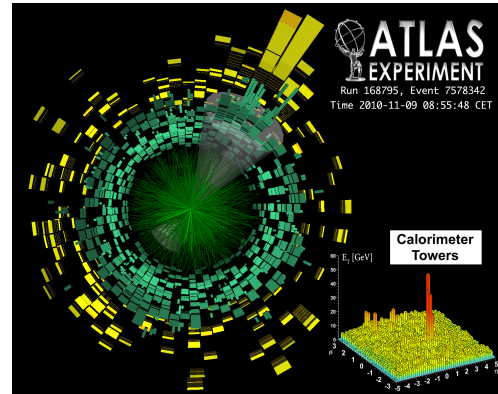


ÚSTAV ČÁSTICOVÉ A JADERNÉ FYZIKY vypisuje studentské projekty podpořené studentskými fakultními granty (SFG)

Validace modelů srážek těžkých iontů pomocí dat z LHC

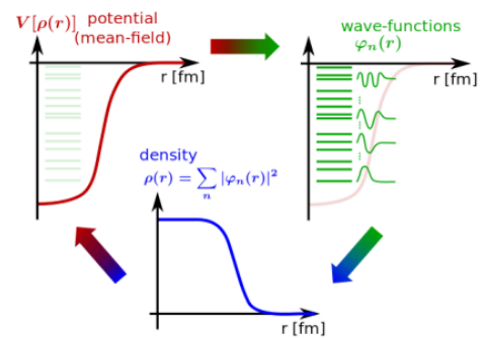
Účelem těžko-iontové fyziky je zkoumat vlastnosti silné interakce a hmotu za extrémních podmínek, jaké panovaly na začátku existence našeho vesmíru. Tyto podmínky, kdy vzniká nový stav hmoty, tzv. kvark-gluonové plazma, umíme vytvořit při srážce dvou relativistických těžkých iontů. S příchodem dat z urychlovače LHC se podařilo dosáhnout vysoké přesnosti měření v různých oblastech fyziky kvark-gluonového plazmatu. Toto klade značné nároky na existující teoretické modely a simulace. Ne vždy ale dochází k porovnání experimentálních dat a teoretických předpovědí. Zájemce o tuto práci se seznámí s úvodem do této problematiky, pomocí dostupných MC modelů bude generovat srážky relativistických těžkých iontů a pokusí se implementovat vybranou experimentální analýzu v rámci frameworku RIVET, který umožňuje porovnání simulací a dat. Výsledky práce by se měli stát součástí veřejného repozitáře a dále být využity v rámci kolaborace ATLAS na LHC.



(Mgr. Martin Rybář, Ph.D., rybar@ipnp.troja.mff.cuni.cz)

Metody pro redukci báze v mikroskopických jaderných modelech

Problematika ab-initio výpočtů vlastností atomových jader je v posledních dekádách úzce spjata s masivním rozvojem výpočetních kapacit. Jadernou mnohočásticovou úlohu lze efektivně přeformulovat na problém konstrukce Hamiltonovské matice a hledání jejích vlastních čísel a vektorů. Typické problémy v teoretické jaderné fyzice je, že dimenze Hamiltonovských matic pro jádra s $A \lesssim 20$ převyšují výpočetní možnosti i největších superpočítačů a proto je žádoucí je efektivně redukovat. Toho lze docílit využitím symetrií Hamiltoniánu a/nebo vhodným odhadem relevance bazových stavů. Cílem projektu je numerická implementace a otestování efektivní jedné takéto metody založené na odhadu relevance stavů z mnohočásticové poruchové teorie.



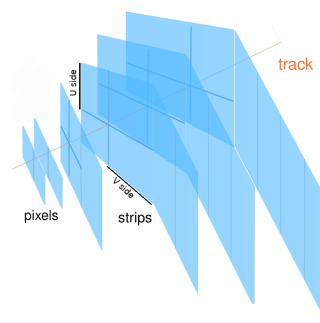
V rámci projektu se student seznámí s teoretickými základy některých mikroskopických jaderných modelů, implementuje a otestuje „importance truncation“ metodu (R. Roth, P. Navrátil, Phys. Rev. Lett. 99 (2007)) na Hamiltonovských maticích reprezentujících vybraná lehká jádra.

(Mgr. František Knapp Ph.D., frantisek.knapp@mff.cuni.cz)

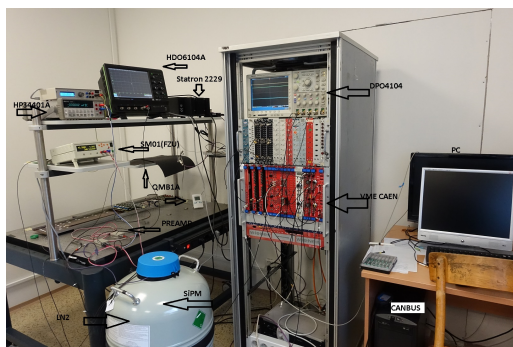
Simulace a analýza vnitřního detektoru pro $e^+ e^-$ experiment Belle II v Japonsku

Teoretický a programovací charakter práce v prostředí basf2 a ROOT v experimentu BELLE II, Japonsko. SFG je zaměřený na zjišťování vlivu mis-alignmentu a kalibrace na vlastnosti detektoru, následně na vlastnosti kvality měření fyzikálních rozpadů. Splnění tohoto cíle předpokládá nastudování vlastností detektoru BELLE II, jeho vývojového prostředí basf2 a editace, spouštění, vyhodnocení a interpretaci výsledků simulací. SFG je napojený na řešený grant Mezinárodní experiment BELLE II.

(doc. RNDr. Peter Kodyš, CSc., kodyš@ipnp.troja.mff.cuni.cz)



Měření vlastností detektoru pro experimenty DUNE/ProtoDUNE

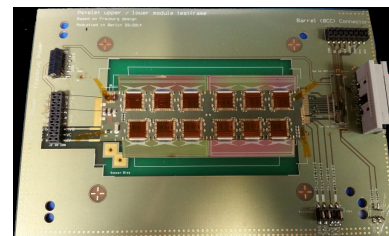


Student(ka) se seznámí s technikou sběru světla v detektorech DUNE/ProtoDUNE a fungováním hlavních komponent SiPM (silicon photomultiplier). Bude se podílet na měření vlastností detektoru, VA charakteristiky, temného proudu, stability v čase atd. Předpokládá se seznámení řešitele s technikami zpracování naměřených dat v prostředí ROOT.

(RNDr. Karel Soustružník, Ph.D., soustruz@ipnp.troja.mff.cuni.cz)

Testování polovodičových detektorů pro projekt ATLAS Upgrade

Experimentální a programovací charakter práce v prostředí ROOT v laboratořích MFF UK v Troji. SFG je zaměřený na zlepšení současných měřících postupů křemíkových detektorů, na zvýšení spolehlivosti automatických měřících technik a na přípravu laboratoře na měření radiačně poškozených detektorů při nízkých teplotách, tzv. Slow Control procesů. Splnění tohoto cíle předpokládá nastudování ovládání zdrojů s ohledem na bezpečnost v laboratoři. SFG je napojený na řešený grant Mezinárodní experiment ATLAS – CERN.



(doc. RNDr. Peter Kodyš, CSc., kodyš@ipnp.troja.mff.cuni.cz)

Stínění a zemnění jednoduchého předzesilovače s kontrolou osciloskopem

Příprava úlohy k přednášce: „Metody sběru dat v částicové a jaderné fyzice“, experimentální a elektrický charakter práce, příprava praktické úlohy pro připravovanou přednášku. SFG je zaměřený na podrobnou specifikaci úlohy realizovatelné v čase 3 hodin, dále na přípravu podrobného návodu pro studenty. Úloha přibližuje problematiku práce se slabými signály ze sensorů experimentů částicové fyziky a problematiku parazitních nežádoucích vlivů různých druhů rušení.
(doc. RNDr. Peter Kodys, CSc., kodys@ipnp.troja.mff.cuni.cz)

Narušení CP symetrie na experimentu Belle II v Japonsku



Anti-hmoty, kvarky, kvantový entanglement, relativnost současnosti, dilatace času, virtuální částice, deep neural networks... Toto nejsou pouhé buzzwords, ale každodenní náplň naší práce. Přidej se k nám a hledej dosud neobjevené rozdíly mezi hmotou a anti-hmotou. Rozdíly, které by objasnily přebytek hmoty nad anti-hmotou ve vesmíru a podstatu temné hmoty. To vše díky experimentu Belle II v Japonsku, speciálně k tomu navrženému. Jedná se o mladý experiment, který začal nabírat data teprve nedávno a na Výsledky s velkým V teprve čekáme. Pomoz nám jich dosáhnout. Zacíleno máme na rozpady B-mezonu a anti B-mezonu rozpadající se na podivné částice. Rozdílné chování hmoty a anti-hmoty v těchto rozpadech (tzv. narušení CP symetrie) může vést k objevu nové částice/interakce zodpovědné za temnou hmotu ve vesmíru.

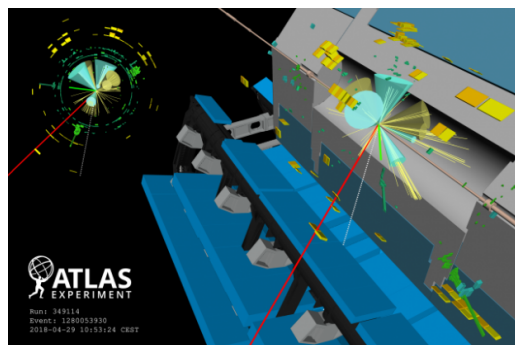
Oboustranná spokojenost → jistota bakalářské, diplomové a disertační práce.

(Mgr. Radek Žlebčík, Ph.D., zlebcik@ipnp.troja.mff.cuni.cz)

Zkoumání produkce čtyř top kvarků na Velkém Hadronovém Urychlovači v CERN

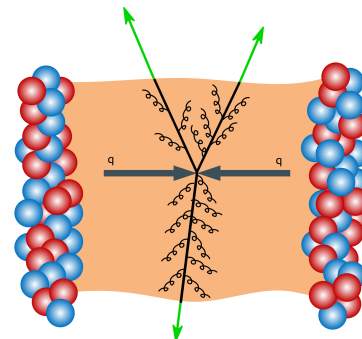
Top kvark je nejtěžší známá elementární částice. Kvůli své velké hmotě má top kvark speciální postavení při hledání nových fyzikálních jevů. Studentský projekt bude zaměřen na jeden vzácný fyzikální proces, a to produkci čtyř top kvarků v proton-protonových srážkách na Velkém Hadronovém Urychlovači LHC. Hlavní téma práce je identifikace top kvarků s velkou příčnou hybností v simulovaných srážkách z experimentu ATLAS. V rámci projektu se student(ka) seznámí se zpracováním dat v multidimenzionální analýze pomocí frameworku ROOT. Úkolem bude určit optimální selekční kritéria pro výběr událostí obsahujících top kvarky s velkou příčnou hybností.

(Mgr. Peter Berta, Ph.D., peter.bertha@cern.ch)



Elektroslabé bosony jako nástroje pro studium kvark-gluonového plazmatu

Účelem těžko-iontové fyziky je zkoumat vlastnosti silné interakce a hmotu za extrémních podmínek vytvořených při srážce dvou relativistických těžkých iontů. Teorie silné interakce, kvantová chromodynamika, předpovídá vznik nového stavu hmoty tzv. kvark-gluonového plazmatu. V tomto prostředí dochází k ovlivnění částic s velkou energií nesoucí barevný náboj, které vede k potlačení kolimované spršky částic, tzv. jetů. V současných měřeních jsou elektroslabé bosony W a Z studovány jen v případě, kdy se rozpadají na páry elektronů nebo mionů, tedy částic bez barevného náboje. Tyto bosony se ale rozpadají i na dvojice barevně nabitých kvarků. Zájemce o tento projekt se seznámí s úvodem do této problematiky a pomocí simulací bude ověřovat a studovat možnosti měření těchto rozpadů v existujících datech z experimentu ATLAS.



(Mgr. Martin Rybář, Ph.D., rybar@ipnp.troja.mff.cuni.cz)

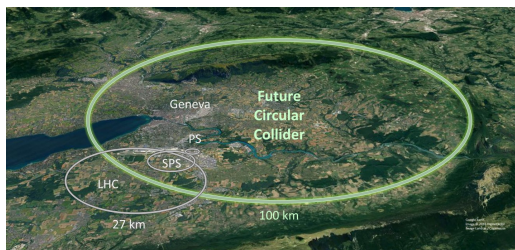
Studium rozpadů Higgsova bosonu na experimentu ATLAS v CERN

Higgsův boson je poslední objevená elementární částice, která završuje takzvaný Standardní model částic a interakcí. Higgsův boson byl objeven v roce 2012 experimenty ATLAS a CMS na urychlovači LHC v laboratoři CERN. Protože se jedná o nestabilní částici, v experimentech ho pozorujeme pouze pomocí rozpadových produktů. Rozpad Higgsova bosonu na pár tau leptonů je jeden z nejdůležitějších kanálů pro měření vazby Higgsova bosonu na fermiony (tzn. částice se spinem $1/2$, mezi které tau lepton patří). V rámci projektu se student(ka) seznámí se základními koncepty experimentální částicové fyziky a softwarem ROOT používaným pro analýzu dat. Na závěr provede jednoduchou analýzu studovaného rozpadu.



(Mgr. Daniel Scheirich, Ph.D., scheirich@ipnp.troja.mff.cuni.cz)

Energetické rozlišení elektronů na FCC-ee



Future Circular Collider (FCC) je plánovaný 100 km dlouhý urychlovač, který by mohl být zprovozněn v CERN po skončení běhu HL-LHC. Naše skupina se podílí na vývoji elektromagnetického kalorimetru pro tento urychlovač. Jedna ze základních charakteristik kalorimetru je jeho energetické rozlišení. V rámci projektu bychom porovnali energetické rozlišení elektronů pro různá nastavení kalorimetru. Tato informace je jedna z ingrediencí potřebných k optimalizaci kalorimetru.

(Mgr. Jana Faltová, Ph.D., faltova@ipnp.troja.mff.cuni.cz)

Odhad požadavku na rozlišení dopředného časového detektoru pro LHC Run3 a High-Luminosity LHC

Zvýšení luminosity (a tudíž možnosti pozorování procesů s velmi malými účinnými průřezy) s sebou přináší i značné zvýšení pozadí díky zvětšenému množství interakcí v rámci jedné srážky svazků, tzv. pile-up. Časový detektor s velmi vysokým rozlišením umožňuje vybrat tzv. interakční vertex procesu, který nás zajímá a tím pozadí snížit. Cílem práce je odhadnout na základě simulací a znalosti optiky urychlovače, struktury svazků a geometrické akceptance dopředného časového detektoru jeho potřebné rozlišení vedoucí k potlačení pile-up pozadí vybraných exklusivních difrakčních (double tagged) procesů minimálně faktorem Signal/Background = 3, 5, resp. 10.

(Mgr. Tomáš Sýkora, Ph.D., sykora@ipnp.troja.mff.cuni.cz)

Analýza rozpadů B-hadronů na experimentu ATLAS



Student(ka) se seznámí s experimentem ATLAS na urychlovači LHC v CERN, a se základními principy rekonstrukce rozpadů hadronů obsahujících b -kvark (b -hadronů). Analýzy produkce a rozpadů těchto částic umožňují testovat předpovědi Standardního Modelu částic a hledat odchylky způsobené případnou Novou fyzikou (novými částicemi). Tato měření jsou alternativou k přímému hledání nových částic, přičemž jejich výhodou je, že mohou "vidět" efekty způsobené i tak těžkými částicemi, pro jejichž přímou produkci není na urychlovači dost energie. Projekt může být dle výběru studenta/studentky zaměřen na různé aspekty B -fyzikálních analýz: potlačení pozadí, přesnost měření, systematické neurčitosti, statistické zpracování apod. Během řešení projektu bude student(ka) využívat C++ a naučí se pracovat s programem na zpracování dat ve fyzice vysokých energií (ROOT). Více informací na: <http://ipnp.cz/~reznicek/index.php/project-thesis/>

(RNDr. Pavel Řezníček, Ph.D., reznicek@ipnp.troja.mff.cuni.cz)

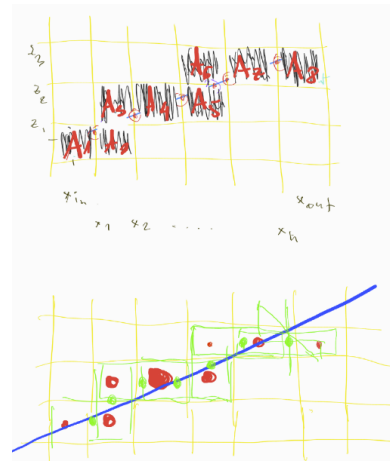
Automatizace zpracování dat z křemíkových detektorů pro projekt ATLAS Upgrade

Práce na projektu přispěje k realizaci testování nové generace ATLAS ITk stripových křemíkových modulů v pražské laboratoři v rámci mezinárodních dohod ve švýcarském CERN. SFG má teoretický a zejména programovací charakter. Výhodou jsou základy alespoň v jednom z programovacích jazyků C/C++, Python nebo PHP. Práce je zaměřena na automatizaci a optimalizaci datového toku ze specializovaného vyčítacího software ITSDAQ do pražské lokální MySQL databáze, včetně zobrazování dat z detektorů pomocí analytické webové aplikace Grafana. Splněním cílů projektu se rozumí teoretické nastudování vlastností ITk stripových modulů, vývoj a vylepšení příslušných skriptů pro interakci s lokální a případně i globální ITk databází a interpretace výsledků elektrických testů.

(Mgr. Martin Sýkora, sykoram@ipnp.mff.cuni.cz)

Použití neuronové sítě “and or” Kalmanova filtru v rekonstrukčním algoritmu pro pixelový detektor

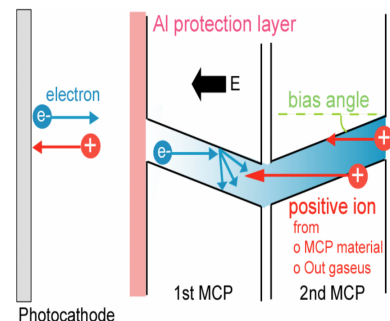
Při zidealizovaném průchodu částice pixelovým detektorem $[x, z]$, kdy zanedbáme produkci sekundárních částic a představíme si, že odezva (amplituda) každého pixelu je proporcionální délce trajektorie, po které částice pixelem prochází, je možno tuto trajektorii zrekonstruovat velmi přesně, přičemž v případě více nežli 2 zasažených pixelů, je pravděpodobně možno trajektorii zrekonstruovat plně. (Jedná se o hezký matematický problém.) Situace se změní, když budeme uvažovat realističtější model, pro který můžeme použít pro průchod částice materiálem např. Geant 4 a pro odezvu samotného detektoru např. AllPix2. [samozřejmě je možno použít vlastní modely]. Je známo, že použití neuronové sítě “and or” Kalmanova filtru je pak velmi užitečné. Cílem práce je a) sestavit algoritmus, který tuto/tyto techniky využije a b) použít jej v praxi, např. na datech z dráhového sub-detektoru detektoru AFP nebo v připravovaném detektoru „X17“.



(Mgr. Tomáš Sýkora, Ph.D., sykora@ipnp.troja.mff.cuni.cz)

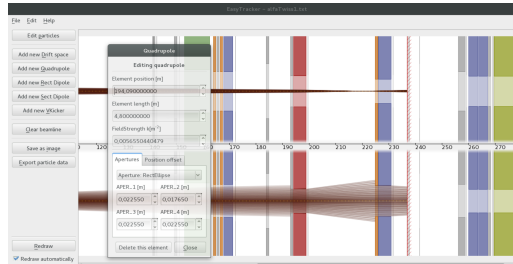
Model MCP-PMT s ALD

V současné době je již naprosto zřejmé, že časové detektory jsou zásadní pro další rozvoj detekčních zařízení (nejen ve fyzice vysokých energií). Micro Channel Plate PhotoMultiplifier (MCP-PMT) je velmi rychlý (a velmi drahý) fotonásobič s rozmanitým využitím a časový detektor na něm založený představuje v současnosti to nejlepší, co existuje. Kromě toho, že je jeho odezva velmi rychlá, je také dosti odolná (= v dostatečném rozsahu nemění se) vůči magnetickému poli. V našem případě jej používáme v detektoru času letu (ToF) pro detektor ATLAS Forward Proton (AFP) a snažíme se simulovat jeho odezvu tak, aby byla co nejjednodušší, ale co nejlépe odpovídala realitě. Otevřeným (tj. zatím nikým nevyřešeným) problémem je snižování zisku (gain) těchto MCP-PMT, které byly vylepšeny (tj. byla prodloužena jejich doba života) pomocí technologie ALD (Atomic Layer Deposition) ve srovnání s MCP-PMT bez ALD. Existují hypotézy, jak k poklesu dochází, ale odpovídající modely nikoliv. Pokus o sestavení modelu je cílem práce, v jejímž průběhu se student(ka) seznámí s konstrukcí MCP-PMT, získá přístup k datům i možnost si nová data naměřit (či požádat o nová měření). Student(ka) aktivně využije znalosti fyziky (Maxwellovy rovnice, tunelový efekt), matematiky (řešení rovnic modelu) i informatiky (simulace), které získal(a) během dosavadního studia. Pochopení problému může značně urychlit vývoj nového typu MCP-PMT pro vysoké opakovací frekvence signálu (> 20 MHz) [např. na LHC] a ušetřit řadu laboratorních pokusů.



(Mgr. Tomáš Sýkora, Ph.D., sykora@ipnp.troja.mff.cuni.cz)

Rozvoj nástroje pro zobrazování drah nabitých částic v urychlovači



V rámci bakalářské práce (T. Komárek, Vizualizace drah částic v magnetickém poli urychlovače) vznikl před lety nástroj Easy Tracker, který umožňuje velmi rychle zobrazovat dráhy částic na libovolném urychlovači v x a y projekcích a rychle přidávat různé magnetické elementy v reálném čase. Program byl v roce 2021 dále rozšířen v rámci úspěšného studentského projektu (p. V. Shinkarenko) o další prvky ve formě produkce charakteristickým histogramů v libovolném místě urychlovače (např. rozložení souřadnic, hybností a energií částic, jejich filtrování, výpočet akceptance), viz obr., a nyní by se jednalo o možnost připojení různých generátorů částic (s výstupem ve formátu HepMC a LHE) a propojení programu s programem Root.

(Mgr. Tomáš Sýkora, Ph.D., sykora@ipnp.troja.mff.cuni.cz)

Pokud jste nenašli téma z oblasti jaderné a částicové fyziky, které by Vás zaujalo, neváhejte nás kontaktovat!

Uzávěrka pro podání grantu:

15. 5. 2022

ucjf@mff.cuni.cz

<http://ipnp.cz/sfg>

