

## 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 riešení 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 napĺňa 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

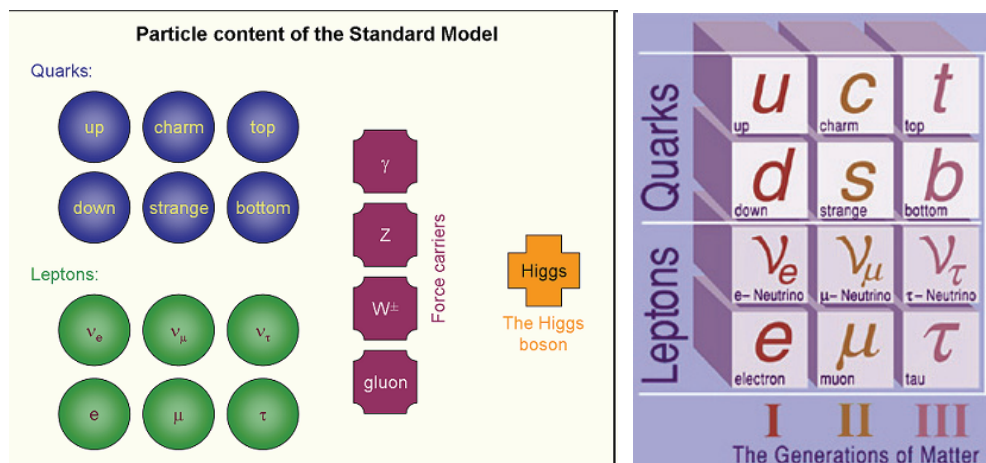
dodávajú zväzku energiu (najprv častice urýchľujú a neskôr ich energiu udržujú na konštantnej hodnote tým, že kompenzujú energetické straty). V samotných urýchľovacích trubiciach je ultravysoké vákuum, aby nedochádzalo ku zrážkam častíc s molekulami vzduchu. Z trubíc je odčerpaný vzduch tak dôkladne,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



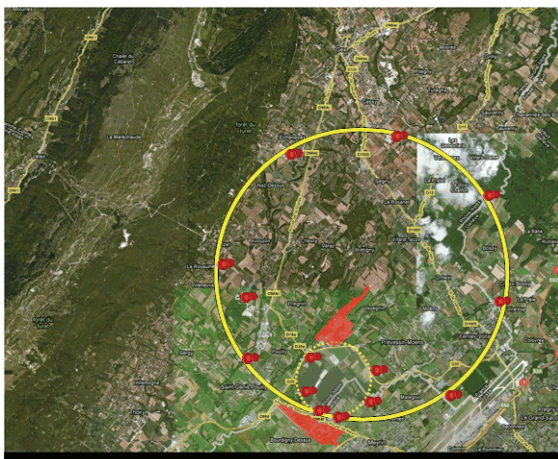
Obr. 1: Štandardný model častíc a interakcií

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).

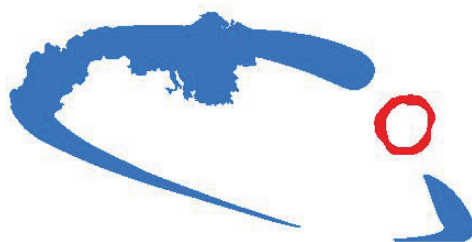
Zaujímavé sú rôzne multimedialne prezentácie, napríklad počítačová animácia dráhy častice cez urýchľovač až po samotnú zrážku v detektore. Výstavu ozvlášťujú aj demonštrácie rôznych fyzikálnych javov, ktoré návštevníkom predvedú lektori výstavy z radov stredoškolákov a vysokoškolákov. Na vernisáži si 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, multimedialne prezentácie, demonštrácie fyzikálnych javov a séria popularizačných prednášok pre verejnosť - Vysokoenergetické štvrtky.

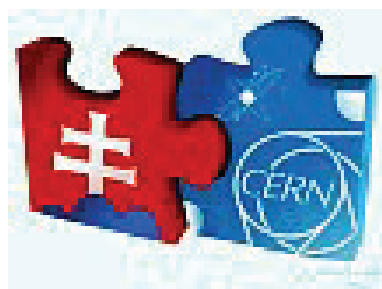
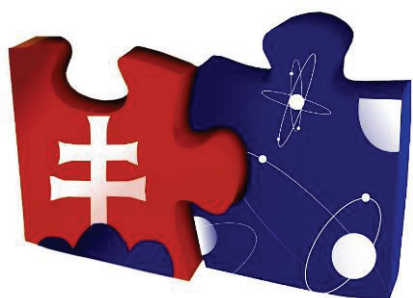


Obr. 5: Katka Gálová a Adrián Seman spolu s ďalšími študentkami Gymnázia Opatovská (Košice) (Annou Mitrovou, Norou Petrigalovou a Michaelou Staroňovou) pripravili pre výstavu malý model zobrazujúci dipólový magnet urýchľovača uložený v podzemnom tuneli.

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.

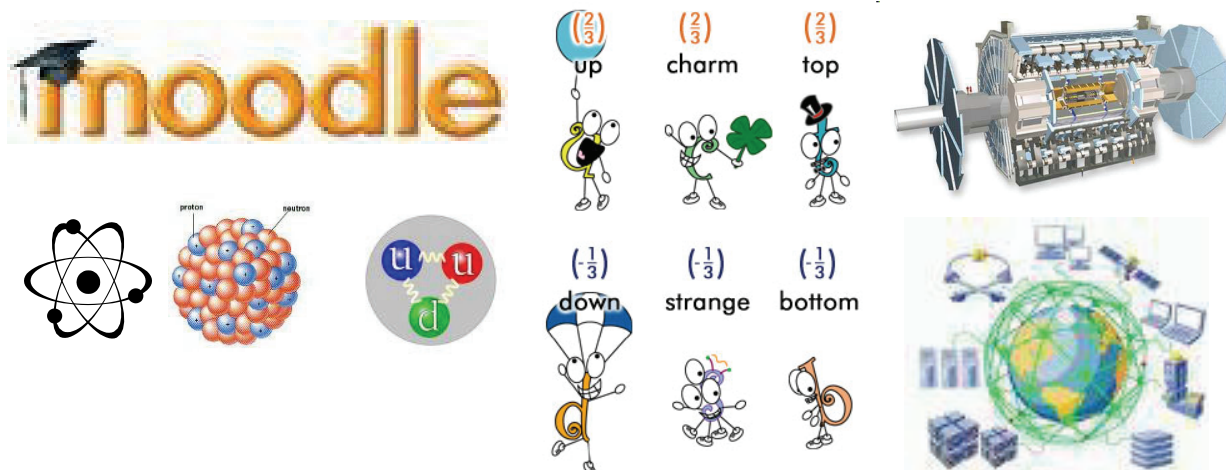


Obr. 9: Škola v prírode Kysak – miesto realizácie workshopu a letnej fyzikálnej školy

### 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