

OKNÁ DO MODERNEJ FYZIKY

Alexander Dirner, Pavol Murín, Marián Kireš

Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika, Košice

Júlia Hlaváčová

Katedra fyziky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita, Košice

František Franko

Fakulta humanitných a prírodných vied, Prešovská univerzita, Prešov

Karol Kudela

Oddelenie kozmickej fyziky, Ústav experimentálnej fyziky SAV, Košice

Ivan Melo, Gabriela Tarjányiová

Katedra fyziky, Elektrotechnická fakulta, Žilinská univerzita, Žilina

Abstrakt: V roku 2000 vzniklo na Slovensku voľné združenie pedagogických, vedeckých pracovníkov a študentov, ktorí sa snažia o zvýšenie fyzikálneho povedomia spoločnosti s orientáciou na mladých talentovaných ľudí s využitím najnovších informačno – komunikačných technológií (IKT) vo vzdelávaní – Virtuálna kolaborácia (VK). VK sa každoročne, od jeho začiatku v roku 2005, zúčastňuje celoeurópskeho projektu „Hands on Particle Physics – European Masterclasses for High School Students” (MC). Pozitívne hodnotenie projektu študentmi a ich pedagógmi viedlo k rozhodnutiu o jeho ďalšom pokračovaní a rozšírení vo forme stretnutí so študentmi stredných škôl s ďalšími naväzujúcimi aktivitami, a to prezenčnou, ako aj dištančnou formou s využitím IKT.

Kľúčové slová: Virtuálna kolaborácia, VRVS, EVO, Masterclasses for High School Students, videokonferenčné technológie, webuniverzita, dištančný kurz, edukačný tutoriál

Úvod

Napriek tomu, že mnohé súčasti nášho každodenného života, ako aj najmodernejšie technické vymoženosti sú založené na spoznaní a využití fyzikálnych zákonitostí, fyzika patrí medzi najmenej obľúbené predmety u stredoškolských študentov a následne vládne všeobecný odstup od nej aj vo všeobecnom povedomí spoločnosti.

S cieľom postupne meniť tento stav už v roku 2000 vzniklo na Slovensku voľné združenie pedagogických, vedeckých pracovníkov a študentov, ktorí sa snažia o zvýšenie fyzikálneho povedomia spoločnosti s orientáciou na mladých talentovaných ľudí s využitím najnovších IKT vo vzdelávaní – Virtuálna kolaborácia.

V rámci rôznych projektov VK chceme v prvom rade vzbudiť záujem o fyziku a fyzikálny výskum predovšetkým u stredoškolských študentov, ale aj u laickej verejnosti. Čo je ale nemenej dôležité, chceme tento vzбудený záujem dlhodobo udržať a ďalej rozvíjať, poskytnúť variabilné možnosti vzdelávania a dosiahnuť tak, okrem iného, aj zvýšenie záujmu o vysokoškolské štúdium prírodovedných a technických smerov.

Cieľom tohto príspevku je podať informáciu o doterajších najvýznamnejších projektoch a aktivitách VK, ako aj o ďalšom rozširovaní európskeho medzinárodného projektu Hands on Particle Physics.

Virtuálna kolaborácia

Snahou VK od začiatku bolo zahrnúť do všetkých svojich aktivít široké možnosti využitia informačno-komunikačných technológií (IKT), pričom využívala Virtual

Rooms Videoconferencing System (VRVS) – web-orientovanú videokonferenčnú technológiu, ktorá umožňuje komunikáciu medzi niekoľkými účastníkmi videokonferencie, je cenovo veľmi efektívna, flexibilná a rozširovateľná. Na báze VRVS bola v roku 2003 otvorená Slovenská akademická videokonferenčná sieť zriadená VK za pomoci Kalifornského polytechnického inštitútu (Caltech, Pasadena, USA), ktorá umožnila vysokoškolským učiteľom a študentom efektívnu komunikáciu medzi sebou, i s kolegami po celom svete. V súčasnosti sa namiesto VRVS už využíva nová efektívnejšia verzia videokonferenčného systému Enabling Virtual Organisations (EVO), ktorej spoluautormi sú členovia expertnej skupiny VK. Na popularizáciu fyziky a vzdelávanie VK využíva aj ďalšie videokonferenčné a archívne technológie, konkrétne videostreaming, webcasting a video na požiadanie (video on demand). Videostreaming je jednosmerný prenos živého vysielania alebo digitálnych videozáznamov cez Internet. Webcasting môžeme zjednodušene prirovnať živému alebo už zaznamenanému vysielaniu zvuku alebo videa cez Internet a to i s možnosťou kombinácie týchto dvoch komunikačných kanálov so sprievodným materiálom, ako sú napr. snímky prezentácie PowerPoint, text, obrázky, ďalšie animácie, atď. Ide o prenos audiovizuálneho obsahu v prostredí World Wide Web. Už v roku 2000 sa členovia VK zúčastnili na dvoch prednáškach CERNu (Európske centrum jadrového výskumu) o antihmote prostredníctvom webcastingu. Počas priameho prenosu mali tiež možnosť nazrieť do viacerých laboratórií, kde práve prebiehali experimenty s antihmotou, a klásť otázky cez Internet. V júni 2004, keď bolo možné pozorovať prechod planéty Venuša popred slnečný disk, VK sa zapojila do medzinárodného projektu "Venus Transit". Pri tej príležitosti bola uvedená do prevádzky optická sieť pre stredné školy. Študenti stredných škôl, ktorí sa pripojili, mali možnosť tento výnimočný a zriedkavý astronomický úkaz sledovať a zúčastniť sa prednášok a diskusií prostredníctvom VRVS na Internete. V roku 2005 sa VK zúčastnila na dvanásťhodinovom priamom prenose z CERNu "Beyond Einstein – World Wide Webcast" pri príležitosti Svetového roku fyziky.

Video na požiadanie je jednou časťou Web univerzity – obsahuje prednášky, ktoré sú dostupné vo Web archíve; druhou časťou Web univerzity sú priame videokonferenčné spojenia medzi prednášajúcim a niekoľkými skupinami študentov prostredníctvom VRVS/EVO. Video na požiadanie umožňuje prehrať multimediálne prednášky z archívu, kde boli zaznamenané a uložené. Počas archivovania program rozdeľuje videozáznam prednášky na časti podľa jednotlivých okien prezentácie, ktoré sa potom synchronne menia v súlade s aktivitami virtuálneho prednášateľa na videu. Prednáška je teda rozdelená obsahovo na časti, ktoré si možno ľubovoľne vyberať. VK sa zapojila do CERNskej Web univerzity. V rámci spolupráce na projekte „Život vo Vesmíre“ ("Life in the Universe") bola uskutočnená séria prednášok, ktoré sú archivované vo Web univerzite. V archíve Web univerzity je uložené množstvo ďalších prednášok, seminárov a workshopov z oblasti prírodných vied, ktoré boli spracované VK a sú takto prístupné.

Medzi ďalšie aktivity VK patrí príprava multimediálnych tutoriálov v slovenčine, ktoré slúžia na popularizáciu fyziky, ale aj ako atraktívne rozširujúce učebné texty pre poslucháčov vysokých škôl. Jednou z hlavných výhod takýchto učebných materiálov je jednoduchá možnosť ich aktualizácie, takže môžu obsahovať informácie o najnovších objavoch. V roku 2002 VK pripravila slovenskú webovú stránku projektu CERN "Couldn't be without it! (Discover how today's technologies would not exist without science)", ktorého podstatou boli vysvetlenia fyzikálnej podstaty fungovania zariadení, s ktorými sa dennodenne stretávame. Členovia VK preložili do slovenčiny niekoľko multimediálnych tutoriálov približujúcich veľmi atraktívnym spôsobom svet

elementárnych častíc a síl medzi nimi - "Particle Adventures", "Hands on CERN", „A Keyhole to the Birth of Time“...

V rámci európskeho projektu SWEETS (Space Weather for Europe: Educational Tool with the Sun), prebehlo viacero prednášok, interaktívna putovná výstava (autobus SWEETS), podujatia popularizujúce kozmické počasie a medzinárodný heliofyzikálny rok. Bola zriadená stála expozícia v Slovenskom technickom múzeu orientovaná na tradície kozmofyzikálneho výskumu v Košiciach. Cieľom týchto aktivít bolo priblíženie a vysvetlenie niektorých fyzikálnych efektov prebiehajúcich v kozme, ktoré v pozemských podmienkach študovať nemožno, ale ktoré majú bezprostredný dopad na rozvíjajúce sa nové technológie a tým aj na náš každodenný život.

V rámci Týždňa vedy a techniky na Slovensku bola v novembri 2007 uskutočnená výstava „Kozmické počasie a Európa“, doplnená vedeckými aparatúrami zostrojenými Ústavom experimentálnej fyziky SAV v Košiciach, ktoré boli umiestnené na rôznych družiciach, sondách a orbitálnych staniciach, ako aj výtvarná súťaž „Ľudia vo Vesmíre“.



Obr. 1: Space Weather and Europe Educational Tool with the Sun 2007 Košice



Obr. 2: Výtvarná súťaž „Ľudia vo Vesmíre“

Medzinárodný projekt European Masterclasses for High School Students

Projektom, ktorého sa VK zúčastňuje každoročne od jeho začiatku, aj ako jeden z jej spoluorganizátorov, je „Hands on Particle Physics – European Masterclasses for High School Students“ (MC). Projekt zorganizovala Európska skupina pre popularizáciu časticovej fyziky EPOG a Európska fyzikálna spoločnosť EPS pri príležitosti Svetového roku fyziky v marci 2005, odvtedy sa poriadajú každoročne a zúčastňujú sa ho univerzity a výskumné centrá z desiatok štátov Európy a z USA. VK, konkrétne jej členovia pôsobiaci na jednotlivých slovenských univerzitách, je iniciátorom a koordinátorom tohto projektu na Slovensku. Pod odborným vedením fyzikov analyzujú študenti stredných škôl reálne dáta z CERN-ských experimentov, a tak odhaľujú podstatu a vlastnosti štruktúry hmoty, oboznamujú sa s hlavnými myšlienkami kvantovej mechaniky a modelmi popisujúcimi mikrosvet.

Strategickým zámerom tohto projektu bolo vypracovať metodiku transferu aktuálnych vedeckých poznatkov do prostredia stredných škôl a umožniť študentom pracovať tak (v rámci možností), ako pracujú skutoční vedci v autentických podmienkach v inštitútoch časticovej fyziky. Proces vzdelávania v tomto prípade obchádza štandardnú cestu transferu poznatkov: vedec – vysoká škola – učiteľ strednej školy – študent strednej školy. Študent sa stane na krátku dobu členom simulovaného vedeckého kolektívu, zapája sa priamo do riešenia problémov s použitím aktuálnych vedeckých metódik a prostriedkov realizácie výskumu.

Ako hlavná úloha boli vybrané merania rozpadov Z bozónov, ktoré boli zaznamenané na Large Electron-Positron Collider (LEP) v CERNe. Študenti identifikovali konečný stav kvarkov, elektrónov, miónov a všeobecne problémových častíc tau z ich dráh a signálov v rôznych častiach LEP detektorov. Interaktívny počítačový materiál pre túto úlohu bol dostupný použitím dát z experimentu OPAL v časti „Identifying Particles“ od Terryho Wyatta z Manchestru, alebo použitím dát z experimentu DELPHI v „A Keyhole to the Birth of Time“ od Jamesa Gilliesa a Richara Jacobssona, či použitím dobre známeho „Hands-on-CERN“ vyvinutého Erikom Johanssonom zo Štokholmu. Aby študenti zvládli meranie, v dopoludňajších prednáškach boli oboznámení s problematikou. Pretože časticová fyzika nie je vyučovaná na školách, prednášky pokrývali celú cestu od základných poznatkov až po svet kvarkov a leptónov. Pred samotným meraním boli študenti ešte oboznámení s metodikou a potom uskutočnili fascinujúci objav, keď boli skutočne schopní sami identifikovať elementárne častice.

Záver programu European Masterclasses tvorí medzinárodná videokonferencia koncom každého dňa použitím technológie VRVS/EVO tak, ako to praktizujú aj vedci. Oddelenie IT v CERNe a slovenská expertná skupina VK zadovážili hodnotné technické vybavenie pre mnohé inštitúty, so širokou podporou Kalifornského technologického inštitútu (CALTECH, Pasadena, USA). Spojenie centrálne moderovali mladí výskumníci z CERNu. Využitím angličtiny ako bežného jazyka, študenti diskutovali prečo napríklad skupiny v Helsinkách a vo Viedni identifikovali významne viac častíc tau ako skupiny v Innsbrucku, Heidelbergu, Bonne alebo v Bergene. Potom určili systematické chyby pochádzajúce z rozdielov a ukončili videokonferenciu zhrnutím výsledkov, ktoré boli naozaj v súlade so skutočnými výsledkami experimentu z LEPu. Samozrejme, pozvaní vedci v CERNe boli pripravení odpovedať na otázky siahajúce od tém týkajúcich sa antihmoty a Big Bangu až po denný život výskumníkov z CERNu. V priebehu videokonferencie si študenti mohli zažívať intenzívny pocit medzinárodnej spolupráce vedcov a výskumníkov.



Obr. 3: Medzinárodná videokonferencia Masterclasses 2008

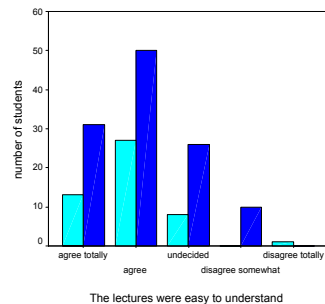


Obr. 4: Analýza rozpadov, praktické cvičenie

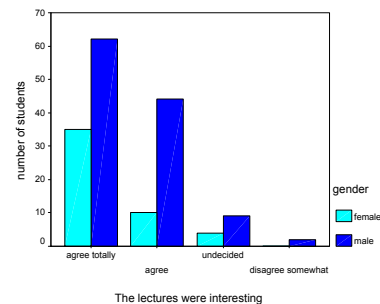
Vyhodnotenie MC 2007

Študentom, ktorí sa zúčastnili MC, boli rozdane dotazníky s otázkami, ktoré zisťovali najmä ich spokojnosť s projektom. Ročník MC 2007 bol spracovaný najsystematickejšie dvomi skupinami – slovenskou (VK) a americkou. Zúčastnilo sa ho 70 univerzitných pracovísk z Európy, Afriky a Severnej Ameriky, medzi nimi bolo 8 univerzít zo Slovenska. Slovenskí účastníci vrátili 169 vyplnených dotazníkov, zo všetkých krajín, kde boli dotazníky rozdane (Gr,Hu,It,Pl,Pt,Sk,Sp,Sv), ich bolo

spolu 824. Keďže celodenný projekt sa skladal z troch častí – prednášok, vlastného merania a videokonferencie, otázky boli zamerané aj na jednotlivé časti, aj na celkový prínos. Pri prednáškach nás zaujímalo, či boli zrozumiteľné a zaujímavé. Ako je vidieť na Obr. 5 a 6, pre slovenských študentov boli vo veľkej väčšine ľahko pochopiteľné a zaujímavé.

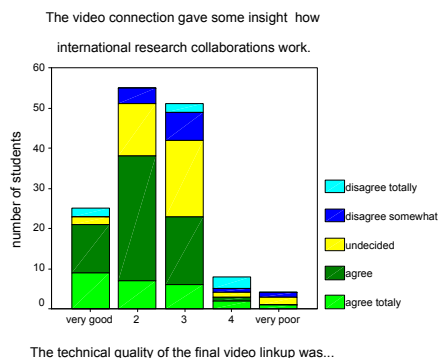


Obr. 5



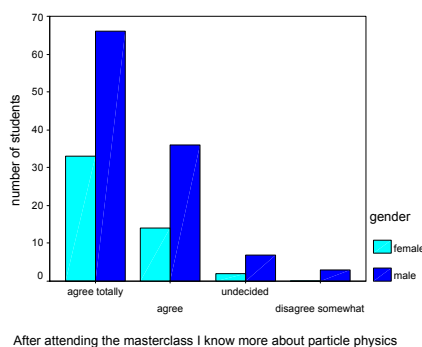
Obr. 6

Pri videokonferencii bola dôležitá technická kvalita spojenia a zisťovali sme mieru súhlasu s výrokom „Videokonferencia poskytla príklad toho, ako prebieha medzinárodná vedecká spolupráca”. Odpovede slovenských študentov sú na Obr. 7. Pri väčšinou uspokojivej kvalite prenosu najviac študentov s výrokom súhlasí.

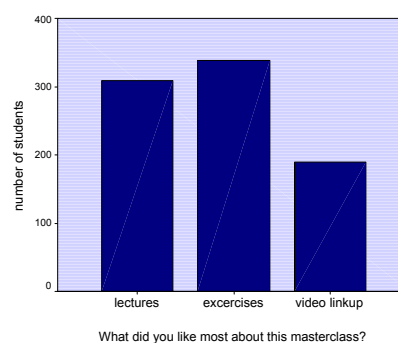


Obr. 7

Čo sa týka celkového hodnotenia projektu, skoro všetci slovenskí študenti (rovnako chlapci aj dievčatá) súhlasia s výrokom „Po mojej účasti na projekte MC viem viac o časticovej fyzike” (Obr. 8). Z porovnania jednotlivých častí projektu (študenti zo všetkých krajín) vyšlo víťazne meranie tesne pred prednáškami a videokonferenciou (Obr. 9).

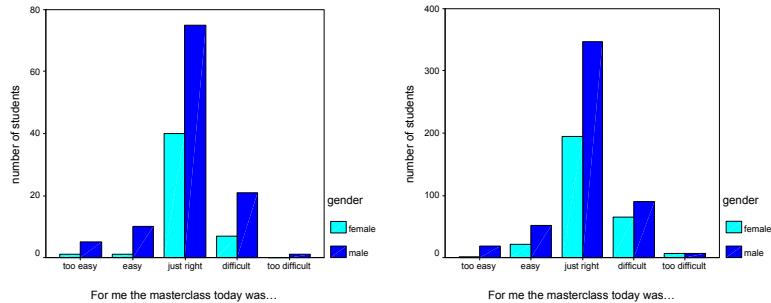


Obr. 8



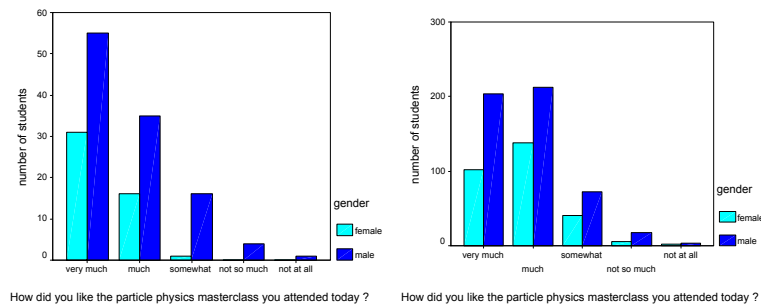
Obr. 9

Porovnali sme odpovede slovenských študentov a študentov zo všetkých krajín na otázku o obtiažnosti MC (Obr. 10) a na otázku ako sa im celkovo projekt MC páčil. Ako je vidieť, odpovede sú rozdelené rovnako, pre najväčší počet študentov je obtiažnosť MC primeraná. Čo sa týka odpovedí na druhú otázku (Obr. 11), možno vidieť všeobecnú spokojnosť s projektom, pričom u slovenských študentov prevláda úplne najvyššie hodnotenie.



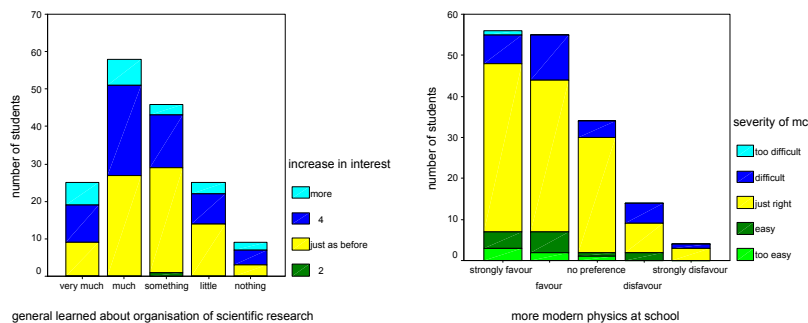
Obr. 10 – Sk

- all



Obr. 11 – Sk

- all



Obr. 12

Z korelačných závislostí (Obr. 12) je vidieť, že pri primeranej obtiažnosti MC sa väčšina študentov prikláňa k tomu, aby sa na stredných školách vyučovalo viac modernej fyziky a kým vo všeobecnosti sa skoro všetci dozvedeli niečo nové o vedeckom výskume, ich záujem o fyziku ostal na približne rovnakej úrovni. Táto skutočnosť zrejme súvisí s tým, že projektu sa zúčastnili práve tí študenti, ktorých fyzika zaujíma.

MC 2008 a ďalšie aktivity

V roku 2008 sa medzinárodného projektu MC na Slovensku zúčastnilo 295 študentov a 21 učiteľov zo 44 stredných škôl. Kladné ohlasy na priebeh doterajších ročníkov nás priviedli k zámeru rozšíriť medzinárodný projekt aj na regionálnej úrovni – vo vybraných stredných školách východoslovenského regiónu usporiadať lokálny projekt MC s úvodnými prednáškami a následnými meraniami študentov (už bez

medzinárodného videoprepojenia). Tento zámer si najprv vyžiadal realizáciu mobilného servera s učebnými materiálmi a experimentálnymi údajmi MC a po jej úspešnom zvládnutí v roku 2008 prebehli dva lokálne projekty MC na gymnáziách v Gelnici a Spišskej Starej Vsi pre ďalších 125 študentov.

Ďalej sú do MC zaradené vedecké prezentačné projekty pre študentov, ktoré sú uvedené na webových stránkach, v rámci ktorých by po absolvovaní medzinárodného alebo lokálneho projektu MC študenti, ktorí majú záujem naďalej sa venovať časticovej fyzike, riešili určité dielčie problémy a úlohy, riešenie by spracovali do prezentácie na webovej stránke alebo by ho prezentovali na pracovnom stretnutí a po komisionálnom vyhodnotení by získali ceny, ako napr. poznávacie návštevy špičkových pracovísk na Slovensku, či cesta do CERNu. Uvažujeme aj o umeleckom projekte – napr. výtvarná súťaž.

Využitie komunikačných a prezentačných technológií v sieťovom prostredí prináša konkrétnu nadhodnotu v popularizačnom a vzdelávacom účinku. Pomocou metódy komplementárnych podujatí 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 podujatiami, ktoré sú zložené z viacerých zdanlivo samostatných častí (prednášky, využívanie multimediálnych tutoriálov, workshopy, samostatné praktické činnosti, súťaže, slávnostné festivaly a vyhodnotenia kvízov a súťaží miniprojektov, distribuované sprievodné vzdelávacie materiály a ďalšie), ktoré sa navzájom dopĺňajú, a väčšina z nich je prepojených alebo sprístupnených prostredníctvom internetu. Viacúrovňová vlastnosť komplementárnych podujatí ponúka viac úrovní odbornosti a zamerania popularizovanej problematiky (medzipredmetové témy, popis využitia fyzikálnych javov v rôznych oblastiach života atraktívnou formou využitím IKT, pokračujúce študentské miniprojekty, pokračovanie podujatí nadväzujúcimi akciami). Nový model predstavy popularizácie fyziky spočíva v tom, že hlavným cieľom popularizačných aktivít nie je len zjednodušene vysvetľovať nové fyzikálne pojmy, predstavy a súvislosti. Kľúčovým cieľom je umožniť výber individuálnej úrovne obtiažnosti fyzikálnej problematiky, alebo uhla pohľadu na danú tému. Obsah a téma sa takto rozširuje a cieľom popularizácie nie je nahrádzať formálne vzdelávanie, ale všemožne ho podporovať a dopĺňať.

K napĺňaniu týchto zámerov bude slúžiť v súčasnosti pripravovaný polročný dištančný kurz MC z modernej fyziky „Okná do modernej fyziky“ (štandardný model, urýchľovače, detektory, GRID, antihmota, quark - gluónová plazma, teória relativity, história vesmíru, astrofyzika, kozmické žiarenie, kozmické počasie,...) v prostredí Moodle pozostávajúci z 10 modulov, ktorý bude zameraný na sprostredkovanie popularizačných a vzdelávacích aktivít pre cieľovú skupinu zapojených študentov a učiteľov a poskytovanie výučbových materiálov v elektronickej forme. Každý modul bude obsahovať výklad - lekciiu, aktivity, linky na zaujímavé súvislosti, úlohy, kvíz s vyhodnotením a bude „viacvrstvový“ – na prvej úrovni budú základné informácie, od ktorých sa podľa individuálneho záujmu študenta bude dať prejsť k rozširujúcim poznatkom a ďalším zaujímavostiam.

Uvedenú dištančnú formu prehlbovania fyzikálnych znalostí doplníme aj prezenčnou – zorganizujeme letnú školu fyziky pre študentov stredných škôl s cyklom prednášok zo zaujímavých oblastí fyziky s ukážkami aplikácií a s atraktívnymi simuláciami fyzikálnych javov, s využitím interaktívnej kontroly pochopenia prednášanej látky (pomocou elektronického hlasovacieho zariadenia – personal voting system). Študenti letnej školy navštívia aj akademické univerzitné fyzikálne pracoviská, kde budú pre nich pripravené laboratórne úlohy s počítačom podporovaným meraním,

ako aj niektoré pracoviská fyzikálnych ústavov SAV, kde im ich pracovníci priblížia svoj výskum.

Záver

Ako každý z nás, mladí ľudia z času na čas hľadajú odpovede na základné otázky ako napríklad z čoho sme vytvorení, odkiaľ pochádza hmota, ako vznikol Vesmír a ako zanikne. Modernej fyzike sa venuje na hodinách fyziky na stredných školách veľmi málo pozornosti. Predstavenie výsledkov výskumu modernej fyziky na stredoškolskej úrovni by mohlo pozitívne vplyvať na vnímanie úloh súčasnej fyziky študentmi a spolu s tým na ich všeobecný záujem o fyziku. Na druhej strane, diskusia o modernej fyzike v príliš mnohých detailoch alebo na príliš vysokej úrovni, môže mať opačný efekt. Preto je nevyhnutné vybrať najvhodnejšie a atraktívne témy a vyvinúť primeraný učebný materiál v spolupráci s vedcami a pedagógmi. Niektoré vedné disciplíny sa pohybujú na hrane ľudského poznania, prinášajú úplne nové poznatky, ktoré sú výsledkom práce tímov odborníkov realizujúcich svoje bádanie v špičkových národných, európskych a svetových centrách základného výskumu. Nositeľmi nových informácií sú špičkoví vedci, ktorí daný výskum realizujú. Keďže ide o nové a aktuálne poznatky, musia byť interpretované priamo týmito odborníkmi. Samozrejme v zjednodušenej forme, úmerne úrovni poznania stredoškolského študenta. Odhalenie modernej fyziky, ako je časticová fyzika a jej technologické aplikácie mladým študentom, môže prispieť k podpore všeobecného záujmu mladých ľudí o fyziku.

PodĎakovanie

Projekt „Hands on Particle Physics – European Masterclasses for High School Students” bol podporený Európskou fyzikálnou spoločnosťou (EPS – European Physical Society), Národnou grantovou agentúrou KEĎA, projekt 3/2386/04 a MŠ SR v rámci projektov na podporu informatizácie, ako aj Agentúrou pre podporu výskumu a vedy, projektmi LPP-0192-06 a LPP-0181-07.

Literatúra

- [1] Virtuálna kolaborácia, <http://vk.upjs.sk>
- [2] Virtual Room Videoconferencing System, <http://www.vrvs.org>
- [3] Enabling Virtual Organisations EVO, The Collaboration Network, <http://evo.caltech.edu>
- [4] Space Weather and Europe - an Educational Tool with the Sun (SWEETS), <http://www.sweets2007.eu/>
- [5] Hands on Particle Physics, International Masterclasses for High School Students, <http://www.physicsmasterclasses.org>
- [6] Physics Masterclasses Slovakia, <http://fyzika.uniza.sk/mc/>
- [7] Masterclasses for High School Students Univerzita P. J. Šafárika Košice, <http://epog.evo.upjs.sk/>
- [8] Michael Kobel: High school students' exposure to modern particle physics, Europhysics News (2003) Vol. 34 No.3
- [9] Michael Kobel: Masterclasses spreads the world for physics, Cern Courier <http://www.cerncourier.com/main/article/45/8/18/1/>
- [10] František Franko: Popularizácia fyziky metódou komplementárnych podujatí s využitím prostriedkov IKT, dizertačná práca, PF UPJŠ Košice, 2007.

- [11] Roger C. Lowery: Teaching and Learning with Interactive Student Response Systems: A Comparison of Commercial Products in the Higher-Education Market, University of North Carolina at Wilmington, 2005.
- [12] Simon P. Bates, Karen Howie and Alexander St J. Murphy, The use of electronic voting systems in large group lectures: challenges and opportunities, School of Physics and School of Biological Sciences, University of Edinburgh, Edinburgh
- [13] Simon P. Bates, Karen Howie and Alexander St J. Murphy, Electronic voting systems; from one way transmission to two-way conversation, the Journal of the Higher Education Academy Physical Sciences Centre (ISSN 1740-9888) - Issue 2 Dec 2006.

Adresa autorov

doc. RNDr. Júlia Hlaváčová, CSc.

Katedra fyziky, Fakulta elektrotechnicky a informatiky

Technická univerzita v Košiciach

Park Komenského 2, 042 00 Košice

Email: Julia.Hlavacova@tuke.sk

RNDr. Alexander Dirner, CSc.

Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta,

Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach

Jesenná 5, 040 01 Košice

Email: Alexander.Dirner@upjs.sk