

Odhalování základních zákonů mikrosvěta na LHC

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI) Českého vysokého učení technického v Praze je špičkové pracoviště, které se významně podílí na základním výzkumu fyziky elementárních částic v rámci mezinárodních experimentů na Velkém hadronovém urychlovači – Large Hadron Collider (LHC).

FJFI je nepochybně jedna z našich nejlepších vzdělávacích institucí. Nabízí širokou škálu studijních zaměření od matematiky a fyziky přes technické jaderné obory až po softwarové inženýrství. Součástí špičkové vysoké školy musí být i špičkový vědecký výzkum. Intenzita zapojení fakulty do mezinárodního výzkumu v oboru fyziky elementárních částic je jedním z mimořádně úspěšných příkladů toho, že FJFI je na špičce nejen v aplikovaném, ale také v základním výzkumu.

Přestože lidé už od nepaměti přemýšleli nad základní stavbou světa, až s rozvojem jaderné fyziky jsme se přiblížili k poznání, že svět kolem nás se skládá z relativně malé skupiny základních částic, které mezi sebou vzájemně interagují pomocí čtyř typů sil: gravitační, elektromagnetické, slabé a silné. Dějiny jaderné fyziky se začaly psát přibližně před sto lety. V roce 1895 objevil Wilhelm Roentgen záření „X“, o tři roky později Marie a Pierre Currieovi radioaktivitu a v roce 1911 Ernest Rutherford malé a kladně nabitě jádro. Doba, kdy se fyzici museli spoléhat při produkci nových částic jen na kosmické záření, skončila s nástupem urychlovačů a se zlepšením detekčních metod. Urychlovač Cosmotron v Brookhavenské národní laboratoři, který byl uveden do provozu v roce 1953, byl schopen produkovat pomocí protonů urychlených na energii 3.3 GeV všechny částice doposud známé z kosmického záření a taktéž umožnil objevit částice do té doby nepozorované. Éra elementárních částic mohla začít.

V roce 1964 přišli fyzikové Gell-Mann a Zweig s nápadem, že elementární složkou hmoty jsou ve skutečnosti kvarky. Pro detailní poznání vlastností interakce mezi kvarky bylo nutné budovat další urychlovače, které by dokázaly urychlit částice jako je proton na vyšší energie. Část kinetické energie získaná urychlením se při srážce s terčíkem nebo s jinou částicí urychlenou v opačném směru přemění na nové částice. Čím více energie je k dispozici, tím hlouběji do mikrosvěta se můžeme podívat a tím neobvyklejší částice můžeme pozorovat. Stav-

ba a provoz urychlovačů však stojí nemalé finanční prostředky a úsilí, proto probíhá formou velkých mezinárodních experimentů. Na FJFI je několik týmů vědeckých pracovníků a studentů, které jsou mimořádně aktivně zapojeny do výzkumu v oblasti fyziky elementárních částic. V USA dlouhodobě pracujeme na experimentu D0 na urychlovači Tevatron ve Fermilabu a na experimentu STAR na urychlovači RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) v Brookhavenské národní laboratoři. V Evropě jsme aktivně zapojeni v CERN na experimentech na urychlovači LHC (ALICE a ATLAS) a také na experimentech DIRAC a AEGIS. V rámci projektu FAIR v německém Darmstadtu připravujeme experiment CBM.

Hledání Higgsovy částice

Na to, aby současný model elementárních částic byl úplný, je nutné experimentálně pozorovat Higgsov boson, částici, která je zodpovědná za nulovou hmotu kvarků. Intenzivní hledání této částice probíhá v současnosti na urychlovači Tevatron ve Fermilabu. Po loňském spuštění urychlovače LHC v CERN, byly vytvořeny nejlepší experimentální podmínky pro jeho pozorování. Víme, že většina hmoty našeho Vesmíru nepochází z částic, které známe. Proto se nedá vyloučit, že na urychlovači LHC objevíme něco zcela nového a doposud nepozorovaného, co by mohlo objasnit i tuto záhadu.

Velká skupina odborníků Katedry fyziky FJFI, v úzké spolupráci s kolegy z Fyzikálního ústavu AV ČR, se věnuje této problematice jak v experimentu D0 ve Fermilabu, tak v experimentu ATLAS na LHC.

Jaderná hmota v extrémních podmínkách

Charakter silné interakce je takový, že za normálních podmínek panujících v jádrech prvků jsou kvarky a gluony uvězněny. Nemůžeme je pozorovat jako volné částice – v kombinacích se skládají do pozorovatelných hadronů. Vesmír, který vznikl před přibližně 14 miliardami roků, krátce po Vel-

KONTAKT:

**Fakulta jaderná
a fyzikálně inženýrská**

**Břehová 7
115 19 Praha 1**

**fax: 222 320 861
tel.: 224 351 111**



V jádro-jaderných srážkách se na FJFI studuje kvark-gluonové plazma, stav hmoty, který existoval v čase několika mikrosekund po vzniku Vesmíru. Kvarky a gluony, základní konstituenty hmoty, jsou díky vlastnostem silné interakce obvykle uvězněny v hadronech. Pomocí energetických srážek těžkých jader je možné na okamžik nastolit podmínky podobné těm, které byly krátce po Velkém třesku a tak uvolnit kvarky a gluony z hadronů.

kém třesku prošel stavem kvark-gluonového plazmatu, v němž kvarky a gluony byly volné. Teplota Vesmíru v tomto okamžiku dosahovala biliardy stupňů. Vesmír se rychle rozpínal a po několika mikrosekundách se ochladil na několik bilionů stupňů a prošel fázovým přechodem do stavu, ve kterém se kvarky svázaly do jednotlivých protonů a neutronů. Stav ranného Vesmíru je možné vytvořit i v laboratorních podmínkách, pomocí srážek těžších jader urychlených na dostatečnou energii. Toto se děje v současnosti pomocí urychlovače RHIC v BNL na Long Islandu nedaleko New Yorku. V případě čelní srážky jader zlata se jaderná hmota obsažená v urychlených jádrech na okamžik prudce zahřeje na teplotu několika bilionů stupňů a kvarky se mohou na chvíli uvolnit z protonů a neutronů. Při následném rozpínání a ochlazení kvarky opět zkombinují do hadronů, které v počtu několika tisíc pozorujeme v detektorech částic. Na základě analýzy naměřených údajů, skládáme obrázky toho, jaké byly vlastnosti vytvořeného stavu hmoty. Ukazuje se, že jaderná hmota v těchto extrémních podmínkách má charakter kapaliny s téměř nulovou viskozitou. Na urychlovači LHC v CERN bude možné dosáhnout ještě vyšší teploty a proto nahlédneme o další krůček hlouběji k počátku Vesmíru.

V problematice jádro-jaderných srážek pracujeme na KF FJFI na experimentech STAR na RHIC a ALICE na LHC. Podílíme se na zajištění jejich provozu při sběru dat a následné analýzy se zaměřením – mimo jiné – na určení energetických ztrát kvarků a gluonů při průchodu hustou a horkou jadernou hmotou. Také jsme zapojeni do vývoje

a konstrukce dráhových detektorů pro rekonstrukci částic obsahujících půvabný (charm) kvark.

Připravovaný experiment CBM (Compressed Baryonic Matter) v budovaném výzkumném centru FAIR v Darmstadtu v Německu umožní v budoucnosti studovat jadernou hmotu při hustotách doposud experimentálně nedosažitelných. Měření v těchto podmínkách pomohou pochopit způsob jak je přesně tvořena hmota pozorovaných hadronů.

Antihmota a exotické formy hmoty

Někdy je zajímavé studovat různé neobvyklé systémy, abychom se dozvěděli jak nějaká teorie funguje v různých podmínkách. Jako příklad může sloužit produkce pion – pionových atomů, kde jeden kladně nabitý pion obíhá kolem druhého záporně nabitého pionu. Přesné změření doby života takového soustavy je výborným testem teorie silných interakcí při nízkých energiích. Právě na tom se podílí skupina z Katedry dozimetrie a aplikace ionizujícího záření FJFI v rámci experimentu DIRAC (Dimension Relativistic Atom Complex) v CERN. V tomto experimentu nesou zodpovědnost za horizontální hodoskopy a systém kalibrace scintilačních detektorů.

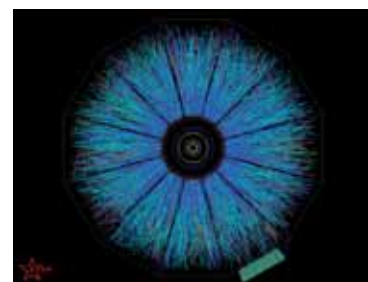
Experiment AEGIS v CERN je aktuálně ve fázi příprav. Je zaměřen na výrobu antivodíkového svazku a zkoumání jeho vlastností. První cíl experimentu je změření gravitačního zrychlení g pro antihmotu v poli Země. Bude se jednat o první přímé měření gravitačního působení na antihmotu. KF FJFI je zodpovědná za vývoj a ovládání transportního systému pro pozitrony a za napájecí a kontrolní zařízení křemíkových detektorů experimentu.

Komplexnost a vynikající úroveň výzkumu v oblasti částicové fyziky na FJFI umožňuje talentovaným studentům na všech vzdělávacích stupních zapojení se do špičkového mezinárodního výzkumu už v průběhu studia. Studijní program je na fakultě sestavený tak, aby studenti získali dostatek poznatků, které jim umožní úspěšně řešit i takto složitých problémů ve výzkumu. Tito absolventi potom nacházejí výborné uplatnění v dalším profesním životě.

*Mgr. Jaroslav Bieličák, Ph.D.
Katedra fyziky FJFI*



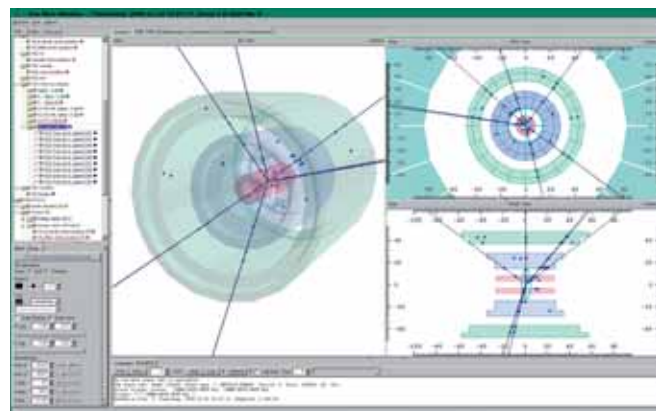
ALICE (A Large Ion Collider Experiment) je experiment na urychlovači LHC, který je zaměřen na studium kvark-gluonového plazmatu. Vlastnosti tohoto stavu hmoty se budou studovat ve srážkách těžkých jader Pb+Pb na LHC. Samotný komplex detektorů je 26 m dlouhý, 16 m vysoký a 16 široký. Jeho hmotnost je 10 000 tun.



Nabitě částice vzniklé při srážce dvou jader zlata při energii 200 GeV na nukleon-nukleonový pár a detekované centrálním detektorem částic časovou projekční komorou experimentu STAR.



První srážka dvou protonů registrovaná experimentem ATLAS na LHC dne 23. listopadu 2009. Očekává se, že při proton-protonových srážkách na LHC bude objeven Higgsův boson, poslední chybějící částice standardního modelu částic.



První srážka dvou protonů registrovaná experimentem ALICE na LHC dne 23. listopadu 2009. Již po několika dnech byla z prvních 284 srážek kolaborací ALICE vypracována a zaslána k zveřejnění první vědecké publikace na LHC.