

AKTIVIZOVANIE UČITEĽOV FYZIKY PRE AKTÍVNE ŽIACKE POZNÁVANIE –MAGNETICKÉ POLE ZEME

Peter Horváth

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave

Abstrakt: V príspevku sa venujeme problematike žiackych experimentov a aktivít, konkrétne tendencie ich vynechávania zo strany učiteľov fyziky na základných a stredných školách. Poskytujeme námet na konkrétnu žiacku aktivitu, prostredníctvom ktorej môžu žiaci odmerať magnetickú indukciu magnetického poľa Zeme. Dôležité ale je, aby tieto a podobné aktivity realizovali so žiakmi učitelia na stredných a základných školách. V príspevku sa zaoberáme spôsobom, akým môžeme oboznamovať učiteľov s námetmi na aktivity tak, aby pre nich už potom bolo jednoduché takéto aktivity so žiakmi naozaj realizovať.

Kľúčové slová: ďalšie vzdelávanie učiteľov, žiacke aktivity, žiacke experimenty, meranie, magnetické pole, elektromagnetická indukcia

Úvod

Text príspevku má byť štruktúrovaný do samostatných na seba nadväzujúcich celkov. V úvodnej časti je potrebné predstaviť východiská príspevku, motiváciu pre riešenie danej problematiky a poukázať na doteraz dosiahnuté výsledky.

Motiváciou k našim aktivitám opísaným v príspevku boli naše skúsenosti so študentmi fyziky a učiteľstva fyziky. Z rozhovorov s nimi totiž vyplýva, že iba malá časť z nich, možno 20 percent, sa na stredných a základných školách stretla s primeraným množstvom pokusov, učiteľských demonštrácií a žiackych aktivít s pomôckami. Pritom dôležitosť realizácie experimentov vyplýva priamo z obsahu a metód práce v prírodných vedách, a najmä vo fyzike. Aj v štátnom vzdelávacom programe (<http://www.statpedu.sk>) je dôraz kladený práve na žiacke empirické poznávanie, veď celá jedna oblasť je venovaná iba tejto činnosti. Ako jeden z príkladov by sme mohli uviesť pokus s karteziánčekom, ktorý naši vysokoškolskí študenti spoznávajú až na našich hodinách venovaných školským experimentom, pričom práve tento experiment je medzi didaktikmi fyziky považovaný za veľmi známy a jeden z kľúčových na rozvíjanie žiackych schopností aplikovať pojmy hustota a tlak. Keď zisťujeme príčiny, teda prečo učitelia nerealizujú so žiakmi experimenty, najčastejšie počujeme o absencii pomôcok a nedostatku času vzhľadom na množstvo naplánovaného učiva. Často sa pritom stretávame kladením dôrazu na obsah vzdelávania a menej na formu obsahu, od ktorej sa odvíja rozvoj žiackych schopností. Paradoxne práve prebiehajúca nepodarená reforma vzdelávania, ktorá fyziku obrala o polovicu, pre všetkých žiakov povinných, vyučovacích hodín, tento problém ešte prehĺbila. Mnohí učitelia v dôsledku menšieho počtu hodín vynechávajú práve experimentálnu činnosť žiakov. Problém identifikujeme v tom, že na reformu museli povinne pristúpiť všetci, bez ohľadu na svoje predchádzajúce výsledky práce a postoje k uvedeným zmenám. Pritom za vhodnejšie by sme považovali, keby reformné postupy boli najprv pilotne overené na školách, ktoré by mali záujem sa do týchto zmien zapojiť.

V tejto súvislosti treba spomenúť aj absolútnu absenciu prípravy reformy, konkrétne prípravy učiteľov na nové ciele a nové metódy vyučovania, ktoré mala reforma priniesť. Absencia práce s učiteľmi má za následok, že aj dobre mienené myšlienky nie sú všeobecne prijaté a pochopené.

Metodika práce s učiteľmi je pritom známa. S veľmi serióznou prácou so vzdelávaním učiteľov v praxi majú skúsenosť naši pražskí kolegovia, najmä prostredníctvom projektu Heuréka (Dvořáková 2009). Podobné viaceré aktivity v súčasnosti realizujú aj kolegovia na UPJŠ Košice (napríklad Onderová a kol. 2011), z pohľadu vysokého počtu zapojených učiteľov sú významné

prebiehajúce celoslovenské projekty „Modernizácia vzdelávacieho procesu na ZŠ“ a „Modernizácia vzdelávacieho procesu na SŠ“. Na našom pracovisku organizujeme každoročné stretnutie učiteľov „Šoltésove dni“ a významnejšou mierou sa zapájame do aktivít každoročnej celoslovenskej konferencie „Vanovičove dni“. Z predchádzajúcich období máme skúsenosť s prácou s učiteľmi fyziky aj z projektov ESF „Fyzika okolo nás“ a „Názorné vyučovanie fyziky s dôrazom na rozvoj kompetencií žiakov potrebných pre uplatnenie v praxi“ (Horváth 2006, Horváth 2007). Nedá nám v tejto súvislosti nespomenúť Metodicko – pedagogické centrum, ktoré zvyklo v Bratislave organizovať Kluby učiteľov fyziky, žiaľ v súčasnosti v Bratislave podobné aktivity MPC nevyvíja. V rámci menovaných projektov a konferencií prebiehalo a prebieha vzdelávanie učiteľov s metodikou, ktorá môže mať významný dosah aj na obsah a formy práce učiteľa so žiakmi v škole. Hlavné prvky tejto metodiky sa snažíme opísať v nasledujúcich častiach príspevku.

Skúsenosti s realizáciou vzdelávacích aktivít pre učiteľov fyziky

S metodikou práce na odborných seminároch a konferenciách pre učiteľov fyziky, ktorú sa snažíme aplikovať a rozvíjať v našej práci, sa autor tohto príspevku zoznámil v projekte Heuréka (Dvořáková 2009). Autor mal možnosť absolvovať v pozícii účastníka sériu stretnutí, v projekte nazývanú učiteľská škôlka, kde sa mal možnosť oboznámiť s metodikou vyučovania fyziky základnej školy vypracovanou I. Dvořákovou. Podobným spôsobom sú realizované aj ostatné aktivity v projekte Heuréka, kde učiteľ po absolvovaní „škôlky“ má možnosť zúčastňovať sa množstva pravidelných stretnutí organizovaných v rámci projektu Heuréka. Ide o veľmi efektívny spôsob práce s učiteľmi.

Jednou z hlavných myšlienok je, že učiteľ si v pozícii žiaka presne prejde všetky kľúčové aktivity a všetky postupy, ktoré má potom realizovať so žiakmi. Na školení učiteľa pracujú presne tak, ako by mali potom pracovať žiaci v triede, teda realizujú v pozícii žiaka všetky vyučovacie aktivity. Takýmto spôsobom majú možnosť zažiť a presvedčiť sa, že aktivity prezentované na školení je možné realizovať, ak ide o merania, oboznámia sa, k akým výsledkom meraní môžu žiaci dospieť.

Nutnou podmienkou realizovateľnosti týchto aktivít, pre ktoré sa ujal názov „tvorivá dielňa“ je obmedzený počet účastníkov pri realizácii dielne. Na konferenciách a seminároch pre učiteľov preto vždy pripravujeme viacero dielní paralelne, pričom tieto sa opakujú. Učiteľia počas konferencie navštívia viacero dielní, nie vždy sa podarí program pripraviť tak, aby sa mohli všetci zúčastniť všetkých dielní, čo ale podľa nás je viac výhodou ako nevýhodou.

Veľkou výhodou takejto práce je aktívne zapojenie sa každého z účastníkov. Práca v kvalitne pripravenej dielni býva pre účastníkov náročná, sú nútení aktívne pracovať, riešiť nastolené problémy a úlohy, aktívne realizovať aktivity. Ďalšou veľkou výhodou môže byť dostatočná časová dotácia na jednotlivé aktivity, ktorá umožní v dielni naozaj podrobne a poctivo z didaktického hľadiska rozobrať ciele, postupy, možné výsledky realizovaných postupov.

Samozrejme, príprava takejto dielne býva časovo náročná a môže byť náročná aj na zhromaždenie a následnú prípravu dostatočného množstva, vhodných pomôcok. Aktivity by mali byť pripravené „na kľúč“, teda tak, aby ich učiteľ po absolvovaní dielne mohol bez väčších problémov, a bez nutnosti ďalšej časovo náročnejšej prípravy, realizovať so žiakmi v triede. Takisto ideálne je, ak účastník má možnosť z dielne odísť aj s opisom aktivít, ktoré boli na dielni realizované, vhodné je, ak na konci dostane v tlačenej alebo elektronickej podobe didaktický manuál k realizácii aktivít, ktorý obsahuje všetky potrebné informácie k realizovaným aktivitám.

Pri samotnej práci v dielnach sa nám osvedčilo najmä využívanie jednoduchých, ľahko dostupných a cenovo nenáročných pomôcok. Ako príklad môžeme uviesť využitie digitálneho multimetra na meranie elektrických veličín. Niekedy sme totiž svedkami, že učiteľia odôvodňujú absenciu žiackych meraní napätia a prúdu v elektrických obvodoch tým, že nemajú k dispozícii pomôcky. Najjednoduchší a pre žiakov najvhodnejší typ takéhoto multimetra je dostupný v cene okolo 3

eurá. Úplne najlepšie je, keď z realizovanej dielne odíde učiteľ aj s hmotnými pomôckami, na čo sme zvykli využívať dotácie z grantov.

Čiastočný nedostatok týchto našich aktivít identifikujeme v tom, že sa ich zúčastňujú učelia so záujmom o sebazdokonaľovanie sa, a na týchto seminároch a konferenciách (Vanovičove dni, Šoltésove dni) sa stretávame s viac-menej nemennou skupinou učiteľov (spolu okolo 150). Ďalším problémom je zaťaženie učiteľov v škole a najmä neochota niektorých riaditeľov škôl uvoľňovať učiteľov na odborné konferencie a semináre. Propagáciou našich aktivít sa snažíme, s čiastočným úspechom, prilákať nových účastníkov.

Ukážka konkrétnej realizovanej aktivity – Meranie magnetickej indukcie magnetického poľa Zeme

Ako príklad aktivity, ktorá bola realizovaná s učiteľmi viac krát a o ktorej máme spätnú väzbu, že ju viacerí učelia aj využívajú na svojich hodinách so žiakmi uvádzame žiacke meranie magnetickej indukcie MP Zeme. Námet na meranie pochádza od P. Demkanina (Demkanin 2006). Prvý krát bol tento metodický návod pripravený pre konferenciu „Aktivity vo vyučovaní fyziky 2“ v Lučenci v roku 2008, pričom účastníci odchádzali aj s materiálnym vybavením potrebným pre realizáciu opísaného merania. Námet na žiacku aktivitu bol publikovaný u nás a následne pre inú cieľovú skupinu učiteľov aj v Českej republike (Horváth 2007a, Horváth 2009). V nasledujúcej časti prinášame prepis časti týchto príspevkov, ako ukážku metodického návodu pre učiteľov fyziky.

Princíp

Na Zemi sa nachádzame v jej magnetickom poli, ktoré lokálne považujeme za homogénne. Faradayov zákon elektromagnetickej indukcie tvrdí, že ak dôjde k časovej zmene magnetického indukčného toku Φ v záвите, indukuje sa v ňom napätie U :

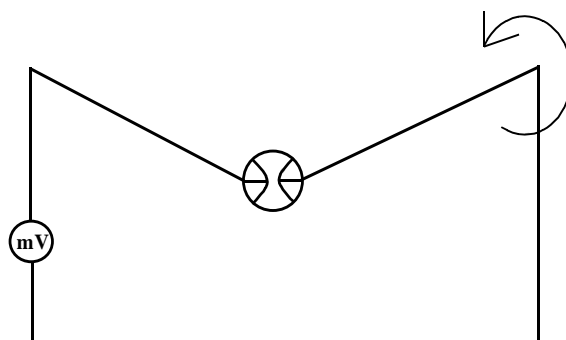
$$U = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t},$$

Magnetický indukčný tok je na stredoškolskej úrovni uvádzaný ako súčin veľkosti magnetickej indukcie homogénneho magnetického poľa a plochy:

$$\Phi = BS.$$

(Jednoduché vysvetlenie, čo je to magnetický indukčný tok by mohlo znieť: Je to počet indukčných čiar, ktoré pretínajú danú plochu závit. V tomto modeli je slabšie magnetické pole reprezentované menšou hustotou indukčných čiar. Neznamená to ale, že pole je iba na miestach, kde kreslíme indukčné čiar. Ďalej, ak rovina závitú nie je kolmá na indukčné čiary, závit pretína menej indukčných čiar, ako keď je rovina závitú presne kolmá na indukčné čiary.)

Faradayov zákon môžeme využiť na meranie magnetickej indukcie Zeme. Keďže magnetické pole našej planéty môžeme počas života človeka považovať za nemenné, môžeme napätie vyvolať pomocou zmeny plochy závitú alebo natočenia závitú. Keď roztočíme vodič v magnetickom poli Zeme, meníme počas točenia neustále plochu závitú, ktorou prechádzajú magnetické indukčné čiary. Tým meníme magnetický indukčný tok a v záвите sa indukuje napätie. Milivoltmetrom môžeme odmerať veľkosť maximálneho indukovaného napätia a z tejto hodnoty dopočítať veľkosť magnetickej indukcie Zeme.



Obr. 1: Spôsob zapojenia prístroja do obvodu, spôsob merania.

Zadanie úlohy

Aj túto úlohu je vhodné zadať ako problémovú. Žiaci môžu sami prísť na to, ako by odmerali magnetické pole Zeme, napríklad s využitím 30 metrov dlhého vodiča s loptou. Môžeme ich vyzvať, aby skúsili sami objaviť, akú pomôcku ešte by potrebovali (voltmeter). Ak už objavili metódu, môžu si v skupinách prediskutovať, ako by mali pri meraní stáť žiaci točiaci závit. Ak sme už predtým merali magnetické pole Zeme, napríklad pomocou cievky s magnetkou alebo tangentovou buzolou, môžeme vysloviť aj hypotézu, akú hodnotu veľkosti indukcie magnetického poľa Zeme očakávame. Z tejto hypotézy môžeme potom žiakov nechať určiť, aký by mal byť rozsah voltmetra.

Vzorové riešenie

Pri meraní budeme využívať Faradayov zákon elektromagnetickej indukcie. Keďže magnetické pole Zeme sa nemení, za vznik indukovaného napätia je zodpovedná zmena plochy závit. Veľkosť indukovaného napätia môžeme vyjadriť (mínus nepotrebujeme písať):

$$U = \frac{B \cdot \Delta S}{\Delta t}.$$

Ak odmeriame maximálnu hodnotu napätia U_M , môžeme vypočítať priemernú (efektívnu) hodnotu indukovaného napätia U_{ef} :

$$U_{ef} = \frac{\sqrt{2}}{2} U_M$$

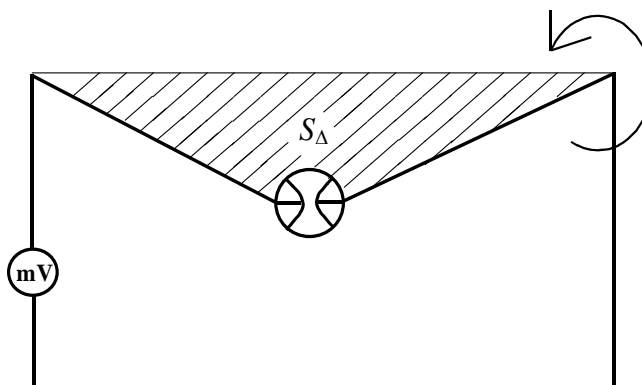
Točiaci sa závit má tvar trojuholníka s plochou S_Δ .

Maximálna zmena plochy je $2S_\Delta$. Táto zmena sa udeje za polovicu periódy, $\frac{T}{2}$. Potom platí:

$$U_{ef} = \frac{B \cdot 2S_\Delta}{\frac{T}{2}},$$

po úprave:

$$B = \frac{U_{ef} \cdot T}{4S_\Delta}.$$



Obr. 2: Spôsob zapojenia prístroja do obvodu, smer otáčania závit, zmena plochy.

Ak máme žiakov alebo študentov matematicky trochu viac zručných a vedia jednoducho derivovať, môžeme vypočítať veľkosť magnetickej indukcie inak. Okamžitá hodnota napätia na roztočenom závit je:

$$U = \frac{B \cdot dS}{dt}.$$

Okamžitú hodnotu veľkosti plochy môžeme vyjadriť napríklad:

$$S = S_0 + S_{\Delta} \cdot \sin(\omega t),$$

kde ω je uhlová rýchlosť:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}.$$

Potom:

$$\frac{dS}{dt} = S_{\Delta} \cdot \omega \cdot \cos(\omega t)$$

a pre okamžitú hodnotu napätia vychádza:

$$U = B \cdot S_{\Delta} \cdot \omega \cdot \cos(\omega t).$$

Ak odmeriame maximálnu hodnotu napätia a uvážime, že funkcia kosínus nadobúda maximálnu hodnotu rovnú číslu 1, môžeme písať:

$$U_M = B \cdot S_{\Delta} \cdot \frac{2\pi}{T},$$

z čoho môžeme vyjadriť veľkosť magnetickej indukcie Zeme B .

$$B = \frac{U_M \cdot T}{S_{\Delta} \cdot 2\pi}$$

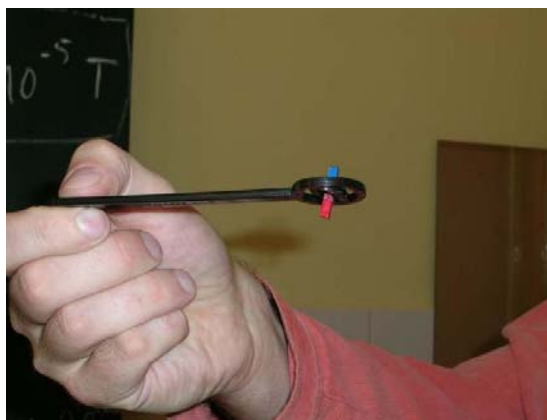
Tento výpočet je vhodný na seminár vo štvrtom ročníku.

Meranie uskutočníme na školskom dvore. Použijeme spomínaný vodič s loptičkou. Aby sme merali maximálne možné napätie, žiaci roztáčajúci vodič musia stáť vo východo-západnom smere. Do obvodu zapojíme milivoltmeter. Roztočíme závit. Odmeriame maximálne napätie U_M pri (rovnomernom) otáčaní a stopkami periódu otáčania závit. Pri dostatočnom zaťažení má točiaci sa závit približne tvar trojuholníka. Odmeriame preponu a výšku trojuholníka, ktorý sa točil, dopočítame jeho obsah S_{Δ} . Takto máme pripravené všetky potrebné hodnoty na určenie veľkosti magnetickej indukcie Zeme.



Obr. 3: Meranie magnetickej indukcie točením závitú

Ako už bolo spomenuté, veľkosť horizontálnej zložky magnetického poľa Zeme je $2 \cdot 10^{-5} \text{T}$. Pri meraní pomocou točiaceho sa závitú obyčajne vychádza hodnota okolo $5 \cdot 10^{-5} \text{T}$. Uvedomiť si treba, že touto metódou sme nemerali iba horizontálnu zložku, ale merali sme celkovú veľkosť magnetického poľa Zeme, ktorá je v našich zemepisných podmienkach naozaj približne $5 \cdot 10^{-5} \text{T}$. Čiže vertikálna zložka magnetickej indukcie je u nás väčšia, ako horizontálna, o čom sa môžeme presvedčiť pomocou trojrozmernej magnetky (na obrázku). Môžeme žiakov upozorniť, že v Zemi je magnetické jej železné jadro.



Obr. 4: Smer výslednej magnetickej indukcie MP Zeme nie je vodorovný

Technické poznámky

Ako záťaž sme použili tenisovú loptičku, ktorú sme prepichli a cez ňu prevliekli vodič. Treba si dať pozor, aby sme pri roztáčaní závitú nepoškodili merací prístroj. Žiaci, roztáčajúci závit, by mali pri meraní vodič na zemi prišliapnúť pre prípad, že sa im vyšmykne pri točení z ruky. Pri meraní maximálneho napätia sme používali viacero druhov voltmetrov. Prvý z nich, lacnejší školský (cena okolo 500 Sk), bol analógový s ručičkou. Ručička sa pri pohybe vodiča vychýľovala a za maximálne napätie sme považovali maximálnu výchylku ručičky. Tu sme mali obavy, či naše merania sú dostatočne presné, veď ručička „cvičila“ pri každom otočení závitú. Nebolo presne jasné, či nemeráme menej ako maximálnu hodnotu napätia kvôli tomu, že ručička nestihne prísť k maximu, alebo viac kvôli zotrvačnosti ručičky. Preto sme si zadovážili presnejší digitálny multimeter (100 EUR), ktorým sme mali možnosť merať maximálnu hodnotu napätia. Merací prístroj si ju vedel zapamätať. Na naše milé prekvapenie sa ukázalo, že naše meranie školským analógovým prístrojom nebolo katastrofálne nepresné, vychádzali pri oboch meraniach podobné

hodnoty. Nakoniec sme na meranie použili lacný digitálny multimeter (približne 6 EUR). Pri meraní nám hodnoty preskakovali, pričom maximálna zaznamenaná nedosahovala hodnotu amplitúdy, rozdiel bol asi 10 percent, s čím treba počítať pri vyhodnocovaní merania.

Záver

V príspevku sme sa snažili poukázať na absenciu realizácie žiackych experimentov na základných a stredných školách. Opisujeme metodiku, akou prebieha, podľa nášho názoru, efektívny spôsob ďalšieho vzdelávania učiteľov, za tým účelom, aby sa navrhované a prezentované aktivity naozaj dostali v čo najväčšej miere k tým, ktorým sú určené – žiakom stredných a základných škôl. Metóda práce s učiteľmi (nazývaná aj metóda tvorivých dielní) je založená na modelovaní situácie v triede, keď účastníci seminárov a školení majú možnosť v úlohe žiakov prežiť jednotlivé vyučovacie fázy a postupy. Naše skúsenosti s realizovaním takýchto tvorivých dielní sú v zhode so skúsenosťami kolegov (Heuréka, UPJŠ Košice). Vhodne zvolená časová dotácia poskytuje dostatočný priestor na naozaj poctivé prezentovanie a vysvetlenie každej časti aktivity. Priama realizácia s konkrétnymi pomôckami, často pomôckami ľahko dostupnými, potvrdzuje účastníkom vzdelávania, že aktivita je realizovateľná so žiakmi v triede za veľmi podobných, často takmer identických podmienok, ako na dielni. Tým sa snažíme zabezpečiť, aby učitelia boli schopní a ochotní, bez nutnosti ďalšej časovo náročnej prípravy, prezentované aktivity v školách so žiakmi realizovať. Náš prínos k riešeniu problematiky realizácie žiackych aktivít a experimentov vidíme najmä v rozvoji metodiky práce s učiteľmi a ďalej v organizovaní a spoluorganizovaní seminárov a konferencií pre učiteľov základných a stredných škôl. Na tieto konferencie a semináre pripravujeme a následne s učiteľmi realizujeme tvorivé dielne na najrôznejšie témy zo školskej fyziky. Pri obsahovom napĺňaní programu seminárov s vďakou využívame pomoc kolegov z iných pracovísk (J. Beňuška, V. Piskač, P. Žilavý, V. Karászová a iní).

Vzhľadom na pozitívne skúsenosti s uvedenou formou realizácie ďalšieho vzdelávania učiteľov sa mienime na našom pracovisku aj v budúcnosti venovať učiteľom v praxi práve takýmto spôsobom, teda budeme sa snažiť pripravovať ďalšie aktivity „na kľúč“, tak, aby ich učitelia boli schopní a ochotní vo vyučovaní replikovať, prípadne tvorivo rozvíjať. Mienime pokračovať najmä v organizovaní tradičných podujatí, ako „Šoltésove dni“ a spolupodieľať sa na seminároch „Vanovičove dni“ a „Murgašove dni“. Na realizovanie podobných aktivít máme akreditovaných niekoľko programov kontinuálneho vzdelávania učiteľov, ktoré zatiaľ neprebiehajú z dôvodov absencie financií na ich realizáciu. V prípade, že by sa nám podarilo nájsť, napríklad formou grantu, prostriedky na realizáciu kontinuálneho vzdelávania už akreditovaných programov, sme pripravení tieto programy realizovať bez nutnosti finančného krytia zo strany učiteľov.

Podakovanie

Príspevok je súčasťou riešenia grantovej úlohy Agentúry na podporu výskumu a vývoja (APVV), č. LPP 0251-09 „Prírodné vedy v školských vzdelávacích programoch“.

Literatúra

- [1] DEMKANIN, P. a kol. 2006: *Počítačom podporované prírodovedné laboratórium*. Bratislava : FMFI UK, 2006. ISBN 80-89186-10-6, str. 28.
- [2] DVOŘÁKOVÁ, I. 2009. Jak učíme učitele fyziky (v projektu Heuréka) [online],
- [3] [citované 6. jún 2012]. Dostupné na: <<http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/clanky-a-materialy>>
- [4] HORVÁTH, P. (ed.) 2006: Zborník príspevkov „Aktivity vo vyučovaní fyziky“, Smrekovica, 6.-8.9.2006. Bratislava : Knižničné a edičné centrum FMFI UK, 2006.
- [5] HORVÁTH, P. (ed.) 2007: Zborník príspevkov „Šoltésove dni 2006“, Bratislava, 6.-7.12.2006. Bratislava : Knižničné a edičné centrum FMFI UK, 2007.

- [6] HORVÁTH, P. 2007a: Meranie indukcie magnetického poľa Zeme. In: Inovatívne metódy vo výučbe fyziky na strednej škole. Bratislava: Metodicko-pedagogické centrum Bratislavského kraja v Bratislave, 2007, s. 73-87. ISBN 978-80-7164-438-5
- [7] HORVÁTH, P. 2009: Meranie magnetického poľa Zeme. In: DVOŘÁK, L. (ed.): Dílny Heuréky 2006 – 2007, Sborník konferencií projektu Heuréka. Praha: Prometheus, 2009, s. 40 - 46. ISBN 978-80-7196-396-7
- [8] ONDEROVÁ, Ľ. – JEŠKOVÁ, Z. – KIREŠ, M. – HANČ, J. – DEGRO, J. 2011. *Nebojte sa fyziky alebo interaktívne aktivity z fyziky pre žiakov základných škôl*. In: Ondruška, J. (ed.): Aktuálne problémy fyzikálneho vzdelávania v európskom priestore, Zborník príspevkov – CD. Nitra: Pobočka JSMF v Nitre, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, 2011. ISBN 978-80-8094-988-4
- [9] Štátny vzdelávací program Fyzika Príloha ISCED 3A. [online], [citované 11. jún 2012]. Dostupné na: http://www.statpedu.sk/files/documents/svp/gymnazia/vzdelavacie_oblasti/fyzika_isced3.pdf

Adresa autora

PaedDr. Peter Horváth, PhD.

Katedra teoretickej fyziky a didaktiky fyziky

Fakulta matematiky fyziky a informatiky Univerzity Komenského

Mlynská dolina F1, 84248 Bratislava 4

horvath@fmph.uniba.sk