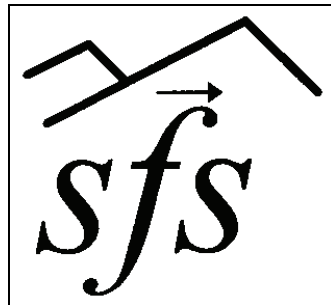


Slovenská fyzikálna spoločnosť



TVORIVÝ UČITEĽ FYZIKY II

Národný festival fyziky 2009



Kongresové centrum SAV Smolenice

19. - 22. apríl 2009

Košice, 2009

Príspevky prešli odbornou recenziou.

Recenzenti:

RNDr. Dalibor Krupa, CSc., D.Phil.

RNDr. Marián Kireš, PhD.

RNDr. Zuzana Ješková, PhD.

RNDr. Alexander Dirner, CSc.

RNDr. František Franko, PhD.

Za jazykovú úpravu zodpovedajú autori príspevkov.

Zborník príspevkov

Vydala Slovenská fyzikálna spoločnosť, Dúbravská cesta 9, Bratislava.

Editori:

RNDr. Dalibor Krupa, CSc., D.Phil.

RNDr. Marián Kireš, PhD.

ISBN 978-80-969124-8-3



EAN 9788096912483

Obsah	1
RÁDIOAKTIVITA AKO MOŽNÝ INDIKÁTOR FRAKTÁLNEJ ŠTRUKTÚRY FYZIKÁLNEHO VÁKUA Július Krempaský*, Štefan Húšťava**, Pavel Valko*	3
VLNOVÁ OPTIKA NETRADIČNE Ivan Baník	9
DETSKÉ UNIVERZITY AKO INOVATÍVNE VÝUČBOVÉ AKTIVITY Peter Hockicko	23
KMITANIE TYČÍ, PRAVOUHLÝCH TENKÝCH DOSIEK A MEMBRÁN Anna Danihelová	27
MOŽNOSTI VYUŽITIA PROGRAMU TRACKER NA HODINÁCH FYZIKY Ivan Duľa	35
PROJEKTOVÉ VYUČOVANIE TÉMY ATÓM PROSTREDNÍCTVOM INTEGROVANÉHO E-LEARNINGU Žaneta Gerháťová	39
JEDNODUCHÝ POKUS – MOTIVAČNÝ PRVOK NA PREDNÁŠKE Soňa Halusková	44
INOVAČNÉ METÓDY VO VYUČOVANÍ ASTRONÓMIE Peter Hanisko	48
IONIZUJÚCE ŽIARENIE A RADIAČNÁ OCHRANA Ol'ga Holá	54
ZMENY VO FYZIKÁLNO M VZDELÁVANÍ Ľuboš Krišťák ¹ , Ivan Ružiak ²	59
PLAZMA – ČTVRTÉ SKUPENSTVÍ HMOTY Petr Kulhánek	65
CEZ MIKROKOZMOS K POZNANIU MAKROKOZMU Alexander Dirner a kol.	72
EXPERIMENTUJME HRAVO Ľudmila Onderová	83
HMLOVÁ KOMORA Vladimír Plášek	91
AKO ODHALIŤ UPÍRA – EXPERIMENTY S POLARIZOVANÝM SVETLOM Juraj Slabeycius, Stanislav Minárik	98
VYUŽÍVANIE JEDNODUCHÝCH FYZIKÁLNYCH EXPERIMENTOV V PRÍRODOVEDE NA 1. STUPNI ZŠ Ivana Krupová	103

ROZVOJ TVORIVOSTI ŽIAKOV NA HODINÁCH FYZIKY Zuzana Sumilasová	110
ROZVOJ KOMPETENCIÍ ŽIAKOV PRI ČÍTANÍ A INTERPRETÁCII GRAFICKÝCH ZÁVISLOSTÍ Jozef Topor	115
INFORMAČNÁ TECHNIKA VS. FYZICKÉ POMÔCKY NA HODINE FYZIKY Jozef Vašičkanin	119
JEDNODUCHÉ POKUSY Z PRUŽNOSTI Jaroslava Vířazková, Mária Zentková, Dorota Černíková, Eva Csereiová	125
HISTÓRIA A BUDÚCNOSŤ SCIENCE ON STAGE Zuzana Ješková, Marián Kireš, Dalibor Krupa	129
SVETELNÉ ZNEČISTENIE Pavol Rapavý	135
VYUČOVANIE FYZIKY NA GYMNÁZIU PAVLA HOROVA MICHALOVCE Mária Spišáková, Peter Spišák	146
STRATÉGIA INTEGROVANÉHO E-LEARNINGU VO VÝUČBE KMITOV PROSTREDNÍCTVOM INTERAKTÍVNEJ TABULE Miroslava Ožvoldová, Anna Martinková	151
ZAVÁDZANIE MODERNÝCH INTERAKTÍVNYCH DIDAKTICKÝCH PROSTRIEDKOV DO VYUČOVANIA FYZIKY František Strýček	160
ROZVÍJANIE FYZIKÁLNEHO MYSLENIA ŠTUDENTOV EXPERIMENTÁLNYM RIEŠENÍM ÚLOH Marián Kireš	163

RÁDIOAKTIVITA AKO MOŽNÝ INDIKÁTOR FRAKTÁLNEJ ŠTRUKTÚRY FYZIKÁLNEHO VÁKUA

Július Krempaský*, Štefan Húšťava**, Pavel Valko*

*Katedra fyziky, FEI STU, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava

** Katedra fyziky Stavebná fakulta STU Bratislava, Radlinského 11, 813 68 Bratislava

Abstrakt: V súvislosti s pokusmi o vypracovanie teoretického modelu štruktúry fyzikálneho vákua sa v článku polemizuje o možnosti využitia rádioaktívneho rozpadu prvkov na potvrdenie či vyvrátenie návrhu modelu požadujúceho jeho fraktálnu štruktúru. Podnety zodpovedné za rádioaktívny rozpad sú generované fyzikálnym vákuom, preto sa možno domnievať, že poznatky charakterizujúce tento rozpad mohli niesť určitú informáciu aj o štruktúre samotného fyzikálneho vákua. Analýza výsledkov merania vedie k záveru, že táto štruktúra veľmi pravdepodobne je naozaj fraktálna.

Kľúčové slová: rádioaktivita, fyzikálne vákuum, fraktálna štruktúra, deterministický chaos, sebe podobnosť, stochastický chaos.

Úvod

V súvislosti s najnovšími výsledkami astrofyzikálneho výskumu, podľa ktorých sa rozpínanie vesmíru zrýchľuje (JONES M. H., LAMBOURNE R. A. 2003) a zodpovednosť za tento fenomén prisudzuje vákuovej energii, sa pozornosť fyzikov začala viac sústreďovať na otázky týkajúce sa samotnej podstaty fyzikálneho vákua a jeho štruktúry. V prácach (AMBJORN J., JURKIEWICZ J. and LOLL R., 2008) a (AMBJORN J., GÖRLICH A., JURKIEWICZ and LOLL) sa objavili domnienky, že by hypotetické elementy tvoriace toto médium mohli byť usporiadané do štruktúr vykazujúcich fraktálnu povahu. Ako je známe, takáto štruktúra sa viaže na vlastnosť „self-similarity“ (MANDELROT R. 1982), ktorej prototypom je známa Cantorova množina. Zrejmé je aj to pozri napr. (MIKHAILOV A. S. 1990) a (MIKHAILOV A. S. and LOSKUTOV A. Y. 1991), že tento typ štruktúr sa môže navonok prejavíť chaotickou dynamikou charakterizovanou režimom deterministického chaosu.

Uvedené skutočnosti sa v praxi potvrdili v súvislosti so skúmaním možnosti dlhodobej prognózy počasia na základe analýz dynamiky klimatických systémov v prácach (LORENZ E. N., 1963), (YORKE J. A., 1975), (RUELLE D. and TAKENS F. 1971). Kvantitatívnym ukazovateľom existencie režimu deterministického chaosu je kladná hodnota tzv. Ljapunovho exponentu, čím možno tento typ chaosu odlišiť od bežného stochastického chaosu, ktorého príčinou je veľký počet stupňov voľnosti. V súvislosti s tým sa ukázala potreba vypracovať algoritmy vhodné na zisťovanie prítomnosti deterministického chaosu v skúmaných procesoch. Takéto argumenty sa skutočne našli pozri práce (GRASSBERGER P. and Procacia J. 1983. Phys. Rev. Lett) a (GRASSBERGER P. and Procacia J. 1983. Physica D9). Ich aplikáciu na problém, či pri známych fotosyntetických osciláciách hrá dominantnú úlohu stochastický resp. deterministický chaos, možno nájsť napr. v práci (BOKES P. and KREMPASKÝ J., 1997).

Zmysel pátrania po prítomnosti deterministického chaosu je najmä v tom, že jeho existencia je viazaná len na systémy charakterizované tromi a viac stupňami voľnosti, čiže na systémy opísateľné minimálne tromi nezávislými diferenciálnymi rovnicami. Ak by sa teda potvrdilo, že štruktúra fyzikálneho vákua je naozaj fraktálna a teda že môže navonok generovať dynamiku v režime deterministického chaosu, potom by sa z toho mohlo vydedukovať napríklad aj to, že hľadaná „teória všetkého“

nielenže môže reálne existovať, ale aj to, žeby nemohla spočívať na jedinej východiskovej rovnici, ale minimálne na troch. V tejto súvislosti možno len ako na zaujímavosť upozorniť na (doteraz ešte fyzikálnou obcou neakceptovateľnú) publikáciu ruského fyzika G. J. Šipova (ŠIPOV G. J. 1993), v ktorej prezentuje pokus o vytvorenie určitej mechanicky vykonštruovanej „teórie všetkého“, pričom prichádza k zaujímavému záveru, že príslušné fundamentálne rovnice sú práve tri.

Uvedené skutočnosti svedčia o tom, že problém štruktúry fyzikálneho vákua je veľmi aktuálny a významný, preto aj otázka, či sa možno niečo netriviálneho dozvedieť aj pomocou experimentu, nadobúda vysokú aktuálnosť. Treba sa len sústrediť na fenomény, ktoré sú bezprostredným produktom dynamiky prebiehajúcej vo fyzikálnom vákuu. Ako jeden z možných indikátorov tejto dynamiky prichádzajú do úvahy podnety, ktoré sú zodpovedné za rádioaktívny rozpad. Ten prebieha nepredikovateľne, teda chaoticky a otázka je, či sa tu jedná o stochastický alebo deterministický chaos. Indikátorom charakteru tohto chaosu by mohlo byť pozorovanie prítomnosti „self-similarity“, v dostatočne hustých záznamoch rozpadu vhodného rádioaktívneho prvku. Takéto meranie sme uskutočnili a keďže získané údaje vizuálne naznačovali prítomnosť „self-similarity“, pristúpili sme aj ku serióznej matematickej analýze získaných dát. Boli sme prekvapení, ako transparentne a presvedčivo nás táto analýza priviedla k záveru, že tento fenomén je pre dynamiku nášho fyzikálneho vákua suverénne dominantný.

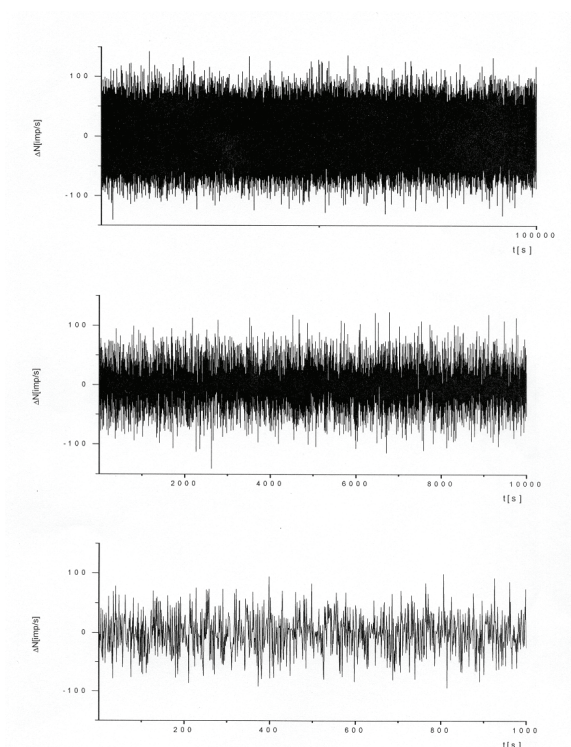
Meranie a namerané výsledky

Ústredná myšlienka tohto príspevku vychádza z postulátu, že aj keď samotná rádioaktívna premena je determinovaná viacerými faktormi, jej štart bezprostredne stimulujú podnety generované vo fyzikálnom vákuu. Ako sme už zdôraznili, samotný akt rádioaktívnej premeny je nepredikovateľný, čo značí, že vlastná produkcia podnetov prebieha chaoticky. Problémom je len zistiť, či tento chaos je stochastický alebo deterministický. Algoritmus schopný poskytnúť toto rozlíšenie je založený na zistení prítomnosti či absencie „self-similarity“ v časovom slede impulzov z vákua stimulujúcich premenu a to si vyžaduje zaregistrovanie dostatočného počtu impulzov v rozumnom čase. Táto požiadavka determinovala výber vhodnej vzorky. Ako najvhodnejší prvok sa z tohto hľadiska ukázal izotop jódu $^{131}_{54}J$, ktorý sa premenou svojich atómov mení na $^{131}_{54}Xe$ s polčasom premeny $T=8,802070$ dní. Meranie počtu premien v priebehu niekoľkých dní v sekundových intervaloch tak umožňuje zhromaždiť rádovo 10^5 nameraných údajov potrebných pre numerickú analýzu.

V uvedenom prípade sa jedná o beta premenu sprevádzanú emisiou gama žiarenia, ktoré možno spoľahlivo zaregistrovať proporcionálnym detektorom. Použil sa detektor NPGD02 vložený do inteligentnej sondy RS 03/232 firmy Bitt Technology Austria. Citlivosť meracieho zariadenia bola 4 imp.s^{-1} na 100 nSv.h^{-1} a presnosť registrácie bola lepšia ako 3%. Analýzou príslušného procesu premeny bolo zistené, že dominantnou zložkou pri registrácii bola energetická čiara gama žiarenia $E=364,489 \text{ keV}$ s výťažkom 81,76%. Časy prechodu medzi inými energetickými hladinami sú rádovo nano- a pikosekundy, takže všetky energetické čiary sú pri meraní v sekundových intervaloch integrálne zaregistrované. Z vlastností použitého detektora vyplýva, že bola vylúčená registrácia beta aj X žiarenia. Mŕtva doba použitého detektora je $1 \mu\text{s}$.

Merala sa okamžitá hodnota početnosti impulzov v sekundových intervaloch a pomocou programu Origin sa vykonalo porovnanie nameraných údajov s údajmi vyplývajúcimi z exponenciálnej funkcie charakterizujúcej globálnu rádioaktívnu premenu. Do grafu sa vyniesli príslušné odchýlky (ΔN) a tie podľa očakávania vykazovali náhodné veľkosti. Na obr. 1 sú vynesené závislosti týchto odchýliek pre

časový interval 10^3 s, 10^4 s, 10^5 s získané po jednej sekunde. Vzhľadom na jednosekundové merania počet meraní sa rovná celkovému času merania.



Obr. 1: Odchýlky nameraných početností premien od údajov vyplývajúcich z exponenciálnej premenovej funkcie pre časové intervaly 10^3 s, 10^4 s, 10^5 s získané po jednej sekunde.

Aj vizuálnym porovnaním týchto závislostí sa dalo usúdiť, že vykazujú určitú „self-similaritu“. O tom, či sa pri týchto nameraných priebehoch skutočne jedná o jav „self-similarity“, mohla však rozhodnúť len dôsledná matematická analýza. Uskutočnila sa metódou, ktorú vypracovali Grassberger a Procacia v prácach (GRASSBERGER P. and Procacia J. 1983. Phys. Rev. Lett) a (GRASSBERGER P. and Procacia J. 1983. Physica D9).

Analýza nameraných výsledkov

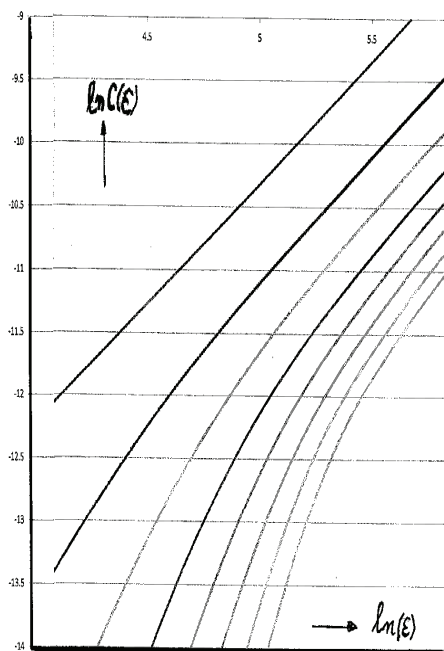
Analýza experimentálnych dát bola vykonaná v niekoľkých krokoch. Najprv sa vykonalo fitovanie exponenciálnej rádioaktívnej premeny pre meraní početnosť v intervale $N=3 \times 10^5$ jednosekundových meraní. Vypočítaný polčas premeny bol $T_{1/2} = (710,62 \pm 0,39) \times 10^3$ s, je to nepatrne dlhší polčas, než tabuľková hodnota pre beta premenu izotop jódu $^{131}_{54}\text{J}$, ale v dobrom súhlase s excitovanými hladinami $^{131}_{54}\text{Xe}$, aj s dlhodobou hladinou (11,84 dní) a 163,9 keV energetickou hladinou v rovnováhe. Rozdiel medzi experimentálnou početnosťou a fitovanou hodnotou ukazuje maximálny prebytok do 174 impulzov a nedostatok do -166 impulzov. Pre účely ďalšej numerickej analýzy celý súbor dát bol posunutý o 166 impulzov, aby vznikol súbor dát s početnosťou impulzov v intervale 0 až 340. V nasledujúcom sme počítali korelačné integrály $C_d(\varepsilon)$ pre tento súbor dát a to vzťahom:

$$C_d(\varepsilon) = \frac{1}{N^2} \{ \text{počet dvojíc}(n, m) \} \quad (1)$$

pričom tento počet spĺňa podmienku:

$$\left\{ \sqrt{(x_n - x_m)^2 + (x_{n+1} - x_{m+1})^2 + (x_{n+d-1} - x_{m+d-1})^2} \langle \varepsilon \right\}$$

kde x_i sú počty impulzov v každom intervale a $\varepsilon = 1, 2, \dots, x_{max}$ (v našom prípade $x_{max} = 340$)



Obr. 2

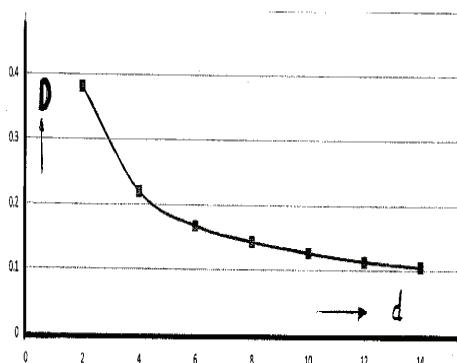
Obrázok 2 ukazuje korelačné integrály pre analyzovaný súbor dát. Na stanovenie Kolmogorovej entropie K , počítali sme 2^{nd} rád Renyiovej entropie K_2 použitím

$$K_{2,d}(\varepsilon) = \frac{1}{2} \ln \frac{C_d(\varepsilon)}{C_{d+2}(\varepsilon)} \quad (2)$$

pričom platí

$$\lim_{\substack{d \rightarrow \infty \\ \varepsilon \rightarrow 0}} K_{2,d}(\varepsilon) \approx K_2 \quad (3)$$

Nerovnosť $K_2 > 0$ predstavuje dostatočnú podmienku pre prítomnosť deterministického chaosu v systéme.



Obr. 3

Záver

Obrázok 2 jasne demonštruje prechod skúmaných závislostí na lineárny priebeh, čo je podľa citovaných prác (GRASSBERGER P. and Procacia J. 1983. Phys. Rev. Lett) a (GRASSBERGER P. and Procacia J. 1983. Physica D9) spoľahlivou bázou pre výpočet Hausdorffovej dimenzie D charakterizujúcej skúmaný systém. Táto dimenzia je určená smernicou lineárnych častí závislosti na obr. 2 a vedie na hodnotu $D=2,19\pm 0,2$. Je to v prekvapujúco dobrom súhlase s hodnotou tejto dimenzie nájdenou pre spomínaný Lorenzov klimatický systém $D_L = 2,05 \pm 0,1$. Obr. 3 zasa presvedčivo indikuje konvergenciu parametra K ku ustálenej a neceločíselnej hodnote $(0,1)$, čo je neklamným znakom prítomnosti „self-similarity“ a teda fraktálnej štruktúry skúmaného systému. Tento záver sa nám javí ako veľmi podstatný v súvislosti s často formulovanou otázkou, či nejaká „teória všetkého“ môže vôbec existovať. Existencia fraktálovej štruktúry systému a režimu deterministického chaosu v ňom implikuje aj existenciu deterministických rovníc opisujúcich dynamiku tohto systému. Tak ako v prípade známych Lorenzových klimatických systémov existujú východiskové (Lorenzove) rovnice, tak aj fraktálnosť fyzikálneho vákuua si logicky vyžaduje existenciu východiskových deterministických rovníc (ako základ „teórie všetkého“) – len ich treba nájsť.

Zdá sa preto, že výsledky našich meraní a ich numerická analýza dostatočne presvedčivo dokumentujú pravdivosť domnienky formulovanej v citovaných prácach, podľa ktorej základné elementy tvoriace bázu fyzikálneho vákuua sú usporiadané do fraktálnej štruktúry. Získané kvantitatívne údaje umožňujú síce aj vytváranie ďalších konkrétnych hypotéz, avšak s ohľadom na to, že sú generované len z poznatkov získaných na jedinej vzorke a na základe analógie s už dobre preskúmanými systémami, nemajú ešte povahu vedeckej serióznosti a treba ich zaradiť len do kategórie „špekulácií“. Spomenieme dve z potenciálne možných dedukcií.

Ako sme už uviedli fraktálna dimenzia globálnych Lorenzových systémov je $D_L = 2,05$ a fraktálna dimenzia príslušného Poincareho rezu $D = 0,63$. Z prvého údaju (potvrdeného čiastočne aj druhým) vyplýva, že napriek tomu, že systém je trojparametrický (teda „trojrozmerný“), objem elementu vo fázovom priestore konverguje k dvojdimenzionálnemu útvaru, takže jeden rozmer je tu silne potlačený. Jeho reálny tvar pripomína len jedno či dvojrozmerný útvar, čo navodzuje predstavu „struny“. Z tohto hľadiska by v našom výsledku bolo možné vidieť aj určitú preferenciu „strunových teórií“ pri hľadaní „teórie všetkého“.

Napokon je tu ešte náznak pochopenia fundamentálnej fyzikálnej záhady, prečo náš svet demonštruje v niektorých aspektoch prekvapujúci „modul“ 3: existujú tri rodiny kvarkov a tri rodiny leptónov, tri druhy látky, tri dominantné energie (viditeľná, tmavá a vákuová), tri základné symetrie, trojkový kód v biologických systémov, trojrozmernosť nášho vesmíru, atď. atď. Ak je fyzikálne vákuuum ako báza nášho vesmíru naozaj fraktálne konštruované, takže jeho dynamika musí vykazovať minimálne tri stupne voľnosti (možno že práve tri), potom je dosť logické, že aj niektoré významné konkrétne prejavy tohto média by mohli odrážať tento aspekt.

Záverom treba konštatovať, že výsledky získané preskúmaním procesu rozpadu len jediného izotopu nemusia mať univerzálnu platnosť. Bude potrebné preskúmať správanie aj ďalších izotopov, samotný systém neutrónov, ale aj napr. procesy generovania žiarení preskokom elektrónov, či známe tunelové javy, avšak jeden poznatok sa zdá byť veľmi pravdepodobne všeobecný, a to ten, že naše fyzikálne vákuuum „pracuje“ v režime deterministického chaosu.

Literatúra

- JONES M. H., LAMBOURNE R. A. 2003. An Introduction to Galaxies and Cosmology. The Open University Cambridge, University Press Cambridge 2003
- AMBJORN J., JURKIEWICZ J. and LOLL R., 2008. Scientific American 7, 2008 s. 24-31
- AMBJORN J., GÖRLICH A., JURKIEWICZ and LOLL R. 2008. Phys. Rev. Lett. 100, 2008
- MANDELBROT R. 1982. The Fractal Geometry of Nature . WH. Freeman and Co, San Francisco 1982
- MIKHAILOV A. S. 1990. Foundation of Synergetics, Springer v. Berlin-heidelberg-New York-London Paris-Tokio-Hong Kong-Barcelona 1990
- MIKHAILOV A. S. and LOSKUTOV A. Y. 1991. Foundation of Synergetics II. Springer V.- Berlin-Heidelberg-New York-London-Paris-Tokyo-Hong Kong-Barcelona-Budapes 1991
- LORENZ E. N., 1963. Journ. Atmospheric Sci., 20 1963, s. 130-141
- YORKE J. A., 1975. Am. Math. Mon. 82 1975 s.985 – 992
- RUELLE D. and TAKENS F. 1971 Comm. Math.Phys. 20 ,1971 s. 167-192
- GRASSBERGER P. and Procacia J. 1983. Phys. Rev. Lett. 50 1983 s. 346-349
- GRASSBERGER P. and Procacia J. 1983. Physica D9 1983 s. 189-208. Rev. Lett. 50 1983 s. 346-349
- BOKES P. and KREMPASKÝ J., 1997. J. Elec. Eng. 48 1997 s. 312-315
- ŠIPOV G. J. 1993. Teorija fizičeskogo vakuuma. HT – Centr. Moskva 1993

Adresy autorov

Prof. RNDr. Július Krempaský, DrSc.
Slovenská technická univerzita Fakulta elektrotechniky a informatiky
FEI STU
Ilkovičova 3
812 19 Bratislava
krempask@elf.stuba.sk

doc. RNDr. Štefan Húšťava, PhD.
Katedra fyziky
Stavebná fakulta STU Bratislava
Radlinského 11
813 68 Bratislava
stefan.hustava@stuba.sk

doc. RNDr. Pavol Valko, PhD.
Slovenská technická univerzita Fakulta elektrotechniky a informatiky
FEI STU
Ilkovičova 3
812 19 Bratislava
valko@elf.stuba.sk

VLNOVÁ OPTIKA NETRADIČNE

Ivan Baník

Katedra fyziky, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita, Bratislava

Abstrakt: V článku sú opísané netradičné optické experimenty s CD platňou, ktorej záznamové pole reprezentuje pomerne kvalitnú odraznú optickú mriežku. Pokusy umožňujú zviditeľniť svetelné pole difragovaných lúčov. Opísané sú aj experimenty, pri ktorých sa okrem CD platne využíva aj dataprojektor. Tento prístroj môže mať vo výučbe fyziky aj špecifické možnosti uplatnenia. Je vhodný na optické demonštračné experimenty v rámci výučby vlnovej (ale aj geometrickej) optiky.

Kľúčové slová: vlnová optika, interferencia, experimenty, CD platňa, dataprojektor, vlnová dĺžka svetla.

Úvod

Výučbu vlnovej optiky môžu vhodne spestriť netradičné optické experimenty, pri ktorých sa využíva CD platňa ako optická odrazná mriežka. Také experimenty, resp. aj merania si ľahko môže študent vykonať aj sám doma, čo nepochybne pôsobí motivačne. V školských podmienkach je výhodné použitie CD platne v spojení s dataprojektorom. Dataprojektor je moderný projekčný prístroj, ktorý sa čím ďalej tým viac uplatňuje nielen vo výučbe v školských podmienkach, ale aj v prezentačnej činnosti rôznych firiem a inštitúcií, pri príležitosti rôznych školení, seminárov i v reklamnej činnosti. V školských podmienkach sa v rámci výučby fyziky dajú uplatniť okrem jeho bežných projekčných možností a schopností aj jeho menej známe vlastnosti – jeho „talent“ pre živé optické experimenty a demonštrácie v rámci učiva z geometrickej i vlnovej optiky. Umožňuje to predovšetkým fakt, že dataprojektor je zdrojom intenzívneho svetelného žiarenia, ale aj to, že jeho žiarivý tok možno vhodne modifikovať prostredníctvom počítača. V článku uvedieme niekoľko konkrétnych možností uplatnenia dataprojektora vo výučbe optiky.

1. Jednoduché (domáce) pokusy a merania s CD platňou

Najjednoduchší spôsob merania vlnovej dĺžky svetla pomocou CD platne

Pri meraní vlnovej dĺžky svetla v domácich podmienkach umiestníme CD platňu na podlahu pod bodový zdroj svetla (Obr. 1a). Ním môže byť aj bežná sieťová žiarovka (bez lustra). Takmer celú CD platňu pri meraní zakryjeme (napríklad pohľadnicami, alebo iným, najlepšie tmavším papierom). Odkrytý je len menší obdĺžnik záznamového poľa platne. Dlhšia strana obdĺžnika má smer záznamových stôp na danom mieste.

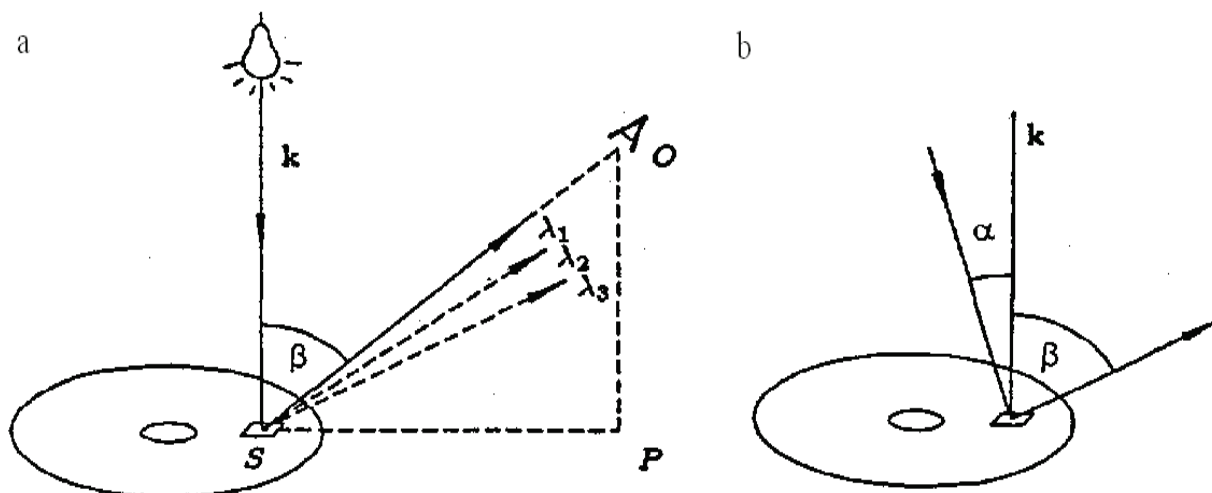
Svetlo dopadá na obdĺžnikovú plošku kolmo. Uhol dopadu je teda rovný nule ($\alpha = 0$). Ak túto plošku pozorujeme pod meniacim sa uhlom β vzhľadom na kolmicu dopadu k , zistíme, že niekedy sa nám bude táto ploška javiť sfarbená. So zmenou uhla β sa jej sfarbenie pritom spojité mení. Tak je to pri žiarovke so spojitým spektrom.

Prvému maximu pre svetlo o vlnovej dĺžke λ zodpovedá uhol β , pre ktorý platí

$$\lambda = O_1O_2 \sin \beta_1$$

kde vzdialenosť O_1O_2 predstavuje mriežkovú konštantu danej odraznej optickej mriežky (mriežky ($O_1O_2 = 1,6$ mikrometra).

Ak chceme nájsť vlnovú dĺžku zodpovedajúcu zvolenej farbe (napr. červenej) obsaženej v spojitom spektre žiarovky, nájdeme taký uhol β , že pri pozorovaní z príslušného smeru sa nám osvetlená ploška CD platne javí práve tak, t.j. červeno sfarbená.



Obr. 1

Samotný uhol β (resp. rovno sinus tohto uhla) určíme v domácich podmienkach najlepšie z údajov o stranách pravouhlého trojuholníka SOP , kde S je stred osvetlenej plošky CD platne, O - oko pozorovateľa a P priemet bodu O na podlahu. Dĺžky strán uvedeného trojuholníka môžeme zmerať s dostatočnou presnosťou a zo zistených údajov - s použitím trigonometrickej funkcie - nájsť potom uhol β . Z tohto hľadiska je vhodné vykonať meranie v blízkosti zvislej steny, na ktorej môžeme vyznačiť polohy bodov O , P , S a príslušné vzdialenosti potom zmerať.

Poznámka: Meranie sa dá urobiť aj tak, že ako svetelný zdroj použijeme malú žiarovku valcovej vreckovej lampy, z ktorej odmontujeme reflektor. Lampu položíme na vrch skrine tak, aby žiarovka trochu vyčnievala pred čelnú stenu skrine. CD platňu položíme pod žiarovku na podlahu (vo vodorovnej polohe). Na čelnej stene skrine potom vyznačíme polohu oka O , ktorej zodpovedá prvé interferenčné maximum. Smer kolmice dopadu je zvislý. Zhoduje sa so zvislou hranou skrine. Detaily ponecháme na čitateľa. V prípade monochromatického zdroja svetla sa osvetlená ploška CD platne javí osvetlenou len pri istej hodnote uhle β .

Iné varianty merania

Meranie vlnovej dĺžky svetla pomocou CD platne možno vykonať aj vo všeobecnejšom usporiadaní znázornenom na (Obr. 1 b). Svetelný lúč dopadá pri ňom na platňu pod nenulovým uhlom α . Príslušné interferenčné maximum objavíme pod uhlom β . Pre určenie vlnovej dĺžky - ako sa dá ľahko dokázať - platí

$$\lambda = O_1O_2 (\sin \beta - \sin \alpha)$$

Meranie sa dá vykonať aj pri osvetlení „z tej istej strany“ (Obr. 2 a,b). Uhol α treba potom brať za záporný.

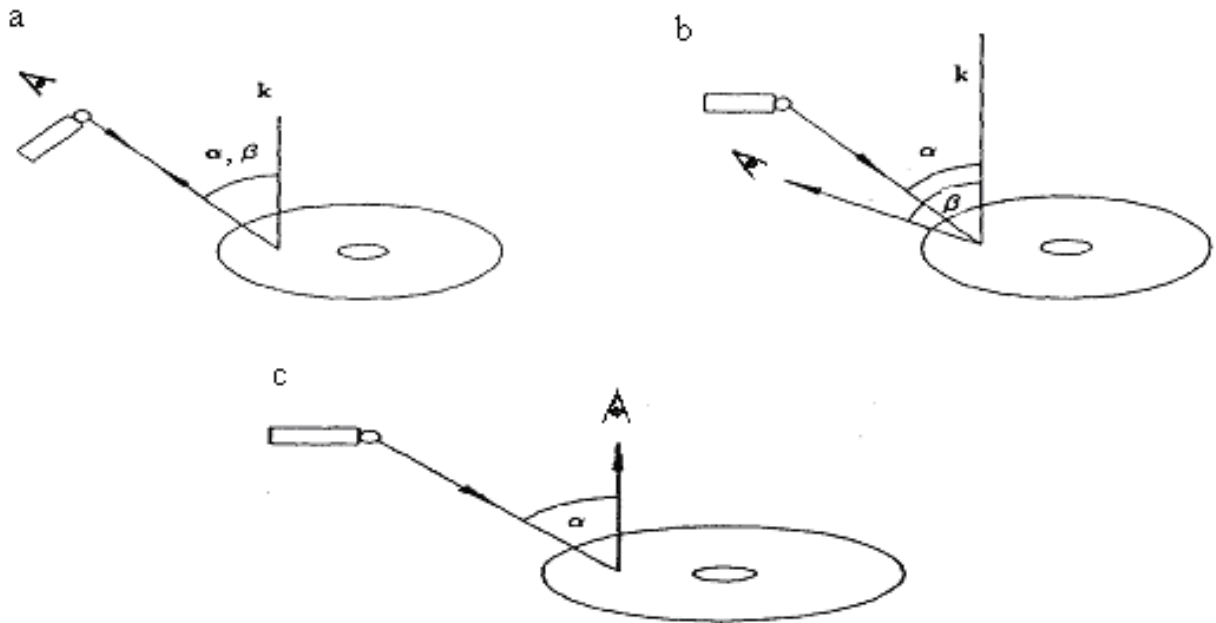
Príslušný vzťah pre určenie vlnovej dĺžky nadobúda potom tvar

$$\lambda = O_1O_2 (\sin \beta - \sin \alpha)$$

V špeciálnom prípade možno merať aj tak, že CD platňu osvetľujeme malým svetelným zdrojom (malou žiarovkou vreckovej batérie bez reflektora) umiestneným v tesnej blízkosti oka (Obr. 2 a). Žiarovku oprieme napríklad o sluchy, takže oko a žiarovka sa nachádzajú na rovnakej výškovej úrovni. Meranie potom spočíva v tom, že oko spolu so žiarovkou premiestňujeme, až kým sa nám „aktívne“ pole CD platne nejaví v želanej farbe, ktorej vlnovú dĺžku určujeme. V takejto situácii je v poslednom vzťahu $\alpha = -\beta$, takže

$$\lambda = 2 \cdot O_1 O_2 \sin \beta$$

Pri poslednom meraní sledujeme CD platňu z relatívne malej vzdialenosti, lebo intenzita svetla, ktoré sa dostáva do oka je menšia.



Obr. 2

Meranie sa dá uskutočniť aj tak, že oko je pri ňom umiestnené presne nad aktívnou ploškou CD platne (Obr. 2 c). Tentokrát sa pohybuje zdroj. Premiestňujeme ho, až kým sa nám pozorovaná ploška nejaví vhodne sfarbená. Pre určenie vlnovej dĺžky použijeme vzťah

$$\lambda = O_1 O_2 \sin |\alpha|$$

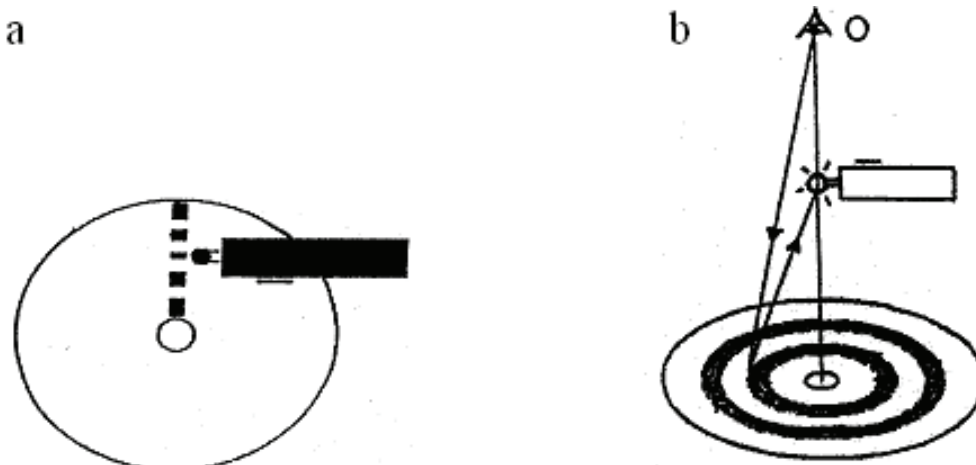
Dva doplnujúce pokusy s CD platňou

1. pokus

Ak tesne pred CD platňu postavíme žiarovku malej vreckovej lampy (bez reflektora), môžeme pri pohľade v smere takmer kolmom na platňu pozorovať na záznamovom poli dosky interferenčné spektrum (Obr. 3 a). Nulté maximum reprezentuje normálny zrkadlový obraz žiarovky. Prvé a ďalšie maximá majú pre rôzne farby rôznu polohu, takže vzniká mriežkové spektrum a to po oboch stranách zrkadlového obrazu žiarovky.

2. pokus

Pri tomto pokuse držíme žiarovku malej lampy nad stredom CD platne (Obr. 3 b). Nad ňou je umiestnené oko pozorovateľa. Žiarovkou opatrne pohybujeme, snažiac sa ju (i oko) dostať na os platne. Vo vhodnej polohe pozorujeme žiariace svetelné spektrálne kruhové obrazce, reprezentujúce prvé, prípadne druhé, resp. aj vyššie interferenčné maximá.

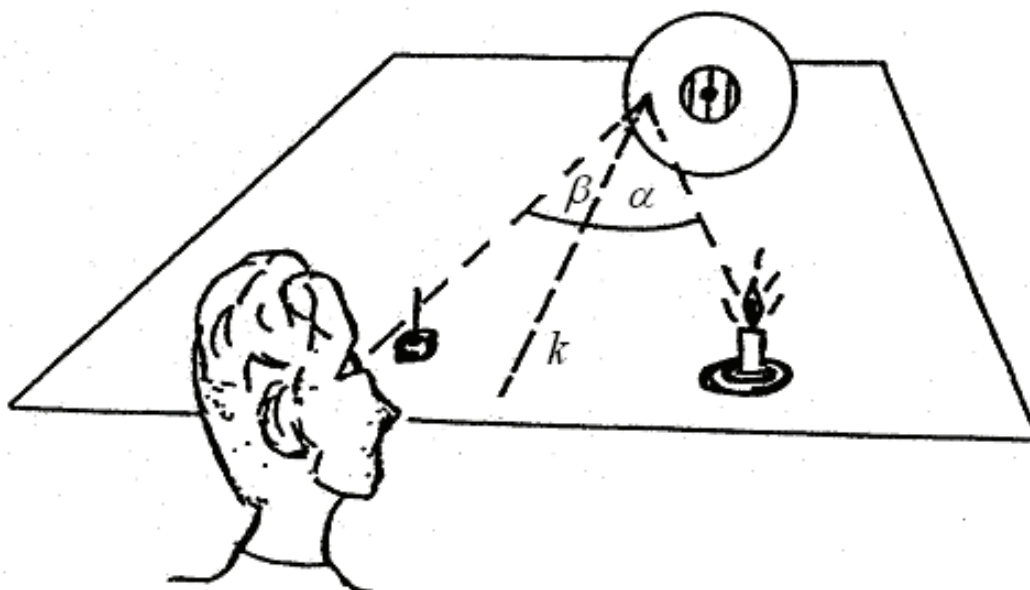


Obr. 3

Efekt sa dá využiť aj na meranie vlnovej dĺžky tej-ktorej farby. Pokus variujeme v rôznych polohách oka nad platňou i v rôznych polohách žiarovky.

Stolová zostava s CD platňou

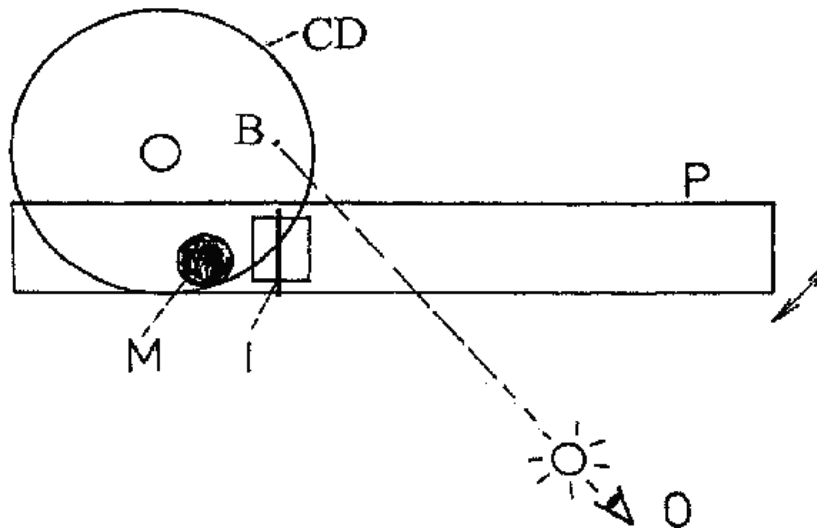
Pri tejto zostave merania vlnovej dĺžky svetla je CD platňa (držaná napríklad feritmi) vo zvislej polohe (Obr. 4). Na stole je umiestnený papier s vyznačenou kolmicou na platňu. Po stole premiestňujeme malú svietiacu žiarovku alebo sviečku a hľadáme uhol dopadu α tak, aby sa nám sledované miesto na platni javilo sfarbené v tej farbe, akú skúmame. Chod lúčov vyznačíme na papieri a zmeriame.



Obr. 4

Iná stolová zostava s CD platňou

V tomto prípade CD platňu postavenú vo vertikálnej rovine otáčame okolo zvislej osi pomocou pravítka, ku ktorému je platňa fixovaná pomocou dvoch feritov M (Obr. 5). Os otáčania je určená ihlou prichytenou o pravítko kúskom spofa-pásky. Hrot ihly I je zabodnutý do papiera (s vhodnou podložkou) nachádzajúceho sa na stole. Oko a svetelný zdroj sú na jednej úrovni a nemenia svoju polohu.



Obr. 5

Východzí stav pravítka s platňou je taký, že oko vidí v bode B zrkadliť žiarovku, čo zodpovedá chodu lúčov po kolmici dopadu lúča. Natáčaním platne pomocou pravítka (ako ramienka) hľadáme polohu, pri ktorej sa nám dané miesto platne (na osi otáčania) javí sfarbené v požadovanej farbe. Na papieri vyznačíme príslušný smer platne a zmeriame uhol α natočenia. Tento stav zodpovedá prvému interferenčnému maximu. Vlnovú dĺžku určíme zo vzťahu

$$\lambda = 2 \cdot O_1 O_2 \sin \beta$$

kde β uhol, o ktorý sme museli pootočiť pravítko s platňou.

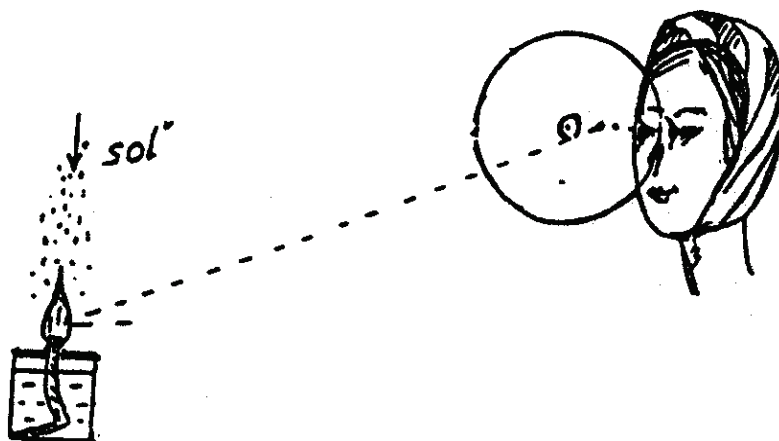
Poznámky:

Pri opísaných meraniach sme sa obmedzili na situácie, pri ktorých sme sledovali len prvé interferenčné maximá. Obdobné merania sa dajú robiť aj s „využitím“ druhého, resp. tretieho maxima. Druhému maximu zodpovedá dráhový rozdiel $\delta = 2 \lambda$, tretiemu rozdiel $\delta = 3 \lambda$.

Pozorovanie žltej sodíkovej čiary

Pomocou CD platne možno pozorovať v spektre aj žltú sodíkovú spektrálnu čiaru. Pri pozorovaní spojitého spektra plameňa liehového kahana pomocou CD-platne (Obr. 6) sypeme prstami do plameňa zrnká kuchynskej soli. Pozorujeme, že v tej oblasti spojitého spektra, kde sa nachádza žltá farba intenzívne bliká úzka žltá čiara. Ostatná časť spektra zostáva nemenná.

Sol' v plameni prispieva teda k intenzívnemu vysielaniu jedinej vlnovej dĺžky, zodpovedajúcej žltej farbe. Spôsobuje ho sodík uvoľňovaný pri rozklade kuchynskej soli NaCl. Pokus sa dá v zásade vykonať aj s plameňom sviečky. Jeho spektrum je však už intenzívnejšie a blikanie sodíkovej čiary je už menej výrazné.



Obr. 6

V domácich podmienkach možno pokus vykonať aj v kuchyni. Soľ sypeme do nevýrazného modravého plameňa bežného plynového šporáka. V tomto prípade sa sypanie zrníek soli prejaví zmenou farby plameňa už pri bežnom pohľade (mení na jasne žltý).

Aby sme mohli pozorovať príslušné spektrum plynového plameňa (raz bez zrníek soli, druhýkrát s nimi) s CD platňou, musíme plameňu dať podobu "líniového" svetelného zdroja. Z pomerne rozľahlého plameňa vymedzíme pomocou bokom postaveného tienidla-štrbinky (napríklad medzi dvoma plechovkami džusu) užší svietiaci pásik. Túto "slabo svietiacu" štrbinku pozorujeme potom pomocou CD platne v tmavej miestnosti. Pozorované spektrum samotného plynového plameňa je málo výrazné (málo intenzívne). Ak však do plameňa sypeme soľ, v spektre sa objavuje jasne blikajúca žltá sodíková čiara.

Spektrá reklamných trubíc

S CD platňou - ako optickou mriežkou - môžeme preskúmať aj spektrá žiarení rôznych reklamných trubíc a výbojek. Stačí, ak sa prejdeme s CD platňou vo vrecku po večernom meste a sem tam vo vhodnej chvíľke a na vhodnom mieste túto platňu z vrecka vytiahneme. Postavíme si ju k očiam a pozrieme sa na spektrálne zloženie aktuálneho zdroja (Obr. 7).

HOTEL
HOTEL
HOTEL



Obr. 7

Pozorovateľ je otočený čelom k reklamným trubiciam. CD platňu drží pod úrovňou oka, naklonenú šikmo. V prvom rade platňu postaví tak, aby v oblasti platne, ktorá je priľahlá oku uvidel bežný zrkadlový obraz reklamných trubíc. Ten sa mu javí v pôvodnej originálnej farbe. Potom CD platňu, opretú jedným okrajom o tvár nakláňa viac a viac a to znižovaním jej odľahlej strany. Na záznamovom poli v oblasti blízko oka sa mu objaví naraz niekoľko paralelných reklamných nadpisov - každý v inej farbe. Sú to spektrálne obrazy príslušnej reklamy v jednotlivých farebných zložkách. Sú to fakticky prvé interferenčné maximá mriežkového spektra použitej mriežky pre príslušné vlnové dĺžky zastúpené vo svetle trubice.

Pri opísanom pozorovaní experimentátor odhalí vo svetle trubíc obvykle niekoľko diskretných vlnových dĺžok. Ide teda v podstate o čiarové spektrá vznikajúce pri elektrickom výboji v plynach. Väčšinou ide o 2-4 čiary spektra (farby).

Analýzou spektier reklamných trubíc by sme mohli v zásade určiť aj neznámy plyn, ktorým sú jednotlivé reklamne trubice naplnené. Museli by sme však najprv zmerať príslušné vlnové dĺžky jednotlivých farieb a mať poruke ešte aj katalóg spektier plynov.

Opísaným spôsobom môžeme sledovať aj spektrum relatívne malých a intenzívne žiariacich výbojek pouličného osvetlenia.

Čiarové spektrum žiarivky.

Pri tomto pokuse priložíme CD platňu do bezprostrednej blízkosti oka. Na jej povrchu pozorujeme najprv odraz svetla žiarivky. Zmenou sklonu platne ľahko nastavíme polohu, pri ktorej uvidíme na platni čiarové spektrum žiarivky. Ak CD platňu od oka trochu vzdialíme a natáčame tak, aby sa obraz žiarivky približoval k stredu platni (kde však je otvor), zbadáme na platni ostré kruhové spektrálne čiary.

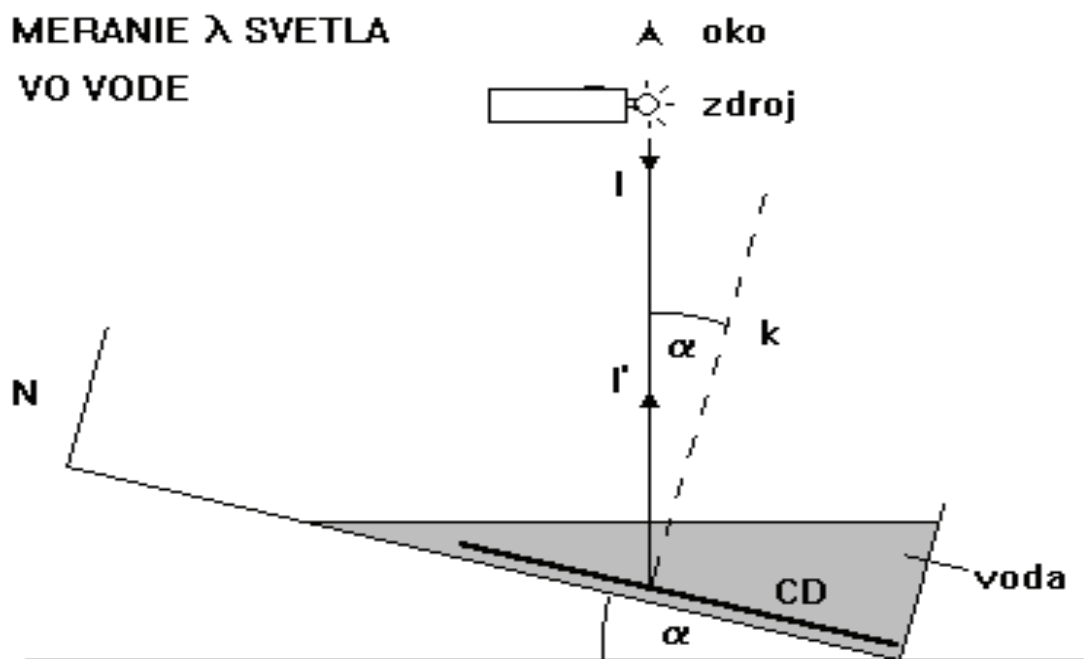
Vlnová dĺžka svetla vo vode – jednoduché meranie pomocou CD-platne

Celkové usporiadanie pri meraní je na obr. 8. CD-platňa (alebo kúsok z nej) je pri meraní ponorená do vody nachádzajúcej sa v plytšej nádobe N. Nádobu pri meraní nakláňame.

Aktuálny svetelný lúč vychádzajúci z malej žiarovky postupuje zvisle nadol a dopadá kolmo na vodnú hladinu. Bez zmeny smeru pokračuje ďalej na záznamové pole CD-platne. Rysky optickej odraznej mriežky v mieste dopadu lúča na CD-mriežku sú pritom kolmé na rovinu nákrse. Oko pozorovateľa sleduje zvolené miesto CD platne pri postupnom nakláňaní platne. Ak je platňa vo vodorovnej polohe (na začiatku) vidí pozorovateľ pri zvislom pohľade dva prakticky totožné obrazy bodového zdroja – jeden obraz vznikajúci odrazom svetla na vodnej hladine a druhý, odrazom na platni ako zrkadle (nulté maximum).

Pri nakláňaní nádoby s platňou sa farba platne na aktuálnom mieste postupne mení. Pri istom sklone nadobudne dané miesto platne farebný odtieň zodpovedajúci nami sledovanej farbe (napr. červenej). V tejto situácii zmeriame uhol α sklonu nádoby, ktorý zodpovedá prvému interferenčnému maximu príslušnej svetelnej vlny vo vode. (Tento uhol by bol presne rovnaký aj v prípade, keby sme celé meranie vykonali priamo vo vode, lebo rozhranie voda-vzduch v našej situácii nemení smer lúčov.) Vlnovú dĺžku svetla danej farby vo vode určíme z predtým uvedeného vzťahu platného pre náš špeciálny prípad

$$\lambda_V = \left| 2 O_1 O_2 \sin \alpha \right|$$

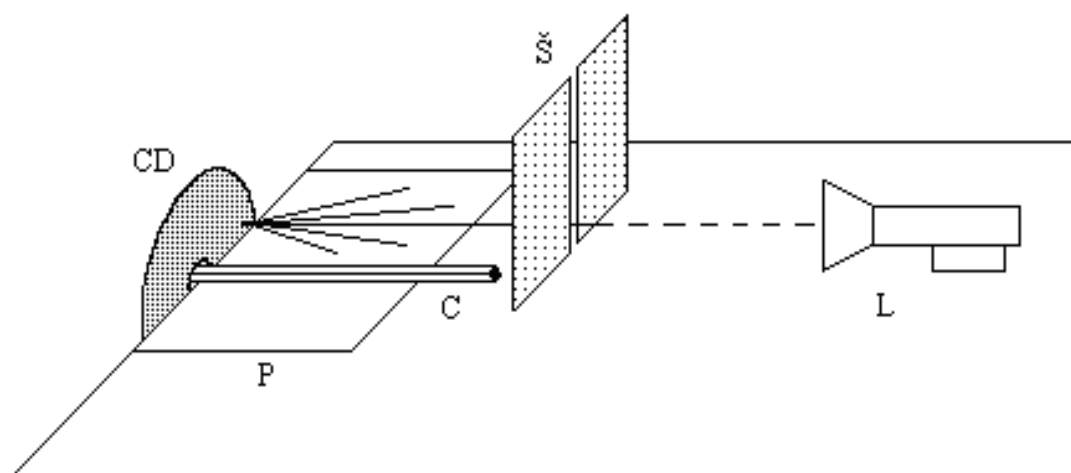


Obr. 8

Podobným spôsobom môžeme zmerať aj uhol $\alpha = -\beta_j$ sklonu nádoby pre i -te interferenčné maximum, pričom pre vlnovú dĺžku svetla vo vode platí

$$\lambda_v = \left| \frac{2}{i} O_1 O_2 \sin \alpha \right|$$

Difrakčný vejár s CD-mriežkou



Obr. 9

Experimentálna zostava je znázornená na obr. 9. Zdrojom svetla je obyčajná vrecková elektrická lampa L s reflektorom. Jej svetelný zväzok nasmerujeme na štrbinu Š vymedzenú napr. nejakými bežnými predmetmi z domácnosti. Môžu to byť dve knihy, dve čajové krabičky, dva CD-obaly a pod. Vymedzený svetelný zväzok dopadá na vhodné miesto záznamového poľa CD platne. Podložením lampy možno dosiahnuť zviditeľnenie odrazených difragovaných lúčov na papieri P umiestnenom na stole. Fixovanie CD platne vo zvislej polohe je veľmi jednoduché. CD platňa je svojim stredovým otvorom nasunutá na koniec ceruzy C prečnievajúci nepatrne za okraj stola.

Keďže zdroj poskytuje zložené svetlo, difragované lúče vykazujú spektrálne sfarbenie, Výnimkou je len odrazený zväzok prislúchajúci nultému maximu. Ak zmeriame uhol niektorého z difragovaných lúčov pri kolmom dopade svetla na CD platňu, môžeme vlnovú dĺžku určiť zo vzťahu

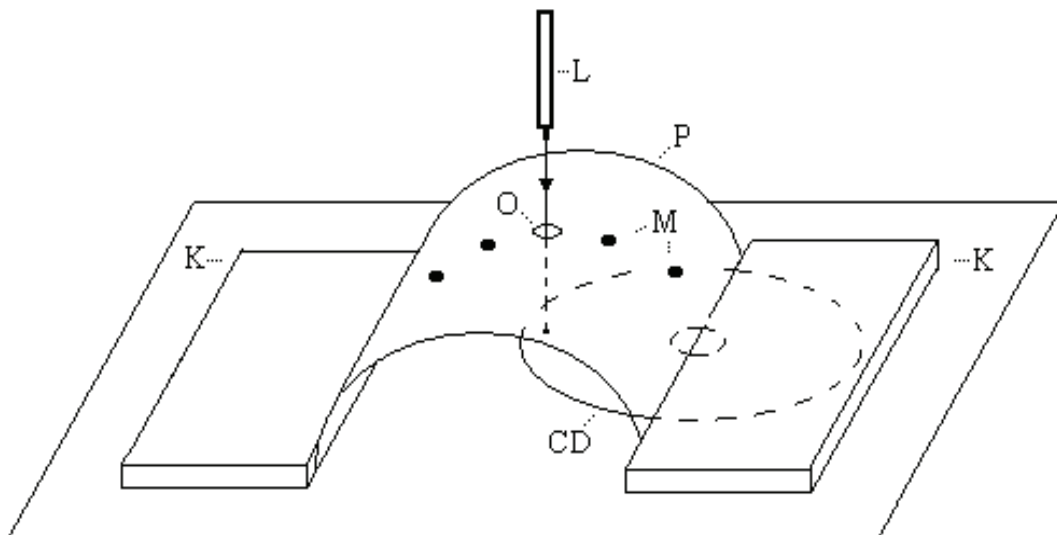
$$\lambda = \frac{O_1 O_2}{i} \sin \beta_i$$

kde i je rád maxima a $O_1 O_2 = 1,6 \mu\text{m}$ (mikrometra) je príslušná mriežkova konštanta CD mriežky, ktorú vypočítame zo známej hustoty záznamových stôp CD platne rovnej 625 stôp na milimeter.

Ak zmeriame uhol β_1 prislúchajúci prvému maximu $i = 1$, bude pre vlnovú dĺžku platiť

$$\lambda = O_1 O_2 \sin \beta_1$$

Difrakčné stopy na papierovom „oblúku“

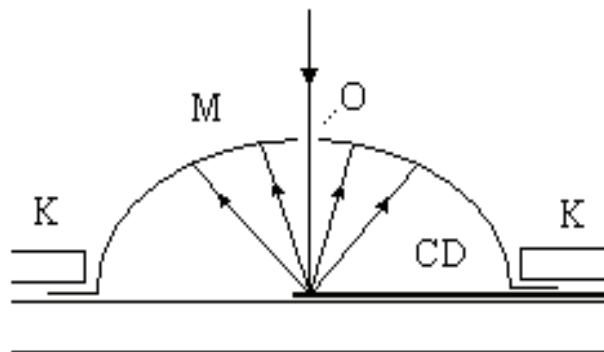


Obr. 10

Pri tomto pokuse je CD platňa položená na stole (Obr. 10). Nad ňou je postavený papierový oblúkovitý kryt P s nevelkým otvorom O v strede papierového listu. Okraje papiera sú na stole fixované pomocou dvoch kníh K. Cez otvor O v papieri dopadá na záznamové pole CD platne svetelný lúč vysielaný laserom, alebo vreckovou elektrickou lampou. Na papieri pozorujeme vznik svetelných stôp prislúchajúcich jednotlivým svetelným maximám (Obr. 11). Difragované lúče ležia v jednej rovine kolmej na smer záznamových dráh na príslušnom mieste CD platne. Najvhodnejšie

miesto pre dopad svetla na CD platňu je oblasť blízko vonkajšieho okraja záznamového poľa CD platne.

V zobrazenej konštelácii na papieri nevidíme svetelnú stopu prislúchajúcu nultému maximu. Je to tak preto, že príslušný lúč vystupuje otvorom v papieri. Ak však dopadajúci lúč nepatrne vhodne nakloníme, objaví sa vedľa otvoru aj stopa prislúchajúca nultému maximu. Tá je pochopiteľne najintenzívnejšia.



Obr. 11

2. Optické experimenty s data-projektorom a CD platňou

Čo treba urobiť pred pokusom

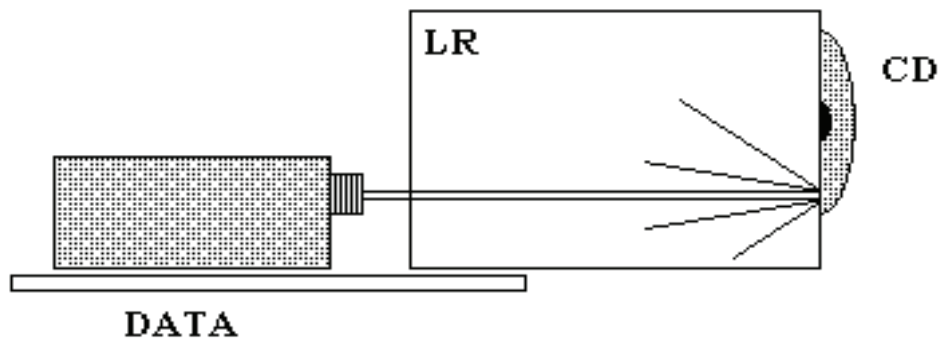


Obr. 12

Pred vlastným optickým pokusom vytvoríme na počítači (napr. aj priamo v power-pointe) rozmernejší obrazec vodorovnej, alebo zvislej bielej štrbiny na čiernom podklade (Obr. 12). Štrbina je umiestnená viac-menej v strednej časti obrazovky. Na projekčnej ploche sa po zaostrení dataprojektora objaví „svietiaci“ štrbina na tmavom neosvetlenom okolí.

Interferenčné pokusy s dataprojektorom a CD platňou

Pri týchto pokusoch sa využíva interferencia svetla na odraznej CD-mriežke. Pokus je znázornený na obr. 13. Vykonáme ho tak, že tesne pred projektor umiestnime zvislú bielu rovinnú pracovnú plochu – lúčovú rovinu LR, ktorá je takmer rovnobežná s lúčmi vystupujúcimi z projektora. Pri správnom nastavení jej polohy dosiahneme stav, pri ktorom sa na nej objaví relatívne úzky a intenzívny lúč vychádzajúci z projektora. Ak tomuto lúču postavíme do cesty vhodne umiestnenú CD platňu tak, ako to ukazuje obr. 13, môžeme na doske pozorovať viaceré difragované lúče, zodpovedajúce jednotlivým interferenčným maximám. Všetky difragované lúče, okrem zväzku prislúchajúceho nultému maximu vykazujú aj určité spektrálne sfarbenie, nakoľko ide o zložené, nemonochromatické svetelné žiarenie projektora.



Obr. 13

Príslušné „difrakčné“ uhly β_i zodpovedajúce jednotlivým maximám príslušnej farebnej zložky (pri kolmom dopade svetla) môžeme zmerať (od kolmice dopadu), alebo aspoň odhadnúť a na základe toho vypočítať vlnovú dĺžku svetla pre jednotlivé farebné zložky. Z nameraného uhla α_i pre i -te maximum určíme vlnovú dĺžku na základe vzťahu

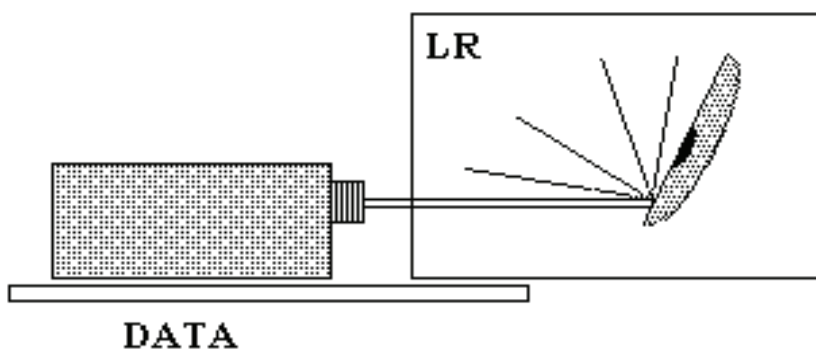
$$\lambda = \frac{O_1 O_2}{i} \sin \beta_i$$

kde $O_1 O_2 = 1,6 \mu\text{m}$ (mikrometra) .

Ak zmeriame uhol β_1 prislúchajúci prvému maximu $i = 1$, bude pre vlnovú dĺžku platiť

$$\lambda = O_1 O_2 \sin \beta_1$$

Pri zmene sklonu CD-platne sa mení aj interferenčný zväzok.

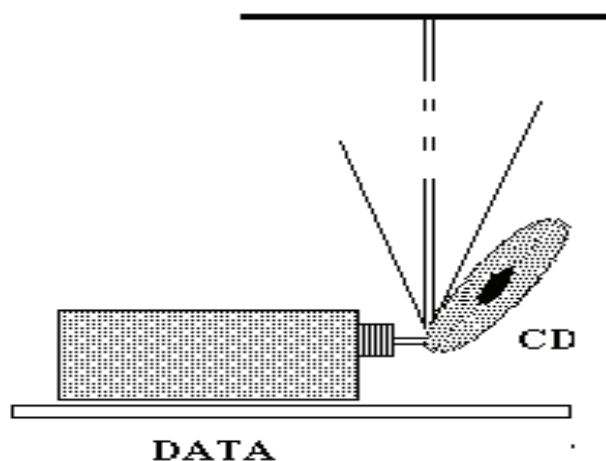


Obr. 14

Pre pozorovanie tohto efektu je však vhodnejšie usporiadanie znázornené na obr. 14, pri ktorom sa využíva iba polovica CD platne tvaru polkruhu, ktorú získame rozstrihnutím CD-platne pomocou trochu masívnejších nožníc. Takýto CD-polkrh môžeme potom umiestniť na ľubovoľné miesto lúčovej roviny LR, ktorým prechádza svetelný lúč. Pri natáčaní CD-polkruhu môžeme pozorovať difragované lúče pri rôznych uhloch dopadu lúča na odraznú CD-mriežku. Príslušné uhly β_i prislúchajúce jednotlivým interferenčným maximám môžeme zmerať a na základe toho vypočítať vlnovú dĺžku svetla pre jednotlivé farebné zložky. Pre vlnovú dĺžku platí vzťah

$$\lambda = \frac{O_1 O_2}{i} (\sin \beta_i \mp \sin \alpha)$$

kde α je uhol dopadu. Horné znamienko platí, ak difragovaný lúč leží na opačnej strane od kolmice dopadu, ako lúč dopadajúci. Ak odrazený lúč – zodpovedajúci nultému maximu – usmerníme do smeru kolmého na dopadajúci lúč, bude uhol dopadu rovný 45 stupňov.



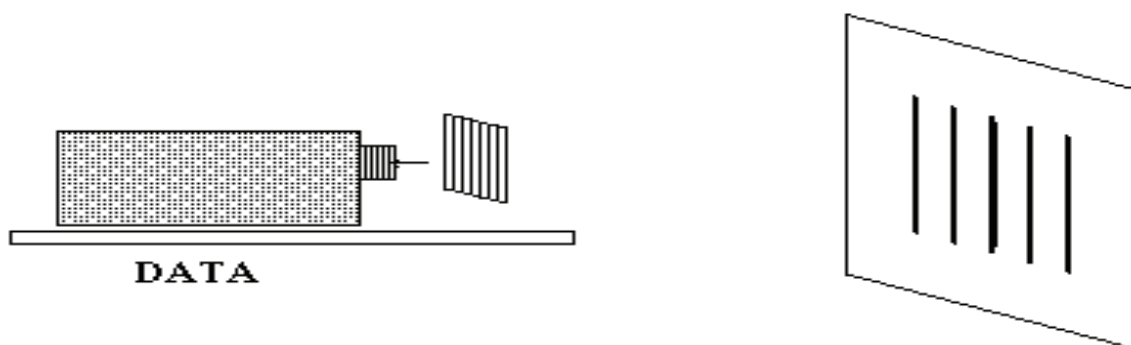
Obr. 15

Pokus s CD-spektrom na plafóne

Pri tomto pokuse (Obr. 15) sa zaoberáme bez lúčovej roviny. CD platňu postavíme tesne pred projektor v sklonenej polohe so sklonom asi 45 stupňov tak, aby svetlo z projektoru dopadalo na ňu v jej najnižších častiach. Interferenčné spektrum prvého rádu pozorujeme na povale-plafóne v miestach nad projektorom.

3. Ďalšie pokusy s dataprojektorom

Interferencia svetla na transparentnej optickej mriežke



Obr. 16

Pri tomto pokuse vychádzame zo situácie, keď je na projekčnej ploche na začiatku ostro zobrazená relatívne úzka, v tomto prípade zvislá svietiaci štrbina. Ak v takomto stave postavíme tesne pred objektív dataprojektoru transparentnú optickú mriežku s ryskami rovnobežnými so štrbinou (Obr. 16), na projekčnej ploche sa vytvorí

interferenčný obrazec. Pozorujeme na ňom niekoľko interferenčných maxím a miním. Hustota maxím a miním závisí, pochopiteľne, od mriežkovej konštanty mriežky. Vhodné sú mriežky už aj s desiatkou čiar na jeden milimeter.

Pri určení strednej hodnoty vlnovej dĺžky svetla vychádzame v prípade optickej mriežky nevelkej hustoty z obvyklého vzťahu

$$\lambda = \frac{O_1 O_2 y}{d}$$

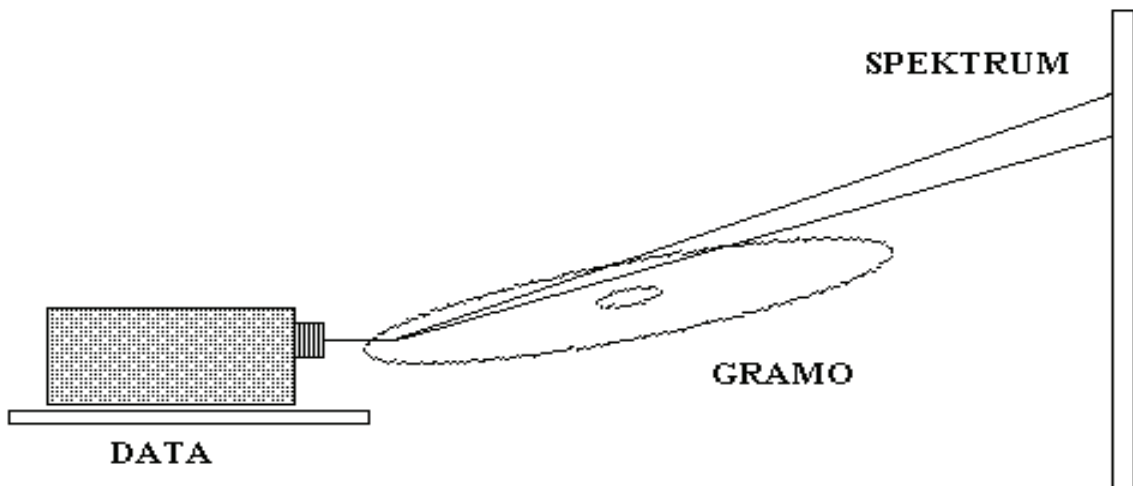
kde $O_1 O_2$ je príslušná mriežkova konštantna, y je vzdialenosť susedných interferenčných maxím na projekčnej ploche a d je vzdialenosť od mriežky k projekčnej ploche.

Ak ide o mriežky so značne vyššou hustotou, interferenčný obrazec možno lepšie pozorovať na bielom tienidle umiestnenom bližšie k projektoru. V takých situáciách - kedy ide o väčšie difrakčné uhly - treba pri výpočte vlnovej dĺžky použiť vzťah (1, resp. 2).

Interferencia svetla na gramo-platni

Pri tomto pokuse (Obr. 17), dopadá svetlo na gramoplatňu pod veľkým uhlom dopadu – blízky 90 stupňov. Difrakčné spektrum pozorujeme na stene, resp. projekčnej ploche umiestnenej – ako obvykle - vo väčšej vzdialenosti od projektora. Pri zmene sklonu gramoplatne sa pozorované spektrum premiestňuje, pričom sa mení aj jeho šírka.

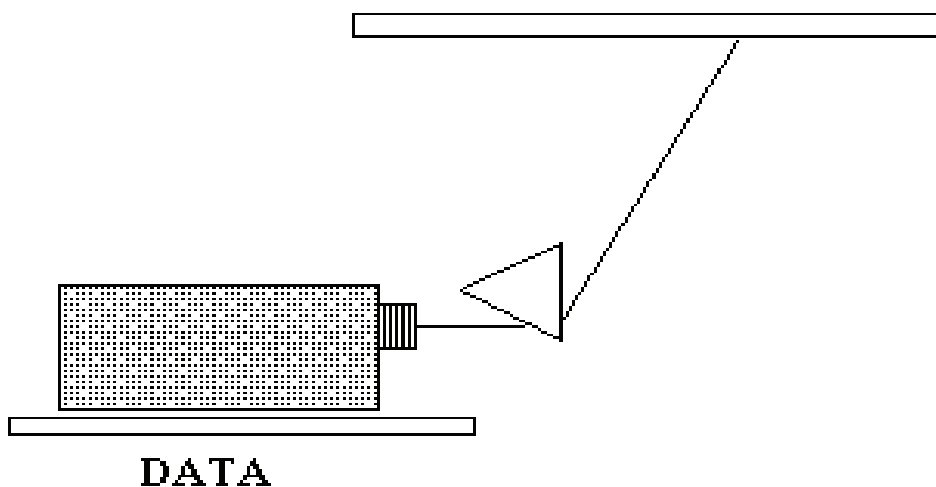
V zásade môžeme gramoplatňu postaviť aj do šikmejšej polohy, pri ktorej sa príslušné spektrum zobrazí na plafóne. V tejto situácii je však spektrum relatívne úzke a menej výrazné. Výraznejšie je len pri väčšej výškovej dimenzii miestnosti.



Obr. 17

Poznámka: Dataprojektor možno využiť aj pri viacerých lúčových pokusoch z geometrickej optiky. Do tejto skupiny pokusov patria pokusy, pri ktorých sa demonštruje zákon odrazu, lomu, posunutie lúčov pri prechode planoparalelnou doskou a pod. V niektorých prípadoch je vhodné na počítači vytvoriť sústavu viacerých navzájom rovnobežných štrbín, čo umožní získať na lúčovej rovine LR (ktorou môže byť aj stena) sústavu navzájom rovnobežných lúčov. Tie necháme potom dopadať na zrkadlo, lámavú plochu a pod.

Spektrum vytvorené pomocou hranola



Obr. 18

Usporiadanie pokusu je na obr. 18. Aj pri tomto pokuse zobrazíme na projekčnej ploche najprv svietiacu - v tomto prípade vodorovnú - štrbinu. Hranol, otočený lámavou hranou smerom nadol, umiestníme tesne pred projektor. Spektrum sa pozoruje buď na povale-plafóne, alebo na papieri, vhodne postavenom do cesty lúčom. Pri využití zvisle postavennej svietiacej štrbiny musí byť lámavá hrana hranola tiež zvislá.

Záver

Optické pokusy a merania s CD platňou, ako aj fyzikálne demonštrácie s využitím dataprojektora môžu značne oživiť vyučovací proces a prispieť k zvýšeniu atraktívnosti fyziky ako celku. Väčšina pokusov s CD platňou sa dá realizovať pritom aj v domácich podmienkach, čo pomáha zlepšiť imidž fyziky v očiach verejnosti.

Literatúra:

- [1] BANÍK Ivan - BANIK Rastislav - CHOVANCOVÁ Marcela. 2008. *Fyzikálny kaleidoskop*. 1. Vyd. Bratislava: Vyd. STU, 2008. 336 s. ISBN 978-80-227-2894-2
- [2] BANÍK Ivan - BANIK Rastislav. *Kaleidoskop učiteľa fyziky* č. 1-10. Vyd. MC. Bratislava 1992-2000

Adresa autora

Ivan Baník, prof., RNDr., CSc.
 katedra fyziky, Stavebná fakulta STU
 813 68 Bratislava, Radlinského 11,
 e-mail: ivan.banik@stuba.sk

DETSKÉ UNIVERZITY AKO INOVATÍVNE VÝUČBOVÉ AKTIVITY

Peter Hockicko

Katedra fyziky, Elektrotechnická fakulta, Žilinská univerzita

Abstrakt: Cieľom detských univerzít (DU) je skvalitniť predovšetkým kontakt vedcov a výskumníkov s mladými ľuďmi a so širokou verejnosťou. V tomto zmysle už viac ako 100 európskych univerzít a inštitúcií začalo s organizovaním týchto aktivít. Dlhodobý cieľ DU je vzbudiť záujem a entuziazmus detí a mladých ľudí o vedu a otázky týkajúce sa jej rozvoja. Inovátorstvom je fakt, že sa univerzity špeciálne zamerali na záujmy detí a mladých ľudí (8 ročných a starších). Kvôli konsolidácii existujúcich detských univerzít a pre pozdvihnutie ich budúceho rastu v celej Európe vznikla sieť EUCU.NET – European Children's Universities Network, ktorej členom je aj Žilinská detská univerzita (ŽDU). Jej snahou je spojiť už existujúce postupy za účelom úspešného dosiahnutia vytýčených cieľov a taktiež zvýšiť interakciu medzi členmi DU z iných oblastí a štátov pri uplatňovaní profesionálnych a spoločných postupov a metód.

Kľúčové slová: detské univerzity, inovatívne výučbové aktivity, EUCU.NET.

Úvod

V dňoch 13. – 14. februára 2009 sa uskutočnila 1. medzinárodná konferencia detských univerzít pod názvom „Children's Universities – The Idea captures Europe“ na Univerzite Eberharda Karla v Tübingene v Nemecku. Po prvýkrát viac ako 120 organizátorov detských univerzít, učiteľov, výskumníkov, sponzorov a novinárov z celej Európy a taktiež aj z Japonska sa spoločne stretli, aby si vymenili názory, naviazali partnerstvá a spoluprácu. Počas dvoch dní plných prednášok a workshopov, živých diskusií pri posteroch bola prezentovaná rozmanitosť jednotlivých detských univerzít.

Jedným z úspechov konferencie v Tübingene bola medzinárodná účasť. Prispievatelia z celého sveta diskutovali, rozoberali problémy, učili sa navzájom. Zaujímavosťou je, že komunita organizátorov detských univerzít sa doteraz nikdy nekontaktovala v takomto rozsahu. Dokonca v rámci tej istej krajiny boli nadväzované nové kontakty. Konferencia v Tübingene poukázala na dôležitosť informačnej siete detských univerzít, akou bude EUCU.NET - European Children's Universities Network [1] a taktiež bola oficiálnym spustením portálu komunity EUCU.NET, štartom rozmanitých kontaktov v rámci partnerstiev v tejto sieti.

EUCU.NET - European Children's Universities Network

Prvoradým cieľom portálu je viac zviditeľniť detské univerzity. Ako bolo spomenuté na konferencii, nie je jediný model detských univerzít, ale široká rozmanitosť prístupov závislá na lokálnych podmienkach a požiadavkách, na inštitucionálnom pozadí a zo všetkého najviac na celkových cieľoch. Prvé výsledky prezentované počas záverov konferencie poukazujú na takmer 200 projektov v rozbehnutom stave. Viac ako 100 európskych univerzít a inštitúcií začalo s organizovaním takýchto aktivít.

Strategickým záujmom EUCU.NET je konsolidácia existujúcich detských univerzít a pozdvihnutie ich budúceho rastu v celej Európe. Taktiež je snaha spojiť už existujúce postupy za účelom úspešného dosiahnutia vytýčených cieľov. Je snahou zvýšiť interakciu medzi členmi z iných oblastí a štátov pri uplatňovaní profesionálnych a spoločných postupov a metód. EUCU.NET chce prispievať k značnému nárastu

vedeckého povedomia medzi deťmi a mladými ľuďmi. Chce prekonať stereotypy a zastarané názory o vede vo všeobecnosti a chce zmeniť pohľad mladých ľudí na vedeckú prácu. Zo všetkého najviac sú nevyhnutné predpoklady pre podporu zapojenia detí zo všetkých sociálnych sektorov spoločnosti.

Ciele a úlohy detských univerzít

Ako vyplynulo zo záverov konferencie, strategickým cieľom detských univerzít je skvalitniť predovšetkým kontakt vedcov a výskumníkov s mladými ľuďmi a so širokou verejnosťou. Dlhodobým cieľom je vzbudiť záujem a entuziazmus detí a mladých ľudí o vedu a otázky s ňou súvisiace. Hlavnou úlohou detských univerzít je taktiež sprístupniť priestory univerzít širokej verejnosti. Novátorstvom je fakt, že sa univerzity špeciálne zamerali na záujmy detí a mladých ľudí (8 ročných a starších). Vo všeobecnosti je formát všetkých detských univerzít podobný. Obsahuje organizáciu aktivít vo forme prednášok, workshopov, exkurzií, ktoré sú špeciálne zamerané na záujmy a potreby mladých ľudí. Všeobecne tieto aktivity sa realizujú v priestoroch univerzity počas špecifického časového obdobia alebo série aktivít počas roka.

Ciele detských univerzít môžeme zosumarizovať nasledovne

- Podpora záujmu o vedu
- Zvýšenie záujmu a vedomostí o vedeckom povolání
- Nárast priamych kontaktov detí s vedcami a výskumníkmi
- Odstránenie stereotypov

Na jeseň tohto roku je naplánovaná dvoj-konferencia v dvoch hlavných mestách štátov Európy – v Bratislave a vo Viedni, kde by mali byť prezentované skúsenosti organizátorov novozaložených, ale aj rozvíjajúcich sa detských univerzít.

Žilinská detská univerzita v sieti EUCU.NET

Elektrotechnická fakulta Žilinskej univerzity každoročne v čase letných prázdnin organizuje pre deti základných škôl (ZŠ) od roku 2005 jednotýždňovú aktivitu pod názvom Žilinská detská univerzita (ŽDU). Jej cieľom je popularizovať prírodovedné predmety, vzbudiť v deťoch záujem o techniku, motivovať ich k poznávacej činnosti. Snahou pedagógov participujúcich na ŽDU je poskytnúť deťom informácie o tom, ako prírodné vedy, zvlášť fyzika a matematika a ich rozvoj súvisia s rozvojom aplikovaných vied, techniky a ako to súvisí s rozvojom celej spoločnosti.

ŽDU má taktiež snahu pomôcť pri zriaďovaní nových detských univerzít (DU) v Európe, prípadne participovať s už vzniknutými DU na výmene poznatkov, skúseností a ďalšom rozvoji. Ako ukázali predchádzajúce výskumy [2-4], záujem o takýto druh aktivity u detí mladšieho školského veku je a naďalej narastá.



Obr. 1: Na prednáške na ŽDU: „Ako sa hýbu vlny“



Obr. 2: Na laboratórnom cvičení na ŽDU: „Čarovný svet chémie“



Obr. 3: Na exkurzii v dopravnom laboratóriu na ŽDU, cvičenie: „Ako sa riadi vlak“

Ďalšie inovatívne výučbové aktivity

Aj snahou ďalších inovatívnych výučbových aktivít je zefektívnenie vyučovacieho procesu. Ako aj ďalšie štúdie ukazujú [5], experiment je vo fyzike nenahraditeľný, pretože vytvára u študentov reálnu predstavu o danom jave, respektíve jeho aplikáciách. Používanie žiackych a demonštračných experimentov vo vyučovacom procese prispieva k dosiahnutiu vyššej vedomostnej úrovni u žiakov, k vyššej názornosti preberaného učiva, zapája žiakov vo všetkých fázach procesu, čím ich aktivizuje k aktívnej práci, v prípade žiackych experimentov rozvíja ich schopnosť samostatne pracovať [6].

Ďalšou z možností, ako ponúknuť deťom zapojiť sa do experimentovania mimo vyučovacieho procesu je aj realizácia fyzikálnych denných mestských táborov. Príkladom môže byť tábor FAJN [7], ktorého cieľ je ukrytý už v samotnom názve: Fyzika Ako Ju Nepoznáte. Jeho úlohou je žiakom priblížiť fyziku a nechať ich objaviť známe veci trochu netradičným spôsobom.

Neodmysliteľnou súčasťou experimentovania hlavne u starších žiakov ZŠ je dnes využívanie informačných a komunikačných technológií (IKT). Veľkou prednosťou použitia IKT vo vyučovacom procese je uplatňovanie aktívneho poznávania na strane žiakov, kde žiak svojou vlastnou aktivitou dospeje k fyzikálnemu poznatku [8].

Cieľom všetkých podobných inovatívnych aktivít zameraných na fyziku je rozvinúť tvorivú činnosť žiakov a zlepšiť ich vzťah k fyzike.

Záver

Snahou inovatívnych postupov vo vzdelávaní je, aby vzdelávanie bolo zamerané na rozvoj kompetencií (schopností) žiakov, ktoré musí byť práve založené na aktivite žiaka. Detské univerzity ako mimoškolské aktivity a ďalšie neformálne metódy

vzdelávania sa, dávajú deťom oveľa viac priestoru na tvorivú činnosť ako klasický vyučovací proces na ZŠ. Vyučovací proces zameraný na rozvoj kompetencií by mal vychádzať z niekoľkých didaktických zásad, medzi ktoré patrí aj v anglickej literatúre nazývaný learning by doing, ktorého základom sú experimenty, ktoré žiaci robia v malých skupinkách. A práve niektoré detské univerzity (medzi nimi aj ŽDU) ako inovatívne výučbové aktivity poskytujú žiakom základných škôl takúto možnosť.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. LPP-0195-07.

Literatúra

- [1] <http://eucu.net>
- [2] TARJÁNYIOVÁ, G. - HOCKICKO, P. 2006. *Detská univerzita EF ŽU 2005 z pohľadu detí, rodičov a pedagógov*. In: MIF didaktický časopis učiteľov matematiky, informatiky a fyziky. roč. XV, 2006, č. 28, s. 117. ISSN 1335-7794
- [3] TARJÁNYIOVÁ, G. - HOCKICKO, P. 2006. *Skúsenosti a trendy vo využívaní inovatívnych postupov vo výučbe prírodovedných predmetov na ZŠ realizovaných v rámci Detskej univerzity EF ŽU 2005*. In: Šebeň, V., Parma, L., Burger, V., Šterbáková, K.: Zborník príspevkov z medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie Učiteľ prírodovedných predmetov na začiatku 21. storočia. Prešov: Prešovská univerzita, 2006, s. 58–62. ISBN 80-8068-462-6
- [4] HOCKICKO, P. - TARJÁNYIOVÁ, G. - MÜLLEROVÁ, J. 2008. *How to attract the interest of school-age children in science*. In: Proceedings of 16-th Conference of Czech and Slovak Physicists. Hradec Králové, 2008 (v tlači)
- [5] NĚMEC, M. 2008. *Kvalitatívne úlohy vo fyzike*. In: Krupa, D., Kireš, M.: Zborník príspevkov z pracovného seminára Tvorivý učiteľ fyziky. Slovenská fyzikálna spoločnosť, tlač: PF UPJŠ Košice, 2008, s. 31–33. ISBN 978-80-969124-6-9
- [6] KRIŠŤÁK, Ľ. 2008. *Experimentálna zložka vo vyučovaní fyziky*. In: Krupa, D., Kireš, M.: Zborník príspevkov z pracovného seminára Tvorivý učiteľ fyziky. Slovenská fyzikálna spoločnosť, tlač: PF UPJŠ Košice, 2008, s. 7–10. ISBN 978-80-969124-6-9
- [7] VALOVIČOVÁ, Ľ. 2008. *Leto vo fyzikálnom tábore FAJN*. In: Krupa, D., Kireš, M.: Zborník príspevkov z pracovného seminára Tvorivý učiteľ fyziky. Slovenská fyzikálna spoločnosť, tlač: PF UPJŠ Košice, 2008, s. 122–125. ISBN 978-80-969124-6-9
- [8] SPODNIAKOVÁ-PFEFFEROVÁ, M. 2006. *K problematike využívania IKT vo vyučovaní fyziky*. In: Šebeň, V., Parma, L., Burger, V., Šterbáková, K.: Zborník príspevkov z medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie Učiteľ prírodovedných predmetov na začiatku 21. storočia. Prešov: Prešovská univerzita, 2006, s. 222–226. ISBN 80-8068-462-6

Adresa autora

PaedDr. Peter Hockicko, PhD.

Katedra fyziky NB412

Elektrotechnická fakulta

Žilinská univerzita

Univerzitná 8215/1

010 26 Žilina

hockicko@fyzika.uniza.sk

<http://duef.uniza.sk>

<http://hockicko.uniza.sk>

KMITANIE TYČÍ, PRAVOUHLÝCH TENKÝCH DOSIEK A MEMBRÁN

Anna Danihelová

Katedra fyziky, elektrotechniky a aplikovanej mechaniky, TU vo Zvolene

Abstrakt: Príspevok súhrnne pojednáva o kmitaní telies rôznych tvarov v závislosti od ich uloženia a spôsobu budenia. Poukazuje na možnosť využitia analýzy tvarov kmitania telies pri hodnotení kvality materiálu. Poskytuje pohľad na to, ako sa prenášajú najnovšie poznatky a skúsenosti do študijných programov Technológia dreva a Konštrukcia a procesy výroby drevárskych výrobkov.

Kľúčové slová: módy kmitania, elastické konštanty, vlastnosti materiálu, hudobné nástroje.

Úvod

Jednu z najväčších záhad v sebe skrývajú husle starých majstrov husliarov. Kvalita nástrojov závisí v značnej miere od vlastností materiálu použitého na ich výrobu. Pri výbere materiálu pre rôzne aplikácie je teda dôležité poznať jeho fyzikálne a technické charakteristiky. Tajomstvo kvality huslí starých majstrov husliarov, výrobcov gitár, xylofónov a ďalších hudobných nástrojov sa hľadá za pomoci najmodernejších metód. Moderné testy vibračných vlastností voľnej hornej a spodnej dosky huslí, ale aj celého nástroja pomáhajú odkrývať tajomstvá výrobcov hudobných nástrojov. Taylor z Kráľovského inštitútu vo Veľkej Británii: „ Ak mám hovoriť za vedu, potom si myslím, že sme začali pomáhať výrobcovi stavať vyrovnané, kvalitné nástroje. To ale ešte neznamená, že sme im umožnili dosahovať kvalitu stradivárok, pretože pravdu povediac, nevieme v čom tkvie kvalita stradivárok“.

Príspevok sa zaoberá šírením akustických vln v telesách rôznych geometrických tvarov (tyče, tenké dosky a membrány) v závislosti od spôsobu uloženia. Motiváciu pre hľadanie možností, metód zviditeľnenia zvuku, resp. kmitania hudobných nástrojov bola podstatne väčšia objektivita zraku ako sluchu. Pri zviditeľnení kmitania ide o zobrazenie fyzikálnej príčinnosti zvuku, ktorú reprezentuje niekoľko kmitajúcich bodov rezonančnej dosky hudobného nástroja, resp. určitá časť zvukového poľa pred hudobným nástrojom alebo iným zdrojom zvuku. Práve toto sa javí ako výhodnejšie voči jednoduchému zaznamenávaniu rýchlosti a amplitúdy kmitu v jedinom bode dosky, resp. poľa snímačom kmitov alebo meracím mikrofónom.

Existuje viacero metód, použitím ktorých je možné zviditeľniť kmitanie. Veľmi jednoduchou, rýchlou a dostupnou metódou je metóda Chladniho obrazcov, ktoré ukazujú geometriu rôznych spôsobov kmitania. Druhou nami používanou metódou je modálna analýza s harmonickým budením ako aj metódy založené na interferometrii. Tieto metódy umožňujú nielen vizualizáciu tvarov kmitania tyčí, tenkých pravouhlých dosiek, membrán, jednotlivých častí hudobných nástrojov, celých nástrojov, ale prostredníctvom empirických vzťahov aj výpočet elastických charakteristík materiálu.

Ohybové vlny v tyčiach

Tyč, resp. nosník je v prípade samozvukných hudobných nástrojov oscilátorom. Tón vzniká kmitaním celého nástroja alebo jeho súčastí. Táto skupina zahŕňa takmer všetky bicie nástroje s výnimkou bubnov (gong, zvonkohra, xylofón). Ak sú priečne rozmery tyče zanedbateľné, prevláda dĺžkový rozmer tyče a tento určuje prevažne ohybový tvar kmitov tyče. Tyč však môže byť rôzne zavesená alebo upevnená, čo

určuje rôzne okrajové podmienky. Frekvenciu základného ohybového módu kmitania tyče vyjadríme vzťahom:

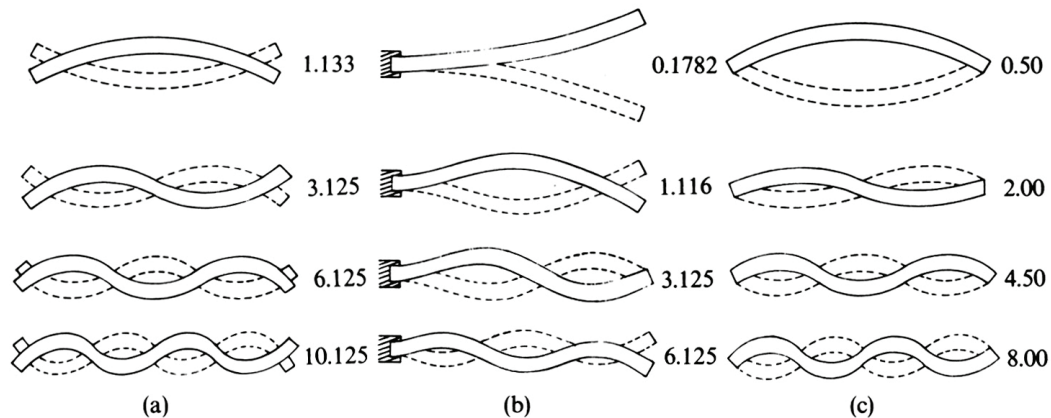
$$f_1 = K \frac{I}{L^2} c_L \quad (1)$$

kde L je dĺžka tyče, K je konštanta závislá od spôsobu uloženia tyče, I je kvadratický moment prierezu a c_L je rýchlosť pozdĺžnych vln. Okrem ohybových kmitov môžu tyče vykazovať aj pozdĺžne a torzné kmity. Pre frekvencie rezonančných módov tyče upevnenej, resp. voľnej na oboch koncoch platí vzťah (2) a pre upevnenú len na jednom konci vzťah (3)

$$f_n = n \frac{c_L}{2L} \quad (2)$$

$$f_n = (2n - 1) \frac{c_L}{4L} \quad (3)$$

Rozloženie rezonančných módov (Obr. 1), a teda aj ladenie (v prípade samozvučných hudobných nástrojov) je možné pri kmitajúcich tyčiach ovplyvňovať predovšetkým rozmermi a materiálom.



Obr.1: Kmitanie tyče a) voľne uloženej; b) jednostranne votknutej; c) voľne podopretej [2]

Pri hudobných nástrojoch (xylofón, marimba, vibrafón, zvonkohra) určitosť výšky a výrazný tónový charakter zvuku nástroja súvisí s odlišným frekvenčným rozložením rôznych typov módov. Ohybové módy totiž tvoria neharmonický rad frekvencií, torzné módy sa vytvárajú pri frekvenciách, ktoré tvoria takmer rad harmonických tónov a podobne harmonicky sa chovajú aj pozdĺžne módy [6].

Kmitanie tenkej dosky

Doska môže byť mať tri odlišné okrajové podmienky: voľne uložená, upnutá alebo jednoducho podopretá. V doske by sa zdanlivo mali pozdĺžne (tlakové) vlny šíriť rovnakou rýchlosťou ako v tyči ($c_L = \sqrt{E/\rho}$). V tomto prípade to nie je celkom pravda, keďže priečne deformácie sprevádzajúce pozdĺžne stlačenie v rovine dosky pridáva dodatočnú tuhosť.

Vzhľadom k tomu, že každá hrana pravouhlejšej dosky môže byť uchytená jedným z troch spôsobov (voľná, podopretá resp. upnutá hrana) existuje 27 kombinácií hraničných podmienok, teda aj rozličných súborov módov kmitania. V prípade podopretého okraja pre zodpovedajúce rezonančné frekvencie platí vzťah (4) podľa [2]:

$$f_{mn} = 0,453c_L h \left[\left(\frac{m+1}{L_x} \right)^2 \right] + \left[\left(\frac{n+1}{L_y} \right)^2 \right] \quad (4)$$

kde L_x a L_y sú rozmery dosky, c_L je rýchlosť pozdĺžnych vln, h je hrúbka, m a n udávajú počet uzlových čiar v smere y a x (okrem uzlov na hranách). Uzlové čiary sú rovnobežné s hranami, čo ale neplatí v prípade voľnej, resp. upnutej hrany. Jednotlivé módy popisujeme prostredníctvom počtu uzlových čiar ako (m, n) . Základný mód je označovaný ako $(0,0)$.

V prípade voľnej hrany dosky sa ukázalo, že výpočet módov je veľmi zložitý. Preto Rayleigh použil vlastnú metódu umožňujúcu približné riešenie, ktorého výsledky boli veľmi blízke k nameraným hodnotám. Limitnými prípadmi pravouhlého telesa sú štvorcové dosky a tenké tyče. Ak sa šírkový rozmer tyče zväčšuje, potom ohyb pozdĺž osi x vyvolá aj ohyb v smere kolmom. V prípade dosky takmer nebadateľná expanzia sprevádzajúca pozdĺžne stlačenie pridáva doske dodatočnú tuhosť, teda vzťah pre rýchlosť [5] pozdĺžnych vln je (5). Pre rýchlosť ohybových vln, ktorá závisí od frekvencie platí vzťah (6) odvodený z pohybovej rovnice pre ohyb. Frekvencia je úmerná k^2 podľa vzťahu (7)

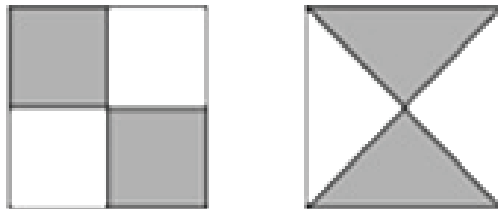
$$c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}} \quad (5)$$

$$c_{oh} = \frac{\omega}{k} = \sqrt{\frac{\omega h c_L}{\sqrt{12}}} = \sqrt{1,8 f h c_L} \quad (6)$$

$$f = 0,0459 h c_L k^2 \quad (7)$$

Vo vzťahu (5) je ν je Poissonovo číslo, hodnota k sa zhoduje s normálovými módmí kmitania a závisí od hraničných podmienok. Niekoľko ohybových módov pravouhlej dosky môže byť odvodené od ohybových módov tyče, berúc do úvahy to, že v doske sa šíri kmitanie v dvoch smeroch (x, y) a výsledné kmitanie je ich kombináciou. Existuje teda väzba medzi ohybovými kmitmi v týchto smeroch, uzlové čiary nie sú ideálne rovnobežné s hranami dosky ($L_x \gg L_y$). Ak sa $L_y \rightarrow L_x$, uzlové čiary sa viditeľne zakrivujú. Pri $L_x = L_y$ je zmiešanie úplné. Na Obr. 2 sú znázornené prvé dva módy kmitania štvorcovej dosky. Základný mód kmitania je $(1,1)$, je to krúťivý mód, pri ktorom protilahlé rohy kmitajú vo fáze a jeho frekvencia je daná vzťahom

$$f_{11} = \frac{c_T}{2L_y} = \frac{h}{L_x L_y} \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \frac{h}{L^2} \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}} = \frac{h c_L}{L^2} \sqrt{\frac{1-\nu}{2}} \quad (8)$$

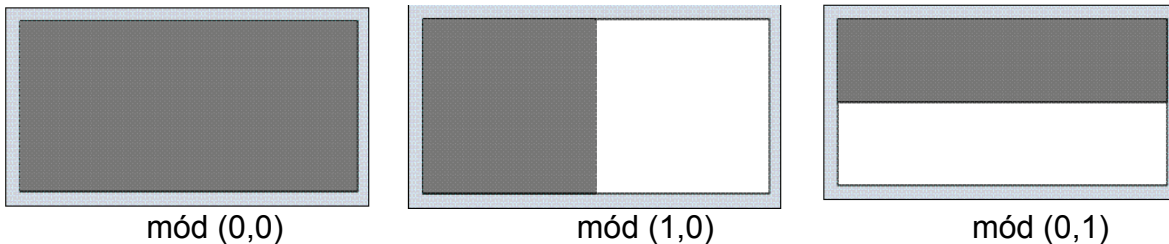


Obr. 2: Prvé 2 módy štvorcovej dosky s voľnými okrajmi

V prípade štvorcovej a pravouhlej dosky s upnutými okrajmi existuje veľký počet navrhnutých variácií tvarov módov rôznymi autormi. Vychádzajúc s hraničných podmienok určíme frekvenciu základného módu $(0,0)$ podľa vzťahu

$$f_{00} = \frac{1,654 h c_L}{L^2} \quad (9)$$

Z porovnania módov štvorcovej dosky s upnutými a voľnými okrajmi je zrejmé, že frekvencia módu (1,1) upnutej dosky je 10 krát vyššia ako s voľnými okrajmi; pod módom (1,1), ktorý je základný (prvý) pri kmitaní dosky s voľnými okrajmi, existujú pri kmitaní dosky upnutej ešte tri módy (Obr. 3).



mód (0,0) mód (1,0) mód (0,1)
Obr. 3: Prvé 3 módy kmitania štvorcovej dosky s upnutými okrajmi

Pre popísanie tvarov kmitania drevených dosiek je potrebné poznať štyri elastické konštanty. Moduly pružnosti pozdĺž (E_x) a naprieč (E_y) vlákien, šmykový modul (G_{xy}) a dve Poissonove čísla (ν_{xy} , ν_{yx}). Vzhľadom k tomu, že drevo je anizotropný materiál, je potrebné modifikovať vzťahy (4) až (9) tak, že E bude nahradené E_x alebo E_y a ν^2 nahradí ν_{xy} ν_{yx} , napr. vo vzťahu (4) a dostaneme vzťah (4')

$$f_{mn} = 0,453h \left[c_L \left(\frac{m+1}{L_x} \right)^2 + c_T \left(\frac{n+1}{L_y} \right)^2 \right] \quad (4')$$

pričom platí:
$$\frac{\nu_{xy}}{E_y} = \frac{\nu_{yx}}{E_x} \quad (10)$$

Vyššie uvedené zákonitosti kmitania dosiek sú využívané pri výbere vhodného materiálu na stavbu ozvučníc reproduktorových sústav, niektorých perkusných hudobných nástrojov (cajon, djembe, darbuka) ako aj pri ich ladení (Obr. 4).



Obr.4: Niektoré tvary módov použité pri ladení dosiek korpusu cajonu

Husľové dosky

Husľové dosky majú zložitý tvar, sú klenuté a v technickej terminológii sa nazývajú „plytké mušle“. Tvarová zložitosť ako aj anizotropia dreva ovplyvňujú tvary kmitania voľnej husľovej dosky. Na Obr. 5 sú predstavené tvary 1. módu (krútiaci mód), 2. a 5. módu (ohybové módy). Tieto módy sú používané pri tvarovaní (ladení) dosiek a meraní rezonančných frekvencií, ktoré sú potrebné pre výpočet vyššie spomenutých elastických konštant. Pre výpočet modulov pozdĺž vlákien – E_x a naprieč vlákien – E_y platia vzťahy (11) a (12), v ktorých $\eta = 1 - \nu_{xy}\nu_{yx}$, pričom ν_{xy} a ν_{yx} sú Poissonove čísla.

$$E_x = 12\eta D_1, \text{ kde } D_1 \approx \frac{f_5^2 \rho a^4}{h^2} \quad (11)$$

$$a \quad E_Y = 12\eta D_3, \text{ kde } D_3 \approx \frac{f_2^2 \rho b^4}{h^2} \quad (12)$$



Obr. 5: Módy 1., 2. a 5. voľnej spodnej husľovej dosky

Na základe teoretických výpočtov metódou konečných prvkov a výsledkov experimentov je možné konštatovať, že tvary módov 1., 2. a ich rezonančné frekvencie závisia predovšetkým od hrúbky a 5. mód je najcitlivejší na výšku klenby dosky. Preto tu spomenuté módy sa využívajú aj pri ladení dosiek strunových hudobných nástrojov.

Kmitanie membrány

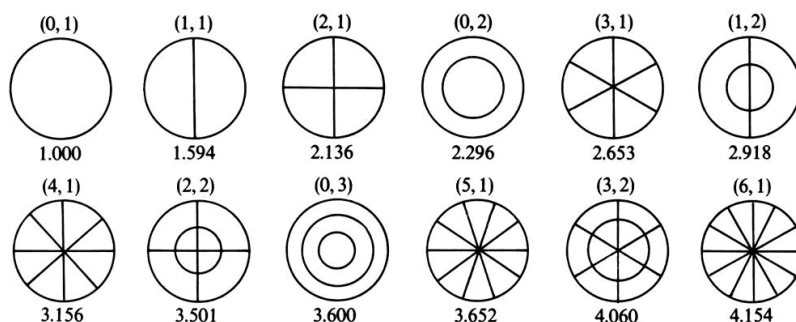
Tón v prípade blanzvučných nástrojov (najmä bubny, tympany, tamburína) vzniká kmitaním membrány, ktorá býva vyrobená najčastejšie z kože alebo z plastu.

Rezonančné módy kmitajúcej ideálnej membrány netvorí harmonický rad frekvencií. Pre frekvenciu najnižšieho a tvarovo najjednoduchšieho módu platí vzťah:

$$f_{01} = \frac{0,3827}{R} c_0 \quad (13)$$

pričom $c_0 = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$ je rýchlosť šírenia ohybových vln, kde T je napätie membrány, ρ je hustota.

Vzhľadom k dvojrozmernosti oscilátora sú tvary kmitov dvojakého typu: *radiálne* (m) a *kruhové* (n). Radiálne módy tvoria približne harmonický rad frekvencií, teda zvukový charakter týchto módov je zväčša tónový a vykazujú malé tlmenie. Kruhové módy sú silne tlmené, ich frekvenčné pomery sú neharmonické a zvukový charakter je výrazne hlukový (Obr. 6). Intenzita módov je ovplyvnená miestom budenia (pri budení v strede prevažujú v kmitaní kruhové módy).



Obr. 6: Prvých 14 rezonančných módov ideálnej tenkej kruhovej membrány [2]

Kmitanie reálnych membrán je úplne odlišné od ideálnych (homogénne, rovnomerne napnuté, nezaťažené *rezonátorom*, t.j. objemom vzduchu) membrán. Pri reálnych membránach (bubon, tympany) vplyva na zmenu rezonančných frekvencií jednotlivých módov hlavne zaťaženie objemom vzduchu, ohybová a šmyková tuhosť membrány [6].

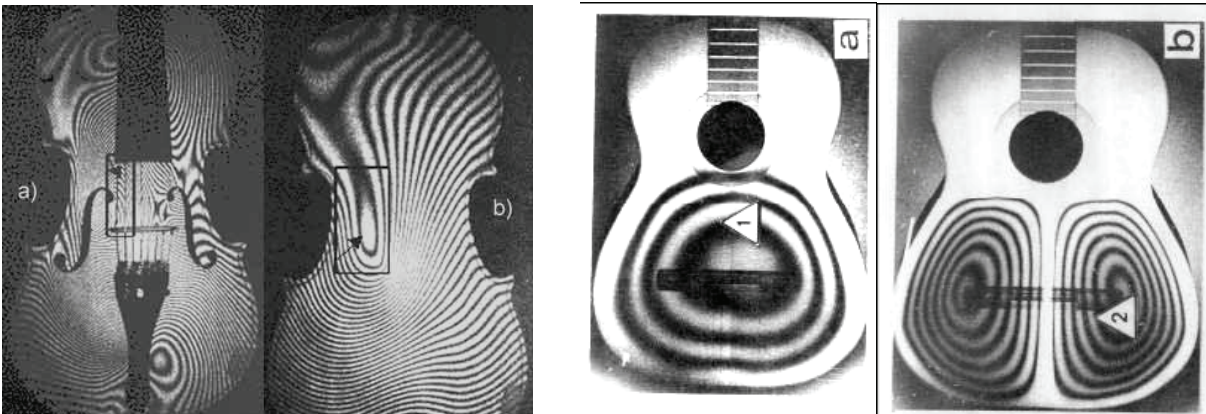
Metóda Chladniho obrazcov

Chladniho metódu na skúmanie kmitania husľových dosiek ako prvý použil F. Savart. Husľová doska je klenutá a má zložitú geometriu, no Savart pre zjednodušenie použil ploché pravouhlé teleso. Neskôr bola táto metóda znova objavená a ďalej vyvíjaná Beldierom a Hutchins.

Chladniho obrazce (uzlové čiary stojateho vlnenia) ukazujú geometriu rôznych spôsobov kmitania skúmaného dvojrozmerného objektu. Tvar uzlových čiar je charakteristický pre príslušný mód, pričom závisí od symetrie, homogénnosti dosky, rozmerov a spôsobu uchytenia (hraničných podmienok). Každý Chladniho obrazec vzniká len pri určitej rezonančnej frekvencii. Okrem hodnoty tejto rezonančnej frekvencie sú veľmi dôležité pomery medzi jednotlivými rezonančnými módami. Presnosť určenia rezonančnej frekvencie je ovplyvnená kvalitou rezonancie, spôsobom, miestom a intenzitou budenia kmitov.

Holografická interferometria

Holografická interferometria umožňuje výskum mechanických deformácií povrchov, vibrácií. Metóda porovnáva medzi sebou dve informačné vlny, ktoré pôvodne neexistovali v tom istom čase. Pomocou tejto metódy je možné zaznamenať umiestnenie uzlových čiar a premiestnenie kmitajúcich oblastí dosky s vysokou presnosťou (na zlomok vlnovej dĺžky laserového žiarenia). Zaznamenané obrazce – interferogramy huslí a gitary (Obr. 7a, Obr. 7b) v mnohom pripomínajú Chladniho obrazce, avšak interferenčné pružky nie sú uzlové čiary. Módy kmitania celého hudobného nástroja sú úplne odlišné od tvarov módov pozorovaných na voľných doskách.



Obr. 7a: Holografický interferogram huslí [1] Obr. 7b: Holografický interferogram gitary [4]

Interferometrické merania umožňujú bezkontaktné meranie, pričom priebeh kmitania je daný len vlastnosťami objektu, jeho uloženia (upevnenia). Táto metóda sa využíva len pri skúmaní rezonančných vlastností voľných dosiek, resp. kompletného hudobného nástroja, pričom sa hodnotí tvar a rozloženie interferenčných kriviek pri zodpovedajúcich frekvenciách, niekedy sa vypočítava absolútna hodnota deformácie [6]. Výhodou metódy je, že umožňuje v reálnom čase pozorovať zmeny tvaru interferenčných kriviek v závislosti od budiacej frekvencie. Na druhej strane jej nevýhoda spočíva v tom, že nie je vidieť, či fázový posun je pozitívny alebo negatívny (nie je možné zistiť či daná oblasť kmitá smerom dovnútra, resp. von z nástroja).

Elektronická speckle interferometria

Je to metóda analogická holografickej interferometrii, využíva vlastnosti laserových škvŕn (specklov) a digitálne spracovanie obrazu. Často je dopĺňaná technikou tzv. vzorkovania fázy umožňujúcou jednoznačné určenie fázy kmitania v interferograme. Samotný interferogram dostáva svoju obrazovú podobu pomocou číslicového spracovania obrazu výpočtom v obrazovom procesore pomocou určitého algoritmu [7].

Elektronická speckle interferometria (ESPI) tiež nazývaná elektricko-optická holografia sa využíva pri zisťovaní zmien polohy, zviditeľňovaní kmitania atď. ESPI umožňuje zaznamenať dva odlišné stavy kmitajúceho objektu vo veľmi krátkom čase a kvantitatívne porovnať tieto stavy. ESPI využíva rozptyl laserového svetla na nerovnostiach skúmaného povrchu. Skúmaný objekt je osvetlený dvoma krátkymi, po sebe idúcimi pulzmi laserového svetla. Vlny spolu interferujú, vytvárajú speckle obrazce, ktoré môžu byť zachytené CCD kamerou a uložené do počítača. Počítač spracuje interferenčný obrazec prvého pulzu medzi referenčným lúčom a lúčom odrazeným od plochy nedeformovanej kmitaním a druhého pulzu medzi tým istým referenčným lúčom a lúčom odrazeným od jednotlivých bodov kmitajúcej plochy (Obr. 8). Zobrazenie objektu osvetleného laserovým svetlom má náhodné rozloženie specklov, ktoré sú veľmi citlivé na pohyb povrchu objektu. Výsledná intenzita interferujúcich zväzkov svetla (I_0 , I_1) v obrazci pred deformovaním je daná:

$$I(x, y) = I_0(x, y) + I_1(x, y) \cos \varphi(x, y) \quad (14)$$

kde $I_0(x, y)$ je intenzita pozadia, $I_1(x, y)$ je amplitúda a $\varphi(x, y)$ je relatívna fáza medzi dvoma interferujúcimi svetelnými vlnami. Rozloženie intenzity v obrazci objektu po deformácii je:

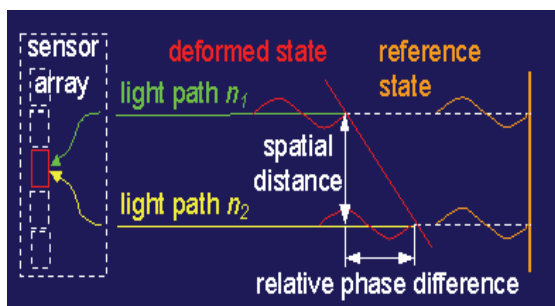
$$I_f(x, y) = I_0(x, y) + I_1(x, y) \cos[\varphi(x, y) + \Delta\varphi(x, y)] \quad (15)$$

kde $\Delta\varphi(x, y)$ je zmena fázy spôsobená kmitaním. Intenzita $I(x, y)$ a specklov sa môže meniť, pričom intenzitu interferogramu je možné zjednodušene vyjadriť:

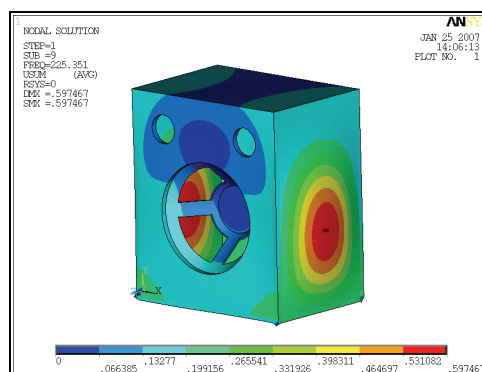
$$I(x, y) = I_0(x, y) [1 + \gamma(x, y) \cos \Delta\varphi(x, y)] \quad (16)$$

kde $I_0(x, y)$ je intenzita pozadia a $\gamma(x, y)$ je interferenčný kontrast (viditeľnosť):

$$\gamma = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (17)$$



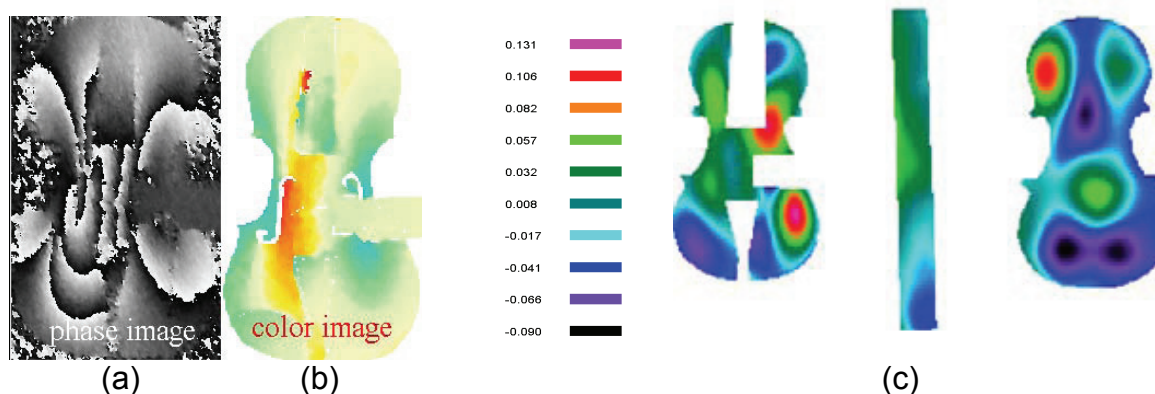
Obr. 8: Princíp ESPI metódy [3]



Obr. 9: Tvary kmitania ozvučnice reproduktora

Na Obr. 9 je tvar kmitania reproduktorovej ozvučnice pri frekvencii 220 Hz zaznamenaný metódou ESPI. Obr. 10 predstavuje fázovú mapu (a), farebnú predstavu deformovaného povrchu (b), tvary kmitania pri frekvencii 2 004 Hz (amplitúdová mapa) s výchytkou a fázou rozlíšenou farebným spektrom sú

na Obr. 10(c). ESPI metóda zobrazuje jednu fázu výchylky od bielej po červenú stranu spektra a opačnú fázu od bielej po modrú stranu spektra.



Obr. 10: Fázová (a), farebná (b) mapa, (c) tvar kmitania huslí pri 2 004 Hz

Záver

Hodnotenie (skúmanie) hudobných nástrojov objektívnymi metódami je veľmi zložitú. Môžu byť síce použité rôzne metódy, problém je však v tom, že rôzne metódy nedávajú rovnaké výsledky. Zostáva teda zistiť, ktorý faktor je skutočne dôležitý (významný) pre objektívne hodnotenie zvukovej kvality hudobných nástrojov. Riešenie je možné využitím vedomostí z niekoľkých vedných disciplín. Metóda ESPI sa ukázala vhodná pre skúmanie v oblasti hudobných nástrojov, nakoľko umožňuje presnú analýzu kmitania častí ako aj celých hudobných nástrojov. ESPI metóda dopĺňa merania frekvenčných charakteristík a mechanických vlastností materiálov, čím sa hodnotenie hudobných nástrojov stáva komplexnejším a objektívnejším.

Podakovanie

Príspevok je publikovaný s podporou Grantovej agentúry MŠ SR, VEGA č. 1/0841/08 – „Charakteristiky dreva určujúce jeho kvalitu pri využití na výrobu špeciálnych výrobkov“.

Literatúra

- [1] ČERNECKÝ, Jozef, MARČOK, Milan. 1998. *Aplikácia holografickej interferometrie vo výskume vibračných akustických vlastností huslí*. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 1998, 74 s.
- [2] FLETCHER, Neville H., ROSSING, Thomas D. 1991. *The Physics of Musical Instruments*. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, 1991, 620 p.
- [3] http://www.isi-sys.com/isi-sys-english/sensor-systems/principle/resolution_e.htm
- [4] JANSSON, Erik. 2002. *Acoustics for violin and guitar makers*. Part V. Vibration Properties of the Wood and Tuning of Violin Plates. Fourth edition Kungl Tekniska Hogskolan, 2002, 32 p.
- [5] LEISSA, A.W.. Vibration of Plates. NASA SP-160, NASA, Washington, D.C.
- [6] SYROVÝ, Václav. 2003. *Hudební akustika*. Praha: Akadémia umení, 2003, 427 s.
- [7] URGELA, Stanislav. 1999. *Holografická interferometria pri nedeštruktívnom testovaní dosák*. Matcentrum, Zvolen, 1999, 77 s.

Adresa autora

doc. RNDr. Anna Danihelová, PhD.
Katedra fyziky, elektrotechniky a aplikovanej mechaniky
Technická univerzita vo Zvolene
T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen
adanihel@vsld.tuzvo.sk

MOŽNOSTI VYUŽITIA PROGRAMU TRACKER NA HODINÁCH FYZIKY

Ivan Duľa

Gymnázium P. O. Hviezdoslava v Kežmarku

Abstrakt: Tento príspevok pojednáva o hodinách fyziky, na ktorých sa použil softvér na analýzu fotografií a videozáznamov z fyzikálneho hľadiska Tracker. V stručnosti popisuje prípravu a priebeh danej hodiny. Poukazuje na využitie programu Tracker pri analýze pohybov, digitálneho spektra a v moderných vyučovacích metódach, akými sú Interaktívne prednáškové demonštrácie a Peer Instruction.

Kľúčové slová: informačné a komunikačné technológie, voľný pád, Tracker, videoanalýza.

Úvod

Moderné informačné a komunikačné technológie (IKT) prinášajú dramatické zmeny do vzdelávacieho systému na celom svete. Umožňujú vnímanie poznatkov viacerými zmyslami a tým, v porovnaní s tradičnými formami vzdelávania, umožňujú dosiahnuť vyšší efekt vo vzdelávaní [1].

Pri súčasnej popularite predmetov informatiky a výpočtovej techniky je samozrejmé, že sa pedagógovia na stredných a základných školách snažia vzbudiť záujem žiakov o svoj vyučovací predmet prostredníctvom moderných IKT. Súčasná úroveň IKT umožňuje ich rôznorodé využitie na vyučovacích hodinách. Toto vedie k čoraz širšiemu zavádzaniu a využívaniu IKT na vyučovacích hodinách.

Žiaci vnímajú ako samozrejmú, že vlastnia mobilný telefón, počítač, videokameru. Prečo to nevyužiť na hodinách fyziky? Učiteľ fyziky môže žiakom ukázať aj iné využitie mobilného telefónu, videokamery a počítača, na aké sú zvyknutí, napr. pomocou fotografií a videí, ktoré si vytvorili mobilným telefónom alebo videokamerou a použitím počítača, môžu získať množstvo užitočných informácií. Jednou z možností je použitie programu na analyzovanie fotografií a videozáznamov Tracker.

Jednou z ciest, ako splniť ciele načrtnuté v kurikulárnej reforme v predmete Fyzika, je použitie nových vyučovacích metód a foriem, ktoré podporujú vlastnú činnosť žiakov pri získavaní nových poznatkov s využitím IKT.

Mojou snahou je poukázať na využitie programu Tracker na vyučovacej hodine s témou Voľný pád.

O programe

Tracker je bezplatný, voľne stiahnuteľný softvér Douga Browna z projektu Open Source Physics, ktorý vedie Wolfgang Christian z Davidson College v USA. Je to softvér, ktorým možno vykonávať analýzu fotografií a videoanalýzu. Má jednoduché a intuitívne ovládanie. Dáva možnosť matematicky modelovať skúmané deje, vykresliť v analyzovanom videu vektory rýchlosti, zrýchlenia, hybnosti a sily, dokáže vykresliť graf ľubovoľnej funkcie, poskytuje kopírovanie údajov napr. do Exelu [2].

Program obsahuje nástroje pre analýzu digitálneho spektra vo viditeľnej oblasti zachyteného na fotografii, Java aplete alebo v reálnom experimente. Študenti tak môžu veľmi názorne skúmať termálne, emisné a absorpčné spektrá a krivky spektrálnej intenzity umelých (napr. lasery, žiarovky, žiarivky), alebo prirodzených svetelných zdrojov (napr. hviezdy, plyny), ale aj rôznych filtrov (napr. slnečné okuliare), čo má za následok zdokonalenie jeho predstavy a pochopenia, posilnenie významu spektroskopie a väzby medzi grafickou, tabuľkovou reprezentáciou a vizuálnym vnímaním spektier [3].

Tracker sa dá použiť aj v moderných vyučovacích metódach, akými sú interaktívne prednáškové demonštrácie a Peer Instruction. Tieto vyučovacie metódy patria medzi metódy aktívneho poznávania, ktoré podporujú pochopenie základných pojmov a princípov danej vednej disciplíny (viac o týchto vyučovacích metódach v [4], [5]).

Program Tracker je priamo spustiteľný z webovej stránky

<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/webstart/tracker.jnlp>

Viac o programe Tracker v [6].

Príprava hodiny

Aby vyučujúci a študenti mohli tento softvér používať na hodinách, je potrebné aby sa s ním dôkladne oboznámili. Mali by zvládať tieto aktivity [6] :

- získanie videa (s koncovkou .mov),
- spustenie programu Tracker,
- kalibrovať video,
- vytvoriť stopu (trajektórie) študovaných objektov,
- spracovanie dát.

Dve hodiny sa žiaci zoznamovali s prácou s programom Tracker. Na prvej hodine bola urobená videanalýza rovnomerného pohybu chodca, na druhej hodine rovnomerne zrýchlený pohyb štartu raketoplánu. Žiakom bol vysvetlený postup pri videoanalýze. Niektorí žiaci chceli tento program domov, aby si ho odskúšali – dostali ho. Už na druhej hodine sa žiaci aktívne zapájali pri kalibrovaní videozáznamu a vytváraní stopy. Tieto videoanalýzy boli vykonané prostredníctvom dataprojektora.

Téma: Voľný pád

Organizačná forma: hromadné vyučovanie.

Metódy: problémový rozhovor, problémový výklad, práca s knihou.

Ciele: - pochopenie voľného pádu ako príkladu rovnomerne zrýchleného priamočiareho pohybu,
- rozvoj zručností:

- meranie dôležitých veličín – poloha, rýchlosť, zrýchlenie,
- odčítavanie hodnôt z tabuľky a grafu,
- porovnávanie,
- diskusia.

Pomôcky: notebook (alebo PC), softvér na analýzu fotografií a videozáznamov Tracker, videozáznam pádu guľičky, dataprojektor.

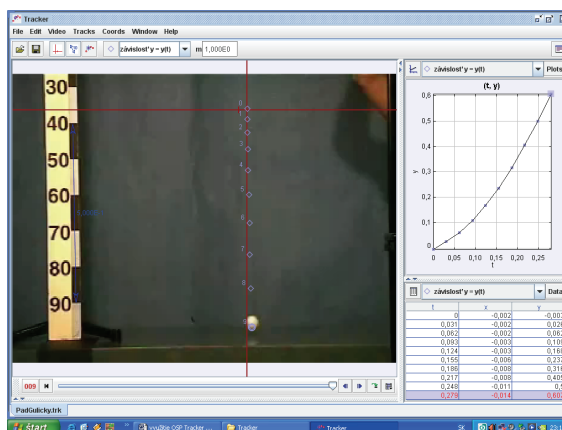
Časový priebeh hodiny:

- zápis do triednej knihy (2 min),
- opakovanie (10 min),
- práca s Trackerom (20 min),
- práca s knihou (8 min),
- utvrdenie učiva a zadanie domácej úlohy (5 min).

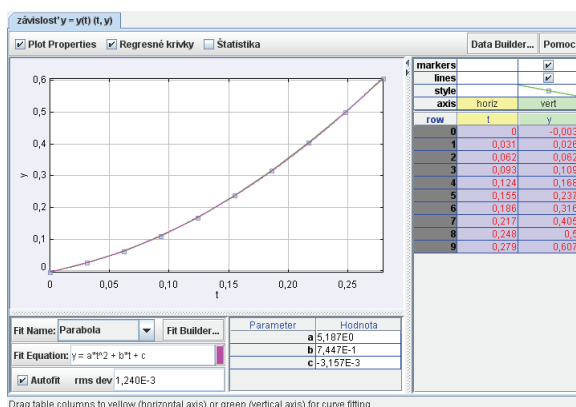
Priebeh hodiny:

Hodina začala frontálnym zopakovaním rovnomerného pohybu a rovnomerne zrýchleného pohybu. Žiaci dostávali otázky, na ktoré odpovedali. Vzťahy a grafy boli zapisované na tabuľu - jednej strane pre rovnomerný pohyb a na druhej pre rovnomerne zrýchlený pohyb (ostali na tabuli).

V ďalšej časti hodiny sme pristúpili k videanalýze pádu guľičky. Potrebné video žiaci už mali v notebooku. Po spustení Trackera boli žiaci vyzvaní, aby niekto prišiel kalibrovať videozáznam. Prihlásili sa štyria žiaci, bol vybraný jeden. Ten bez väčších problémov nastavil videozáznam, mierku pravítka, súradnicové osi, vytvoril stopy (Obr. 1) a zobrazil grafy závislosti $y = y(t)$ (Obr. 2), $v = v(t)$ a $a = a(t)$ (Obr. 3).

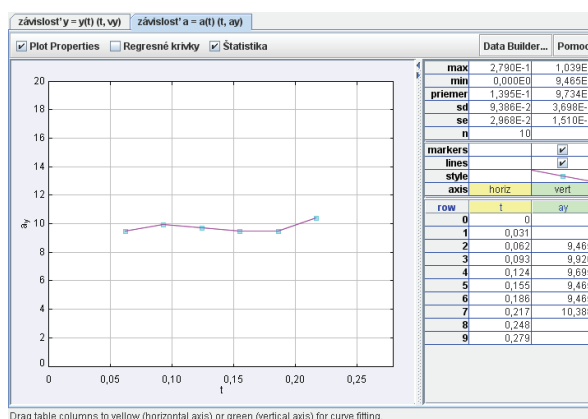


Obr. 1: Vytvorenie stopy



Obr. 2: Závislosť polohy guľôčky od času

Žiaci porovnávali grafy získané pomocou videoanalýzy s grafmi na tabuli. Prišli na to, že guľôčka sa pohybuje rovnomerne zrýchleným priamočiarym pohybom – musia platiť aj vzťahy, ktoré boli na tabuli. Bolo im povedané, že tento pohyb sa nazýva voľný pád. Využitím grafu závislosti zrýchlenia od času a štatistiky, bola určená priemerná hodnota zrýchlenia $a = 9,73 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (Obr. 3).



Obr. 3: Závislosť zrýchlenia od času

Žiaci sa dozvedeli, že toto zrýchlenie sa nazýva tiažové zrýchlenie, označuje sa g a jeho hodnota závisí od zemepisnej šírky. Vo fyzike sa používa normálne tiažové zrýchlenie g_n , ktorého hodnota je približne $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Po ukončení práce s Trackerom žiaci pracovali s učebnicou – prečítali si a doplnili poznámky z knihy.

Posledných 5 minút bolo venovaných zopakovaniu učiva a zadaniu domácej úlohy.

Záver

Žiakov priťahujú nové IKT a vyučovacie hodiny, na ktorých sa využívajú, sú pre nich zaujímavejšie. Využívanie moderných IKT súvisí aj s napĺňaním cieľov reformy v školstve. Učiteľ by mal na vyučovacích hodinách používať čo najviac vyučovacích metód, meniť formy vyučovacieho procesu. Vyučujúci môže na vyučovacích hodinách využívať rôzne už vytvorené programy. Tento článok poukazuje na konkrétne využitie jedného z nich – Trackera, na vyučovacej hodine.

Je to vhodný program ako pre žiakov, tak aj pre učiteľov. Videoanalýza pomocou Trackera v nemalej miere vplýva aj na motiváciu žiakov, pretože žiaci analyzujú skutočné deje, s ktorými sa stretávajú v bežnom živote.

Video, ktoré sa požíva na videoanalýzu, môžu žiaci natočiť sami, tým sa zvýši záujem žiakov o túto činnosť. Žiaci sa pomocou Trackera môžu naučiť vykresľovať a čítať grafy, určovať súradnice bodu, pochopiť zmysel vhodne zvolenej mierky a počiatku súradnicovej sústavy.

Z pohľadu tematického zamerania možno Trackera využiť v kinematike (rovnomerný pohyb, rovnomerne zrýchlený a spomalený pohyb, pohyby v homogénnom tiažovom poli Zeme), v dynamike (Newtonove pohybové zákony, pohyb po naklonenej rovine), v optike (interferencia a difrakcia), kvantovej fyzike (kvantové prechody), atómovej fyzike a fyzikálnej chémii (chemické zloženie hmoty), v termodynamike (teplota telies), relativite (Dopplerov posun), astronómii (charakteristiky hviezd), resp. environmentalistike („zloženie“ umelých a prirodzených zdrojov) [3].

Literatúra

- [1] Tetřevová, M. 2009. Vzdelávanie v digitálnom svete: vybrané “e – pojmy” a ich charakteristika. [online]. 2009. [citované 17. januára 2009]. Dostupné na Internete: <<http://www.cvtisr.sk/itlib/itlib022/tetrev.htm>>
- [2] Hanč, J., Dutko, M. 2008. Metóda interaktívnych prednáškových demonštrácií. Metodický materiál. Košice, PF UPJŠ, 2008.
- [3] Hanč, J., Degro, J., Onderová, L. 2008. Videoanalýza v spektroskopii. In: Zborník z 13. Veletrhu nápadů učitelů fyziky (v tlači), Západočeská Univerzita Pizeň, 26.-28. 08. 2008. Dostupné aj na <<http://physedu.science.upjs.sk/metody>>
- [4] Hanč, J., Ješková, Z. 2008. Interaktívne prednáškové demonštrácie: Aktivity a úlohy z kinematiky, elektronický preprint. Košice, PF UPJŠ v Košiciach, 2008. Dostupné aj na <<http://physedu.science.upjs.sk/metody>>
- [5] Hanč, J. 2008. Aktívne poznávanie študentov pomocou metódy Peer Instruction. In: Zborník z DIFYZ 2008: Vyučovanie fyziky vo svetle nových poznatkov (v tlači), Račkova Dolina, 15-18.10.2008. Dostupné aj na <<http://physedu.science.upjs.sk/metody>>
- [6] Hanč, J. 2008. Netradičné využitie videoanalýzy vo fyzike. In: Zborník príspevkov z konferencie Tvorivý učiteľ fyziky, Smolenice, 22.-25. jún 2008. Košice, PF UPJŠ, 2008, s. 149-159. ISBN 978-80-969124-6-9 [online]. 2009. [citované 20. januára 2009]. Dostupné na Internete: <<http://sfs.sav.sk/smolenice/kontakt.htm>>

Adresa autora

RNDr. Ivan Duľa, PhD.
Gymnázium P. O. H. v Kežmarku
Hviezdoslavova 20, 06001 Kežmarok
e-mail: ivandula@post.sk

PROJEKTOVÉ VYUČOVANIE TÉMY ATÓM PROSTREDNÍCTVOM INTEGROVANÉHO E-LEARNINGU

Žaneta Gerhátová

Trnavská univerzita v Trnave, Pedagogická fakulta, Katedra fyziky

Abstrakt: Veľkým nedostatkom tradičného vyučovania je fakt, že učitelia predkladajú žiakom hotové informácie. V praktickom živote však nebudú mať pri sebe učiteľa – ako zdroj informácií. Z tohto dôvodu je potrebné viesť žiakov k samostatnej, riadenej, tvorivej aktivite. V príspevku reagujeme na zmenené potreby súčasnej edukačnej reality, pretože sme presvedčení, že všetky spomínané požiadavky spĺňa práve projektové vyučovanie s využitím informačno-komunikačných technológií (IKT). V snahe o širšie zavedenie IKT, ale hlavne reálneho a virtuálneho experimentu do vyučovania na území SR, bola vytvorená nová stratégia vyučovania - **integrovanej e-learning (INTe-L)**, ktorú prezentujeme na príklade projektového vyučovania témy Atóm - atómové jadro.

Kľúčové slová: projekt, projektové vyučovanie, integrovanej e-learning (INTe-L), internet, atóm.

Úvod

Integrovanej e-learning (INTe-L) je nová stratégia vyučovania, ktorá pozostáva z troch komponentov: 1. reálny a reálne vzdialený experiment prostredníctvom internetu, 2. e-simulácie a interaktívne applety, 3. e-vzdelávací materiál [1]. Autori stratégie [2, 3] INTe-Lu ju navrhli s cieľom skvalitniť vyučovanie technických a prírodovedných predmetov prostredníctvom pozorovania a aktívneho experimentovania s využívaním všetkých foriem experimentu (reálneho, reálne vzdialeného, virtuálneho) a najnovších informačno-komunikačných technológií (IKT). Do projektového vyučovania prináša INTe-L nové možnosti, ktoré je možné vhodne využiť zakomponovaním jeho troch zložiek do zadaní projektov, ako je to možné pozorovať na zadaní projektu „Atóm. Atómové jadro“.

1 Názov projektu: Atóm. Atómové jadro

Úvod / Motivácia:



Obr. 1: Motivačný obrázok [4]

Kam sa len pozrieš, všade je nespočetné množstvo rozmanitých látok, od textilných, cez látky chemické, kovy, plasty a pod., až po živú hmotu. Všetky pozostávajú z rôznych druhov „stavebných tehličiek“. Sú také drobučké, že dokonca i najmenšia smietka obyčajného prachu ich obsahuje viac ako milión krát milión. Do bodky písmena „i“ by sa ich naprieč zmestilo viac ako 4 miliardy. Ako sa tieto „stavebné tehličky“ nazývajú? Dajú sa ešte ďalej deliť? Môžu sa navzájom spájať?

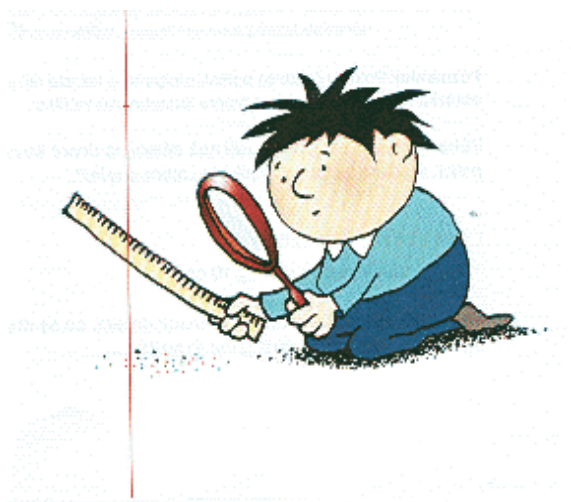
Úlohy:

1. Urobte nasledujúci pokus:

POKUS 1 AKO VEĽKÝ JE ATÓM

Cieľ: Získať predstavu o veľkosti atómu.

Pomôcky: tenký kúsok papiera dlhý 10 cm, ostré nožnice



Obr. 2: Ako veľký je atóm? [5]

Postup práce:

- 1a) Prúžok papiera dĺžky 10 cm prehnite v polovici a rozstrihnite.
- 1b) Jednu časť papiera odložte.
- 1c) Druhú časť papiera opäť prehnite na polovicu a rozstrihnite.
- 1d) Postup opakujte, kým sa vám bude dať strihať.
(Pozor! Strihajte vždy rovnakú stranu a neotočte papier vo chvíli, keď bude širší než dlhší).
Ak ste veľmi šikovní, tak sa vám mohlo podariť 9 – 10 rozdelení na polovicu, potom už nejde ani tak o rozdeľovanie, ako o hľadanie papierika.
To znamená, že bežnými pomôckami ste sa dostali asi do tretiny cesty od nášho sveta atómov. Pokus môžete opakovať napr. so špajľou.
- 1e) Pouvažujte o veľkosti atómu.

Poznámka na premýšľanie:

V predchádzajúcom pokuse sme sa snažili zmenšiť na veľkosť porovnateľnú s veľkosťou atómu jeden rozmer (jednu stranu papiera). Pokiaľ by sme chceli vytvoriť štvorec, ktorého obidve strany budú rovnako veľké ako atóm, museli by sme rozdeľovať na polovice obidve strany štvorcového papiera 10 x 10 cm, celkovo teda uskutočniť 60 rozdelení na polovicu. Ak by sme sa chceli prekrájať z kocky s hranou 10 cm k atómom, museli by sme ju rezať dokonca 90-krát [5].

2. *Kliknite na <http://www.strangematterexhibit.com/structure.html> [6], môžete pozorovať animáciu, ktorá znázorňuje pohľad od plechovky až po atóm.*

3. Kliknite na http://www.s-cool.co.uk/topic_quicklearn.asp?loc=ql&topic_id=4&quicklearn_id=5&subject_id=21&ebt=217&ebn=&ebs=&ebl=&elc=4 [7], pozorujte model atómu a izotopov vodíka.

4. Kliknite na http://www.s-cool.co.uk/topic_quicklearn.asp?loc=ql&topic_id=39&quicklearn_id=4&subject_id=68&ebt=441&ebn=&ebs=&ebl=&elc=13 [8], preštudujte si rádioaktívne alfa, beta, gama rozpady.

5. Kliknite na http://www.s-cool.co.uk/topic_quicklearn.asp?loc=ql&topic_id=39&quicklearn_id=3&subject_id=68&ebt=441&ebn=&ebs=&ebl=&elc=13 [9], pozorujte vznik izotopov vodíka.

6. Na základe poznatkov, ktoré ste získali pri riešení predchádzajúcich úloh, pri štúdiu učebných materiálov (pozri nižšie), príp. z odbornej literatúry, encyklopédií a z konzultácií s učiteľom, vyhľadajte odpovede na otázky:

- Z akých častíc sa skladajú látky?
- Opíšte model atómu a elektrické vlastnosti častíc, z ktorých sa skladá.
- Vysvetlite, čo rozumieme pod pojmom prvok.
- Vysvetlite, čo znamenajú čísla, uvedené pri značkách prvkov ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{60}_{30}\text{Zn}$.
- Vysvetlite význam slova izotop prvku na príklade izotopov vodíka a zistite ich názvy.
- Vysvetlite význam slova nuklid.
- Vysvetlite, čo rozumieme pod pojmami jadrové sily, väzbová energia.
- Ktoré nuklidy sa nazývajú rádionuklidy?
- V čom sa zhodujú a čím sa od seba odlišujú prirodzený a umelý rádionuklid?

7. Na základe získaných informácií vypracujte projekt na danú tému.

Ciele projektu v kontexte učebných osnov:

- Získať informácie.
- Hodnotiť získané informácie.
- Diskutovať, kooperovať a navrhovať riešenia.
- Využiť internet pri vyhľadávaní informácií.
- Spolupracovať a zodpovedať za zverenú časť úloh.
- Spracovať informácie zvolenou formou.
- Prezentovať informácie bez straty informačnej hodnoty.
- Zopakovať zloženie látok z častíc.
- Zopakovať zloženie atómu.
- Objasniť pojmy: protónové číslo, nukleónové číslo, prvok, nuklid (stály nuklid, rádionuklid, prirodzený rádionuklid, umelý rádionuklid), väzbová energia.
- Spájať získané pojmové znalosti s realitou okolo nás.

Postup:

- Oboznámenie sa s témou projektu.
- Oboznámenie sa s cieľmi a úlohami projektu.
- Výber formy prezentácie (plagát, fólia, prezentácia v PowerPointe, Word dokument, dramatizácia a pod.).
- Zverejnenie spôsobu hodnotenia na nástenke.
- Vyhľadávanie informácií na www stránkach.
- Tvorba projektov.
- Prezentácia projektov.
- Diskusia s ďalšími skupinami k jednotlivým prezentovaným projektom.
- Zhodnotenie činnosti skupín na danom projekte.

Integrácia predmetov: fyzika, cudzie jazyky, slovenský jazyk, informatika, chémia, technická výchova.

Zdroje informácií / učebné materiály:

http://www.tuke.sk/feikf/castice/stmod/intro_atom.html [10];

<http://sk.wikipedia.org/wiki/At%C3%B3m> [11];

<http://sk.wikipedia.org/wiki/Kateg%C3%B3ria:At%C3%B3m> [12];

http://www.tuke.sk/feikf/castice/adv_home.html [13], ako experimentujú jadroví fyzici;

<http://www.tabulka.cz> [14], pekná PSP.

Je vhodné pozrieť si aj stránku v anglickom jazyku:

http://www.dartmouth.edu/~chemlab/info/resources/p_table/Periodic.html [15], PSP;

(všetky stránky funkčné k 1. 3. 2007 i k 20. 12. 2008).

Časová dotácia čiastkového projektu:

1 vyučovacia hodina - úvod do práce na projekte, náplň: body 1. – 4. postupu;

1 týždeň - samostatná práca na projekte podľa bodov 5. a 6. postupu;

2 vyučovacie hodiny - záver – náplň: body 7. – 9. postupu.

Pomocník: konzultácie s učiteľom, internet, Google, Word, PowerPoint, učebnica fyziky pre 9. roč. ZŠ, učebnica fyziky pre 8. roč. ZŠ, odborná literatúra, encyklopédie, CD-ROM k danej problematike.

Výstupy: Žiacke prezentácie.

Hodnotenie: Bodovým systémom v rozsahu 1 – 20 bodov, pričom žiak získa:

Max. 10 bodov za kvalitu vysvetlenia danej témy: samostatné hovorenie o téme (2 body), obsiahnutie témy (2 body), porozumenie výkladu spolužiakmi (2 body), vzbudenie záujmu (2 body), splnenie cieľov a úloh zadania (2 body).

Max. 10 bodov za formu prezentácie a obrazový materiál k téme: plagát – vlastné kresby, stručné údaje, vzorce, jednotky, značky fyzikálnych veličín, jednotiek, schémy, obrázky z časopisov, počítačové prezentácie v PowerPointe, dokument vo Worde a pod.

Prílohy: Prezentácie v PowerPointe na CD, plagáty.

Záver

Snahou pedagóga v projektovom vyučovaní s využitím stratégie INTe-Lu je, aby žiaci pri vypracovávaní projektov nenásilnou formou: a) získavali nové poznatky o okolitom svete, b) stretli sa s využívaním najmodernejších IKT a v neposlednom rade, aby sa pre nich prírodovedné ale i technické predmety stali zaujímavejšími, modernými a s „dobou kráčajúcimi“. Takýmto spôsobom je možné zatriktívniť vyučovanie týchto predmetov pre väčší počet študentov, pretože záujem o ich štúdium klesá.

Skúsenosti s projektovým vyučovaním potvrdili, že žiaci sa na hodiny fyziky tešia, práca ich baví a zaujíma. Prácou na projektoch sa žiaci učia o technike, prírode, pričom si prehľbujú poznatky i z ďalších predmetov, rozvíjajú svoju tvorivosť, získavajú zručnosti riešiť problémy, učia sa spolupracovať, tolerovať a prijímať iné názory, plánovať si svoju prácu, komunikovať, pracovať s informáciami a následne ich prezentovať pred kolektívom. Všetky tieto činnosti spolu s využívaním IKT majú pre žiakov silný motivačný charakter.

PodĎakovanie

Práca bola realizovaná na základe grantovej podpory MŠ SR KEGA číslo 3/7227/09: „Dobudovanie reálneho on line e-laboratória - prostredia pre integrované rozvíjanie kľúčových kompetencií študenta a učiteľa tretieho tisícročia“.

Literatúra

- [1] OŽVOLDOVÁ M. 2006. Vývoj e-learningu vo fyzike smerom k novej generácii – Integrovanému e-learningu, 2006), kap. 3, pp. 30- 45. In KOZÍK, T., a kol. *Virtuálna kolaborácia a e-Learning*, Pdf UKF, Nitra 2006, ISBN 80-8094-053-3
- [2] OŽVOLDOVÁ, M., SCHAUER, F., LUSTIG, F. 2006. Integrovaný e-learning – nová metóda výučby demonštrovaná na príklade kmitov. In: *Zborník z konferencie Vzdelávanie v zrkadle doby*. Nitra: PF UKF, 2006.
- [3] SCHAUER, F., OŽVOLDOVÁ, M., LUSTIG, F. 2009. Integrated e-Learning – New Strategy of Cognition of Real World in Teaching Physics, Innovation 2009. In: *World Innovations in Engineering Education and Research*, iNEER Special Volume, Virginia, USA, 2009, (v tlači).
- [4] ROGERS, K. a kol. 2005. *Čo by som mal vedieť o svete okolo nás* (Školská Encyklopédia),VIKTORIA PRINT, Prešov 2005, dostupné aj na: http://www.usborne-quicklinks.com/uk/uk_entity_pages/uk_select_page_newly_updated.asp?lvl=1&id=596
- [5] BROKLOVÁ, Z. 2008. *Jaderné hrátky*. Praha: ČEZ a. s., 2008.
- [6] Animácia: Pohľad od plechovky až po atóm dostupná na: <http://www.strangematterexhibit.com/structure.html>
- [7] Model atómu a izotopov vodíka dostupná na: http://www.s-cool.co.uk/topic_quicklearn.asp?loc=ql&topic_id=4&quicklearn_id=5&subject_id=21&ebt=217&ebn=&ebs=&ebl=&elc=4
- [8] Rádioaktívne alfa, beta, gama rozpady dostupná na: http://www.s-cool.co.uk/topic_quicklearn.asp?loc=ql&topic_id=39&quicklearn_id=4&subject_id=68&ebt=441&ebn=&ebs=&ebl=&elc=13
- [9] Vznik izotopov vodíka dostupná na: http://www.s-cool.co.uk/topic_quicklearn.asp?loc=ql&topic_id=39&quicklearn_id=3&subject_id=68&ebt=441&ebn=&ebs=&ebl=&elc=13
- [10] http://www.tuke.sk/feikf/castice/stmod/intro_atom.html
- [11] <http://sk.wikipedia.org/wiki/At%C3%B3m>
- [12] <http://sk.wikipedia.org/wiki/Kateg%C3%B3ria:At%C3%B3m>
- [13] http://www.tuke.sk/feikf/castice/adv_home.html
- [14] <http://www.tabulka.cz>
- [15] http://www.dartmouth.edu/~chemlab/info/resources/p_table/Periodic.html

Adresa autora

PaedDr. Žaneta GERHÁTOVÁ
Katedra fyziky
Pedagogická Fakulta, Trnavská Univerzita v Trnave
Priemyselná 4
918 43 Trnava
zaneta.gerhatova@truni.sk

JEDNODUCHÝ POKUS – MOTIVAČNÝ PRVOK NA PREDNÁŠKE

Soňa Halusková

Strojnícka fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave

Abstrakt:

Motivácia k učeniu je významným prostriedkom zvyšovania efektívnosti vyučovania. Jednoduchý pokus je veľmi dobrý motivačný prvok na prednáške. V príspevku sú uvedené skúsenosti získané po skončení prednášok predmetu Fyzika tvaru. Študenti svoje názory na využívanie demonštrácií vyjadrili v dotazníku.

Kľúčové slová: motivácia, jednoduchý pokus, aplety, videoklipy.

Úvod

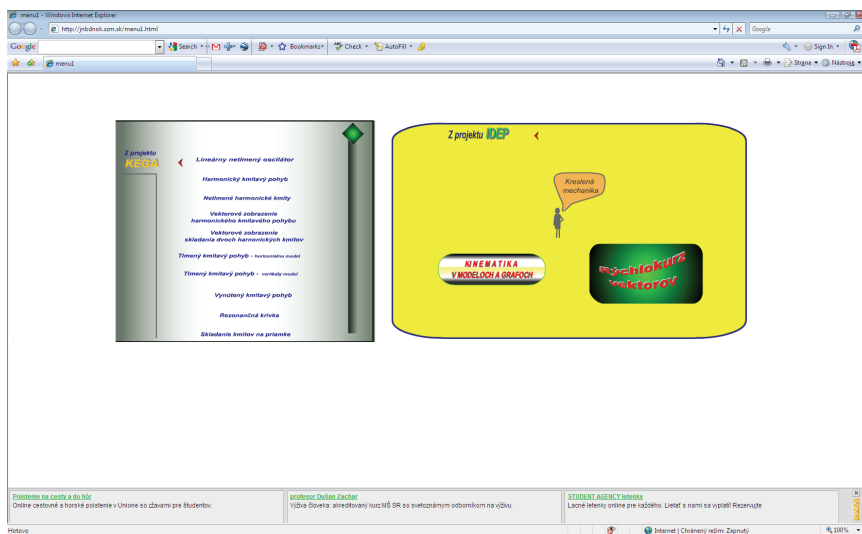
Predmet „Fyzika tvaru“ je určený pre študentov bakalárskeho štúdia Fakulty architektúry študijného programu dizajn výrobkov. Je prednášaný na Strojníckej fakulte STU v Bratislave. Na tomto predmete získavajú študenti základné vedomosti z fyziky potrebné pri štúdiu dizajnu výrobkov. Študijný program dizajn výrobkov okrem deskriptívnej geometrie neobsahuje matematiku. Ako prednášať fyziku bez matematiky? Ako motivovať umelecky orientovaných študentov pre štúdium fyziky? Ako z pasívnej prednášky urobiť aktívnu? Rozhodla som sa do prednášok zaradiť jednoduché experimenty dopĺňané apletmi a videoklipmi.

V príspevku sú ako ukážka uvedené tri jednoduché pokusy použité pri vysvetľovaní základných pojmov kmitania a vlnenia. Klasický jednoduchý pokus bol dopĺňaný apletom alebo videoklipom.

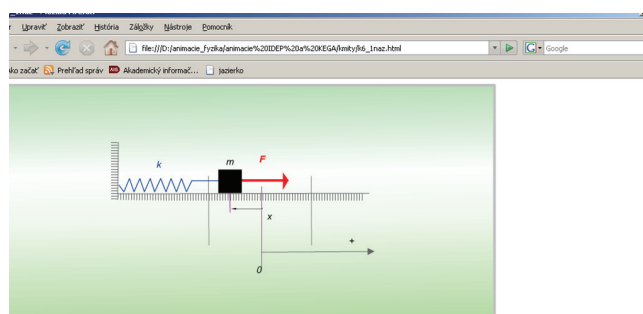
Ukážky jednoduchých pokusov

Pokus – pružina

Pomôcka – pružina, závažia hmotnosti 1kg, 0.5 kg, 0.5 kg. Základné pojmy v kapitole kmitanie boli vysvetľované názorne pomocou jednoduchého pokusu a zároveň na tabuli prebiehala animácia kmitavého pohybu. Ponuka možností animácií (Interaktívna prezentácia Fyziky) je uvedená na obr.1. Jedna konkrétna animácia je znázornená na obr.2.



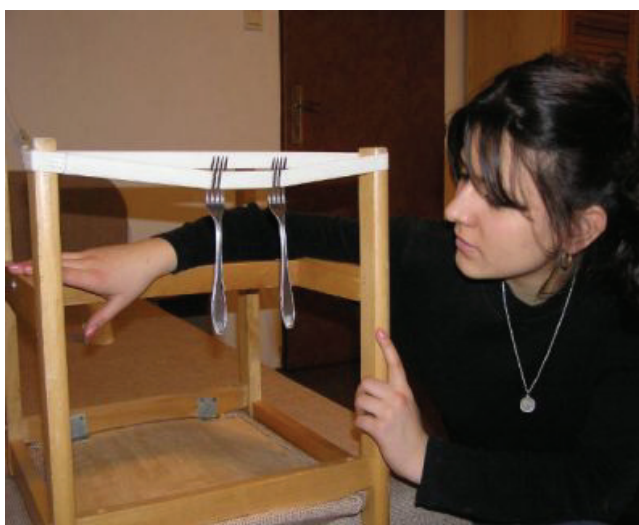
Obr. 1: Ponuka možností animácií pre kmitavý pohyb



Obr.2: Animácia netlmeného kmitavého pohybu

Pokus – spriahnuté kyvadlá

Pomôcky – guma, 2 vidličky, stolička. Na tomto pokuse boli vysvetľované základné pojmy v kapitole vlnenie. Inšpiráciou pri výbere jednoduchých pokusov bola - Fyzika netradične na webe . Podobne, ako pri prvej ukážke, aj v tomto prípade boli základné pojmy z kmitov vysvetľované aj prostredníctvom animácií (Interaktívna prezentácia Fyziky).



Obr. 3: Ukážka pokusu z web stránky: Fyzika netradične na webe

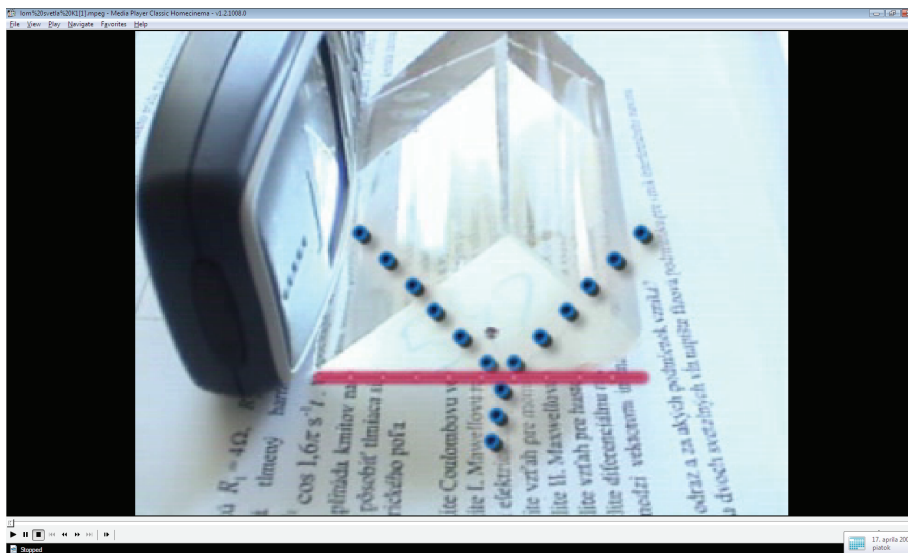
Zaujímavá bola reakcia študentov po skončení prednášky, na ktorej bol pokus použitý.

Študenti začali hýriť nápadmi, ako by oni mohli využiť získané vedomosti. Od uvedenej prednášky sa zlomili ľady medzi vzťahmi učiteľa a študenta. Od pasívneho prijímania vedomostí k aktívnemu.

Pokus – optický hranol

Pomôcky – optický hranol. Prostredníctvom optického hranola si študenti overovali svoje vedomosti z optiky. Okrem názorného sledovania (študenti mali hranol v rukách), bol premietaný videofilm (Jednoduché experimenty).

Na obr. 4 je ukážka použitia optického hranola.

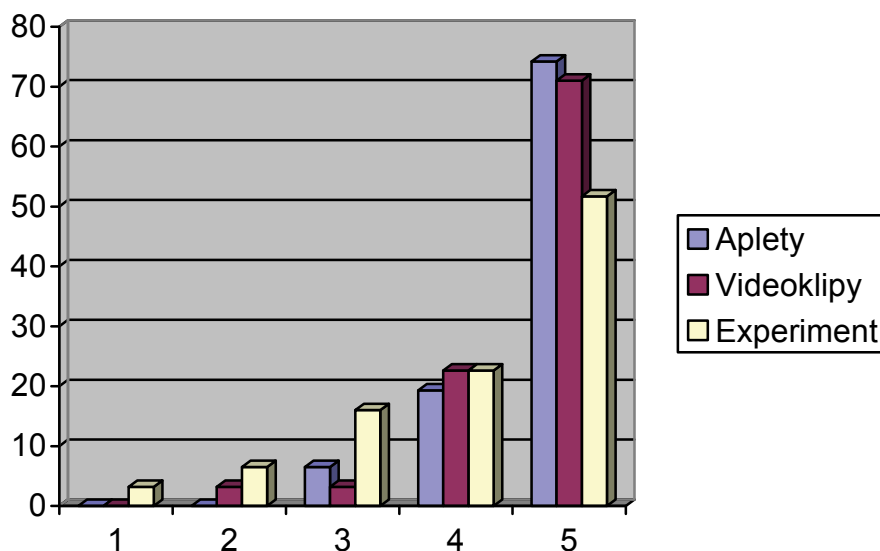


Obr.4: Ukážka použitia optického hranola

Dotazník

Názory študentov na využívanie jednoduchých experimentov boli zisťované anonymným dotazníkom. Dotazník tvorili uzatvorené otázky: považujete aplety, demonštračné videoklipy a klasické demonštrácie robené na prednáške za nezaujímavé(1), málo zaujímavé(2), stredne zaujímavé(3), zaujímavé(4) alebo veľmi zaujímavé(5)?

Odpovede študentov vyjadrené v percentách sú znázornené v grafe 1.



Graf č.1. Odpovede študentov vyjadrené v percentách

V odpovediach študentov prevažovali odpovede, že používanie apletov, videoklipov a experimentov na cvičeniach je zaujímavé a veľmi zaujímavé.

V otvorených otázkach dotazníka potešili odpovede študentov, v ktorých sa vyjadrili, že prednášky im pomohli ozrejmiť a vysvetliť javy v bežnom živote, fyzika bola pre nich zaujímavá a vzťah študentov k nej sa zlepšil.

Záver

Cieľom zaradenia jednoduchých experimentov do prednášky bolo zvýšiť motiváciu študentov o štúdium. V poslednej čase je známe, že mladí ľudia nepreferujú prírodné disciplíny. Ani fyziku. Práca učiteľa nie je jednoduchá. Je veľkým zadosťučinením, keď študenti pozitívne ohodnotia jeho prácu. Podľa odpovedí v anonymnom dotazníku môžem konštatovať, že prednášky predmetu Fyzika tvaru vzbudili záujem študentov o fyziku.

Literatúra

INTERAKTÍVNA PREZENTÁCIA FYZIKY

Dostupné na: < <http://www.kf.sjf.stuba.sk/data/page05.htm>>

FYZIKA NETRADIČNE NA WEBE.

Dostupné na: < <http://www.kf.sjf.stuba.sk/data/page05.htm>>

JEDNODUCHÉ EXPERIMENTY

Dostupné na: < <http://www.kf.sjf.stuba.sk/data/page05.htm>>

Adresa autora

RNDr. Soňa Halusková, PhD.

Oddelenie technickej fyziky, Ústav prírodných, humanitných a spoločenských vied,
Strojnícka fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave

Námestie slobody 17, 812 31 Bratislava

sona.haluskova@stuba.sk

INOVAČNÉ METÓDY VO VYUČOVANÍ ASTRONÓMIE

Peter Hanisko

Katedra fyziky, Pedagogická fakulta Katolíckej univerzity v Ružomberku

Abstrakt: *Astronómia je veda, v ktorej využívanie moderných technológií zohráva veľmi dôležitú úlohu pri získavaní nových poznatkov nielen o jednotlivých vesmírnych telesách, ale aj o stavbe a štruktúre celého vesmíru. Na základných školách a najmä na gymnáziách je však vyučovaniu astronómie venované len veľmi málo vyučovacích hodín a navyše je rozdelená do viacerých vyučovacích predmetov. Vyučovanie astronómie je vo veľkej miere realizované len vo forme výkladu učiteľa a tematicky je stále zamerané najmä na Slnecnú sústavu. Vo svete sa však vo vyučovaní astronómie objavujú nové, inovačné metódy a trendy, ktoré odrážajú jej neustály vývoj. Tak sa vo vyučovaní objavujú nové astronomické témy, nové metódy a formy vyučovania a v neposlednom rade sa vo vyučovaní astronómie do popredia dostáva aj využívanie moderných informačných technológií. Príspevok sa zaoberá využívaním inovačných metód vo vyučovaní astronómie na základných školách a na gymnáziách.*

Kľúčové slová: astronómia, vyučovanie, vyučovacie metódy, medzipredmetové vzťahy, informačné technológie

Úvod

V súčasnosti nielen fyzika a matematika, ale aj iné prírodovedné predmety (biológia, chémia, geografia) zaznamenávajú zo strany žiakov a študentov na všetkých stupňoch škôl znížený záujem o ich štúdium. Zmeniť daný stav je možné zvýšenou motiváciou žiakov a študentov k záujmu o štúdium prírodných vied (Krupová, 2008). Veda, pomocou ktorej je možné prírodné vedy žiakom a študentom na všetkých stupňoch škôl sprístupniť prístupnou formou je *astronómia*, ktorá vzhľadom na objekt svojho skúmania, t.j. vesmír, je veľmi prítiažlivá pre všetky vekové kategórie. Integruje v sebe poznatky takmer všetkých, nielen prírodných, ale aj humanitných vied a je preto vhodná na demonštrovanie vzájomných vzťahov medzi nimi (Hanisko, 2008).

Vyučovanie astronómie na základných školách a na gymnáziách je vo väčšine prípadov realizované formou výkladu učiteľa a tematicky je dôraz stále kladený najmä na Slnecnú sústavu a pohyb telies v gravitačnom poli. V súčasnosti sa vo vyspelých krajinách vo svete pozoruje zvyšovanie úrovne astronomického vzdelávania na všetkých stupňoch škôl. Tento proces je sprevádzaný približovaním obsahu učiva súčasnej úrovni astronómie, v ktorej dochádza k rýchlemu rastu nových poznatkov a objavov. Pri vyučovaní astronómie sa tak objavujú nové tendencie, ktoré odrážajú jej neustály vývoj. Tým sa do vyučovania dostávajú nové, moderné témy, nové metódy vyučovania a v neposlednom rade sa do vyučovania dostávajú počítače a internet.

Nové témy vo vyučovaní astronómie

Obrovský rozvoj astronómie v posledných rokoch sa prejavil v oblastiach, ktoré sa v súčasných učebniciach fyziky používajú aj pri vyučovaní astronómie, či už na základných školách alebo na gymnáziách vôbec nespomínajú alebo sa spomínajú len okrajovo. Potrebné je rozvíjať aj menej časté, avšak v súčasnosti moderné astronomické témy. Slnecná sústava a pohyb telies v gravitačnom poli je vo vyučovaní a v učebniciach zastúpená automaticky, avšak témy ako záverečné

vývojové štádia hviezd alebo galaxie a ich skupiny sú zastúpené len okrajovo alebo nie sú zastúpené vôbec. Pre uvedenie súčasného stavu do súladu s najnovšími vedeckými poznatkami, na ktoré sa v súčasnej modernej astronómii kladie najväčší dôraz, je potrebná inovácia astronomických tém. Medzi témy, ktoré je potrebné do vyučovania astronómie určite zaradiť, patria:

- Blízkozemné objekty (NEO).
- Okrajové oblasti Slnecnej sústavy - Kuiperov pás asteroidov.
- Planetárne systémy pri iných hviezdach - Exoplanéty.
- Záverečné vývojové štádia hviezd.
- Čierne diery v jadrách galaxií.
- Kopy a superkopy galaxií.
- Veľkoškálová štruktúra vesmíru.
- Problém tmavej hmoty vo vesmíre.
- Kozmológia.

Dôležité je, aby sa tieto nové témy a oblasti astronómie naozaj objavili vo vyučovaní astronómie na základných školách a na gymnáziách. Na gymnáziách je okrem toho potrebné zvýšiť dôraz aj na astrofyziku. Zároveň je však potrebné uvedomiť si, že v rámci povinného vyučovania fyziky nie je možné podrobne pokryť a vysvetliť všetky tieto nové oblasti astronómie, ale skôr ich len spomenúť a na vhodných príkladoch názorne demonštrovať ich fyzikálnu podstatu.

Projektové vyučovanie astronómie

Projektové vyučovanie astronómie spočíva v tom, že žiaci a študenti pod vedením učiteľa alebo individuálne pracujú na projekte, v ktorom postupne riešia zaujímavé problémy z astronómie a tým sa vlastne učia. Priebeh prípravy projektu by mal obsahovať určitú postupnosť krokov, ktorá by pri vypracovaní projektu mala byť dodržaná (Petlák, 2004, s. 148):

- Spoločné uvažovanie (učiteľa, žiakov a študentov) nad tým, aký problém z astronómie je zaujímavý a čo by bolo vhodné riešiť.
- Zbieranie myšlienok vedúcich k formulovaniu projektu.
- Spoločné plánovanie (čo sa bude riešiť, aké sú predpoklady a východiska).
- Analýza možnosti realizácie postupu pri riešení projektu.
- Vytýčenie časového harmonogramu postupu riešenia projektu.
- Samotná práca na projekte.
- Zverejňovanie výsledkov riešenia projektu a jeho častí skupinami.

Projekty z astronómie môžu byť zamerané viac prakticky alebo teoreticky, pričom najvhodnejšie je, keď obsahujú obidva spôsoby riešenia daného problému, čím sa žiaci alebo študenti naučia spojiť obidva spôsoby vedeckej práce, ktoré sú v astronómii len ťažko oddeliteľné. Pri projektovom vyučovaní sa zvyčajne jedná o konkrétnu úlohu, na ktorú sú žiaci a študenti na hodinách astronómie teoreticky pripravení a k riešeniu ktorej je potrebné vyvinúť určité úsilie.

Projekty na jednej strane môžu byť veľmi ľahké a úzko zamerané, v ktorých sa medzipredmetové vzťahy nevyužívajú, na druhej strane sú to potom projekty, ktoré využívajú medzipredmetové vzťahy (najmä prírodovedných predmetov) a ktoré sa približujú skutočnému vedeckému výskumu v astronómii.

Projekty môžu byť aj časovo veľmi rôznorodé. Na jednej strane môže sa jednať o krátkodobé projekty, ktoré nepresiahnu týždeň, na druhej strane sa môže jednať o projekty, ktoré prebiehajú aj počas celého školského roka. Veľké projekty, ktoré je možné rozdeliť na viaceré menšie, čiastkové projekty si vyžadujú veľmi dobre pripravených učiteľov z jednotlivých odborov (matematika, fyzika, chémia, biológia

apod.), ktorí vedú jednotlivé skupiny žiakov a študentov. Pri riešení úlohy alebo problému každý žiak alebo študent prevezme určitú, pre neho najpriateľnejšiu úlohu. Jednotlivé skupiny musia navzájom spolu komunikovať a vymieňať si svoje skúsenosti, na základe čoho si potom upravujú svoje čiastkové projekty. Celý projekt je ukončený prezentáciou dosiahnutých výsledkov.

Názorné a demonštračné vyučovanie astronómie

O užitočnosti názorných ukážok a demonštrácií vo vyučovaní nie je dnes potrebné vôbec diskutovať. Vhodné je najmä vo vyučovaní predmetov, v ktorých je len veľmi ťažké si predstaviť niektoré javy a procesy. Z toho dôvodu je demonštrácia fyzikálnych javov a procesov v astronómii veľmi dôležitá. Astronómia je však veľmi citlivá aj na názorné ukážky, pretože, na rozdiel od chemických alebo biologických experimentov, v astronómii nie je možné všetko názorne ukázať a predviesť.

K vhodným demonštračným astronomickým modelom pri preberaní Slnčnej sústavy patrí vytváranie jej zmenšeného modelu. Žiaci a študenti si musia prepočítať parametre Slnčnej sústavy (veľkosti Slnka a planét, vzdialenosti od Slnka apod.) tak, aby vzniknutý model mal reálne parametre.

Podobne pri preberaní klasifikácie galaxií (*Hubbleovej schémy*) je najvhodnejšie žiakom a študentom ukázať fotografie jednotlivých typov galaxií (eliptické, špirálové, špirálové s priečkou, nepravidelné) a takto názorne im vysvetliť rozdiely medzi jednotlivými typmi. Vhodnou a v súčasnosti populárnou astronomickou snímkou, ktorú urobil Hubbleov vesmírny ďalekohľad, je snímka *Hubble Ultra Deep Field*, na ktorej je možné vidieť veľké množstvo rôznych typov galaxií, ktoré sa vo vesmíre nachádzajú.

Praktické pozorovania, merania a spracovávanie astronomických dát

Praktické pozorovania, merania a spracovávanie reálnych astronomických dát sa na základných školách a na gymnáziách veľmi často zanedbáva, pretože mnohí učitelia si myslia, že astronómia je „nočná veda“. V súčasnosti je však zber astronomických údajov a dát vo svete už úplne automatizovaný a tak moderná astronómia v prevažnej miere spracováva len takto získané dáta. Pre potreby vyučovania astronómie existuje veľké množstvo skutočne napozorovaných reálnych astronomických údajov a dát, ktoré sú voľne dostupné na internete.

Nočné pozorovania vesmírnych telies sú u niektorých učiteľov obľúbená, ale len veľmi ťažko realizovateľná praktická činnosť. Keď učiteľ aj napriek tomu chce do vyučovania zahrnúť aj skutočné pozorovania a merania astronomických objektov a ich fyzikálnych charakteristík a parametrov, je vo veľkej miere odkázaný na pozorovanie dennej oblohy (Slnko, optické atmosférické javy) alebo na dobrovoľnú činnosť žiakov a študentov, ktorí budú ochotní sami, vo svojom voľnom čase pozorovať objekty nočnej oblohy (súhvezdia, hviezdy, Mesiac, planéty, meteorické roje, kométy, apod.).

Medzi základné astronomické praktické úlohy patrí pozorovanie nočnej oblohy s tým, že žiaci a študenti sa pomocou *otáčavej mapy oblohy* učia rozpoznávať jednotlivé súhvezdia a snažia sa ich čo najpresnejšie zakresľovať. Vhodnou a ľahko realizovateľnou praktickou činnosťou je aj zakresľovanie Mesiaca, pričom žiaci a študenti sa ho snažia čo najpresnejšie zakresliť a následne pomocou atlasu Mesiaca zistiť, aké útvary na Mesiaci pozorovali. Medzi úlohy, ktoré si vyžadujú hlbšie teoretické vedomosti z viacerých prírodovedných predmetov (napr. chémia) je možné zaradiť spracovávanie už napozorovaných dát (napr. určovanie spektra neznámej hviezdy). Na základe znalosti typických znakov jednotlivých typov spektier

hviezd sa žiaci a študenti snažia určiť spektrálny typ neznámej hviezdy. Cez deň je možné projekčnou metódou pozorovať a zakresľovať Slnko a slnečné škvrny.

Veľké množstvo úloh a návodov na praktické pozorovania, merania a spracovávanie astronomických údajov a dát rôznej obtiažnosti je možné nájsť v staršej aj novej astronomickej literatúre (Minnaert, 1979; Kerrod, Sparrow, 2005) a tiež aj na internete.

Počítače, internet a multimédia vo vyučovaní astronómie

Nové možnosti do oblasti vyučovania astronómie priniesli moderné informačné technológie, ktorých zaradenie do vyučovania je zároveň aj výrazným motivačným prvkom pre osvojovanie si vedomostí žiakmi a študentmi.

Počítačom podporované vyučovanie astronómie je jednou z novších a modernejších foriem vyučovania. Môže dopĺňať iné metódy, pričom každému žiakovi alebo študentovi umožňuje postupovať individuálnym tempom, analyzovať kľúčové body učiva, sledovať pozorovania vesmírnych telies a javov a v neposlednom rade ich možno využiť aj k motivácii. Vo všeobecnosti je možné problematiku využívania moderných informačných technológií vo vyučovaní astronómie rozdeliť na tri základné okruhy (Štefl, Krtička, 2003, s. 59):

1. Počítačom riadené pozorovanie ďalekohľadom, zber pozorovacích dát, ich spracovávanie, analýza a vyhodnocovanie.
2. Využívanie už vytvoreného softvéru, java apletov, numerických výpočtov, modelovania a simulácií umožňuje skúmať podstatu astronomických javov a prevádzať ich analýzu.
3. Internet, multimédia a výukové programy.

Astronomické učivo je v učebniciach pre základné školy a pre gymnázia zastúpená len stručnými, v mnohých prípadoch materiálmi encyklopedického charakteru. Veľmi časté sú odkazy na matematické, fyzikálne a chemické tabuľky, poprípade na atlas sveta. Informácie získané z internetu výrazne pomáhajú rozšíriť okruh vedomostí z astronómie. Na internete je možné nájsť veľké množstvo obrázkov a animácií astronomických javov a procesov, vrátane aktuálnych noviniek. S niektorými internetovými stránkami je možné pracovať priamo na vyučovacej hodine, z iných je vhodné použiť len určitý článok alebo obrázok. Ďalšie stránky je možné odporučiť žiakom a študentom ako podklad k príprave referátov alebo seminárnych prác, prípadne ich využiť pri projektovom vyučovaní astronómie (Ondrišová, 2005).

V astronómii má zásadný význam používanie výkonných počítačov, napr. pri výpočtoch modelov stavby vnútra a atmosfér hviezd, modelov galaxií a ich sústav, veľkoškálovej štruktúry vesmíru apod. Pre priame využitie, zvýšenie efektívnosti a podporovanie samostatnej práce žiakov a študentov je ideálna simulácia výskumných astronomických metód v modelovej podobe pomocou počítačových programov. V súčasnosti existuje veľké množstvo voľne dostupných demonštračných modelov pre účely vyučovania astronómie v škole, ktoré je možné nájsť na internete alebo na multimediálnych CD.

Využívanie multimédií vo vyučovaní astronómie je podmienené umiestnením počítača v učebni. Pri vyučovaní astronómie sú najvhodnejšie obrázky a videa umiestnené na astronomických a fyzikálnych multimediálnych CD alebo tie, ktoré je možné priamo získať z internetu. Astronomické obrázky by sa pri vyučovaní mali využívať vo veľkej miere, pretože sú pre žiakov a študentov atraktívne a motivačné. Využívanie obrázkov vo vyučovaní astronómie má nielen vzbudiť záujem o fyziku a astronómiu, ale aj systematicky popisovať a vysvetľovať určité objekty, javy alebo metódy výskumu v astronómii. Žiakov a študentov je potrebné naučiť, čo majú

na obrázkoch pozorovať, upozorniť ich na všetky javy na danom obrázku, či už súvisia alebo nesúvisia s preberaným javom. Len tak ich možno naučiť pozorovať.

Hvezdáreň a planetárium vo vyučovaní astronómie

Hvezdáreň a planetárium sú vzdelávacie inštitúcie, ktoré vo vyučovaní fyziky a astronómie zohrávajú zvláštnu, ale veľmi dôležitú úlohu. Dokonca je možné povedať, že ich úloha vo vyučovaní nielen fyziky a astronómie, ale aj iných prírodovedných predmetov je nezastupiteľná. Úspešne napomáhajú vyučovaniu astronómie a prispievajú k štúdiu a pochopeniu podstaty a zloženia vesmíru. Ciele vyučovania na hvezdární alebo v planetáriu sú totožné s cieľmi vyučovania astronómie v škole avšak s tým rozdielom, že ťažisko vzdelávania na hvezdární alebo v planetáriu je založené na príprave a realizácii ucelených vzdelávacích programov, ktoré názorným a zaujímavým spôsobom rozširujú a dopĺňajú učivo preberané v škole. Výukový program je preto dobrou príležitosťou motivovať žiakov a študentov k vlastnému pozorovaniu oblohy a k záujmu nielen o astronómiu a fyziku, ale aj o iné prírodné vedy. Veľkou výhodou vyučovania astronómie na hvezdární alebo v planetáriu je vhodná kombinácia slova, obrazu a príjemnej hudby, ktorá podnecuje u žiakov a študentov záujem o nové poznatky (Pokorný, 2001, s. 18).

Aj keď hvezdáreň a planetárium sú pri vyučovaní astronómie nenahraditeľné, v žiadnom prípade však nemôžu nahrádzať vyučovanie v škole, ale majú ho len dopĺňať.

Záver

Základy astronómie by mali byť súčasťou základného vzdelania každého človeka. Astronómia je zdrojom hlbokých a nevyčerpatelných estetických zážitkov. Patrí k tomu priame pozorovanie vesmírnych objektov voľným okom, prostredníctvom ďalekohľadov alebo sprostredkované pomocou obrázkov získaných kozmickými sondami, či najväčšími ďalekohľadmi sveta.

Pre vyučovanie astronómie je veľmi dôležitá väzba najmä na vyučovanie fyziky, ktorej jedným z jej tematických celkov je aj astronómia. Vo vyučovaní astronómie je preto potrebné brať do úvahy aj medzipredmetové vzťahy s inými predmetmi (Hanisko, 2007; Krupová, Krížová, 2006). Využívaním nadväznosti na predchádzajúce učivo fyziky a iných, najmä prírodovedných predmetov a využívaním opísaných inovačných metód vyučovania astronómie je možné veľmi dobre, presne a pritom zaujímavým spôsobom priblížiť a fyzikálne popísať nové, zaujímavé témy, otázky a problémy astronómie. Okrem toho, pre zvýšenie úrovne vyučovania astronómie, či už na základných školách alebo na gymnáziách je potrebné pre učiteľov organizovať školenia a vzdelávacie kurzy z astronómie, organizovať prednášky a praktické pozorovania vesmírnych telies a astronomických javov nielen pre žiakov, študentov a učiteľov, ale aj pre širokú verejnosť.

Najdôležitejšie je však zmeniť postavenie astronomického učiva v učebných osnovách fyziky a zaradiť ho medzi povinné tematické celky v rámci vyučovania fyziky, keďže, ako už bolo spomenuté, astronómia sa na základných školách a najmä na gymnáziách, kde nepatrí ani medzi povinné tematické celky, často vyučuje len vtedy, keď na to zostane vo vyučovaní čas.

Opísané metódy a formy vyučovania astronómie je tak možné realizovať vo väčšine prípadov len na seminároch alebo cvičeniach z fyziky, ktoré však nie sú povinné pre všetkých žiakov a študentov, poprípade v astronomických krúžkoch. To všetko sú zaiste dobré dôvody, prečo je potrebné sa dôsledne a seriózne zaoberať otázkami astronomického vzdelávania hneď od prvých ročníkov základnej školy.

Literatúra

- [1] HANISKO, P.: Medzipredmetové vzťahy matematiky s inými vyučovacími predmetmi. In: *Matematika v škole dnes a zajtra 2006*. Pedagogická fakulta Katolíckej univerzity v Ružomberku, Ružomberok, 2007. Str. 92 - 98. ISBN 978-80-8084-187-4.
- [2] HANISKO, P.: Postavenie fyziky v sústave prírodných vied. In: *Disputationes Scientificalae*. Roč. VIII, č. 3, 2008, Katolícka univerzita, Ružomberok, 2008. Str. 190 - 201. ISSN 1335-9185.
- [3] *Hubble's Deepest View Ever of the Universe Unveils Earliest Galaxies*. Hubblesite, News Release Number: STSci-2004-07, March 9, 2004 09:30 AM (EST). [citované 25. máj 2009]. Dostupné na internete: <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2004/07/image/a/format/web_print/>
- [4] KERROD, R., SPARROW, G.: *Ako funguje vesmír*. 1. vydanie. IKAR, Bratislava, 2005. Strán 160. ISBN 80-551-0910-9.
- [5] KRUPOVÁ, I.: Žiacke interpretácie pojmov z fyzikálneho učiva prírodovedy na 1.stupni ZŠ. In: *Matematika Informatika Fyzika, didaktický časopis učiteľov matematiky, informatiky a fyziky*, č.33, XVII. ročník, MPC Prešov a CCV PF UPJŠ v Košiciach, November, 2008, Str. 91 - 98. ISSN 1335-7794.
- [6] KRUPOVÁ, I., KRÍŽOVÁ, J.: *Vzťah budúcich učiteľov 1. stupňa ZŠ k integrovanej výučbe prírodovedy*. In. Učiteľské listy, [online]. 8, 2006. Dostupné na internete: <<http://ucitelskelisty.ceskaskola.cz/Ucitelskelisty/Ar.asp?ARI=102571&CAI=2153/>>. ISSN 1210-6313.
- [7] MINNAERT, M. G.: *Praktická astronómia*. 1. vydanie. Obzor, Bratislava, 1979. Strán 148.
- [8] ONDRIŠOVÁ, M.: *Internet vo vyučovaní astronómie a astrofyziky* [Diplomová práca]. Trnavská univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra fyziky. Školiteľ: Mgr. Karol Petrik. Rok obhajoby: 2005. [citované 25. máj 2009]. Dostupné na: <<http://diplomovka.sme.sk/praca/2654/internet-vo-vyucovani-astronomie-a-astrofyziky.php>>.
- [9] PETLÁK, E.: *Všeobecná didaktika*. 2. vydanie. IRIS, Bratislava, 2004. Strán 316. ISBN 80-89018-64-5.
- [10] POKORNÝ Z.: *Astronomické vzdelávaní*. 1. vydanie. Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka, Brno, 2001. Strán 56.
- [11] PUDIVÍTR, P.: *Výuka astronomie na středních školách*. [Dizertačná práca]. Matematicko-fyzikální fakulta UK, Školiteľ: Doc. RNDr. Marek Wolf, CSc. 2004. [citované 25. máj 2009]. Dostupné na: <http://puda.chytrak.cz/materialy/vyuka_astro.pdf>.
- [12] ŠTEFL, V., KRTIČKA, J.: *Didaktika astrofyziky*. 1. vydanie. Přírodovědecká fakulta, Masaryková univerzita, Brno, 2003. 122 strán. [citované 25. máj 2009]. Dostupné na: <<http://www.physics.muni.cz/astrodidaktika/didaktika.pdf>>.

Adresa autora

PaedDr. Ing. Mgr. Peter Hanisko, PhD.
 Katedra fyziky
 Pedagogická fakulta KU v Ružomberku
 Námestie Andreja Hlinku 56/1
 034 01 Ružomberok
 Peter.Hanisko@fedu.ku.sk

IONIZUJÚCE ŽIARENIE A RADIČNÁ OCHRANA

Oľga Holá

Ústav fyzikálnej chémie a chemickej fyziky FCHCHF STU, Bratislava

Abstrakt: *V príspevku je uvedená obsahová stránka prezentovaného súboru videofilmov z oblasti využitia ionizujúceho žiarenia vo vede a v medicíne, ako aj z oblasti radiačnej ochrany pred týmto žiarením. Tiež sú uvedené niektoré detaily multimediálneho spracovania týchto videofilmov ako aj ich využitie v pedagogickom procese, ale aj ako informačné zdroje pre širokú verejnosť.*

Kľúčové slová: ionizujúce žiarenie, radiačná ochrana, rádiológia, nukleárna medicína.

Úvod

Predkladaný súbor videofilmov vznikol v rámci riešenia projektu „Multimediálny program vzdelávania v oblasti ionizujúceho žiarenia a radiačnej ochrany“. Výstupom je multimediálna učebnica „Ionizujúce žiarenie a radiačná ochrana“, ktorej súčasťou sú aj prezentované vide filmy. Súbor videofilmov však má už aj „samostatný život“, ich využiteľnosť jednak vo výučbovom procese aj mimo neho je širokospektrálna.

Obsahová náplň videofilmov

Jednotlivé vide filmy pojednávajú o využití ionizujúceho žiarenia ako vo výskume, tak v medicínskej praxi. Súčasne sú uvádzané aj princípy a prostriedky radiačnej ochrany pred týmto žiarením. V jednotlivých filmoch sa dozvieme nasledovné informácie:

1. videofilm: **Röntgenové lúče a röntgenový difraktometer**

Videofilm vysvetľuje vznik brzdného a charakteristického röntgenového žiarenia a vysvetľuje z čoho pozostáva röntgenová trubica. Ďalej nás oboznamuje s princípom činnosti röntgenového difraktometra (obr.1) a s konkrétnym výskumom, ktorý sa pomocou tohto prístroja uskutočňuje.



Obr.1: Röntgenový difraktometer

2. videofilm: **Využitie röntgenových lúčov v lekárskej diagnostike**

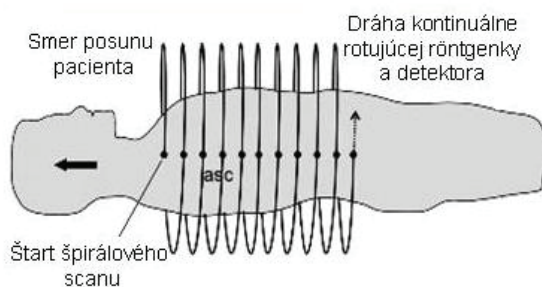
Vo filme prechádzame jednotlivými pracoviskami rádiologickej kliniky, pričom nás sprevádza prednostka tejto kliniky. Postupne sa zoznamujeme s digitálnym medicínskym röntgenom (obr.2), skiaskopom, klasickým zubným röntgenom, mamografom. V závere filmu navštívime aj najmodernejšie pracovisko vákuovej mamotómie, ktorá sa využíva nielen na diagnostiku, ale aj na odstránenie malých lézií.



Obr. 2: Digitálny röntgen

3. videofilm: **Moderné zobrazovacie techniky v rádiológii a v nukleárnej medicíne**

Zoznámime sa s princípom činnosti prístrojov, využívajúcich tomografické zobrazenie. Navštívime pracovisko počítačovej tomografie (CT) – jednak klasické CT, jednak jeho modernejšieho kolegu - „multislice CT“ (obr.3). Film pojednáva aj o takých moderných zobrazovacích technikách, ktoré nevyužívajú ionizujúce žiarenie, ale sú neoddeliteľnými diagnostickými prostriedkami pri komplexnom vyšetrení pacientov. Ide o pracovisko magnetickej rezonancie a ultrasonografie. Vysvetlené sú princípy činnosti prístroja MRI, ako aj Dopplerov jav, využívaný v ultrasonografii, umožňujúci farebným kódovaním odlíšiť smer toku krvi.

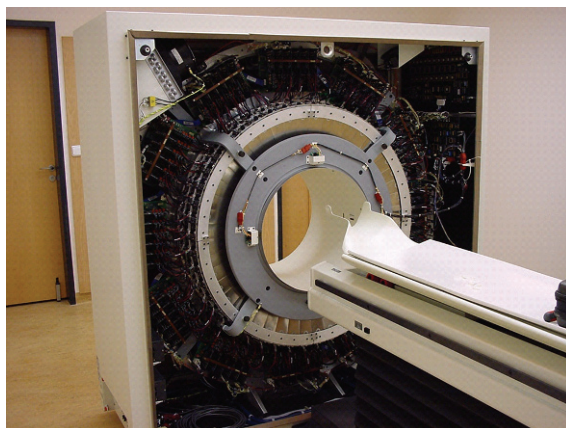


Obr.3: Princíp činnosti špirálového CT

4. videofilm: **Nukleárna medicína – otvorené žiariče v diagnostike a terapii**

V tomto filme sa oboznámime s pracoviskami Kliniky nukleárnej medicíny. Film ukazuje prípravu rádiofarmák – otvorených žiaričov, ktoré sa aplikujú pacientom pred samotným vyšetrením. Vysvetlené sú princípy scintilačných detektorov - ako najčastejšie používaných detektorov v tejto oblasti. Prechádzame pracoviskami scintigrafie (gamagrafie), SPECT-u (jednofotónovej emisnej tomografie). Nakoniec

navštívime najmodernejšie oddelenie PET-u (obr.4) (pozitrónová emisná tomografia), pričom je vysvetlený aj princíp pozitrón-elektrónovej anihilácie, ktorý sa v tomto prístroji využíva na registráciu gama žiarenia.



Obr.4: PET kamera

5. videofilm: **Ionizujúce žiarenie a radiačná ochrana v medicíne**

V tomto filme vysvetľujeme čo sa rozumie všeobecne pod ionizujúcim žiarením, kde a kedy vzniká, aký je princíp ionizácie a excitácie. V ochrane pred týmto žiarením uvádzame základné ciele a princípy radiačnej ochrany – t.j. ochrana pred vonkajším ožiarением - časom, vzdialenosťou a tienením a ochrana pred vnútornou kontamináciou. Ďalej rozoberáme najmä pasívne ochranné prostriedky (obr.5), konkrétne aplikované v medicínskej praxi.



Obr.5: Tieniace olovené dvere

Multimediálne spracovanie

Natočenie videoklipov sa uskutočnilo jednak na pracovisku autorky – na Ústave fyzikálnej chémie a chemickej fyziky FCHPT STU, jednak na Onkologickom ústave sv. Alžbety a Lekárskej fakulte UK v Bratislave.

Spracovanie videoklipov bolo počítačovo upravené pomocou softwaru Pinnacle Studio. Medzi videoklipy boli vsúvané vlastné statické obrázky, fotografie, grafy, resp. powerpointové stránky s matematickými odvođeniami.

Ozvučenie videofilmov pozostáva z kombinácie pôvodného zvukového pozadia, podfarbujúcej hudby, odborného komentára autorky, resp. odborných spolupracovníkov.

Parametre jednotlivých videofilmov:

1. Röntgenové lúče a röntgenový difraktometer

Réžia, kamera: doc. RNDr. Oľga Holá, PhD.

Scenár, komentár: doc. RNDr. Oľga Holá, PhD.,

Odborný poradca: doc. Ing. Jozef Kožíšek, CSc.

Vlastnosti: (720 x 576) pixelov, kompresia: XVID,

doba trvania: 8:58 min

2. Využitie röntgenových lúčov v lekárskej diagnostike

Réžia, kamera, scenár: doc. RNDr. Oľga Holá, PhD.

Komentár: doc. RNDr. Oľga Holá, PhD., doc. MUDr. Viera Lehotská, PhD.

Odborní poradcovia: doc. MUDr. Viera Lehotská, PhD., Ing. Erzsébet Fűri

Vlastnosti: (640 x 480) pixelov, kompresia: XVID, doba trvania: 13:23 min

3. Moderné zobrazovacie techniky v rádiológii a v nukleárnej medicíne

Réžia, kamera: doc. RNDr. Oľga Holá, PhD.

Scenár: doc. RNDr. Oľga Holá, PhD., Ing. Erzsébet Fűri

Komentár: doc. RNDr. Oľga Holá, PhD., doc. MUDr. Viera Lehotská, PhD.

Odborní poradcovia: doc. MUDr. Viera Lehotská, PhD., Ing. Erzsébet Fűri

Vlastnosti: (640 x 480) pixelov, kompresia: DIVX, doba trvania: 17:52 min

4. Nukleárna medicína – otvorené žiariče v diagnostike a terapii

Réžia, kamera: doc. RNDr. Oľga Holá, PhD.

Scenár: Ing. Erzsébet Fűri, doc. RNDr. Oľga Holá, PhD.

Komentár: doc. RNDr. Oľga Holá, PhD.

Odborní poradcovia: Ing. Erzsébet Fűri, doc. MUDr. Izabela Makaiová, PhD.

Vlastnosti: (640 x 480) pixelov, kompresia: DIVX, doba trvania: 12:51 min

5. Ionizujúce žiarenie a radiačná ochrana v medicíne

Réžia, kamera, scenár: doc. RNDr. Oľga Holá, PhD.

Komentár: doc. RNDr. Oľga Holá, PhD.

Odborná poradkyňa: Ing. Erzsébet Fűri

Vlastnosti: (640 x 480) pixelov, kompresia: DIVX, doba trvania: 10:42min

Aplikácie

Súbor videofilmov ako celok, ako aj jednotlivé videofilmy sa dajú využiť na vysokých školách v rámci prednášok, alebo laboratórnych cvičení - na rôznych prírodovedeckých, zdravotníckych, lekárskech fakultách univerzít ako aj na technických univerzitách v predmetoch súvisiacich s ionizujúcim žiarením, radiačnou ochranou, rádioekológiou, rádiofarmáciou, biomedicínskou chémiou a fyzikou, a pod. V súčasnej dobe boli už priamo aplikované v predmete „Radiačná ochrana“ na FCHPT a na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky UK v Bratislave. Videofilmy, týkajúce sa priamo radiačnej ochrany a práce s otvorenými žiaričmi sa stali aj odporúčanou a využívanou „literatúrou“ bakalárskych prác.

Niektoré z prezentovaných videofilmov boli tiež poskytnuté ako študijný materiál pre stredoškolských učiteľov v rámci zvyšovania ich kvalifikácie, ktorý môžu využiť ako výučbový materiál vo výučbe na gymnáziách, stredných chemických a zdravotných školách.

V neposlednom rade tieto videofilmy môžu slúžiť ako informačný a propagačný materiál pre širokú verejnosť. Niektoré z nich sa napríklad využili v informačnom

prednáškovom dni, usporiadanom pre starostov obcí v okolí jadrových elektrární, ktoré organizovala Slovenská nukleárna spoločnosť v máji 2009.

Záver

Záverom sa pokúsime zhrnúť prínos predkladaných videofilmov. Prínosy z hľadiska poskytovania informácií:

1. Kompletný súbor videofilmov poskytuje vstupnú informáciu jednak o ionizujúcom žiarení a radiačnej ochrane, jednak o moderných zobrazovacích technikách v medicíne.
2. Vo videofilmoch sa vysvetľujú fyzikálne princípy moderných prístrojov využívajúcich ionizujúce žiarenie, aplikácia týchto zariadení vo výskume a v medicínskej praxi.
3. Videofilmy prezentujú nové poznatky zo sveta prírodných vied a využitie týchto poznatkov v prístrojovej technike a v konečnom dôsledku pokroky v diagnostike a terapii.

Prínosy z pedagogického hľadiska:

1. Videofilmy zlepšujú názornosť, príťažlivosť predmetov, v ktorých sa tieto videoprodukcie použijú.
2. Zvyšujú motiváciu k poznávaniu a evokujú predstavivosť.
3. Podnecujú k otázkam a aktivujú študentov pri hľadaní riešení.

PodĎakovanie

Videofilmy vznikli v rámci riešenia projektu KEGA MŠ (2005-2008) *Multimediálny program vzdelávania v oblasti ionizujúceho žiarenia a radiačnej ochrany* č. 3/3062/05. PodĎakovanie patrí vedeniu OÚSA za umožnenie natáčania, ako aj všetkým odborným poradcom, ktorí sa na tvorbe videofilmov podieľali.

Adresa autora

Doc.RNDr. Oľga Holá, PhD.

Oddelenie chemickej fyziky Ústavu fyzikálnej chémie a chemickej fyziky Fakulty chemickej a potravinárskej technológie STU

Radlinského 9, 812 37 Bratislava

olga.hola@stuba.sk

ZMENY VO FYZIKÁLNO M VZDELÁVANÍ

Ľuboš Krišťák¹, Ivan Ružiak²

¹ Faculty of Wood Science and Technology, Department of Physics, Electrical Engineering and Applied Mechanics; Zvolen, SR, kristak@vsld.tuzvo.sk

² Faculty of Industrial Technologies, Institute of Materials and Technological Research, Alexander Dubček University of Trenčín; Púchov, SR, ruziak@fpt.tnuni.sk

Abstrakt: Na odborných podujatiach v oblasti didaktiky fyziky sa konštatuje, že vedomosti žiakov všetkých stupňov škôl sú vo väčšine prípadov len faktografického charakteru. Vedomosti sú povrchné, bez ich hlbšieho pochopenia a praktickej aplikácie na javy v bežnom živote. Jednou z príčin takéhoto stavu je nízky počet experimentov vo vyučovaní fyziky, či už z dôvodu obmedzeného vybavenia fyzikálnych laboratórií, prípadne z nedostatku času na experimentovanie. V príspevku prezentujeme niekoľko zaujímavých experimentov a inovatívnych postupov, ktoré môžu u žiakov zvýšiť záujem o fyziku.

Kľúčové slová: fyzika, didaktika fyziky, experimenty z fyziky

Úvod

V našom príspevku sa zameriavame na experimenty z jadrovej fyziky, ktoré sa na slovenských stredných školách vôbec nepoužívajú. Použitie klasických experimentov z jadrovej fyziky priamo vo vyučovacom procese je podmienené v prvom rade technickým vybavením. Preto je nutné vybrať vhodné materiálne vybavenie, ktoré by spĺňalo podmienky pre experimentálnu činnosť na gymnáziu. Analýzou všetkých produktov, súvisiacich s danou témou, ktoré sú v súčasnosti na trhu, sme dospeli k záveru, že najvhodnejšie a finančne najdostupnejšie sa javia prístroje ponúkané firmou NTL Logistik so sídlom v Holíči, ktorá sa zaoberá distribúciou učebných pomôcok pre základné a stredné školy. Z danej firmy sme pre potreby našej práce objednali tri súbory, ktoré sme potom využívali na pedagogický experiment. Súbor obsahoval GM trubice, GM počítače, žiariče alfa, beta a gama, absorpčné fólie a trezory na bezpečné uskladnenie rádioaktívnych žiaričov. Takéto materiálne vybavenie je na stredných školách v zahraničí úplnou samozrejmosťou, kým u nás, čo sa týka materiálneho vybavenia z jadrovej fyziky, tak sú na stredných školách hmlové komory, aj to nepoužívané. Okrem laboratórneho merania, kde treba aspoň tri súbory, aby mohli žiaci pracovať v skupinách, pre vykonanie väčšiny úloh postačia tri žiariče (alfa, beta a gama), jedna GM trubica, jeden GM počítač, jeden adaptér a hliníkové, prípadne iné fólie na meranie absorpcií a hrúbok materiálov.

Pred začatím vykonávania experimentov je nutné žiakov oboznámiť s experimentálnou súpravou, pomocou ktorej sa daný experiment uskutoční a zároveň je potrebné zdôrazniť, že pri práci s rádioaktívnym materiálom je nutné dodržiavať špecifické bezpečnostné pravidlá, ktoré treba žiakom bližšie vysvetliť, pretože sa s nimi dovedy pri vykonávaní žiadnych experimentov nestretli. Aj keď rádioaktívne žiariče, ktoré sú na trhu dostupné pre edukačné účely, v zmysle vyhlášky nie sú žiariče a to z dôvodu ich veľmi nízkej aktivity, je potrebné, aby sa žiaci oboznámili s bezpečnostnými pravidlami, ktoré je pri práci s rádioaktívnym materiálom nutné dodržiavať.

Rozhodli sme sa vytvoriť sprievodné listy k experimentom, ktoré by žiakom aj učiteľom naznačili, ako vhodne dané experimenty uskutočniť. Hlavným dôvodom,

prečo sme sa rozhodli pre dva druhy sprievodných listov je, že experimenty z jadrovej fyziky sú novinkou nie len pre žiakov, ale aj pre učiteľov na slovenských gymnáziách.

Rozhodli sme sa pre variantu dvoch druhov pracovných listov a to metodických pre učiteľov a žiackych pre žiakov. Variant dvoch pracovných listov sa osvedčil v medzinárodnom projekte ComLabSciTech I a ComLabSciTech II, ktorého členom riešiteľského kolektívu je aj autor predkladanej práce. Aby bolo zaručené, aby sa pri realizácii experimentov u žiakov okrem praktických zručností rozvíjali aj tvorivé schopnosti, využili sme pri tvorbe pracovných listov didaktický model empirického poznávania.

1 Žiacky pracovný list pre klasické experimenty

Žiacke pracovné listy pre klasické experimenty budú obsahovať všetky informácie, ktoré žiak potrebuje na realizáciu experimentu a na základe ktorých by mal vedieť daný experiment uskutočniť. Okrem toho obsahujú pracovné listy informácie o súvisi experimentu so životom a praxou, doplňujúce otázky a úlohy súvisiace s experimentom.

Štruktúra žiackych pracovných listov:

Názov experimentu

Trochu teórie – v úvode môže byť použitý nejaký príklad zo života, pomocou ktorého sú žiaci motivovaní na riešenie problému, ktorý je na konci tejto časti nastolený.

Použité pomôcky – zoznam pomôcok, ktoré budú pri experimente použité.

Schéma experimentu - detailná schéma, ako bude vyzerat' rozloženie experimentu.

Postup merania – podrobný postup, ako vykonať daný experiment.

Analýza nameraných hodnôt – úlohy na spracovanie a vyhodnotenie nameraných výsledkov

Porozmýšľajte – otázky súvisiace s nameranými hodnotami a spracovanými výsledkami. Na základe otázok žiaci hlbšie zanalyzujú dosiahnuté výsledky.

Súvis so životom a praxou – v tejto časti sa žiaci dozvedia, aký má daný experiment praktický význam a kde všade sa s ním, prípade s analogickými experimentmi môžu stretnúť v bežnom živote.

Námety na ďalšie aktivity – táto časť obsahuje námety na ďalšie aktivity, úzko súvisiace s vykonaným experimentom.

Otázky a úlohy – doplňujúce otázky a úlohy, ktoré korešpondujú s experimentom a javmi, ktoré s ním úzko súvisia.

2 Metodické listy pre klasické experimenty

Metodické listy pre klasické experimenty sú určené pre učiteľov a obsahujú všetky potrebné informácie, ktoré učiteľ potrebuje, aby boli experimenty správne vykonané či už ako žiacke experimenty, čiže ich vykonáva žiak za pomoci učiteľa, prípadne ako demonštračné experimenty, keď sú vykonávané učiteľom.

Štruktúra metodických listov:

Názov experimentu

Tematické zaradenie experimentu – tematické oblasti, s ktorými daný experiment korešponduje a do ktorých je vhodné ho zaradiť.

Cieľ experimentu – čo chceme experimentom dosiahnuť, jeho stručná charakteristika.

Poznámky k realizácii experimentu – doplňujúce informácie k realizácii experimentu.

Spracovanie nameraných hodnôt – potrebné údaje k vykonaniu analýzy a spracovaniu nameraných hodnôt

Záver z experimentu – čo sme chceli experimentom dosiahnuť, čo sme dosiahli a aké závery z neho vyplývajú, riešenia doplňujúcich otázok.

Žiacke aktivity – ako je možné žiakov do experimentovania zapojiť, prípadne návrhy aké ďalšie aktivity súvisiace s experimentom môžu žiaci vykonať.

3 Žiaci pracovní list pre laboratórne meranie „meranie Absorpcie žiarenia gama“

Trochu teórie

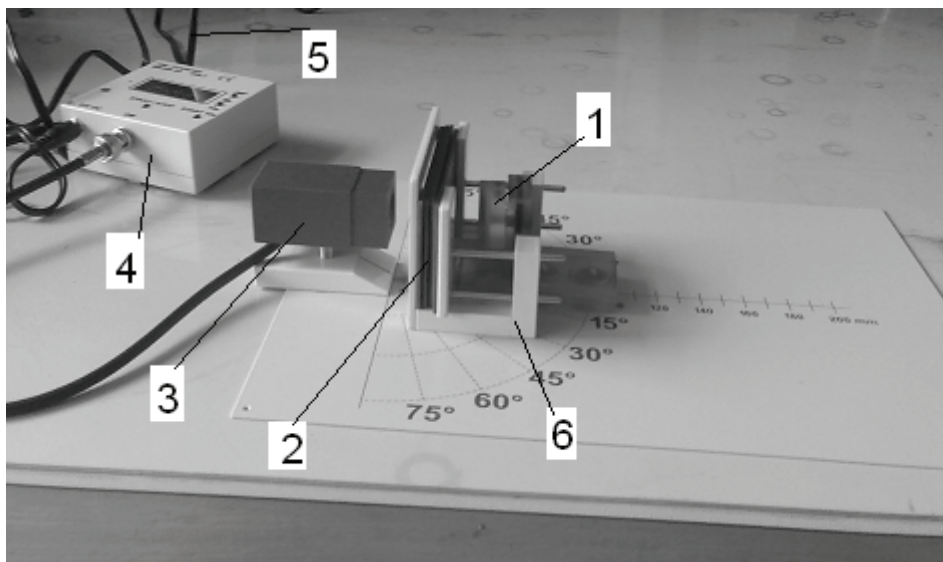
Pri práci so žiarením, keďže nie je možné ho ľudskými zmyslami zaznamenať, je nutné dodržiavať niekoľko bezpečnostných opatrení. Jedným z nich je ochrana tiením. Rádioaktívne žiariče sa preto uschovávajú a prenášajú v trezoroch, vyrobených najčastejšie z olova.

Aké hrubé by mali byť olovené trezory?

Použité pomôcky

- 1 – rádioaktívny žiarič gama
- 2 – olovené absorpčné platne
- 3 – GM trubicu pre detekciu rádioaktívneho žiarenia beta
- 4 – GM počítač
- 5 – zdroj napätia
- 6 – držiak absorpčných platní

Schéma experimentu



Postup merania

1. GM trubicu umiestnite do blízkosti žiariča (podľa schémy). Pri práci so žiaričom používajte pinzetu.
2. Zmerajte počet impulzov bez žiariča (pozadie) za 40 sekúnd.
3. Medzi žiarič a senzor postupne vkladajte po jednej fólii do držiaka a pre každý počet fólií zaznamenajte počet impulzov od žiariča (40s).
4. Meranie ukončíte, keď intenzita rádioaktívneho žiarenia klesne na hodnotu pozadia.

5. Zmerajte u použitých fólií hrúbku.

Spracovanie nameraných hodnôt

1. Urobte korekciu nameraných hodnôt vzhľadom na hodnotu nameranú bez použitia žiariča (odčítajte ju od všetkých hodnôt).
2. Spracujte závislosť počtu impulzov vzhľadom k počtu fólií vkladných medzi žiarič a detektor v podobe tabuľky a grafu (v prípade, že hrúbka fólií nie je rovnaká, na os X nanášajte celkovú hrúbku fólií)
3. Zobrazte logaritmickú závislosť počtu impulzov od počtu fólií.
4. Zistite z grafu, aká hrúbka olova je potrebná na pohltenie 50% gama žiarenia.
5. Určite hrúbku olova potrebnú na úplné pohltenie daného žiariča gama.
6. Aká by musela byť hrúbka, keby intenzita žiariča bola dvojnásobná?

Porozmýšľajte

1. Čo znázorňuje graf získaný z experimentálnych údajov?
2. Aká matematická závislosť zodpovedá získanej závislosti?
3. Prečo klesá intenzita rádioaktívneho žiarenia s rastúcou hrúbkou absorpčnej vrstvy?

Súvis so životom a praxou

Každé ožiarenie tela rádioaktívnym žiarením môže byť škodlivé (ak nie je súčasťou liečenia). A keďže človek takéto žiarenie zmyslami nevníma, je nutné pri jeho používaní dodržiavať v záujme zdravia a bezpečnosti príslušné predpisy. Tieto predpisy sú dôležité hlavne pre osoby pracujúce priamo s jadrovými zariadeniami a rádioaktívnym materiálom. Keďže význam a používanie aplikácií jadrovej fyziky neustále rastie, mali by základné poznatky o ochrane pred rádioaktívnym žiarením byť súčasťou všeobecného vzdelania. Tri základné spôsoby ochrany pred žiarením sú: ochrana vzdialenosťou, časom a tienením. Okrem toho by mal pracovník pracovať s čo najmenším množstvom rádioaktívnej látky.

Námety na ďalšie aktivity

1. Meranie uskutočnite s inými fóliami a porovnajte výsledky.
2. Meranie uskutočnite s iným gama žiaričom a porovnajte výsledky.

Otázky a úlohy

1. Čo je hlavnou príčinou pohlcovania gama žiarenia?
2. Zapište schému jadrovej reakcie gama premeny.
3. Napíšte rovnicu gama premeny kobaltu ${}_{27}^{60}\text{Co}^*$.
4. Zapište absorpčný zákon a definujte jednotlivé veličiny, ktoré vo vzťahu vystupujú.

4 Metodický list pre laboratórne meranie „meranie absorpcie žiarenia gama“

Tematické zaradenie experimentu

- jadrová fyzika
- rádioaktívne žiarenie
- absorpcia gama žiarenia

Cieľ experimentu

Cieľom experimentu je nájsť a analyzovať závislosť intenzity rádioaktívneho žiarenia gama od hrúbky absorpčnej vrstvy. Z grafickej závislosti určiť hrúbku potrebnú na pohltenie 50% gama žiarenia a na úplné pohltenie žiarenia gama.

Poznámky k realizácii experimentu

- Pri meraní je dôležité, aby sa v priebehu merania nemenilo usporiadanie celého experimentu.
- Pre experiment sme zvolili olovené fólie, avšak môžu sa použiť aj fólie z iných materiálov, napr. hliníkové.
- Pri práci so žiaričom používame pinzetu a po práci ho vložíme do oloveného trezora.
- Pracujeme s fóliami rovnakej hrúbky, v takom prípade stačí zmerať hrúbku jednej fólie a vynásobiť počtom fólií na zistenie celkovej hrúbky. V prípade práce s fóliami nerovnakej hrúbky zmeriame hrúbku každej fólie samostatne a na os X v grafe zaznamenávame celkovú hrúbku a nie počet fólií.

Spracovanie nameraných hodnôt

- V grafe na os X nanášame počet fólií (prípadne celkovú hrúbku fólií v prípade, že hrúbka fólií nie je rovnaká) a na os Y počet impulzov za zvolený časový interval. Grafom je exponenciálna klesajúca krivka.
- Pri logaritmickej závislosti namiesto počtu impulzov N nanášame na os Y $\ln N$. Grafom je priamka.
- Hrúbku potrebnú na pohltenie 50% gama žiarenia môžeme určiť z oboch grafov. Odčítame počet impulzov od žiariča bez použitia fólií a v jednej štvrtine od počiatku spravíme rovnobežku s X - ovou osou a kde nám pretne graf odčítame hrúbku (prípadne počet fólií).
- Hrúbku potrebnú na úplné pohltenie žiarenia gama zistíme predĺžením priamky pri grafe logaritmickej závislosti, kým nepretne X - ovú os.

Záver z experimentu

Nameraná absorpčná predstavuje klesajúcu exponenciálnu funkciu, z čoho vyplýva, že intenzita žiarenia klesá s rastúcou hrúbkou absorpčnej vrstvy. Žiarenie gama je v látkach, ktorými prechádza postupne absorbované, až v určitej hrúbke detektor nezaregistruje žiadne rádioaktívne žiarenie. Žiarenie gama je najpenikavejšie zo všetkých žiarení (10^2 penikavejšie ako beta žiarenie a až 10^4 penikavejšie ako alfa žiarenie). Na jeho úplné pohltenie je potrebná niekoľkokocentimetrová vrstva olova.

Žiacke aktivity

Experiment je zvolený ako laboratórne meranie, to znamená, že žiaci pracujú samostatne v skupinách. Okrem toho môžu žiaci experiment vykonať s inými materiálmi, prípadne s iným žiaričom.

Záver

Používanie žiackych a demonštračných experimentov, prípadne aj praktického laboratórneho merania z jadrovej fyziky vo vyučovaní na stredných školách by prispelo k vyššej názornosti preberaného učiva, žiaci by boli zapájaní vo všetkých fázach procesu, čím by boli aktivizovaný k aktívnej práci, v prípade žiackych experimentov rozvíja ich schopnosť samostatne pracovať. Okrem toho takéto experimenty približujú žiakom prácu s rádioaktívnymi látkami v skutočných vedeckých laboratóriách.

Literatúra

1. Krišťák, Ľ. *Experimenty z jadrovej fyziky na gymnáziách*. Dizertačná práca. UMB Banská Bystrica, 2008.
2. Tarjániová, G. - Hockicko, P.: Skúsenosti a trendy vo využívaní inovatívnych postupov vo výučbe prírodovedných predmetov na ZŠ realizovaných v rámci Detskej univerzity EF ŽU 2005. Zborník príspevkov z medzinárodnej vedecko-odbornej konferencie Učiteľ prírodovedných predmetov na začiatku 21. storočia, Prešov, 19. - 20. 1. 2006, s. 58 - 62, ISBN 80-8068-462-6
3. Hockicko, P., Tarjániová, G.: Popularizácia prírodovedných predmetov v čase mimoškolských aktivít realizovaných v rámci Žilinskej detskej univerzity, Zborník z konferencie Záujmová činnosť žiakov - stav, problémy, trendy, Prešov 2008, Katedra fyziky, FHPV PU v Prešove (2009) na CD, ISBN: 978-80-8068-961-2

Adresa autora

PaedDr. Ľuboš Krišťák, PhD.

Katedra fyziky, elektrotechniky a aplikovanej mechaniky

Drevárska fakulta, Technická Univerzita Zvolen

T.G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

kristak@vsld.tuzvo.sk

PLAZMA – ČTVRTÉ SKUPENSTVÍ HMOTY

Petr Kulhánek

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, katedra fyziky

Abstrakt: Příspěvek pojednává o vlastnostech laboratorního i vesmírného plazmatu, zejména o rovnováze a stabilitě plazmových útvarů a různých typech vln šířících se v plazmatu. Krátce je zmíněno i kvarkové-gluonové plazma a jeho objev ve středisku jaderného výzkumu CERN.

Klíčová slova: plazma, stabilita, pinč, rekonekce.

Úvod

Plazma je formou látky, ve které se nacházejí volné nosiče nábojů. Plazma proto reaguje na globální elektrická a magnetická pole a je schopno tato pole samo vytvářet. Plazma bývá zpravidla kvazineutrální, tj. v každém makroskopickém objemu je stejný počet kladných a záporných nosičů náboje. Vlastnosti plazmatu bývají velmi odlišné od vlastností skupenství pevného, kapalného i plynného. Důvodem jsou zejména kolektivní procesy, které nejsou ostatním skupenstvím vlastní. Slovo plazma pro ionizované prostředí poprvé použil americký fyzik a chemik Irwing Langmuir (1881–1957) na základě podobnosti s krevní plazmou.

Plazma není příliš běžným skupenstvím na Zemi, ve vesmíru je ale velmi hojné. Ze svítící atomární látky ve vesmíru tvoří plazma 99 %. V plazmatickém stavu se nachází většina mlhovin, všechny hvězdy a akreční disky v okolí černých děr. Na Zemi nalezneme plazma v kanálech blesků, v ionosféře a samozřejmě v laboratořích plazmových fyziků. K plazmatu nepatří plamen ohně, ve kterém jsou jen zářící excitované atomy s velmi nízkým nebo dokonce nulovým stupněm ionizace.

Tvar plazmatických útvarů dominantně určuje elektromagnetická interakce. Na rozdíl od gravitace, která objektům zpravidla vnutí kulový tvar, způsobuje elektromagnetická interakce v plazmatu vznik vláken a stěn. Těmito útvary protéká elektrický proud generující magnetické pole, jež tyto útvary stlačuje a udržuje v rovnováze proti gradientu tlaku látky.



Obr. 1: Kanál blesku. Zdroj: Chris Maggio, Mississippi College.

Pohyb nabitých částic

Základním pohybem nabitých částic v plazmatu je Larmorova rotace (někdy také cyklotronní pohyb neboli gyrace). Částice rotují kolmo na siločivky magnetického pole a podél siločivky se pohybují relativně volně. Při tomto pohybu částice charakteristicky září. Za nízkých energií částic jde o tzv. cyklotronní emisi (například

z Jupiteru), při vysokých energiích o synchrotronní emisi (například z Krabí mlhoviny a nebo z výtrysků v okolí černých děr).

Částice jsou vytlačovány magnetickým tlakem z oblastí silnějších magnetických polí. Tato síla může v některých případech dokonce obrátit směr pohybu částice, dojde k jevu magnetického zrcadla. Magnetická zrcadla se využívají k udržení plazmatu, v zemské magnetosféře vznikají přirozeným způsobem v polárních oblastech, kde je magnetické pole nejsilnější. Částice se pohybují podél siločar a odrážejí se v polárních oblastech zpět. Při tomto pohybu vytvářejí tzv. radiční neboli van Allenovy pásy (u Země vnitřní a vnější). Ve van Allenových pásách se nacházejí i částice s relativistickými rychlostmi, které mohou poškodit přístroje nebo zdraví člověka.

K zajímavým jevům dojde, pokud je v plazmatu kromě magnetického přítomno i nějaké další pole (například elektrické, gravitační nebo pole odstředivých sil). V takové situaci nabitá částice driftuje – odvaluje se kolmo na obě pole. U většiny driftů dochází k různému pohybu elektronů a iontů, v plazmatu se separuje elektrický náboj a vznikají dodatečná elektrická pole.

Plazmová vlákna a stěny

Pokud plazmatem prochází elektrický proud, vzniká magnetické pole způsobující stlačování plazmatu. Nejběžnější rovnovážnou konfigurací je plazmové vlákno nebo plazmová stěna. Rovnovážné útvary ale nemusí být nutně stabilní. Plazmová vlákna i stěny se různě krotí, zaškrucují a ohýbají. Probíhají-li zde disipativní procesy, a je-li dostatek času, změní se vlákna samovolně do helikálních struktur, ve kterých teče elektrický proud po šroubovici a proudová hustota je rovnoběžná s magnetickými siločarami. Takové proudy se nazývají Birkelandovy proudy a výsledná Lorentzova síla těchto proudů působící na plazma je nulová.

Experimentálně připravil první umělé plazmové vlákno Martin van Marun, který přivedl na drátek napětí ze stovky Leydenských lahví. První řešení rovnováhy plazmového vlákna našel Willard Harrison Bennett (1903–1987) v roce 1934, stabilitou se zabývali Martin Schwarzschild (1912–1997) a Martin David Kruskal (1925–2006) v roce 1954. Dnes je největší laboratoř světa pro výzkum plazmových vláken ve Spojených státech, nazývá se Sandia National Laboratories a v plazmovém vlákně je na tomto špičkovém pracovišti možné dosáhnout proudu až 20 MA. Plazmová vlákna se dnes považují za alternativní možnost pro zvládnutí termojaderné fúze.



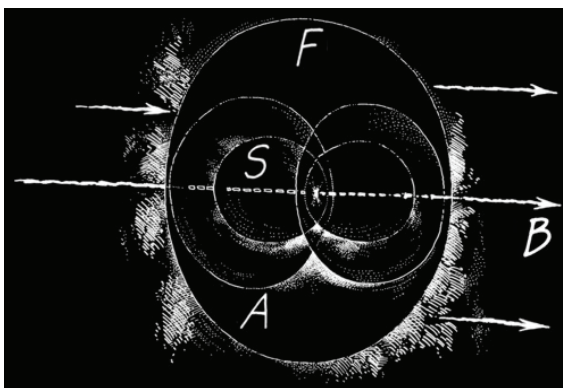
Obr. 2: Polární záře. Expedice Aurora, Norsko 2002. Zdroj: Aldebaran.

Plazmové stěny jsou známy zejména v polárních zářích. Jde o plošný výboj způsobený přítomností elektronů slunečního větru, které excitují a ionizují atomy

a molekuly v atmosféře. Plošné proudy tekoucí v ionosféře poprvé detekoval satelit TRIAD v roce 1973, jejich existenci předpověděl norský fyzik a vynálezce Kristian Birkeland (1867–1917). Dnes známe polární záře nejen na Zemi, ale i na Jupiteru a Saturnu.

Vlny v plazmatu

V plazmatu může vznikat celá řada vln. Nízkofrekvenční vlny souvisí s pohyby iontů a jsou analogií zvukových vln v ostatních skupenstvích. Pokud v plazmatu vznikne nějaký rozruch, šíří se ve třech vlnoplochách – pomalé, rychlé a Alfvénově. Potenciální posluchač by tak slyšel zvuk natřikrát. Směr šíření magnetozvukových vln silně závisí na orientaci magnetického pole, vlna je anizotropní. Analýza magnetozvukových vln nám může zjistit mnoho zajímavých informací o nitru plazmatu.



Obr. 3. Základní módy magnetozvukové vlny. Kresba Ivan Havlíček.

Vysokofrekvenční vlny zpravidla souvisí s pohyby elektronů, jde o tzv. komplex elektromagnetických vln. Ve směru podél pole se šíří levotočivá a pravotočivá vlna, napříč pole vlna řádná a mimořádná. Šíření elektromagnetických vln je opět silně závislé na orientaci magnetického pole. Existují i elektromagnetické vlny na velmi nízkých (zvukových) frekvencích, takovým vlnám říkáme hvizdy. Objevil je německý fyzik H. Barkhausen v kanálech blesků v roce 1919 a zjistil, že se šíří podél siločar zemského magnetického pole.

Pokud je v plazmatu přítomen prach, vzniklá celá škála mnoha dalších modů vln na ultranízkých frekvencích. Prachové plazma má svá specifika a jeho výzkum se bouřlivě rozvíjí. Známé jsou například experimenty s plazmovými krystaly prováděné fyziky z německého Ústavu Maxe Plancka na Mezinárodní vesmírné stanici.

Přepojení siločar

Velmi časté je v plazmatu přepojování siločar. Pokud se v nějaké oblasti objeví siločar magnetického pole mířící proti sobě, může dojít k jejich přepojení do energeticky výhodnější konfigurace. Uvolněná energie zahřeje plazma, které může zazářit dokonce i v rentgenové oblasti. Přepojení siločar dobře známe na Slunci (CME – Coronal Mass Ejection). Zde dojde k uvolnění plazmového oblaku (plazmoidu) s vmrznutým magnetickým polem. Plazmoid poté na své cestě sluneční soustavou ovlivňuje magnetosféry planet, ve kterých způsobí silné magnetické bouře.

V zemské magnetosféře probíhá přepojování siločar na čelní rázové vlně nebo v magnetickém ohonu. V roce 2006 byly objeveny obří víry na bocích magnetosféry (o rozměrech až 40 000 km), ve kterých také dochází k přepojování magnetických siločar.

V místě přepojení silokřivek musí být plazma s konečnou vodivostí, které převezme uvolněnou energii. Často k přepojování dochází v tzv. nulové vrstvě magnetického pole na mnoha místech naráz, podél vrstvy vznikají magnetické ostrovy, hovoříme o tzv. ostrovní nestabilitě.

Magnetohydrodynamika

K nejúspěšnějším metodám popisu plazmatu patří magnetohydrodynamika. Tento teoretický popis uvažuje plazma jako tekutinu (nebo několik tekutin, například tekutinu elektronů a iontů). K nejjednodušším variantám magnetohydrodynamiky patří ideální magnetohydrodynamika, ve které je tekutina nestlačitelná, elektrický odpor nulový a relativistické jevy zanedbatelné.

Otcem magnetohydrodynamiky je švédský fyzik Hannes Alfvén (1908–1995), který získal Nobelovu cenu za fyziku plazmatu v roce 1970. Alfvén je autorem konceptu zamrzlých polí. Zjistil totiž, že magnetické pole se s časem může měnit buď difúzními procesy a nebo tak, že pole sleduje pohyb plazmatu, je jakoby vmrznuté do plazmatu. Například u slunečního plazmatu dominuje zamrznání oproti difúzi v poměru $10^8:1$.

Magnetohydrodynamický popis umožnil pochopit takové jevy, jakým je tzv. tekutinové dynamo, které generuje v plazmatu magnetická pole. Tekutinový popis je výhodný při sledování geneze a pohybu různých modů vln, při vyšetřování stability nebo při určování vlastností helikálních struktur.



Obr. 4: Hannes Alfvén, otec magnetohydrodynamiky.

Měření polí

Zajímavá je také otázka měření magnetických polí. Jen málokdy máme možnost provádět měření přímo v plazmatu za pomoci magnetometru – malé cívky, jejíž proud souvisí s magnetickým polem. Častěji se provádí měření nepřímá za pomoci nějakého jevu. K neznámějším patří určení magnetického pole za pomoci rozštěpení čar ve spektru (tzv. Zeemanova jevu). Jinou možností je Faradayova rotace. Pokud existuje zdroj polarizovaného elektromagnetického záření (například pulzar), můžeme určit magnetické pole ze stočení roviny polarizovaného světla na cestě k pozorovateli. Naopak nepolarizované světlo hvězd je na své cestě vesmírem magnetickým polem polarizováno. Na základě stupně polarizace lze pak určit průměrnou hodnotu magnetického pole (tzv. polarimetrie).

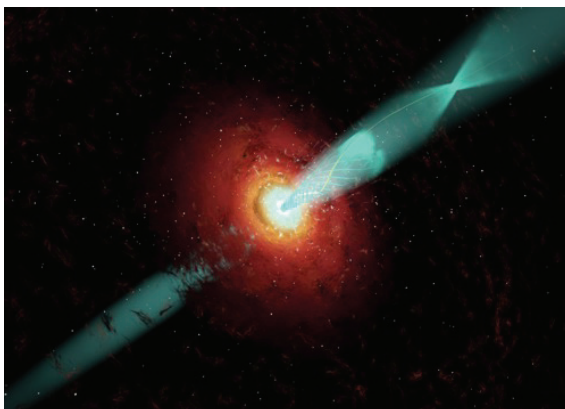
Magnetické pole se také projeví cyklotronními a synchrotronními emisemi elektronů. Z tohoto charakteristického záření lze určit, v jakých magnetických polích muselo vznikat. Všechny uvedené metody vedou zpravidla jen ke zjištění průměrné hodnoty magnetického pole u zdroje nebo na cestě mezi zdrojem a pozorovatelem.

Elektrická pole se v laboratořích měří za pomoci Langmuirových sond, ve vesmírném plazmatu můžeme využít Starkův jev (štěpení spektrálních čar), nicméně ve vesmírném plazmatu jsou globální elektrická pole vzácná.

Plazma ve vesmíru

Ve vesmíru nacházíme plazma protkané magnetickým polem na všech úrovních. Celá sluneční soustava je ponořena do heliosféry Slunce, většina planet má rozsáhlé magnetosféry interagující se slunečním plazmatem. Největší magnetosférou je magnetický obal Jupiteru, který sahá až do vzdálenosti 5 astronomických jednotek (k dráze Saturnu). Magnetická pole byla detekována uvnitř galaxií i v mezigalaktickém prostoru. V naší Galaxii jsou známa plazmová vlákna s délkou mnoha set světelných roků.

Magnetická pole dominantně ovlivňují fyziku ve výtryscích kolem neutronových hvězd i černých děr. Plazma je zde kolimováno do výtrysků s často relativistickými rychlostmi, ve kterých je plazma udržováno magnetickým polem. Obecně platí, že čím menší objekt, tím silnější pole můžeme nalézt. Většina magnetických polí je do plazmatu vmrznutá a proto například při závěrečném hroucení hvězdy na bílého trpaslíka nebo neutronovou hvězdu dochází k zesílení pole.



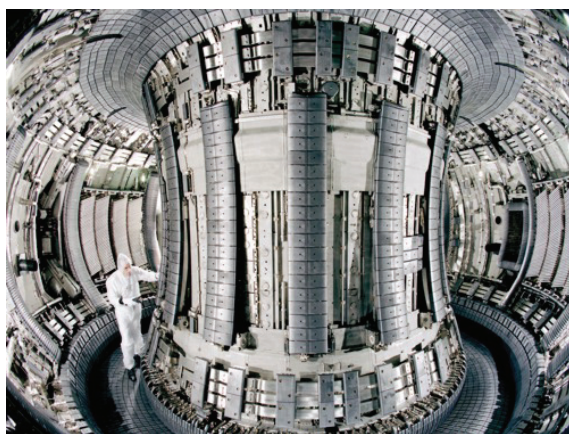
Obr. 5: Výtrysk v okolí aktivního jádra galaxie. Zdroj: Wolfgang Steffen, Instituto de Astronomia, UNAM, Mexico

Nejsilnější pole nacházíme u neutronových hvězd (až 10^9 T). Pokud při svém vzniku neutronová hvězda rotuje rychleji než 200 otáček za sekundu, dojde v jejím nitru krátkodobě (na několik desítek sekund) k sepnutí tekutinového dynama, které pole až ztisícinásobí. Takové objekty nazýváme magnetary a indukce jejich magnetického pole dosahuje hodnoty až 10^{12} T. To je již nad tzv. kvantovou mezí (ta je dána polem, při kterém je třeba při Larmorově rotaci částice brát v úvahu Heisenbergovy relace neurčitosti a klasický popis selhává). Magnetické pole magnetarů bývá neuspořádané a prvních několik desítek tisíc roků si „sedá“ do energeticky nejvýhodnější konfigurace. Dochází k častým rekonekcím magnetických siločar, které jsou doprovázeny magnetotřeseními a opakujícími se záblesky na hranici RTG a gama oboru (tzv. SGR – Soft Gamma Repeaters).

Plazma v laboratoři

Fyzika plazmatu má dnes bohaté aplikační možnosti. Za pomoci plazmatu umíme svářet a obrábět těžko opracovatelné součástky, plazmatem dokážeme nanášet a naprašovat ultratenké vrstvy vynikajících vlastností a kdo by neznal plazmové zobrazovače (displeje) nebo plazmové motory na raketách brázdících sluneční soustavu.

Největší technologický krok je ale teprve před námi. Již po mnoho generací se fyzikové snaží o zkrocení termojaderné fúze probíhající v nitru hvězd v pozemských podmínkách. Ať již jde o tokamaky, inerciální fúzi či fúzi probíhající ve stlačených plazmových vláknách, je cíl stejný. Udržet plazma po dobu dostatečnou k uskutečnění termojaderné reakce, která přinese více energie, než bylo do systému dodáno. Budoucí termojaderné elektrárny by neměly žádné problémy ani s palivem (deuteria je v oceánech téměř neomezené množství), ani s rizikem havárií (množství radioaktivní látky v reaktoru je minimální), ani s odpadem (radioaktivita produktů je jen krátkodobá).



Obr. 6: Tokamak JET (Joint European Torus).

K největším zařízením současnosti patří například tokamak JET (Joint European Torus) provozovaný v Anglii. JET drží světový rekord v produkovaném fúzním výkonu (16 MW). V relativně blízké budoucnosti (kolem roku 2020) bude dostavěn v blízkosti francouzského městečka Cadarache první experimentální termojaderný reaktor ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) s předpokládaným výkonem 500 MW. Průměr tohoto tokamaku bude úctyhodných 6 metrů.

Kvarkové gluonové plazma (QGP)

Není bez zajímavosti, že dnes je možné vytvořit uměle i tzv. kvarkové-gluonové plazma, které se ve vesmíru nacházelo do doby 10 mikrosekund po jeho vzniku. Jde o směsici volných kvarků a gluonů, které se při expanzi vesmíru v čase 10 mikrosekund pospojovaly v nám dobře známé neutrony, protony a další částice.

Kvarkové-gluonové plazma bylo poprvé uměle vytvořeno ve středisku jaderného výzkumu CERN v roce 2000 při dopadu urychleného jádra olova na olověný terčik. Teplota látky po dopadu byla 10^{12} K (stotisíckrát vyšší než v nitru Slunce) a hustota činila 20-násobek hustoty atomového jádra. Ne nadarmo se proto tomuto experimentu začalo říkat Malý třesk.

V posledních letech (2000 až 2009) probíhaly experimenty s QGP v Brookhavenské národní laboratoři v USA na urychlovači RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider). Po opětovném spuštění urychlovače LHC (Larg Hadron Collider) v CERNu budou prováděny experimenty s QGP na dvou detektorech – ALICE a CMS.

Závěr

Fyzika plazmatu je bouřlivě se rozvíjejícím oborem. Neustále se vyvíjející plazmové technologie zasahují do stále větší oblasti lidské činnosti. Výzkum ve fyzice plazmatu směřuje zejména k pochopení podstaty mnoha jevů, které jsou zodpovědné za současnou podobu našeho vesmíru. Největší metou současné fyziky plazmatu je uskutečnění řízené termojaderné fúze. Stavba reaktoru ITER spojuje úsilí všech vyspělých zemí světa a tak heslo „Zapálíme Slunce na Zemi“ není vůbec nadnesené.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci grantu GA AVČR IAA101210801 imulační výpočty DD fúzní reakce.

Literatura

BELLAN, Paul. 2008. *Fundamentals of Plasma Physics*. Cambridge University Press, 2008. ISBN: 978-0521528009.

CHEN, Francis. 2004. *Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion*. Springer, 2004. ISBN: 978-0306413322.

STIX, Thomas Howard. 2006. *Waves in Plasmas*. Springer, 2006. ISBN: 0883188597.

Adresa autora

prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc.
České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická, katedra fyziky
Technická 2
166 27 Praha 6
Česká republika

CEZ MIKROKOZMOS K POZNANIU MAKROKOZMU

Alexander Dirner, Adela Kravčáková, Sabina Lehocká, Gabriela Martinská

Katedra jadrovej a subjadrovej fyziky, ÚFV PF UPJŠ

Júlia Hlaváčová

Katedra fyziky FEI, Technická univerzita Košice

Eduard Kladiiva, Karel Kudela

Ústav experimentálnej fyziky SAV, Košice

Ivan Kimák

Regionálne centrum mládeže, Košice

Jana Mešterová

Slovenské technické múzeum Košice

Štefan Molokáč

Cryosoft s.r.o Košice

Žaneta Daroková

Abstrakt: Vedci a inžinieri z celého sveta postavili v stredu jadrového výskumu CERN pri Ženeve najväčší vedecký prístroj všetkých čias – urýchľovač častíc LHC, ktorý spolu so šiestimi experimentálnymi aparatúrami bude skúmať základnú štruktúru hmoty, nové formy hmoty, objavovať nové častice, simulovať procesy z počiatku vesmíru. Slovensko sa zúčastňuje experimentov ATLAS a ALICE, buduje a využíva svetovú sieť počítačov GRID, slovenské firmy sa podieľali na stavbe urýchľovača LHC. Projekt Agentúry na podporu výskumu a vývoja SR s názvom „Cez mikrokozmos k poznaniu makrokozmu“ je popularizačný projekt v rámci výzvy „Podpora ľudského potenciálu“. Náplňou projektu je popularizácia tohto grandiózneho medzinárodného vedeckého programu subjadrovej fyziky a tiež propagácia príspevku Slovenska k stavbe a programu LHC. Vedecký program LHC je naplánovaný minimálne na dve desaťročia, predstavuje teda aj dlhodobú perspektívu zamestnania pre súčasných študentov stredných škôl a žiakov základných škôl v rôznych odboroch. Popularizačný projekt obsahuje viacero aktivít zameraných najmä na študentov a učiteľov stredných (čiastočne aj základných škôl) vo východoslovenskom regióne. Medzi konkrétne aktivity patria výtvarné súťaže na vytvorenie loga výstavy o LHC a o najlepší plagát výstavy, súťaž multimediálnych prezentácií fyzikálnych javov z oblasti jadrovej a subjadrovej fyziky, súťaž technickej tvorivosti zameraná na tvorbu modelov experimentálnych zariadení subjadrovej fyziky spojená s následnou výstavou vytvorených modelov, sústredenie technicky orientovaných študentov a letné školy fyziky pre študentov stredných škôl. Na riešenie propagačného a popularizačného projektu spolupracuje niekoľko košických pracovníkov.

Kľúčové slová: subjadrová fyzika, CERN, LHC, popularizácia fyziky, stredné školy, Masterclasses.

Úvod

Základným cieľom modernej subjadrovej fyziky vysokých energií je spoznávanie vlastností jadrovej hmoty. V súčasnosti naplňa tento cieľ v úzkej interakcii s astrofyzikou a kozmickou fyzikou a spätne poskytuje poznatky o stave hmoty na samom počiatku kozmu v časoch krátko po Veľkom tresku. Experimentálne metódy súčasnej subjadrovej fyziky si vyžadujú budovanie zložitých a technologicky špičkových zariadení, ktoré sú nemysliteľné bez celosvetovej otvorenej spolupráce

vedeckých tímov, inžinierskych pracovísk, počítačových centier a vzdelávacích inštitúcií.

V roku 2008 bolo v medzinárodnom stredisku CERN oficiálne uvedené do prevádzky jedinečné dielo ľudského umu budované 20 rokov - urýchľovač častíc LHC - a súčasne pokračuje príprava na ostré spustenie fyzikálneho programu na súbežne vybudovaných detektorových komplexoch. Slovensko prispelo a aktívne sa zúčastňuje na dvoch pilotných projektoch – ATLAS, ktorý je zameraný na časticovú fyziku, a ALICE zameraný na fyziku ťažkých iónov. Cieľom projektov je preveriť základné modely vesmíru, skúmať stav hmoty krátko po vzniku nášho vesmíru a objaviť nové neznáme častice. Oficiálna procedúra uvedenia LHC do prevádzky sa uskutočnila dňa 21. októbra 2008 na slávnostnej ceremónii za účasti vrcholných predstaviteľov členských štátov CERN a účastníkov experimentálneho programu LHC. Technické uvedenie do prevádzky je ale dlhodobý a postupný proces s množstvom testov jednotlivých uzlov celého urýchľovacieho komplexu.

Najväčší vedecký experiment ľudstva (Malý vesmír v urýchľovači)

CERN sa zaoberá základným výskumom v oblasti najmenších štruktúr vnútri hmoty. Hľadajú sa tu odpovede na vážne, aj keď prirodzené otázky: Čo je to hmota? Ako vznikla? Aké sú jej základné stavebné prvky? Čo ju drží pokope? Ako sa podieľajú na vzniku a usporiadaní zložitejších vecí v prírode a celého vesmíru?

Laboratórium nielen skúma zloženie hmoty, ale hrá dôležitú úlohu aj pri rozvoji technológií budúcnosti, pretože sa systematicky orientuje na aplikáciu najnovších technológií a permanentnú technickú inováciu. Vďaka prvotriednej technickej vybavenosti má CERN dôležitú úlohu pri výchove a odbornom raste nielen vedcov, ale aj technikov. Súčasný rozsah programu odbornej prípravy a kvalifikované vedenie lákajú do laboratória mnoho talentovaných mladých odborníkov. Mnohí z nich nájdu uplatnenie v priemysle, kde sú vysoko cenené ich skúsenosti s prácou v mnohonárodnom prostredí.

V CERN-e bolo postupne uvedených do prevádzky niekoľko generácií urýchľovačov, ktoré dokázali urýchľovať častice postupne na stále vyššie energie. Najvyššie energie sú potrebné na skúmanie nových častíc. Vo svete častíc platí, možno trochu paradoxne, že čím menšie čiastočky hmoty chceme skúmať, tým vyššiu energiu k tomu potrebujeme, a teda aj tým väčšie experimentálne zariadenia. To platí nielen pre urýchľovače, ale tiež pre detektory. Laboratórium využíva najväčšiu sústavu prepojených urýchľovačov na svete - menej výkonné urýchľovače fungujú ako predstupeň tých výkonnejších. Komplex urýchľovačov v CERN-e je sústava zariadení, ktoré sú schopné dodávať časticiam stále vyššie a vyššie energie. Každý jednotlivý urýchľovač postupne posiela zväzok častíc do toho nasledujúceho. Posledným členom tejto sústavy je urýchľovač **LHC (Large Hadron Collider)**, ktorý urýchli zväzok protónov až na rekordných 7000 GeV. Väčšina urýchľovačov v tomto komplexe má navyše vlastné experimentálne haly, kde sa zväzky častíc využívajú v experimentoch pri nižších energiách.

Veľký hadrónový urýchľovač protibežných zväzkov (LHC, Large Hadron Collider) je najväčším urýchľovačom častíc na svete. Jeho hlavnou súčasťou je 27 kilometrov dlhý tunel. Tunel je umiestnený 50 až 175 metrov pod zemou a bol vyhlbený pre predchádzajúci urýchľovač LEP, ktorý ukončil svoju činnosť v roku 2000. Podzemný tunel predstavoval najlepšie riešenie pre umiestnenie urýchľovača. Okrem toho, zemská kôra poskytuje veľmi dobrú ochranu pred žiarením. V urýchľovači obiehajú častice v trubici, v ktorej je vákuum. Ich pohyb sa ovláda pomocou elektromagnetických prvkov: dipólové magnety udržujú častice na kruhovej dráhe, kvadrupólové magnety zaostrujú zväzok a vysokofrekvenčné dutinové rezonátory

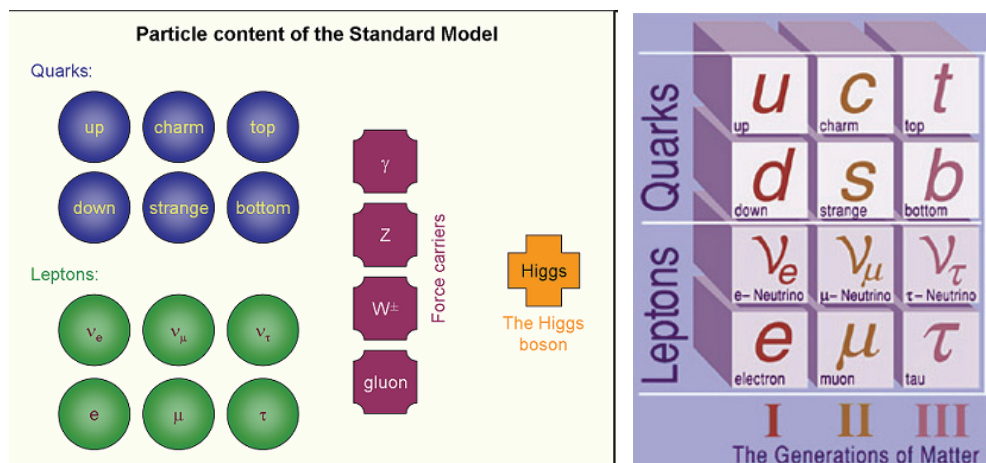
dodávajú zväzku energiu (najprv častice urýchľujú a neskôr ich energiu udržujú na konštantnej hodnote tým, že kompenzujú energetické straty). V samotných urýchľovacích trubiciach je ultravysoké vákuum, aby nedochádzalo ku zrážkam častíc s molekulami vzduchu. Z trubíc je odčerpaný vzduch tak dôkladne, že je v nich desaťkrát nižší tlak než na povrchu Mesiaca.

Urýchľovač LHC používa najrôznejšie typy magnetov, celkovo takmer 9600 magnetov. Každý typ magnetu prispieva k optimalizácii dráhy častíc. Väčšina magnetov je supravodivých a sú teda chladené kvapalným héliom na teplotu 1,9 K (-271,3 °C). Urýchľovač LHC je vybavený najväčším kryogénnym systémom na svete a je jedným z najchladnejších miest na Zemi i v celom vesmíre. Táto nízka teplota je potrebná pre činnosť supravodivých magnetov. Celý ochladzovací proces je rozdelený na etapy a trvá niekoľko týždňov, kým sa dosiahne teplota -271,3 °C.

Hlavnou úlohou týchto prvkov je udržať protóny v každom zhluku tesne pokope, aby bola pravdepodobnosť zrážky čo najvyššia. Častice zväzku sú udržiavané na kruhovej dráhe magnetickým poľom a pri každom obehú sú urýchľované elektrickým poľom, takže ich rýchlosť a ich energia sa postupne zvyšuje až na určitú konečnú energiu. Každá častica v protónovom zväzku vo veľkom hadrónovom urýchľovači protibežných zväzkov LHC bude mať energiu 7 TeV. Energia zrážky dvoch protónov je teda 14 TeV. Ióny olova obsahujú mnoho protónov, takže získajú ešte väčšiu energiu. Dve jadrá olova môžu mať pri zrážke energiu až 1150 TeV. V oboch prípadoch sú to energie, ktoré doposiaľ neboli pri urýchľovaní častíc v laboratórnych podmienkach dosiahnuté.

To, čo je na týchto zrážkach podivuhodné, je koncentrácia energie. V absolútnych hodnotách nie sú tieto energie v porovnaní s energiami bežného života nijako ohromujúce. Energia 1 TeV odpovedá približne energii lietajúceho komára. Na urýchľovači LHC je výnimočné to, že dokáže túto energiu vtesnať do priestoru asi tisíc miliardkrát menšieho, než je komár. Zväzok môže v urýchľovači cirkulovať až 10 hodín. Pritom prejde vyše desať miliárd kilometrov, čo predstavuje vzdialenosť väčšiu ako je zo Zeme na Neptún a späť. Protón pohybujúci sa takmer rýchlosťou svetla vykoná v urýchľovači LHC každú sekundu 11 245 obehov.

Naše súčasné chápanie vesmíru je neúplné. **Štandardný model** častíc a interakcií sumarizuje všetko, čo dnes vieme o fyzike elementárnych častíc. Tento model bol overený v najrôznejších experimentoch a obzvlášť úspešný bol pri predpovedaní existencie predtým neznámych častíc. Mnoho otázok však ostalo nevyriešených a urýchľovač LHC by mal pomôcť nájsť odpovede na niektoré z nich. Štandardný model nevysvetľuje, odkiaľ majú častice hmotnosť, a ani to, prečo sú niektoré častice veľmi ťažké, zatiaľ čo iné majú veľmi malú hmotnosť. Odpoveďou môže byť tzv. Higgsov mechanizmus. Podľa teórie Higgsovho mechanizmu je celý vesmír vyplnený "Higgsovým poľom" a častice získavajú svoju hmotnosť vďaka interakcii s týmto poľom. Častice, ktoré interagujú intenzívne, majú potom hmotnosť veľkú, kým častice, ktorých interakcia je slabá, sú ľahké. Higgsovo pole obsahuje najmenej jednu novú časticu spojenú s týmito interakciami - **Higgsov bozón**. Pokiaľ takáto častica skutočne existuje, experimenty na urýchľovači LHC ju budú schopné zaregistrovať.



Obr. 1: Štandardný model častíc a interakcií

Štandardný model neposkytuje jednotný popis všetkých fundamentálnych síl, pretože sa stále nedarí vytvoriť teóriu gravitácie podobnú ostatným teóriám síl. K zjednoteniu základných síl by mohla pomôcť *teória supersymetrie*, predpovedajúca existenciu hmotnejších partnerov základných častíc štandardného modelu. Pokiaľ je táto teória správna, najľahšie supersymetrické častice by mali byť objavené práve v experimentoch na LHC.

Kozmologické a astrofyzikálne pozorovania dokázali, že všetka viditeľná hmota sa podieľa na celkovej hmote a energii vesmíru iba 4%. Veľmi dôležitou úlohou súčasnej fyziky je vysvetliť, čo tvorí zvyšok - temnú hmotu (23%) a temnú energiu (73%). Súčasnou populárnou hypotézou je, že temná hmota je tvorená neutrálnymi, doposiaľ neobjavenými supersymetrickými časticami.

Okrem skúmania zrážok protónov umožní urýchľovač LHC pri zrážkach ťažkých iónov študovať aj stav hmoty, ktorý existoval v období raného vesmíru, tzv. kvarkovo-gluónovú plazmu. Keď sa ťažké ióny zrazia pri vysokých energiách, vytvorí sa na okamih "ohnivá guľa" z veľmi horúcej a hustej hmoty, ktorá môže byť v experimentoch na LHC študovaná.

Podľa súčasných teórií prešiel vesmír po svojom vzniku z veľkého tresku štádiom, v ktorom hmota existovala vo forme extrémne horúcej a hustej "polievky" nazývanej kvarkovo-gluónová plazma, ktorú tvorili základné stavebné častice hmoty. Ako vesmír chladol, začali kvarky vytvárať zložené častice, ako sú protóny a neutróny (tento jav sa volá „uväznenie kvarkov“). LHC je schopný pri zrážkach urýchlených zväzkov ťažkých iónov znovu vytvoriť kvarkovo-gluónovú plazmu. Pri týchto zrážkach bude teplota viac ako stotisíckrát vyššia, než je teplota vnútri Slnka. Za takýchto podmienok budú kvarky opäť na okamih voľné a túto prvotnú "polievku" bude možné pomocou detektorov študovať. Tak získame poznatky o základných vlastnostiach častíc i o tom, ako sa spolu skladajú, keď vytvárajú bežnú hmotu. Urýchľovač LHC nám pomôže tiež preskúmať záhady antihmoty. V okamihu Veľkého tresku museli hmota a antihmota vzniknúť v rovnakom množstve. Podľa toho, čo pozorujeme, je ale vesmír tvorený len hmotou. Prečo? LHC nám pomôže nájsť odpoveď.



Obr. 2: CERN, Ženeva, Švajčiarsko



Obr. 3: Výstavba urýchľovacieho komplexu LHC

Výskumom mikrokozmu k pochopeniu makrokozmu

Spoločný projekt košických pracovísk Ústav experimentálnej fyziky SAV, Ústav fyzikálnych vied PF UPJŠ, FEI TU v Košiciach, Slovenské technické múzeum a Centrum voľného času „Výskumom mikrokozmu k pochopeniu makrokozmu“ využíva model tesnej spolupráce organizácií rozdielných náplňou svojej práce za účelom pokrytia širokého spektra cieľových skupín formou vzájomne prepojených čiastkových aktivít zameraných na konkrétne skupiny. Jeho cieľom je propagovať v širokej verejnosti slovenský podiel na najmodernejšom výskume v oblasti subjadrovej fyziky, vzbudiť záujem o subjadrovú fyziku u starších ročníkov školskej mládeže a názorne oboznámiť stredoškolských študentov s metódami moderného výskumu v oblasti subjadrovej a kozmickej fyziky. K naplneniu vytýčeného cieľa slúžia najmä nasledovné aktivity:

- Zorganizovanie súťaže technickej tvorivosti mladých dizajnérov experimentálnych zariadení subjadrovej fyziky a školy v prírode.
- Príprava rozsiahlej putovnej výstavy „Slovenská cesta do mikrokozmu“ o LHC, ATLAS, ALICE a GRID (20 panelov, 10 modelov a vitrín s exponátmi) doplnenej o multimedialne prezentácie, videoprojekcie, demonštračné pokusy a populárne prednášky.
- Realizácia regionálnej formy projektu Masterclasses.
- Organizácia letnej školy v prírode pre študentov stredných škôl.
- Vytvorenie a realizovanie dištančného kurzu „Okná do modernej fyziky“ v prostredí LMS Moodle.

Súťaž technickej tvorivosti

V dňoch 27. - 31. 10. 2008 sa v objekte Školy v prírode v Kysaku usporiadalo týždenné stretnutie stredoškolských dizajnérov – účastníkov súťaže technickej tvorivosti, kde ich experti oboznámili s konštrukciou zariadení na LHC, s projektovou dokumentáciou, s metodikou pri výrobe makiet a modelov experimentálnych zariadení. Kvalitné makety a modely boli zaradené do putovnej výstavy o LHC, ATLAS, ALICE a GRID. Na stretnutí odzneli popularizačné prednášky Štandardný model a fyzika na LHC, Základy experimentálnych metód v subjadrovej fyzike, Experimentálna aparatura na LHC, Čo je to GRID. Účastníci spracúvali experimentálne údaje z reálneho experimentu na LEP v CERN, venovali sa modelovaniu a zvyšok času im vyplňal sprievodný zábavno-dobrodružný program.

Putovná výstava

Putovná výstava "Slovenská cesta do mikrokozmu" o Európskom laboratóriu pre časticovú fyziku CERN a slovenskej účasti na výskumnom programe na najväčšom urýchľovači častíc na svete - LHC, ktorý bol vybudovaný v CERN-e, je prístupná verejnosti od 5. mája do 14. júla 2009 v Slovenskom technickom múzeu v Košiciach. Na jeseň uvidia výstavu návštevníci v Bratislave v Dopravnom múzeu a neskôr aj v ďalších univerzitných mestách Slovenska.



Obr. 4: Výstava *SLOVENSKÁ CESTA DO MIKROKOZMU*, Slovenské technické múzeum v Košiciach, Ľubomír Smolárik z SPŠ elektrotechnickej v Košiciach predvádza pokus, ktorý demonštruje pôsobenie Lorentzovej sily na nabité ióny pohybujúce sa v magnetickom poli.

Výstava je súčasne popularizačná aj vzdelávacia. Panely informujú o CERN-e, približujú vedecký výskum na experimentálnych zariadeniach urýchľovača LHC, ktorý rozšíri naše vedomosti o usporiadaní sveta na najnižšej známej úrovni a naše poznatky o vývoji nášho vesmíru v prvých zlomkoch sekundy po Veľkom tresku, informujú o výskumných programoch na experimentoch ATLAS a ALICE a rôznych formách spolupráce slovenských organizácií v rámci CERN-u od vedeckej účasti až po prácu so študentmi stredných škôl. Výstava predstavuje aj originálne časti vedeckej aparatury, ktoré navrhli, vyvinuli a dodali do CERN-u slovenské pracovníci. Napríklad elektronické dosky pre spracovanie výstupného signálu z kalorimetrického systému detektora ATLAS alebo časti routera Kremíkového pixelového detektora (SPD) experimentu ALICE. Router pozostáva z 20 rôznych elektronických modulov. Jeho úlohou je zabezpečiť vzájomnú komunikáciu s jednotlivými systémami experimentu ALICE (s riadiacim systémom, so systémom zberu dát, so systémom výberu prípadov a so systémom monitorovania detektora).

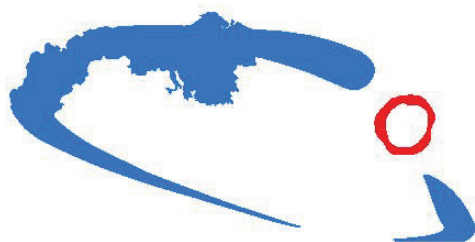
Zaujímavé sú rôzne multimediálne prezentácie, napríklad počítačová animácia dráhy častice cez urýchľovač až po samotnú zrážku v detektore. Výstavu ozvlášťujú aj demonštrácie rôznych fyzikálnych javov, ktoré návštevníkom predvedú lektori výstavy z radov stredoškolákov a vysokoškolákov. Na vernisáži si skoro každý návštevník na vlastnej koži vyskúšal nádherne sfarbenú plazmovú guľu alebo malú zemeguľu levitujúcu v magnetickom poli.

Súčasťou výstavy sú tiež výtvarné práce študentov stredných škôl s tematikou časticovej fyziky, multimediálne prezentácie, demonštrácie fyzikálnych javov a séria popularizačných prednášok pre verejnosť - Vysokoenergetické štvrtky.

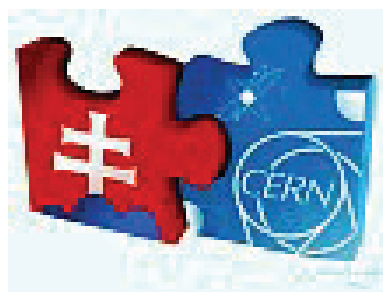
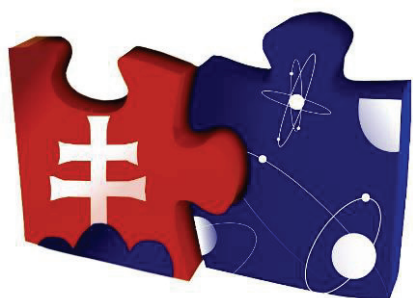


Obr. 5: Katka Gálová a Adrián Seman spolu s ďalšími študentkami Gymnázia Opatovská (Košice) (Annou Mitrovou, Norou Petrigalovou a Michaelou Staroňovou) pripravili pre výstavu malý model zobrazujúci dipólový magnet urýchľovača uložený v podzemnom tuneli.

Výstava je pripravovaná netradične - vzniká postupne v spolupráci vedcov so študentmi stredných a vysokých škôl. Logo výstavy navrhol študent Gymnázia Šrobárova v Košiciach, Peter Bardiovský, logo projektu študentka Školy úžitkového výtvarníctva v Košiciach Elena Čániová, grafické spracovanie výstavy navrhol študent Technickej univerzity Peter Fritsch. Študenti košických stredných škôl pripravili papierové modely experimentálnych zariadení urýchľovača a detektorov. Ako lektori pôsobia na výstave študenti stredných a vysokých škôl, ktorí v minulosti navštívili CERN alebo sa úspešne zapojili do rôznych fyzikálnych súťaží.



Obr. 6: Víťazný návrh na logo výstavy *SLOVENSKÁ CESTA DO MIKROKOZMU* študentky Školy úžitkového výtvarníctva v Košiciach Elena Čániová, Logo projektu LPP APVV „Cez mikrokozmos k poznaniu makrokozmu“



Obr. 7: Návrh na logo výstavy *SLOVENSKÁ CESTA DO MIKROKOZMU* Upravené logo výstavy študent Gymnázia Šrobárova v Košiciach, Peter Bardiovský
SLOVENSKÁ CESTA DO MIKROKOZMU

Regionálny projekt Masterclasses

Slovensko sa každoročne zúčastňuje medzinárodného projektu „Hands on Particle Physics - International Masterclasses for High School Students“ (MC) od jeho vzniku v roku 2005. Zámerom tohto projektu je umožniť študentom stredných škôl, aby pracovali ako skutoční vedci v autentickom prostredí inštitúcií časticovej fyziky, aby pocítili vzrušenie pri spracovávaní skutočných experimentálnych údajov a zakúsili aj problémy bežné pri vyhodnocovaní získaných vedeckých výsledkov. MC prebiehajú súčasne v 5-7 univerzitách vo svete v danom dni. Študenti si na svojej univerzite dopoludnia vypočujú úvodné prednášky o základnej štruktúre hmoty a popoludní spracúvajú experimentálne údaje z CERNu. Potom prostredníctvom [EVO](#) videokonferencie porovnávajú svoje výsledky a diskutujú o nich s účastníkmi v iných krajinách a fyzikmi z CERNu.

Kladné ohlasy na priebeh doterajších ročníkov nás priviedli k zámeru rozšíriť medzinárodný projekt aj na regionálnu úroveň – vo vybraných stredných školách východoslovenského regiónu usporiadať lokálny projekt Masterclasses s úvodnými prednáškami a následnými meraniami študentov (už bez medzinárodného videoprepojenia), čo si vyžiadalo realizáciu mobilného servera s učebnými materiálmi. V roku 2008 prebehli prvé dva lokálne projekty Masterclasses na gymnáziách v Gelnici a Spišskej Starej Vsi (125 študentov). V roku 2009 bol tento projekt realizovaný aj na Gymnáziu D. Tatarku v Poprade a v Lipanoch (95 študentov).



Obr. 8: Regionálny kurz Masterclasses 2009 v Poprade, Analýza údajov z experimentu OPAL

Následne bude tento projekt orientovaný na experimentálny program LHC a plánuje sa jeho rozšírená forma - jednodňový výjazd akademických pracovníkov na vybrané stredné školy (náplň: prednášky na vybrané témy z modernej fyziky a experimentálne cvičenia) a následný jednodňový pobyt stredoškolských študentov na akademických pracoviskách (náplň: prehliadka laboratórií, merania zaujímavých laboratórnych úloh, napr. počítačom podporované merania).

Letná škola fyziky

Tohtoročná letná škola pre stredoškolských študentov sa bude niesť v duchu 400. výročia Galileovho ďalekohľadu a Svetového roku astronómie a bude preto venovaná najmä astronómii, kozmológii a jej prepojeniu s fyzikou mikrosveta. Pod názvom „Galileo by sa čudoval“ sa uskutoční v dňoch od 21.6. do 26.6.2009 v zmodernizovanom objekte „Školy v prírode“ v Kysaku.

Program letnej školy je zostavený z niekoľkých základných blokov. Informačný blok zoznami študentov s najnovším pohľadom do mikrosveta a astronómie formou

popularizačných prednášok a rozhovorov s astronómom. Blok venovaný fyzikálnym experimentom je zložený zo spracovania reálnych astronomických experimentálnych údajov získaných prostredníctvom siete Internet v rámci astronomických Masterclasses a z návštev vysokohorských astrofyzikálnych pracovísk SAV na Lomnickom štíte a Katedry fyziky FEI v Košiciach, kde si študenti odmerajú a spracujú niektoré počítačom podporované laboratórne úlohy. Blok prakticko-modelársky (let rakety) a blok venovaný spoločenským (neformálne rozhovory s fyzikmi) a rekreačným aktivitám doplnia celkový program letnej školy.

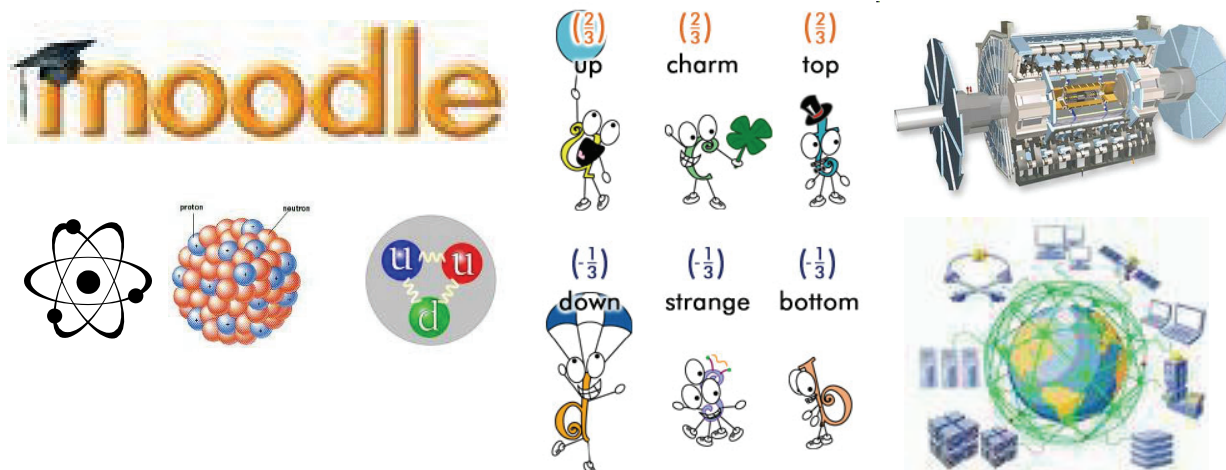


Obr. 9: Škola v prírode Kysak – miesto realizácie workshopu a letnej fyzikálnej školy

Dištančný kurz Masterclasses

Využitie komunikačných a prezentačných technológií v sieťovom prostredí prináša konkrétnu nadhodnotu v popularizačnom a vzdelávacom účinku. Pomocou metódy komplementárnych aktivít je možné sprístupniť popularizačné a vzdelávacie informácie väčšiemu počtu prijímateľov informácií a zároveň im umožniť vybrať si mieru obtiažnosti podľa vlastného rozhodnutia. Komplementárny prístup uvažuje s aktivitami, ktoré sú zložené z viacerých zdanlivo samostatných častí (prednášky, využívanie multimedialných tutoriálov, workshopy, samostatné praktické činnosti, súťaže, distribuované sprievodné vzdelávacie materiály a ďalšie), ktoré sa navzájom dopĺňajú, a väčšina z nich je prepojených alebo sprístupnených prostredníctvom internetu.

V rámci projektu chceme rozšíriť a prehĺbiť vzdelávacie aktivity počas dlhšieho časového obdobia (3 – 6 mesiacov) formou zapojenia študentov do dištančného kurzu „Okná do modernej fyziky“, ktorý okrem 10 modulov s témami zo súčasnej fyziky (Atóm, Jadro, Sily v prírode, Štandardný model, CERN, Urýchľovače a detektory, GRID, Kvark-gluónová plazma, Kozmické žiarenie, Kozmické počasie) bude obsahovať linky na ďalšie zaujímavé aktivity, hodnotiace testy, úlohy na samostatnú prácu. Ako súčasť kurzu sú plánované dve stretnutia so študentmi na našich akademických pracoviskách vo forme workshopov, počas ktorých budú sami realizovať zaujímavé experimenty a prezentovať svoje práce na zadané témy. Po otestovaní vytvorených modulov pribudnú ďalšie nové moduly a plánujeme aj vertikálne rozširovanie modulov – rôzne úrovne od prvotnej popularizačnej informácie cez rozširujúce poznatky k hlbším, aj matematicky popísaným záverom.



Záver

V roku 2008 bolo v medzinárodnom stredisku CERN oficiálne uvedené do prevádzky jedinečné dielo ľudského umu budované 20 rokov - urýchľovač častíc LHC - a súčasne pokračuje príprava na ostré spustenie fyzikálneho programu na súbežne vybudovaných detektorových komplexoch. Slovensko prispelo a aktívne sa zúčastňuje na dvoch pilotných projektoch – ATLAS, ktorý je zameraný na časticovú fyziku, a ALICE zameraný na fyziku ťažkých iónov. Prevádzka urýchľovacieho komplexu a výskumný program sú plánované na desiatky rokov. Aby mohlo Slovensko využívať efektívne možnosti, ktoré tento program poskytuje a naďalej ťažiť z investícií vložených do projektov LHC, musí získavať záujemcov medzi slovenskou mládežou a priebežne vzdelávať a školiť špičkových odborníkov nielen v oblasti subjadrovej fyziky, ale aj v softwarových a technických špecializáciách. Získavať záujemcov je potrebné už na úrovni základných a stredných škôl a oslovením širokej verejnosti. Prispieva k tomu aj propagácia technických a počítačových riešení vo verejnosti, ktorá ukazuje možnosti transferu použitých špičkových technológií do slovenského priemyslu.

Výskumný program LHC sa predpokladá v trvaní niekoľko desaťročí, preto vytvorené výstupy môžu byť využívané dlhé obdobie po skončení projektu. Vytvorený a vyskúšaný systém popularizačných a vzdelávacích aktivít a doplnkových materiálov bude naďalej využívaný pri popularizácii fyziky a pri získavaní stredoškolských študentov pre vysokoškolské štúdium prírodovedných a technických odborov. Webový portál s vytvorenými materiálmi bude naďalej verejne dostupný. Putovná výstava bude po skončení projektu k dispozícii pre ďalšie múzeá a organizácie na účely propagácie výsledkov slovenskej účasti vo výskumnom programe LHC, po skončení záujmu budú časti výstavy použité pre trvalú expozíciu popularizácie fyziky v STM Košice. Diela z výtvarných súťaží budú využité pre ďalšie výtvarné výstavy v CVC-RCM. Vydané CDROM/DVD bude k dispozícii stredným školám ako doplnkový edukačný materiál. Poznatky a skúsenosti z manažovania projektu budú využité v ďalších popularizačných aktivitách.

Podakovanie

Projekt, výstava a sprievodné podujatia sú podporované Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. LPP-0181-07.

Literatúra

- KOBEL, M., High school students' exposure to modern particle physics, Europhysics News (2003) Vol. 34 No.3
- DIRNER, A., HLAVÁČOVÁ, J., 2008, *Okná do modernej fyziky*, Tvorivý učiteľ fyziky, Smolenice 2008, Zborník príspevkov, ISBN 978-80-969124-6-9, 2009, Košice
- Virtuálna kolaborácia, <http://vk.upjs.sk>
- LHC Homepage, <http://lhc.web.cern.ch/lhc/>
- CERN - European Organization for Nuclear Research, <http://www.cern.ch>
- The LHC experiments, <http://public.web.cern.ch/public/en/LHC/LHCExperiments-en.html>
- Cez mikrokozmos k poznaniu makrokozmu, <http://www.mikrokozmos.sk/>
- Blog Eduarda Kladivu, SME, <http://kladiva.blog.sme.sk/>
(Pozvánka na výstavu, Stredoškólači modelármi a lektormi, Navštívili nás vzácní hostia)
- Slovenská cesta do mikrokozmu, STM Košice, <http://www.stm-ke.sk/vystavy09/cern.htm>
- EPPOG – Hands on Particle Physics, <http://www.physicsmasterclasses.org/>
- UPJŠ EPPOG Masterclasses, <http://epog.evo.upjs.sk/2009/>
- Physics Masterclasses Slovakia, <http://epog.evo.upjs.sk/2009/>
- Virtual Room Videoconferencing System (VRVS), <http://www.vrvs.org>
- Enabling Virtual Organizations (EVO), <http://evo.caltech.edu>

Adresa autora

doc. RNDr. Júlia Hlaváčová, CSc.
Katedra fyziky, Fakulta elektrotechniky a informatiky
Technická univerzita Košice
Park Komenského 2, 042 00 Košice
Julia.Hlavacova@tuke.sk

RNDr. Alexander Dirner, CSc.
Katedra jadrovej a subjadrovej fyziky, Ústav fyzikálnych vied
Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika
Jesenná 5, 040 01 Košice
Alexander.Dirner@upjs.sk

EXPERIMENTUJME HRAVO

Ľudmila Onderová

Oddelenie didaktiky fyziky, ÚFV PF UPJŠ Košice

Abstrakt: Príspevok sa zaoberá možnosťami uplatnenia hračiek vo vyučovaní fyziky na základnej alebo strednej škole. Je tu prezentovaný súbor jednoduchých pokusov z rôznych oblastí fyziky, pri ktorých sa využíva najdostupnejšia hračka - detský gumený balónik. Zároveň je uvedených niekoľko príkladov na uplatnenie ďalších detských hračiek vo vyučovaní fyziky, ktoré majú poskytnúť učiteľom inšpiráciu ako prostredníctvom hračiek motivovať žiakov a následne zvýšiť ich záujem o vyučovanie fyziky.

Kľúčové slová: detský balónik, hračka, fyzika hračiek.

Úvod

Prirodzená zvedavosť a hravý prístup k riešeniu problémov patria medzi charakteristické črty osobnosti detí školského veku. Zároveň existuje veľký počet detských hračiek založených na uplatnení určitého fyzikálneho javu alebo zákona. Tieto skutočnosti nám umožňujú premeniť hodiny fyziky na „hravé“ experimentovanie a prostredníctvom neho poskytujú žiakom možnosť lepšie pochopiť fyzikálne javy okolo nás.

Prečo učiť fyziku pomocou hračiek?

V zahraničí hračky cielene využívané (často krát aj vyrábané) ako učebné pomôcky na vyučovanie fyziky sa označujú skratkou POTS - Physics Of ToyS . V podstate každú hračku, v ktorej objavíme fyziku môžeme nazvať fyzikálnou hračkou.

Sú dva prístupy ako vyučovať pomocou hračiek: [1]

- **Fyzika s hračkami** – umožňuje demonštrovať niektoré fyzikálne zákony pomocou hračiek, napríklad, čo sa stane s medvedíkom umiestneným na autíčku pri náhlom zastavení, či rozbehnutí autíčka?
- **Fyzika hračiek** - hľadá odpoveď na otázku: „Na základe akých fyzikálnych princípov hračky pracujú?“, napríklad, prečo sa kúzelná loptička vznáša v prúde vzduchu.

Svet hračiek bol pre deti počas dlhých rokov ich prirodzeným prostredím. S väčšinou hračiek sa mnohí žiaci a študenti mohli stretnúť počas detstva. Pre žiakov nižších ročníkov známy predmet predstavuje istotu, prvok bezpečia, ktorý umožňuje bez strachu objavovať nové skutočnosti manipuláciou s dobre známou hračkou. Na otázku v úvode preto môžeme odpovedať vymenovaním nasledovných argumentov.

Hračky sú: lacným laboratórnym vybavením; neohrozujúce; zábavné; pútajúce pozornosť; podnetné; schopné zaujať študentov všetkých vekových kategórií; samé o sebe vyvolávajúce záujem a zvedavosť; dobrým modelom fyzikálnych zákonitostí v každodennom živote; ponúkajúce mnohokrát komplex fyzikálnych zákonitostí v jednom predmete; veci, ktoré deti ako prvé použijú na objavovanie zákonitostí sveta okolo nich.[1] Hračky môžu demonštrovať fyzikálne teórie na všetkých stupňoch, od základnej školy po vysokú školu. Autíčka, hračky pribalené k čokoládovým vajíčkam či ďalšie bežné hračky môžu byť skúmané ako modely fyzikálnych teórií. Prostredníctvom hračiek môže byť skúmaná väčšina oblastí fyziky napr. mechanika, termodynamika, optika, akustika a pod. Študenti sa môžu oboznamovať s fyzikou „hrou“ s hračkou. Pri tejto činnosti zistia, že s rovnakými princípmi, ktoré sú demonštrované hračkami, sa stretávajú aj v bežnom živote. Študenti si pritom môžu

rozvíjať svoje pozorovacie schopnosti a analyticko-syntetické myslenie. Akonáhle sú základné fyzikálne zákony pochopené, študent môže používať hračku na získanie výsledkov v zostavených experimentoch. Tieto výsledky môžu byť následne použité na potvrdenie fyzikálnych zákonov.

Uplatnenie hračiek vo vyučovaní fyziky

Najskôr uvedieme prehľad uplatnenia najdostupnejšej detskej hračky – gumeného balónika v rôznych oblastiach fyziky a následne niekoľko príkladov na uplatnenie ďalších hračiek vo vyučovaní fyziky.

Teplý a studený vzduch

Na hrdlo fľaše dobre upevníme balón. Takto upravenú fľašu vložíme najmenej na pol dňa do mrazničky. Po vybratí z mrazničky ponoríme studenú fľašu do umývadla resp. nádoby naplnenej teplou vodou. Balón na fľaši sa mierne nafúkne. *Po vložení do mrazničky sa znížením teploty zníži aj objem plynu, vzduch vo vnútri fľaše teda zaberá menej miesta ako za normálnych podmienok. Po ponorení do teplej vody nastane jav opačný - zvýšenie teploty vzduchu sa prejaví jeho rozpínaním. Balón sa čiastočne nafúkne.*

Balón fakír

Nafúkame podlhovastý balón. Potom tenkou ihlicou vnikneme do balóna jedným z jeho vrcholov. Balón nepraskne, navyše po vytiahnutí ihlice z balóna vzduch ihneď nevyfučí. Ak pichneme ihlicu do iného miesta, balón praskne a unikajúci vzduch vyvolá "výbuch". *Trik využíva dve fyzikálne vlastnosti: pružnosť gumy a tlak vo vnútri telesa s podlhovastým tvarom. Ak má byť pokus úspešný, musí ihlica vniknúť do balóna jedným z jeho vrcholov, kde je povrch balóna menej napnutý. Pružnosť gumy zase spôsobí, že keď ihlica pomaly vnikne do balóna a prepichne gumovú blanú, táto sa okamžite uzatvorí okolo ihlice a zabráni unikaniu vzduchu z balóna.*

Kúzlo s balónikom

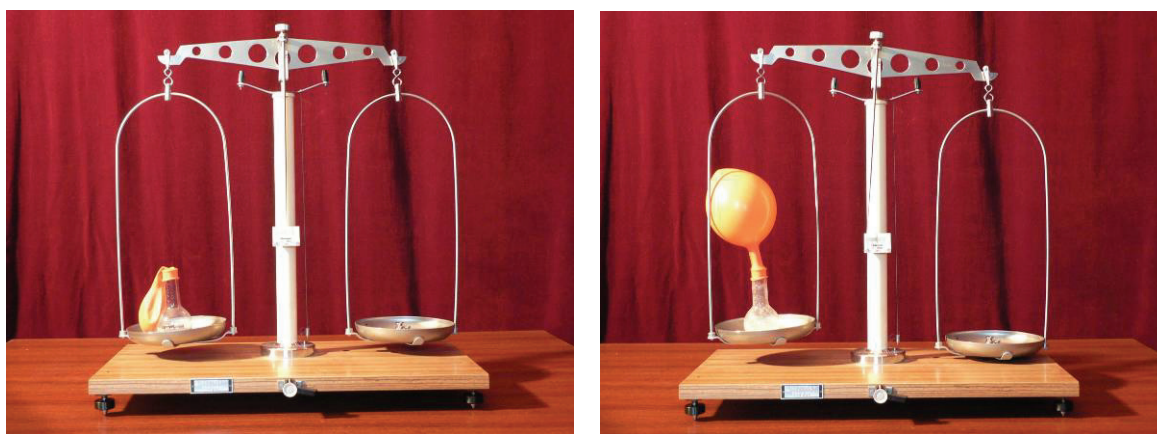
Pokus je variáciou pokusu s vajíčkom a fľašou od mlieka. Namiesto vajíčka použijeme vodou naplnený balónik. Zmenou množstva vody dosiahneme vhodnú veľkosť pre každý otvor nádoby. Na hrdlo balónika pripevníme niť. Na dno fľaše nalejeme malé množstvo vriacej vody. Umiestnime balón vzduchotesne na hrdlo fľaše. Potom umiestnime fľašu do nádoby so studenou vodou, aby sa ochladila, prípadne ju len necháme voľne chladnúť. (obr.1) *Znižovaním teploty dochádza ku kondenzácii vodných pár vo vnútri fľaše a tým aj k poklesu tlaku v jej vnútri a tak je balónik pomaly vtlačený vonkajším vyšším atmosférickým tlakom do fľaše.* [2]



Obr. 1: Kúzlo s balónikom

Je oxid uhličitý ľahší ako vzduch?

Najprv balónik niekoľkokrát nafúkneme, aby sa rozťahol. Potom do banky nalejeme malé množstvo octu. Do balónika nasypeme sódu bicarbónu, prevlečieme ho cez hrdlo banky a tesne upevníme pomocou nite alebo gumičiek. Dbáme na to, aby sa látky nezmiešali. Balónik s bankou položíme na misku laboratórnych váh, váhy vyvážíme a potom zaaretujeme. Zdvihneme balónik, aby sa sóda presypala do octu v banke. Bankou potrasíme, aby sa ocot so sódou premiešali. Počkáme kým ustane búrlivé kypenie v banke a váhy pomaly odaretujeme. Rovnováha sa poruší, miska s bankou a nafúknutým balónikom sa zdvihne, akoby balónik bol naplnený plynom ľahším ako vzduch. (obr.2) Na misku pôsobí menšia sila ako predtým. V dôsledku chemickej reakcie, ktorá nastane po zmiešaní octu so sódou sa vytvára oxid uhličitý, ktorý spôsobí nafúknutie balónika. Pretože sa zväčšil objem balónika, zväčšila sa aj aerostatická vztlaková sila, ktorá naň pôsobí. Celková hmotnosť banky s balónikom sa však nezmenila. Vztlaková sila smeruje zvisle nahor a preto na misku váh s bankou a nafúknutým balónikom pôsobí zvisle dolu menšia sila ako predtým.



Obr. 2: Je oxid uhličitý ľahší ako vzduch

Balónik a výveva

Mierne nafúknutý balónik vložíme do sklenenej nádoby, ktorá sa dá hermeticky uzavrieť. Cez utesnenú dierku vo viečku zasunieme do nádoby odsávací koniec

vodnej vývevy. Keď budeme odsávať vzduch, pozorujeme zväčšovanie objemu balónika. *Keď odsávame vzduch, zmenšujeme tlak vzduchu okolo balóna. V dôsledku toho je potom tlak vzduchu v balóne vyšší ako okolitý tlak a balón sa nafúkne. Vzduch sa v balóne rozpína, snaží sa zaujať, čo najväčší priestor.*

Môže balónik zdvihnúť pohár?

Umiestnime balónik do vnútra skleneného pohára. Pomaly balónik nafúkame. Držíme balónik za hrdlo a dvíhame pohár. *Nafúknutý balónik vzduchotesne prilne k stene pohára. Výsledná trecia sila, je v dôsledku zvýšeného tlaku väčšia ako smerom nadol pôsobiaca sila tiažová a preto sa pohár z balónika nezošmykne. [2]*

Vznášadlo z balóna

Do stredu vrchnáka z umelohmotnej fľaše urobíme kruhový otvor s priemerom asi 3 mm. Takto upravený vrchnák prilepíme do stredu CD. Na vrchnák navlečíme balónik. Cez malý otvor nafúkame balónik, položíme CD na rovný povrch a sledujeme, že takto vytvorené vznášadlo sa bude pohybovať po podložke takmer bez trenia. *Vzduch unikajúci cez 3 mm otvor vytvára pod CD úzky vzduchový vankúš, teda vznášadlo sa nepohybuje po podložke, ale tesne nad ňou. Týmto postupom sme zmenšili trenie medzi CD a podložkou.*

Závody balónikov

Najprv si pripravíme dráhu, po ktorej sa budú balóniky pohybovať, napnutím povrázku alebo rybárskeho silonu. Predtým ešte na dráhu navlečíme krúžky na záclony. Na tieto krúžky pomocou lepiacej pásky (napr. kobercovej) pripevníme nafúknuté a na konci štipcom uzavreté balóniky. Každý uchytieme pomocou dvoch krúžkov pri krajoch. Po uvoľnení štipca pozorujeme rýchly pohyb balónika po povrázковой dráhe. *Pohyb balónika demonštruje zákon akcie a reakcie, je reakciou na vzduch prudko unikajúci z balónika.*

Balóniky a elektrostatika

Nafúkame balóniky. Ak pošúchame balóniky o oblečenie, budú priťahovať drobné papieriky alebo vlasy na hlave, dokonca sa nám podarí „prilepiť“ ich na stenu. Ak pripevníme dva súchaním zelektrizované balóniky na asi meter dlhý povrázok, ktorý držíme v strede pozorujeme, že balóniky sa budú odpudzovať, keď medzi ne vložíme druhú ruku balóniky sa k nej priblížia. *Súchaním balónov o oblečenie ich zelektrizujeme. Pozorované javy sú založené na existencii dvoch typov náboja, kladného a záporného. Rovnaké náboje sa odpudzujú, rozdielne sa priťahujú.*

Balónik v prúde vzduchu

Nafúknutý balónik zaviažeme na konci pevnou niťou, ktorej necháme dlhší koniec. Na koniec nite zavesíme vhodnú záťaž napr. matičku. Zapneme vysávač a prúd vzduchu namierime asi pod uhlom 45° . Balónik umiestnime do prúdu vzduchu tak, aby bol v rovnovážnej polohe. *Prúd vzduchu vytvára vztlakové sily, ktoré vyrovnávajú ostatné sily pôsobiace na balónik (vertikálnu tiažovú silu, horizontálnu odporovú silu vznikajúcu v dôsledku prúdenia vzduchu). Balónik je v rovnováhe.*

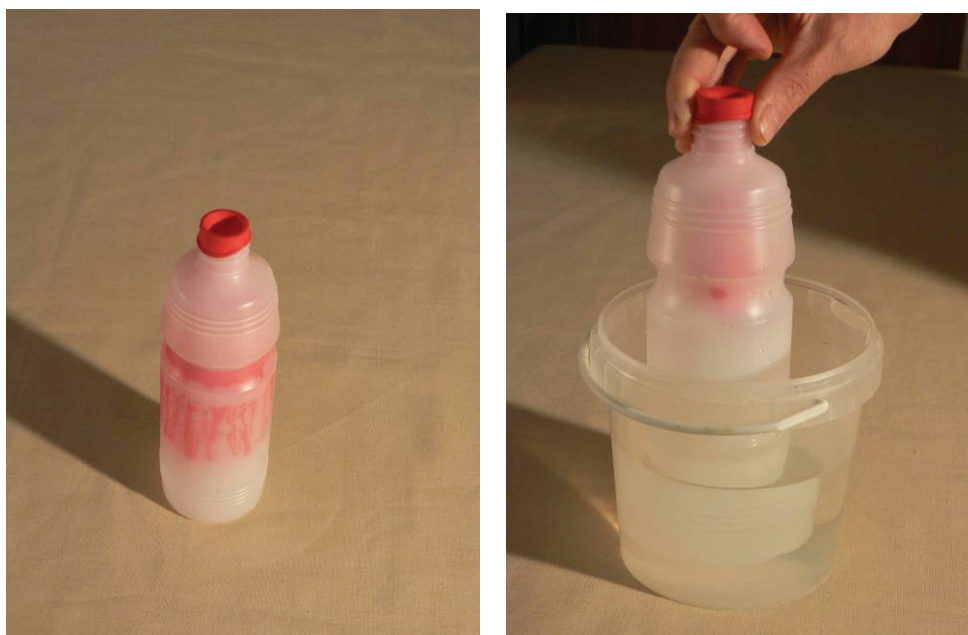
Balónik, ktorý nechce zhorieť

Do tmavo sfarbeného balónika nalejeme (tajne) trochu vody. Balónik mierne nafúkame a zaviažeme. Balónik opatrne zahrievame nad sviečkou alebo liehovým kahanom v mieste, kde sa nachádza voda. Napriek očakávaniu, balónik sa ihneď

neprepáli. *Voda, ktorá má veľkú hmotnostnú tepelnú kapacitu tu plní úlohu chladiča a spôsobí, že balónik sa ihneď neprepáli.*

Kúzelná fľaša

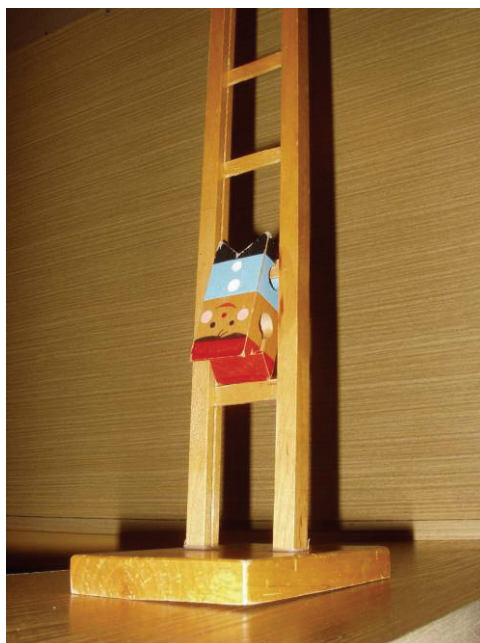
Urobíme dierku (o priemere 2 – 3 mm) blízko dna prázdnej dostatočne pevnej plastovej fľaše. Vložíme balónik do vnútra tejto fľaše a upevníme jeho koniec okolo hrdla fľaše. Fúkaním do balónika ho nafúkne a potom prelepíme dierku priehľadnou páskou. Hoci má balónik otvorený koniec, balónik nesfúkne. Ak do vnútra balónika vo fľaši vložíme malú ceruzku, táto, po odstránení lepiacej pásky z dierky, vyskočí v dôsledku náhleho sfúknutia balónika. (obr.3) *Príčinou popísaného správania sa fľaše s balónikom je rozdiel tlakov vzduchu zvonka a zvnútra balónika.* S takto upravenou fľašou môžeme urobiť aj ďalšie experimenty, ktoré umožnia študentom lepšie pochopiť javy súvisiace s tlakom vzduchu, napr.: prikryjeme dierku na fľaši prstom a spýtame sa študentov, či je možné nafúknuť balónik vnútri fľaše. Potom sa ich spýtame, či je možné nafúknuť balónik ináč ako fúkaním do jeho otvoreného konca. *Ak máme dostatočne pevnú fľašu, tak po priložení otvoru pri dne k ústam a vysatí vzduchu balónik nafúkne.* Môžeme tiež ukázať, že táto pomôcka funguje ako jednoduchá vákuová pumpa. Opäť fúkaním nafúkne balónik, prekryjeme dierku prstom a ponoríme fľašu do nádoby s vodou tak, že hrdlo fľaše je nad hladinou vody a dierka pod ňou. Ak dierku odkryjeme balón začne sfukovať a voda začne zaplňať fľašu, Hladina vody vo fľaši bude pritom vyššia ako v okolitej nádobe, čo potvrdzuje, že po nafúknutí balónika je vo vnútri fľaše nižší tlak ako tlak atmosferický. [3]



Obr. 3: Kúzelná fľaša

Vďačnou hračkou na demonštrovanie **premeny energií** je jojo. Diskutujeme platnosť zákona zachovania mechanickej energie a demonštrujeme vplyv trecích síl na pohyb, v prípade, že hračke nedodávame žiadnu energiu pohybom ruky. K veľmi zaujímavým diskusiám môžeme dôjsť pri použití „skákajúceho klobúčika“, ktorý najprv v rukách pretvarujeme na opačnú stranu a potom voľne pustíme. Na veľké prekvapenie žiakov klobúčik po odraze vyskočí do omnoho väčšej výšky než bol spustený.

Rovnovážnu polohu telesa môžeme demonštrovať pomocou figúrky pohybujúcej sa po rebríku (obr.4). Ak figúrku umiestnime v zvislej polohe na najvyššiu priečku rebríka a pustíme, preklápa sa z labilnej rovnovážnej polohy a zachytáva postupne na ďalších priečkach až prejde celým rebríkom. Toto jej správanie je zapríčinené konštrukciou figúrky, ktorá má pozdĺž tela vyrezané dva symetricky uložené kruhové otvory. Rovnako môžeme hračkou demonštrovať premenu potenciálnej energie figúrky nad zemou na kinetickú energiu, konanie práce, vplyv trenia na pohyb.



Obr. 4: Panáčik na rebríku

Ťažisko a význam jeho polohy pre stabilitu telesa môžeme demonštrovať pomocou bábiky či panáka, ktoré nemôžeme prevrátiť alebo celého radu bežne dostupných balanciérov.

Šírenie **zvuku** môžeme skúmať pomocou detského telefónu vytvoreného z dvoch nádobiek z umelej hmoty spojených pomocou dlhej nite alebo povrázku. Zdrojom zvuku môže byť aj vrúbkovaná (vlnitá) plastová hadica. Keď ňou budeme krúžiť budeme počuť rozdielne tóny v závislosti od rýchlosti otáčania. Detské hudobné nástroje sú tiež vhodnými pomôckami na vyučovanie akustiky, môžeme ich porovnávať so skutočnými hudobnými nástrojmi a skúmať v čom sa podobajú a v čom sa líšia, čo zapríčiňuje ich rozdielny zvuk, od čoho závisí nimi vydávaný tón a pod.

Vďačnou a pútavou hračkou vhodnou na demonštráciu vzniku a šírenia pozdĺžneho **vlnenia** a tiež stojatého pozdĺžneho vlnenia je dlhá plastová pružina obvykle predávaná dúhovo sfarbená. Pri vhodnej voľbe výšky schodu v porovnaní s dĺžkou pružiny dokáže táto samostatne „zísať“ po schodoch a hneď máme naporúdzi množstvo ďalších otázok na vysvetlenie tohto jej správania.

Hračky využívajúce ako zdroj energie elektrické batérie zase môžeme využiť pri výučbe **elektriny**. Pri hračkách typu elektrická násobilka či vedomostných hrách so signalizáciou správnej odpovede žiarovkou skúmame vlastnosti elektrického obvodu. Mechanické hračky napájané z batérii ukazujú príklad premeny energie na iné formy energie. Vhodným objektom môžu byť aj aktívne hračky označované ako „perpetuum mobile“, ktoré fungujú dovedy, kým vydrží dômyselne ukrytý zdroj – batéria. Niekedy majú tieto hračky vo vnútri nejakej figúrky ukrytý magnet, ktorý je odpudzovaný ďalším magnetom, ktorý je ovplyvňovaný elektromagnetom.

Vlastnosti trvalých magnetov môžeme demonštrovať pomocou stolových hier ako magnetický šach a pod., alebo magnetického autíčka, ktoré využíva na uvedenie do pohybu vzájomné pôsobenie dvoch magnetov. „Levitujúci“ žralok, (obr.5), zase podnecuje k bádaniu a hľadaniu magnetických polí umožňujúcich takéto jeho správanie.



Obr.5: Levitujúci žralok

Zobrazovanie rovinnými zrkadlami názorne demonštruje detský kaleidoskop. Nádherné obrazy, ktoré vznikajú mnohonásobným odrazom na troch rovinných zrkadlách deti určite zaujmú, navyiac keď si v rámci voľnočasových aktivít dokážu vyrobiť podobný kaleidoskop aj sami. Rovnako si môžu svojpomocne zhotoviť aj periskop a rozmýšľať nad tým prečo a ako im umožňuje tento prístroj vidieť aj za roh. Mydlové bubliny z bublifuku, zase podnecujú diskusie o príčinách ich farebného sfarbenia, ktoré spôsobuje **interferencia svetla**. Na druhej strane ich môžeme využiť aj pri vysvetľovaní pojmov **viskozita** a **povrchové napätie** či v prepojení na fyziku každodenného života na diskusiu o fungovaní čistiacich prostriedkov.

Smädny bocian (obr.6) je príkladom hračky, ktorú môžeme využiť pri vyučovaní termodynamiky na strednej škole. Z hľadiska termodynamiky môžeme konštatovať, že hračka vlastne predstavuje tepelný stroj. Pomocou procesu vyparovania sa realizuje ochladenie hlavy bociana pod teplotu okolitého vzduchu. Týmto vyvolaný teplotný rozdiel medzi studenou hlavou a teplejším trupom bociana sa podobne ako v tepelnom stroji využíva na „výrobu“ mechanickej energie, ktorá sa prejaví v pozorovaných pohyboch bociana.



Obr. 6: Smädny bocian

Nie je možné spomenúť všetky zaujímavé hračky a nebolo to ani našim cieľom. Príspevok má byť len inšpiráciou pre učiteľov fyziky, ktorí určite nájdu mnohé ďalšie hračky a možnosti ich uplatnenia vo vyučovaní fyziky.

Záver

V článku sú spomenuté dôvody prečo zaraďovať hračky do vyučovania fyziky ako aj množstvo príkladov na ich uplatnenie. Vlastné skúsenosti z vyučovacích hodín nám potvrdili, že využívanie hračiek na vyučovacích hodinách zvyšuje záujem žiakov o vyučovanie fyziky, povzbudzuje ich k tomu, aby formulovali vlastné otázky a hľadali na ne aj odpovede a zároveň im pomáha lepšie pochopiť a vysvetliť javy okolo nás. Ak poskytneme žiakom prostredníctvom aktívneho poznávania možnosť realizovať vlastné objavy, samostatne nachádzať fyzikálne zdôvodnenia či vysvetlenia pozorovaných javov postupne sa prestanú fyziky báť. Verím, že učitelia fyziky nájdu mnohé ďalšie zaujímavé pokusy využívajúce ako detský balónik, tak ďalšie hračky čo ich podnieti k „hravému experimentovaniu“.

Literatúra

- [1] WATSON, J.- WATSON T. N. 2007. *Toying with Physics*, [online], [citované 22.január 2007]
Dostupné na :<http://www.bsu.edu/classes/watson2/Summer/unit3.htm>
- [2] PHYSICS ON STAGE 3. 2004. *Demonstrations and teaching ideas selected by the Irish team*, Department of Experimental Physics, University College Dublin, 2004.
- [3] SHAMSIPOUR, G. 2006 *Simple experiments for teaching air pressure*. In: The Physics Teacher. Volume 44, 2006, No. 6, str. 576 – 577.
- [4] ONDEROVÁ, Ľudmila. 2002. *Netradičné experimenty vo vyučovaní fyziky*. Prešov: Metodické centrum 2002. 75 s. ISBN 80-8045-253-9
- [5] FEATONBY, David. 2005. *Toys and Physics*. In: Physics Education, Volume 40, 2005, No.6, str. 537 -543. ISSN 0031-9120
- [6] ONDEROVÁ, Ľudmila. 2007. Hračky a ich miesto vo vyučovaní fyziky. In: MIF didaktický časopis učiteľov matematiky, informatiky a fyziky. roč. XVI, 2007, č. 30, s. 52-58. ISSN 1335-7794

Adresa autora

RNDr. Ľudmila Onderová, PhD.
Oddelenie didaktiky fyziky
Ústav fyzikálnych vied PF UPJŠ
Park Angelinum 9
041 54 Košice
ludmila.onderova@upjs.sk

HMLOVÁ KOMORA

Vladimír Plášek

FMFI UK, Bratislava

Abstrakt: *Jedným z prvých detektorov elementárnych častíc bola hmlová komora. V čase svojho vzniku bola vlastne jediným detektorom pre vedcov, ktorí sa pokúšali objaviť záhady mikrosveta. Zostrojili sme hmlovú komoru a použili na zviditeľnenie kozmického žiarenia a tiež zviditeľnenie žiarenia alfa, beta a gama. Pripravili sme pracovný a metodický list použiteľný vo vyučovaní. Natočili sme video z pozorovania. Naša hmlová komora má 2 dôležité prednosti: jednoduchú konštrukciu a možnosť na vlastné oči vidieť pohyb častice.*

Kľúčové slová: hmlová komora, kozmické žiarenie, elementárne častice, aktivity, kompetencie.

Úvod

Vyučovanie fyziky na Slovensku prechádza výraznou zmenou. Z viacerých problémov, ktoré je potrebné čím skôr riešiť sme sa v tomto príspevku zamerali na znižovanie záujmu žiakov o fyziku. Dôvodov je asi viac, súvisia najmä s hĺbkou jej myšlienok a pochopením jej obsahu.

Podľa školskej reformy v rokoch 1975 až 1985 mal každý žiak získať úplný a ucelený obraz základných pojmov a zákonov fyziky, čo viedlo k prehusteniu osnov a k memorovaniu. Druhou myšlienkou bola idea jednotnej školy, t.j. každý žiak sa má naučiť tú istú látku. Podobne to bolo aj v zahraničí. Avšak tam išiel vývoj rýchlejšie. Postupne sa presadil názor, že nestačí len mať poznatky, ale je potrebné ich vedieť použiť pri riešení praktických problémov. Dôležitejšie ako naučené poznatky sú schopnosti a zručnosti, ktoré žiaci získajú a budú ich vedieť používať aj v iných situáciách ako sú tie, pri ktorých sa ich naučili. Tieto schopnosti a zručnosti nazývame kompetencie. Kompetencie sa najlepšie rozvíjajú pomocou vhodných aktivít na vyučovaní. Viaceré moderné zahraničné učebnice kladú dôraz na aktivity študentov a sú podľa toho aj štrukturované. Skladajú sa z dvoch častí. Jednou sú učebné texty pre študenta, ktoré obsahujú aj pracovné listy k jednotlivým aktivitám. Druhou časťou je metodická príručka pre učiteľa s podrobnejšími informáciami a poznámkami o tom, ako usmerňovať samostatnú prácu študentov pri jednotlivých aktivitách. [1]

Vyučovanie fyziky zamerané na rozvoj kompetencií musí byť založené na aktivitách študentov. Pokiaľ je študent pasívnym prijímateľom poznatkov, jeho kompetencie sa nerozvinú. Dôležité je, aby výsledky, ktoré sa dosahujú pri vyučovaní fyziky boli potešujúce a adekvátne vynaloženému úsiliu a investovanému času. Vyučovanie zamerané na rozvoj kompetencií by mohlo vyzerat' nasledovne: (podľa [2])

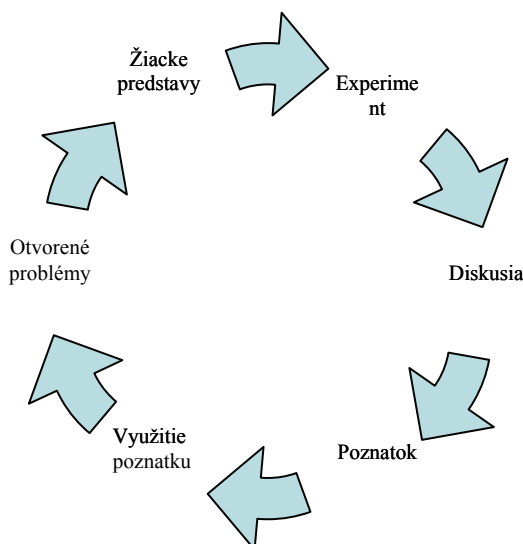


Diagram č.1: Postup pri vyučovaní.

Navrhovaný postup vyučovania teda zahŕňa:

1. Zistenie predstáv žiakov- sú rôzne formy, navrhujem začať novú tému brainstormingom s tým, že napíšeme len názov a píšeme otázky žiakov, na ktoré by chceli počas témy počuť odpoveď. Takto ich vtiahneme do danej témy, cítia sa jej spolutvorcovia.
2. Experiment- slúži ako motivácia (všetci žiaci majú radi experimenty) a zároveň poukazuje na praktickú tvár fyziky.
3. Diskusia o experimente- je dôležitá, tu sa formuje poznatok, tu môže učiteľ odovzdať to, čo kedysi odovzdával formou „chalk and talk“ (krieda a výklad). Hlboké porozumenie určitej konkrétnej fyzikálnej situácie, diskutovanie o problémoch, uvažovanie, odôvodňovanie a argumentovanie, toto všetko je veľmi užitočné.
4. Poznatok- dôležité je urobiť uzáver, ktorý má učiteľ mať jasný ešte pred hodinou.
5. Využitie poznatku- žiakov zaujíma, načo im bude to čo sa naučili, tu sa to dozvedia.
6. Otvorené problémy- sú to problémy z praxe, ktoré nemajú riešenie viditeľné na prvý pohľad.

Predkladaný príspevok sa môže uplatniť pri vyučovaní atómovej a jadrovej fyziky. Táto oblasť fyziky je náročná a dosť teoretická, na druhej strane dôležitá, nakoľko je východiskom celej modernej fyziky. Jednou z možností ako odstrániť prílišnú teoretickosť a náročnosť tejto oblasti fyziky je zaradenie vhodných aktivít do vyučovania. Aktivita s využitím hmlovej komory môže zvýšiť názornosť fyzikálnych javov, prispieť k zvýšeniu záujmu žiakov o fyziku, motivovať ich k zvýšenej aktivite a prispieť k rozvoju ich kompetencií.

Niečo o hmlových komorách

Hmlová komora je jedným z prvých detektorov. V čase svojho vzniku bola vlastne jediným detektorom pre vedcov, ktorí sa pokúšali objaviť záhady mikrosveta. Má podiel na objavení pozitronu, prvej objavenej antičastice. Existujú dva typy hmlových komôr: Willsonova hmlová komora, zostrojená v roku 1911 C.T.R.Willsonom a difúzna komora, zostrojená v roku 1936 A. Langsdorfom. Tento druhý typ

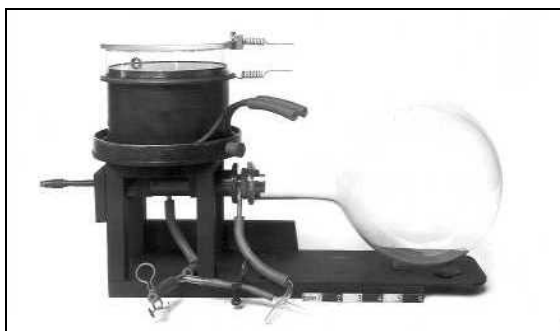
používame aj v našom experimente. V súčasnosti existuje mnoho iných, presnejších detektorov, ale nemajú dve dôležité prednosti našej hmlovej komory: jednoduchá konštrukcia a možnosť na vlastné oči vidieť pohyb častice.



Obr.1: Hmlová komora „Gargamelle“ v CERNe [7]

Hmlová komora predstavuje hermeticky uzavretú nádobu, v ktorej je plyn zbavený prachových častíc a malé množstvo vyparujúcej sa kvapaliny (alkohol). Kvapalina sa vyparuje pokiaľ nevznikne rovnováha medzi kvapalinou a jej parami. Množstvo pár závisí od teploty. Väčšia teplota znamená viac pár. Tieto pary sa nazývajú nasýtené. Ak sa teplota systému prudko zníži, nasýtené pary sa stanú presýtenými. Ak je para presýtená, musí skondenzovať. Na to aby skondenzovala však potrebuje kondenzačné jadrá – napr. prachové častice. Avšak kondenzačnými jadrami sa môžu stať aj kladné ióny vznikajúce ionizáciou nabitej častice letiacej komorou. Na týchto kladných iónoch vznikajú bublinky pozdĺž dráhy preletu častice. Súčasťou komory je nejaké okno, cez ktoré sa dajú pozorovať a fotografovať dráhy častíc. Ako dosiahnuť presýtenie? Pomocou expanznej (Willsonovej) komory alebo difúznej hmlovej komory.

Expanzné (Willsonove) komory: Zníženie teploty sa dosahuje pomocou adiabatickej expanzie. Pri expanzii plyn koná prácu na úkor svojej vnútornej energie a jeho teplota teda musí klesnúť. Z nasýtených pár sa na istý čas stanú presýtené – za tento čas môžeme registrovať stopy častíc. Tento krátky čas nazývame „senzitívny čas komory“, je to približne jedna sekunda.



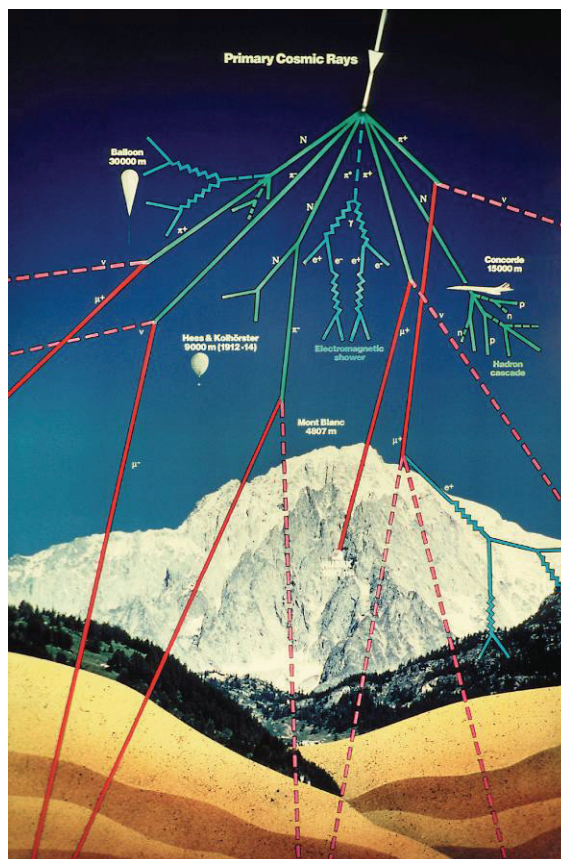
Obr.2: Willsonova hmlová komora. [8]

Difúzne hmlové komory: Stav presýtenia sa dosahuje rozdielom teploty medzi hornou a dolnou časťou komory, teplotným gradientom. V hornej časti komory je plst nasiaknutá alkoholom. Pod jej povrchom sa vytvoria nasýtené pary. Tieto difundujú k dolnej kovovej platni, ktorá sa ochladzuje. Na nej sa zrážajú a kondenzujú. V časti

priestoru nad kovovou platňou sa pary stávajú presýtenými. Tu vznikajú podmienky, kde sa na iónoch vznikajúcich pri prechode ionizujúcej častice plynom môžu vytvárať kvapôčky. Takto pripravená hmlová komora funguje nepretržite približne hodinu. Nevýhodou je, že iba v malej časti komory je vidno preletujúce častice. [3]
Hmlové komory možno umiestniť do magnetického poľa, ktorého vektor indukcie je kolmý na rovinu, v ktorej pozorujeme alebo fotografujeme stopy častíc. Dráhy častíc sú zakrivené a zmeranie polomeru krivosti umožňuje stanoviť náboj a hybnosť častice.

Niečo o kozmickom žiarení

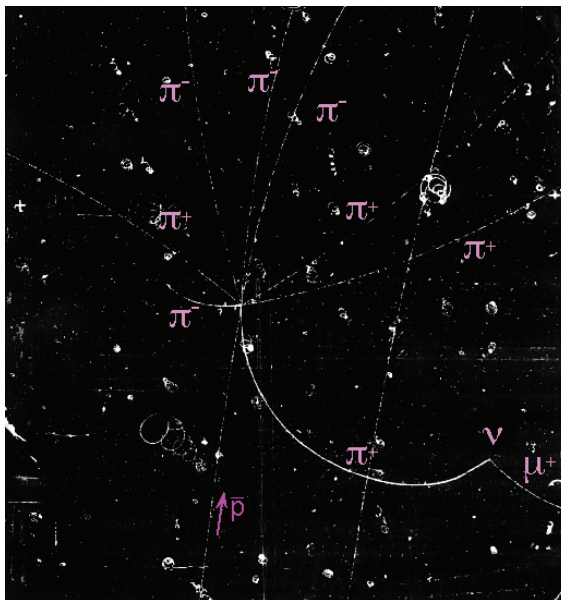
Kozmické žiarenie je tok energetických častíc, dopadajúcich z kozmu na Zem. Štúdium kozmického žiarenia zohralo veľkú úlohu pri vzniku fyziky elementárnych častíc. V 30-tych až 50-tych rokoch boli objavené prvé netradičné elementárne častice ako pozitron, mión, mezón π . Častice kozmického žiarenia dosahujú vysokých energií, až 10^{20} eV, ale len s malou početnosťou. Pre porovnanie, súčasný najväčší urýchľovač na svete LHC dokáže skúmať interakcie prebiehajúce pri energiách rádovo „len“ 10^{13} eV. V tejto oblasti je však hustota toku kozmického žiarenia len približne 10^{-3} č.m⁻².s⁻¹, v LHC je to až 10^{30} č.m⁻².s⁻¹. Kozmické žiarenie, ktoré pozorujeme za hranicami zemskej atmosféry sa nazýva primárna zložka kozmického žiarenia. Je tvorená najmä protónmi, alfa časticami, ľahkými jadrami s protónovým číslom $Z < 41$, fotónmi, elektrónmi, a malým množstvom pozitronov. [4]



Obr.3: Primárna a sekundárna zložka kozmického žiarenia [9]

Častice „primárneho kozmického žiarenia“, ktoré vstupujú do atmosféry Zeme sa zrážajú s atómami a ich jadrami. Pri interakciách sú z atómového obalu vyžiarené elektróny a z jadier nukleóny a ďalšie častice. Súbor týchto častíc nazývame „sekundárne kozmické žiarenie“. Pravdepodobnosť, že sa častica z primárnej zložky

kozmickeho žiarenia nezrazí so žiadnym jadrom a dopadne na povrch Zeme je veľmi malá, približne $1 \cdot 10^{-6}$. Pri zrážkach vznikajú nabité častice: fragmenty jadier, mezóny π^{\pm} , protóny, ale aj neutrálne častice napr. neutróny a mezóny π^0 . Všetky tieto častice sa ďalej rozpadajú, na úrovni mora väčšinu častíc tvoria mióny a miónové neutrína, ktoré vznikli rozpadom mezónov π^{\pm} podľa rovníc $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_{\mu}$ a $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_{\mu}$ a majú strednú dobu života približne 10^{-6} s. [5]



Obr.4: Rozpad piónu. [10]

Ako sme zostrojili hmlovú komoru.

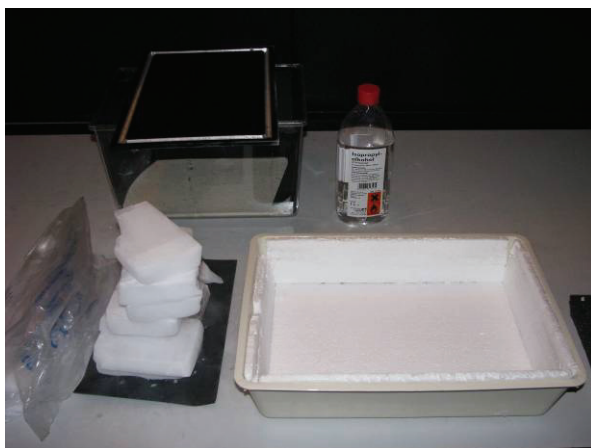
Pri zhotovovaní sme využili návod, ktorý pochádza zo sústredenia učiteľov v CERNe a nachádza sa aj na dvd z tohoto pracovného workshopu. [6]

1. Najprv pripravíme vrchnák hmlovej komory. Použili sme plastové akvárium s rozmermi 30x17x18cm.
2. Na dno akvária, z vnútornej strany, prilepíme plst', do ktorej na začiatku experimentu nalejeme alkohol, 99,5 % isopropyl, objednali sme ho cez internet na www.gsm-shop.sk.
3. Kovovú platňu dáme vyrezať z duralu, tvrdeného hliníka, s rozmermi o 1 cm väčšími ako rozmery akvária (hrúbka aspoň 5 mm).
4. Do platne vyfrézujeme drážku, do ktorej sa vloží akvárium hore dnom. Týmto je hlavná časť hmlovej komory pripravená.
5. Nájdeme sme vhodnú nádobu, ktorú sme vystelieme polystyrénom a do nej sa vložíme suchý ľad a prikrajeme kovovou platňou. Je dôležité zabezpečiť dobrý kontakt medzi suchým ľadom a kovovou platňou, aby bolo chladenie účinné. Suchý ľad sme objednali vo firme Messer v Šali.
6. Hmlovú komoru vhodne nasvietime pomocou „labutích krkov“ od firmy KVANT, spol. s r.o. Osvetlíme najmä spodnú časť hmlovej komory, tu budeme pozorovať najviac elementárnych častíc.

Príprava hmlovej komory

1. Do pripravenej hmlovej komory nalejeme izopropyl na plst' i do drážky na kovovej platni. Z plste sa bude alkohol vyparovať do hmlovej komory, v drážke slúži na utesnenie pred prípadným prienikom vzduchu do hmlovej komory.

2. Umelohmotnú nádobu otočíme a položíme na kovovú platňu, tak aby kovová platňa tvorila dno. Steny nádoby zapadnú do drážok na kovovej platni.
3. Do nádoby pod kovovú drážku, ktorá je súčasťou hmlovej komory dáme suchý ľad. Pri premiestňovaní ľadu používame ochranné rukavice. Teplota ľadu je mínus 57°C. Je dôležité, aby bol zabezpečený dobrý kontakt medzi suchým ľadom a kovovou platňou.
4. Zdroj svetla umiestnite tesne pri kovovej platni, miesto detekcie častíc kozmického žiarenia je práve tu, kde sa alkoholové pary nachádzajú v prechladenom stave.
5. Bude trvať niekoľko minút, kým bude možné sledovať prvé dráhy častíc. Vyzerajú ako pavúčie vlákna a ťahajú sa pozdĺž dna komory. Uvidíme ich približne po 10 minútach od prípravy hmlovej komory na meranie.



Obr.5: Zostrojenie hmlovej komory.

Výsledky merania

Atómová a jadrová fyzika je zložitá pre študenta, jednak v pochopení a jednak preto, že na školách je málo pomôcok, ktorými by sme demonštrovali aspoň základné javy. Hmlová komora je vhodným prostriedkom, aby študent efektným spôsobom pochopil, že okolo nás je kozmické žiarenie. Pritom si uvedomí, že aj pomocou jednoduchých pomôcok môžeme zviditeľniť dráhy elementárnych častíc, teda prakticky dokázať teoretické poznatky.

Hmlovú komoru sme použili viackrát, vždy s veľkým úspechom. Najprv na vedeckom seminári 3.10.2008 na FMFI UK v Bratislave. Pozorovali sme kozmické a rádioaktívne žiarenie. Niektorí účastníci považovali toto pozorovanie za lepšie ako to, s ktorým sa stretli v CERNe. Neskôr sme hmlovú komoru použili pri vyučovaní na strednej škole Novohradská u žiakov 2. ročníka gymnázia. Naposledy, 29.4.2009, sa na pozorovanie kozmického žiarenia prišli pozrieť žiaci tercie z fyzikálneho krúžku na osemročnom gymnáziu Bajkalská v Bratislave, pre ktorých sme vypracovali zjednodušenú verziu pracovného listu. Týchto žiakov pozorovanie kozmického žiarenia v hmlovej komore veľmi zaujalo a viedlo k mnohým otázkam. Metodický list pre učiteľa a pracovný list pre žiaka sú uvedené v elektronickej verzii zborníka. Nájdete tu aj elektronický záznam z pozorovania kozmického a rádioaktívneho žiarenia v podobe krátkeho videa.

Záver

Myslím, že uvedená učebná pomôcka „hmlová komora“ a s ňou spojená aktivita má svoje miesto vo vyučovaní fyziky. Jednoduchým spôsobom zviditeľňuje neviditeľné dráhy elementárnych častíc kozmického alebo rádioaktívneho žiarenia. V ďalšom

výskume by sa dalo uvažovať o chladení hmlovej komory pomocou Peltierových článkov, a meranie rozšíriť o aktivitu s pôsobením magnetického poľa na zakrivenie dráhy letiacej častice, čo by mohlo viesť k vypočítaniu hmotnosti a hybnosti nabitých častíc.

PodĎakovanie

Ďakujem Mgr. Miroslavovi Šedivému za pomoc s prípravou videa, prof. Pišúťovi za odborné rady a recenziu článku a frime KVANT, spol. s r.o. za zapožičanie osvetľujúceho zariadenia.

Literatúra

- [1] PIŠŮT, J. 2007. *Zmeny fyzikálneho vzdelávania- dôvody a cesty*. In: Zelenický, Ľ.: Zborník z konferencie DidFyz v Račkovej doline 2006. Nitra: 2007.
- [2] BANÍK, R. 2008. *Fyzika, veda experimentálna a exaktná v kontexte prírodovednej a technologickej gramotnosti*. In: Krupa, D.: Zborník z konferencie Tvorivý učiteľ fyziky v Smoleniciach 2008.
- [3] HLINKA, V. *Experimentálne metódy jadrovej fyziky I. semester*, skriptum
- [4] USAČEV, S. a kol. 1982. *Experimentálna jadrová fyzika*. Bratislava: SNTL, 1982. 544 s.
- [5] ÚLEHLA, I. a kol. 1990. *Atomy, jadra, častice*. Praha: Academia, 1990. 500 s.
- [6] JESKOVA, Z. 2008. *DVD Slovak Teachers programme CERN*. Košice, 2008. DVD 1.
- [7] obrázok hmlovej komory „Gargamelle“ v CERNe, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gargamelle.jpg>
- [8] obrázok Willsonovej komory, <http://www.life.com/image/3305379>
- [9] obrázok kozmického žiarenia, <http://www.physi.uni-heidelberg.de/Einrichtungen/FP/anleitungen/F13/jpg/cosmics.jpg>
- [10] obrázok rozpadu piónu, web.tuke.sk/feikf/castice/decay/bubble.gif

Adresa autora

Mgr. Vladimír Plášek
Katedra základov didaktiky fyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského
FMFI UK, Mlynská dolina, 842 48, Bratislava
9plaso@gmail.com

AKO ODHALIŤ UPÍRA – EXPERIMENTY S POLARIZOVANÝM SVETLOM

Juraj Slabeycius^a, Stanislav Minárik^b

^a Fakulta priemyselných technológií TnUAD, I.Krasku 491/30, 02001 Púchov

^b Materiálovotechnologická fakulta STU, Paulínska 16, 917 24 Trnava

Abstrakt: Príspevok je venovaný niekoľkým zaujímavým experimentom s polarizovaným svetlom, ktoré je možné realizovať s jednoduchými všeobecne dostupnými pomôckami. K vyvolaniu záujmu študentov o danú problematiku poslúžila stredoveká viera, že upírov, ktorí v noci cicajú krv ľuďom, možno odhaliť tak, že sa neodrážajú v zrkadle. Príspevok ukazuje postup autorov pri popularizácii fyziky a jej výsledkov, vhodný nielen pre študentov stredných škôl, ale aj pre základné školy.

Kľúčové slová: polarizované svetlo, polarizácia odrazom, optická otáčavosť

Úvod

V súčasnosti je veľkým problémom, nielen pre vysoké školy, ale pre celú spoločnosť rapidný pokles záujmu o štúdium technických odborov. Je to spôsobené nielen zle pochopenou tézou o humanizácii školstva, ktorá sa v posledných 20 rokoch interpretovala ako rozširovanie objemu výučby humanitárnych predmetov na úkor prírodovedných, ale často aj príliš nezáživým vyučovaním matematiky a fyziky. Zvlášť fyzika, ako základ všetkých prírodných vied, je teoretickou bázou aj pre všetky technické odbory [1]. Je preto potrebné venovať zvýšenú pozornosť formám výkladu, metódam upútania pozornosti študentov a ich zaktivizovaniu pri tvorivom riešení problémov [2].

Formulácia problému

Pred začiatkom preberania polarizačných javov porozprávame študentom historiku o upíroch a o tom, že podľa tradičných legiend sa upíri neodrážajú v zrkadle – to je jeden z príznakov, podľa ktorého ich možno odhaliť [3,4]. Ako študenti poznajú z viacerých filmov, mnohé stredoveké povery sa dajú racionálne vysvetliť bez použitia nadprirodzených síl. Navedieme ich na myšlienku, či je možné, aby sa niečo v zrkadle neodrážalo.

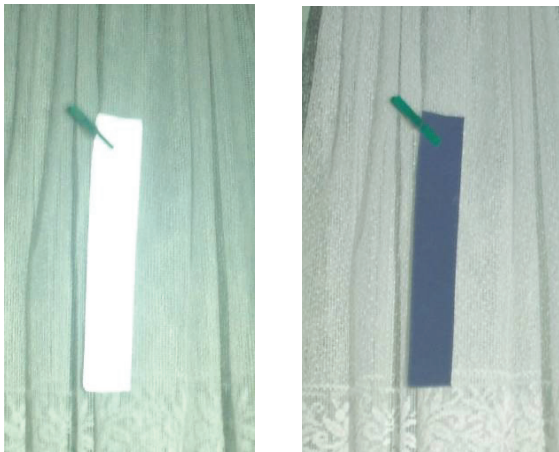
Autorom sa osvedčil postup, v ktorom najprv predvedú študentom niekoľko experimentov, resp. upozornia na niektoré prírodné úkazy, pričom zdôraznia ich neobvyklý, resp. prekvapujúci charakter, ktorý sa zdanlivo vymyká bežnej skúsenosti alebo bežným predstavám o okolitej prírode. Tým sa vzbudí ich zvedavosť a študenti sami majú aktívny záujem odhaliť mechanizmus týchto javov.

Pozorovanie

Rozdáme študentom niekoľko polarizačných filtrov – zdanlivo sú to obyčajné sklíčka mierne sfarbené, ako sklá do slnečných okuliarov s veľkou priepustnosťou. Požiadame ich, aby pozorovali odrazy slnečného svetla na lesklých plochách (vodné plochy, sklo, mokrá vozovka a pod) a pomaly otáčali sklíčkom (os otáčania – smer pozorovania). Zistia, že pri istom uhle pootočenia odrazené svetlo zoslabne, resp. úplne vymizne. V miestnosti môžeme použiť odraz svetla lampy na rôznych povrchoch. Vnímavejší študenti si možno všimnú, že úkaz nepozorujú pri odraze od kovových povrchov.

Navrhujeme im – ak o to sami nepožiadajú – osvetliť miestnosť svetlom prepusteným cez polarizačný filter a iným filtrom pozorovať, čo sa bude diať. Na tento účel

môžeme použiť starý detský diapojektor, v ktorom do dia-rámiku namiesto diapozitívu vložíme polarizačnú fóliu. Pozorujeme predmety v miestnosti cez polarizačný filter, pričom si všimame zmeny jasnosti pri otáčaní filtra. Difúzny odraz od väčšiny predmetov sa nezmení, zmeny pozorujeme pri zrkadlovo odrážajúcich plochách. Najväčšie zmeny vykazuje reflexná fólia (Obr. 1)

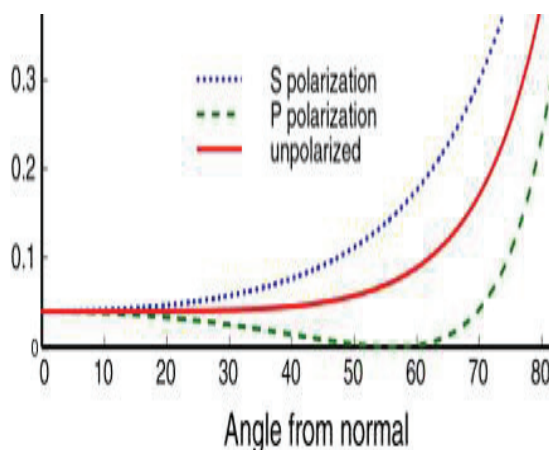


Obr. 1: Reflexná fólia osvetlená polarizovaným svetlom pozorovaná cez polarizačný filter orientovaný a) súhlasne so smerom polarizácie svetla
b) kolmo na smer polarizácie svetla

Teória

Zhrnieme pozorované javy a až teraz pristúpime k výkladu. Svetlo je priečne elektromagnetické vlnenie, vektor elektrickej intenzity môže kmitať v akomkoľvek smere kolmom na smer šírenia, polarizačný filter je zariadenie, ktoré prepúšťa len svetlo polarizované v jednom smere. Pri voľnom šírení svetla sú všetky polarizácie ekvivalentné, ale pri odraze od rovinného rozhrania je situácia iná – rozoznávame dva hraničné prípady:

Vektor elektrickej intenzity kmitá v rovine dopadu (tzv. P vlna) alebo v rovine kolmej na rovinu dopadu (S vlna). Rovina dopadu je určená normálou na rozhranie a dopadajúcim lúčom. Stručne vysvetlíme, čo sú to okrajové podmienky, a že pomocou nich je možné odvodiť vzťahy pre koeficienty odrazu a prechodu pre P aj S polarizáciu [5]. Tieto vzťahy sa podľa svojho autora (Augustin Jean Fresnel, 1788-1827) nazývajú Fresnelove. Môžeme uviesť aj konkrétne vzorce, úplne však postačí ich grafické vyjadrenie (Obr. 2)



Obr. 2: Závislosť koeficientu odrazu svetla od uhla dopadu pre dielektrikum s indexom lomu $n = 1,5$ [6]

Pri dopade svetla pod uhlom, spĺňajúcim podmienku $\operatorname{tg} \alpha_B = n$, bude koeficient odrazu P vlny nulový, to znamená, že sa odráža len S zložka – odrazená vlna je úplne polarizovaná.

Experimenty

Na základe teoretického výkladu objasníme pozorované javy, sformulujeme Brewsterov zákon a overíme ho tento krát už cieľným experimentom. Diarámik s polarizačným filtrom upravíme tak, že ho prekryjeme hliníkovou fóliou, v ktorej je perforátorom na spisy vystrihnutý kruhový otvor (Obr.3). Pripravíme si ďalší diarámik s rovnakou perforovanou Al fóliou, ale bez polarizačného filtra. Takto získame možnosť vytvoriť diaprojektorom úzky lúč obyčajného (nepolarizovaného) alebo polarizovaného svetla, pričom polarizáciu môžeme meniť zmenou orientácie zasunutého diarámika. Pripravíme si jednoduchý držiak na sklenenú platňu – my sme použili Petriho misku, ako držiak poslužil kus penového polystyrénu s vhodným výrezom (Obr. 4).



Obr.3: Príprava diarámikov s kruhovou hliníkovou clonou



Obr.4: Sklenená platňa v otáčavom stojane

Vodorovný lúč nepolarizovaného svetla z diaprojektora nasmerujeme na sklenenú platňu, pričom jej otáčaním okolo zvislej osi meníme uhol dopadu lúča. Odrazený lúč zachytíme na tienidle (stačí stena miestnosti) a ukážeme, že svetelná škvrna po celej dráhe nevymizne, najsvetlejšia je pri veľkých uhloch dopadu, keď odrazený lúč len málo mení svoj smer. Celý postup zopakujeme s vodorovne polarizovaným svetlom. Zistíme, že pri určitom uhle dopadu sa svetlo vôbec neodráža. V rámci možností odmeriame tento uhol a presvedčíme sa o platnosti Brewsterovho zákona.

Pri nezmenenej polohe sklenenej platne a diaprojektora zameníme rámik s polarizačným filtrom za rámik s kruhovou clonou (bez filtra). Keďže máme nastavený odraz pod Brewsterovým uhlom, bude odrazené svetlo úplne polarizované. Toto môžeme preukázať buď ďalším polarizačným filtrom, alebo tento odrazený lúč necháme dopadnúť na ďalšiu sklenenú doštičku, ktorú otáčame okolo vodorovnej osi kolmej na lúč (svetlo budeme odrážať na strop miestnosti). Uvidíme, že pri určitom uhle odrazené svetlo úplne vymizne, čo je dôkaz, že dopadajúce svetlo bolo úplne polarizované. Pre tento experiment je nutná úplne zatemnená miestnosť, pretože intenzita dvojnásobne odrazeného svetla je veľmi malá.

Ďalšou zaujímavou vlastnosťou, ktorú môžeme ukázať študentom je optická aktivita látok – schopnosť látky otáčať rovinu lineárne polarizovaného svetla. Do sklenenej nádoby s rovnými stenami si pripravíme koncentrovaný roztok sacharózy (obyčajného cukru). Nádobu s roztokom umiestnime pred diaprojektor a necháme ňou prechádzať lúč polarizovaného svetla (Obr.5). Roztok musí byť veľmi koncentrovaný, pretože optická otáčavosť sacharózy je pomerne nízka.



Obr. 5: Otáčanie roviny polarizovaného svetla

Za nádobu umiestnime do stojana polarizačný filter tak, že ho môžeme otáčať (os otáčania – smer lúča). Je vhodné, aby držiak s filtrom mal nejakú nožičku, aby sa dal aj z diaľky sledovať uhol natočenia filtra. Najprv necháme prechádzať lúč polarizovaného svetla priamo cez filter (bez nádoby s cukrom, alebo ešte lepšie cez rovnakú nádobu s destilovanou vodou). Polarizačný filter otáčame dovtedy, kým intenzita prechádzajúceho svetla neklesne na minimum (úplnú nulu sa nám nepodarí dosiahnuť). Zaznačíme si polohu pootočenia. Potom nádobu s vodou zameníme za nádobu s roztokom cukru a uvidíme, že svetlo znovu prechádza. Aby sme dosiahli minimum, musíme filtrom ďalej točiť. Pritom zaznamenáme, že v okolí minima sa svetlo sfarbuje do červena, potom do modra. Je to spôsobené tým, že optická aktivita (ako aj index lomu) látok závisí od vlnovej dĺžky, preto aj uhol pootočenia roviny polarizovaného svetla je iný pre modrú a pre červenú farbu. Uhol pootočenia je daný vzťahom $\varphi = \alpha \cdot d \cdot c$, kde d je dĺžka chodu lúča v látke, c – koncentrácia a α merná optická otáčavosť látky. Pokiaľ sa nám podarí zmerať uhol pootočenia a poznáme rozmery nádoby a koncentráciu, môžeme aspoň zhruba odhadnúť optickú aktivitu

látky. Ak to študentov zaujme, môžeme spomenúť Biotov zákon, že optická aktivita závisí od vlnovej dĺžky vzťahom $\alpha = A + B/\lambda^2$, kde A , B sú konštanty, a že poradie farieb v okolí minima (červená, potom modrá, resp. naopak) dovoľuje určiť, či je látka pravotočivá, alebo ľavotočivá.

Záver

Na záver sa ešte vrátíme k upírom. Ako sme videli, bolo možné aj v stredoveku získať zdroj polarizovaného svetla (okrem polarizácie odrazom je možné získať polarizované svetlo aj prechodom cez anizotropné látky, vykazujúce dvojlom), ale to ešte nestačí. Difúzne odrážajúci objekt (akým je aj človek) mení polarizované svetlo na nepolarizované. Rovinu polarizácie zachovávajú pri odraze zrkadlovo odrážajúce povrchy, vodivé povrchy a niektoré materiály, ako sú reflexné fólie. Takže upírov sa nám nepodarilo odhaliť, ale aspoň sme sa dozvedeli niečo zaujímavé o svetle. Na útechu si môžeme pripraviť na výkres siluetu skupiny osôb zo šedého papiera, pričom siluetu jednej osoby vystrihneme z reflexnej fólie, ktorá sa pri difúznom osvetlení tiež javí ako šedá, takže splýva s ostatnými siluetami. Obrázok osvetlíme polarizovaným svetlom a pozorujeme ho cez polarizačný filter. Silueta urobená z fólie sa nám podľa uhla pootočenia javí buď svetlejšia, alebo tmavšia ako ostatné osoby.

Podakovanie

Autori chcú aj touto cestou poďakovať grantovej agentúre MŠ SR za podporu v rámci riešenia úlohy KEGA 3/5178/07.

Literatúra

1. HANISKO, P. 2008. *Postavenie fyziky v sústave prírodných vied*. In: Disputationes Scientifcae. Roč. VIII, č. 3, 2008, Katolícka univerzita, Ružomberok, 2008. Str. 190 - 201. ISSN 1335-9185
2. Baník, R. 2008. *Fyzika, veda experimentálna a exaktná v kontexte prírodovednej a technologickej gramotnosti*. In: Krupa, D., Kireš, M.: Zborník príspevkov z pracovného seminára Tvorivý učiteľ fyziky 2008. SAV Košice 2008, s.11-20. ISBN 978-80-969124-6-9
3. *Upíri v dejinách Európy*. Dostupné na: <http://www.antiwolfs.estranky.sk/stranka/upiri-v-dejinach-europy->>
4. *Legends o upíroch*. Dostupné na: <http://blackcorneille.wordpress.com/category/legendy/>>
5. Štrba, A. 1979. *Všeobecná fyzika 3 – OPTIKA*. 1.vyd. Bratislava: ALFA Bratislava, SNTL Praha, 1979. 354 s. č.reg. Š 1268/1978-OV

Adresa autora

Prof. RNDr. Juraj Slabeycius, CSc.
Fakulta priemyselných technológií TnUAD,
I.Krasku 491/30, 02001 Púchov
slabeycius@fpt.tnuni.sk

Doc. Ing. Stanislav Minárik, PhD
Materiálovotechnologická fakulta STU,
Paulínska 16, 917 24 Trnava
stanislav.minarik@stuba.sk

VYUŽÍVANIE JEDNODUCHÝCH FYZIKÁLNYCH EXPERIMENTOV V PRÍRODOVEDE NA 1. STUPNI ZŠ

Ivana Krupová

Pedagogická fakulta KU v Ružomberku, Inštitút Juraja Páleša v Levoči

Abstrakt: V príspevku sú prezentované výsledky výskumu zameraného na riešenie reálnych problémov žiakmi 1. stupňa ZŠ prostredníctvom využívania jednoduchých fyzikálnych experimentov. Podrobnejšie je charakterizovaný projekt vyučovania prírodovedy, v ktorom sú žiaci uvedení do problémovej situácie a riešia ju na základe vlastných skúseností, získaných v priebehu skupinovej experimentálnej činnosti. V príspevku je zároveň diskutovaná aj pripravenosť učiteľov 1. stupňa ZŠ z hľadiska adekvátnych vedomostí z fyziky, zručností potrebných na realizáciu jednoduchých experimentov a schopností využívať ich pri riešení bežných problémových úloh.

Kľúčové slová: fyzikálny experiment, prírodoveda, 1. stupeň ZŠ.

Úvod

Vychádzajúc z medzinárodných výskumov (Krošňáková, P., Kováčová, J., 2007; Kuraj, J., Kurajová Stopková, J., 2006) možno konštatovať, že naše prírodovedné vzdelávanie kladie väčší dôraz na zhromažďovanie a reprodukciu teoretických vedomostí ako na podstatu vedeckého skúmania a uvažovania. Problematika rozvíjania prírodovednej gramotnosti sa vplyvom zhoršujúcich sa výsledkov našich žiakov v medzinárodných výskumoch stáva čoraz aktuálnejšou a naliehavejšou. Podľa National Committee on Science Education Standards and Assessment (1996) prírodovedne gramotná osoba je schopná nájsť odpovede na otázky, ktoré vznikli z jej vlastnej zvedavosti; vysvetliť a predpovedať prírodné javy, čítať, pochopiť a byť schopná diskutovať o prírodovedných témach prezentovaných v médiách; identifikovať prírodovedné problémy predstavujúce základné informácie potrebné k tvorbe národných a lokálnych rozhodnutí; využívať údaje a dôkazy na posúdenie kvality prírodovedných informácií a argumentov prezentovaných vedcami alebo v médiách. Rozvíjanie prírodovednej gramotnosti je dôležité už v priebehu primárnej edukácie. Na základe našich výskumných zistení (Krupová, I., 2008) možno konštatovať, že už v edukácii žiakov mladšieho školského veku je možné využívať jednoduché fyzikálne experimenty (Hanisko, P., 2007a), pričom takto zameraný edukačný proces smeruje k efektívnemu rozvíjaniu schopností používať prírodovedné vedomosti k riešeniu reálnych problémov z bežného života.

1 Experiment ako prostriedok rozvíjania kompetencií k riešeniu problémov

Hlavným cieľom spomínaného výskumu (Krupová, I., 2008) bolo experimentálne porovnať účinnosť vyučovania podľa navrhovanej koncepcie s účinnosťou tradičného vyučovania. V jednej z piatich hypotéz sme predpokladali, že v experimentálnej skupine sa vplyvom vyučovania podľa navrhovanej koncepcie (s využívaním jednoduchých fyzikálnych experimentov) štatisticky významne zvýši úroveň schopností žiakov riešiť úlohy z bežného života s využívaním prírodovedných poznatkov. Do experimentálneho výskumu bolo celkovo zapojených 20 tried – 19 učiteľov a 386 žiakov 4. ročníkov základných škôl. Hlavnou výskumnou metódou bol pedagogický experiment. Schopnosti žiakov riešiť úlohy z bežného života s využívaním prírodovedných poznatkov boli overované didaktickým testom pred aj po experimentálnom zásahu.

Výsledky riešenia úloh v preteste sa v experimentálnej a kontrolnej skupine výrazne nelíšili, v postteste bol však medzi výsledkami žiakov v oboch skupinách výrazný rozdiel – žiaci experimentálnej skupiny dosiahli vyšší progres, teda bolo možné konštatovať, že úroveň schopností riešenia úloh z bežného života (s využívaním prírodovedných poznatkov) žiakov experimentálnej skupiny sa uplatňovaním navrhovanej koncepcie vyučovania (s využívaním jednoduchých fyzikálnych experimentov) štatisticky významne zvýšila v porovnaní s kontrolnou skupinou.

2 Charakteristika navrhovaného projektu vzdelávania

Navrhovaná koncepcia vyučovania prírodovedy s uplatňovaním jednoduchých fyzikálnych experimentov (Hanisko, P., 2007b) obsahuje 7 projektov vyučovacích blokov, pričom každý projekt pozostáva z 3 fáz: **1) Zisťovanie žiackych predstáv o danej téme:** Žiaci sú vyzvaní, aby formulovali a prediskutovali svoje chápanie študovaného prírodného alebo fyzikálneho javu [6], a tiež odhad jeho priebehu. Dôležité je čo najefektívnejšie zorganizovať diskusiu žiakov a zistiť, aké sú žiacke predchádzajúce vedomosti a skúsenosti so študovaným javom. **2) Konfrontácia žiackych predstáv s novým učivom:** Žiaci sú konfrontovaní s javom, ktorý je ťažko vysvetliteľný v rámci ich vlastných predstáv a jeho priebeh protirečí ich odhadom. Takéto udalosti by mali v žiakoch vyvolať kognitívny konflikt, ktorý vyplýva najmä z rozdielu medzi ich očakávaním a pozorovanými javmi. **3) Rekonštrukcia žiackych predstáv:** Žiaci vykonávajú rozličné činnosti (praktické činnosti, experimentovanie, diskusia), pričom cieľom je pomôcť žiakom pri riešení problému spojeného s novým učivom. Riešenie by malo viesť k zmene a zdokonaleniu žiackych predstáv o sledovanom jave (Bertrand, Y., 1998).

V príspevku prezentujeme jeden z navrhovaných projektov, ktorého zámerom je budovanie pojmu kladka. V projekte sa uplatňuje diferencovaná práca žiakov a rozvíjanie ich kompetencií s ohľadom na aktuálnu úroveň prírodovednej gramotnosti. Minimálne požiadavky na vedomosti a zručnosti žiaka sú, aby bol v závere projektu schopný vysvetliť pojem kladka ako pomôcka pri zdvíhaní bremien; demonštrovať zdvíhanie bremena pomocou pevnej kladky; porovnať silu pri zdvíhaní bremena bez použitia a s použitím pevnej kladky; porozprávať, ako kladka pomáha v bežnom živote (uviesť aspoň tri príklady). Materiálne zabezpečenie projektu (Obr. 1) vychádza z používania pomôcok dostupných v školských kabinetoch, prípadne alternatívnych pomôcok bežne dostupných v domácnosti.



Obr. 1 Pomôcky potrebné na realizáciu experimentu ¹

¹ Predpokladáme, že na každej základnej škole sú k dispozícii silomery a na viacerých školách kladky, s ktorými môžu žiaci manipulovať. Uvádzame však aj alternatívne pomôcky, ktoré možno využiť ako kladky. Poznámka pre učiteľov: 1 liter vody má hmotnosť 1 kg. Ak dvíhame závažie s hmotnosťou 1 kg, použijeme silu približne 10 N. Preto ak máme napr. silomery pre žiakov do 5 N, usmerníme ich, aby použili 0,5 l plastovú fľašu, ktorá nie je úplne napustená vodou. Ako kladky je možné využiť aj kolieska z rôznych stavebníc (Merkur, Lego a pod.),

2.1 Zisťovanie žiackych predstáv o danej téme

Žiaci majú vo svojich pracovných listoch obrázok zabíjačky – prasiatka zaveseného na trojnožke (Obr. 2). Vyzveme ich, aby vyjadrovali svoje predstavy, *ako sa chlapom podarilo zavesiť prasiatko tak vysoko, keď má hmotnosť asi 200 kg*. Žiaci, ktorí majú predstavu, ako chlapi na zabíjačke dvíhajú prasa, môžu sprostredkovať svoje skúsenosti ostatným spolužiakom, a to jednak rozprávaním, ale najmä demonštráciou s použitím ľubovoľných pomôcok, náčrtov a pod.



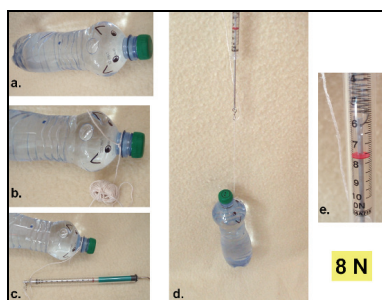
Obr. 2 Problémová úloha k projektu

2.2 Konfrontácia žiackych predstáv s novým učivom

Žiakov vyzveme, aby si prišli skúsiť zdvihnúť bremeno – „prasiatko“ bez použitia kladky a s jej použitím, a aby vyjadrili svoje pocity, kedy sa im zdala vynaložená sila menšia a kedy väčšia. Na základe týchto vyjadrení formulujeme **hypotézy** a zapíšeme ich na tabuľu tak, ako ich formulovali žiaci, aby ich v závere na základe zistených výsledkov mohli potvrdiť alebo vyvrátiť.

2.3 Rekonštrukcia žiackych predstáv

Úlohou žiakov je najprv zapísať do pracovných listov plán experimentu a následne zisťovať vynaloženú silu pri rôznych spôsoboch zdvíhania bremena. Žiakov podnecujeme, aby formulovali, čo chceme zistiť, čo na to potrebujeme a ako budeme postupovať; ďalej **čo budeme meniť** (upozorníme žiakov, že meníme len jednu premennú – spôsoby dvíhania), **čo budeme merať** (silu potrebnú na zdvihnutie bremena) a **čo bude stále rovnaké** (hmotnosť bremena, výška, do ktorej budeme dvíhať bremeno). Na základe predchádzajúcej diskusie si žiaci do svojich pracovných listov samostatne zapisujú plán experimentu. Len tým žiakom, ktorí majú problém so samostatným návrhom a realizáciou experimentu, môžeme poskytnúť pomocné kartičky s opisom a náčrtom experimentálneho postupu.

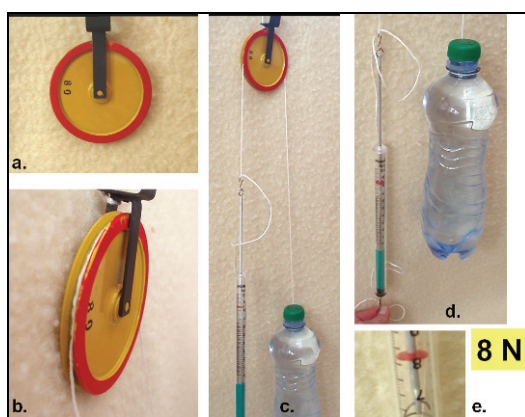


Obr. 3 Postup experimentu ²

prípadne kotúče na navíjanie priadze, ktoré nasunieme na tyčku (napr. ihlicu na pletenie, ceruzku alebo pero takého priemeru, aby sa dala vložiť do otvoru kotúča) a upevníme z oboch strán pomocou štipcov na prádlo.

² Namiesto prasiatka – bremena – sme použili plastovú fľašu, naplnenú vodou (Obr. 3a.). O hrdlo fľaše sme priviazali cca 50 cm dlhý špagát (Obr. 3b), ktorého druhý koniec sme pripevnili k silomeru

Žiakom odporúčame zadať problémovú úlohu, v ktorej využijú nadobudnuté poznatky o pevnej kladke: Pevnú kladku upevníme o tabuľu alebo skriňu (vhodné je, ak máme v triede vodorovnú pevnú tyč, na ktorú by sme upevnili kladku), o jeden koniec špagáta priviažeme 0,5-litrovú fľašu do polovice napustenú vodou. Na druhom konci bude priviazaná prázdna 0,5-litrová fľaša. Úlohou žiakov bude do prázdnej fľaše napustiť také množstvo vody, aby boli obe fľaše v rovnováhe. Ak tieto poznatky prenesieme do reálneho života, použitie pevnej kladky by nám ešte stále nestačilo na to, aby sme zdvihli 200-kilogramové prasiatko do výšky. Na základe experimentálnych zistení so žiakmi diskutujeme, aký je význam pevnej kladky, ak sa nemení veľkosť sily. Žiaci vyjadrujú svoje predstavy o tom, prečo je výhodnejšie využívať pevnú kladku. Zároveň ich navádzame na využitie kladky iným spôsobom. Ak sa žiakom nepodarí samostatne prísť na to, ako zdvihnúť závažie s pomocou voľnej kladky, demonštrujeme im takýto spôsob zdvíhania, aby mohli v skupinách odmerať silu potrebnú na zdvihnutie závažia.

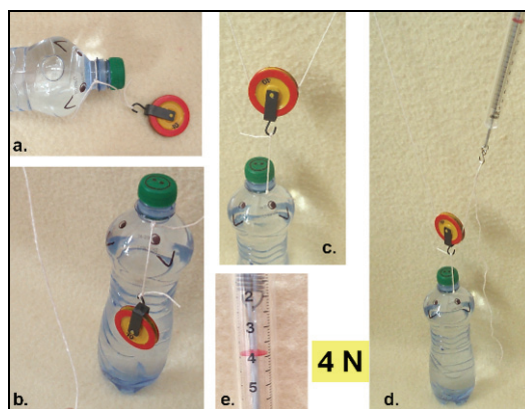
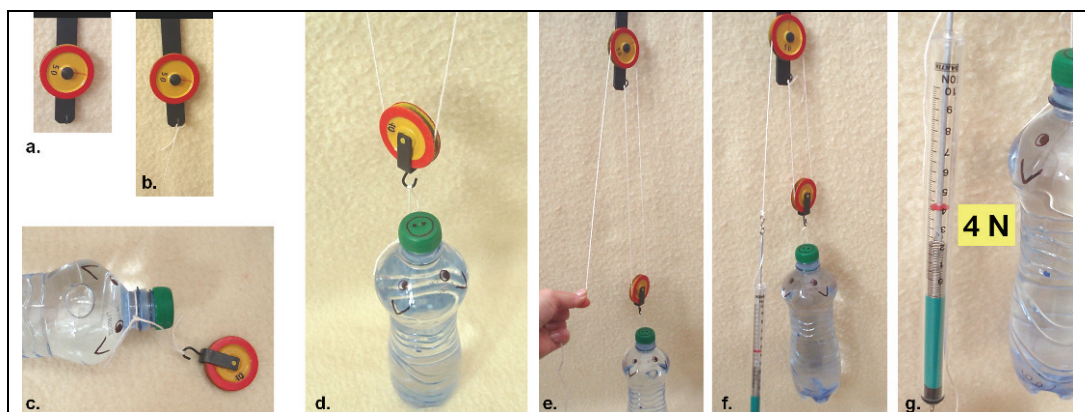


Obr. 4 Postup experimentu³

Ak by sme sa pokúsili zdvihnúť prasiatko pomocou voľnej kladky, museli by sme pôsobiť silou smerom nahor, čo by pre nás nebolo jednoduché. Žiaci zistili, že s pevnou kladkou je možné zmeniť smer pôsobenia sily a s voľnou kladkou veľkosť sily pri zdvíhaní bremena - prasiatka. Môžeme im zadať problémovú úlohu: vymyslieť zariadenie, ktoré by menilo veľkosť aj smer sily. Mimoriadne bystrí žiaci, ktorí samostatne a s úplným pochopením dokázali realizovať experimenty s pevnou a voľnou kladkou, sa môžu pokúsiť zostaviť zariadenie z pevnej a voľnej kladky (obr. 6).

(Obr. 3c). Fľašu sme vytiahli za silomer (obr. 3d) a údaj silomeru zaznamenali (obr. 3e). V našom prípade sme potrebovali na zdvihnutie bremena **bez použitia kladky** použiť silu **8 newtonov** (8 N). Ak máme k dispozícii silomer s inou stupnicou (napr. do 5 N), mali by sme usmerniť žiakov, aby si do fľaše nabrali menšie množstvo vody.

³ Potom sme použili pevnú kladku (Obr. 4a); cez drážku sme prevliekli špagát (Obr. 4b), ktorého jeden koniec sme priviazali o hrdlo fľaše a druhý o silomer (Obr. 4c). Ťahaním za silomer smerom nadol sa bremeno zdvíhalo nahor (Obr. 4d). Údaj silomeru sme zaznamenali (Obr. 4e). V našom prípade sme potrebovali na zdvihnutie bremena **pomocou pevnej kladky** použiť silu **8 newtonov** (8 N). Zistili sme, že pevná kladka nemení veľkosť sily, len jej smer.

Obr. 5 Postup experimentu ⁴Obr. 6 Postup experimentu ⁵

Pri zdvíhaní bremena s použitím kladkostroja s jednou pevnou a jednou voľnou kladkou sme využili rovnakú silu ako s použitím voľnej kladky (4 N) a o polovicu menšiu silu ako s použitím pevnej kladky (8 N) alebo bez použitia kladky (8 N). Použitím kladkostroja s jednou pevnou a jednou voľnou kladkou sa zmenší sila zdvíhania sa polovicu a zmení sa smer zdvíhania.

Šikovnejší žiaci by mali byť schopní samostatne uviesť niekoľko príkladov využitia kladky (kladkostroja) z bežného života. Slabším žiakom môžeme dať pomocné kartičku (obr. 7). Žiaci by mali chápať zmysel učiva pre využitie v bežnom živote. Tým, že ich podnecujeme k tvorbe nových nápadov, kde by sme mohli využiť kladku, rozvíjame u nich schopnosť aplikovať nadobudnuté prírodovedné poznatky v nových situáciách.

⁴ Použili sme voľnú kladku, ktorú sme špagátom priviazali o hrdlo fľaše (Obr. 5a,b); cez drážku sme prevliekli špagát (Obr. 5c), ktorého jeden koniec sme priviazali napr. o lavicu a druhý o silomer. Ťahaním za silomer smerom nahor sa bremeno zdvíhalo nahor (Obr. 5d). Údaj silomeru sme zaznamenali (Obr. 5e). V našom prípade sme potrebovali na zdvihnutie bremena **pomocou voľnej kladky** použiť silu **4 newtony** (4 N). Žiaci sa vlastnou skúsenosťou presvedčili, že s voľnou kladkou potrebujú využiť pri zdvíhaní bremena o polovicu menšiu silu.

⁵ Kladkostroj sme vytvorili z **jednej pevnej kladky** (Obr. 6a), o ktorú sme priviazali špagát (Obr. 6b) a **jednej voľnej kladky**, ktorú sme priviazali k hrdlu fľaše (Obr. 6c). Špagát, jedným koncom pripevnený k pevnej kladke, sme prevliekli drážkou voľnej kladky (Obr. 6d). Pokračovali sme prevlečením špagáta cez pevnú kladku (Obr. 6e) a o jeho koniec sme priviazali silomer. Ťahaním za silomer smerom nadol sa bremeno zdvíhalo smerom nahor (Obr. 6f). Údaj silomeru sme zaznamenali (Obr. 6g). V našom prípade sme na zdvihnutie bremena **pomocou kladkostroja** potrebovali silu **štyroch newtonov** (4 N).



Obr. 7 Kartačka k úlohe

V záverečnej fáze hodiny (cca 10 minút) sa zameriavame na rozvíjanie komunikatívnych kompetencií, najmä schopností formulovať a vyjadrovať svoje myšlienky v logickej nadväznosti, výstižne, súvisle a kultivovane sa vyjadrovať, používať správne termíny, výstižné výrazy, ale tiež dávať informácie do súvislostí, chápať vzťahy medzi pojmami. Vybraná skupina žiakov prezentuje výsledky svojho výskumu pred celou triedou, pričom môžu postupovať podľa osnovy v pracovnom liste. Je vhodné, ak žiaci využívajú aj grafické znázornenie výsledkov na tabuli, prípadne demonštrujú experiment (zisťovanie sily potrebnej na zdvíhanie bremena bez použitia kladky, s použitím pevnej kladky a voľnej kladky) pred celou triedou. V priebehu experimentovania je dôležité, aby učiteľ nabádal žiakov na spájanie zistených výsledkov s reálnym životom, v našom prípade s problémom zdvíhania prasiatka na zabíjačke.

Záver

Predpokladom pre efektívne rozvíjanie prírodovednej gramotnosti žiakov 1. stupňa ZŠ je úroveň prírodovednej gramotnosti učiteľov. V priebehu experimentálneho overovania navrhovanej koncepcie (Krupová, I., 2008) však bolo zistené, že učitelia nedisponujú dostatočnými vedomosťami a experimentálnymi zručnosťami (Melicherčíková, D., Melicherčík, M., 1996), ktoré by im umožnili flexibilne reagovať na vzniknuté situácie (a to aj napriek tomu, že učitelia mali k dispozícii príručku, v ktorej boli podrobne rozpracované experimentálne postupy v obrazovej podobe, doplnené verbálnym opisom postupu). Za možné riešenie možno považovať posilnenie vysokoškolskej prípravy budúcich učiteľov 1. stupňa ZŠ a organizáciu školení pre učiteľov s dôrazom na prírodovedné vzdelávanie (Hanisko, P., 2008), ktoré by im priblížili možnosti využívania navrhovaného projektu vzdelávania, čo je predmetom našej ďalšej výskumnej práce.

Literatúra

BERTRAND, Y. 1998. Soudobé teorie vzdělávání. Praha : Portál, 1998. ISBN 80-7178-216-5

HANISKO, P. 2007a. Fyzikálny experiment. In: *Predškolská pedagogika : Terminologický a výkladový slovník*. 1. vydanie. Pedagogická fakulta v Ružomberku, 2007. Str. 143. ISBN 978-80-8084-162-1.

HANISKO, P. 2007b. Prírodný jav. In: *Predškolská pedagogika : Terminologický a výkladový slovník*. 1. vydanie. Pedagogická fakulta v Ružomberku, 2007. Str. 388 - 389. ISBN 978-80-8084-162-1.

HANISKO, P. 2008. Postavenie fyziky v sústave prírodných vied. In: *Disputationes Scientificalae*. Roč. VIII, č. 3, 2008, Katolícka univerzita, Ružomberok, 2008. Str. 190 - 201. ISSN 1335-9185.

KROŠŇÁKOVÁ, P., KOVÁČOVÁ, J. 2007. *Národná správa OECD PISA 2006 Slovensko*. Bratislava : Štátny pedagogický ústav. ISBN 978-80-89225-37-8

KRUPOVÁ, I. 2008. *Uplatňovanie experimentálnej metódy v prírodovednom vzdelávaní na 1. stupni ZŠ*. [Dizertačná práca]. Ved. práce: doc. PaedDr. Danica Melicherčíková, PhD. Banská Bystrica : Pedagogická fakulta UMB, 2008.

KURAJ, J., KURAJOVÁ STOPKOVÁ, J. 2006. *TIMSS 2003. Trendy v medzinárodnom výskume matematiky a prírodovedných predmetov*. Bratislava : Štátny pedagogický ústav. ISBN 80-89225-33-5.

MELICHERČÍKOVÁ, D. – MELICHERČÍK, M. 1996. Analýza výučby prírodovedy na 1. stupni ZŠ. In: *Vysokoškolská príprava učiteľov*. Banská Bystrica : PF UMB, 1996. s. 365-371.

NATIONAL COMMITTEE ON SCIENCE EDUCATION STANDARDS AND ASSESSMENT, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1996. *Science Education*. Washington DC: National Academy Press, 272 s. ISBN 0-309-05326-9

Adresa autora

PaedDr. Ivana Krupová, PhD.

Pedagogická fakulta katolíckej univerzity v Ružomberku

Inštitút Juraja Páleša v Levoči

Kláštorská 38

054 01 Levoča

ikrupova@gmail.com

ROZVOJ TVORIVOSTI ŽIAKOV NA HODINÁCH FYZIKY

Zuzana Sumilasová

1. súkromné gymnázium v Bratislave

Abstrakt: *V príspevku by sme chceli ukázať, ako môžeme na hodinách fyziky rozvíjať tvorivosť žiakov a ich kritické myslenie. Keďže so skúsenosťami z vyučovacieho procesu vieme, že pre žiakov je najzložitejšie objaviť problém, vytvoriť hypotézu a kriticky zhodnotiť jej experimentálne overenie, zamerali sme sa na rozvoj práve týchto schopností.*

Kľúčové slová: tvorivé vyučovanie, výskumná metóda, teplo

Úvod

Vo vyučovacom procese má rozvoj tvorivosti významnú úlohu, zvlášť z pohľadu komplexného rozvoja osobnosti žiaka, jeho vedomostí, schopností a zručností. Tvorivé vyučovanie rozvíja predovšetkým schopnosti tvorivého myslenia, motiváciu k tvorivej činnosti a k učeniu sa, záujem o tvorivé aktivity a poskytuje žiakom možnosť prežívať pocit sebauspokojenia, sebarealizácie a sociálneho ocenenia vlastnej tvorivej produkcie.

Tvorivosť je chápaná ako schopnosť vytvárať nové a užitočné myšlienky, postupy práce, hmotné produkty. V praxi sa najčastejšie používa definícia typu: „*Tvorivosť je generovanie nových, neobvyklých, ale prijateľných, užitočných myšlienok, riešení a nápadov.*“ Základom tvorivosti je *novosť a užitočnosť*. Ako môžeme tieto základné komponenty tvorivosti chápať v edukačnom procese?

U žiaka sa kritérium novosti akceptuje subjektívne, psychologicky zdôraznená novosť, ktorá nemusí byť novosťou aj z hľadiska spoločenského. Od tvorivej činnosti žiaka teda nemusíme očakávať bezprostredný sociálny prínos, má však mimoriadny význam pre rozvoj rozumových a poznávacích schopností a mnohostranný vývoj osobnosti. [1]

Výskumná metóda a metóda riadeného objavovania

Poznáme rôzne metódy, formy a stratégie, podľa ktorých môžeme tvorivosť žiaka rozvíjať. Sú to napríklad [1]:

- problémové metódy – problémový výklad, metódy riešenia problémových úloh,
- výskumná metóda, metóda autentického výskumu, metóda riadeného objavovania,
- metódy zmeny úloh netvorivého charakteru na úlohy divergentného typu,
- metódy voľby diferencovaných úloh,
- demonštratívne a laboratórne metódy (pokusy v škole),
- heuristické metódy – metóda heuristického rozhovoru, brainstorming a jeho varianty (pingpongový brainstorming, brainwriting, questionstorming), hobo metóda atď.,
- hry ako metóda, didaktické hry,
- aktivizujúce metódy – situačná metóda, inscenačná metóda, simulačná metóda, dramatizácia a iné.

V predkladanom príspevku chceme pomocou troch ukážok predviesť, ako môžeme rozvíjať tvorivosť žiakov *výskumnou metódou a metódou riadeného objavovania*. Žiaci sa samostatne snažia vyriešiť problém takým spôsobom, ktorý odpovedá vedeckej práci, pričom cestu k vyriešeniu problému alebo k vytvoreniu produktu nepoznajú. Ich riešenie vyžaduje tvorivý postup – aktívnu poznávaciu činnosť ako hľadanie, experimentovanie, objavovanie a pod. Tvorivosť daných úloh spočíva aj

v tom, že od žiaka vyžadujú vytvoriť niečo nové (nové zariadenie, nový experiment), ako aj že sú divergentné, keďže žiaci musia „riešenia nachádzať v rôznych smeroch a tvoriť rôzne logické alternatívy“ [1].

Žiaci zadanú úlohu riešia samostatne alebo vo dvojiciach. Učiteľ prácu žiakov iba usmerňuje, pôsobí skôr ako radca a konzultant. Na príprave projektu – návrhu vlastného pokusu, zariadenia a pod. pracujú približne týždeň. Žiaci tu hľadajú riešenie zadanej úlohy. Samostatne získavajú potrebné informácie konzultáciami s učiteľom alebo rodičmi, z literárnych zdrojov, internetu, príp. vychádzajú z vlastnej skúsenosti. Následne svoj nápad zrealizujú v školskom laboratóriu, svoj postup a výsledky písomne spracujú a svoj projekt prezentujú pred triedou, ktorá ho hodnotí.

Ukážka 1: Vedenie tepla

ÚLOHA: Navrhni experiment, pri ktorom dokážeš, že ak budeš predmety z rôznych materiálov rovnako zohrievať, zohrejú sa na rôzne teploty.

ROČNÍK: sekunda

CIEĽ: 1. Navrhnuť experiment tak, že v ňom bude vystupovať len jedna premenná.
2. Pozorované javy v experimente opísať pri prezentácii pred triedou.

REALIZÁCIA:

Úloha bola žiakom zadaná na vyučovacej hodine po motivačnom rozhovore na tému „Prečo sú rúčky panvice väčšinou plastové?“. Naším cieľom v tejto diskusii bolo, aby si žiaci uvedomili, že v živote používajú materiály, ktoré sa pri zohrievaní správajú rôzne, a že je potrebné tieto vlastnosti skúmať. Následne bola žiakom zadaná úloha: „Navrhni experiment, kde dokážeš, že ak budeš predmety z rôznych materiálov zohrievať rovnakým spôsobom, zohrejú sa na rôzne teploty“.

Od žiakov sa očakávalo, že:

- budú skúmať informácie, ktoré poznajú so skúsenosťami (ako napríklad, že rúčky panvíc sú väčšinou plastové, kovové predmety sa zohrejú rýchlejšie ako plast a pod.),
- vytvoria hypotézy,
- navrhnu experiment, ktorým svoje hypotézy potvrdia,
- daný experiment zrealizujú,
- získané údaje spracujú a vyvodí z nich závery,
- pozorované javy v experimente opíšu a zhrnú v prezentácii pred triedou.

Žiaci sa časom dostali k otázke, ako budú dané predmety zohrievať a následne ako ostatných presvedčia, že každý predmet sa zohrial na rôznu teplotu. Popritom si uvedomili, že musia použiť predmety, ktoré budú približne rozmerovo rovnaké, že ich musia zohrievať za rovnaký čas, v rovnakej vzdialenosti od zdroja tepla a pod.

Príklady spôsobov zohrievania predmetov:



Obr. 1: Zohrievanie nad vodnou parou



Obr. 2: Zohrievanie pomocou infražiariča



Obr. 3: Zohrievanie nad plameňom sviečky



Obr. 4: Zohrievanie v horúcej vode

Príklady spôsobov dôkazov rôznych výsledných teplôt:



Obr. 4: Pomocou ľadu



Obr. 5: Vyparovaním



Obr. 6: Pomocou čokolády

Ukážky prác žiakov pozri v priloženom DVD.

Ukážka 2: Tepelná izolácia

ÚLOHA: Navrhni a zostroj zariadenie, ktoré bude tepelne izolovať kvapalinu od vonkajšieho prostredia.

- Nájdí vo svojom okolí zariadenie, ktoré udržuje nápoje (predmety) teplé, resp. studené.
- Z rôznych zdrojov zisti, z akých častí dané zariadenie pozostáva a na akom princípe funguje.
- Získané poznatky využij pri návrhu vlastného zariadenia a svoje vlastné zariadenie zostroj.
- Experimentom over funkčnosť svojho zariadenia.

ROČNÍK: sekunda

CIEĽ:

- Vedieť získavať informácie z rôznych zdrojov (z internetu, literárnych zdrojov, rozhovor s odborníkmi, rodičmi...).
- Získané informácie použiť na riešenie problému.
- Navrhnuť experiment, ktorým overia funkčnosť svojho zariadenia.

REALIZÁCIA:

Prvým krokom na splnenie požiadaviek úlohy je výber a preskúmanie zariadenia, ktoré tepelne izoluje. Túto časť úlohy riešia žiaci samostatne ako domácu úlohu. Po nájdení potrebných informácií a pochopení princípu fungovania vybraného zariadenia práca žiakov pokračuje zostrojením vlastného zariadenia. Neočakávame, že v školskom laboratóriu zostroja napríklad termosku, no chceme, aby sa ju snažili napodobniť čo najpresnejšie a jednotlivé vrstvy termosky nahradili im prístupným

materiálom. Samotné zostrojenie ich zariadenia môže prebiehať doma aj v škole, podľa typu pomôcok, ktoré si zvolili.

Po zostrojení vlastných zariadení nastupuje aktivita v laboratóriu – prezentácia vlastného zariadenia a porovnanie, ktoré zo zhotovených zariadení izoluje najlepšie. Pre úspešné porovnanie je potrebné, aby si žiaci premysleli čo budú merať, aké pomôcky a prístroje použijú, a aký zvolia postup.

Žiaci zostrojili napríklad tieto zariadenia:



Obr. 7: Ukážky zariadení, ktoré žiaci zostrojili

Ako vidíme na obrázkoch, žiaci vychádzali z informácií o termoske alebo o zatepľovaní domov. Zariadenia pozostávajú väčšinou z dvoch nádob, medzi ktoré vložili polystyrén alebo vatú. Pre lepšiu izoláciu niektorí žiaci obalili nádoby do lesklého materiálu, napríklad alobalu.

Ukážky prác žiakov pozri v priloženom DVD.

Ukážka 3: Premena tepla na prácu

ÚLOHA: Navrhni a zostroj zariadenie, ktoré premení teplo na prácu.

ROČNÍK: tercia

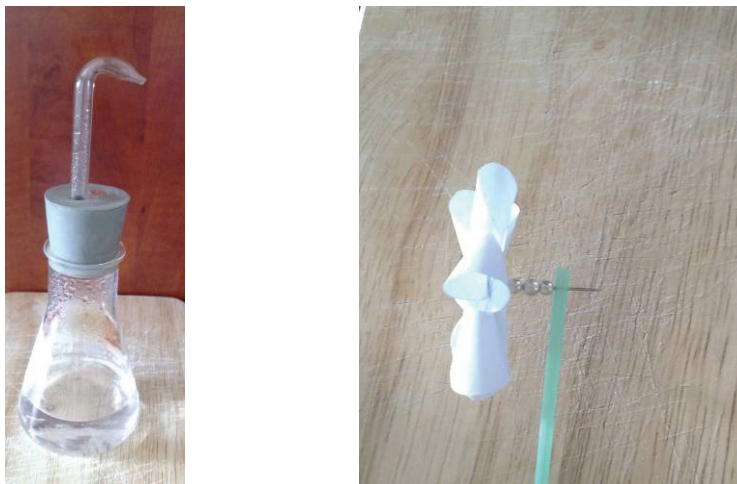
CIEĽ:

1. Použiť získané poznatky o teple a práci na zostrojenie daného zariadenia.
2. Vedieť aspoň približne vypočítať teplo, ktoré bolo dodané a prácu, ktorá bola vykonaná.

REALIZÁCIA:

Žiakom bola zadaná úloha na hodine po prebratí témy „Premena práce na teplo“. Návrh zariadenia vymýšľali doma, pričom mali vychádzať z vlastných skúseností a už získaných vedomostí. Mohli tiež využívať konzultácie učiteľa, či rodičov. Po schválení postupu učiteľom si na hodine fyziky dané zariadenie zostrojili a preverili jeho funkčnosť.

Ak zariadenie fungovalo, nasledoval výpočet spotrebovaného tepla a vykonanej práce. Žiaci si museli premyslieť aké fyzikálne veličiny majú merať, zvoliť vhodný postup merania, získané údaje spracovať a vyvodiť záver. Samozrejme, môže sa stať, že zhotovené zariadenie z rôznych príčin nefunguje. Vtedy sa zameriavame na diskusiu a hľadanie príčin nefunkčnosti zariadenia.



Obr.8: Ukážka pomôcok, ktoré žiaci zostrojili počas riešenia úlohy

Hodnotenie

Ako sme už spomínali, po príprave hypotéz, pomôcok a postupu experimentu, nasledovala samotná realizácia experimentu a prezentácia pred triedou. Prácu žiakov nehodnotil len učiteľ, ale celá trieda, ktorá prezentujúcim udeľovala body, a to väčšinou za:

- originalitu (výber pomôcok, nápad pre experiment),
- písomné spracovanie riešenia problematiky (plagát, zrozumiteľnosť),
- funkčnosť (či splnili zadanú úlohu, či overili svoju hypotézu),
- prezentáciu (či svoju prácu prezentovali zrozumiteľne a jasne).

Záver

Tvorivosť predstavuje nenahraditeľný kognitívny nástroj rozvoja osobnosti žiaka. Tvorivým potenciálom disponuje každý človek. Prostredníctvom vhodných vyučovacích metód je možné tvorivé schopnosti žiakov zdokonaľovať a zvyšovať úroveň tvorivého výkonu. Okrem zvýšenia fluencie, flexibility a originality myslenia žiakov má tvorivé vyučovanie pozitívny vplyv aj na posilnenie odvahy samostatne myslieť, uvoľnenie bariér v myslení a komunikácií, zlepšenie úrovne vedomostí a motivácie žiakov k učeniu. Dávajú žiakom viac príležitostí zapájať známe poznatky a javy do úplne nových súvislostí a vzťahov, čím rozširujú operačný priestor pre myslenie žiakov, rozvíjajú ich kritické a hodnotiace myslenie [1].

Literatúra

[1] LOKŠOVÁ I., LOKŠA J. 2003. *Tvorivé vyučovanie*. Praha : Grada Publishing a.s. 208 s. ISBN 80-247-0374-2.

Adresa autora

Mgr. Zuzana Sumilasová
1. súkromné gymnázium v Bratislave
Bajkalská 20, 821 08 Bratislava
zsumilasova@1sg.sk

ROZVOJ KOMPETENCIÍ ŽIAKOV PRI ČÍTANÍ A INTERPRETÁCII GRAFICKÝCH ZÁVISLOSTÍ

Jozef Topor

Gymnázium Púchov, Ul. 1. mája 905, 020 15 Púchov

Abstrakt: Príspevok obsahuje experimenty s pružinovým oscilátorom s využitím systému COACH-Lab II+, grafické znázornenie závislosti okamžitej výchylky od času a okamžitej sily od času, závislosť týchto veličín od hmotnosti a tuhosti oscilátora. Experimenty podporujú rozvoj kompetencií žiakov pri čítaní a interpretácii grafických závislostí.

Kľúčové slová: reálny experiment, grafické znázornenie závislostí veličín v reálnom čase, rozvoj kompetencií žiakov pri čítaní a interpretácii grafických závislostí.

Úvod

Väčšina žiakov pri preberaní kmitavého pohybu nechápe, prečo využívame analógiu kmitavého pohybu s pohybom po kružnici. V centre popularizácie fyziky v Martine nás motivoval experiment v ktorom kmitá stolová váha s telesom na pružine. Experiment kvalitatívne potvrdzuje premenlivú periodickú silu pôsobiacu na kmitajúce teleso. Naš príspevok podrobnejšie analyzuje závislosť výslednej sily F kmitavého pohybu v závislosti od času t a okamžitej výchylky y . Zo starých silomerov sme vybrali dve pružinky rovnakej dĺžky l a tuhosti k . Zostavili sme pružinový oscilátor a nainštalovali senzor sily, ktorý meria veľkosť výslednej sily F v závislosti od času t a senzor polohy, ktorý meria okamžitú výchylku y v rovnakej časovej závislosti.

1 Meranie veličín kmitavého pohybu v systéme COACH-Lab II+

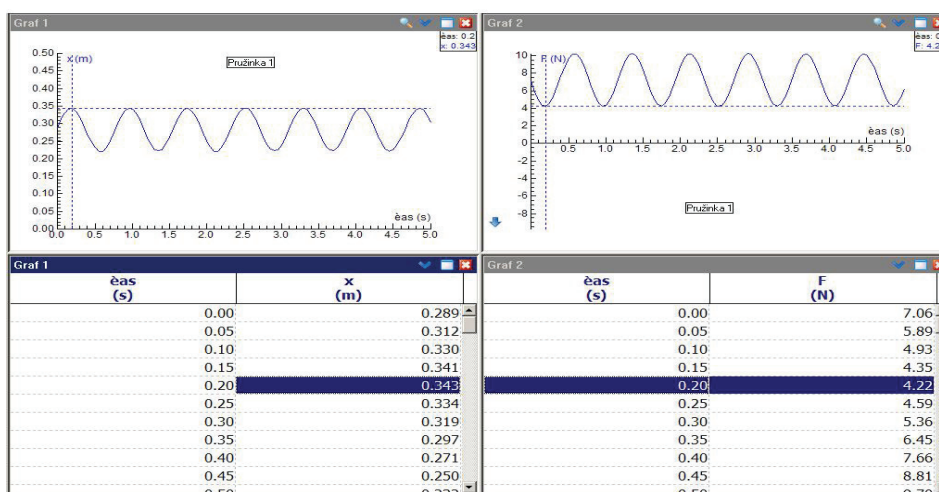
1.1 Rozbor grafov nameraných pre pružinku 1

Zostavíme experiment s prvou pružinkou. Zostrojíme grafy $F = f(t)$, $y = g(t)$.

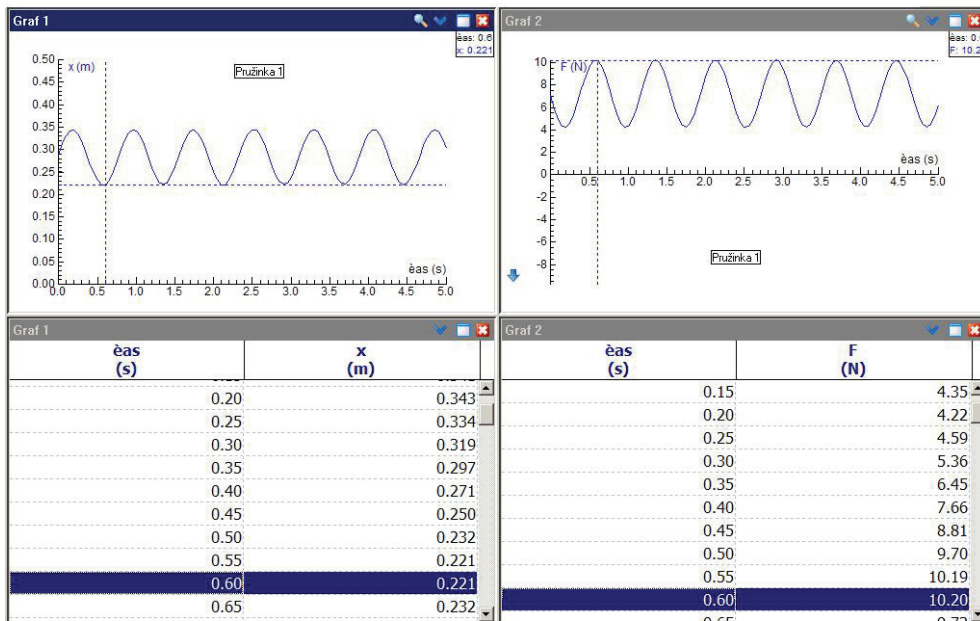
Analýzou týchto grafov určíme f_1 , T_1 , F_{m1} , Y_{m1} , k_1 .

Fitovaním grafov určíme fázový rozdiel kmitov sily F a okamžitej výchylky y .

Žiaci tým overia skutočnosť opačnej fázy kmitov sily F a výchylky y . Teda $F = -k \cdot y$.



Obr. 1: Odčítanie F_{min1} a y_{max1} z grafu

Obr. 2 : Odčítanie $y_{\min 1}$ a $F_{\max 1}$ z grafu

Výpočty pre pružinku 1 :

$$F_m = \frac{(10,20 - 4,22)N}{2} = \frac{5,98N}{2} = 2,99N$$

$$y_m = \frac{(0,343 - 0,221)m}{2} = \frac{0,122m}{2} = 0,061m$$

$$k = \frac{2,99N}{0,061m} = 49 \frac{N}{m}$$

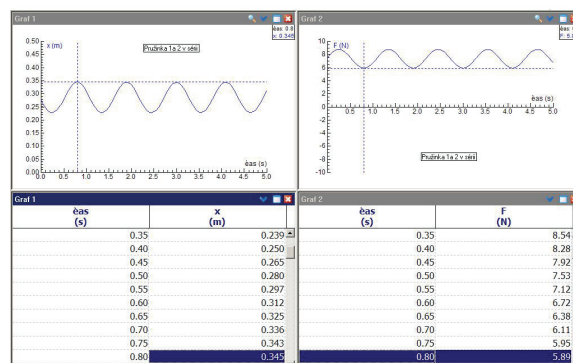
1.2 Tuhosť oscilátora pre dve pružinky za sebou a vedľa seba

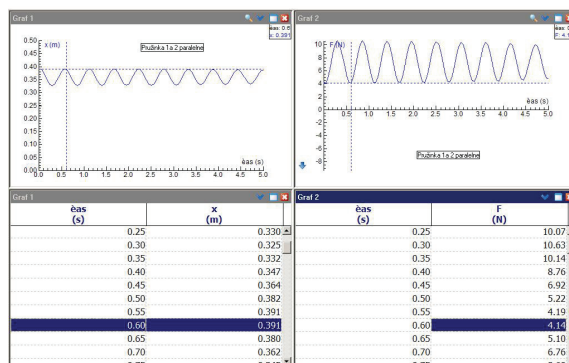
Položíme žiakom otázku: „ Čo bude platiť pre tuhosť k_s oscilátora vytvoreného dvomi pružinkami za sebou a tuhosť k_p dvoch pružiniek vedľa seba? “

Žiaci vyslovujú rôzne domienky- hypotézy. Hypotézy overíme experimentom:

1. Oscilátor s dvomi pružinkami za sebou
2. Oscilátor s dvomi pružinkami vedľa seba

Analýzou získaných grafov a výpočtami overíme $k_s = k/2$ a $k_p = 2.k$

Obr. 4: F_m , y_m a k_s určíme podobne ako v predchádzajúcej snímke



Výpočty : Dve pružinky za sebou

$$F_m = (8,77 - 5,89)N = (2,88 : 2)N = 1,44N$$

$$y_m = (0,345 - 0,228)m = (0,117 : 2)m = 0,0585m$$

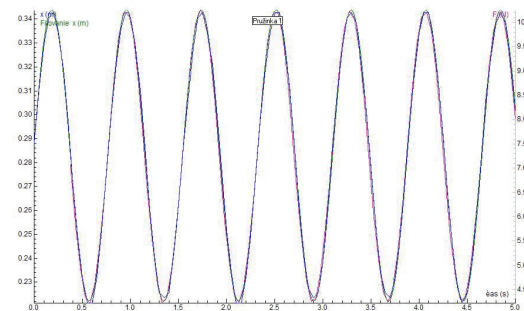
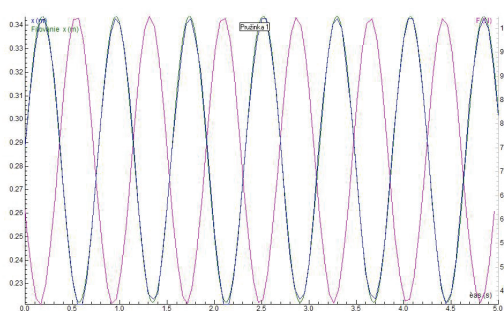
$$k_s = 24,6 \frac{N}{m} = \frac{k_1}{2}$$

Dve pružinky vedľa seba

$$F_m = 10,63 - 4,14 = 6,49 : 2 = 3,245N$$

$$y_m = 0,391 - 0,325 = 0,066 : 2 = 0,033m$$

$$k_p = 98,33 \frac{N}{m} = 98 \frac{N}{m} = 2k_1$$



$$\Delta\varphi = \pi rad$$

Obr. 5: Určenie fázového rozdielu sily F a výchylky y

1.3 Závislosť doby kmitu T oscilátora od jeho hmotnosti m

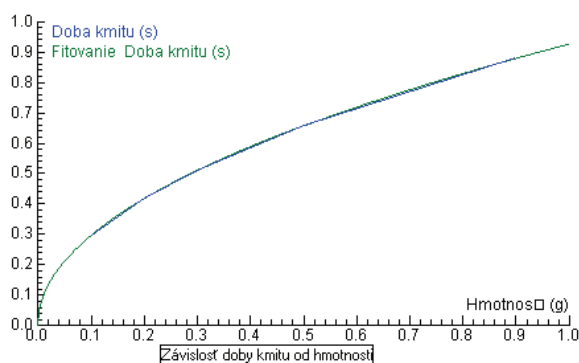
Pokročilejších študentov môžeme poveriť zostrojením grafu závislosti doby kmitu oscilátora od jeho hmotnosti. Analýzou grafu a fitovaním vhodnou funkciou určia závislosť doby kmitu od hmotnosti oscilátora.

Odmerali sme dobu kmitu T pre oscilátory s hmotnosťou 0,1 až 0,9 kg (vid' tabuľka)

Tab. 1

Číslo merania	Doba kmitu [s]	Hmotnosť [kg]
1.	0,296	0,1
2.	0,418	0,2
3.	0,511	0,3
4.	0,587	0,4
5.	0,657	0,5
6.	0,880	0,9

Graf závislosti doby kmitu T od hmotnosti oscilátora :



Fitovaním zostrojeného grafu možno určiť, že $T = 0,926 \cdot m^{1/2}$, teda doba kmitu je priamo úmerná druhej odmocnine hmotnosti oscilátora.

Záver

- výhoda experimentov a meraní tohto typu je že žiak vidí reálny priebeh experimentu a zároveň analýzou grafov si precvičí a upevní kompetencie súvisiace s čítaním a využitím grafov
- uplatňujú a posilňujú sa medzi predmetové vzťahy fyzika- matematika, fyzika- informatika
- úlohy tohto typu možno využiť aj ako maturitnú tému alebo úlohy pre fyzikálnu olympiádu

PodĎakovanie

Príspevok je výsledok spolupráce s kolegyňou Mgr. Máriou Pastorkovou, ktorej sa chcem touto cestou poďakovať.

Adresa autora

RNDr. Jozef Topor
Gymnázium Púchov
Ul. 1. mája 905, 020 15 Púchov
jozef.topor@centrum.sk

INFORMAČNÁ TECHNIKA VS. FYZICKÉ POMÔCKY NA HODINE FYZIKY

Jozef Vašičkanin

Gymnázium sv. J. Bosca Bardejov

Abstrakt: *Môžu prvky IKT pomôcky skvalitniť a zatriktívniť edukačný proces? Ako motivovať žiaka na hodine fyziky? Táto práca má poukázať na možnosť použitia a jednoduchého vyhľadávania krátkych videí s fyzikálnou tematikou, ktoré slúžia ako pomôcka v rámci edukačného procesu na hodinách fyziky.*

Kľúčové slová

Učebná pomôcka, internet, video, fyzikálny experiment, youtube.com.

1. Úvod

Zlá finančná situácia v školstve sa značne prejavuje aj na materiálno-technickom zabezpečení vyučovacieho procesu na našich školách. Vybavenie našich kabinetov často nie je dostatočné na zabezpečenie kvalitného edukačného procesu, čo je cítiť aj na hodinách fyziky. Túto situáciu je možno sčasti kompenzovať pomocou informačnej techniky a internetu (IKT).

Možnosť použitia appletov a videí na hodine fyziky je už pomerne známa. Stále viac učiteľov sa snaží tieto prvky moderného vyučovania zakomponovávať do svojich vyučovacích hodín a takto aspoň čiastočne nahradiť chýbajúce fyzické pomôcky. To je možné aj formou krátkych videí nesúcich fyzikálny odkaz. Ich úlohou je uľahčiť žiakovi, lepšie pochopiť skúmané fyzikálne princípy a deje, ktoré sú mu počas vyučovacej hodiny predkladané.

2. Fyzika v ponímaní dnešného študenta

Čím je teda fyzika pre dnešného žiaka a študenta? Ako vyplýva z prieskumu medzi študentmi a skúsenosti väčšiny učiteľov, fyzika nepatrí medzi predmety, ktoré sa tešia najväčšej žiackej pozornosti. Dokonca sa dá tvrdiť, že patrí medzi predmety neoblíbené. Svedčí o tom mnoho faktov, ako je malý záujem absolvovať maturitnú skúšku z tohto predmetu, nízka účasť nadaných študentov na olympiádach a iných súťažných či nesúťažných aktivitách spojených s fyzikou, resp. technikou, ktorá nepochybne úzko s fyzikou súvisí.

I keď je podobný prepad záujmu pozorovaný aj u iných prírodných vied, výnimkou je snáď, a to je pomerne zaujímavé, matematika. Existujú názory, že ide len o akési cyklické výkyvy medzi prírodnými a humanitnými vedami. Momentálne je kyvadlo pozornosti spoločnosti naklonené humanitným vedám a je len otázkou času, kedy sa vplyvom riešenia globálnych potrieb a problémov ľudstva vráti naspäť k prírodným vedám, ako to bolo napríklad na prelome 19. a 20. stor., kedy prírodné vedy ruka v ruke s technickým pokrokom zažívali obrovský boom.

Ale vráťme sa späť do školy k nášmu študentovi a k otázke, čo mu na hodine fyziky najviac prekáža a čo ho najviac odrádza od štúdia tejto nepochybne dôležitej vedy, akou fyzika je. "Čo Ti najviac vadí na hodine fyziky?" Na túto otázku položenú študentom vyplýva, že je to množstvo „nepotrebných“ vzorcov, ktorým sa nedá rozumieť a ktoré je potrebné sa naučiť naspamäť. Ďalej je to kopec nepotrebných poznatkov, nepoužiteľných v bežnom živote, nasleduje nezmyselné prepočítavanie príkladov atď.

Isteže treba brať tieto názory s istou rezervou, pretože je úplne jasné, že študent nemôže vedieť a celkom objektívne posúdiť, čo je preňho a pre jeho budúci osobnostný a profesijný rast dôležité. Ak však vyučujúci správne pochopí a načúva,

čo žiakovi najviac bráni vstúpiť do tajov vedy, môže sa pokúsiť pomocou vhodných nástrojov, ktoré didaktika daného premetu ponúka, prekonať prekážky a úskalia edukačného procesu a dosiahnuť stanovený cieľ.

Aby sme však neboli veľmi pesimistický, je tu aj jedna, u študentov veľmi často spomínaná, pozitívna stránka hodiny fyziky - experiment. Tento silný motivačný nástroj, ktorým vyučovacia hodina fyziky disponuje, je to, čo k fyzike priťahuje aj študentov, ktorý o fyziku nejavia veľký záujem, a preto našu pozornosť budeme ďalej upriamovať týmto smerom.

3. Učiteľ fyziky a jeho podmienky

Ak sa zhodneme, že experiment je tým, čo môže najlepšie stimulovať záujem študenta o fyziku, potom je potrebné upriamiť pozornosť na vybavenie fyzikálnych kabinetov našich škôl, ktoré v lepšom prípade neraz pripomínajú zbierku muzeálnych exponátov, v horšom prípade smetisko pokazených harabúrd, z ktorých sa vyučujúci snaží pozliepať experimentálne zariadenie, ktoré má demonštrovať daný prírodný jav. A nie zriedkakedy sa stane, že sa daný experiment nepodarí, čo má za následok presne opačný demotivačný účinok na študentov.

To všetko je spôsobené všeobecným nedostatkom financií, s ktorým školstvo zápasí a platí to najmä pre novovzniknuté školy. Preto stále veľa vyučujúcich siaha po jednoduchšej „pomôcke“ a ňou je zbierka úloh. Tak sa stáva, že čas, ktorý by mal byť venovaný experimentom, je vlastne suplovaním hodiny matematiky na hodinách fyziky. To má za následok zredukovaný počet pokusov v rámci vyučovania na minimum. A preto je potrebné si položiť otázku ako môže žiak javiť záujem o predmet, ktorý je postavený na experimentálnom základe a platnosti tvrdení, ktoré žiakovi predkladá sú overené výlučne experimentom, keď sa počas hodín fyziky so žiadaným experimentom nestretne.

4. Fyzikálne pomôcky a experiment

Nikto z pedagogickej obce aj mimo nej nepochybuje, že materiálno-technické zabezpečenie školy významnou mierou ovplyvňuje celkový priebeh a výsledok edukačného procesu. Význam materiálnych prostriedkov v edukačnom procese sa najviac prejaví vtedy, ak učiteľ je odkázaný len na hovorené slovo. Aj keď samotný slovný výklad učiva je veľmi dôležitý, pokiaľ nie je podopretý názornými učebnými pomôckami a experimentmi, jeho účinnosť je veľmi malá. A to mnohonásobne platí najmä pre prírodné a technické predmety vyučované na základných a stredných školách, kde je názornosť veľakrát najúčinnnejším spôsobom, ako žiaka správne motivovať a priviesť k novým poznatkom, ktoré sú takto omnoho trvácnejšie. Na realizovanie experimentu v akejkolvek podobe sú potrebné pomôcky.

Z hľadiska didaktiky fyziky je realizácia reálneho alebo myšlienkového experimentu chápaná ako metóda a experiment ako model. Z hľadiska procesuálneho možno experiment resp. pokus ako vyučovací prostriedok rozlišovať podľa toho, akú funkciu plní, na nasledovné druhy:

- **Expozičný pokus** (prezentácia javu, objektu) plní funkciu :
 1. názorného prostriedku
 2. motivačnú
- **Heuristický pokus** (vyvodzovací) - žiaci objavujú doteraz pre nich neznámu vlastnosť objektu, javu, príp. zákonitosť
- **Verifikačný pokus** (overovací)- overuje platnosť resp. správnosť hypotézy

- **Fixačný pokus** (upevňovací) - zameraný predovšetkým na spôsobilosti a zručnosti
- **Aplikačný pokus** - aplikácia fyzikálneho javu v technických zariadeniach či v technologickom procese
- **Diagnostický pokus** - overenie vedomostí, intelektuálnych spôsobilostí a manuálnych zručností žiakov[1].

Cieľom každého pedagóga je vzbudiť záujem o daný predmet vhodnými motivačnými prostriedkami, ktoré mu didaktika príslušného predmetu poskytuje. Fyzika je experimentálna veda, preto by aj vyučovací predmet nesúci jej názov mal tento prvok jednoznačne obsahovať. Veď čo si človek najskôr zapamätá a nad čím bude najskôr rozmýšľať, ak nie nad tým, čo raz videl. Experiment má jednoznačne tú najväčšiu motivačnú schopnosť a stimuluje žiacku zvedavosť. Použitie experimentu na hodine si vyžaduje dôslednú prípravu vyučujúceho na vyučovaciu hodinu. Jedna sa o technické vyhotovenie, správne načasovanie v rámci vyučovacej hodiny a dôsledné odsledovanie správnej interpretácie žiakov popisujúcich daný experiment, ktorý by mala predchádzať polemika a diskusia. To všetko je založené na pedagogickom talente, manuálnej zručnosti a nepochybne na tvorivom prístupe vyučujúceho.

Našťastie v poslednom čase je možné tieto experimenty nájsť už v hojnom počte v literatúre a na internetových stránkach rôznych autorov. Vďaka týmto ľuďom si môže každý vyučujúci pomerne ľahko a s pomocou dostupných materiálov zostrojiť fyzikálny experiment, ktorý objasňuje fyzikálne javy a princípy daného preberaného učiva.

A týmto by sa zdalo, že problém školských experimentov, a tým aj problém motivácie žiakov na hodine fyziky, je vyriešený. Ale nie je to také jednoduché. Učitelia sa stretávajú nielen s nedostatkom katalógových učebných pomôcok, ale aj priestormi na výrobu vlastných pomôcok a najmä časom, ktorý si vyžaduje výroba takýchto pomôcok. Je prakticky nemožné, aby si učiteľ vytvoril v priebehu jedného či dvoch rokov dostatočný počet pomôcok, aby bol schopný realizovať fyzikálny experiment na všetkých hodinách, ktoré počas roka odučí. Alternatívou je používanie informačných technológií, ktoré momentálne hýbu svetom. Určite to nie je najideálnejšie riešenie, ale v mnohých aspektoch uľahčíť vyučujúcemu výklad učiva, demonštráciu fyzikálnych javov v praxi a tým do značnej miery oživí inak možno pre žiaka nudnú hodinu fyziky, plnú vzťahov a poučiek. Pritom treba zobrať do úvahy, že tieto technológie nie sú až tak cenovo náročné v porovnaní s bežnými pomôckami. Veď už sa hádam nenájde škola, v ktorej by sa nenašiel notebook a projektor. A navyše si nevyžadujú špecializovanú učebňu fyziky, takže sa dajú použiť v klasickej triede, kde si celkom pokojne vystačíme s notebookom, projektorom a bielou stenou.

5. Internet ako zdroj informácií

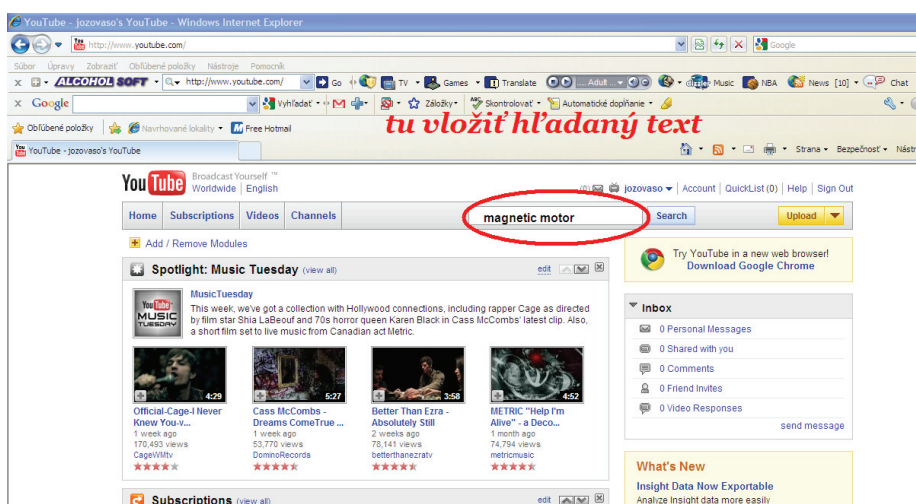
Určite tento fenomén dnešnej doby netreba nejako zvlášť predstavovať, bez tohto výdobytku dnešnej vedy a techniky si mnohí nevieme život skoro ani predstaviť. Či je to dobré alebo nie, je na individuálnom posúdení každého z nás. Jedno je však isté, je to zdroj obrovského množstva informácií (vo forme textov, zvuku, obrázkov, videí), ktoré poskytuje aj jedna zo služieb internetu tzv. World Wide Web stránky. Práve tá služba, ktorá bola pôvodne určená a vyvinutá pre potreby fyzikov pracujúcich na výskumných úlohách v CERNe. Takže za vznik www stránok „môže“ fyzika a potreba vedcov rýchlo a efektívne si medzi sebou vymieňať informácie.

Ako som spomínal internet obsahuje obrovské kvantum informácií, ktoré je možné využiť aj pri edukačnom procese na hodinách fyziky. Je však potrebné vedieť, ako dané informácie hľadať a vyseparovať to, čo môže byť užitočné pre potreby učiteľa. Samotné hľadanie sa realizuje pomerne ľahko, pomocou vhodného webového vyhľadávača je možné nájsť rôzne stránky venované fyzike, fyzikálnym appletom a videám s fyzikálnym obsahom. Mojou snahou je poukázať na možnosť využitia videí z internetového portálu www.youtube.com. Na tejto webstránke je možné nájsť veľmi rýchlo množstvo videí, ktoré je možné použiť po vhodnej úprave alebo aj bez nej ako obrazový resp. multimediálny dokument a ten následne použiť ako učebnú pomôcku.

6. Youtube.com

YouTube je momentálne najväčšia internetová databáza filmov, krátkych videí, ktorá vznikla v roku 2005. V súčasnosti najväčší svetový systém na zdieľanie filmových súborov na internete v novembri 2006 kúpil Google.[3] Prečo práve tento www portál? No hlavne preto, že obsahuje širokú škálu vzdelávacích, zábavných, humorných, hudobných a iných videí. Je pomerne obľúbený u mladých ľudí. Je to stránka (viď obr.1), na ktorej je možné po prihlásení prezentovať svoje videá a taktiež pomocou vhodných programov sťahovať už uverejnené videá, samozrejme v súlade s autorskými právami a autorským zákonom[2].

Hľadanie vhodného videa je veľmi jednoduché, stačí vložiť hľadaný text najlepšie v anglickom jazyku do príslušného okna na úvodnej stránke a kliknúť na „SEARCH“. Potom si už len stačí vybrať z ponuky videí to, ktoré spĺňa predstavy vyučujúceho a zapadá do koncepcie vyučovacej hodiny. V prípade nenájdenia požadovaného videa skúste zvoliť inú frázu. Tu je treba pripomenúť, že je potrebné veľmi citlivo vyberať vhodné videá, ktoré splnia svoj účel na vyučovacej hodine.



Obr.1: Úvodná stránka www.youtube.sk

7. Požitie na hodine

Ako už bolo spomenuté, úlohou videa je pritiahnúť žiakovu pozornosť, oživiť vyučovací proces a motivovať žiaka. Správne vybrané video môže a malo by byť zároveň odpoveďou na žiakmi často kladené otázky: „Načo je dobré vedieť to? Kde sa s tým v živote stretnem? Má zmysel sa to učiť?“ A mnohé iné súvisiace s elementárnym významom potreby vzdelávať v tomto smere, ktoré sa často prílišným teoretizovaním zanedbávajú. Pričom je treba mať na zreteli, že žiadna veda nemá sama o sebe pre človeka význam, význam má jedine vtedy ak sa je poznatky použijú pre blaho a uspokojenie potrieb samotného človeka.

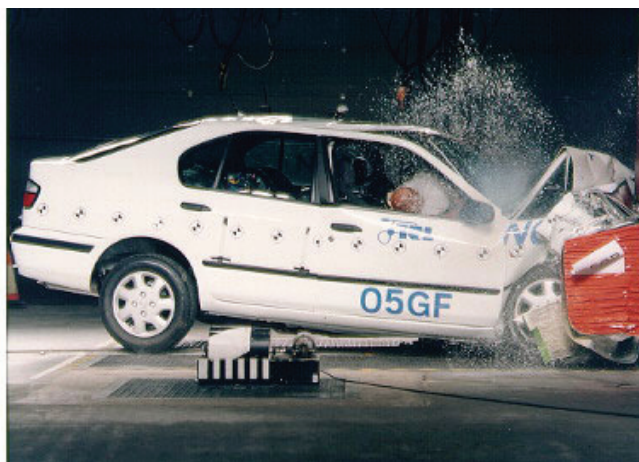
Keďže videa, ktoré vyučujúci môže počas roka použiť je veľa, je vhodné si databázu stiahnutých videí systematicky rozdeliť a to nielen podľa príslušných tematických celkov, ale aj podľa úlohy ktorú ma plniť v rámci vyučovacej hodiny.

Ja som si svoju databázu stiahnutých videí, ktoré využívam na hodinách fyziky rozdelil do troch skupín podľa funkcie ,ktorú plnia na vyučovacej hodine a to na:

- Motivačne
- Demonštračné
- Diagnostické

7.1 Motivačné video

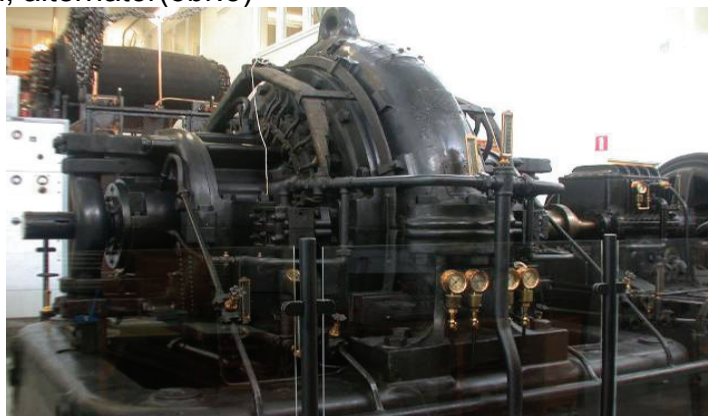
Slúži na vzbudenie záujmu o danú preberanú látku. Je vhodné ho zaradiť v úvode hodiny, jeho premietnutím upriamiť pozornosť študenta na preberané učivo a poukázať na potrebu nadobudnutia poznatkov o danej problematike. Často sa jedná o videa z bežného každodenného života, na ktorých je možno poukázať pravý zmysel vedeckého bádania. Ako príklad uvediem použitie videa tzv. crash testu (obr.2) na hodine venovanej kinetickej energii. Žiaci môžu hneď v úvode uvážiť či ma zmysel rozprávať o tejto problematike, či sa to vymyká z rámca bežného života, či tieto poznatky môžu niekomu pomôcť atď.



Obr.2: Crash test

7.2 Demonštračné video

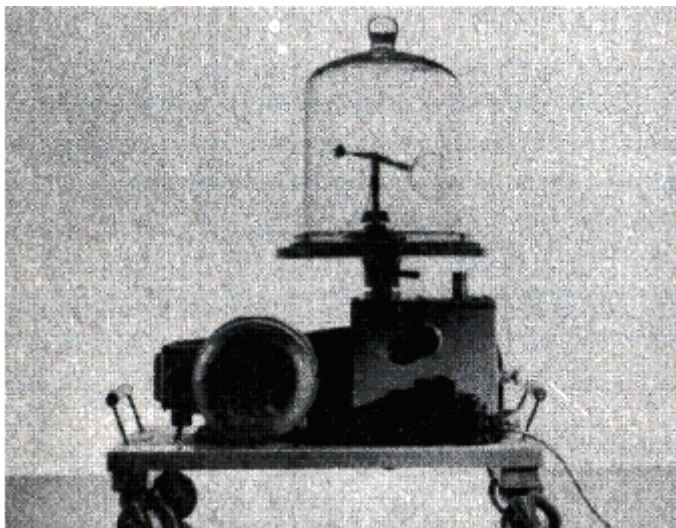
Ich úlohou na hodine je potvrdiť preberané učivo v praxi, alebo názorne doplniť slovný výklad učiva danej hodiny. Je vhodné ho použiť v expozičnej časti hodiny pri výklade nového učiva, alebo vo fixačnej fáze. Ako príklad uvediem vznik striedavého prúdu v elektrárni, alternátor(obr.3)



Obr.3: Alternátor

7.3 Diagnostické video

Pomocou nich si môže vyučujúci overiť stupeň osvojenia a pochopenia poznatkov, ktorým žiak, alebo žiaci disponujú. Úlohou žiaka je z pozorovaného javu na videu, správne určiť fyzikálnu príčinu tohto javu. Napríklad prečo nemá teleso rovnakú tiaž vo vákuu a vo vzduchu? (obr.4) Takáto úloha môže byť žiakovi zadaná napríklad vo forme projektu.



Obr. 4: Demonštrácia Archimedovho zákona

Pozn. Obrázky majú ilustračný charakter

Záver

Tento príspevok mal poukázať na možnosť použitia videa a IKT na hodine fyziky nie ako vyučovacej pomôcky, ktorá ma nahradiť fyzické pomôcky, ale ako možné doplnenie a oživenie edukačného procesu. Mojou ambíciou bolo poukázať na zdroj týchto videí a internetový portál youtube.com, kde si môže každý vyučujúci ľahko a za krátky čas obstarat' zaujímavú virtuálnu pomôcku v podobe vhodného videa.

Literatúra

- [1] Josef Gajdušek (02. 2001) Experiment vo vyučovaní fyziky
(<http://kekule.science.upjs.sk/fyzika/didaktika/03.htm>)
- [2] <http://www.youtube.com>
- [3] www.wikipedia.sk

Odporúčaná literatúra

- Hambalík A. : Multimédia v školskej praxi. XXIII. Didmatech 2000. FHPV PU Prešov. Prešov. 2001
- KOSTOLÁNYOVÁ, K. : Úvod do multimédií (grafika, hudba, zvuk). 1. vyd. Vydavateľstvá Ostravské univerzity Ostrava. Ostrava. 2003
- ŠKOLOUDÍK, J., FRYŠTACKÝ, P. : Úskalí využívání multimédií na ZŠ. Pedagogický software 2004. České Budějovice. 2004.

Jozef Vašičkanin
Gymnázium sv. J. Bosca Bardejov

JEDNODUCHÉ POKUSY Z PRUŽNOSTI

Jaroslava Víťazková¹, Mária Zentková², Dorota Černíková³, Eva Csereiová⁴,

¹Ústav Fyzikálnych Vied PF UPJŠ, Košice

²Ústav Experimentálnej Fyziky SAV, Košice

³Základná škola Kežmarská 30, Košice

⁴Základná škola Krosnianska 4, Košice

Abstrakt: *V príspevku prezentujeme jednoduché škôlkárske a žiacke projekty z pružnosti. Naším cieľom bolo vysvetliť žiakom jednoduchou, veku primeranou formou rozdiel medzi pružnými a pevnými látkami, rozdiel medzi elasticitou a plastickou deformáciou ako aj vysvetliť, čo je to elastická energia. Cieľová skupina škôlkárov a prvákov sa učila na cukríkoch, balónoch, loptičkách a svoje dojmy z experimentov deti nakreslili. Piataci, ktorí študovali elasticité vlastnosti ľudského vlasu, výsledky svojho skúmania prezentovali na celomestskej študentskej konferencii.*

Kľúčové slová: pružnosť, žiacke projekty, tvorivosť, zážitkové poznávanie

Prečo má zmysel zaoberať sa popularizačnými aktivitami

Fyzika je veda s veľmi vysokým popularizačným potenciálom. Jej prítlačivosť spočíva hlavne v možnosti prípravy zábavných a efektných experimentov, ktoré umožňujú osvojenie si fyzikálnych poznatkov vo forme hry. Táto schopnosť fyziky je demonštrovaná napríklad vysokým záujmom verejnosti o zábavné vedecké centrá, ktoré sa nachádzajú v mnohých štátoch Európy (Dohňanská, 2008). Za veľmi úspešné možno považovať fyzikálne prázdninové tábory, ktoré organizuje v Bratislave Schola Ludus ako aj prázdninové tábory FAJN organizované v Nitre (Valovičová, 2008). V hlbokom rozpore s horeuvedeným je fakt, že fyzika ako vyučovací predmet patrí dlhodobo k tým najneobľúbenejším. Dôvod tohto paradoxu je zrejmy, učebné osnovy predpisujú učiteľom množstvo učiva a preto žiaci nemajú čas si nové učivo zažiť, znovuobjaviť či premyslieť a v časovej tiesni sa teda z fyziky stáva nudný predmet spojený v mysliach žiakov s biflením akýchsi čudných, na prvý pohľad nepotrebných vzorčiekov. Na radosť zo znovuobjavovania fyzikálnych zákonov je čas akurát tak v mimoškolskej činnosti. My sa našim projektom snažíme pripraviť už malé, ešte osnovami nezaťažené deti na filozofiu prírodných vied, na spôsob ako skúmať prírodné javy, ako nad nimi rozmýšľať a diskutovať a ako o nich rozprávať ostatným. Veríme, že v ideálnom prípade budú tieto deti neskôr pripravenšie zvládnuť veľké množstvo učiva v krátkom čase a to takým spôsobom, že budú schopné vidieť za predpísanými formulkami reálne vzrušujúce fyzikálne javy, ktoré sa dejú každodenne okolo nich. To však nie je jediný cieľ nášho projektu. Hovorí sa, že vedy, a obzvlášť tie prírodné, si zaslúžia všestrannú podporu spoločnosti najmä v prípade, ak z nich má ľudstvo konkrétny úžitok. Ak si odmyslíme tú malú časť vedeckého výskumu, ktorá rezultuje v praktických aplikáciách, fyzika vo všeobecnosti môže poskytnúť každému, kto správne absolvuje kurz fyziky, metodiku racionálneho vyhodnocovania úplne bežných životných situácií na základe logickej argumentácie. V dnešnom svete založenom hlavne na emóciách a snahe o manipuláciu spotrebiteľa polopravdami a iracionálnymi pseudo-argumentami je teda návyk racionálneho skúmania okolitého sveta neoceniteľnou zbraňou proti manipulácii umožňujúcou zachovať si slobodu myslenia „ab initio“. Hlavným cieľom nášho projektu je teda podpora racionálneho vnímania sveta vo všeobecnosti

a fyzika slúži ako atraktívny nástroj na dosiahnutie tohto cieľa. Myslíme si, že absolvovanie fyzikálnych experimentov vlastnou rukou a sloboda v interpretácii výsledkov podrobená kritike na základe rovnocennej diskusie už v útlom veku napomôže citu pre logickú argumentáciu a rozvoju dôvery vo vlastný názor. Naše zámery realizujeme v rámci dvoch podprogramov: Pastelková fyzika a Dobrodružstvo poznania.

Metodika Pastelkovej fyziky

Pastelková fyzika je projekt pre škôlkárov a žiakov prvého stupňa, v ktorom deti rozmýšľajú nad základnými fyzikálnymi javmi na základe vlastnoručne realizovaných jednoduchých pokusov. Z každého pásma pokusov deti kreslia fyzikálne protokoly (Zentková, 2008). Na konci školského roka sa koná výstava detských fyzikálnych kresieb.

Minulý rok sa táto výstava konala na pôde PF UPJŠ v Košiciach, kde malí vedci pri svojich kresbách diskutovali o fyzike pružnosti so zamestnancami PF UPJŠ a UEF SAV (Obr.2.). Po obhájení svojej práce dostali absolventský titul „Pastelkový fyzik prvého stupňa“. Takýmto spôsobom deti postupne absolvovali fyzikálne pásma o vzduchu, povrchovom napätí, zvuku, svetle, elektrostatike a pružnosti.

Pásma o pružnosti tvorili pokusy s balónikmi, gumičkami a gumenými cukríkmi. Cieľom pásma bolo naučiť deti rozdiel medzi pružnými a nepružnými látkami, medzi elastickou a plastickou deformáciou a vysvetliť im, čo je to elastická energia (Obr.1.).



Obr. 1: Prváci skúmajú pružnosť balónov a škôlkárky zisťujú, či je naťahovanie sladkej gumenej myšky vratný proces.

Elastickú energiu deti skúmali vyrobením pružnej loptičky z pružných gumičiek, autíčkom pohybujúcim sa na gumičkový pohon, meraním výšky odrazu rôznych typov loptičiek, ako aj toho, ako sa zmení výška odrazu loptičky ak tá pri páde narazí na inú väčšiu loptičku, ktorá je tiež v pohybe. Pružnosť balónu bola demonštrovaná úspešným prepichnutím nafúknutého balónu špičkou skrz naskrz. Najúspešnejšou časťou tohto pásma však určite bolo skúmanie pružnosti cukríkov. Deti zisťovali, ktoré druhy cukríkov sa dajú natiahnuť najviac a prečo. Zistili, že chvostík gumenej myšky sa dá natiahnuť oveľa viac ako hlavička (anizotropia elastických vlastností). Všimli si, že pri zaťažení myšky malými závažiami, po ich zvesení sa chvostík vrátil presne do pôvodnej dĺžky. Okrem toho zistili, že existuje isté „kriticky ťažké“ závažie po zavesení ktorého sa myškin chvost zrazu natiahne oveľa viac ako predtým a po odobratí závažia sa už chvostík myšky nedá vrátiť do pôvodného tvaru (prechod medzi elastickou a plastickou deformáciou). Najlepšia fáza pokusov však prišla nakoniec, keď deti mohli všetok sladký experimentálny materiál zjesť. Je všeobecne známe, že škôlkári a školáci - začiatočníci sa najlepšie vyjadrujú vo forme detskej

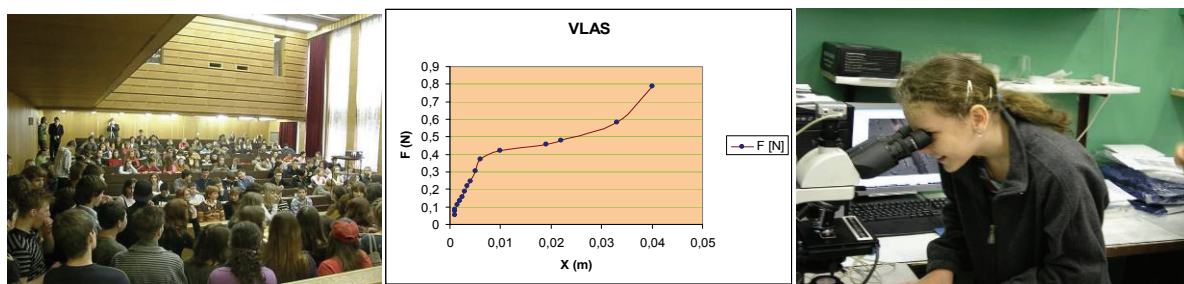
kresby. Keďže ešte nevedia vôbec, alebo len veľmi slabo, písať a majú zatiaľ aj pomerne obmedzenú slovnú zásobu, práve detská kresba predstavuje najpresnejšiu informáciu o tom, ako deti vnímajú a chápu daný fyzikálny problém. Niektoré kresby detí k pásnu pokusov na tému pružnosť sú na Obr.2. Detské kresby nám okrem iného slúžia ako spätná väzba z ktorej získame informáciu o tom, ktoré pokusy deti najviac zaujali a ktoré naopak rýchle upadli do zabudnutia. Tie druhé sa potom snažíme nahradiť atraktívnejšími.



Obr. 2: Detské fyzikálne kresby – ťaženie hlavičky gumovej myšky a prepichovanie pružného balóna.
Napravo záber z diskusie pri kresbách na detskej vedeckej konferencii.

Metodika Dobrodružstva poznania.

Dobrodružstvo poznania je projekt, ktorý sa zaoberá popularizáciou fyziky medzi žiakmi druhého stupňa základných škôl a stredoškólakmi. Metodika je samozrejme iná ako u Pastelkovej fyziky. Žiaci a študenti pracujú na vedeckých projektoch, ktoré si sami vybrali pod vedením profesionálneho tútora vo vedeckých laboratóriách UEF SAV alebo PF UPJŠ v Košiciach. Žiaci a študenti sa sami rozhodnú, koľko času chcú prácou na projekte stráviť a ako hlboko chcú vniknúť do danej problematiky. Niektorí sa venujú projektu pár týždňov, a niektorí na ňom pracujú viac rokov a využijú svoj výskum pre stredoškolskú odbornú činnosť alebo výsledky prezentujú na Európskej súťaži mladých vedcov. Všetci bez výnimky však pripravia prezentáciu s ktorou vystúpia na študentskej vedeckej konferencii, ktorá sa koná každý rok v rámci Európskeho týždňa vedy na pôde UEF SAV v Košiciach. V rámci témy Pružnosť sme pripravili pre žiakov piatych ročníkov základných škôl jednoduchý projekt zaoberajúci sa elasticitou ľudského vlasu. Žiaci sa dozvedeli o štruktúre ľudského vlasu a mohli jednotlivé vrstvy svojho vlasu pozorovať optickým mikroskopom. Potom skúmali deformáciu ľudského vlasu, hlavne hranicu platnosti Hookovho zákona, prechod medzi elastickou a plastickou deformáciou a určovali hraničnú silu pri ktorej sa ich vlas pretrhne.



Obr.3. Projekt ľudský vlas: pozorovanie štruktúry vlasu, deformačná krivka vlasu a pohľad do auditória študentskej konferencie.

Na obr.3. žiaci pozorujú vlas v mikroskope, vedľa je nimi nameraná deformačná krivka ľudského vlasu a záber z konferencie.

Festival fyziky na záver

V roku 2009 oslávil UEF SAV štyridsiate výročie svojej existencie. Pri tej príležitosti zorganizovali jeho zamestnanci v mestskej pešej zóne Festival fyziky, ktorý sa stretol s obrovským záujmom verejnosti. Košičanov zaujali aj naše jednoduché pokusy z pružnosti (Obr.3.).

Čo dodať na záver? Opäť sa nám potvrdilo, že ak sa základné fyzikálne javy prezentujú zábavnou formou na objektoch blízkyh každodennému životu , a ak si každý záujemca môže všetko vlastnoručne vyskúšať, fyzika sa ako rozprávková Popoluška akoby šibnutím zázračného prútika mení na atraktívnu princeznú, ktorú na plese princ určite neprehliadne.



Obr.4. Zľava doprava: celkový pohľad na časť stánkov, stanovisko pokusov z pružnosti a pohľad na vedychtivých Košičanov.

Podakovanie

Príspevok vznikol ako súčasť riešenia projektu APVV – LPP-0030-06 –Vedecký inkubátor pre žiakov a študentov. Hlavným organizátorom Festivalu Fyziky 2009 bol projekt APVV- LPP-0200-07 Hodina vedy.

Literatúra

DOHŇANSKÁ, J. 2008. *Tvorivé poznávanie-popularizácia fyziky v zahraničí*. In: Krupa, D., Kireš, M.: Tvorivý učiteľ fyziky . Zborník príspevkov z pracovného seminára 22.-25. 6. 2008 v Smoleniciach, vyd. EQUILIBRiA,s.r.o., 2008, s.104-106. ISBN 978-80-969124-6-9

VALOVIČOVÁ, Ľ. 2008. *Leto vo fyzikálnom tábore FAJN*. In: Krupa, D., Kireš, M.: Tvorivý učiteľ fyziky . Zborník príspevkov z pracovného seminára 22.-25. 6. 2008 v Smoleniciach, vyd. EQUILIBRiA,s.r.o., 2008, s.122-125. ISBN 978-80-969124-6-9

ZENTKOVÁ, M.,MIHALIK, M.,ZENTKO, A., BROSCHOVÁ, K.,ČEPIŠŠÁKOVÁ, A. : *Physica Insita* . In: GIREP EPEC Conference Frontiers of Physics Education (2007; Opatija) Selected contributions . edited by R. Jurdana-Šepić, V. Labinac, M. Žuvić-Butorac, A. Sušac. Rijeka: Zlatni Rez, 2008, s. 392-397. ISBN 978-953-55066-1-4.

Adresa autora

Jaroslava Víťazková
UFV PF UPJŠ
Park Angelínium 9, 040 01 Košice
jarula3@azet.sk

HISTÓRIA A BUDÚCNOSŤ SCIENCE ON STAGE

¹Zuzana Ješková, ¹Marián Kireš, ²Dalibor Krupa

¹Oddelenie didaktiky fyziky, ÚFV PF UPJŠ Košice

²SAV Bratislava

Abstrakt: V príspevku je predstavená história medzinárodného podujatia Science on Stage a jeho kľúčové aktivity. Autori prezentujú ukážky vybraných experimentov prezentovaných na medzinárodných festivaloch a zamýšľajú sa nad súčasným stavom a blízkou budúcnosťou podujatia Science on Stage na Slovensku.

Úvod

SCIENCE ON STAGE predstavuje Európsky projekt iniciovaný v r. 1999 s cieľom priťahovať pozornosť k problémom v oblasti prírodovedného vzdelávania, súvisiacich s nízkou prírodovednou gramotnosťou a hľadať riešenia týchto problémov v európskom kontexte. Projekt realizovaný formou festivalu vedy má za cieľ umožniť stretnutia učiteľov a ďalších odborníkov na vzdelávanie s cieľom výmeny skúseností v oblasti inovatívnych vyučovacích metód a vybudovať sieť odborníkov na vzdelávanie a popularizáciu prírodných vied z celej Európy. Je zameraný na obsah a spôsob vyučovania prírodných vied a hľadanie ciest ako stimulovať a motivovať študentov a ich záujem o prírodné vedy. Tým, že sa vždy koná na pôde významnej vedeckovýskumnej inštitúcie, dáva priestor európskej učiteľskej komunite nahliadnuť do vedeckovýskumných pracovísk a získať prehľad o najnovších vedeckovýskumných výsledkoch, ktoré môže učiteľ transformovať do vyučovania a predstaviť tak študentom reálny obraz súčasnej vedy.

História projektu

História projektu sa začala písať v r. 1999, kedy predstavitelia CERN (European Organization for Nuclear Research), ESA (European Space Agency) a ESO (European Southern Observatory) na výzvu Európskej komisie zorganizovali v rámci Týždňa európskej vedy a technológií 2000 prvý festival fyziky s názvom **Physics on Stage1**. Tento festival sa uskutočnil 6.-10. novembra 2000 v CERN v Ženeve a mal medzi účastníkmi mimoriadny úspech.

Na základe pozitívnych ohlasov a deklarovanej podpory komunity európskych učiteľov fyziky ESA už v spolupráci s CERN, ESRF (The European Synchrotron Radiation Facility), EMBL (The European Molecular Biology Laboratory), EFDA (The European Fusion Development Agreement) a ESO zorganizovala druhý festival **Physics on Stage2**, ktorý sa uskutočnil na pôde ESA-ESTEC (európske stredisko testovania prístrojov na výskum a využitie vesmíru) 2.-6. apríla 2002 v Nordwijku (Holandsko). Takmer okamžite po tomto festivale teraz už novo kreované združenie významných vedecko-výskumných inštitúcií EIROforum v spolupráci s Európskou komisiou zorganizovalo tretí festival **Physics on Stage3**, ktorý sa uskutočnil opäť na pôde ESA-ESTEC v Nordwijku 8.-15. novembra 2003.

Od roku 2004 tento projekt už pokračuje v rozšírenej podobe Science on Stage zameranej na výučbu všetkých prírodovedných predmetov a je súčasťou tzv. iniciatívy ESTI (The European Science Teachers Initiative) podporovanej všetkými siedmimi partnermi EIROforum, ktorej ďalšou aktivitou je aj vydávanie časopisu Science in School pre učiteľov prírodovedných predmetov. Ďalšie dva festivaly už boli realizované pod hlavičkou Science on Stage. Festival **Science on Stage1** sa uskutočnil 12.-18. októbra 2004 na pôde CERN v Ženeve a **Science on Stage2** sa uskutočnil 2.-6. apríla 2007 na pôde ESRF/ILL v Grenobli.

Tieto medzinárodné festivaly by sa neuskutočnili bez národných prehliadok, ktoré bežali takmer vo všetkých zúčastnených krajinách a boli zabezpečované národným riadiacim výborom, ktoré organizovali prehliadky aktivít učiteľov prírodovedných predmetov a ich talentovaných študentov v najrôznejších podobách. Príkladom môže byť poľský festival fyziky, resp. vedy, ktorý sa najbližšie uskutoční v r. 2010, známe české Veľtrhy nápadov ale aj slovenský festival s názvom Tvorivý učiteľ fyziky, ktorý beží od r. 2002 pod vedením RNDr. Dalibora Krupu, nášho národného koordinátora projektu Science on Stage.

Ako to vyzerá na Science on Stage

Science on Stage je festivalom vedy a oslavou vyučovania prírodných vied. Festival prezentuje show najlepších nápadov a aktivít učiteľov prírodných vied a ich talentovaných žiakov v niekoľkých formách:

- živý a pestrofarebný „trh“ s národnými stánkami, v ktorých jednotlivé krajiny prezentujú originálne nápady, zaujímavé školské projekty, experimenty a merania, učebné pomôcky a kde po celý čas návštevníci korzujú zo stánku do stánku, diskutujú, experimentujú a nadväzujú nové kontakty.
- počas festivalu prebiehajú tzv. workshopy, t.j. stretnutia účastníkov v malých skupinách, kde sa diskutuje na rozličné témy súvisiace s prírodovedným vzdelávaním, napr. úloha internetu vo vzdelávaní, interdisciplinárny prístup vo výučbe prírodných vied, aktivity hands-on a pod.
- predstavenia na scéne, to sú napr. študentské divadielka, show programy, žongléri demonštrujúci ako pracuje gravitácia, tanečné predstavenia, fyzika v ping-pongu a tanci a množstvo ďalších (obr.1).



Obr. 1 Predstavenia na scéne



Obr. 2 Príhovor riaditeľa CERN dr.Aymara na SoS 2004

Nie je náhodou, že sa festival uskutočňuje vždy v sídle niektorej významnej vedecko-výskumnej inštitúcie, ako napr. CERN v Ženeve, ILL/ESFR v Grenobli, resp. v holandskom ESTECu. Okrem uvedených aktivít sú totiž súčasťou festivalu aj návštevy špičkových vedecko-výskumných inštitúcií hostiteľského mesta festivalu, ktoré dávajú učiteľom možnosť získať najhorúcejšie informácie z oblasti výskumu navštívených pracovísk.

Ukážky experimentov účastníkov festivalu

Ľudské telo ako galvanický článok – ak položíte ruky na dve rozličné kovové elektródy, stávate sa zdrojom napätia. Veľkosť napätia závisí od materiálu elektród a môže dosiahnuť 0,7V. Elektródy v experimente sú vyrobené zo zinku, hliníka a medi. (ČR)

Elektrostatický účes – s použitím kovovej sieťky a starých magnetofónových pásov si pomocou van der Graafovho generátora môžete vytvoriť takýto exotický účes. (obr.3, ČR)

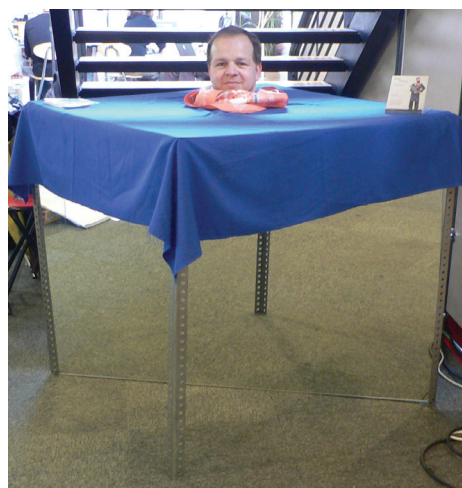


Obr. 3 Elektrostatický účes

Päť týždňov v balóne – inšpiráciou projektu bol román Julesa Verne. Študenti overovali výpočty J. Verne a následne si zhotovili teplovzdušný balón, ktorý spoločne vypustili. (obr.4, FR)



Obr. 4 Teplovzdušný balón



Obr. 5 Kde je telo?

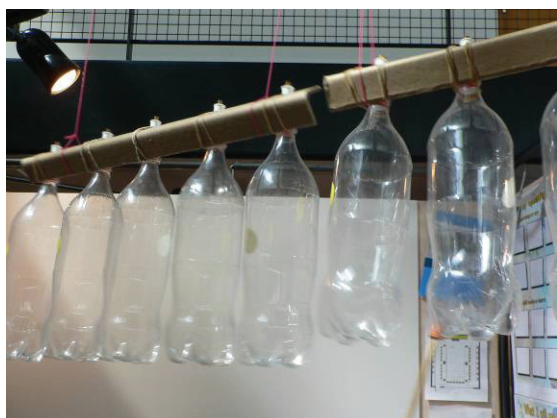
Ako vytvárame optické ilúzie? – stôl, na ktorom účastníci mohli pozorovať optickú ilúziu chýbajúceho tela... (obr.5).

Elektrostatika pomocou slamek na pitie – súbor jednoduchých pozorovaní z elektrostatiky (obr.6).



Obr. 6 Jednoduché experimenty z elektrostatiky Obr. 7 Plastové fľaše s teplomermi

Prečo teplomery na štyroch plastových fľašiach ukazujú rozličnú teplotu? – ukážka rozličnej absorpcie energie fľašami pokrytými rozličným povrchom (obr.7)

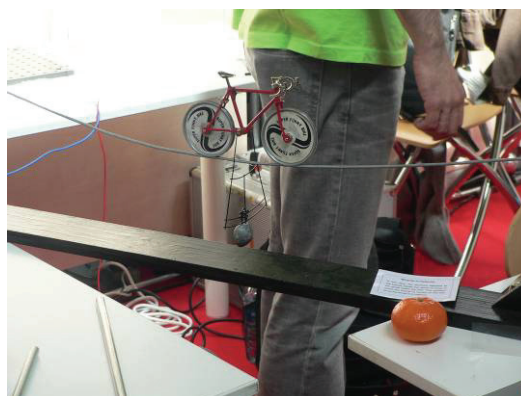


Obr. 8 Naladené plastové fľaše Obr. 9 Tlak pôsobiaci na fakíra

Zahrajme si na plastových fľašiach – fľaše sú natlakované tak, aby vydávali tóny durovej stupnice (obr.8)

Udrží fakír takúto záťaž? – demonstrácia veličiny tlak na fakírskej posteli (obr.9)

Naozaj to nespadne? – kuchynské nástroje a pohyb bicykla na lane pri demonštrovaní pojmu ťažisko a rovnovážna poloha (obr.10)



Obr.10 Ťažisko a rovnovážna poloha telesa

Čo ďalej?

Európsky projekt podporovaný združením EIROforum a Európskou komisiou bol v r. 2007 ukončený festivalom vedy Science on Stage2 v Grenobli. Úspech tohto projektu presiahol všetky očakávania. Preto po skončení projektu a jeho financovania na medzinárodnej úrovni vznikla snaha mnohých zainteresovaných učiteľov a pracovníkov v oblasti vzdelávania v prírodných vedách nenechať tento projekt upadnúť do zabudnutia a pokračovať v ňom naďalej. Z popudu Nemeckej fyzikálnej spoločnosti tak vzišla myšlienka zorganizovať národný festival vedy ale s rozšírením o medzinárodnú účasť. Nemeckým kolegom sa podarilo neuveriteľné. Na národnej úrovni zohnali dostatok sponzorov nato, aby pozvali učiteľov všetkých Európskych krajín ako aj Kanady a tak sa v októbri 2008 uskutočnil v Berlíne celoeurópsky Science on Stage festival s účasťou 300 učiteľov a expertov v oblasti prírodovedného vzdelávania z 27 európskych krajín a Kanady. Po piatich európskych festivaloch išlo o historicky prvý medzinárodný festival, ktorý zorganizoval národný riadiaci výbor jednej krajiny. Festival mal opäť ohromný úspech ale otázka ako ďalej zostáva stále otvorená. V marci 2009 sa uskutočnilo pracovné stretnutie členov národných riadiacich výborov s cieľom vypracovať stratégiu a ďalší postup ako toto významné podujatie s európskym rozmerom opäť postaviť na nohy. Na stretnutí sa vytýčilo ďalšie smerovanie aktivít s horizontom prípravy medzinárodnej prehliadky Science on Stage v r. 2011.

Ako na Slovensku?

Slovensko podobne ako aj ďalšie európske krajiny sa už dlhší čas boria s nezaujmom o prírodovedné vzdelávanie a následne nízkou úrovňou študentov, ktorí sa pre tento druh štúdia rozhodli. Je všeobecne známe, že učiteľ v značnej miere ovplyvňuje vzťah študenta k predmetu. Len zapálený a odborne zdatný učiteľ môže byť zdrojom motivácie a inšpirácie študentov smerom k vede. Preto sme presvedčení o tom, že podujatia takého druhu ako je Science on Stage majú pre kvalitu prírodovedného vzdelávania nesmierny význam.

Slovenským festivalom vedy je od r. 2002 každoročne organizované stretnutie učiteľov, výskumných pracovníkov a ďalších expertov v oblasti vzdelávania v krásnom prostredí smolenického zámku. Radi by sme však do aktivít Science on Stage Slovensko zapojili väčší počet učiteľov na širšej úrovni tak, aby boli motivovaní pre aktívnu prácu s mládežou na poli vyučovania prírodovedných predmetov. V rámci Agentúry na podporu výskumu a vývoja je našou snahou získať grantovú podporu na projekt Science on Stage Slovensko. Naším cieľom je v rámci projektu:

- spracovať námety z úspešných medzinárodných projektov SoS a sprístupniť ich na internete
- prezentovať najúspešnejšie projekty a inovatívne aktivity v rámci kurzu ďalšieho vzdelávania učiteľov
- vytvoriť priestor a motivovať učiteľov k realizácii školských vedeckých projektov realizovaných talentovanými študentmi, resp. tvorivými učiteľmi
- pripraviť a zrealizovať prehliadky na regionálnej úrovni a najlepšie projekty predstaviť na národnej prehliadke
- pripraviť národnú expozíciu Science on Stage a podporiť účasť nominovaných reprezentantov Slovenska na medzinárodnej prehliadke SoS.

Ak bude projekt úspešný, na Slovensku sa otvorí široký priestor a podpora aktivitám smerujúcim k mládeži, k uplatňovaniu inovatívnych metód vo vyučovaní a tým k skvalitneniu výučby prírodných vied a veríme, že aj k vzrastu záujmu o prírodné vedy a ich štúdium.

Záver

Festival vedy Science on Stage je vrcholné podujatie vzdelávacích aktivít v oblasti prírodných vied na európskej úrovni. Je však len vyvrcholením toho, čo sa deje na školách, v triedach, v krúžkoch, v každodennom výchovno-vzdelávacom procese. Bez aktívnych učiteľov zapálených pre predmet a ich pozitívnemu vzťahu k mladým ľuďom toto podujatie nemôže existovať. Preto veríme, že sa nám podarí grantovú podporu získať a tak motivovať ďalších učiteľov, ktorých prostredníctvom budeme motivovať ďalších študentov k láske k prírodným vedám smerom k výchove kvalitných odborníkov budúcnosti.

Literatúra

- [1] Projekt Science on Stage, dostupné na <http://www.scienceonstage.net>
- [2] Projekt Science on Stage Deutschland, dostupné na <http://www.science-on-stage.de/>
- [3] Krupa, D. : Festival fyziky 2008, Tvorivý učiteľ fyziky, Zborník zo seminára Tvorivý učiteľ fyziky, dostupné na <http://sfs.sav.sk/smolenice/prispevky.htm>
- [4] Česká prehliadka Veletrh nápadů pro fyzikální vzdělávání, dostupné na <http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/>
- [5] Projekt Science on Stage Poland, dostupné na <http://www.staff.amu.edu.pl/~fizscena/>

Adresa autora

RNDr. Zuzana Ješková, PhD., RNDr. Marián Kireš, PhD.
Oddelenie didaktiky fyziky
ÚFV PF UPJŠ v Košiciach
Angelinum 9
041 54 Košice
Email: zuzana.jeskova@upjs.sk, marian.kires@upjs.sk

RNDr. Dalibor Krupa, CSc., D.Phil.
Fyzikálny ústav SAV
Dúbravská cesta 9
845 11 Bratislava,
Email: krupa@savba.sk

SVETELNÉ ZNEČISTENIE

Pavol Rapavý

Hvezdáreň v Rimavskej Sobote

Abstrakt: Príspevok sa zaoberá aktuálnou problematikou svetelného znečistenia (svetelný smog, rušivé svetlo), ktoré sa v súčasnosti stáva problémom celosvetovým. Nevhodným, predovšetkým verejným, osvetľovaním sa predovšetkým v obývaných oblastiach stráca prirodzená tma, ktorá je potrebná pre zachovanie nočných ekosystémov. Príklady negatívnych dôsledkov na zdravie, živočíchy, rastliny, dopravnú nehodovosť, ekonomiku, astronómiu a pod. Poukázanie na možnosti zlepšenia súčasného stavu

Kľúčové slová: svetelné znečistenie, svetelný smog, rušivé svetlo

Úvod

V roku 2003 Medzinárodná astronomická únia (IAU) na svojom 15. valnom zhromaždení v Sydney (12. - 26.7.) jednohlasne odsúhlasila rezolúciu v ktorej žiadala OSN o vyhlásenie roku 2009 Medzinárodným rokom astronómie (International Year of Astronomy – IYA). V októbri 2005 žiadosť IAU podporilo UNESCO a 20. 12. 2007 ju schválilo Valné zhromaždenie OSN formou rezolúcie.

Cieľom IYA je pomôcť ľuďom na celom svete uvedomiť si svoje miesto vo vesmíre, umožniť im pozorovanie dennej aj nočnej oblohy, získať osobný zážitok z objavovania. Každý by mal mať možnosť uvedomiť si dopad astronómie a základných vied na náš každodenný život, pochopiť ako môže vedecké poznanie prispieť k spravodlivej a mierovej spoločnosti.

Aktivity IYA vychádzajú z 11 kľúčových projektov. Jedným z najdôležitejších je projekt č. 6 Tmavá obloha (Dark Skies Awareness) a je jediným, v ktorom má Slovensko svojho zástupcu v medzinárodnom organizačnom výbore (Ing. Ďuriš).

Na Slovensku sa tejto problematike venuje Slovenská astronomická spoločnosť pri SAV – Sekcia ochrany pred svetelným znečistením, Slovenský zväz astronómov amatérov a Hvezdáreň v Rimavskej Sobote.



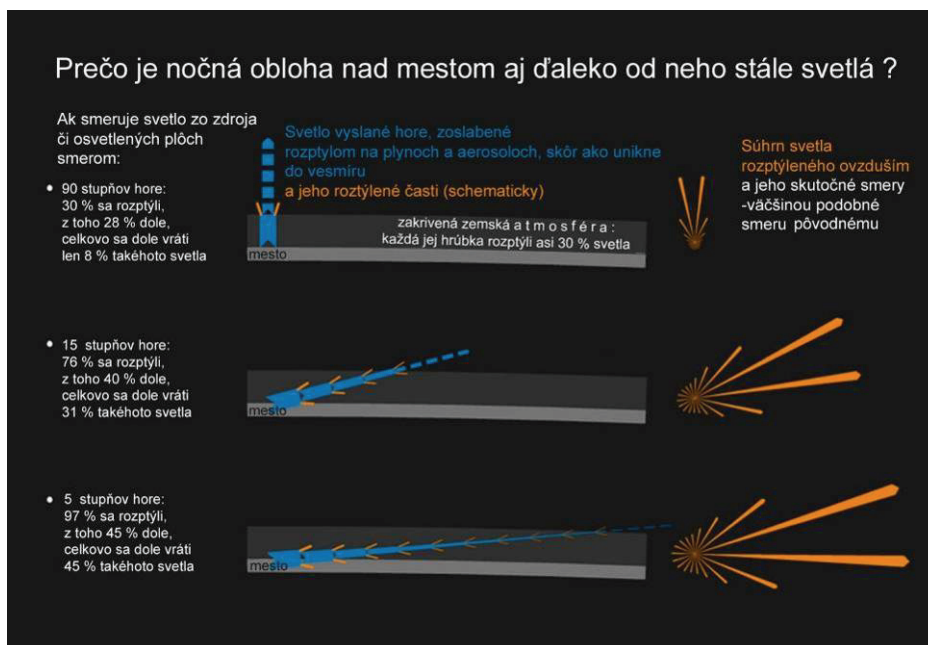
Obr. 1 Logo projektu Tmavá obloha

1. Čo je svetelné znečistenie a ako vzniká

Svetelné znečistenie je vo všeobecnosti akékoľvek umelé svetlo s nežiaducimi vedľajšími účinkami. Je to svetlo, ktoré je rozptýlené v atmosfére (na molekulách plynov, na časticách prirodzeného alebo umelého pôvodu), je umelo pridávané do nočného prostredia, svieti tam, kde to nie je potrebné.

Jednoznačný výklad termínu neexistuje. Existujú názory, že slovné spojenie „svetelné znečistenie“ je nesprávne, nakoľko svetlo nič neznečisťuje, že tento termín je nesprávny. Svetlo je indikátorom existencie atmosféry a jej okamžitého stavu. Nutnou podmienkou, aby niečo bolo znečistené je skutočnosť, že to zostane znečistené aj po skončení pôsobenia toho, čo znečistenie spôsobuje ⁽¹⁾. V prípade svetla sa však rozptýl v atmosfére okamžite skončí vypnutím jeho zdroja. Preto je, podľa niektorých autorov, snáď vhodnejšie používať termín „rušivé svetlo“ alebo „svetelný smog“. V zahraničnej legislatíve, v odbornej, predovšetkým astronomickej, ale aj laickej verejnosti je však zaužívaný termín svetelné znečistenie. Pre populárne prednášky sú vhodné napríklad názvy: „Zachráňme noc“, „Potrebujeme tmú?“, „Máme dostatok tmy?“.

Svetelné znečistenie vzniká rozptylom svetla v atmosfére. Z hľadiska šírenia tohto znečistenia sú najhoršie takzvané šikmé zväzky. Ak smeruje svetlo zo zdroja kolmo hore, v atmosfére sa rozptýli len 30 %, ostatné unikne do vesmíru. Pri svietení v uhle 15° nad horizont sa však rozptýli už 76 % a pri 5° dokonca 97 %. Veľké mestá osvetľujú oblohu často aj do vzdialenosti väčšej ako 100 km. Pozemné merania jasu nočnej oblohy sú od polovice minulého storočia a v posledných rokoch je nárast exponenciálny. Prognóza do budúcnosti je priam hrozivá. V súčasnosti 99% populácie v Európe žije v oblastiach zasiahnutých svetelným znečistením. Hlavným zdrojom svetelného znečistenia je predovšetkým nevhodné verejné osvetlenie.



Obr. 2 Vplyv šikmých zväzkov na rozptyl v atmosfére

(1) Výnimkou sú fosforeskujúce (fotoluminiscencia) látky v atmosfére alebo pôsobenie svetla na fotografické emulzie alebo CCD čipy. V tomto prípade je zaužívané používať termín závoj alebo šum.

Inštalované svietidlá svietia aj tam kam nemajú. V mestách a obciach je množstvo svietidiel, ktoré cez deň vyzerajú možno pekne, no v noci svietia hlavne do očí. Sú

mnohonásobne svetlejšie ako osvetľovaný terén, pôsobia veľmi rušivo. Ľudia sú oslnení. Rekonštrukcie verejného osvetlenia, ktoré sú v súčasnosti bežné sú však často zamerané len na úspory elektrickej energie. Rekonštrukciou sa dá ušetriť 30 – 50 % elektrickej energie potrebnej na verejné osvetlenie, no stačí však len málo a rekonštrukcia by mohla zamedziť aj nadmernému rušivému svetlu a predovšetkým oslneniu.

2. Vhodné a nevhodné osvetľovanie

V mestách a obciach, na osvetľovanie komunikácií, reklamných plôch, štadiónov, parkovísk, športovísk sú často používané svietidlá, ktoré svietia aj tak kde nemajú. Typickým príkladom sú rozšírené „gule“, dohora svietiace reflektory či svietidlá s vypuklým sklom a nevhodným sklonom. Tieto svietidlá sú nielen nevhodné z hľadiska svetelného znečistenia ale sú aj neekonomické, nakoľko značná časť svetla svieti na miesta kam nemá. Príklady vhodných a nevhodných svietidiel verejného osvetlenia sú **v prílohe**.

Základné princípy osvetľovania:

- Svietidlá majú svietiť len tam, kde je to nutné a vždy len toľko, ako je to nutné.
- Svietme len dole pod seba, nie do vodorovných smerov alebo dokonca smerom hore.

Do horného polpriestoru nesvietme vôbec !

Čo nemusíme:

- nesvietme na iné pozemky, miesta či plochy, napríklad na susedov dvor, záhradu, svah nad obcou, do okien domov, ale len na chodník, vozovku či inú plochu, kde je to nevyhnutne nutné
- nesvietme do očí chodcom, vodičom, zamestnancom, hosťom, ...
- nesvietme zbytočne silno
- nesvietme nad obzor alebo len tak do vzduchu.

3. Negatívne vplyvy svetelného znečistenia

3.1. Príroda

Ľudia v noci väčšinou spia, no veľa živočíchov je aktívnych práve v noci. Nadmerné svetlo v ich prirodzenom prostredí je pre nich vážnym problémom. Nedostatok tmy narušuje ich prirodzený životný cyklus, ktorému sa prispôbovali milióny rokov počas svojej evolúcie.

Asi dve tretiny vtákov tiahnu prevažne v noci, orientujú sa podľa hviezd aj magnetického poľa. Ak sú pozemné svetlá príliš jasné, vtáci sú dezorientovaní, zosadajú a nepokračujú v lete. Pri zamračenej oblohe je tento efekt ešte výraznejší. Vtáci často krúžia okolo osvetlených výškových budov, vrážajú do nich a hynú. V dôsledku stretu s budovami zahynie 100 – 900 miliónov vtákov ročne. Je to viac ako všetky ostatné spôsoby spolu. V tabuľke sú výsledky výskumu počas 20 rokov. Ako odstrašujúci príklad je bilancia jednej noci v Toronte v roku 2000: pri 34 budovách bolo nájdených mŕtvych 582 vtákov (37 druhov)...

Tab. 1

faktory úhynu vtákov	počet za rok
zrážky s budovami	100 - 900+ miliónov
elektrické vedenia	< 174 miliónov
poľovníci.	100 + miliónov
mačky	100 miliónov
automobily	50 -100 miliónov
poľnohospodárstvo (pesticídy)	67 miliónov
komunikačné veže	4 - 10 miliónov
oleje a plynné exhaláty	1 - 2 milióny
transformátory	> 1 000
zásobníky a nádrže (utopenie), zúrodňovanie pôdy, komerčný rybolov, povrchové bane, ...	neznáme

Vtáky žijúce v mestách alebo v blízkosti ľudských obydlií reagujú na svetelné znečistenie zmenou svojho životného rytmu. Problematickejšie rozoznávajú príchod noci, spievajú aj v noci, v noci pokračujú v kŕmení mláďat alebo začínajú hniezd v nevhodnom čase.

Hmyz je prirodzene priťahovaný lampami, zvlášť tými, ktoré sú zďaleka nápadné. V ich okolí hľadajú potravu, partnera alebo miesto na kladenie vajíčok. Celé roje hmyzu v okolí pouličných svietidiel sú bežné, no v žiadnom prípade nie prirodzené. Netesné kryty svietidiel sú pre hmyz smrteľnými pascami, hmyz je ľahko uloviteľný predátormi, nekonečným krúžením okolo zdroja svetla sa vysilí a hynie. Tieto svetelné pasce sa významne podieľajú na ochudobňovaní druhej rozmanitosti hmyzu aj výraznej redukcii ich počtu. V mnohých prípadoch sa jedná o druhy, ktoré sú dôležité pre reprodukciu rastlín alebo aj opelenie ovocných stromov.

Známy je prípad vyliahnutých korytnáčiek, ktoré sa dezorientované umelým osvetlením vydávajú smerom od mora a hynú. Nakoľko situácia začala byť kritická v čase liahnutia karety veľkej sú svetlá v blízkosti pláží redukované alebo dokonca vypínané.

Umelé svetlo rozvracia aj vodné ekosystémy, pretože mnohé organizmy sú závislé na tmavej noci. Napríklad osvetlenie väčšie ako asi stotina luxu obmedzuje vyplávanie dafnií k hladine a teda aj konzumáciu fytoplanktónu.

Silné svetelné zdroje v blízkosti stromov majú vplyv na nepravidelnosť ich koruny. Na svetlo sú citlivé napríklad platany, stromy na umelé svetlo reagujú neskorým opadávaním listov a následne poškodením mrazmi.

3.2. Človek

Svetelné znečistenie je novým prvkom zasahujúcim do života ľudí. Pokojný spánok je nutný na regeneráciu organizmu. Regenerácia v tme je rýchlejšia o 1 - 2 hodiny.

Denný a nočný režim je určovaný receptormi v sietnici, ktoré sú na nej rozložené rovnomerne a obsahujú farbivo melanopsin. Tieto gangliové bunky majú maximum citlivosti viac do modrej časti spektra (465 ± 20 nm) ako je maximálna citlivosť ľudského oka v žltozelenej oblasti (okolo 555 nm). Biorytmus riadi epifýza (nadvesok mozgový, šuškovité teliesko) a hormón melatonín, ktorý produkuje. Tento „spánkový“ hormón je produkovaný len v tme. Melatonín je najúčinnnejším antioxidantom, ktorý chráni bunky pred nádormi, zníženie jeho hladiny znamená nárast kyslíkových radikálov. Kyslíkové radikály narušujú jadrá buniek a tým prispievajú k vzniku karcinogénnych ochorení, arterosklerózy a ďalších chorôb. Nedostatok melatonínu zapríčiňuje vyššiu tvorbu nádorov a ich rýchlejšiu rast. Je vysoko pravdepodobné, že

svetelné znečistenie je jedným z faktorov čoraz väčšieho výskytu civilizačných chorôb.

Napriek tomu, že experimentálne potvrdenie tohto faktu nie je jednoduché z dôvodu problematickeho porovnania rizikových skupín, prvé nevyvrátiteľné dôkazy existujú. Vplyv nočného svetla je preukázaný u výskytu rakoviny prsníka a prostaty a to až päťnásobne u ľudí dlhodobo pracujúcich v nočných zmenách.

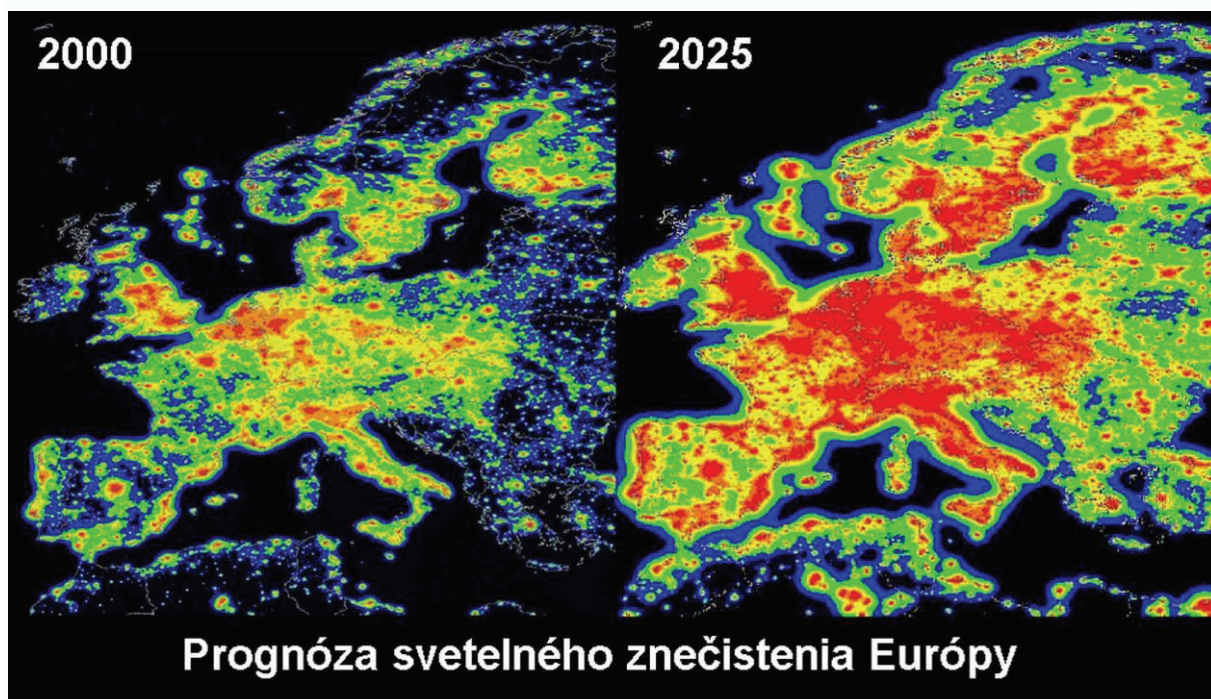
Riešením redukcie nevhodného osvetľovania je používanie plne clonených svietidiel, ktoré svietia len tam kde majú a redukcia intenzity v čase, keď to nie je potrebné. Ako zdroj svetla je najvhodnejšia sodíková výbojka, ktorej maximum žiarenia je v žltej oblasti spektra a v modrej, ktorá denný rytmus poškodzuje, vyžaruje len minimálne.

Škodlivosť nedostatku tmy je dokázaná a v budúcnosti bude mať vážne biomedicínske dôsledky, ktorých závažnosť si teraz uvedomujú len odborníci zaoberajúci sa touto problematikou. Narušením prirodzených biologických rytmov sa zvyšuje stres, nespavosť i psychické problémy.

3.3. Spoločnosť

Svietením do nepotrebných smerov zbytočne mŕňame elektrickú energiu a tým prispievame k produkcii skleníkových plynov, ktoré sú zodpovedné za globálne otepľovanie. Aj keď dnes ešte existuje hŕstka odborníkov, ktorí problém globálneho otepľovania popierajú, je to fakt ktorý tu je a ľudstvo ho riešiť musí. A navyše, za zbytočné a neefektívne svietenie platíme, mrháme finančnými prostriedkami. Len v USA sa za svietenie „do vzduchu“ vynaložia 2 miliardy dolárov. Ak sa dnes slovo ekológia skloňuje na každom kroku, je na mieste si uvedomiť, že aj vhodným osvetľovaním môžeme prispieť k aspoň nezhoršujúcemu sa stavu.

Mestský človek a dnes predovšetkým deti považujú pohľad na hviezdnu oblohu za vzácnosť, ochudobňujeme sa o pohľad do vesmíru. Hviezdnatá obloha je neoddeliteľnou súčasťou prírody, mali by sme si ju chrániť, aby sme sa nemuseli na ňu chodiť pozeráť do chránených parkov tak, ako dnes chodievame do zoolologickej záhrady.



Obr. 3 Prognóza svetelného znečistenia Európy

Závažným problémom nevhodného osvetľovania je oslnenie, ktoré je zvlášť škodlivé u starších ľudí. Správne osvetľovanie má svoj význam aj v bezpečnosti na cestách a chodníkoch.

3.3.1. Dopravná nehodovosť

Nevhodné osvetlenie má vplyv aj na dopravnú nehodovosť predovšetkým z týchto dôvodov:

- oslnenie vodičov priamym svetlom, efekt podobný tomu ako pri osvetlení diaľkovými svetlami prichádzajúceho motorového vozidla
- pri oslnení vodiča sú jeho oči nútené náhle sa prispôsobiť vyššej intenzite, predlžuje sa jeho reakčný čas
- osľujúce osvetlenie chodníkov, peších zón či schodov môže byť zdrojom úplne zbytočných úrazov . Zvlášť dôležité je správne osvetlenie prechodov pre chodcov.
- pri striedaní nevhodných svietidiel vzniká „plotový“ – stroboskopický efekt, ktorý významne prispieva k únave vodiča.

3.3.2. Kriminalita

Ak svietidlá nesvietia do očí, vidíme lepšie aj do tmavých zákutí. Častokrát stačí polovičná intenzita osvetlenia k tomu, aby sme pohodlne a bezpečne rozoznávali v noci predmety, či prekážky na ceste.

Aj keď vplyv na kriminalitu nie je veľký, predsa existuje. Je mylné sa domnievať, že silným osvetlením priestorov a budov kriminalita poklesne. Pri vysokej intenzite svetla je oko oslnené a nie je vidieť do tmavých zákutí. Výsledky napr. z Chicaga ukazujú, že pri vhodnej rekonštrukcii verejného osvetlenia bol zaznamenaný pokles, nie nárast kriminality. Pre zníženie kriminality teda nie je dôležitá intenzita osvetlenia, ale jeho kvalita bez možnosti prípadného oslnenia. V mestách a obciach sú pre zvýšenie bezpečnosti montované monitorovacie „strážne“ CCD kamery, ktoré sú však prispôbené automatickému režimu snímania a teda silné zdroje svetla ich relatívnu citlivosť znižujú.

3.3.3. Astronómia

Na problém svetelného znečistenia začali ako prví poukazovať práve astronómovia, ktorým sa na oblohe začali strácať hviezdy. Presvetlená obloha je prekážkou pri skúmaní vesmíru, vadí nielen astronómom profesionálnym. Hviezdna obloha je neoddeliteľnou súčasťou nášho prirodzeného prírodného prostredia a je v našich silách zladit' rozvoj spoločnosti s pohľadom na tmavú nočnú oblohu.

4. Legislatíva

Kanárske ostrovy

Už v roku 1988 prijala Španielska vláda zákon, ktorý na stal vzorom pre ďalšie mestá, regióny či štáty. V tomto turistickom raji dokázali zladit' požiadavky vhodného osvetlenia s ochranou nočnej oblohy. Jedným z dôvodov bol aj fakt, že sa tu nachádzajú významné astronomické observatória.

Lombardia

V severotalianskej provincii Lombardia bol v roku 2000 prijatý regionálny zákon regulujúci vonkajšie osvetlenie, ktorého účelom je nielen úspora elektrickej energie ale aj ochrana vedeckého výskumu a popularizácie astronómie. Na základe kladných ohlasov obyvateľstva bol zákon v roku 2004 ešte sprísnený.

Katalánsko

Autonómna oblasť severovýchodného Španielska prijala v roku 2001 zákon zamedzujúci svetelnému znečisteniu. Je to aj výsledok aktivít ochrancov prírody. Usporili 30 % elektrickej energie, poklesla kriminalita, s clonenými svetidlami sú ľudia veľmi spokojní.

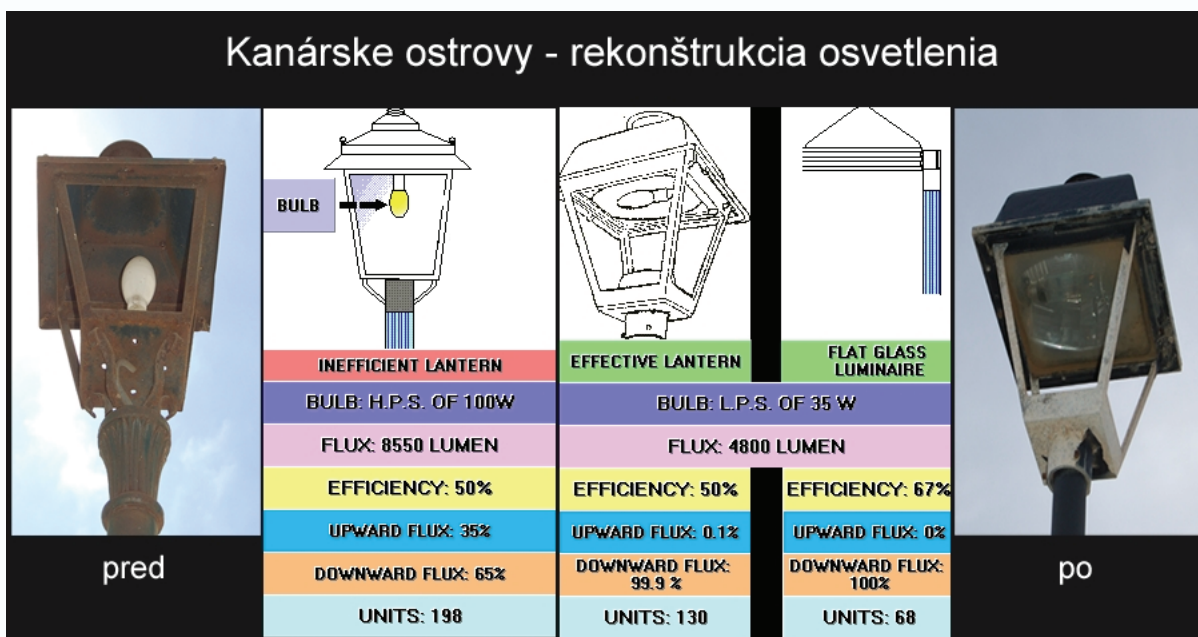
Česká republika

Prvý celoštátny zákon regulujúci vonkajšie osvetlenie prijala Česká republika v roku 2002 (zákon o ochrane ovzdušia č. 86/2002). Prijatie tohto zákona sa stretlo vo svete s veľkým a pozitívnym ohlasom. Vykonávacie predpisy však vládou prijaté neboli a v roku 2004 bola dokonca schválená novela zmiernujúca.

Slovinsko

27. augusta 2007 bol v Slovinsku prijatý celoštátny zákon, ktorý účinne reguluje vonkajšie osvetľovanie s cieľom redukcie nákladov na spotrebu elektrickej energie ale aj ochranu nočného prostredia pred nežiaducimi účinkami svetla. Osvetlenie bude v Slovinsku plne v súlade so zákonom do roku 2017 a pri dvojmiliónovej populácii sa ročne ušetrí za elektrinu 10 miliónov euro.

Pozitívne príklady sú aj z niektorých štátov USA (**Connecticut, Rhode Island**), niekde sa plne clonené svetidlá používajú na osvetľovanie komunikácií už desaťročia (**Washington, Kalifornia**). Správnym smerom sa vybrali aj niektoré mestá v **Chile**, v Európe je mnoho správne osvetlených miest vo **Švajčiarsku**.



Obr. 4 Rekonštrukcia osvetlenia

Skvelým príkladom vhodnej rekonštrukcie verejného osvetlenia je **Calgary** v Kanade. Toto vyše miliónové mesto vymenilo v roku 2001 všetkých 49 000 svetidiel. Všetky svetidlá majú ploché spodné kryty, neoslňujú a aj pri rastúcich cenách energie bola návratnosť investície len 6 rokov. Úspora za energiu je 2,1 milióna USD.

U nás sa síce robia rekonštrukcie verejných osvetlení, hlavným účelom je však úspora energie, problém svetelného znečistenia je zanedbávaný. Sú bežné prípady svetidiel, ktoré síce svetelné znečistenie nespôsobujú, no oslnenie áno. V niektorých štátoch Európskej únie je legislatíva zaoberajúca sa touto problematikou v príprave

a je len otázkou času, kedy bude schválená záväzná norma pre všetky členské štáty. A malo by teda byť logické, aby sa súčasné rekonštrukcie robili nielen s ohľadom na úsporu elektrickej energie.

U nás, žiaľ, máme len veľmi nedostatočnú oporu v § 127 Občianskeho zákonníka (40/1964 Zb.):

„Vlastník veci sa musí zdržať všetkého, čím by nad mieru primeranú pomerom obťažoval iného alebo čím by vážne ohrozoval výkon jeho práv. ... nesmie nad mieru primeranú pomerom obťažovať susedov hlukom, prachom, popolčekom, dymom, plynmi, parami, pachmi, pevnými a tekutými odpadmi, svetlom, tienením...

Tento paragraf je možné aplikovať v prípade konkrétneho zdroja svetla, ktorý je nevhodný a obťažuje.

Záver

Problém svetelného znečistenia je problémom celosvetovým. Vzhľadom na prirodzený rozvoj civilizácie bude veľmi problematické súčasný nepriaznivý stav zvrátiť. Je však možné tento stav aspoň nezhoršovať, veď svetelné znečistenie je práve zo všetkých znečistení odstrániteľné najľahšie. V mnohých prípadoch sú riešenia veľmi jednoduché a nevyžadujúce veľké investície. Jedná sa skôr len o pochopenie závažnosti problematiky. Je nutné používať plne clonené svietidlá s plochými krytmami, citlivo osvetľovať reklamné plochy, štadióny a športové areály, parkoviská. Zamedziť svieteniu nad horizont a mimo objektov, ktoré majú byť osvetľované, v noci, keď to nie je potrebné svetlá vypínať alebo aspoň ich intenzitu znížiť.

Problému sa venujú v súčasnosti odborníci z mnohých odborov: astronómia, ekológia, energetika, ornitológia, entomológia, neurológia, onkológia, dopravní technici, kriminalisti... V rámci IYA 2009 je na Slovensku putovná výstava k problematike svetelného znečistenia a vyhlásená fotografická súťaž Svietme si na cestu, nie na hviezdy (www.szaa.org, www.svetelneznecistenie.sk).



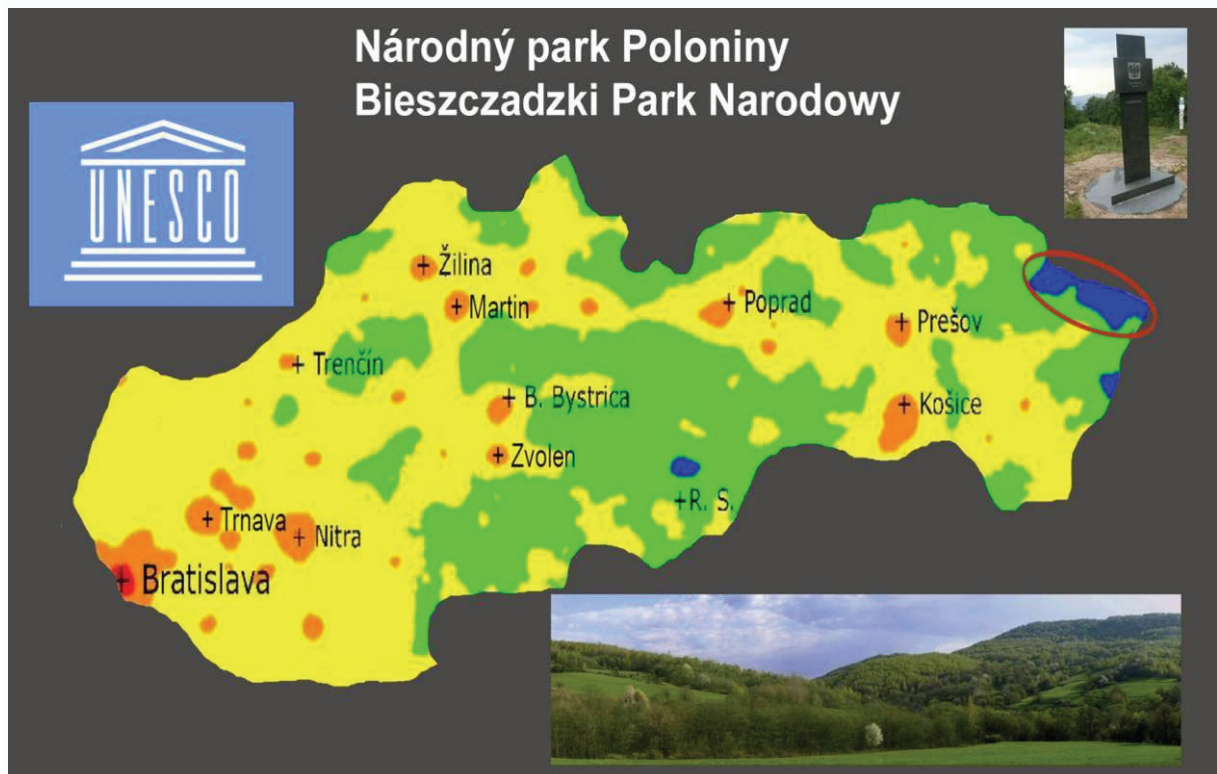
Obr. 5 Logo fotosúťaže

Správnym osvetľovaním dosiahneme:

- zmenšenie spotreby elektrickej energie, zníženie produkcie CO₂, NOX, SO₂ a iných škodlivých emisií
- pre ľudí vytvoríme zdravšie prostredie, ktoré môže prispieť k zníženiu výskytu civilizačných chorôb

- zlepšíme prirodzené prostredie pre živočíchy a rastliny, ktoré tmu potrebujú pre svoju existenciu
- zmenšíme oslnenie a tým zvýšime bezpečnosť v doprave a pre chodcov
- umožníme kvalitnejšie astronomické pozorovania a prispejeme k poznávaniu krás nočnej oblohy, ktorá je našim kultúrnym dedičstvom

Pre dosiahnutie týchto cieľov je však nutné, aby sa touto problematikou začali vážne zaoberať aj politici. Od miestnych až po tých vrcholových.



Našou snahou je vytvoriť chránené územie (informačnú zónu), kde bude nočná obloha blízka prírodným podmienkam, nerušeným svetelným znečistením.

Deklarácia ľudských práv pre budúce generácie:

„Budúce generácie majú právo na nezničenú a neznečistenú Zem, vrátane práva na čistú oblohu“.

(konferencia UNESCO, La Laguna, Tenerife, Kanárske ostrovy, 1994)

Podakovanie

Za podklady a spoluprácu ďakujem: RNDr. Janovi Hollanovi (Hvězdárna a planetárium M. Kopernika v Brne), Pavlovi Suchanovi (Česká astronomická společnost, Astronomický ústav AV ČR v.v.i.) a Ing. Pavlovi Ďurišovi (Slovenská astronomická spoločnosť pri SAV, Slovenský zväz astronómov amatérov).



Ilustračný obrázok hvezdárne za súčasného stavu



Ilustračný obrázok hvezdárne bez svetelného znečistenia

Adresa autora

RNDr. Pavol Rapavý
Hvezdárneň v Rimavskej Sobote
Tomašovská 63
979 01 Rimavská Sobota
astrors@astrors.sk

Príloha (nevhodné a vhodné typy svietidiel)



VYUČOVANIE FYZIKY NA GYMNÁZIUM PAVLA HOROVA MICHALOVCE

Mária Spišáková, Peter Spišák

Gymnázium P. Horova, Michalovce

Abstrakt: Predstavenie kabinetu fyziky na škole, modernizácia pomôcok, demonštračné pokusy s použitím systému Vernier, portál pre publikovanie laboratórnych prác WebSCI LAB.

Kľúčové slová: vyhodnocovanie meraní počítačom, demonštračné pokusy s Vernierom.

Úvod

Súčasná generácia študentov stredných škôl je pripravovaná pre povolania, v ktorých budú pracovať skoro iba na najvýkonnejších zariadeniach IT. Všetky odvetvia výroby a služieb sa modernizujú, ale pomôcky v školstve, pomocou ktorých študentov pripravujeme na ďalšie povolania sú staré aj 30 rokov. Je nutne potrebné obnoviť vybavenie kabinetov nielen fyziky ale aj všetkých prírodovedných predmetov. Uvedomujúc si túto potrebu, aj na našej škole sa snažíme zmodernizovať našu zbierku pomôcok. Začali sme zakúpením systému pre meranie a vyhodnocovanie meraní – systému Vernier.

Škola a aktivity kabinetu fyziky

Našu školu navštevuje okolo 1000 študentov a pôsobí tu viac ako 60 učiteľov. Máme dlhodobú tradíciu tried so zameraním na informatiku, dlhodobú tradíciu vyučovania fyziky a prípravy na olympiády z fyziky. Z množstva aktivít spomenieme reprezentáciu SR na medzinárodných fyzikálnych olympiádach (1992, 2001, 2002) a to najmä študenta Tomáša Dzetkuliča, ktorý získal bronzovú medailu na 33. medzinárodnej fyzikálnej olympiáde na ostrove Bali v roku 2002. Aj v súčasnosti máme množstvo kvalitných študentov z okolia do 30 km, ktorí prišli študovať informatiku a majú vzťah k prírodovedným predmetom. Práve na tejto základni chceme pokračovať vo vyučovaní fyziky.

V auguste 2008 sme boli spoluorganizátormi celoslovenského semináru Vanovičove dni 2008, ktoré pravidelne organizuje Gymnázium V. Paulínyho - Tótha, pod gesciou FPS JSMF a SFS.

Medzi naše aktivity môžeme prirátať seminár pre učiteľov prírodných vied regiónu Zemplína: „Učiteľ prírodovedných predmetov na začiatku 21. storočia“, ktorý sa uskutočnil v rámci Týždňa vedy a techniky v novembri 2008.

Laboratórne a demonštračné pokusy s Vernierom

Začiatok modernizácie vybavenia laboratória fyziky sme riešili nákupom najmodernejšej učebnej pomôcky na zber a vyhodnocovanie meraní pomocou počítača – systému Vernier. Tento systém predstavuje veľmi pokrokový, modulárny systém zberu a vyhodnocovania dát z prírodovedných experimentov. Základom systému Vernier je v súčasnosti interfejsová jednotka LabQuest, ktorá predstavuje jednotku zberu a spracovania dát z viac ako 60 existujúcich senzorov rôznych veličín. Jednotka LabQuest má veľmi jednoduché, intuitívne ovládanie pomocou farebnej dotykovej obrazovky a je schopná aj úplne samostatnej obsluhy experimentu a vyhodnotenia dát bez podpory počítača, a to aj v teréne. Existujúca paleta senzorov dát dobre pokrýva najrozličnejšie experimenty z fyziky, chémie, biológie, fyziológie, environmentálnych vied, technických a iných podobných

predmetov. Systém Vernier je kompatibilný s počítačmi Windows, Apple, ako aj s Netbookmi. Na vyhodnocovanie dát na počítačoch slúži softvér Vernier Logger Pro 3.

Prečo sme sa rozhodli pre systém podporovaný počítačom? Fyzika musí používať aj nízko nákladové pomôcky, staré hoci aj 30 rokov, ktoré jasne popisujú fyzikálne deje. Ale musíme naučiť študentov, aby výstupy z meraní vedeli spracovávať a vyhodnocovať na počítačoch a na digitálnych zariadeniach. Práve systém Vernier umožňuje v praxi dobre skĺbiť tieto požiadavky.

Absolventi gymnázií a stredných škôl, ako aj vysokých škôl budú vo svojej praxi bežne používať digitálne meracie prístroje a počítače a práve na toto ich musíme aj na hodinách fyziky pripraviť.

Počas školského roka sme si pre študentov pripravili niekoľko demonštračných a laboratórnych pokusov popisujúcich niektoré fyzikálne javy a deje.

Pripravené demonštračné pokusy:

- Tuhnutie a topenie vody
- Zákon zachovania a energie hybnosti – zrážka vozíkov a výpočet straty energie
- 2. Newtonov zákon
- 3. Newtonov zákon
- Ohmov zákon
- Boylov – Mariottov zákon

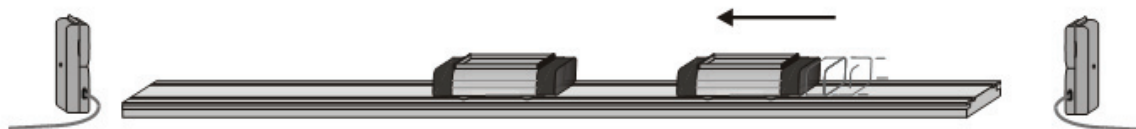
Pripravené laboratórne merania:

- Určovanie zrýchlenia telesa podľa uhla sklonu naklonenej roviny
- Meranie trecej sily
- Meranie závislosti $U=U(I)$ – Ohmov zákon

Zákon zachovania energie a hybnosti

Popis : na dynamickú dráhu s veľmi nízkym trením Vernier VDS umiestnime 2 vozíčky so silnými magnetmi v nárazníkoch tak aby sa vozíky navzájom odpuzovali. Magnety zabezpečia veľmi dobré priblíženie pružných zrážok medzi vozíkmi. Na koncoch dráhy umiestnime 2 ultrazvukové pohybové senzory, ktoré zaznamenávajú polohu oboch vozíčkov. Na začiatku pokusu nastavíme oba senzory tak, aby nula bola v strede dynamickej dráhy – v strede lavice, a aby merali s opačnými znamienkami, pre lepšiu interpretáciu výsledkov.

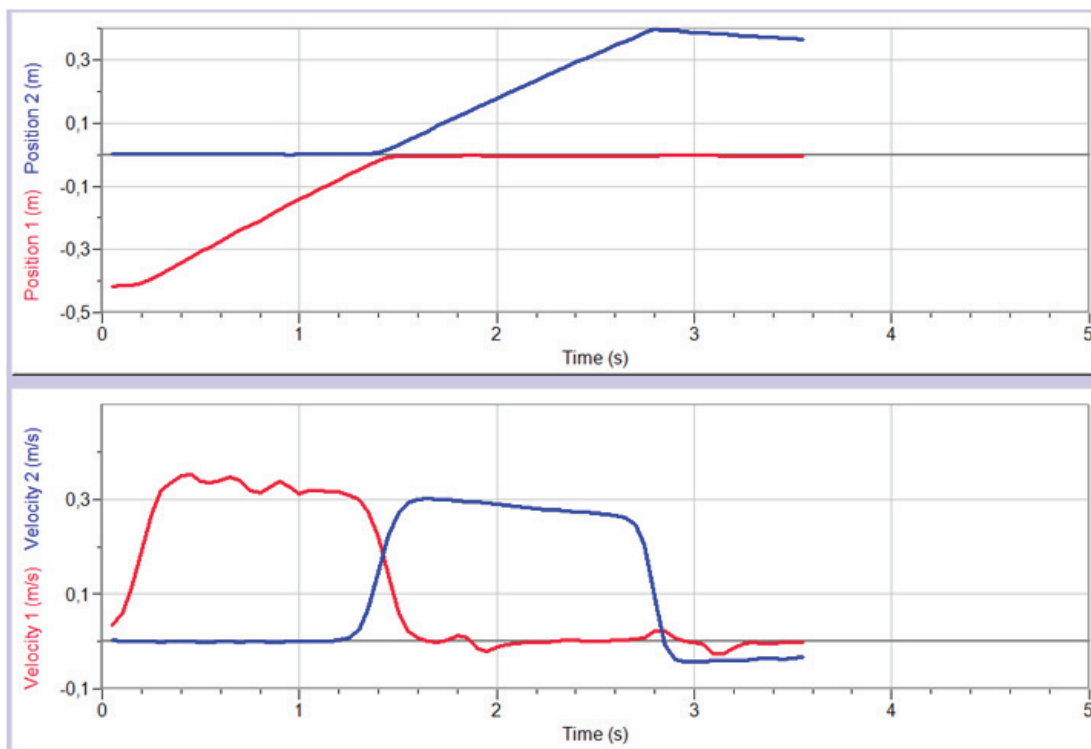
Merať môžeme s vozíčkami s rovnakou alebo s rôznou hmotnosťou. Jeden vozíček necháme stáť uprostred dráhy a druhý uvedieme do pohybu.



Obr. 1: Zostava demonštračného pokusu pre zákon zachovania hybnosti a energie

Na výstupe nám jednotka LabQuest, resp. softvér Vernier Logger Pro 3 znázorní grafy, ktoré ilustrujú priebeh $s=s(t)$ alebo $v=v(t)$. V diskusii so žiakmi dokážeme, že

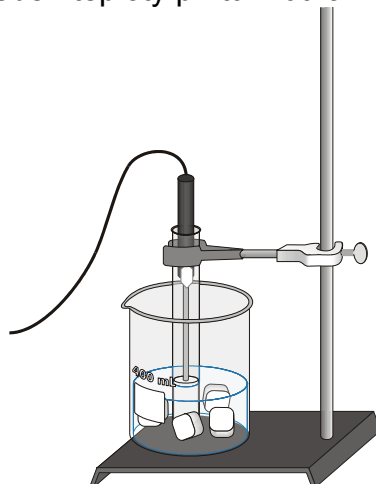
strata hybnosti celej sústavy pred zrážkou a po nej je skoro rovná nule. Straty vznikajú nepatrným trením na dynamickej dráhe, odporom vzduchu a podobne. Odčítaním hodnôt rýchlostí vozíčkov tesne pred zrážkou ($v_1=0,310 \text{ ms}^{-1}$) a tesne po zrážke ($v_2=0,302 \text{ ms}^{-1}$) vypočítame, že strata rýchlosti je okolo 2,5%.



Obr. 2: Grafy merania polohy a rýchlosti vozíčkov pri pružnej zrážke

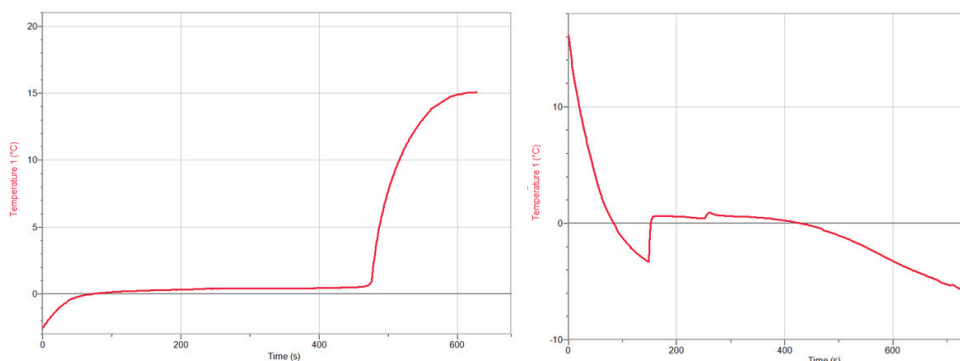
Tuhnutie a topenie vody

Postup: Zostavíme meranie podľa náčrtu. Do vonkajšej, chladiacej nádoby dáme studenú vodu s ľadom. Vo vnútornej odmerky dáme destilovanú vodu s teplomerom zapojeným do jednotky LabQuest. Do vonkajšej nádoby prisypávame kuchynskú soľ. V chladiacej nádobe prebieha endotermická reakcia, ktorá spôsobí zníženie teploty vody až na približne -8°C . Na jednotke LabQuest, alebo priamo v softvéri Logger Pro 3 na počítači pozorujeme priebeh teploty pri tuhnutí a neskôr pri topení ľadu.



Obr. 3: Zostava pre demonštráciu tuhnutia vody a topenia ľadu

Priamo počas výkladu a diskusii so žiakmi na grafe vidíme priebeh teploty pri tuhnutí vody a pri topení ľadu.



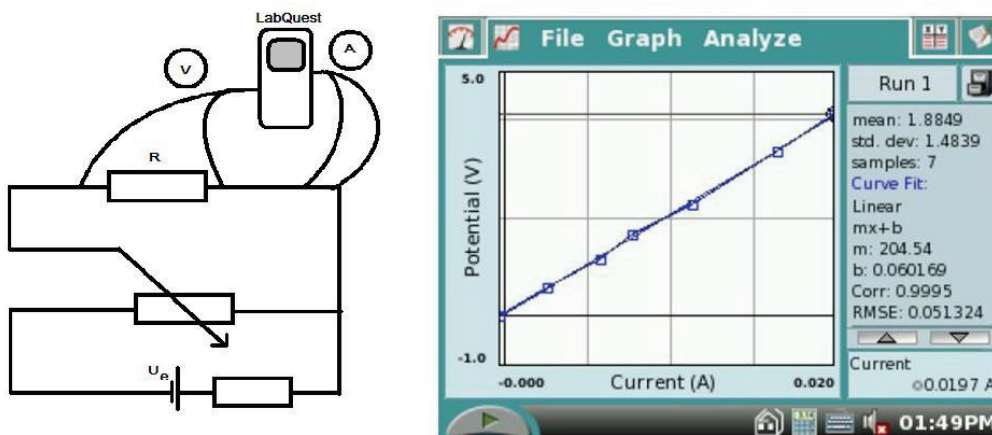
Obr. 4: Graf závislosti teploty od času pri topení a tuhnutí vody

Overenie Ohmovho zákona a Boylovho – Mariottovho zákona

Oba zákony sa merajú rovnakým princípom merania ako v klasickom meraní pomocou zapisovania hodnôt do tabuľky, ako sme používali pred zakúpením Verniera. Jednotka Lab Quest umožňuje okrem kontinuálneho merania, merať a spôsobom zapisovania jednotlivých udalostí („Events with Entry“). Takto dostaneme tabuľku a graf merania, ktoré pozostávajú z jednotlivých nameraných bodov. Boylov – Mariottov zákon overujeme meraním závislosti tlaku od objemu pomocou injekčnej striekačky, na ktorú je pripojený senzor tlaku plynu. Jeden študent pomaly stláča piest striekačky. Pri vybraných hodnotách objemu, druhý študent stlačí tlačidlo záznamu hodnôt na jednotke LabQuest, ktorá hodnoty objemu a tlaku zapíše. Objem sa zadáva ručne, podľa mierky na striekačke. Po ukončení merania jednotka LabQuest vykreslí graf závislosti $p=p(V)$.

Podobne je to aj pri meraní Ohmovho zákona, ale tu nemusíme zadávať hodnotu jednej veličiny ručne, pretože obe hodnoty jednotka LabQuest dokáže merať senzormi prúdu a napätia. Pred meraním si zvolíme zber dát typu „Selected Events“ – vybrané záznamy. Do zostaveného obvodu pre ohmov zákon pripojíme senzor merania napätia a prúdu. Potenciometrom meníme hodnoty napätia, pričom jednotlivé hodnoty zaznamenáme tlačidlom ► (KEEP) na jednotke LabQuest. Zaznamenáme tak aspoň 6 hodnôt. Po ukončení merania a preložení krivky nameranými hodnotami dostávame graf aj hodnoty odporu. Pre znázornené meranie sme použili odpor menovitej hodnoty 200Ω a jeho vypočítaná hodnota nám vyšla $204,54\Omega$.

Presnosť merania je až prekvapujúca. Dostali sme hodnoty odporu s presnosťou, ktorá je pre školský pokus úplne dostačujúca.

Obr. 5: Zapojenie merania Ohmovho zákona a grafický výstup obrazovky LabQuestu, pri použitom odpore 200Ω .

Laboratórne merania

Keďže zatiaľ na škole máme len 2 jednotky LabQuest, tak si ďalšie jednotky, pre účely laboratórnych meraní, požičiavame od sponzora. Pre meranie s Vernierom sme zatiaľ vypracovali 2 laboratórne cvičenia v 1. ročníku:

- Určovanie zrýchlenia telesa podľa uhla sklonu naklonenej roviny
- Meranie tretej sily

Portál WebSci-LAB

Vytvorili sme portál, ktorý vznikol ako študentská práca, na publikovanie laboratórnych cvičení pre fyziku. Zatiaľ je umiestnený na freehostingovom serveri <http://www.socfyz.ic.cz>. Na portál môžu publikovať laboratórne protokoly a laboratórne cvičenia iba registrovaní účastníci. Ku protokolom je možné pridávať obrázky schém, resp. fotografie z meraní, videá a taktiež je možné pridávať tabuľky, v ktorých sa počítajú automatické súčty, priemery resp. odchýlky meraní. Práca sa umiestnila na 4 mieste na krajskom kole SOČ 2009.

Záver

Študenti prijali používanie jednotky LabQuest na hodinách fyziky s veľkým nadšením. Hodiny, na ktorých sú predvádzané demonštračné pokusy majú veľký ohlas, ešte aj po mesiacoch si pamätajú deje, ktoré sme popisovali. Keďže nám LabQuest umožňuje urobiť aj kvantitatívne závery meraní, tak aj priamo na hodine potvrdzujeme platnosti demonštrovaných dejov a zákonitostí a tým často odpadá nudné matematické odvodzovanie vzťahov. Aj keď tieto odvodzovania ukazujeme, neočakávame od študentov ich ovládanie. Podstatné pre nich sú demonštrácie a diskusia okolo fyzikálnej podstaty javov.

Predpokladáme, že v budúcnosti sa našej škole podarí získať prostriedky na doplnenie počtu interfejsových jednotiek LabQuest a potrebných senzorov tak, aby sme mohli iba z vlastnými zdrojmi pokryť potreby celého laboratória fyziky. Vidíme, že cesta na ktorú sme sa v našom kabinete s kolegami pustili je dlhá a náročná, ale určite prinesie ovocie vo vzťahu študentov ku fyzike a k rozvoju ich fyzikálneho myslenia.

Adresa autora

RNDr. Mária Spišáková
Gymnázijm Pavla Horova
Masarykova 1
071 01 Michalovce
spisakov@gphmi.sk

RNDr. Peter Spišák CSc.
PMS Delta s.r.o
Fándlyho 1
071 01 Michalovce
spisak.peter@pmsdelta.sk

STRATÉGIA INTEGROVANÉHO E-LEARNINGU VO VÝUČBE KMITOV PROSTREDNÍCTVOM INTERAKTÍVNEJ TABULE

Miroslava Ožvoldová^{1,2}, Anna Martinková^{3,4}

¹Trnavská univerzita v Trnave, Pedagogická fakulta, Katedra fyziky

² Univerzita Tomáše Bati v Zlíne, Fakulta aplikovanej informatiky, UAM

³ Ostravská univerzita, Pedagogická fakulta, KIKT

⁴ VŠB TU v Ostravě, Středisko vzdělávání

Abstrakt: *Súčasný rozvoj informačných technológií umožnil vytvoriť interaktívne simulácie ako virtuálny experiment a reálny vzdialený e-experiment prístupný cez internet. Ich implementácia do výučby fyziky je neoddeliteľnou súčasťou moderného učiteľa, pretože dosiahnuté výsledky študentov závisia v mnohom od použitých metód a foriem vzdelávania. Príspevok prezentuje nielen pozorovanie javov reálneho sveta prostredníctvom reálneho vzdialeného experimentovania na báze integrovaného e-learningu, ale ukazuje i výhody pozorovania s využitím i-tabule. Takáto kombinácia znásobuje interaktivitu ako učiteľa tak študentov. Jednou z výhod interaktívnej tabule Smart Board je, že umožňuje vytváranie vlastných videozáznamov. Ako nadobudnúť a rozvíjať takéto kompetencie s podporou technológie Media Site demonštrujeme na príklade celku Kmity a vlny.*

Kľúčové slová: Applet, integrovaný e-learning, fyzika, interaktívna tabuľa, video záznam.

Úvod

Fyzika kedysi lákala mnohých mladých ľudí svojim obsahom a objavovaním. O fyziku sa nezaujímal len tí nadaní študenti. V dobe informačných technológií sa situácia mení. Len veľmi malo mladých ľudí láka náročné štúdium prírodných vied a ich zákonov. Väčšina volí „ľahšiu“ cestu pri štúdiu. Svoje postoje si už prinášajú zo základnej i strednej školy. Možno konštatovať, že fyzika je v kríze a to nie je len našim špecifikom. Ako príklad možno uviesť situáciu v USA, kde z pôvodných 4 % študujúcich fyzikálne odbory pred štyridsiatimi rokmi v súčasnosti je to už len 1,4 % študentov [1]. Ako čeliť takejto situácii a názoru študentov, že fyzika: a) je veľmi ťažký a nezaujímavý predmet, v ktorom sa memorujú len abstraktné zákony a modely nepopisujúce javy reálneho sveta; b) vlastne neprináša nič, čo by potrebovali pre svoju budúcu odbornú kariéru.

Nebudeme detailnejšie rozvádzať, že tomu tak nie je. Na to musia postupne žiaci a študenti prísť zmenou svojich postojov k vzdelávaniu sa, najmä v matematike a prírodných vedách. Zmena však môže nastať len vtedy, ak aj učitelia niečo pre túto zmenu urobia. Máme na mysli to, že sa upustí od tradičného vzdelávania: a) prednáška väčšinou len samá teória a vzorce so snahou čím viac stihnúť za kratšiu vymedzenú časovú dotáciu, b) cvičenie - aplikácia vzorcov na výpočet príkladov, c) laboratórne cvičenia tzv. „recept laboratorný“, t.j. laboratórne úlohy podľa „receptu“- striktne podľa návodu. V mnohých študijných programoch sa laboratórne cvičenia stali nepovinné, alebo sa celkom nezrušili, čím sa experimentovanie vlastne veľmi obmedzuje. Takýto stereotyp oslovuje len málo ktorých žiakov a študentov. Preto je nevyhnutné vytvárať podmienky pre zmeny v spôsobe prípravy a využívania nových metód a foriem vzdelávania. Nová stratégia vzdelávania by mala vychádzať z poznatkov vedeckej práce a mala by začínať od pozorovania. Preto považujeme experiment za neoddeliteľnú súčasť vzdelávania na každom stupni vzdelávania

a poznávania. S týmto cieľom bola vytvorená stratégia integrovaného e-learningu, ktorá sa opiera o výdobytky najmodernejších prostriedkov informačných komunikačných technológií (IKT) a najmodernejších technických didaktických pomôcok. Za východisko je vhodné považovať pozorovanie, experimentálnu činnosť, získavanie a ukladanie experimentálnych dát a ich vyhodnocovanie. Úspešná experimentálna činnosť s teoretickým porozumením skúmaného javu je predpokladom pre motiváciu študenta. Báza pre najnovšie metódy vzdelávania je založená na interaktivite všetkých zúčastnených zložiek, či sú to ľudské faktory - ako sú učители, či študenti, alebo technické prostriedky - ako sú virtuálne simulácie, interaktívny applet, alebo vzdialený reálny experiment. Pri tom máme na mysli také aktívne činnosti, ktoré vedú k interaktívnemu vyučovaniu, prostredníctvom ktorého by žiak/študent nadobúdal vedomosti a to nielen povrchné.

Ako to dosiahne učiteľ v praxi, ktorý pracuje s veľkým počtom rôznych žiakov a má stihnúť prebrať množstvo rozsiahlych študijných tematických celkov? Jednou z možností je aktívne zakomponovanie do stratégie vzdelávania nielen počítače a internet, ale to najdôležitejšie – interaktivitu a samostatnú aktívnu experimentálnu činnosť cez reálny, či virtuálny experiment všetkých zúčastnených.

Položme si otázku čo je vlastne interaktivita? Interaktivita umožňuje dvojstrannú komunikáciu, oproti klasickému vzdelávaniu učiteľa a žiaka, kde nebola spätná väzba, pokiaľ do toho nepočítame skúšanie a preverovanie vedomostí. Nadobudnuté skúsenosti ukazujú, že táto cesta vedie cez multimédiá a nové edukačné technológie, cez hľadanie a nájdenie spôsobu, ktorý študenta motivuje, ktorý ho povzbudzuje a ktorý i monitoruje študentov vzrast vo vedomostiach a úspechu.

1 Multimédiá a edukačné technológie vo výučbe

V poslednom období sa veľa hovorí o informačnej spoločnosti, o informačných technológiách a multimédiách. Multimédiá nám umožňujú interaktívne sprostredkovať informácie vo forme textu, obrazu, zvuku, videa a grafiky pôsobením na viaceré zmysly príjemcu. Ak je interakcia medzi týmito informáciami nelineárna, hovoríme o hypermédiách. Samozrejme hypermédiá kladú väčšie nároky na hardware počítača (zvuková karta, reproduktory a i). Integrácia hypermédií v kombinácii s novými technológiami do vzdelávacieho procesu, má za cieľ rozvíjať tvorivosť pri riešení nastolených problémových úloh a teda rozvíjať schopnosť riešiť problém.

Hlavným zámerom pri zavádzaní nových technológií do vzdelávacieho procesu je:

- a) vytvárať zaujímavejšiu a prítťažlivejšiu formu vzdelávania sa;
- b) podporovať najmä aktívne učenie žiakov a študentov;
- c) uľahčiť pochopenie reálnych dejov v prírode;
- d) odstraňovať pasívny prísun informácií predkladaný učiteľom.

V dnešnej modernej dobe plnej techniky a možností získavania informácií prostredníctvom internetu už nestačí len suchopárne osvojovanie si modelovej teórie, ale je nevyhnutné a žiadúce rozvíjať kompetencie žiakov/ študentov, ktoré sú už potrebné i v praktickom živote v reálnom svete. K tomu je nevyhnutné rozvíjať kompetencie a nielen schopnosti, ktoré sa žiak/študent síce naučí, pretože tie nezaručujú i ich praktické uplatnenie v reálnom živote. Pri využívaní počítačov (PC) v spojení s internetom majú žiaci/ študenti možnosť, samozrejme okrem zábavy s rôznymi hrami, ich využívať v procese poznávania a tak podporiť rozvoj ako v kognitívnej oblasti, tak i v e-kompetenciách. PC tak umožňuje napríklad:

- využívať počítačovú grafiku a spracovanie obrazu;
- vizualizáciu okom nedostupných javov reálneho sveta;
- vizualizáciu rôznych rýchlo prebiehajúcich javov v prírode a ich spomalenie;

- sledovanie vplyvu rôznych premenných parametrov na priebeh skúmaného deja;
- pozorovať a interaktívne riadiť virtuálne experimenty;
- meranie a spracovanie reálnych experimentálnych dát získaných pomocou „hands on“ (experiment v laboratóriu), alebo „remote“ (vzdialených) experimentov, t.j. počítačom podporovaných experimentov v reálnych laboratóriách, alebo v reálnych vzdialených laboratóriách cez internet;
- numerické a teoretické výpočty, modelovanie;
- komunikácia a výmena informácií.

Iste nie sú vymenované všetky kladné stránky PC, ale je zrejmé, že posledná funkcia komunikácia a výmena informácií je najrozšírenejšia a najpopulárnejšia.

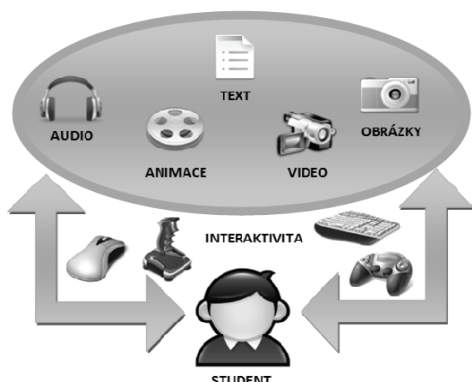
V dynamicky sa rozvíjajúcej spoločnosti v ktorej žijeme, vďaka novým technológiám, neustále niečo nové pribúda, čo nám opäť rozširuje naše možnosti. K takýmto neustále rozvíjajúcim možnostiam možno zaradiť i využívanie interaktívnych informačných technológií, ako je napríklad interaktívna tabuľa (ďalej len i-tabuľa). Prvoradou výhodou i- tabule je, že dovoľuje učiteľovi využívať množstvo funkcií v programe Notebook pre radu tabúl typu Smart Board, ktoré žiaka, či študenta zaujmú: písanie prstom, zväčšenie, resp. zmenšenie objektu a jeho uloženie v zmenšenom (zväčšenom) formáte napr. do rohu tabule namiesto zmazania a v prípade potreby fyzikálnych vzorcov s opätovnou možnosťou sa vrátiť, roleta, pojmové mapy, slovníky, hádanky a množstvo iných funkcií, ktorým sa nebudeme venovať. My sa sústredíme na výhody experimentovania s využitím i-tabule. Totiž i- tabuľa umožňuje prezentovať demonštračný pokus na prednáške inak, ako cez dataprojektor. Rozdiel je v tom, že dataprojektor neumožňuje interaktívne vstupy učiteľa a študentov do premietania. Čiastočne sa to dalo obísť tým, že spustenie experimentu, alebo akéhokoľvek e-študijného materiálu sme prezentovali na sklenenú tabuľu na stene, na ktorú bolo možné vpisovať a tak čiastočne interaktívne zasahovať do pripravenej didaktickej pomôcky.

Prácou s i- tabuľou vzniká nové rozhranie medzi učiteľom/študentom a učebnou pomôckou akou môže byť napr. virtuálne laboratórium, alebo v súčasnosti aj reálne e- laboratórium. Študent môže komunikovať výhradne s i-tabuľou bez použitia ďalších periférnych zariadení, akou je myš, alebo klávesnica, pretože dotykom ruky môže ovládať i-tabuľu, môže vpisovať vlastné poznámky, ktoré na rozdiel od poznámok na sklenenej tabuli, môže uložiť na pamäťové médiá napr. flash disk (USB port je umiestnený na reprobredniach umiestnených po okrajoch i-tabule), alebo pevný disk počítača, či notebooku. Túto zmenu vystihuje porovnanie obr. 1 a obr. 2, kde obrázok 1 prezentuje Multimediálne učebné pomôcky vo vzťahu k študentovi, publikovaný v práci J. Dostála [2], kým obrázok 2 poukazuje na skutočnosť, že učiteľ/študent pri práci s i-tabuľou už myš, slúchadlá, či iný ovládač už nemusí používať, ak pracuje s i-tabuľou s ozvučením, akou i-tabuľa Smart Board 680 je.

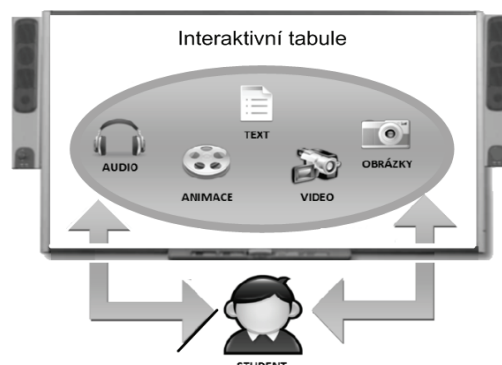
Pomocou i-tabule možno ukladať nielen každý písaný a obrazový text, ale tiež je možné zaznamenávať i každý slovný doprovod učiteľa k preberanému celku do prezentácie, ako i reakcie študentov počas hodiny. Týmto spôsobom, ak učiteľ ovláda požadované zručnosti s i-tabuľou, študent principiálne si môže domov odniesť v digitálnej podobe záznam z prednášky prostredníctvom nosiča, kde má uložený súbor typu avi alebo wmv. Pritom má zachytený aj slovný doprovod a výklad, resp. poznámky a upozornenia učiteľa, kde sa vystríhať nejasností, a pod.

Ďalšou výhodou, ktorou poskytuje i-tabuľa je možnosť tvorby vlastného videozáznamu, ktorý učiteľ môže použiť ako didaktickú pomôcku a študent ako multimediálny študijný text pri samoštúdiu. Takýmto spôsobom študent, ak sa z nejakých príčin nemôže zúčastniť prednášky, má ju k dispozícii v autentickej

podobe. Diskutabilné je, či takéto pomôcky nepovedú k zníženiu osobného kontaktu medzi učiteľom a študentom, napríklad návštevnosť na prednáškach. Pre dištančnú formu štúdia sú takto pripravené didaktické pomôcky veľkým prínosom pre študentov.



Obr. 1 Multimediálne učebné pomôcky vo vzťahu k študentovi [2]



Obr. 2 Multimediálne učebné pomôcky vo vzťahu k študentovi cez i-tabuľu

2. Integrovaný e-learning

Tak ako sa neustále vyvíjajú a zdokonaľujú IKT, tak je potrebné vyvíjať a zdokonaľovať už pripravené e-študijné materiály, čo je jednou z výhod e-textov. Novšie študijné pomôcky implementujú do svojho obsahu multimediálne prvky: simulácie fyzikálnych dejov, virtuálny experiment, video nahrávky a tieto všetky možno vkladať do kurzov prostredníctvom Learning management system (LMS), akým je napr. MOODLE. Úroveň rozvoja IKT dovolila i vznik vzdialeného reálneho experimentu a následne jeho integráciu do pedagogického procesu, ktorý píše už svoju históriu.

Prvé pracovisko na Slovensku, ktoré systematicky od roku 2005 uskutočňuje implementáciu reálneho vzdialeného experimentu do pedagogického procesu, či vo forme demonštračného experimentu na prednáške, ako súčasť projektového vyučovania, alebo laboratórnych cvičení je Katedra fyziky Pedagogickej fakulty Trnavskej univerzity [3], [4], [5], [6], [7]. V začiatkoch výučby sme využívali e-experimenty realizované doc. Lustigom z Katedry didaktiky fyziky MFF KU v Prahe a následne sme sa pustili do spolupráce a realizovania ako spoločného projektu, tak prvého slovenského e-laboratória [8], [9]. Obr. 3 a obr. 4 prezentujú pohľad na web stránku „E-laboratory Project“ v Prahe a E-laboratórium v Trnave [10]. Získané skúsenosti potvrdili, že uskutočnený experiment sa stretol so záujmom študentov i niektorých moderných učiteľov a to nielen u nás, ale aj v zahraničí, nakoľko web stránka „Projekt e-laboratória“ <http://www.ises.info> je vytvorený v trojjazyčnej mutácii (anglicky, česky i slovensky). Tieto výsledky potvrdzuje počet prístupov na web stránku k 30.máju 2009, ktorý bol viac ako 26 500, ako aj priebežné sledovanie IP adries prihlásených klientov.



Obr. 3 Vstupná stránka <http://www.ises.info>
„Projekt e-laboratória“



Obr. 4 Vstupná stránka <http://kf.truni.sk/>
„E- laboratórium“

Realizácia vzdialeného reálneho experimentu vytvorila tak podmienky pre vznik novej stratégie vzdelávania a učenia sa – **Integrovaný e-learning** (INTe-L). Prečo integrovaný? Predchádzajúce možnosti IKT nedávali možnosť realizovať experiment cez Internet. Experimentovanie bolo výsadou práce v laboratóriu. Súčasťou prírodovedného a technického vzdelávania musí byť experimentovanie – dnes to môže byť reálny experiment realizovaný buď priamo v triede alebo laboratóriu, alebo reálny vzdialený experiment uskutočňovaný z ktoréhokoľvek miesta na svete pripojením s PC na Internet vďaka možnosti vzdialeného prístupu do e-laboratórií. Musíme uviesť, že málo ktoré e-laboratóriá sú voľne prístupné pre všetkých. Ak vychádzame z definície integrovaného e-learningu [3]: „*INTe-L je interaktívna stratégia vyučovania a učenia sa založená na pozorovaní javov reálneho sveta prostredníctvom: e-experimentu, e-simulácií, realizovaných na základe fyzikálnych zákonov a e-študijných materiáloch ako sú interaktívne e-učebnice, príručky a návody k obsluhu, poskytujúce informácie a teoretický základ na porozumenie a kvantifikáciu pozorovaných javov*“ vidíme, že reálny experiment s virtuálnym experimentom, spolu s e-študijnými materiálmi vytvárajú integrovaný celok. Podstata integrovaného e-learningu spočíva práve v jednote všetkých týchto troch častí. Na základe hore uvedenej definície vyplýva, že INTe-L poskytuje kompletnú jednotku vzdelávania, skladajúcu sa z troch základných častí:

1. reálny alebo reálny vzdialený experiment, ako základ pozorovania a experimentovanie;
2. simulácie a Java applety ako virtuálny experiment, ktoré umožňujú motiváciu, resp. vizualizáciu rôznych fyzikálnych dejov, ľahšie vysvetlenie a porozumenie rôznych teórií;
3. e-učebnice a e-študijné materiály, ktoré poskytujú fyzikálne zákonitosti k skúmaným javom, teóriu a tiež príklady, ako jej aplikáciu, ktorá využíva metódu vedeckého experimentu a metódy vedeckej práce. V nasledujúcom paragrafe na príklade tematického celku „Kmity“ si ukážeme implementáciu tejto metódy do pedagogického procesu, pričom sa sústredíme na poukázanie možností, ktoré nám poskytuje interaktívna tabuľa.

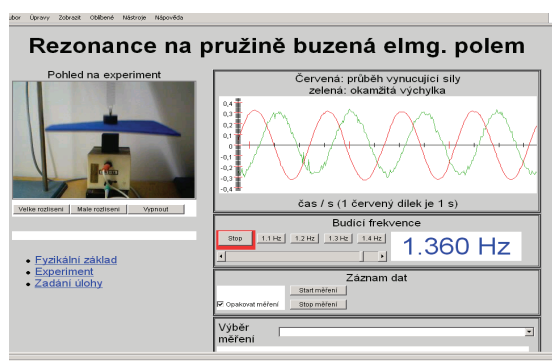
3. Integrovaný e-learning v tematickom celku Kmity

Tematický celok Kmity sme si vybrali ako ukážku z dôvodu, že s touto oblasťou fyziky sa stretávame každodenne a je dobré ak si to žiaci a študenti uvedomia. Ako príklad možno uviesť tlkot nášho srdca, pohyb nástenných kyvadlových hodín, alebo kmitavý pohyb telieska zaveseného na lanku a i. Vzbudiť alebo zvýšiť študentov záujem o preberanú problematiku súčasnej mládeže môžeme ak vhodne využijeme ich

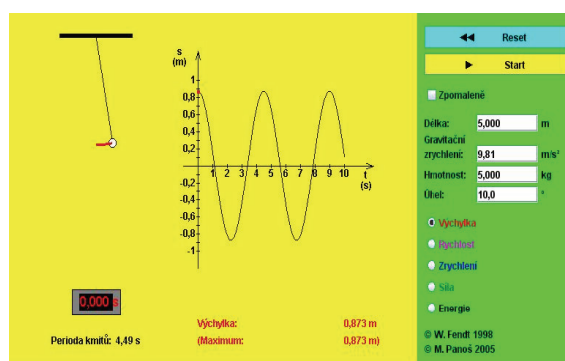
záľubu v internete a vhodnú metódu vzdelávania.

Keď bude učiteľ postupovať v zmysle stratégie INTeLu, je žiadúce vopred vytipovať a pripraviť si jednotlivé komponenty INTe-Lu. Cieľom príspevku nie je prezentovať teóriu kmitavého spôsobu ako takú, ale spôsob ako ju čo najjednoduchšie možno priblížiť študentom. Z tohto dôvodu si v krátkosti načrtujeme postup pri realizácii stratégie integrovaného e-learningu, napr. na prednáške:

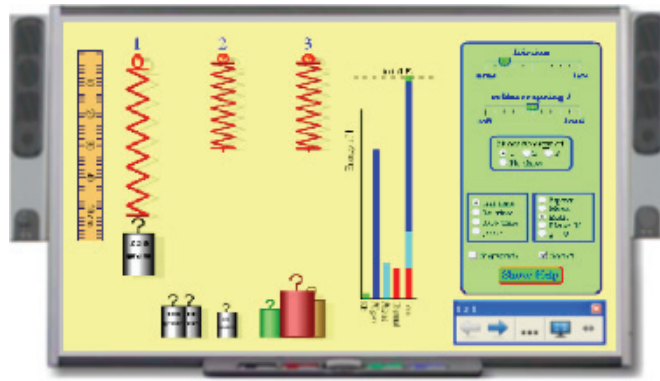
1. Otvorenie interaktívnej tabule a spustenie multimediálnych a ostatných didaktických pomôcok.
2. Oboznámenie študentov s cieľom prednášky.
3. Uskutočnenie jednoduchého pokusu s guľčkou zavesenou na lanku, resp. zväzkom kľúčov na krúžku zavesenom na ceruzke, ktoré rozkmitáme. Spolu so študentmi diskutujeme pozorovanie a pojmy, ktoré musíme zaviesť pri vysvetľovaní pozorovaného javu, zavádzame základné pojmy.
4. Spustenie e-experimentu „Vlastné a vynútené kmity“ z <http://www.ises.info> resp. <http://www.ises.info/index.php/sk/laboratory/experiment/natural-and-driven-oscillations>. Študenti pozorujú na i-tabuli prebiehajúci dej (obr. 5). Učiteľ má možnosť: zastaviť dej, vpisovať poznámky priamo do obrazu prebiehajúceho experimentu, opakovať experiment a zavedené základné pojmy ako je netlmený pohyb, amplitúda kmitov, tlmený pohyb, rezonancia a iné veličiny súvisiace s problematikou a samozrejme meniť podmienky experimentu, veľkosť frekvencie vynucujúcej sily a následne pozorovať zmenu prebiehajúceho javu.
5. Spustenie simulácie (pripravený applet, či z University of Colorado [11], alebo zo zdrojov W. Fendta [12], či z CD nosiča Christiana a Belloniho [13], alebo akýkoľvek, ktorý považujeme za zmysluplný, odpovedajúci našim zámerom a cieľom [14]. Simuláciou „jednoduché kyvadlo“ demonštrujeme jav s kyvadlom (obr. 6), pričom upozorníme na rozdiel medzi realizovaným reálnym experimentom s kyvadlom a virtuálnym. Pre kmitanie na pružine je vhodný applet <http://phet.colorado.edu/index.php>, ktorého demonštráciu cez i-tabuľu ukazuje obr. 7.
6. Pozorované javy kvantitatívne popíšeme na základe teórie odvodenéj v Multimediálnej vysokoškolskej učebnici fyziky [15].



Obr. 5 E-experiment : Vlastné a vynútené kmity
<http://www.ises.info>



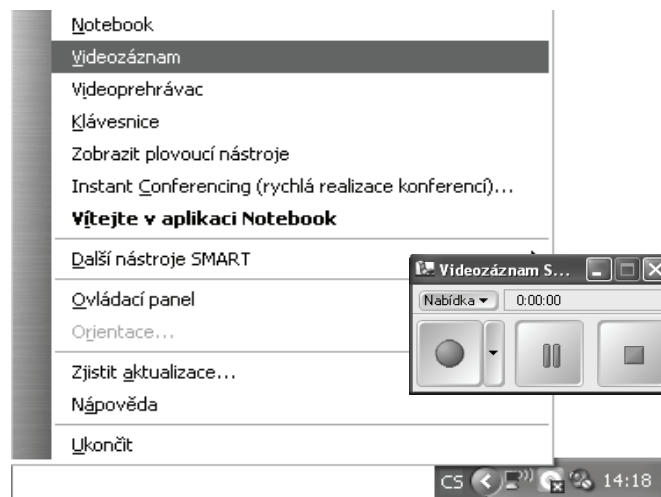
Obr. 6 Jednoduché kyvadlo
http://www.walter-fendt.de/ph14cz/pendulum_cz.htm



Obr. 7 Applet cez i-tabuľu: Teleso na pružine
http://phet.colorado.edu/sims/mass-spring-lab/mass-spring-lab_en.html

Rovnako ako na prednáške, tak aj na výpočtových a laboratórnych cvičeniach možno využívať reálne a virtuálne e-experimenty priamo na tvorbu príkladov a na projektové vyučovanie. Zaujímavé je cvičenie ak prebieha v PC laboratóriu a každý študent pracuje samostatne s appletom alebo e-experimentom.

Uvedli sme, že jednou z výhod technológie i-tabuľ je tvorba vlastného videozáznamu, pričom podľa toho ako zväží učiteľ, možno nahrávať celú, alebo len vybrané, najdôležitejšie časti prednášky. Na vytvorenie videozáznamu na i-tabuli sa používa software Smart Board, alebo iný podľa typu tabule. K vlastnej tvorbe videozáznamu nie je potrebné pripojenie i-tabule k počítaču, ale postačí len software inštalovaný v počítači (obr. 8). Krátka ukážka bola prezentovaná pri prednáške a je súčasťou webovej stránky tejto konferencie.



Obr. 8 Tvorba videozáznamu pomocou i-tabule Smart Board

Videozáznam je možné využívať pri zadávaní samostatných prác študentom. Dokonca študent si môže sám vyrobiť záznam vlastného merania ako súčasť zadaného projektu, alebo laboratórneho cvičenia, kedy študent má možnosť si stiahnuť a uložiť namerané hodnoty a následne ich spracovať a vyhodnotiť. Taktiež využitie je možné v rámci prác študentskej vedeckej a odbornej činnosti. Na PdF TU je tiež súčasťou skúšky z predmetu Kmity a vlny, pričom študent prezentuje svoj projekt s realizáciou e-merania a jeho diskusiou.

Význam videozáznamu oceňujeme pri tvorbe názornej demonštrácie učiva s ukázkami príkladov animácií laboratórnych pokusov, appletov a pod., ktoré sú

súčasťou jednotlivých tematických celkov multimediálnej výučby. Tieto celky si môže študent spúšťať podľa svojich individuálnych schopností a postupovať svojim tempom.

Ako možno videozáznam vytvoriť je spracované v metodike rozvoja kompetencií pre prácu s i-tabuľou, umiestnenej na internete vo videovýučbe technológie Media Site, dostupnej na internete http://edu.vsb.cz/interaktivni_tabule/media_site_vyuka/ - v praktických lekciach v časti 06a, 06b, v teoretickej časti 05 a 06.

Záver

Možnosti integrácie vzdialených reálnych a virtuálnych laboratórií do vzdelávania vo všetkých jeho formách spolu s využitím interaktívnych prvkov i-tabule nám ponúka rozhodujúci potenciál na kvalitatívne zdokonalenie formovania všeobecných znalostí a zručností žiakov a študentov. Prezentovaná nová stratégia INTe-Lu a videozáznam dokumentuje integráciu najnovších technológií do vzdelávania s cieľom :

- a) rozvíjať schopnosti;
- b) nastoliť otázky spojené s riešením problému, čiže rozvíjať schopnosť riešiť problém;
- c) podporiť rozvoj aktivity a motivácie študenta;
- d) rozvíjať interaktivitu na obidvoch stranách učiteľ/študent;
- e) vytvoriť zaujímavejšiu a prítiažlivejšiu formu vzdelávania.

Použitá literatúra

- [1] HODAPP, T., HEHN, J. and HEIN, W.: Preparing high-school physics teacher, *PhysicsToday*, p. 40 Febr. 2009
- [2] DOSTÁL J.: Multimediální, hypertextové a hypermediální učební pomůcky-trend soudobého vzdělávání, *Journal of Technology and Information Education* 3/2009, V 1, Issue 2, ISSN 1803-537X
- [3] OŽVOLDOVÁ M., ČERŇANSKÝ P., LUSTIG F., SCHAUER F.: *Internet Remote Physics Experiments in Student's Laboratory*, Proceedings of the International Conference on Engineering Education, Silesian University of Technology, Gliwice 2005, Poland, V 2, p.794 –799, ISSN: 1562-3580,
- [4] OŽVOLDOVÁ M., ČERŇANSKÝ P., SCHAUER F., LUSTIG F.: *Internet Remote Physics Experiments in Student's Laboratory*, INEER, *Innovation 2006, World Innovations in Engineering Education and Research*, iNEER Special Volume, Virginia, USA , chapter 25, pp. 297-304, ISBN 0-9741252-5-3
- [5] SCHAUER F., LUSTIG, F. AND OŽVOLDOVÁ, M.: "Remote Material Science Internet Experiments Exemplified on Solid State Photo voltaic Cell Characterization," *Journal of Materials Education*, Vol. 29, No. 3-4, pp. 193-200, 2007
- [6] OŽVOLDOVÁ, M., SCHAUER, F., LUSTIG, F., DEKAR, M.: *Real Remote Mass-Spring Laboratory Experiments* across Internet-Inherent Part of E-Learning of Oscillations, In: *iJOE – International journal of online engineering*, Vol 4, No 1, 2008
- [7] LUSTIG, F., SCHAUER, F. OŽVOLDOVÁ, M.: *Physics Labs for Integrated E-learning Classical Real, Real Remote and Virtual* In: *Proceeding of ICTE Information and Communication Technology in Education 2007*, Rožnov pod Radhoštěm, 17.-20. 9. 2007, editor E. Mechlová, publisher University of Ostrava, printing Ostrava University Editorial Centre, pp. 107-115, 2007 ISBN 978-80-7368-388-7
- [8] SCHAUER, F., LUSTIG, F., DVOŘÁK, J. AND OŽVOLDOVÁ, M.: *Easy to Build Remote Laboratory with Data Transfer using ISES – Internet School*

- Experimental Systém *Eur. J. Phys.* 29 (2008) 753-765.
- [9] SCHAUER, F., OŽVOLDOVÁ, M.: Slovak e-laboratory of remote interactive experiments for teaching of natural science, *Proceeding of 9 th Int. Conference Virtual University*, 11. -12.12.2008, Bratislava, editor. m. Huba, STU Bratislava, 2008, CD - Virtuálna univerzita, ISBN 978 80-89316-10-6
- [10] E- laboratórium <http://kf.truni.sk/>
- [11] Applets of the University of Colorado: <http://phet.colorado.edu/index>
- [12] FENDT, W.: Applet „Kyvadlo“ http://www.walter-fendt.de/ph14cz/pendulum_cz.htm
- [13] CHRISTIAN, W., BELLONI, M.: Physlet® Physics: Interactive Illustrations, Explorations and Problems for Introductory Physics, Davidson College, ISBN-10: 0131019694 <http://webphysics.davidson.edu/applets/Applets.html>
- [14] HALAMOVÁ, K.: Integrovaný e-learning v tematickom celku kmity, Diplomová práca, Trnavská univerzita v Trnave, Katedra fyziky Pdf , 2009
- [15] OŽVOLDOVÁ, M., ČERVENĚ, I., DILLINGER, J., HALÚSKOVÁ, S., LAURINC, V., HOLÁ, O., FEDORKO, ŠTUBŇA, I., JEDINÁK, D., BEŇO, M.: Multimediálna vysokoškolská učebnica fyziky, časť 1, Trnava 2007, Trnavská univerzita, Pedagogická fakulta, CD - ISBN 978-80-8082-127-2

Adresa autora

Miroslava Ožvoldová
Katedra fyziky, Pedagogická fakulta
Trnavská univerzita v Trnave

ZAVÁDZANIE MODERNÝCH INTERAKTÍVNYCH DIDAKTICKÝCH PROSTRIEDKOV DO VYUČOVANIA FYZIKY

František Strýček

Gymnázium Detva, Spojená škola v Detve

Abstrakt: *Skvalitnenie výstupov vzdelávania pre súčasné potreby trhu práce je možné dosiahnuť modernizáciou obsahu a zavádzaním interaktívnych metód vo vyučovaní technických odborov so zameraním na mechatroniku, elektrotechniku a strojárstvo. V článku opisujeme prvú fázu zavádzania IKT do vyučovania prírodovedných a technických predmetov na Spojenej škole v Detve. Diskutovaný je východiskový stav, potrebné vstupy a postupy nevyhnutné na dosiahnutie požadovaného výsledku. Výstup projektu okrem iného uvažuje aj prípravu didaktických pomôcok a ich integráciu do vzdelávacieho procesu. Vo fyzikálnom laboratóriu sa uvažuje so systémom Coach a ďalšími interaktívnymi elektronickými didaktickými pomôckami na báze IKT.*

Kľúčové slová: IKT, projekt, modernizácie fyzikálnej učebne.

Úvod

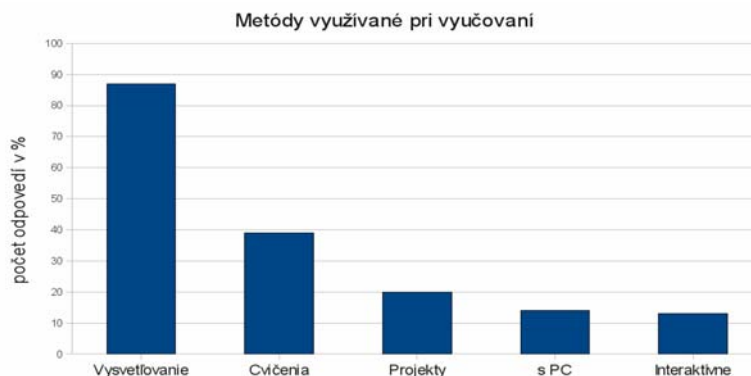
Na Spojenej škole v Detve participujeme na riešení projektu, ktorého strategickým cieľom je inovovať obsah a metódy výučby a skvalitniť výstupy vzdelávania pre potreby trhu práce vo vedomostnej spoločnosti. Dôraz sa kladie hlavne na využívanie informačno-komunikačných technológií (IKT). Spojená škola v Detve má v súčasnosti asi 350 žiakov pripravujúcich sa v 5 študijných a učebných odboroch (obchodná akadémia, mechanik nastavovač, mechanik elektrotechnik, auto opravár a kuchár). Perspektívne sa uvažuje o zavedení 5-ročného odboru mechanik mechatronik (čo je kombinácia odborov mechanik nastavovač a mechanik elektrotechnik). Žiaci a pedagógovia používajú pri vyučovaní jednak tradičné didaktické pomôcky a jednak elektronické cvičebnice, ktoré sú súčasťou už fungujúceho e-learningového portálu školy. V rámci vybraných odborných predmetov sa používa aj príslušný odborný softvér. Prekážkou ďalšieho napredovania je technické vybavenie, ktoré nepostačuje k plynulému prechodu na moderné formy vyučovania.

Preto škola podala projekt ktorého cieľom je pripraviť komplexný balík didaktických pomôcok zameraných na interaktivitu a rozvoj kľúčových kompetencií (IKT, odborné zručnosti). Samotné IKT však nestačia na zmeny vo forme výučby. Rovnako dôležité sú ľudské zdroje a obsah školského vzdelávacieho programu. V tejto práci chceme diskutovať o východiskách a očakávaných výstupoch daného projektu najmä pre prírodovedné a technické predmety.

Východiskový stav

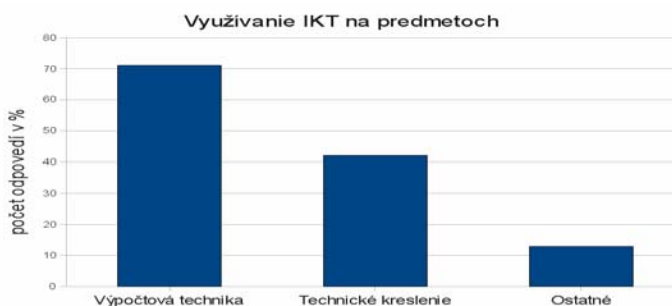
Spojená škola v Detve disponuje pre prírodovedné predmety elektrotechnickým laboratóriom, fyzikálnou a strojárskou učebňou. Z týchto najmä fyzikálna učebňa nespĺňa kritéria modernej učebne nedostatkom IKT vybavenia. Taktiež didaktické pomôcky sú už staršieho dáta, pričom mnohé z nich sú nefunkčné. Pri príprave experimentu je to nezriedka na vyučujúcom a jeho schopnosti improvizovať, ako nahradí jednotlivé chýbajúce pomôcky. V rámci výučby sa využíva aj e-learningový portál školy [<http://sssdetva.weblearning24.eu>] obsahujúci okrem iného aj elektronické cvičebnice k jednotlivým predmetom. Súčasťou projektu je aj analýza potrieb cieľových skupín: žiakov a učiteľov. Vykonal sa prieskum formou dotazníka z ktorého sme vybrali niekoľko otázok a odpovedí. Na otázku „aké sú tvoje vedomosti

a zručnosti v oblasti IKT?“ až 62% respondentov uviedlo len základy alebo mierne pokročilí. Svedčí to o nedostatočných podmienkach na rozvoj svojich zručností a vedomostí v oblasti IKT. Viac ako polovica opýtaných uviedla, že má doma počítač s pripojením na Internet. Tento však väčšina využíva na zábavu a len málo na vzdelávanie.



Obr. 1: Metódy využívané učiteľmi na vyučovaní

Na otázku „Koľko času venujete na hodinách písaniu poznámok a prepisovaniu učiva?“ približne 37% žiakov odpovedalo, že sa 51 – 75 % času z hodiny učiteľ venuje písaniu poznámok. Táto skutočnosť poukazuje na nedostatok študijných materiálov pre odborné predmety a nedostatočné technické vybavenie, ktoré by zefektívnilo prácu na hodine. Na otázku „Aké metódy využívajú učitelia na vyučovaní“ žiaci uviedli, že prevláda výklad učiva (obr. 1). Na obr. 2 je znázornená odpoveď žiakov na otázku „Na ktorých predmetoch využívajú učitelia IKT?“ Je zrejmé, že okrem technického kreslenia kde pracujú so špeciálnym softvérom a informatiky sa v ostatných predmetoch IKT nevyužíva v dostatočnej miere. Okrem toho z dotazníka pre učiteľov vyplýva, že tradičné metódy - učebnica, tabuľa a krieda používa až 73% z nich. Z uvedeného je zrejmé, že do obsahu nového školského vzdelávacieho programu bude potrebné zahrnúť zmeny, ktoré budú dávať väčší dôraz na využívanie nových postupov a IKT vo vyučovaní.



Obr. 2: Metódy využívané učiteľmi na vyučovaní

Vstupy projektu

Ako vstupy projektu sú dôležití interní pedagogickí zamestnanci školy, externí spolupracovníci, hlavne vysokoškolskí pedagógovia, materiálno-technické vybavenie školy doterajšie skúsenosti a know-how školy. Čo sa týka modernizácie fyzikálnej učebne, bol som prizvaný do projektu ako jeden z expertov na IKT. Uvažuje sa s tromi expertmi z radov učiteľov fyziky a informatiky a externého konzultanta z vysokej školy. Ich úlohou bude tvorba interaktívnych pomôcok a ich grafická úprava, zaškolenie a konzultácie k používaniu interaktívnych tabúľ a tvorba školského vzdelávacieho programu. Externý expert z vysokej školy sa bude podieľať na tvorbe interaktívnych pomôcok, zaškolení a konzultáciách k používaniu stavebnice Coach, s

ktorou zatiaľ nemáme skúsenosti. Čo sa týka materiálovo technického vybavenia, IKT vo fyzikálnej učebni chýba a bude ho potrebné doplniť. Doterajšie skúsenosti školy a úspešnosť pri podaných projektoch, z ktorých boli okrem iného financované odborné učebne a e-learningový portál predstavujú významný vstupný potenciál aj pre tento projekt.

Výstupy projektu

Medzi výstupy projektu pre učebňu fyziky a výučbu fyziky patria:

1. Inovovaný školský vzdelávací program pre odbor mechanik nastavovač.
2. Novovytvorený školský vzdelávací program pre odbor mechanik mechatronik, mechanik elektrotechnik.
3. Zbierka interaktívnych pomôcok a učebných textov pre fyziku.
4. Modernizácia učebni elektrotechniky a fyziky.
5. Školenie pedagogických pracovníkov za účelom efektívneho využívania technického vybavenia a nadobudnutia schopností samostatnej tvorby interaktívnych pomôcok.
6. Tvorba interaktívnych didaktických pomôcok k jednotlivým predmetom s využitím e-portálu.

Čo sa týka bodu 4. uvažuje sa vybaviť učebňu multifunkčným meracím rozhraním CoachLabII a elektronickou tabuľou s hlasovacím zariadením. K tomu sa prispôbia aj body 1. a 2. tak aby školský vzdelávací program bral do úvahy využívanie týchto pomôcok na vyučovaní. Samozrejme veľmi dôležitý je bod 5. Schopnosť správne využiť IKT učiteľmi je rovnako dôležitá ak nie dôležitejšia ako samotné IKT na škole. Na to je potrebné od učiteľov vyžadovať určitú formu gramotnosti pre prácu s IKT. Keďže učitelia už absolvovali ECDL kurz, základy ovládajú. Školenie sa týka využívania dataprojektora, elektronickej tabule, meracieho rozhrania CoachLabII (prírodovedné predmety) ako aj nadobudnutia schopností samostatnej tvorby interaktívnych pomôcok s využitím tejto techniky a príslušného softvéru.

Záver

IKT môže, a má vytvoriť efektívnejšiu a atraktívnu formu výuky. Zavádzanie moderných interaktívnych didaktických prostriedkov do vyučovania fyziky má nepochybne svoj význam. Nemôže a nemá za úlohu nahradiť klasický jednoduchý experiment, môže však vniesť do vzdelávania nový rozmer. Ak ho ale učitelia nebudú vedieť správne používať vznikne z toho zase len modernejšia verzia kriedy a tabule. Preto je veľmi dôležité venovať pozornosť aj schopnosti jeho správneho využívania učiteľmi.

Podakovanie

Projekt sa realizuje vďaka Agentúre Ministerstva školstva SR pre štrukturálne fondy EÚ, Operačný program Vzdelávanie. Rád by som poďakoval aj Ing. Margite Gajdošovej zo spojenej školy v Detve za poskytnutie konzultácií, podrobných informácií a materiálov o danom projekte.

Adresa autora

Mgr. František Strýček
Gymnázium v Detve
Štúrova 849
Detva 962 12
strycek.frantisek@gmail.com

ROZVÍJANIE FYZIKÁLNEHO MYSLENIA ŠTUDENTOV EXPERIMENTÁLNYM RIEŠENÍM ÚLOH

Marián Kireš

Abstrakt: V príspevku sú analyzované základné možnosti využívania školských fyzikálnych experimentov pri rozvíjaní fyzikálneho myslenia študentov. Na konkrétnych ukážkach vybraných netradičných fyzikálnych experimentov sú prezentované metodické postupy zamerané na rozvíjanie kľúčových kompetencií nevyhnutných pre experimentálne skúmanie a pochopenie javov.

Úvod

Pri praktickom zavádzaní kurikulárnej reformy do reálneho vzdelávacieho procesu medzi jednu z najzávažnejších zmien môžeme považovať potrebu orientovať prácu študentov na získavanie a rozvíjanie kompetencií. Nakoľko každú z kompetencií je možné rozvíjať na širokej škále vzdelávacieho obsahu, ten by už nemal zohrávať tak významnú úlohu, ako tomu bolo doteraz. Naskytá sa tak obrovská šanca, po ktorej všetci zainteresovaní už roky vzhľadom na preplnenosť učebných osnov volali. Dokážeme prispôbiť obsah vzdelávania tak, aby sme nepreťažovali študentov množstvom pojmov a faktov, ale naopak u nich upevnili základné vedomosti a vypestovali potrebné zručnosti potrebné pre aktívne vzdelávanie a každodennú prax? Iste je to úloha náročná a jej naplnenie nie je otázkou roka či dvoch, avšak pri kritickom obzretí sa musíme priznať, že súčasná a najmä nadchádzajúca epocha si vyžaduje kvalitatívne odlišné vedomosti a zručnosti, k akým sme viedli žiakov pred rokmi. V našej pedagogickej činnosti by sme sa mali zameriavať na:

- **aktívny prístup žiaka** k vzdelávaniu, kde žiak cíti vlastnú zodpovednosť za dosiahnuté vzdelávacie výsledky a je k ich dosiahovaniu patrične motivovaný,
- **okamžitú spätnú väzbu**, bezprostredne poukazujúcu na stav žiakovho porozumenia a podmieňujúcu následné vzdelávacie postupy,
- **konceptuálne chápanie problémov**, vytvárajúce reálne predpoklady pre budovanie systému navzájom prepojených poznatkov, ktoré žiak bude schopný aplikovať,
- **schopnosť využiť vedomosti v praxi**, pri riešení nových problémov, hľadaní alternatívnych postupov a riešení.

Realita školského vzdelávania verzus akademický ideál

Náročnosť vytýčených úloh kurikulárnej reformy školského vzdelávania by bola iste ľahšie zvládnuteľná v prípade, ak by jej zavedeniu predchádzalo stotožnenie sa učiteľov s novými učebnými plánmi, tvorba nových učebníc, metodických materiálov a zaškolenie učiteľov na využívanie moderných vyučovacích metód a orientáciu vzdelávania na získavanie a rozvíjanie kľúčových kompetencií žiakov.

Učitelia, častokrát len s orientačnou predstavou ako pristupovať k napĺňaniu nových myšlienok a cieľov, sú bez učebníc a vzorových metodík ponechaní na vlastnú cestu objavovania a skúmania, vo svete už dávno objaveného. Rokmi používané postupy práce so žiakmi, prístup k vedeniu vzdelávacích aktivít, kde sú prevažne využívané ilustratívno-výkladová a heuristická metóda, vytvorili u učiteľov presvedčenie, že oni sú ústredným prvkom vzdelávacieho procesu. Bez intenzívneho a adresného vzdelávania širokej skupiny učiteľov zameraného na modernizáciu vzdelávacieho procesu a bez aktívneho nácviku moderných vyučovacích metód, dokážeme len veľmi ťažko zmeniť rokmi overené postupy a celkové chápanie vzdelávacieho procesu učiteľmi.

Jednou z priorít kurikulárnej transformácie je aj orientácia na aktívnu prácu žiakov. Najmä u fyziky, kde sa predpokladá objavovanie a skúmanie javov, získavanie širokej škály experimentálnych zručností, je krajne nepostačujúci pridelený rozsah vyučovacích hodín. Nakoľko delenie triedy počas hodín fyziky na skupiny ostalo len v rovine dobrovoľného rozhodnutia vedenia školy, častokrát je výučba vedená len s celou triedou.

Pre realizáciu školských fyzikálnych experimentov je potrebné pomerne širokospektrálne technické vybavenie, ktorého cena zodpovedá jeho parametrom. Z pohľadu aktívnej práce žiakov by však bolo ideálne mať rovnaké vybavenie pre niekoľko skupín súčasne. Väčšina škôl skôr udržiava a len minimálne inovuje už dávno presluhujúce vybavenie a množstvo nádherných ukážok, meraní, pozorovaní či skúmaní ostáva len v teoretickej rovine.

Našťastie sa na školách stále stretne so zanietenými pedagógmi, ktorí majú chuť, odborné vedomosti a dokážu si nájsť priestor pre realizáciu tvorivého osvojovania nových poznatkov žiakmi. Práve kolegom, ktorí sa dokážu optimisticky dívať dopredu a cítia potrebu zmeny prístupu vo vzdelávaní, pokúsime sa priblížiť niekoľko vybraných úloh z Turnaja mladých fyzikov, ktorých riešením veríme, že je možné osloviť aj žiakov v rámci klasických vyučovacích hodín alebo laboratórnych cvičení.

Školský výskumný fyzikálny experiment

Pod školským výskumným fyzikálnym experimentom budeme v ďalšom rozumieť vzdelávaciu aktivitu experimentálneho charakteru, v rámci ktorej študenti skúmajú zadaný problém na základe vlastných analýz, meracích metód a pomocou samostatne zostavenej aparatúry. Cieľom je hľadať vlastnú cestu skúmania a ozrejmenia zadaného problému. Spracované riešenie študenti obhajujú vo vymedzenom časovom priestore, resp. oponujú riešenie rovnakého problému inou skupinou alebo recenzujú prezentovanie a oponovanie riešenia iných výskumných skupín.

Východiskovým bodom je atraktívne zadanie experimentálneho problému, ktoré predstavuje častokrát bežne pozorovaný jav, alebo dej, ktorý je možné pomerne jednoducho demonštrovať. Ako ukážku uvádzame niekoľko zadaní:

- Trubicu, otvorenú na oboch koncoch, upevnite zvisle. Plameňom vylúďte z trubice zvuk a vyšetrite tento jav.
- Zaveste zvisle pružinu a nechajte ju voľne padať. Vyšetrite charakteristiky jej pohybu počas voľného pádu.
- Umiestnite kvapku atramentu z guľôčkového pera na povrch vody. Kvapka sa začne pohybovať. Vysvetlite tento jav.
- Zostrojte galvanický článok použitím papierových vreckoviek ako membrány. Preštudujte a vysvetlite, ako závisí elektromotorická sila (napätie na prázdno) takejto batérie od času.

V úvodnej fáze riešenia experimentálnych úloh študenti analyzujú kľúčové pojmy a zamýšľajú sa nad významom zadania. V tejto fáze je potrebné definovať vlastný prístup k riešeniu úlohy.

Nasleduje prvotné pozorovanie javu, ktoré sa predvádza na spravidla improvizovanej zostave. Cieľom je jav pozorovať a spresniť predpokladané parametre, ktoré budú sledované. Študenti sú vedení k formulácií hypotéz, ktoré budú postupne experimentálne overovať.

Na základe definovania základných pojmov a javov pravdepodobne súvisiacich so skúmaným problémom nastáva fáza zhromažďovania teoretických poznatkov, štúdium informačných zdrojov, zostavovanie teoretického modelu daného javu.

Návrh experimentálnej aparatúry patrí medzi najobtiažnejšiu a častokrát pomerne časovo náročnú činnosť, ktorá je sprevádzaná viacerými zmenami a inováciami. V tejto fáze je dôležitou úlohou učiteľa nasmerovať a pomôcť študentom prekonať praktické problémy častokrát súvisiace s ich práve nie bohatou experimentálnou skúsenosťou.

Dôležitou súčasťou postupu práce sa ukazuje analýza prvotných výsledkov meraní, ktorá má potvrdiť alebo vyvrátiť správnosť definovaných prístupov a metód merania.

Na základe realizovanej série meraní, by študenti mali dokázať formulovať výklad fyzikálnej podstaty javu, na úrovni ich aktuálneho pochopenia.

Pokiaľ náročnosť zadania vzhľadom na úroveň vedomostí študentov dovoľuje, je vhodné pustiť sa do tvorby teoretického modelu.

Formulácia zadania úloh spravidla vyžaduje pomerne široký záber realizovaných meraní, ktoré študenti potrebujú kvalitne a komplexne zmapovať a pripraviť do vhodnej prezentačnej formy.

Nakoľko vytvorený systém prezentovania, oponovania a recenzovania vytvoreného riešenia úlohy má prísne pravidlá, je potrebné aby záverečná fáza prípravy študentov bola zameraná na nácvik vedeckej rozpravy.

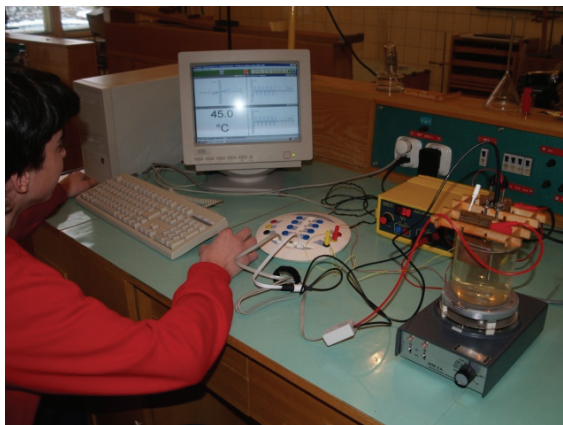
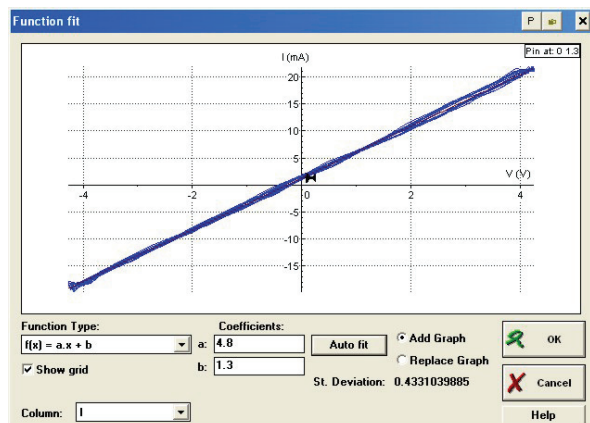
Riešenia úloh v rámci Turnaja mladých fyzikov je dlhodobý a časovo náročný proces. Avšak poznajúc komplexné riešenie experimentálnej úlohy, je možné vybrané úlohy implementovať do laboratórnych meraní alebo zakomponovať ich do sprístupňovania fyzikálnych poznatkov na klasických vyučovacích hodinách. Ponúkame niekoľko stručných osnov riešení zaujímavých problémov, ktoré nás v poslednom období oslovili.

Ukážky výskumných fyzikálnych experimentov

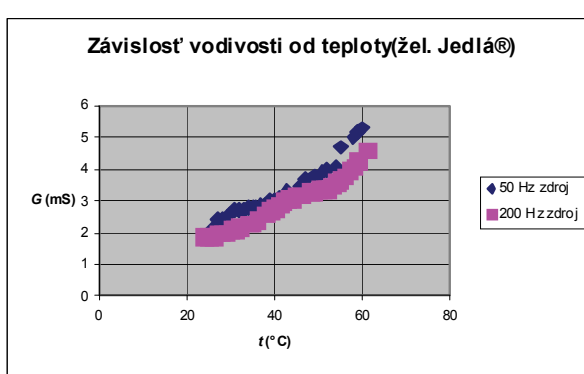
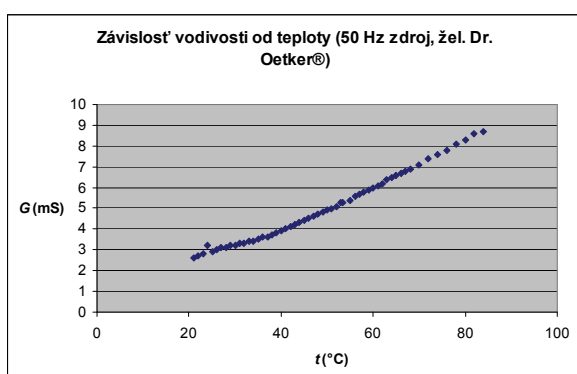
Želatína

Zadanie: Horúci roztok želatíny pri chladnutí hustne. Vyšetrite elektrickú vodivosť želatíny v závislosti od teploty v priebehu hustnutia a vysvetlite získané výsledky.

- roztok želatíny vedie elektrický prúd, považujeme ho za elektrolyt,
- pre vyšetrenie vodivosti môžeme merať napr. voltampérovou metódou odpor elektrolytu a z neho určiť priebeh vodivosti pri chladení,
- vyšetrenie vodivosti máme realizovať na viacerých druhoch roztokov želatíny, pri rôznych podmienkach chladenia, od výrobcom udanej maximálnej teploty až po izbovú, pri ktorej je želatína tuhá,
- želatína sa získava z kolagénu, ktorý sa nachádza vo väzivovom tkanive (v kostiach, chrupkách, koži a šľachách), vyrába sa čiastočnou hydrolýzou fibrilárnej bielkoviny kolagén,
- voltampérová metóda merania elektrickej vodivosti spočíva v meraní napätia medzi elektródami a prúdu pretekajúceho elektrolytom, pričom smernica funkcie $I = k \cdot U$ predstavuje elektrickú vodivosť,
- k meraniu použijeme valcovú sklenenú nádobu umiestnenú na magnetickej miešačke s elektrickým ohrevom,
- roztok želatíny pripravíme podľa návodu pre daný druh želatíny, udávaného výrobcom,
- elektródy napájame zdrojom striedavého napätia s premenlivou frekvenciou,
- napätie na elektródach a prúd prechádzajúci želatínou meriame pomocou sondy napätia a prúdu pripojenými cez prevodník CoachLab II k počítaču,
- realizované merania sú prezentované na grafoch uvedených na Obr. 1, 3, 4.



Obr. 1, 2: Závislosť prúdu na napätí a určenie smernice funkcie, Meranie vodivosti

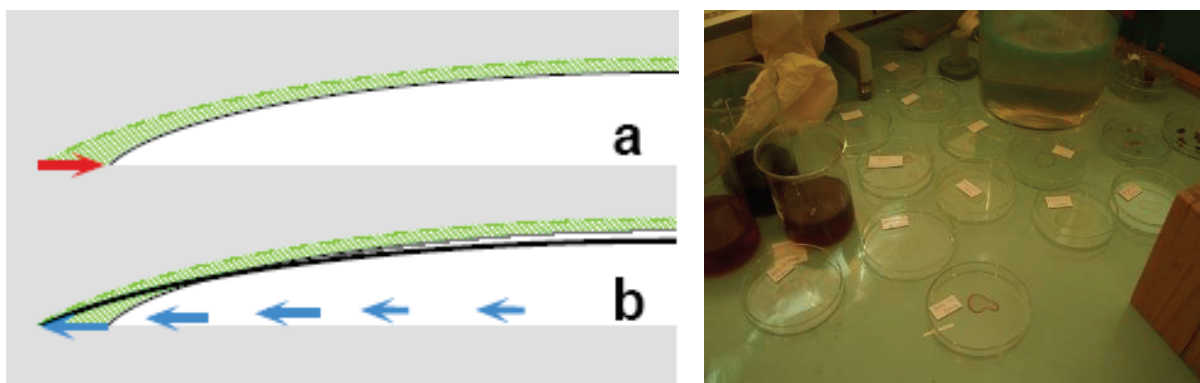


Obr. 3, 4: Závislosť vodivosti na teplote pre rôzne želatíny a podmienky merania.

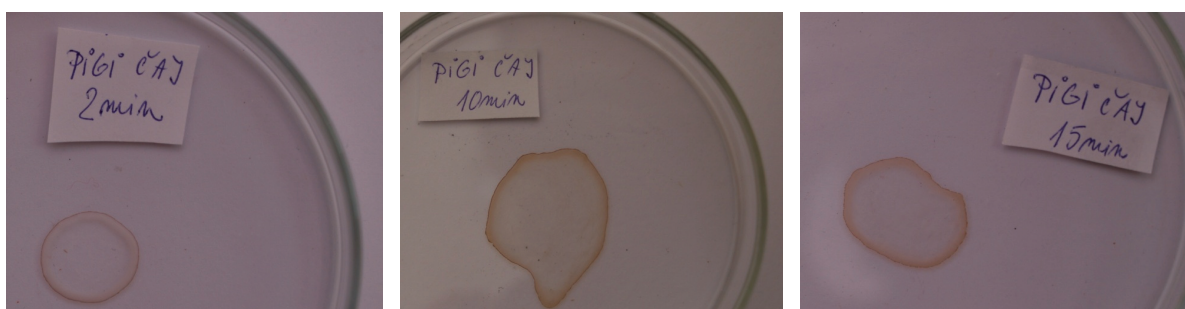
Škvrna

Zadanie: Keď zaschne kvapka kávy na hladkom povrchu, škvrna je zvyčajne výraznejšia na okrajoch kvapky. Vyšetrite príčiny tohto javu a preskúmajte parametre, ktoré ovplyvňujú charakteristiky škvorny.

- kvapka kávy predstavuje koloidný roztok kávy vo vode,
- ak uložíme kvapku kávy na hladký (vodou zmáčavý) povrch, v dôsledku pôsobenia povrchových síl, kvapka zaujme guľovitý, vo zvislom smere v dôsledku pôsobenia gravitácie, sploštený tvar,
- vzhľadom na rôzne zakrivenie povrchu kvapky, odparovanie nie je rovnomerné, voda sa rýchlejšie odparuje z povrchu s väčším zakrivením (smerom k okraju kvapky),
- odparovanie z celého povrchu kvapky by malo mať za následok, že vzniknutá škvrna bude menšia v porovnaní s pôvodnou kvapkou,
- sledovaním polohy okraja na mikroskope s videosnímaním ako aj analýzou foto záberov z priebehu odparovania kvapiek, môžeme potvrdiť, že sa priemer škvorny nelíši od priemeru kvapky, teda, okraj kvapky je zachytený na povrchu,
- ak by sme v kvapke nastával iba efekt odparovania, vzhľadom na najväčšiu výšku v strede kvapky, je v strede aj najväčšie množstvo zrní, po odparení vody by mala byť škvrna v strede najtmavšia, tento jav sme nepozorovali u žiadnej z kvapiek,
- po odparení má škvrna výrazný okraj, v strede je takmer čistá,
- zhodný priemer škvorny a kvapky ako aj ostrý okraj s prímiesami nás utvrdzujú v tom, že v kvapke musí prebiehať prúdenie kvapaliny počas odparovania (Obr. 5),
- prúdením sa k okraju kvapky donášajú zrnká kávy, tie sa usádzajú v jemných nerovnostiach povrchu, čím sa efekt uchytienia okraja kvapky o podložku zosilňuje,



Obr. 5,6: Prúdenie roztoku v kvapke, Pozorovanie tvorby škvŕn.



Obr. 7: Pozorované okraje čajových škvŕn.

Zhrnutie:

- sploštený tvar kvapky spôsobuje rýchlejšie odparovanie vody smerom k okraju kvapky,
- výsledná povrchová sila na okraji kvapky spôsobuje zachytenie okraja kvapky na nerovnostiach povrchu, čím si škvŕna udržiava vonkajší rozmer,
- rýchlejší úbytok vody pri okraji kvapky ako v jej strede je nahrádzaný prúdením roztoku, čím sa zrnká kávy dostávajú smerom k okraju kvapky

Ako experimentmi rozvíjame fyzikálne myslenie žiakov

Študenti sa pri výskumných experimentoch vedení k samostatnému analyzovaniu problému, vyhľadávaniu a triedeniu odborných informácií, samoštúdiu odbornej literatúry, tvorbe hypotéz, navrhovaniu experimentálnych aparátov, realizovaniu vlastných meraní, spracovaniu výsledkov merania, matematickému modelovaniu fyzikálnych dejov, realizovaniu počítačom podporovaných meraní, multimediálnemu spracovaniu riešenia úlohy, prezentovaniu a obhajobe vlastných riešení.

Komplexnosť záberu experimentálneho riešenia netradičných problémov rozvíja fyzikálne myslenie a širokú škálu praktických zručností študentov stredných škôl.

Literatúra:

- [1] Kluiber, Z.: Tvůrčí náboj úloh Turnaje mladých fyziků. MAFY, Hradec Králové 2005,
- [2] Kluiber, Z.: Turnaj mladých fyziků. MAFY, Hradec Králové 1996,

Adresa autora

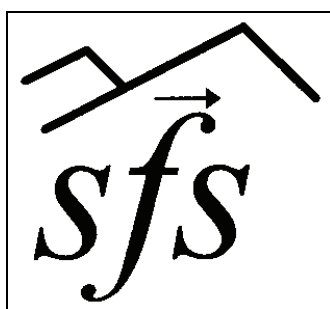
RNDr. Marián Kireš, PhD.
ODF ÚFV PF UPJŠ
Angelinum 9
041 54 Košice
Email: marian.kires@upjs.sk

TVORIVÝ UČITEĽ FYZIKY II, Národný festival fyziky 2009

Festival fyziky postupne nadobúda charakter festivalu fyzikálnych nápadov. Určený je učiteľom fyziky škôl všetkých stupňov, ktorí sa chcú podeliť so svojimi nápadmi ako skvalitniť vyučovanie fyziky v rámci školskej reformy. Zameraný je predovšetkým na prezentáciu zaujímavých experimentov, inovatívnych vyučovacích metód a postupov, ktoré u žiakov a študentov stimulujú záujem o fyziku. Zdrojom nápadov bude iste aj Medzinárodný rok astronómie a Medzinárodný rok Zeme.

Na festivale sa ako pozvaní prednášatelia zúčastnil profesor J. Krempaský a dr. V. Rušin. Prítomní boli aj účastníci medzinárodných festivalov „Science on Stage“, vysokoškolskí učitelia, členovia Terminologickej komisie SFS ako aj ďalší pozvaní hostia.

Seminár je organizovaný Slovenskou fyzikálnou spoločnosťou.



Zborník bol vydaný s podporou projektu
APVV LPP-0192-06 Objavujeme krásy fyziky

Názov: **Tvorivý učiteľ fyziky II**
Národný festival fyziky 2009

Typ: Zborník príspevkov

Editori: RNDr. Dalibor Krupa, CSc., D.Phil.
RNDr. Marián Kireš, PhD.

Rok vydania: 2009
Rozsah: 167 strán
Náklad: 100 ks
Tlač: Equilibria, s.r.o., Košice

ISBN 978-80-969124-8-3
EAN 9788096912483

ISBN 978-80-969124-8-3

