



**mpc**  
METODICKO-PEDAGOGICKÉ CENTRUM



**Európska únia**  
financovaná z zdrojov EÚ

Moderné vzdelávanie pre vedomostnú spoločnosť / Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

PaedDr. Iveta Štefančínová, Ph.D.

## **Od srdca hmoty k hmote srdca**

Osvedčená pedagogická skúsenosť edukačnej praxe

Prešov  
2015

**Vydavateľ:** Metodicko-pedagogické centrum, Ševčenkova 11,  
850 01 Bratislava

**Autor OPS/OSO:** PaedDr. Iveta Štefančinová, Ph.D.

**Kontakt na autora:** Gymnázium Jána Adama Raymana, Mudroňova 20, Prešov  
[iveta@gjar-po.sk](mailto:iveta@gjar-po.sk)

**Názov OPS/OSO:** Od srdca hmoty k hmote srdca

**Rok vytvorenia OPS/OSO:** 2015  
XIII. kolo výzvy

**Odborné stanovisko vypracoval:** RNDr. Jana Hnatová, PhD.

Za obsah a pôvodnosť rukopisu zodpovedá autor. Text neprešiel jazykovou úpravou.

Táto osvedčená pedagogická skúsenosť edukačnej praxe/osvedčená skúsenosť odbornej praxe bola vytvorená z prostriedkov národného projektu Profesionálny a kariérový rast pedagogických zamestnancov.

Projekt je financovaný zo zdrojov Európskej únie.

## **Kľúčové slová**

exkurzia, didaktika fyziky, didaktika biológie, medzipredmetové vzťahy, srdce, choroby srdca, kozmické žiarenie, hmlová komora, hyperbarická komora, CERN

## **Anotácia**

OPS pojednáva o realizovaných exkurziách na Slovensku a v zahraničí s fyzikálno-biologickým zameraním s názvom Od srdca hmoty k hmote srdca. Ponúkam skúsenosti s prípravou, realizáciou a ukončením exkurzií zameraných na vedecký výskum v oblasti fyziky a biológie nielen na Slovensku ale aj v zahraničí (OLV nemocnica v Aalste, Belgicko, EMBL v Heidelbergu, Nemecko či CERN, Švajčiarsko). Na Slovensku mám skúsenosť s realizáciou fyzikálne zameraných exkurzií do astronomického observatória na Lomnickom štíte, v Starej Lesnej či Hvezdárne a planetária v Prešove, aplikáciou projektu SKALTA na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ v Košiciach. Na podporu biológie boli zorganizované exkurzie do špecializovaných pracovísk v Košiciach (Východoslovenský ústav srdcových a cievnych chorôb) a do hyperbarickej komory v Prešove.

## **Akreditované programy kontinuálneho vzdelávania**

Projektovo orientované vyučovanie v predmete fyzika – živá fyzika

1209/2013

## OBSAH

ÚVOD .....	5
1 VZDELÁVACIA OBLASŤ ČLOVEK A PRÍRODA.....	7
2 EXKURZIA AKO ORGANIZAČNÁ FORMA.....	9
3 METODICKÁ PRÍPRAVA EXKURZIE.....	12
3.1 Metódy a zásady využívané v exkurzii .....	12
3.2 Príprava učiteľa a žiaka.....	12
3.3 Realizácia exkurzie .....	13
3.4 Zhodnotenie a využitie výsledkov exkurzie.....	14
4 OD HMOTY SRDCA K SRDCU HMOTY .....	15
4.1 Exkurzie na východe Slovenska.....	15
4.2 Exkurzie v zahraničí.....	20
5 AKTIVITY ŽIAKOV .....	26
6 POSTREHY A ODPORÚČANIA .....	38
ZÁVER.....	40
ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV .....	41
ZOZNAM PRÍLOH .....	42

## ÚVOD

Podľa štátneho vzdelávacieho programu pre vyššie sekundárne vzdelávanie (ISCED 3A) vo vzdelávacej oblasti Človek a príroda má škola žiakom sprostredkovať poznanie, že neexistujú bariéry medzi jednotlivými úrovňami organizácie prírody a odhaľovanie jej zákonitostí je možné len prostredníctvom koordinovanej spolupráce všetkých prírodovedných odborov.

V našej OPS prepájam dva prírodovedné predmety – fyziku a biológiu gymnázia pod názvom Od srdca hmoty k hmote srdca, kde biológia predstavuje časť „hmota srdca“ a „srdce hmoty“ zahŕňa fyziku. Prinášam pre žiakov zaujímavú organizačnú formu v biológii i fyzike – **exkurziu**.

Snahou je umožniť žiakom formou exkurzie sprístupniť kontakt s najmodernejšou vedou a lekárskeým výskumom na východe Slovenska i v Európe.

Expedície samotné vyžadujú starostlivo plánovanie z hľadiska logistiky, formátu a veľkým dôrazom je potrebné klásť na obsah. V OPS sa spomína exkurziu do srdca vedeckého výskumu v Európe v CERNe (Európska organizácia pre jadrový výskum) a aj do oblasti zdravotníckej techniky v oblasti srdcových operácií v kardiovaskulárnom centre OLV v belgickom Aalste. Realizované expedície na Slovensku i v zahraničí umožňujú stretnutie s reálnymi vedcami či s pacientmi so srdcovo-cievnyimi problémami.

Vyučovacie metódy, ktoré sa podieľali na príprave a uskutočňovaní expedície, podporujú aktívnu účasť žiakov, sociálnu interakciu nielen medzi žiakmi samotnými, ale aj medzi žiakmi a vedeckými pracovníkmi. Súčasťou každej exkurzie je aj žiacka konferencia, na ktorej tímy žiakov prezentujú svoje výskumy o daných témach v anglickom jazyku, ktorý je komunikačným jazykom vedcov.

Hlavnými témami, ktorými sa realizované exkurzie zaoberali, bolo nielen vzbudzovať zvedavosť mladých ľudí v oblasti hmoty (fyzika) a tela (biológia), ale aj poukázať na zmysel pre ľudskú rovnosť a demokraciu a vzájomnú toleranciu.

OPS je rozdelená do piatich kapitol, ktoré sa venujú obsahu vzdelávacej oblasti Človek a príroda v ISCED 3A, metodickéj príprave exkurzie vo všeobecnosti a následne realizovaným exkurziám na Slovensku a v zahraničí sledujúc tému fyzikálno-biologickú Od srdca hmoty k hmote srdca. V záverečnej kapitole prinášam ukážky z pracovných listov a odborné aktivity žiakov, ktoré boli spojené s obsahom exkurzií.

## 1 VZDELÁVACIA OBLASŤ ČLOVEK A PRÍRODA

Základnou charakteristikou vzdelávacej oblasti Človek a príroda je hľadanie zákonitých súvislostí medzi pozorovanými vlastnosťami prírodných objektov a procesov, ktoré nás obklopujú v každodennom živote. Porozumenie podstate javov a procesov si vyžaduje interdisciplinárny prístup, a tým aj úzku spoluprácu jednotlivých prírodovedných odborov. Vzdelávacia oblasť Človek a príroda má preto žiakom sprostredkovať poznanie, že neexistujú bariéry medzi jednotlivými úrovňami organizácie prírody a odhaľovanie jej zákonitostí je možné len prostredníctvom koordinovanej spolupráce všetkých prírodovedných odborov s využitím digitálnych technológií.

Celkový cieľ vzdelávacej oblasti je dať žiakom základy prírodovednej gramotnosti, ktorá im umožní robiť prírodovedne podložené úsudky a vedieť použiť získané operačné vedomosti na úspešné riešenie problémov tak, aby žiak bol schopný:

- porozumieť prírodným aspektom vplyvujúcim na život človeka a vedieť vysvetliť prírodné javy vo svojom okolí;
- osvojiť si niektoré základné pojmy, zákony a metódy prírodných vied;
- osvojiť si základné postupy, ktorými prírodné vedy získavajú nové poznatky;
- vedieť získavať informácie o prírode a jej zložkách prostredníctvom vlastných pozorovaní a experimentov v laboratóriu a v prírode;
- docieľiť schopnosť pracovať s grafmi, tabuľkami, schémami, obrázkami, náčrtmi, mapami;
- vedieť využívať digitálne technológie pri vyhodnocovaní a spracovaní získaných údajov;
- vytvárať si vlastný úsudok o tých aspektoch prírodovedných poznatkov, ktoré sú dôležité pre život spoločnosti.“ (ŠPÚ, 2009)

Vzdelávaciu oblasť Človek a príroda tvoria predmety biológia, fyzika a chémia. V našej práci sa zameriame na prepojenie fyziky a biológie.

Štátny vzdelávací program ISCED 3A – Vyššie sekundárne vzdelávanie charakterizuje **biológiu** ako predmet, ktorý poskytne žiakom základné poznatky o živej a neživej prírode, ako predpokladu formovania prírodovednej gramotnosti. Biológia pomáha pochopiť fungovanie prírody ako celku a poukazuje na dôležitosť citlivého vzťahu k celému svetu.

Na dosiahnutie cieľa v biológii uplatňujeme vhodnejšie metódy, formy a prostriedky.

Ciele v biológii sú podľa ŠPÚ (2009) formulované takto:

1. Formovať ucelenú predstavu o rozmanitosti a jednote živej prírody, o javoch a procesoch, ktoré v nej prebiehajú, o zákonitostiach, ktorými sa riadia všetky živé organizmy.

2. Poznávať praktický význam živých organizmov pre život človeka.

3. Poskytnúť poznatky o fungovaní ľudského tela ako celostného systému.

4. Rozvíjať zručnosti pri práci v teréne a v prírodovednom laboratóriu.

5. Rozvíjať schopnosti a zručnosti pri riešení úloh a školských projektov najmä v oblasti ochrany živej prírody a zdravia človeka (samostatne alebo v skupinách).

Štátny vzdelávací program ISCED 3A – vyššie sekundárne vzdelávanie charakterizuje **fyziku** ako predmet, ktorý umožní žiakom hľadať zákonitých súvislostí medzi pozorovanými vlastnosťami prírodných objektov a javov, ktoré nás obklopujú v každodennom živote. Porozumenie podstate javov a procesov si vyžaduje interdisciplinárny prístup. V procese vzdelávania sa má žiakom sprostredkovať poznanie, že neexistujú bariéry medzi jednotlivými úrovňami organizácie prírody a odhaľovanie jej zákonitostí je možné len prostredníctvom koordinovanej spolupráce všetkých prírodovedných odborov, aj s využitím digitálnych technológií.

Okrem objavovania a osvojovania si nových poznatkov a rozvíjania kompetencií fyzikálne vzdelávanie poskytne žiakovi možnosť získania informácií o tom, ako súvisí rozvoj prírodných vied s rozvojom techniky, technológií a so spôsobom života spoločnosti. Výučba fyziky v rámci prírodovedného vzdelávania má u žiakov prehĺbiť aj hodnotové a morálne aspekty výchovy, ku ktorým patria predovšetkým objektivita a pravdivosť poznania. Žiak prostredníctvom fyzikálneho vzdelávania získa vedomosti na pochopenie vedeckých ideí a postupov potrebných pre osobné rozhodnutia, na účasť v občianskych a kultúrnych záležitostiach a dá mu schopnosť zmysluplne sa stavať k lokálnym a globálnym záležitostiam, ako zdravie, životné prostredie, nová technika, odpady a podobne. Žiak by mal byť schopný pochopiť kultúrne, spoločenské a historické vplyvy na rozvoj vedy, uvažovať nad medzinárodnou povahou vedy a vzťahoch s technikou.



## 2 EXKURZIA AKO ORGANIZAČNÁ FORMA

Pojem organizačná forma je v didaktike vysvetľovaný rôzne. Turek (2002, s.195) uvádza definíciu organizačnej formy podľa J Velikaniča ako “organizačné usporiadanie podmienok vyučovania na realizovanie obsahu vyučovania pri uplatňovaní jednej alebo viacerých metód vyučovania, vhodných učebných pomôcok a didaktických prostriedkov a pri rešpektovaní didaktických princípov”.

Organizačné formy delíme:

1. podľa počtu žiakov na vyučovacom procese:

- individuálne (jeden učiteľ a jeden žiak)
- hromadné (jeden učiteľ a viac žiakov)
- zmiešané

2. podľa miesta realizácie vyučovacieho procesu:

- školské (vyučovacia hodina v triede, v odbornej učebni, v laboratóriu)
- mimoškolské (exkurzia, vychádzka)

3. podľa stupňa samostatnosti práce žiakov vo vyučovacom procese tzv. sociálne:

- individuálna práca žiakov
- skupinová práca žiakov (trieda sa delia na 6 až 8 skupín po 4-5 žiakov)
- frontálna práca žiakov (Turek, 2002, s.195 -203)

V pedagogickej praxi používame vyučovaciu hodinu ako základnú organizačnú jednotku triedno-hodinového systému pri príprave exkurzie. Zaujímavou organizačnou formou v biológii i fyzike je vychádzka a exkurzia.

**Vychádzka** je organizačná forma, ktorá sa líši od exkurzie. Je časovo dostupnejšia. Spravidla sa realizuje v blízkom okolí školy, má kratšiu časovú dotáciu. Podľa Pavúka pod pojmom vychádzka rozumieme krátke vyučovanie v okolí školy alebo v prírode v blízkom okolí. Exkurzia sa odohráva tiež v prírode alebo v závodoch, ale už vo väčších vzdialenostiach od školy.

Vychádzka sa organizuje v blízkosti školy (do parku, k rybníku, na pole a podobne), je spravidla časovo kratšia (len výnimočne niekoľko hodinová) a umožňuje žiakom bezprostredne poznávať a pozorovať predmety a javy, ktoré majú prispieť k vytváraniu

správnych predstáv a vedomostí. Exkurzia plní tie isté úlohy ako vychádza, len treba dbať na väčšiu časovú prípravu, najmä ak ide o exkurzie do inštitúcií (Petlák, 1997, s.270).

„**Exkurzia** je mimoškolská organizačná forma vyučovacieho procesu. Umožňuje žiakom poznať predmety, javy, a procesy priamo v pôvodnom prostredí a v typických podmienkach.“(Turek, 2010, s.298).

Kritéria delenia exkurzií v didaktickej literatúre sú mnohé. Tolmáči a kol. (2008) triedi exkurzie takto:

### 1. *Kritérium umiestnenia vo vyučovacom procese*

- úvodné exkurzie – na nich získané poznatky, skúsenosti a učebný materiál využívame na ľahšie sprístupnenie nového učiva v nasledujúcich vyučovacích hodinách
- záverečné exkurzie – slúžia na overovanie teoretických poznatkov, tvorba záverov a zovšeobecnenie učiva

### 2. *Kritérium vzťahu k obsahu učiva*

- tematické exkurzie – sú zamerané na získavanie poznatkov jedného učiva alebo úzko vymedzeného problému
- komplexné exkurzie – komplexné *jednopredmetové* exkurzie sú zamerané na získavanie vedomostí z jedného predmetu a komplexné *viacpredmetové* exkurzie (medzipredmetové) sú zamerané na niekoľko vyučovacích predmetov

### 3. *Kritérium prostredia*

- terénne exkurzie v prírodnom prostredí - exkurzie do lesa, prírodnej rezervácie, náučného chodníka, k rieke, rybníku
- exkurzie do výrobných podnikov – realizujú sa v spolupráci s majiteľom inštitúcie
- exkurzie do kultúrnych inštitúcií – zoologické záhrady, múzeá, botanické záhrady
- exkurzie riadené na diaľku – pri týchto exkurziách sú študenti rozdelení na skupinu, ktorá pracuje v triede a skupinu, ktorá pracuje v teréne. Obe skupiny sa dorozumievajú pomocou digitálnych technológií.

#### 4. Kritérium časového rozsahu

- Vychádzky majú časový rozsah maximálne 2-3 vyučovacie hodiny.
- Exkurzie krátkotrvajúce majú 1-2 dni. Ak je viacdňová hovoríme o dlhotrvajúcej exkurzii.

Nezadržateľný technologický vývoj priniesol so sebou systém zobrazovania, ktorý dostal pomenovanie **virtuálna prehliadka** (virtual tour )– systém, ktorý má schopnosť preniesť návštevníka do zvolenej lokality, dať mu možnosť „na vlastné oči“ si prezrieť predtým nenavštívené miesta, „poprechádzať sa“ po najvyšších vrcholoch našich hôr, múzeách či v popularizačných vedeckých centrách.

Biologické virtuálne prehliadky možno realizovať cez portál napr. <http://www.slovakia3d.sk/> či <http://www.virtualtravel.sk/>. Z fyziky je pre žiakov zaujímavá virtuálna prehliadka napr. CERNu (<http://lnk.sk/tFn>) či iných laboratórií, napr. Princeton Plasma Physics Laboratory (<http://www.pppl.gov/about/virtual-tour>).

### **3 METODICKÁ PRÍPRAVA EXKURZIE**

#### **3.1 Metódy a zásady využívané v exkurzii**

K najčastejšie používaným vyučovacím metódam pri tvorbe a realizácii exkurzie patria :

- monologické metódy – rozprávanie, opis, vysvetľovanie
- dialogické metódy - rozhovor
- autodidaktické metódy - práca s literárnymi zdrojmi, práca s učebnicou, práca s kľúčom, atlasom, s počítačom, práca s pracovným listom
- problémové metódy – pozorovanie bezprostredné (živé prírodniny, preparáty- pozorovanie sprostredkované (napr. film, obraz, nákres)

Metodická príprava exkurzie je časovo náročná. Spočíva v príprave učiteľa, príprave žiaka. Po tejto prípravnej fáze nasleduje vlastná realizácia a zhodnotenie výsledkov exkurzie.

Zásady využívané v exkurzii

- zásada vedeckosti
- zásada primeranosti
- zásada názornosti
- zásada spojenia teórie so životom
- zásada sústavnosti a postupnosti
- zásada aktívnej účasti žiaka
- zásada výchovného vyučovania
- zásada individuálneho prístupu

#### **3.2 Príprava učiteľa a žiaka**

Príprava učiteľa je náročná, učiteľ navrhne zaradiť exkurziu do ročného plánu školy a predmetu (miesto, dátum konania, časový rozsah). K realizácii je potrebný súhlas riaditeľa školy a samotný terénny prieskum učiteľa, pri ktorom zistíme, čo sa dá pozorovať na trase, získame potrebné povolenie, zabezpečíme prípadne sprievodcu a bezpečnosť. Navrhujeme vhodný druh dopravy (autobus, vlak, objednávka, peší presun), ubytovanie, poistenie, finančný rozpočet, oslovíme aj ďalšieho kolegu ako pedagogický dozor. Nezabudneme na zdravotný stav žiakov, metodické a materiálne

zabezpečenie, napísať a dať potvrdiť návrh na školskú akciu, zoznam žiakov (pozor - pracujeme s osobnými údajmi žiakov).

Plán exkurzie umiestnený na nástenke prípadne webstránke školy slúži ako vhodná motivácia pre žiaka a informácia pre rodiča (Kimáková,2008).

Z pedagogickej praxe je zrejmé, že táto príprava je časovo, odborne a metodicky veľmi dôležitá.

Podceňovať netreba ani prípravu žiaka. Žiakov pripravujeme postupne:

- motivácia a informácia o celi a mieste exkurzie
- poučenie žiakov o správaní sa podľa školského poriadku, o dodržiavaní školského poriadku, o mieste a hodine odchodu a návratu, o spôsobe prepravy, vhodnom odevu, obuvi
- bližšia informácia o finančných nákladoch, stravovaní, ubytovaní, o potrebe priniesť si písacie pomôcky, poznámkový zošit, mapy, atlasy, fyzikálne tabuľky
- teoretická príprava – učiteľ zopakuje tému, zaradí študentov do skupín, zadá úlohy, na ktorých budú počas exkurzie pracovať

Prípravu žiakov usmerňuje a trpezlivo vysvetľuje učiteľ. Učiteľ pripraví pre žiaka písomne vyššie uvedenú prípravu k nahliadnutiu a podpisu pre rodiča.

### **3.3 Realizácia exkurzie**

Po dôslednej príprave učiteľa a príprave žiaka nasleduje samotná realizácia exkurzie.

1. Práca pred nástupom na trasu - učiteľ vykoná kontrolu žiakov a materiálneho zabezpečenia. Znovu v úvodnom rozhovore zopakuje cieľ a úlohy, ktoré majú žiaci plniť pri samotnej praktickej činnosti na trase.

2. Vlastná časť exkurzie s učiteľom resp. sprievodcom často využíva metódu informačno-receptívnu (pozorovanie, výklad, demonštrovanie). Výklad má byť stručný, výstižný a zrozumiteľný pre všetkých. Úlohou učiteľa na trase je podnecovať zvedavosť, poukazovať na zaujímavé momenty, objekty a pýtať sa a odpovedať žiakom. Popritom nesmie zabudnúť na bezpečnostné predpisy a na to, aby žiaci zbierali podklady na riešenie zadaných úloh, pracovných listov, robili si poznámky, náčrty. Učiteľ nezabúda, že úlohy riešia žiaci, nie on za nich.

3. Na záver exkurzie učiteľ beseduje so žiakmi .Zhodnotí klady a zápory exkurzie, skontroluje splnenie úloh žiakmi.(Turek, 2010, s. 299). Môže navrhnúť termín a spôsob odovzdania zadaných úloh aj v inom časovom horizonte.

### **3.4 Zhodnotenie a využitie výsledkov exkurzie**

Podľa Tureka na ďalších vyučovacích hodinách (v škole) sa zhodnotí prínos exkurzie, prehľbia sa a zhodnotia získane poznatky, vyhodnotia sa jednotlivé úlohy.

Zadané úlohy žiaci spracujú zadanou formou, napr. ako počítačové prezentácie, referáty, nástenky. Žiaci môžu pripraviť výstavku fotografií, prírodnín, informačných brožúr, pripraviť príspevok do školského rozhlasu či časopisu, pozvať na besedu iných spolužiakov.

Využitie výsledkov práce žiakov je vhodné použiť v iných predmetoch ako sú napr. geografia, environmentálna výchova, dejepis, etická výchova. Je vhodné klásť dôraz na využitie výsledkov exkurzie, na spojenie teórie s praxou, aby žiaci nevnímali túto mimoškolskú formu vzdelávania len ako „výlet“. Vzdelávanie žiaka počas exkurzie chápeme ako priamy prínos exkurzie.

Cieľom exkurzie je vzdelávať žiaka a zároveň vychovávať. Výchovný aspekt je zasa nepriamym prínosom exkurzie. Žiaci sú nútení plniť si základné povinnosti, ktoré sú im zadávané na exkurzii. Musia sa prispôsobovať práci v skupine, naučia sa rešpektovať vzťahy v skupine spolužiakov, učiteľa či sprievodcu. Exkurzia má široké možnosti, ako vychovávať žiakov k estetickému cíteniu. Učíme žiakov všímať si prírodné krásy, fungovanie technických pamiatok, technologické postupy výroby, krásy historických objektov či krásu miestneho regiónu.

## **4 OD HMOTY SRDCA K SRDCU HMOTY**

### **4.1 Exkurzie na východe Slovenska**

V nasledujúcom texte popíšem realizované exkurzie, ktoré žiakom priblížili hmotu srdca (biológia) a srdce hmoty (fyzika).

Na Slovensku žiaci postupne navštívili najvyššie položené astronomické observatórium na Lomnickom štíte a v Starej Lesnej, v Košiciach analyzovali na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ výsledky projektu SKALTA (detektor sekundárnych spŕšok kozmického žiarenia, <http://astronomy.science.upjs.sk/skalta/>). Využili sme aj prednášky vo Hvezdárni a planetáriu v Prešove (<http://www.astropresov.sk/>). Na podporu biológie sa žiaci zoznámili so špecializovanými pracoviskami Východoslovenského ústavu srdcových a cievnych chorôb (<http://www.vusch.sk/>) a navštívili hyperbarickú komoru v Prešove (<http://www.hyperbarickecentrum.sk/>).

#### **Astronomické observatórium na Lomnickom štíte a v Starej Lesnej**

Exkurzia na Lomnický štít odporúčam začať skoro ráno, napr. o 6:00. Je potrebné zabezpečiť transport (autobus, vlak) do Tatranskej Lomnice alebo do Starého Smokovca. Voľba trasy závisí od poveternostných podmienok, od finančných možností, pre akých a koľkých žiakov je exkurzia organizovaná.

Pre fyzicky zdatných žiakov odporúčam trasu od železničnej stanice v Starom Smokovci (1010m) po chodníku so zelenými turistickými značkami smerom na Hrebienok (1285 m), kde sa napojíme na Tatranskú magistrálu a až po Skalnaté pleso budeme sledovať červené turistické značky (0930) a značky náučného turistického chodníka Skalnaté pleso - Hrebienok.

Druhou možnosťou je začať cestu na Lomnický štít z Tatranskej Lomnice lanovkou na Skalnaté Pleso.

Zo Skalnatého Plesa je potrebné dopredu objednať a zaplatiť lanovku po 12 ľudí na a z Lomnického štítu. V prípade nepriaznivého počasia sú lístky na lanovku stornované.

Na Lomnickom štíte je možnosť absolvovať vyhlíadku ale aj odbornú prednášku pracovníkov astronomického observatória napr o skúmaní slnečnej atmosféry na observatóriu na Lomnickom štíte: akými spôsobmi pozorujú astronómovia slnečnú korónu a prečo je dôležité ju skúmať. Bližšie o kozmickom žiarení, ktorého zdrojom je aj Slnko, sa žiaci oboznámia v Košiciach na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ (PF UPJŠ).

Po obede je možné pokračovať autobusom do observatória Slovenskej akadémie vied v Starej Lesnej, kde odborní pracovníci pripravujú kvalitné prednášky napr. o Slnku.



Obrázok 1 Pešia trasa Starý Smokovec - Skalnaté Pleso - Tatranská Lomnica

Prameň: <http://www.vysoketatry.com/chodniky/vt20/vt20p.jpg>

Prednášky aj diskusie sú veľmi obohacujúce, napr. o existencii slnečných cyklov alebo na čo sa orientuje moderný výskum Slnka na Slovensku. Pre žiakov je inšpirujúce, že prednášky robia reálni vedci, ktorí im priblížia aj svoju prácu.

### **Projekt SKALTA na PF UPJŠ v Košiciach**

Projekt SKALTA (SlovaKiAn Large-area Time coincidence Array) je detektor sekundárnych spršok kozmického žiarenia. Je identický so systémom CZELTA (CZEch Large-area Time coincidence Array) projektu Ústavu experimentálnej a aplikovanej fyziky ČVUT v Prahe. Cieľmi projektu je vytvoriť relatívne riedku sieť detekčných staníc, ktoré budú umiestnené prevažne na strechách vybraných stredných škôl a univerzít v Európe a detekčné stanice detegujú spršky sekundárneho kozmického žiarenia s minimálnou energiou primárnej častice 100 TeV. V Košiciach je umiestnený na streche budovy Prírodovedeckej fakulty UPJŠ.



Obrázok 2 Detektor SKALTA na streche UPJŠ v Košiciach

Prameň: vlastný archív

Detektor SKALTA je plne funkčný od októbra 2010. Detektor predstavuje významné zlepšenie technickej infraštruktúry kozmického výskumu na UPJŠ. Umožňuje študovať



vysoko-energetické častice, ktorých energia prevyšuje energiu, ktorú sme schopní dosiahnuť aj na najvýkonnejších pozemských urýchľovačoch častíc (napr. LHC). Stanicu tvoria: detektorová časť, GPS, ovládacia elektronika, riadiaci počítač.

Na Ústave fyzikálnych vied PF UPJŠ pod dohľadom RNDr. Mareka Bombaru, PhD. je možné ozrejmiť žiakom prácu časticových fyzikov. V rámci medzinárodného projektu s detektorom SKALTA je možné analyzovať reálne vedecké dáta zozbierané v rámci projektu a následne žiacke zistenia prezentovať pred ostatnými žiakmi a učiteľmi a diskutovať o nich. Žiaci môžu porovnávať spršky sekundárneho kozmického žiarenia s minimálnou energiou primárnej častice 100 TeV, ktoré dopadnú na detektory umiestnené na streche univerzity v noci a cez deň. Pracuje sa v skupinách a dôležitou súčasťou nášho cvičenia je nutnosť efektívnej del'by práce v rámci tímu. Žiaci potvrdzujú alebo vyvracajú viacero hypotéz, napr.:

1. Slnko ovplyvňuje množstvo kozmického žiarenia zachyteného detektorom SKALTA.
2. Množstvo zachyteného kozmického žiarenia cez deň (od 9:00 do 15:00) je vyššie ako zachytené v noci (21:00 do 3:00).



Obrázok 3 Prezentovanie výsledkov žiakmi v rámci úlohy, ako vplýva sekundárne kozmické žiarenie na počasie

Žiaci na konci exkurzie zistia, že kozmické žiarenie vysokých energií nepochádza zo Slnka, že počet spršok mierne vplýva na naše počasie. Žiaci za štyri hodiny skúsia prácu reálnych vedcov, kde sa zoznámia s metódami analýzy dát, analyzujú reálne získané dáta, spracujú výsledky a prezentujú ich v rámci žiackej konferencie pred spolužiakmi a vedcami.

Prameň: vlastný archív

### Hvezdáreň a planetárium v Prešove

Z fyzikálneho hľadiska pre analýzu srdca hmoty je vhodná exkurzia aj do hvezdárne. Hlavnou úlohou špecializovaného zariadenia je popularizácia astronómie v podmienkach mestskej infraštruktúry, s regionálnym dosahom na množstvo cieľových skupín. Ponúka večerné pozorovania s hlavným ďalekohľadom Coude-refraktora (kľúčového prístroja v odborno-pozorovateľskej oblasti pozorovaní Slnka)

umiestneného v kupole pozorovateľne a na využívanie prenosných pozorovacích ďalekohľadov na terase planetária. Žiaci môžu absolvovať náučný audiovizuálny program pod umelou hviezdnu oblohou o tom, čo všetko možno pozorovať na oblohe po západe Slnka z viacerých výnimočných oblastí Zeme.

### VÚSCCH v Košiciach

Vo Východoslovenskom ústave srdcovo-cievnych chorôb (VÚSCCH) je možnosť dohodnúť odborné prednášky o srdcových chorobách a ich liečení. Za hodinu a pol



Obrázok 4 Prednáška vo VÚSCH o operácii srdcovej arytmie

Prameň: vlastný archív

z *hmoty srdca* (biológie) sa žiaci majú možnosť dozvedieť o histórii a manažmente kardiovaskulárnych chorôb na srdcovocievnom oddelení vo VÚSCCH či o intervenčnej terapii srdcovej arytmie. V dobre vybavenej kongresovej sále lekári komentujú vlastné záznamy z operácií srdca. Žiaci majú možnosť v menších skupinách absolvovať prehliadku ústavu a vidieť špičково vybavené pracoviská s kvalitným personálom.

### Hyperbarická komora v Prešove



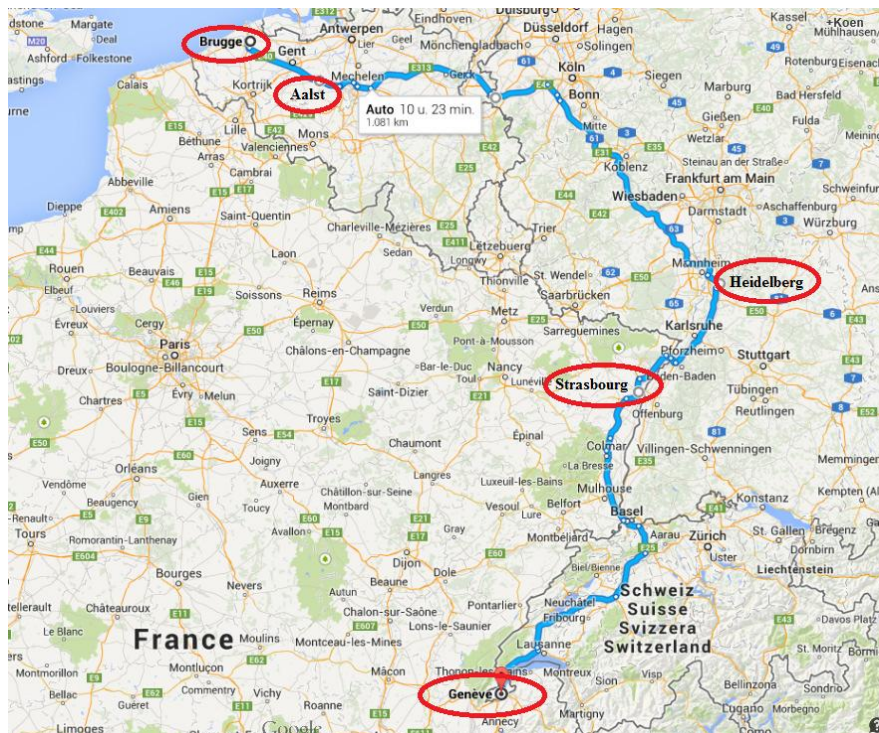
Obrázok 5 Žiačka v jednomiestnej hyperbarickej komore

Prameň: vlastný archív

Liečba hyperbarickým kyslíkom je známa od roku 1662, ale zvýšený záujem vznikol len pred 40 rokmi. Počas pobytu pacienta v hyperbarickej komore, pri dýchaní čistého medicínálneho kyslíka, sa tento pomaly rozpúšťa v krvnej plazme. Tak ako stúpa tlak v komore, tak stúpa aj množstvo rozpusteného kyslíka v krvnej plazme. V komore teda neprenášajú kyslík v tele pacienta len červené krvinky,

ale aj krvná plazma. A to je rozdiel medzi dýchaním pri normálnom tlaku a zvýšenom tlaku. V hyperbarickej komore môže byť v krvi pacienta až 20-násobne viac kyslíka. Kyslík rozpustený v krvnej plazme sa dostáva až do tekutiny v medzibunkových priestoroch. Takýmto spôsobom môže priamo vstupovať aj do tých buniek v organizme, ktoré za normálnych okolností trpia nedostatkom kyslíka. Funkcia týchto buniek sa postupne obnoví. Túto exkurziu je možné zaradiť do nami vybraného fyzikálno-biologického bloku aj kvôli tomu, že lieči okrem diabetické nohy, úrazy mozgu, detskú mozgovú obrnu, Alzheimerovu chorobu, Parkinsonovu chorobu, Sclerosis multiplex, únavový syndróm, pooperačné hojenie rán, otravu plynom i dekompresnú chorobu aj niektoré typy anémie a ischemické choroby srdca.

## 4.2 Exkurzie v zahraničí



Obrázok 6 Plán týždennej exkurzie v zahraničí

Prameň: vlastný archív

(Francúzsko) a Ženevy (Švajčiarsko), odkiaľ bol zasa presun letecky do Budapešti. Komunikačným jazykom pre všetkých zúčastnených bola angličtina. Exkurzie sa zúčastnilo 18 žiakov a 2 učiteľky.

### Harmonogram exkurzie

nedeľa 30. marec 2014 – piatok 4. apríl 2014

**30. marec 2014**

čas	program
<b>5:00h</b>	odlet z Budapešti do Bruselu
<b>7:00 h</b>	prílet do Bruselu, prehliadka Bruselu
<b>15:00 h</b>	ubytovanie v mládežníckej ubytovni (hosteli), Youth Hostel Van Gogh (Chab)

Na základe voľby fyzikálno-biologickej témy Od hmoty srdca k srdcu hmoty som navrhla exkurziu v zahraničí ako týždenný pobyt.

So žiakmi sme sa presunuli letecky z Budapešti do Bruselu a následne využívali objednaný autobus do mesta Aalst (Belgicko), Heidelbergu (Nemecko), Štrasburgu

rue Traversiere 8, 1210 Bruxelles, Brussels
---

### 31. marec 2014

čas	Program
7:00 h	Raňajky v hosteli
8.00h	Odchod do OLV nemocnice v Aalst. objednaný autobus, ALBION tours Hulkstraat 3 8380 Zeebrugge telnr :050518688
11:00h	Príchod do nemocnice, uvítanie, prehliadka
12:00h	Obed v nemocnici – sendviče a dezert, Guernica
13:00 h	1. operácia srdca – naživo. Dr. Gabor Toth, pacient s bolesťou v hrudi, aplikácia stentu. diagnostika a liečenie Prenos online pomocou cathlab do miestnosti so žiakmi, 4 žiaci účastní priamo pri operácii otázky a odpovede prestávka 2. operácia – naživo. pacient s palpáciou. prenos online pomocou cathlab do miestnosti so žiakmi, 4 žiaci účastní priamo pri operácii otázky a odpovede
16:00 h	Prezentovanie biologických tém žiakmi
17:00h	odchod do Aachenu. 175 km
19:00h	Príchod do hostela v Aachene, Youth Hostel Aachen EU-Regional Guesthouse Maria-Theresia-Allee 260 52074 Aachen phone: +49 241 71101-0 Jh-aachen@djh-rheinland.de www.aachen.jugendherberge.de Cena na osobu:26€
20.00h	Prehliadka Aachenu
22:00 h	večera v hosteli

### 1. apríl 2014

čas	program
7:00 h	raňajky v hoteli, obedový balíček
8:00 h	Odchod do Heidelbergu (308 km)
12:00 h	Príchod do EMBL, obed. Meyerhofstr. 1. D-69117 Heidelberg Tel: +49 (0) 6221 387-0
14:00 h -16:00 h	Prehliadka EMBL
17:00 h	Jugendherberge Heidelberg International Tiergartenstr. 5 69120 Heidelberg Tel. +49 (0)6221 65119-21, 31 eur za izbu s viacerými posteľami, 35 eur za 2posteľovú izbu www.jugendherberge-heidelberg.de

<b>18:00 h</b>	Večera
<b>19:00 h</b>	Prehliadka Heidelbergu

## 2. apríl 2014

<b>čas</b>	<b>program</b>
<b>7:00 h</b>	Raňajky v hosteli
<b>8:00 h</b>	Odchod do Štrasburgu (137 km)
<b>10:00 h</b>	Príchod do Štrasburgu, prehliadka European corner, inštitúcií Európskej únie, Palais de l'Europe Avenue de l'Europe, 67075 Strasbourg
<b>11:00 h</b> <b>12:30 h</b>	Prehliadka Rady Európy
<b>13:00 h</b>	Obed v Modrom salóne, Rada Európy, 10,25 eur/osoba
<b>13:30 h</b>	Prehliadka Štrasburgu
<b>15:00 h</b>	Odchod do Ženevy (391 km)
<b>20:00 h</b>	Príchod do Ženevy, ubytovanie Auberge de jeunesse Rue Rothschild 30 1202 Genève Tel: +41 22 732 62 60, <a href="http://www.yh-geneva.ch">http://www.yh-geneva.ch</a> , ubytovanie 35 eur/ osoba, večera 15eur/osoba
<b>do 22:00 h</b>	Prehliadka Ženevy

## 3. apríl 2014

<b>čas</b>	<b>program</b>
<b>7:00 h</b>	Raňajky v hosteli
<b>8:00 h</b>	Odchod do CERNu, Route de Meyrin 385, 1217 Meyrin, +41 22 767 61 11
<b>9:00 h</b>	Konferencia v CERNe, <a href="http://home.web.cern.ch/">http://home.web.cern.ch/</a>
<b>10:00 h</b>	Prehliadka výstavy Mikrokozmos ( <a href="http://outreach.web.cern.ch/outreach/expos_cern/microcosm.html">http://outreach.web.cern.ch/outreach/expos_cern/microcosm.html</a> )
<b>11:00 h</b>	Prehliadka výstavy Globe ( <a href="http://outreach.web.cern.ch/outreach/expos_cern/univers_particules.html">http://outreach.web.cern.ch/outreach/expos_cern/univers_particules.html</a> )
<b>12:00 h</b>	Obed v reštaurácii v CERNe
<b>14:00 h</b>	Prehliadka CERNu so sprievodcom
<b>17:00 h</b>	Odchod z CERNu
<b>18:00 h</b>	Večera v hosteli

## 4. apríl 2014

<b>čas</b>	<b>program</b>
<b>7:00 h</b>	Raňajky v hosteli
<b>8:00 h</b>	Odchod do CERNu
<b>9:00 h</b>	Prednáška z časticovej fyziky, hlavné auditórium
<b>11:00 h</b>	Obed v CERNskej reštaurácii
<b>12:00 h</b>	Prehliadka Ženevy
<b>15:00 h</b>	Odchod na letisko
<b>18:00 h</b>	Odlet do Budapešti



## Nemocnica OLV v meste Aalst

Táto nemocnica má v Belgicku ale aj vo svete skvelé renomé v oblasti kardiológie, kardiovaskulárnej chirurgie, neurochirurgie a urológie.



Obrázok 8 Komentovanie lekára počas reálnej operácie srdca



Obrázok 7 Žiaci vo viacmiestnej hyperbarickej komore v belgickej nemocnici

Prameň: vlastný archív

Žiaci v tejto modernej nemocnici mali možnosť vidieť naživo dve operácie srdca. Bližšie na <http://lnk.sk/tC9>. Žiaci sami prezentovali výsledky svojho výskumu pred odborným publikom v angličtine. Okrem prednášok mali možnosť exkurzie v priestoroch nemocnice a porovnali viacmiestnu hyperbarickú komoru v podzemných priestoroch s návštevou jednomiestnej komory na Slovensku.

## EMBL v Heidelbergu

V nemeckom meste Heidelberg sa nachádza *Európske laboratórium molekulárnej biológie* - The European Molecular Biology Laboratory. Je to vedecký ústav zameraný na základný



Obrázok 10 Exkurzia po EMBL v Heidelbergu s architektúrou v tvare DNA

Prameň: vlastný archív



Obrázok 9 Oblasti, ktorými sa EMBL zaoberá

Prameň: vlastný archív

výskum v oblasti molekulárnej biológie, ktorý vznikol v roku 1974. Ide o neziskovú organizáciu financovanú z verejných prostriedkov od 20 členských štátov a jedného pridruženého člena. Pracoviská má v štyroch štátoch – Nemecku, Francúzsku, Veľkej Británii a v Taliansku. Bližšie informácie na <http://www.embl.de/>.

Žiakom bola predstavená podrobne inštitúcia ako taká, videokonferenčne prebehlo spojenie s mladým vedcom z Monterotondo v Taliansku, exkurzia po jednotlivých pracoviskách so zaujímavou architektúrou v tvare dvojitej špirály DNA a v závere mali možnosť žiaci možnosť diskutovať s mladými doktorandmi o štúdiu a práci v tejto inštitúcii.

### **CERN v Ženeve**

Vo švajčiarskej Ženeve sídli Európska organizácia pre jadrový výskum, [www.cern.ch](http://www.cern.ch), v ktorej žiaci mali možnosť navštíviť niektoré časti urýchľovača LHC (Large Hadron Collider).



CERN je najvýznamnejšou medzinárodnou organizáciou pre výskum v oblasti štruktúry hmoty, ktorá sa stala svetovým lídrom v oblasti fyziky elementárnych častíc. Poslaním CERNU je uskutočňovať základný výskum v oblasti štruktúry hmoty. Cieľom je poznať hmotu do najmenších detailov. Ak budeme dobre poznať vlastnosti hmoty, budeme ich vedieť aj využiť v náš prospech.

Obrázok 11 Po prednáške s doc. RNDr. P. Chochulom, PhD. v CERNe

Prameň: vlastný archív

Z CERNU však nevychádzajú len fyzikálne výsledky najvyššej kvality ale aj takzvané vedľajšie produkty, ktoré sú niekedy veľmi užitočné. Spomeňme napríklad Web (WWW), ktorý sa zrodil v CERNe, a bez ktorého by dnešný Internet nefungoval tak efektívne. Za pomoci CERNU sa zrodili gama kamery, ktoré sa využívajú v našich nemocniciach. Technológia supravodivých magnetov sa v CERNe posunula na vysokú úroveň a teraz je





predmetom záujmu špecialistov budujúcich fúzny reaktor ITER, ale aj iné energetické zariadenia budúcnosti.

Obrázok 12 Pred CMS (Compact Muon Solenoid) v CERNe

Prameň: vlastný archív

## 5 AKTIVITY ŽIAKOV

Ponúkam niekoľko typov na žiacke aktivity, ktoré dopĺňajú samotné exkurzie. Je možné ich zaradiť pred realizáciou samotnej exkurzie alebo ako záverečný výstup po exkurzii. Vybrala som pojmové mapy, slovník, tvorbu posterov a počítačových prezentácií na dohodnuté témy a realizáciu meraní a pokusov, slovníček pojmov a otázky k dokumentárnemu filmu Particle fever a odborný text s pracovným listom v angličtine o časticovej fyzike.

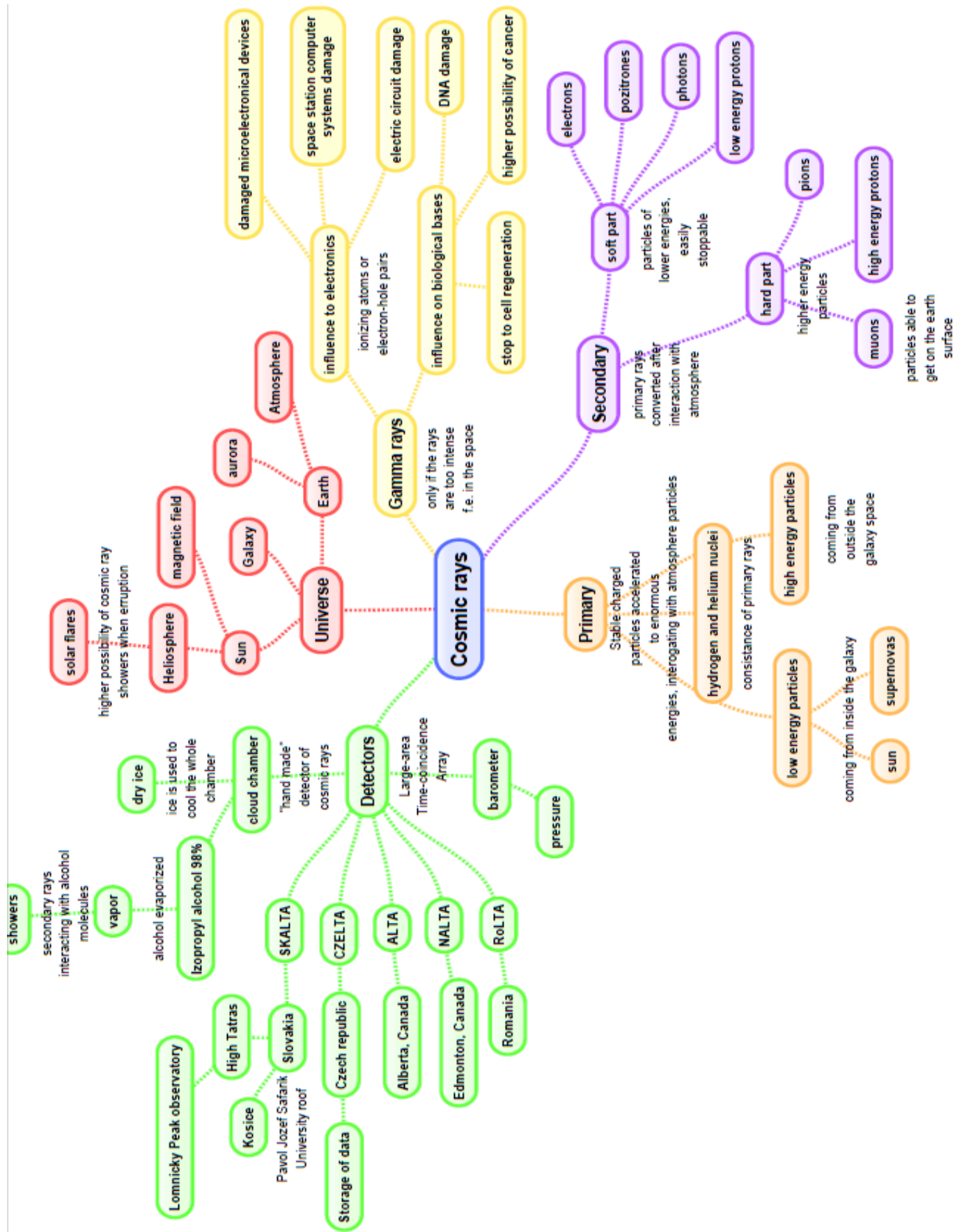
### Pojmové mapy

Pojmová mapa (mindmap, mentálne mapovanie, myšlienková mapa) je názorné zaznamenávanie myšlienok pomocou grafickej mozaiky. Od základného pojmu (slova, vety, obrázku) postupne rozvíjame jednotlivé vetvy asociácií, vytvoríme určitú štruktúru a nachádzame nové súvislosti. Žiaci jednoducho vytvárali pojmové mapy pomocou voľne dostupného softvéru na vytváranie pojmových máp, napr. program VUE (Visual Understanding Environment). Ujasnili si hierarchiu pojmov a tiež súvislosti medzi nimi.

Na nasledujúcej strane uvádzam pojmovú mapu, ktorú sme robili spolu so žiakmi na tému kozmické žiarenie

Obrázok 13 Pojmová mapa na tému kozmické žiarenie

Prameň: vlastný zdroj



## Slovník (Dictionary)

Žiaci pri štúdiu pracovali s mnohými odbornými pojmami z fyziky a biológie. Keďže angličtina je komunikačným jazykom vedcov, veľa odborných materiálov je v tomto jazyku. Prirodzene vznikla potreba vytvorenia anglicko-slovenského biologicko-fyzikálneho slovníka.

Uverejňujeme z neho len časť:

anemia	chudokrvnosť
beam of light	svetelný lúč
blood pressure	krvný tlak
blood vessels	cievy
blood	krv
core	jadro
diseases	choroby
field	pole
heart attack	infarkt
heart murmur	šelest
heart rate	srdcová frekvencia
heart valve	srdcová chlopňa
heart	srdce
L/R auricle, ventricle	ľavá/pravá predsieň, komora
matter	hmota
particle	častica
quark	kvark
ray	žiarenie
research	výskum
shell	obal
Sun	Slnko

Viac informácií je možné nájsť na <http://particleadventure.org/frameless/glossary.html>.

## Meranie BMI indexu

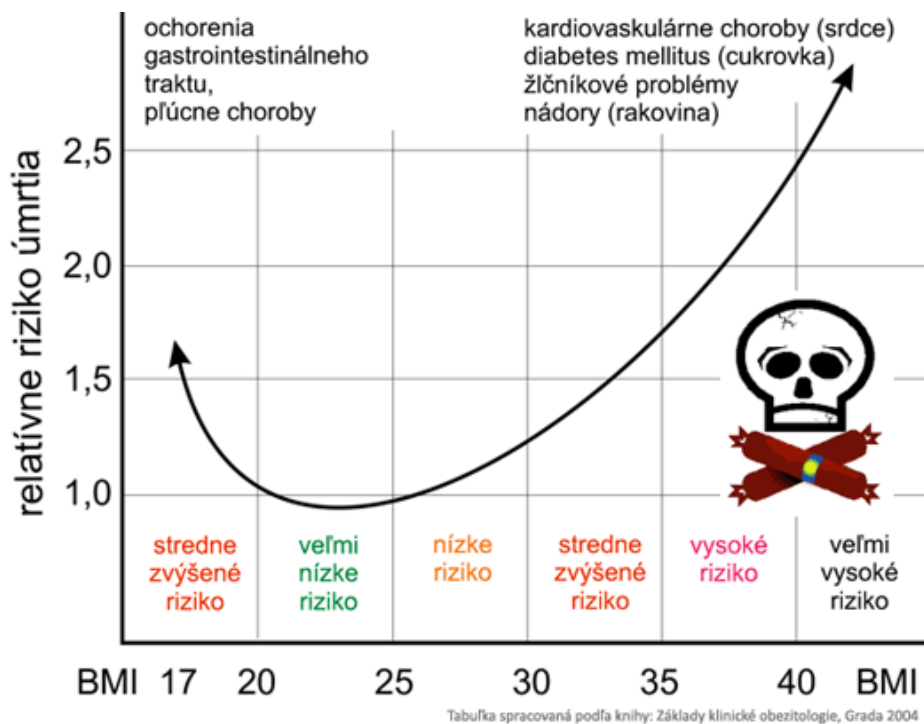
BMI je skratka výrazu Body Mass Index a v preklade znamená Index telesnej hmotnosti. Patrí medzi najviac využívané metódy merania obezity. Obezita je často definovaná ako nadmerné ukladanie tuku v organizme, čo ma za príčinu vzniku aj ochorení srdca.

Žiaci rozdelení do skupín merali počas prestávok školy výšku, hmotnosť, tlak, tep a obvod pása svojich spolužiakov. Údaje zapisovala každá skupina pomocou Google formulárov (<http://lnk.sk/tCJ>) a reálne online vyhodnocovali priemerné hodnoty za školu. Každému spolužiakovi dali odporúčania vzhľadom na jeho BMI.

BMI sa počíta podľa vzorca:

$$\text{BMI} = \text{hmotnosť v kg} : (\text{telesná výška v m})^2$$

Výsledkom výpočtu BMI je číslo. Čím je číslo vyššie, tým je človek na svoju hmotnosť ťažší. BMI je normálne v hodnotách medzi 20 až 25.



Obrázok 14 Určenie rizika chorôb podľa BMI

Prameň: <http://lnk.sk/tCN>

BMI - menej ako 19 = podváha

Podváha je pre zdravie nebezpečná. Podváha je pre zdravie rovnako nebezpečná, ako veľká obezita.

BMI - viac ako 25 = nadváha, viac ako 30 = obezita

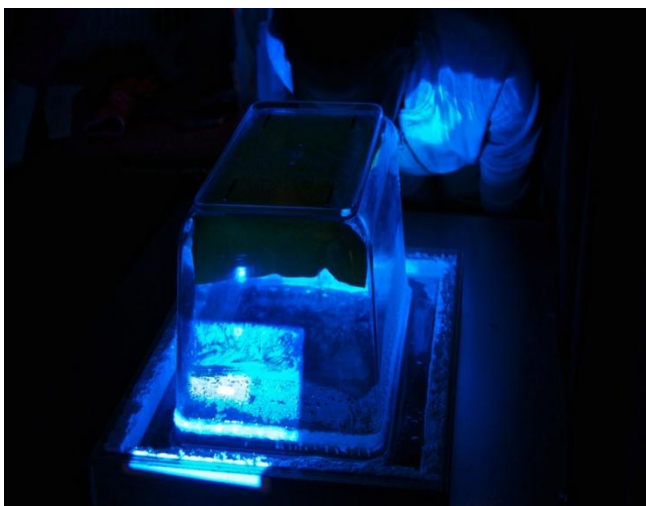
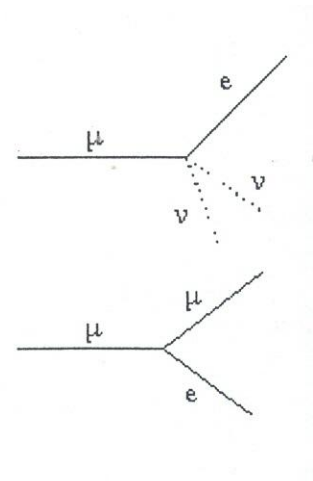
Nutné zmeniť životný štýl a začať zámerne chudnúť.

### Tvorba vlastnej hmlovej komory

Na „zviditeľnenie“ kozmického žiarenia potrebujeme akvárium, kovovú platňu na úplné prekrytie otvorenej steny nádoby, plst', vhodné úchytky na pripevnenie plsti na dno nádoby, malú drevenú škatuľu vyloženú polystyrénom na suchý ľad, dataprojektor ako zdroj svetla, čistý izopropyl, suchý ľad, ochranné rukavice pre manipuláciu s ľadom.

V tmavej miestnosti pri osvetlení dataprojektorom je možné vidieť rôzne druhy trajektórií pochádzajúce od rôznych častíc:

- ◇ rovné stopy, ktoré ostro zahýnajú doľava alebo doprava. Toto je rozpad miónu. Dve vybodkované stopy patria časticiam nazývaným neutrína, ktoré komora nie je schopná detekovať.
- ◇ Tri stopy, ktoré sa stretávajú v jednom bode. Pri týchto udalostiach jedna stopa pochádza od častice z kozmického žiarenia, ktorá sa nazýva mión. Táto častica sa zrazí s elektrónom. Dve od seba sa



vzd'alejúce stopy pochádzajú od pôvodného miónu a elektrónu po zrážke.

◇ veľmi skrútená chaotická stopa. Táto je dôsledkom mnohonásobného rozptylu, keď sa nízkoenergetický kozmické žiarenie postupne zráža s atómami vzduchu

Obrázok 15 Realizácia pokusu v hmlovej komore

Prameň: vlastný archív

## Počítačové prezentácie

Žiaci pripravovali viaceré počítačové prezentácie. Témy boli biologické, fyzikálne, ale aj kombinácie oboch prírodných vied. Napr. kozmické žiarenie, meranie spŕšok sekundárneho kozmického žiarenia pomocou SKALTA detektora, tvorba vlastnej hmlovej komory a pozorovanie sekundárneho kozmického žiarenia zachyteného v nej, prezentácia o zložení ľudského srdca, diagnostika chorôb srdca termovíziou, diagnostika a liečba srdcovocievnych chorôb (aneuryzma, srdcová arytmia, hyperlipidémia, angína pectoris, hypertenzia, tachykardia, perikardia) či popis hyperbarickej komory a liečba pomocou nej.

Významne žiakom pomohli reálne získané dáta z exkurzií a diskusie s odborníkmi v danej oblasti.



Obrázok 16 Prezentovanie počítačových prezentácií v CERNe

Prameň: vlastný archív

### Hyperbaric Oxygen Therapy

- 'Hyper' → increased
- 'baric' → pressure
- Providing the body with extra oxygen
- Higher pressure = more O<sub>2</sub> dissolved in plasma

*Did you know?  
Oxygen (O<sub>2</sub>) makes up approx. 21% of the air*

*Which protein is normally responsible for oxygen transport?*

Red blood cell  
Hemoglobin molecules  
Oxygen from lungs  
Oxygen bonded with hemoglobin molecules  
Oxygen released to tissue cells

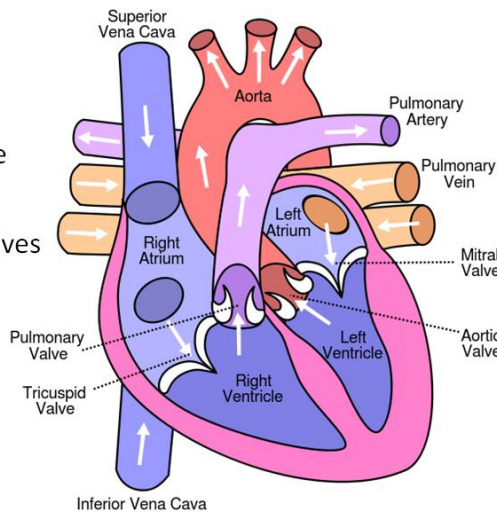
Obrázok 17 Ukážka snímky z počítačovej prezentácie o hyperbarickej komore

Prameň: vlastný archív

# Premature ventricular contractions

What Causes PVC?

- Heart attack
- High blood pressure
- Cardiomyopathy
- Disease of heart valves
- Hypokalemia
- Hypomagnesemia
- Hypoxia



- Medications
- Excessive intake of alcohol
- Excess caffeine intake
- Stimulant drug use
- Myocarditis
- Cardiac contusion

Obrázok 18 Ukážka z počítačovej prezentácie o chorobách srdca

Prameň: vlastný archív

## Otázky k filmu Particle Fever

Počas cesty autobusom žiaci mali možnosť sledovať dokumentárny film Particle Fever, ktorý sleduje prácu šiestich vedcov pracujúcich na LHC v CERNe. Hľadajú dôkaz existencie Higgsovho bozónu ako Božej častice. Film je zrozumiteľný pre stredoškolských študentov.

Ponúkam slovníček pojmov:

*beam, Big Bang, black hole, cosmological constant, data, European Organization for Nuclear Research (CERN), experimental physics, François Englert, Higgs boson, high-energy collision, Large Hadron Collider (LHC), laws of nature, magnets, mathematics, matter, Meyrin (Switzerland), multiverse (meta-universe), parameter, particle, Peter W. Higgs, physics, proton, quark, scientific breakthrough, Standard Model of particle physics, structure, supersymmetry (SUSY), symmetries, theoretical physics, universe*

Na základe informácii z dokumentárneho filmu mali žiaci zodpovedať na nasledujúce otázky:

1. Kde je umiestnený LHC?
2. Kedy začali plánovať výstavbu LHC?



3. Ktoré druhy experimentov sa realizujú v LHC?
4. Čo sa snažili vedci pochopiť pri práci v LHC?
5. Aká je úloha kvarkov v časticovej štruktúre?
6. Popíšte realizované výskumy na jednotlivých projektoch LHC: Alice, CMS, Atlas a LHCb.
7. Porovnajzte teóriu supersymetrie a teórie všetkého.
8. Objavenie akej častice sa predpokladá po objavení Higgsovho bozónu?
9. Kto dostal Nobelovu cenu za fyziku v roku 2013?
10. Kedy bol objavený Higgsov bozón?
11. Myslíte si, že je dôležité investovať do projektov ako je LHC? Prečo áno, prečo nie?

### Odborný text z časticovej fyziky

Počas cesty autobusom na zahraničnej exkurzii žiaci mali k dispozícii 30 minút odborný text v angličtine (Príloha 1), ktorý popisuje základy časticovej fyziky, a pracovný list (podľa Seljeseth, 2000, Príloha 2). Žiaci sa mali možnosť zoznámiť s odbornou anglickou terminológiou v kontexte. Počas vyučovania fyziky v škole bola daná téma vysvetlená v slovenčine (viac na <http://particleadventure.org>). Nižšie uvádzam odpovede na pracovný list určený pre žiakov.

### Odpovede

#### Part 1

#### QUARKS

Quark symbol and charge	Name of Quark	Name of Quark partner	Quark partner symbol and charge
<b>U</b> <sup>+2/3</sup>	<b>Up</b>	<b>Down</b>	<b>d</b> <sup><math>-\frac{1}{3}</math></sup>
<b>C</b> <sup>+2/3</sup>	<b>Charmed</b>	<b>Strange</b>	<b>s</b> <sup><math>-\frac{1}{3}</math></sup>
<b>T</b> <sup>+2/3</sup>	<b>Top</b>	<b>Bottom</b>	<b>b</b> <sup><math>-\frac{1}{3}</math></sup>

## LEPTONS

Lepton symbol and charge	Name of lepton	Name of lepton partner	Lepton partner symbol and charge
$e^{-1}$	<b>Electron</b>	<b>Electron neutrino</b>	$\nu_e^0$
$\mu^{-1}$	<b>Muon</b>	<b>Muon neutrino</b>	$\nu_\mu^0$
$\tau^{-1}$	<b>Tau</b>	<b>Tau neutrino</b>	$\nu_\tau^0$

- 1) Which particles are quarks? Up, down, charmed, strange, top, bottom
- 2) Which particles are leptons? Electron, muon, tau, electron neutrino, muon neutrino, tau neutrino
- 3) Which particles have no charge? Neutrinos (there is some newer info that may make this answer wrong)
- 4) Which particles have charges? All quarks, and the electron, muon, tau
- 5) Which particles have integer charges? Electron, muon, tau
- 6) Which particles have fractional charges? all quarks: up, down, charmed, strange, top, bottom.

## Part 2

Symbol of particle and its charge	Name of particle	Name of antiparticle	Symbol and charge of antiparticle
$u^{+2/3}$	<b>Up</b>	<b>Anti-up (or up anti-quark)</b>	$\bar{u}^{-\frac{2}{3}}$
$d^{-1/3}$	<b>Down</b>	<b>Anti-down (or down anti-quark)</b>	$\bar{d}^{+\frac{1}{3}}$
$c^{+2/3}$	<b>Charmed</b>	<b>Anti-charmed</b>	$\bar{c}^{-\frac{2}{3}}$

$s^{-1/3}$	<b>Strange</b>	<b>Anti-strange</b>	$\bar{s}^{+1/3}$
$t^{+2/3}$	<b>Top</b>	<b>Anti-top</b>	$\bar{t}^{-2/3}$
$b^{-1/3}$	<b>Bottom</b>	<b>Anti-bottom</b>	$\bar{b}^{+1/3}$
$e^{-1}$	<b>Electron</b>	<b>Positron (or anti-electron)</b>	$e^{+1}$
$\nu_e^0$	<b>Electron neutrino</b>	<b>Anti-electron neutrino (or positron neutrino)</b>	$\bar{\nu}_e^0$
$\mu^{-1}$	<b>Muon</b>	<b>Anti-muon</b>	$\bar{\mu}^{+1}$
$\nu_\mu^0$	<b>Muon neutrino</b>	<b>Anti-muon neutrino</b>	$\bar{\nu}_\mu^0$
$\tau^{-1}$	<b>Tau</b>	<b>Anti-Tau</b>	$\bar{\tau}^{+1}$
$\nu_\tau^0$	<b>Tau neutrino</b>	<b>Anti-tau neutrino</b>	$\bar{\nu}_\tau^0$

7) Which particles are antimatter quarks? Anti-up, anti-down, anti-charmed, anti-strange, anti-top, anti-bottom or  $\bar{u}, \bar{d}, \bar{c}, \bar{s}, \bar{t}, \bar{b}$

8) Which particles are antimatter leptons? Positron, positron neutrino, anti-muon, anti-muon neutrino, anti-tau, anti-tau neutrino.

### Part 3

Because  $E=mc^2$ , mass can be measured in energy units:  $m = \frac{E}{c^2}$

eV = **electron volt** is defined as the energy that an electron gains when accelerated through a potential difference of 1 volt.

GeV= Giga-electron volt= $1 \cdot 10^9$  eV

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{GeV}{c^2} \text{ where } c^2 \text{ is the speed of light, squared. (For convenience, } c^2=1)$$

Symbol of particle	Name	Mass in $\frac{GeV}{c^2}$	Symbol of anti-particle	Mass in $\frac{GeV}{c^2}$
U			$\bar{u}$	Mass will always be the same as the mass of the matter particle
D			$\bar{d}$	
C			$\bar{c}$	

#### Part 4

up quark =  $u^{+2/3}$

down quark =  $d^{-1/3}$

9) Write two up quarks and one down quark with their charges in these blanks:  $u^{+2/3} u^{+2/3} d^{-1/3}$

10) What is the total charge of the quarks in #9?  $\frac{+3}{3}$  or +1

11) The total charge of # 9 means that it must be a (proton, neutron, electron)  
proton

12) Write two down quarks and one up quark with their charges in these blanks:  $d^{-1/3} d^{-1/3} u^{+2/3}$

13) What is the total charge of the quarks in #12? 0

14) The total charge of # 12 means that it must be a (proton, neutron, electron)  
neutron

15) On the “family tree” of particles, the up and down quarks are on the same branch as the electron and electron neutrino. Can you think of a reason why these particles would be more closely related to each other than to the other quarks and leptons?

Three of these particles(up, down, electron) make up ordinary matter

## 6 POSTREHY A ODPORÚČANIA

Organizovanie exkurzie je veľmi časovo náročná činnosť učiteľa, ak ju organizuje bez pomoci cestovnej kancelárie.

Odporúčam vybrať zaujímavý a náučný program, ktorý bude mimo školy rozvíjať vzdelávacie ciele určené štátnym i školským vzdelávacím programom.

Taktiež je potrebné objednať bezpečnú a spoľahlivú školskú dopravu. Program, dĺžka a trasa exkurzie sú základnou informáciou pre objednanie dopravy. Zabezpečenie dopravy pri jednodňovej akcii je samozrejme iné ako pri výlete viacdňovej. Odlišovať sa môže nielen cenou, ale aj počtom vodičov (pri dlhšej trase), prípadne typom autobusu (s/bez toaliet, batož. priestoru a pod.). Základom pre výpočet ceny je informácia či potrebujete/využijete autobus na mieste. Ak napríklad cestujeme na exkurziu na miesto vzdialené 30 km a až o 4 hodiny pôjdeme späť, cenovo výhodnejšie bude objednať dopravu len tam a späť, bez platenia státia počas exkurzie.

Počas plánovania exkurzie je potrebné rátať pri preprave s dostatočnou časovou rezervou. Vodič by mal overiť počas trasy obmedzenia a prístup pre vozidlo, existujú miesta, kam sa napríklad 53-miestny autobus nedostane. K bezpečnosti tiež prispievajú prestávky počas jazdy. Je dobré ak si prestávky vopred dohodnete s dopravcom alebo priamo vodičom. Dĺžka a počet prestávok závisí nielen od požiadaviek cestujúcich, ale aj od povinností, ktoré vyplývajú z legislatívy EÚ pre prácu vodičov (napr. povinná 45-min. prestávka vodiča po 4,5 hodinách jazdy).

Pri ceste so žiakmi na viacdňovú exkurziu potrebujeme v autobuse priestor na odloženie batožiny, teda kvôli dodržaniu čo najväčšej bezpečnosti je vhodné odložiť väčšiu batožinu do batožinového priestoru autobusu a v priestore nad sedadlami pasažierov nechávať čo najmenej vecí, ktoré by neohrozili žiakov počas jazdy.

Samozrejmosťou je poučenie žiakov o správaní počas exkurzie, bezpečnostných predpisoch a príslušnom odbornom poučení v špecifických priestoroch. Netreba

zabudnúť na vyplnenie tlačiva o hromadnej akcii (Návrh na organizačné zabezpečenie hromadnej školskej akcie) a informovaný súhlas s účasťou žiaka na hromadnej školskej akcii.

Netreba zabudnúť počas exkurzie na uzatvorenie hromadného poistenia na dobu určitú.

## ZÁVER

V OPS som predstavila stručne vzdelávaciu oblasť Človek a príroda v ISCED 3A, venovala som sa metodickej príprave exkurzie vo všeobecnosti. Ponúkla som námety na realizované exkurzie na Slovensku a v zahraničí sledujúc tému fyzikálno-biologickú Od srdca hmoty k hmote srdca. OPS som ešte doplnila ukázkami z pracovných listov a odbornými aktivitami žiakov, ktoré boli spojené s obsahom exkurzií (tvorba pojmových máp, počítačových prezentácií na fyzikálne a biologické témy: kozmické žiarenie, choroby srdca, hyperbarická komora, meranie BMI, stavba vlastnej hmlovej komory, pozorovanie sekundárneho kozmického žiarenia v školských podmienkach) a taktiež konkrétnymi postrehmi a odporúčaniami z realizácií exkurzií.

Samotní žiaci ocenili exkurzie, ktoré prepájali fyziku a biológiu, umožnili im zlepšenie svojich jazykových schopností (angličtina, nemčina, francúzština) či zlepšenie IKT zručností.

Žiaci často pri zadaných témach pracovali v skupinách, komunikovali s vedeckými pracovníkmi i špičkovými domácimi i zahraničnými inštitúciami. V neposlednom rade si uvedomili aj význam európskej integrácie pri riešení vedeckých problémov.

Snažila som sa naplniť definíciu exkurzie ako mimoškolskej organizačnej formy vyučovacieho procesu, ktorá umožňuje žiakom poznať predmety, javy, a procesy priamo v pôvodnom prostredí a v typických podmienkach.



## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. KIMÁKOVÁ, K. 2008. *Úvod do štúdia didaktiky biológie*. Košice: UPJŠ v Košiciach. ISBN 978-80-7097-710-1.
2. PETLÁK, E. 1997. *Všeobecná didaktika*. Bratislava: IRIS, 1997. 270 s. ISBN 80-88778-49-2.
3. SELJESETH, C. 2000: *The particle adventre*. Dostupné na <http://particleadventure.org> [cit. 09-02-2015]
4. PETLÁK, E. 1997. *Všeobecná didaktika*. Bratislava: IRIS, 1997. 270 s. ISBN 80-88778-49-2.
5. TOLMÁČI, L., LAUKO, V., GURŇÁK, D., KRIŽAN, F. 2008. *Geografická exkurzia - nástroj praktického vzdelávania (Aplikácia na Slovensku)*. Bratislava: Iuventa, ISBN: 978 - 80 - 8072 - 080 - 3.
6. TUREK, I. 2002: *Zvyšovanie efektívnosti vyučovania*. Bratislavva: Metodické centrum, 326 s, ISBN 8080521360.
7. TUREK, I. 2010. *Didaktika*. 2.vydanie. Bratislava: Iura Edition, ISBN 978-80-8078-322-8.

### Internetové zdroje

8. Časticové dobrodružstvo [online]. [particleadventure.org](http://particleadventure.org), [cit. 09.02.2015]. Dostupné na www: <http://particleadventure.org/frameless/glossary.html>
9. Vzdelávacie oblasti [online]. [statpedu.sk](http://statpedu.sk), [cit. 09-02-2015]. Dostupné na [http://www.statpedu.sk/files/documents/svp/gymnazia/vzdelavacie\\_oblasti](http://www.statpedu.sk/files/documents/svp/gymnazia/vzdelavacie_oblasti)
10. Vysoké Tatry [online]. [vysoketatry.com](http://vysoketatry.com), [cit. 09.02.2015]. Dostupné na www <http://www.vysoketatry.com/chodniky/vt20>

## **ZOZNAM PRÍLOH**

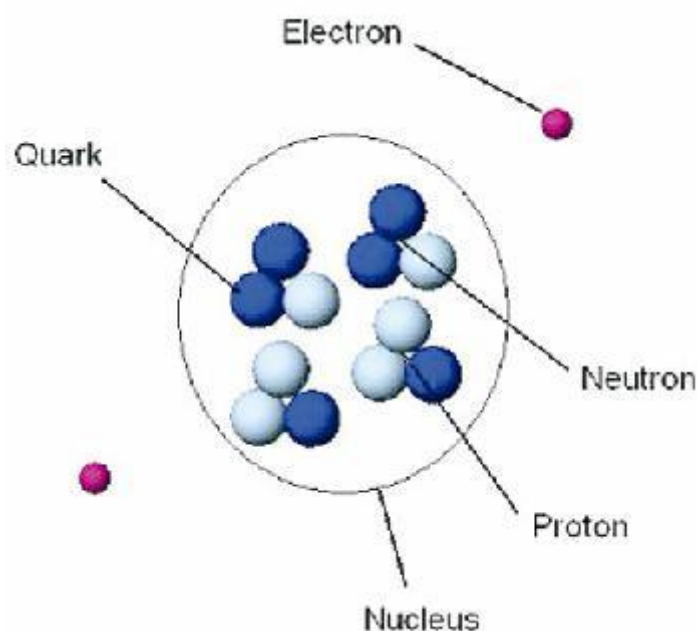
**Príloha 1: What is Particle Physics? (odborný text)**

**Príloha 2: Pracovný list pre žiakov**

## What is Particle Physics?

Protons, electrons, neutrons, neutrinos and even quarks are often featured in news of scientific discoveries. All of these, and a whole "zoo" of others, are tinysub-atomic particles too small to be seen even in microscopes. While molecules and atoms are the basic elements of familiar substances that we can see and feel, we have to "look" *within* atoms in order to learn about the "elementary" sub-atomic particles and to understand the nature of our Universe. The science of this study is called Particle Physics, Elementary Particle Physics or sometimes High Energy Physics (HEP).

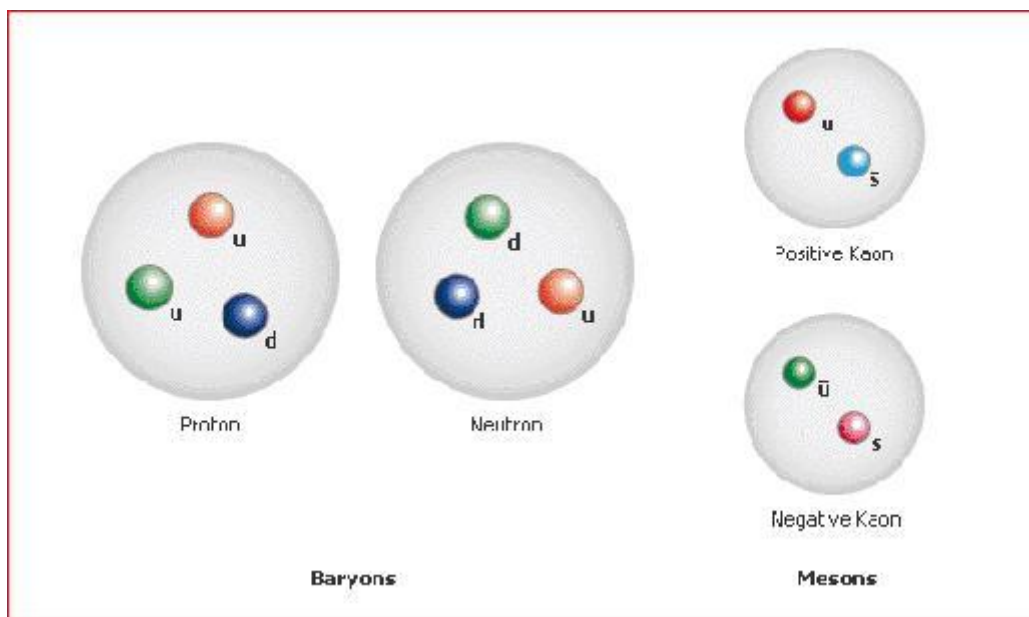
Atoms were postulated long ago by the Greek philosopher Democritus, and until the beginning of the 20th century, atoms were thought to be the fundamental indivisible building blocks of all forms of matter. Protons, neutrons and electrons came to be regarded as the fundamental particles of nature when we learned in the 1900's through the experiments of Rutherford and others that atoms consist of mostly empty space with electrons surrounding a dense central nucleus made up of protons and neutrons.



Obrázok 19 Štruktúra atómu (zdroj: Mistry, 2014)

**Inside an Atom:** The central *nucleus* contains protons and neutrons which in turn contain quarks. Electron clouds surround the nucleus of an atom. The science of particle physics surged forward with the invention of particle accelerators that could accelerate protons or electrons to high energies and smash them into nuclei — to the surprise of scientists, a whole host of new particles were produced in these collisions.

By the early 1960s, as accelerators reached higher energies, a hundred or more types of particles were found. Could all of these then be the new fundamental particles? Confusion reigned until it became clear late in the last century, through a long series of experiments and theoretical studies, that there existed a very simple scheme of two basic sets of particles: the *quarks* and *leptons* (among the leptons are *electrons* and *neutrinos*), and a set of fundamental forces that allow these to interact with each other. By the way, these "forces" themselves can be regarded as being transmitted through the exchange of particles called *gauge*



Obrázok 20 Rozdelenie častíc na baryóny a mezóny (zdroj: Mistry, 2014)

*bosons*. An example of these is the *photon*, the quantum of light and the transmitter of the electromagnetic force we experience every day.

Together these fundamental particles form various combinations that are observed today as protons, neutrons and the zoo of particles seen in accelerator experiments. (We should state here that all these sets of *particles* also include their *anti-particles*, or in

plain language what might roughly be called their complementary opposites. These make up *matter* and *anti-matter*.)

Matter is composed of tiny particles called quarks. Quarks come in six varieties: up (*u*), down (*d*), charm (*c*), strange (*s*), top (*t*), and bottom (*b*). Quarks also have antimatter counterparts called antiquarks (designated by a line over the letter symbol). Quarks combine to form heavier particles called baryons, and quarks and antiquarks combine to form mesons. Protons and neutrons, particles that form the nuclei of atoms, are examples of baryons. Positive and negative kaons are examples of mesons.

Today, the ***Standard Model*** is the theory that describes the role of these fundamental particles and interactions between them. And the role of Particle Physics is to test this model in all conceivable ways, seeking to discover whether something more lies beyond it. Below we will describe this Standard Model and its salient features.

### **What about the nature of our Universe?**

Here is our present understanding, in a nutshell. We believe that the Universe started off with a "Big Bang", with enormously high energy and temperature concentrated in an infinitesimally small volume. The Universe immediately started to expand at a furious rate and some of the energy was converted into pairs of particles and antiparticles with mass—remember Einstein's  $E=mc^2$ . In the first tiny fraction of a second, only a mix of radiation (*photons* of pure energy) and *quarks*, *leptons* and *gauge bosons* existed. During the very dense phase, particles and antiparticles collided and annihilated each other into photons, leaving just a tiny fraction of *matter* to carry on in the Universe. As the Universe expanded rapidly, in about a hundredth of a second it cooled to a "temperature" of about 100 billion degrees, and quarks began to clump together into *protons* and *neutrons* which swirled around with *electrons*, *neutrinos* and *photons* in a grand soup of particles. From this point on, there were no *free quarks* to be found. In the next three minutes or so, the Universe cooled to about a billion degrees, allowing protons and neutrons to clump together to form the *nuclei* of light elements such as deuterium, helium and lithium. After about three hundred thousand years, the Universe cooled enough (to a few thousand degrees) to allow the free electrons to become bound to light nuclei and thus formed the first *atoms*. Free photons and neutrinos continue to

stream throughout the Universe, meeting and interacting occasionally with the atoms in galaxies, stars and in us!

We see now that to understand how the Universe evolved we really need to understand the behavior of the elementary particles: the quarks, leptons and gauge bosons. These make up all the known recognizable matter in our Universe.

Beyond that, the Universe holds at least two dark secrets: *Dark Matter* and *Dark Energy*! The total amount of luminous matter (e.g., stars, etc.) is not enough to explain the total observed gravitational behavior of galaxies and clusters of galaxies. Some form of mysterious *Dark Matter* has to be found. Below we will see how new kinds of particles may be discovered that fit the description. Recent evidence showing that the expansion of the Universe may be accelerating instead of slowing down leads to the conclusion that a mysterious *Dark Energy* may be the culprit. Perhaps some new form of interaction may be responsible for that.

### **So how do we get to study quarks and such, if they don't exist freely now?**

Just as in the Big Bang, if we can manage to make high enough temperatures, we can create some *pairs* of quarks & anti-quarks, by the conversion of energy into matter. (Particles & anti-particles have to be created in pairs to balance charge, etc.).

When particles of matter and antimatter collide they annihilate each other, creating conditions like those that might have existed in the first fractions of a second after the big bang. This is where high energy accelerators come in. In head-on collisions between high-energy particles and their antiparticles, pure energy is created in "little bangs" when the particles and their antiparticles *annihilate* each other and disappear. This energy is then free to reappear as pairs of fundamental particles, e.g., a quark-antiquark pair, or an electron-positron pair, etc. Now electrons and their positron antiparticles can be observed as two distinct particles. But quarks and antiquarks behave somewhat like two ends of a string — you can cut the string and have *two separate strings* but you can never separate a string into two distinct "ends". Free quarks cannot be observed!

So when a quark-antiquark pair is produced in a head-on collision with excess energy (i.e.,  $E > 2mqc^2$ ) the quark and antiquark fly off in opposite directions until "the string breaks into two" and each of the pair finds itself bound with another quark. What we actually observe is a pair of *mesons* being produced, each meson consisting of a quark and an antiquark bound together. With enough excess energy, larger clumps of quarks and antiquarks can be produced: protons, neutrons and heavier particles classed as *baryons*. These mesons and baryons make up the zoo of particles discovered earlier.

What we have thus found is that to study quarks, one has to create them in high energy collisions, but they can only be observed clumped into mesons and baryons. We have to *infer* the properties of individual quarks through the study of the decay and interactions of these mesons and baryons.

Baryons and Mesons contain combinations of quarks and anti-quarks.

## **The Standard Model**

Particle physicists now believe they can describe the behavior of all known subatomic particles within a single theoretical framework called the Standard Model, incorporating quarks and leptons and their interactions through the strong, weak and electromagnetic forces. Gravity is the one force not described by the Standard Model.

The Standard Model is the fruit of many years of international effort through experiments, theoretical ideas and discussions. We can summarize it this way:

*All of the known matter in the Universe today is made up of quarks and leptons, held together by fundamental forces which are represented by the exchange of particles known as gauge bosons.*

One guiding principle that led to current ideas about the nature of elementary particles was the concept of *Symmetry*. Nature points the way to many of its underlying principles through the existence of various symmetries.

## **Quarks**

The quark scheme was suggested by the symmetries in the way the *mesons* and *baryons* seemed to be arranged in families. Theorists Gell-Mann and Zweig independently proposed in 1964 that just three fundamental "constituents" (and their anti-particles) combined in different ways according to the rules of mathematical symmetries could explain the whole zoo. Gell-Mann called these constituents *quarks*, and the three types were named *up*, *down* and *strange* quarks. Evidence for quark-like constituents of protons and neutrons became clear in the late 1960s and 1970s. In 1974, a new particle was unexpectedly discovered at *SLAC* (Stanford Linear Accelerator Center). It was given the unwieldy dual name *J/Psi*, because of its simultaneous discovery by two groups of experimenters! The *J/Psi* was later shown to be a bound state of a completely new quark-antiquark pair, which nevertheless had been predicted on the basis of a subtle phenomenon. The new fourth quark was named *charm*. (We do not wish to comment here on the choice of names!)

The four-quark scheme was extended to its present state of *six quarks* by the addition of a new pair, in a prediction by theorists Cabibbo and independently, Kobayashi and Maskawa (collectively known as CKM). So now we have the six quarks: *up*, *down*, *strange*, *charm*, *bottom* and *top* quarks and they each have their partner anti-quarks. The quarks are usually labeled by their first letters: ***u***, ***d***, ***s***, ***c***, ***b*** and ***t***. In various combinations they make up all the mesons and baryons that have been seen. The six-quark prediction was fulfilled when in 1977 a new heavy meson called the *Upsilon* was discovered at Fermilab and later shown to be the bound state of the *bottom* and *anti-bottom* quark pair. The *B* meson, containing an anti-*b* quark and a *u* or *d* quark was discovered by the CLEO experiment at Cornell in 1983. Finally, in 1998, conclusive evidence of the existence of the super heavy *top* quark was obtained at Fermilab.

## **Leptons**

What about *leptons*? Only the *electron*, *muon* and *neutrino* were known before the 1960s. These behave differently from the mesons and baryons. First, they are much less massive. The mass of the electron is almost 2,000 times smaller than the mass of the proton, and the muon appears to be just a heavier version of the electron, its mass being nine times smaller than that of the proton. The neutrino has almost no mass at all, and



up until recently, its mass was thought to be truly zero. Hence the name "*leptons*" or light particles. Second, the electron and muon interact with matter mainly through their electric charges; the neutrino being neutral, hardly at all. They all have a *weak* interaction with the matter in nuclei and, in high energy collisions, they do not produce the profusion of new mesons and baryons that protons and neutrons do when colliding with nuclei. In 1962, the first experiment using a high-energy neutrino beam (the PhD thesis of this author) showed that the electron has its own *electron-neutrino*, and the muon its own distinct *muon-neutrino*. This was the very first evidence that there could be *families* or *generations* of pairs of fundamental particles. This notion was dramatically extended in 1974, when shortly after the discovery of the *J/Psi*, a new *heavy lepton* was discovered, called the *tau*, almost *twice* as massive as the proton, but behaving like the other leptons, sharing the *weak interaction* property! This was the first evidence that *three* pairs or families of leptons existed: the *electron* and *electron-neutrino*, the *muon* and *muon-neutrino* and the *tau* and *tau-neutrino*.

**A Note on Masses & Energies:** We give all masses in terms of the proton mass. Since energy is related to mass by  $E = mc^2$  the proton mass is given in energy units as 938

*MeV* (Million electron Volts), the energy required to create a proton, or approximately *1GeV* (Giga electron volt), which will henceforth serve as the unit of energy too.

Quarks and leptons have an intrinsic angular momentum called *spin*, equal to a half-integer ( $1/2$ ) of the basic unit and are labeled as *fermions*. Particles that have zero or integer spin are called *bosons*.

However, the fundamental questions still remain: *why are there quarks and leptons, with different charges and interaction characteristics? Why are there three generations, and so many different masses?*

## **Forces and Interactions**

Now we must tackle the *fundamental forces* or *interactions* among the quarks and leptons: *Gravity*, the *Weak Force*, *Electromagnetism*, and the *Strong Force*. Of these, our

everyday world is controlled by gravity and electromagnetism. The strong force binds quarks together and holds nucleons (protons & neutrons) in nuclei. The weak force is responsible for the radioactive decay of unstable nuclei and for interactions of neutrinos and other leptons with matter.

The intrinsic strengths of the forces can be compared relative to the *strong* force, here considered to have *unit strength* (i.e., =1.) In these terms, the *electromagnetic* force has an intrinsic strength of  $(1/137)$ . The *weak* force is a billion times weaker than the strong force. The weakest of them all is the *gravitational* force.

We can compare the relative strengths of the electromagnetic *repulsion* and the gravitational *attraction* between two protons of unit charge using the above equations. Independent of the distance, the ratio turns out to be  $10^{36}$  ! Thus the two protons will repel each other and fly apart, easily overcoming the puny gravitational attraction.

As we noted before, forces can be represented in the theory as arising from the exchange of specific particles called *gauge bosons*, the *quanta* of the "force field". Just as photons are *real* (i.e., quanta of light!) and can be radiated (shaken off) when charged particles are accelerated or decelerated, the other gauge bosons (see below) can also be created and observed as real particles. All the bosons have 0 or integer spins.

The carriers of the strong force are called *gluons*, the *glue* that holds quarks together in protons and neutrons and also helps form nuclei. The carriers of the weak force come in three forms, and are called *weak bosons*: the  $W^\pm$  and the  $Z^0$ . The carriers of the gravitational field are called *gravitons* and are unique in having a spin of 2.

## **Unification!**

For a universal theory, four forces are too many. Why is there not just *one* universal force? For decades physicists have been striving for the *unification* of the four forces into one universal force that existed at least in the primordial stage of the Universe. In such a picture, the four forces we observe today are just manifestations of the original single force. However, we must understand that our existence depends on having these different forces now. If gravity were not so weak, there might only have been one massive black hole instead of galaxies, stars and planets. If electromagnetic forces were

not in delicate balance with the strong force, nuclei would disintegrate — no atoms or molecules, chemistry or biology! The weak force allows more subtle phenomena — the slow burning of stars like our Sun may not be possible without the weak interaction; supernova explosions which create all elements heavier than iron also depend on just the right strength of neutrino interactions; and radioactivity in its bowels allows the Earth to remain a warm hospitable body.

It is not quite satisfactory to have four different theories to account for these four forces. The electromagnetic interaction of particles is explained by a well established modern theory of Quantum Electrodynamics (*QED*). The weak interaction had its own theory but these two have now been combined as the Electroweak Theory in the Standard Model. The strong interaction between quarks and gluons has another theory called Quantum Chromodynamics (*QCD*), where the equivalent of electric charge is named "color". And Einstein's *General Theory of Relativity* explains how the gravity we know is a manifestation of the basic geometry of space-time.

Just as Maxwell showed that electricity and magnetism were manifestations of the same basic phenomenon of electromagnetism, the *Electroweak* theory, which in 1979 won the Nobel Prize for Glashow, Salam and Weinberg, succeeds in unifying the Weak and Electromagnetic interactions into what is called the *Electroweak* force. These strengths could depend on the "temperature" or energy level of the interaction. Although these strengths are quite different at present temperatures (e.g., at 300K or equivalent energy of about 1/40 eV), the weak interaction depends strongly on the energy, and in collisions at near 1000 GeV, it gets just as strong as the electromagnetic interaction! The Electroweak theory of the Standard Model explains all this. The basic equations are symmetric in the way the two interactions occur and in fact the masses of all the quanta are zero. However, as the temperatures drops, the symmetry is broken and the quanta split up into four different gauge bosons of different masses: the  $W^+$  and  $W^-$  ( both 80 GeV), the  $Z^0$  (91 GeV) and the photon with zero mass. At "room temperature" , the massive  $W$  and  $Z$  do not play an important part. But at very high energies of 300 GeV or more, the difference between the zero mass photon and the heavier  $W$  and  $Z$  bosons is erased, and they all act equally strongly. In 1983 the  $W$  boson and in 1984 the  $Z$  boson were observed at the CERN laboratory in Geneva, in high energy collisions of protons with antiprotons. They had the predicted masses. The Standard Model was on its way!

There is however one piece of evidence yet to be found. We mentioned above that the basic symmetry of the electroweak theory is broken as the temperature drops and the forces separate in strength as the bosons gain mass. The culprit that causes this is actually a new field called the *Higgs field*. It is possible to visualize how this works. Recall that *mass* is a manifestation of *inertia* or resistance to acceleration. If a Higgs field suddenly permeates all of space as the Universe cools, it can act as a *drag* on every particle moving in space, the drag depending on how well each interacts with the Higgs field. This drag shows up as *inertia* and thus a measurable *mass* of the particles that were originally massless. But now we have to look for the boson that carries this field — the *Higgs boson*. It is expected to have a mass of about 100 GeV, within the reach of the largest accelerators planned for the immediate future.

### **Beyond the Standard Model**

Theories, called "Grand Unification Theories" or GUTs, have been proposed to unify the *electroweak* force with the *strong* force. But so far no concrete evidence has been found for them. Beyond that, the holy grail of unification has long been the unification of *gravity* with all the other forces. Einstein himself labored in vain to fit gravity into a scheme where it could be compatible with quantum theory.

The theory of *Supersymmetry* requires a whole new set of particles beyond the Standard Model complement: a heavy partner for each quark, lepton and gauge boson of the old set, together all of them making up one great super-family of particles. The three forces strong, electromagnetic and weak all have *exactly* equal strengths in this theory at a very high energy. And of course, it gives experimentalists a whole new game of looking for new particles. It is just possible that one of these new super particles is a primordial relic of the Big Bang and makes up the *Dark Matter* in the Universe, a further incentive to discover these super-partners.

Meanwhile theoretical studies range far and wide in a search for the *Theory Of Everything* (TOE). Most familiar is *String Theory*, which pictures particles as infinitesimal little vibrating loops of strings in 10 dimensions. Further refinements lead to *Membrane Theory*, with the entire Universe regarded as existing on multidimensional sheets or

membranes, with particles as loops anchored on "our" sheet and *gravitons* ranging into the continuum between sheets. We await predictions that can be tested.

## Particle Physics Experiments

Throughout the history of Physics, experimental discoveries and theoretical ideas and explanations have moved forward together, sometimes playing leap-frog, but always drawing inspiration one from the other. Modern versions of Rutherford's stable-top experiment on the scattering of alpha particles occupy many square kilometers of land, with massive and costly apparatus in underground tunnels tens of kilometers long. These are the *particle accelerators* that speed protons, antiprotons, electrons, or positrons to near the speed of light and then make them collide head-on with each other or with stationary targets.

In an accelerator, focusing magnets and bending magnets guide the beam of particles around a ring. (Only a few of the bending magnets are shown here). High frequency microwave (*RF*) cavities accelerate the beams as they pass through.

The quest has mostly been for higher and higher collision energies. To make a pair of massive new particles and observe them flying apart, one has to generate excess energy over and above the equivalent of the mass ( $2mX$ ) of the pair:  $E_{\text{collision}} > 2mXc^2$ . High energy is also needed to probe deeper and deeper to smaller length scales in studying the unknown — this is the equivalent of using Xrays of shorter wave-lengths to probe smaller crystal structures. On the other hand, to look for rare phenomena, it is necessary to increase the *intensity* of particle beams and the *collision rates*. So accelerators have proceeded along parallel paths of ever higher energies and ever higher intensities.

To observe and interpret the results of collisions, *particle detectors* have to be developed that can track and analyze the particles that fly apart and disappear in nanoseconds. The detector consists of many different types of complex apparatus and electronics, requiring a cadre of experts in every conceivable technology. Collider experiments use large detectors completely surrounding the "interaction point" where high energy particles and antiparticles collide head-on.

Typical are *electron-positron* colliders, *proton-antiproton* colliders and massive detectors at the interaction points.

Other experiments study the collisions of intense beams with fixed (stationary) solid targets. Typical are several experiments with intense high energy *neutrino beams* and massive detectors in which neutrinos can interact. Many are studying the *conversion* of one type of neutrino (the *muon-neutrino*) into another (e.g., *theta-neutrino*). Evidence for this is now pretty definite after decades of research, and precise measurements may pin down the non-zero mass of each neutrino. Relic neutrinos from the Big Bang populate the Universe, and even a tiny mass can explain some of the *Dark Matter*.

The art and science of particle accelerators and detectors has depended heavily on *technology*. The technology of solid state devices, superconducting magnets, electronics, computers and exotic materials, all have played leap frog with developments in experimental particle physics, sometimes driving and sometimes being driven by the inventions of particle physicists.

All these very complex detectors are built and operated by large numbers of physicists, in collaborations ranging from 100 to almost 1000 personnel. The collaborations extend across boundaries of countries and continents, in a typical illustration of science extending the hand of cooperation and friendship across national and political barriers.

### **Looking to the Future**

One of the primary goals for the new and upgraded facilities in Fermilab near Chicago (the *Tevatron*) and CERN in Geneva Switzerland (the Large Hadron Collider or *LHC*) is to find the *Higgs boson*, the one missing element of the Standard Model.

Evidence for *supersymmetric partners* of the known particles is a goal in all experiments, as part of the search for the true particle theory beyond the Standard Model. Beyond that is the need to find anything that can point to a real Grand Unification with the gravitational force.

A different kind of *e+e-* collider is being planned internationally — the International Linear Collider or *ILC*, a very high energy linear collider, with two opposing linear

accelerators tens of kilometers long. The technical challenges are many and this is likely to be the first truly world-wide accelerator collaboration.

## Pracovný list pre žiakov

**Part 1**  
**Complete tables**  
**QUARKS**

Quark symbol and charge	Name of Quark	Name of Quark partner	Quark partner symbol and charge
$u^{+2/3}$			
$c^{+2/3}$			
$t^{+2/3}$			

**LEPTONS**

Lepton symbol and charge	Name of lepton	Name of lepton partner	Lepton partner symbol and charge
$e^{-1}$			
$\mu^{-1}$			
$\tau^{-1}$			

- 1) Which particles are quarks?
- 2) Which particles are leptons?
- 3) Which particles have no charge?
- 4) Which particles have charges?
- 5) Which particles have integer charges?
- 6) Which particles have fractional charges?

**Part 2**

Symbol of particle and its charge	Name of particle	Name of antiparticle	Symbol and charge of antiparticle
$u^{+2/3}$			
$d^{-1/3}$			



$\mathbf{c}^{+2/3}$			
$\mathbf{s}^{-1/3}$			
$\mathbf{t}^{+2/3}$			
$\mathbf{b}^{-1/3}$			
$\mathbf{e}^{-1}$			
$\nu_e^0$			
$\mu^{-1}$			
$\nu_\mu^0$			
$\tau^{-1}$			
$\nu_\tau^0$			

7) Which particles are antimatter quarks?

8) Which particles are antimatter leptons?

### Part 3

Because  $E=mc^2$ , mass can be measured in energy units:  $m = \frac{E}{c^2}$

eV = **electron volt** is defined as the energy that an electron gains when accelerated through a potential difference of 1 volt.

GeV= Giga-electron volt= $1 \cdot 10^9$  eV

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{GeV}{c^2} \text{ where } c^2 \text{ is the speed of light, squared. (For convenience, } c^2=1)$$

Symbol of particle	Name	Mass in $\frac{GeV}{c^2}$	Symbol of anti-particle	Mass in $\frac{GeV}{c^2}$
U				
D				
C				

Complete also for S, T, B, E,  $\nu_e, \mu, \nu_\mu, \tau, \nu_\tau, \pi, K, P, N, \Lambda, \Omega$ .

### Part 4

up quark =  $u^{+2/3}$

down quark =  $d^{-1/3}$

- 9) Write two up quarks and one down quark with their charges in these blanks: \_\_\_ \_\_\_ \_\_\_
- 10) What is the total charge of the quarks in #9? \_\_\_\_\_
- 11) The total charge of # 9 means that it must be a (proton, neutron, electron) \_\_\_\_\_
- 12) Write two down quarks and one up quark with their charges in these blanks: \_\_\_ \_\_\_ \_\_\_
- 13) What is the total charge of the quarks in #12? \_\_\_\_\_
- 14) The total charge of # 12 means that it must be a (proton, neutron, electron) \_\_\_\_\_
- 15) On the "family tree" of particles, the up and down quarks are on the same branch as the electron and electron neutrino. Can you think of a reason why these particles would be more closely related to each other than to the other quarks and leptons?