

Témata prací Skupiny částicové a astročásticové fyziky Společné laboratoře optiky FZÚ a UP :: 2021

[Pro studenty fyzikálního, IT či matematického zaměření:](#)

[Simulace a analýza dat z atmosférických spršek kosmického záření pro detektor FAST](#)

[Provoz a kalibrace prototypu astročásticového experimentu FAST](#)

[Analýza dat z experimentu ATLAS \(CERN\)](#)

[Kosmické detektory částic](#)

[Soulad měření složení kosmického záření ultra-vysokých energií](#)

[Měření účinného průřezu top kvarků ve srážkách proton-olovo v experimentu ATLAS na urychlovači LHC](#)

[Kalibrace obrazu v astrofotografii](#)

[Měření doby života mionů z kosmického záření](#)

[Modelování časového vývoje superpozic stacionárních stavů jednoduchých kvantověmechanických systémů](#)

[Aplikace a rozvoj algoritmů pro rozpoznávání obrazu na snímcích z částicové kamery MX-10](#)

[Aplikace částicové kamery Timepix](#)

[Rekonstrukce kinematiky top-antitop systému](#)

[Modelování částicových fyzikálních procesů s nástrojem GEANT](#)

[Analýza kosmického záření gama v experimentu CTA](#)

[Justáž a kalibrace astročásticových teleskopů pomocí dronu](#)

Pro studenty fyzikálního, IT či matematického zaměření:)

Témata výzkumu a možných bakalářských či diplomových prací představí skupina částicové a astročásticové fyziky **v pátek 26.3.2021 ve 13:30 prostřednictvím Zoom konference**

<https://cesnet.zoom.us/j/92359203605>

Skupina se zabývá analýzou dat z experimentu ATLAS v laboratoři CERN, konstrukcí a simulacemi detektorů v částicové a astročásticové fyzice v rámci studia fluorescenčních a čerenkovských signálů z atmosférických spršek kosmického záření, ale také elektronikou či statistickým zpracováním dat, odlišením signálu od pozadí, opravou spekter a měřením vlastností částic. Témata svého výzkumu představí samotní studenti skupiny ze Společné laboratoře optiky UP a FZÚ AVČR.

kontakt: jiri.kvita@upol.cz

Simulace a analýza dat z atmosférických spršek kosmického záření pro detektor FAST

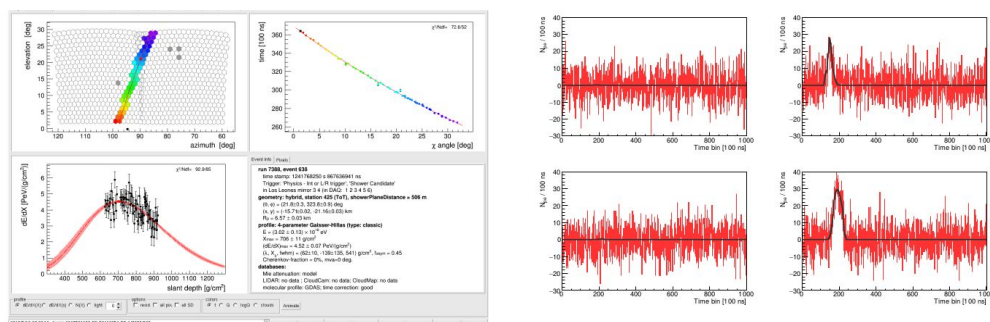
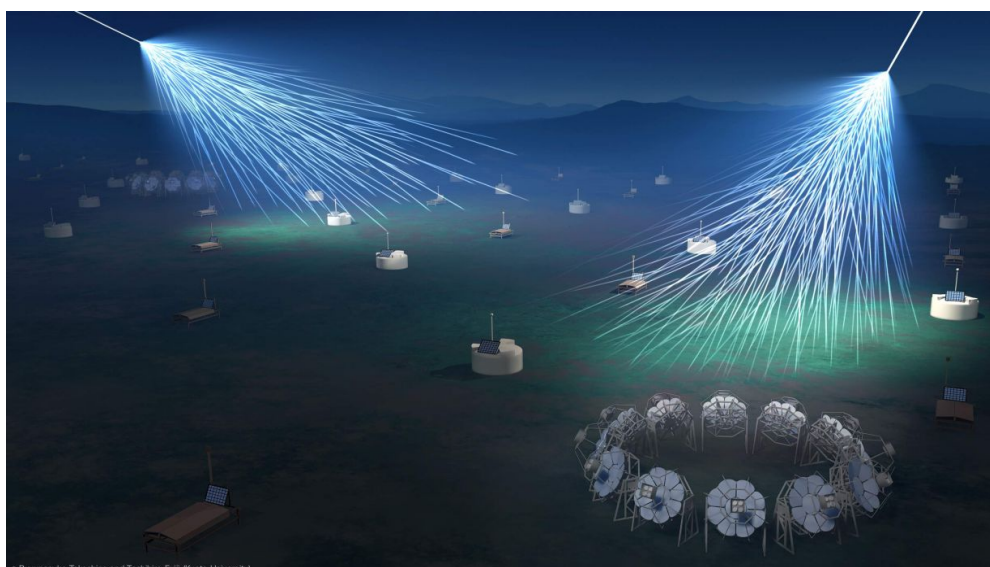
Školitel: Mgr. Petr Hamal, Ph.D., hamal@fzu.cz

Konzultant: Mgr. Jiří Kvita, Ph.D., jiri.kvita@upol.cz

Bc, Mgr. ; POCFYZ, PRFYZ, NANO, AF

Anotace: Experiment FAST je projektem teleskopů nové generace pro pozorování fluorescenčního světla produkovaného v atmosférických sprškách kosmického záření o ultravysokých energiích. Trojice FAST teleskopů je již instalováno v Utahu, USA, v místě experimentu Telescope Array (TA), ale nyní také v lokalitě experimentu Pierre Auger Observatory (PAO) v Argentině. Existence stejných na severní i jižní polokouli má potenciál porozumět částečné neshodě spekter měřených velkými experimenty TA a PAO. Součástí práce bude porozumění procesům energetických ztrát částic v látce, simulace atmosférických spršek kosmického záření, rekonstrukce energie a úhlů primární částice, a případně i srovnání s daty z experimentů TA a PAO. Student(ka) si osvojí práci s daty, jejich zpracování a vyhodnocení pomocí zajímavých a moderních nástrojů a programů.

https://www.fast-project.org/gallery/fast_project/



Provoz a kalibrace prototypu astročásticového experimentu FAST

Školitel: Ing. Ladislav Chytka, Ph.D., ladislav.chytka@upol.cz

Konzultant: Mgr. Dušan Mandát, Ph.D., dusan.mandat@upol.cz

Bc, Mgr. ; POCFYZ, PRFYZ, NANO, AF

Anotace: Experiment FAST je projektem teleskopů nové generace pro pozorování fluorescenčního světla produkovaného v atmosférických sprškách kosmického záření o ultravysokých energiích. Trojice FAST teleskopů je již instalováno v Utahu, USA, v místě experimentu Telescope Array (TA), ale nyní také v lokalitě experimentu Pierre Auger Observatory (PAO) v Argentině. Současný projekt ověřuje možnost nasazení těchto fluorescenčních teleskopů pro potenciální výstavbu velké sítě těchto detektorů s důrazem na citlivost na detekci spršek o nejvyšších energiích ale také na spolehlivost, nízké náklady, monitoring oblačnosti a fyzikálních podmínek, jakožto i na kalibraci pomocí zdrojů alfa částic či laserových systémů. Student(ka) bude mít možnost zapojit se do vývoje kterékoli z komponent teleskopu od monitorování teploty, provoz elektroniky, data acquisition, po jejich simulaci, kalibraci a srovnání s reálnými daty.



https://www.fast-project.org/gallery/fast_project/

Analýza dat z experimentu ATLAS (CERN)

Školitel: Mgr. Jiří Kvita, Ph.D., jiri.kvita@upol.cz

Konzultant: RNDr. Karel Cerný, Ph.D., karel.cerny@upol.cz

Bc; POCFYZ, PRFYZ, NANO, AF

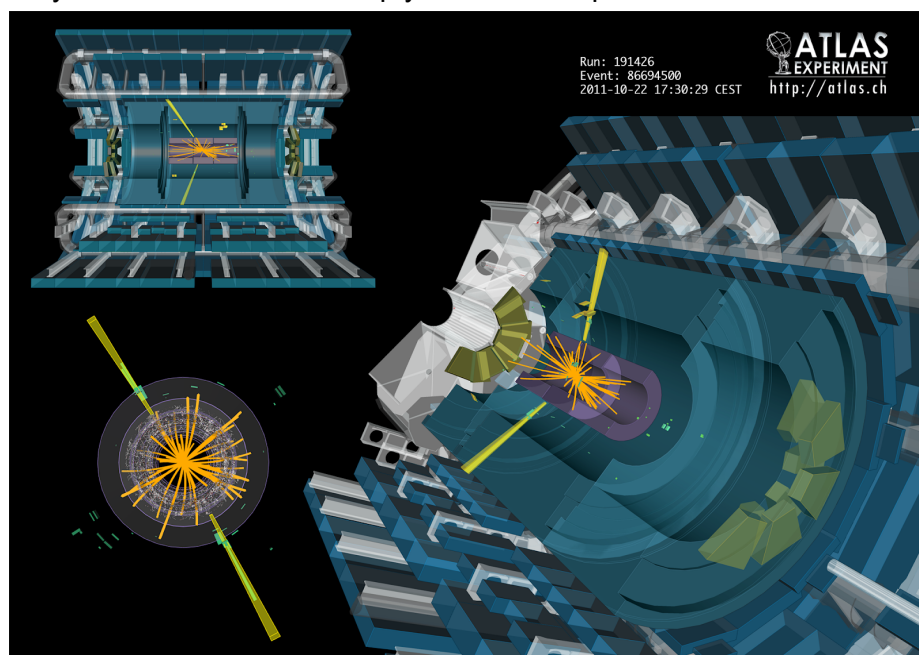
Anotace:

Data z experimentu ATLAS jsou dostupná v rámci projektu ATLAS Open Data, a to jak reálná data z detektoru, tak jako podrobně nasimulované události konkrétních procesů, od produkce částic Z a W či Higgsova bosonu k top kvarku či možným exotickým částicím z teorií za Standardní model mikrosvěta.

Cílem projektu je projít si základy zpracování dat z experimentu na urychlovači LHC, porozumět detektorovým objektům a fyzice vysokých energií, ale také mechanismu produkce a rozpadu a metod detekce částic.

Nakonec si student(ka) vyzkouší samotnou rekonstrukci částic Z/W/H/t... a může si změřit jejich další vlastnosti jako je jejich hmotnost či spektra hybností apod.

V rámci práce si zájemce vyzkouší psaní vlastního programu v jazyce Python či C++ a zpracování dat ve formátu ROOT, osvojí si základy statistiky a pochopí základní fyzikální představy ve fyzice mikrosvěta a koncepty ve srážkách protonů.



Kosmické detektory částic

Školitel: Mgr. Jiří Kvita, Ph.D., jiri.kvita@upol.cz

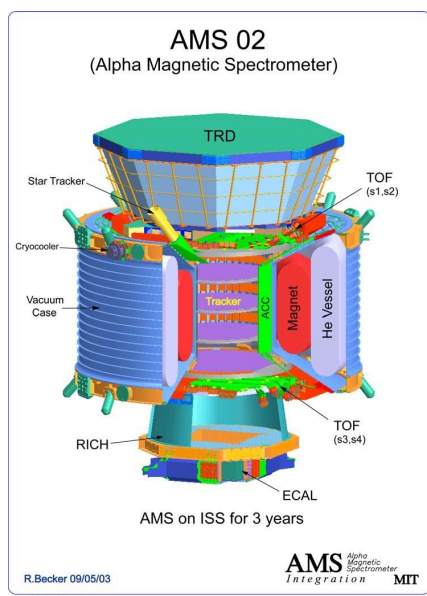
Konzultant: RNDr. Karel Cerný, Ph.D., karel.cerny@upol.cz

Bc, Mgr. ; POCFYZ, PRFYZ, NANO, AF

Od průlomového detektoru AMS-II (Alpha Magnetic Spectrometer), prvního plnohodnotného částicového experimentu ve Vesmíru, umístěného na Mezinárodní kosmické stanici, se objevily experimenty CALET a DAMPE, které dále měří toky kosmických elektronů, pozitronů a dalších částic a jader. Plánují se další experimenty na oběžné dráze či balonové experimenty ve stratosféře. Některé překvapivé výsledky nemají jasnou interpretaci a jedním z možných scénářů je anihilace temné hmoty ve Vesmíru. Další experimenty pozorují ve gama oblasti (FERMI-LAT), ke kterým se vedle existujících pozemních experimentů HESS, VERITAS a MAGIC přibude observatoř Cherenkov Telescope Array (CTA).

Cílem bakalářské práce je srovnat použité detektorové technologie dráhových detektorů, kalorimetrů a detektorů identifikace částic u současných částicových experimentů na oběžné dráze kolem Země a jejich výsledky, mezi kterými v některých oblastech existují nesrovnalosti.

https://en.wikipedia.org/wiki/Gamma-ray_astronomy



Soulad měření složení kosmického záření ultra-vysokých energií

Školitel: Ing. Jakub Vícha, Ph.D., vicha@fzu.cz

Konzultant: RNDr. Petr Trávníček, Ph.D.

Bc, Mgr. ; POCFYZ, PRFYZ, NANO, AF

Poslední dvě desetiletí intenzivní práce experimentů měřících kosmické záření, jako byl projekt HiRes, v současnosti je Observatoř Pierra Augera a experiment Telescope Array, přineslo na první pohled protichůdné interpretace výsledků týkající se složení kosmického záření ultra-vysokých energií. Na toto složení usuzujeme z parametrů atmosférických spršek vyvolaných interakcí primární částice s jádrem atmosférického plynu a naše interpretace jsou tak závislé na modelových představách o jaderných interakcích, které ve spršce probíhají. Jedním z nejlepších parametrů citlivých na složení primárních částic je pozice maxima spršky v atmosféře. Zatímco z dat Observatoře Pierra Augera se zdá, že tomuto záření dominují středně těžká až těžká jádra, datům experimentů HiRes a Telescope Array naopak lépe odpovídají spršky iniciované lehkými jádry (vodík, helium). Experimenty HiRes a Telescope Array byly postaveny na severní polokouli a Observatoř Pierra Augera na jižní. Vzniká tak otázka, zda-li se severní obloha může natolik lišit od jižní složením kosmického záření. Student se zaměří na srovnání měření jednotlivých experimentů. Porovná distribuce pozic maxima spršky měřené jednotlivými experimenty a v ideálním případě se pokusí statistickými metodami rozhodnout, zda jsou kompatibilní.



Měření účinného průřezu top kvarků ve srážkách proton-olovo v experimentu ATLAS na urychlovači LHC

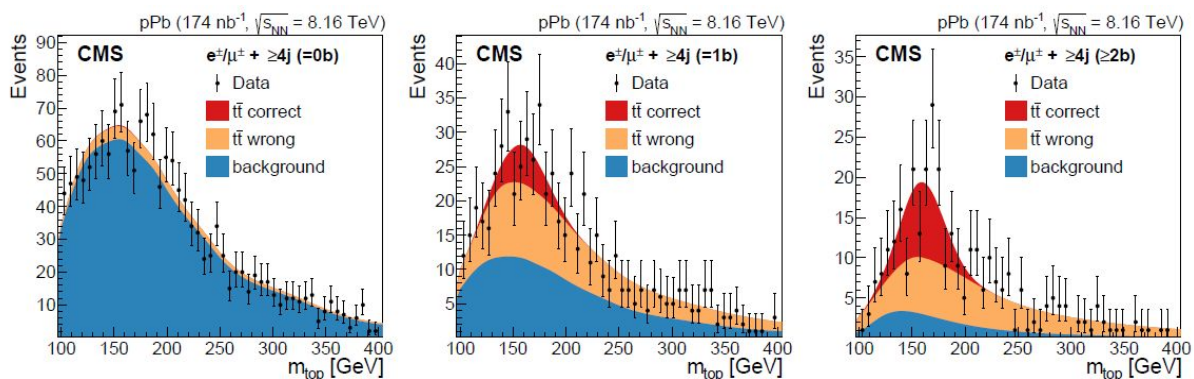
Školitel: Mgr. Jiří Kvita, Ph.D., jiri.kvita@upol.cz

Konzultant: Mgr. Petr Baroň, petr.baron@cern.ch

Urychlovač LHC produkuje páry top kvarků v proton-protonových srážkách...

Nedávno byla experimentem CMS pozorována produkce top kvarků i ve srážkách proton-olovo či olovo-olovo v rámci těžkoiontového programu urychlovače. Top kvark může posloužit jako důležitá sonda do struktury horké jaderné hmoty (kvark-gluonového plazmatu). Cílem práce je osvojit si a aplikovat známé techniky odstranění pozadí a rekonstrukce čtyřvektorů top kvarků ve srážkách proton-proton na prostředí srážek těžkých iontů, a přispět tak do aktuální analýzy. Členové částicové skupiny SLO aktivně pracují na analýze dat z experimentu ATLAS ve spolupráci s kolegy z AGH Kraków, jde o první hledání top kvarku v těchto srážkách v experimentu ATLAS.

Literatura: <https://arxiv.org/pdf/1709.07411.pdf>



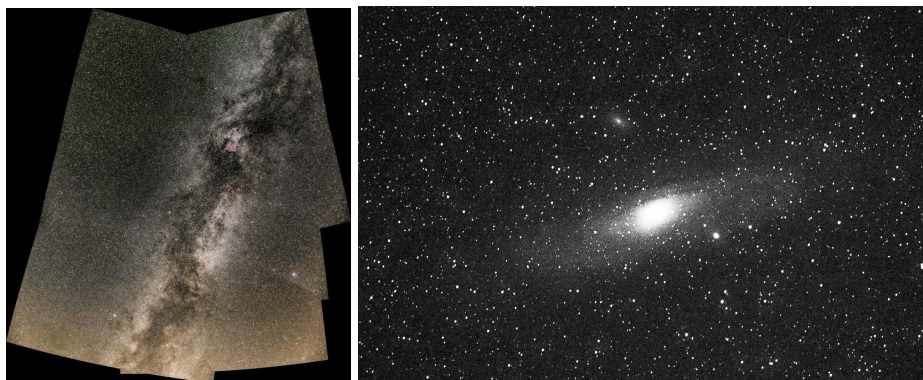
Kalibrace obrazu v astrofotografii

Školitel: Mgr. Jiří Kvita, Ph.D., jiri.kvita@upol.cz

Bc ; POCFYZ, PRFYZ, NANO, AF

S použitím komerční full-frame digitální kamery s nízkým šumem lze pořizovat kvalitní astrofotografie, které lze dále opravit o efekty šumu a zkreslení.

Cílem bakalářské práce bude seznámit se s technikou plné kalibrace obrazu a za použití dostupného freeware, popř. vlastního SW s použitím knihoven libTIFF či jiných, získat násobné expozice oblohy plně opravené o šum a další efekty zkreslení. S použitím stativu bez aktivní montáže půjde o skládání obrazů ve "stack" nebo mozaikovém módu s použitím světelných širokoúhlých objektivů či s objektivy s delším ohniskem pro objekty tzv. "deep sky". Získané snímky bude možno použít pro popularizaci astronomie a astrofyziky.

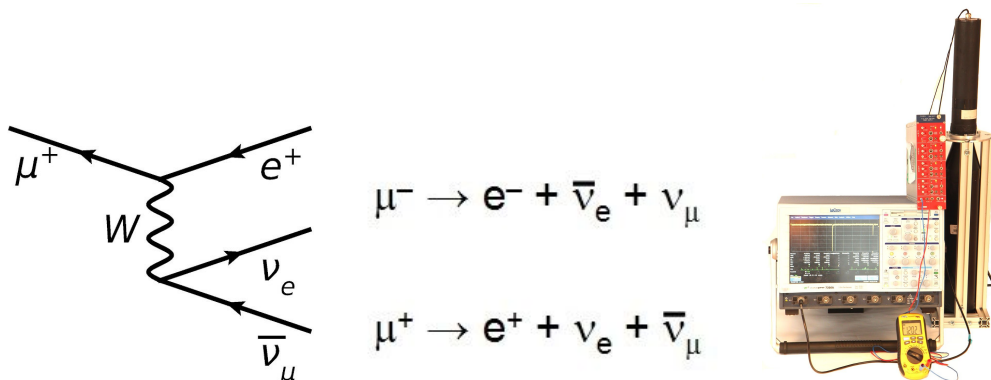


Měření doby života mionů z kosmického záření

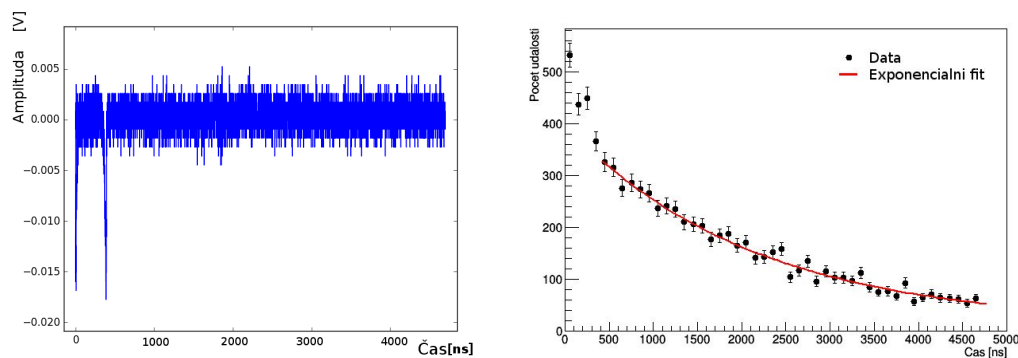
Školitel: Ing. Ladislav Chytka, ladislav.chytka@upol.cz

Bc, Mgr. ; POCFYZ, PRFYZ, NANO, AF

Cílem této Bc či Mgr. práce je sestavení, optimalizace, měření, příp. i simulace aparatury pro měření doby života kosmických mionů v laboratoři pomocí scintilátoru, fotonásobiče a vícekanálového osciloskopu. K dispozici jsou scintilátory a osciloskop schopný rozlišit signál z příletu a zastavení mionu ve scintilátoru, a druhého signálu z jeho rozpadu na elektron a neutrino.



Úloha nabízí možnost vlastního sestavení aparatury pro částicovou úlohu s dodatečnými trigger či veto scintilátory nad/pod aparaturou, vlastní zpracování signálu, vyčištění od pozadí ke konečné fyzikální analýze dat a určení doby života mionu, která je přibližně $2\mu\text{s}$ a je typickou dobou života částic rozpadajících se slabou interakcí, zodpovědné např. také za radioaktivní přeměnu.



<http://physicsopenlab.org/2016/01/10/cosmic-muons-decay/>

Modelování časového vývoje superpozic stacionárních stavů jednoduchých kvantověmechanických systémů

Školitel: Mgr. Jiří Kvita, Ph.D., jiri.kvita@upol.cz

Bc, Mgr. ; POCFYZ, PRFYZ, NANO, AF

Abstrakt:

Numerické či analytické metody dnes umožňují vizualizaci časového vývoje mnoha základních ale prakticky významných kvantově mechanických systému a jejich vlastností, např. tunelový jev či odraz od jámy či bariéry pro vlnový balík, anebo nestacionární či koherentní stavy nekonečně hluboké 1-2-3D jámy (kvantový kulečnick), harmonického oscilátoru či jeho soustav příp. atomu vodíku.

Cílem práce je navrhnout model ve vlastním či existujícím matematickém rozhraní, a jeho realizace pro vizualizaci těchto jevů, a závěry interpretovat ve fyzice od teorie krystalů po alfa rozpad.

Literatura: Griffiths, D.J., Quantum Mechanics

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/quantum-tunneling>

<http://physics.weber.edu/schroeder/software/BarrierScattering.html>

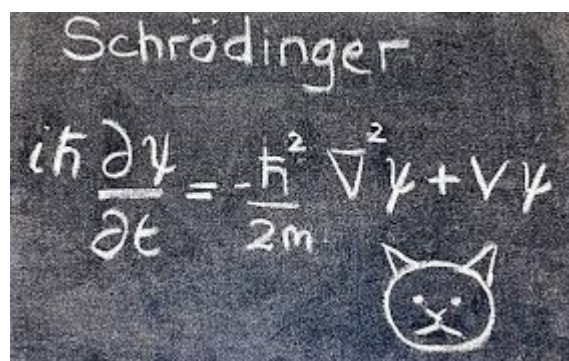
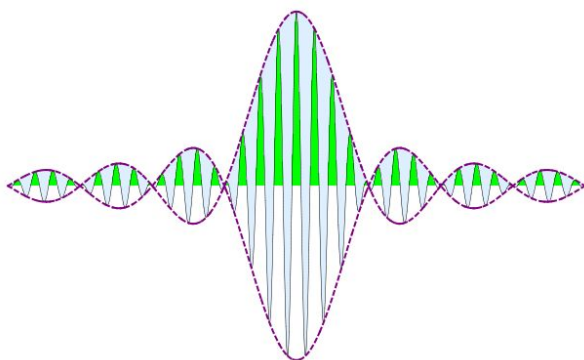
<http://www.ncnr.nist.gov/staff/dimeo/DimeoWavePackets.pdf>

<https://terrytao.wordpress.com/2007/03/28/open-question-scarring-for-the-bunimovich-stadium/>

<https://arxiv.org/abs/1801.00914>

<https://arxiv.org/abs/1103.2720>

<https://arxiv.org/abs/chao-dyn/9612020>



Aplikace a rozvoj algoritmů pro rozpoznávání obrazu na snímcích z částicové kamery MX-10

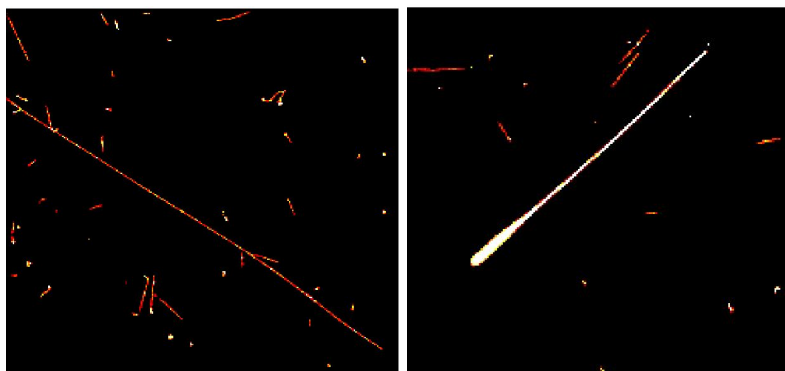
Školitel: Mgr. Jiří Kvita, Ph.D., jiri.kvita@upol.cz

Bc, Mgr. ; POCFYZ, PRFYZ, NANO, AF

Částicová kamera fy Jablotron MX-10 poskytuje detailní 2D informaci o stopách drah ionizujícího záření zaznamenaných tímto křemíkovým detektorem na matici citlivých diod 256x256.

Cíle bakalářské či diplomové práce: Od nalezení jednopixelových stop gama záření k zakřiveným drahám beta elektronů k přímým drahám mionů z kosmického záření a konečně ke stopám těžkých ionizujících částic z paluby letadla lze aplikovat a dále vyvíjet algoritmy pro rozpoznávání obrazu pomocí multivarietních technik, a využít je k identifikaci stop zaznamenaných kamerou a k měření spekter pro dané, často velmi zajímavé, druhy částic, s potenciálem určit druh částic podle stupně ionizace či měřit dávku při povrchu země a na palubě letadla.

<http://www.jablotron.com/cz/o-jablotronu/o-nas/mezinarodni-spoluprace/jablotron-mx-10.aspx>

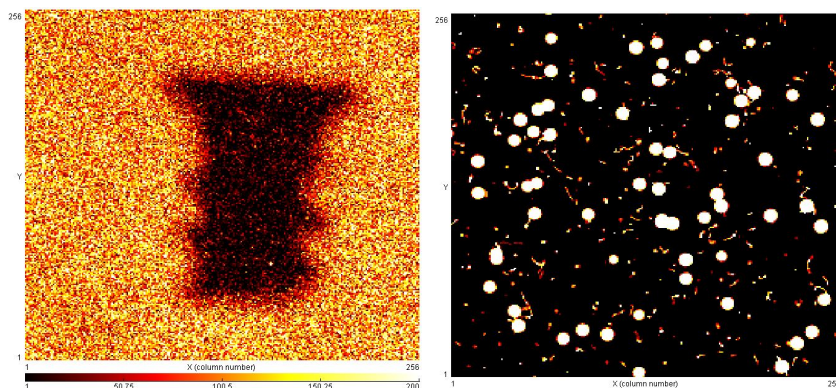


Aplikace částicové kamery Timepix

Školitel: Mgr. Jiří Kvita, Ph.D., jiri.kvita@upol.cz

Cílem Bc. nebo Mgr. práce je využít potenciálu částicové kamery Timepix/MediPix MX-10 umožňující 2D vizualizaci stop ionizujících částic v reálném čase.

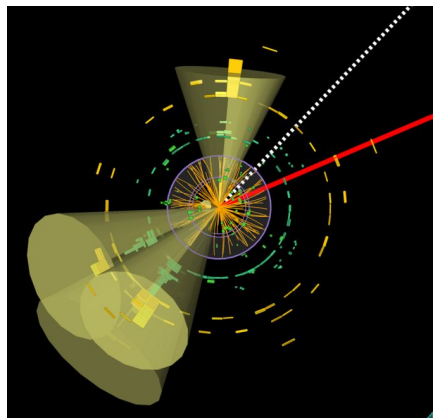
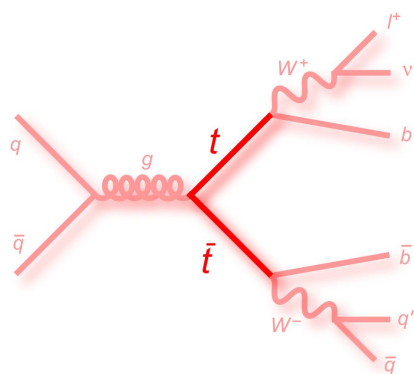
Z charakteru stop částic v detektoru (tvar, stupeň ionizace atd.) lze usuzovat na druh částic (elektrony, gama, alfa, kosmické miony). Data lze dále softwarově zpracovávat a navrhnout algoritmy pro nalezení daných typů částic a měřit jejich energie, příp. navrhnout úlohy využívající a zkoumající vlastnosti jednotlivých zdrojů záření za pomoci přirozených a umělých zdrojů záření, či zkoumat možnosti stínění a navrhnout uspořádání pro prosvěcování vzorků za účelem vizualizace možných struktur uvnitř vzorku (defektoskopie).



Rekonstrukce kinematiky top-antitop systému

Školitel: Mgr. Jiří Kvita, Ph.D., jiri.kvita@upol.cz

Cílem Bc. nebo Mgr. práce je srovnat různé metody rekonstrukce čtyřvektorů top kvarků produkovaných v párech top-antitop a rozpadajících se na hadronové jety, lepton (elektron nebo mion) a chybějící příčnou energii v experimentu ATLAS. V tomto rozpadovém kanále je hlavní neznámou podélná hybnost neutrina, a neurčitosti pramenící z kombinatoriky jetů. Od jednoduchých χ^2 přístupů lze prozkoumat lépe definovaný pseudo-top kvark koncept a sofistikovanější rekonstrukční algoritmy, které dovolují využít konečné rozlišení objektů pozorovaných v detektoru. Možné pokračování: simulace, částicová fyzika v centrální i dopředné oblasti experimentu ATLAS.



Modelování částicových fyzikálních procesů s nástrojem GEANT

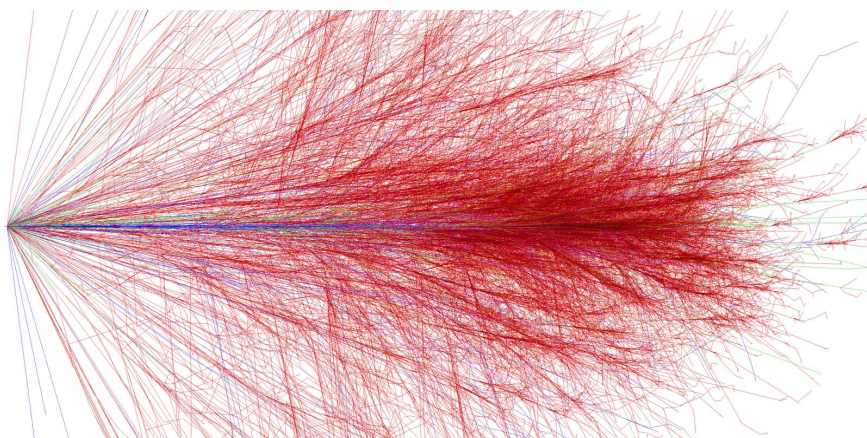
Školitel: Mgr. Jiří Kvita, Ph.D., jiri.kvita@upol.cz

Konzultant: Mgr. Radek Přivara, radek.privara@cern.ch

Bc, Mgr. ; POCFYZ, PRFYZ, NANO, AF

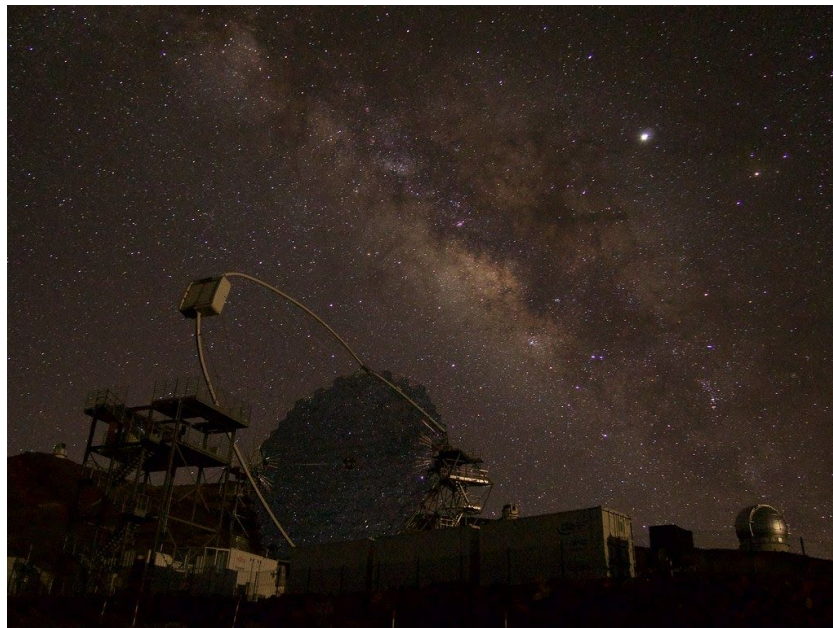
Cíle bakalářské či diplomové práce: S pomocí systému pro modelování interakcí a průchodu částic látkou GEANT4 je úkolem práce nasimulovat, vizualizovat a kvantifikovat některé základní aspekty průchodu částic látkou, jako jsou střední energetické ztráty či pravděpodobnosti interakce, a to např. pro detekci kosmických mionů v bloku scintilátoru, simulaci detektoru MX-10 pro kosmické miony či radioaktivní zdroje, demonstraci principu a rozlišení segmentovaného a homogenního kalorimetru v odezvě na hadrony, či modelování spršek kosmického záření v atmosféře anebo průchod neutrin Zemí či Sluncem.

Odkazy: <https://geant4.web.cern.ch/geant4/>



Analýza kosmického záření gama v experimentu CTA

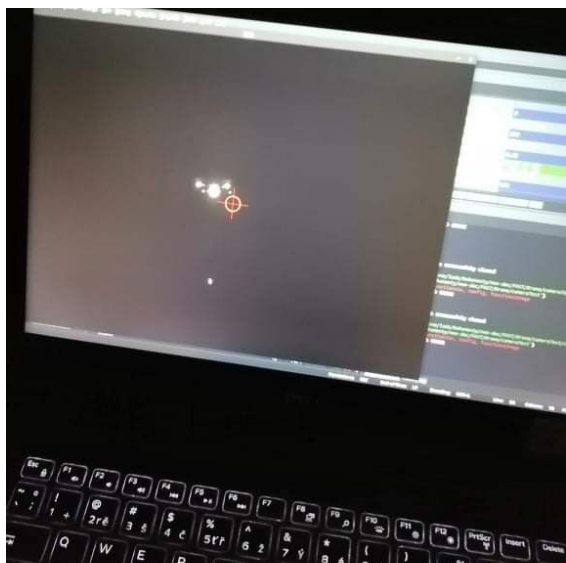
Školitel: RNDr. Karel Černý, Ph.D., karel.cerny@upol.cz



Observatoř Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO častěji CTA) bude nejrozsáhlejším a technologicky nejpokročilejším pozemním zařízením pro detekci vysokoenergetických gama fotonů přicházejících z kosmického prostoru. CTA se bude nacházet na dvou lokalitách na severní a jižní polokouli. Každá z lokalit bude vybavena třemi typy teleskopů citlivými měřícími v různých oborech energií. Ve výsledku bude experiment pokrývat energetické rozmezí příchozích gama fotonů 20 GeV – 100 TeV. Fyzikální princip měření je založen na detekci Čerenkovova záření v teleskopech, které je generováno nabitými částicemi s rychlostí vyšší než je rychlost šíření světla v daném prostředí, v našem případě v atmosféře. Nabité částice vznikají v kaskádě interakcí na jejímž počátku je primární interakce příchozího gama fotonu s atmosférou. Cílem práce bude vývoj algoritmů a interpretace naměřených dat. Primárním úkolem experimentu je měření energetického spektra a zaměření zdrojů gama fotonů.

Justáž a kalibrace astročásticových teleskopů pomocí dronu

Školitel: Ing. Ladislav Chytka Ph.D., ladislav.chytka@upol.cz



Fluorescenční i čerenkovské teleskopy používané v rámci astročásticových observatoří využívají segmentovou zrcadlovou plochu sestavenou z menších zrcadel, která je potřeba před uvedením do provozu najustovat. Při justáži se optimalizuje rozptylová funkce (PSF) zrcadlové plochy, k čemuž se obvykle využívá vzdálený bodový zdroj světla, např. laser či výkonná LED dioda; v případě teleskopů s pointací lze využít i jasné hvězdy. U umělých světelných zdrojů typicky vyvstává problém s umístěním na ose teleskopu.

Pro kalibraci kamery teleskopů se využívá stabilní světelný zdroj se známou vyzařovací charakteristikou, kterým se typicky pokrývá celá vstupní apertura teleskopu a to buď naráz s využitím velkého plošného zdroje nebo postupným "skenováním" s menším zdrojem.

V posledních letech se začíná testovat využití bezpilotních systémů (UAS/dronů) a výsledky vypadají slibně. Jak pro justáž, tak pro kalibraci je nezbytné zajistit stabilní pozici, případně trajektorii, světelného zdroje v zorném poli teleskopu.

Student se v rámci řešení tématu seznámí s detekčními technikami v astročásticové fyzice, počítačovým viděním a programováním UAS. Cílem práce je vývoj bezpilotního systému založeného na komerčním dronu pro potřeby astročásticových teleskopů.