



MEZINÁRODNÍ MASTERCLASSES

Experimentální aktivity na Observatoři Pierra Augera: Původ kosmického záření ultra-vysokých energií

Průvodce cvičením - Číslo skupiny (datasetu):

Cíle:

- Zrekonstruovat 50 spršek kosmického záření detekovaných Observatoří Pierra Augera.
- Vybrat takové spršky, které obsahují informaci o příchozím směru.
- Na základě zrekonstruovaných spršek diskutovat, odkud k nám z Vesmíru přichází kosmické záření o extrémních energiích.

Než začnete:

- V prohlížeči si otevřete stránku <https://augermasterclasses.lip.pt/downloads> a poté otevřete „NEXT ACTIVITIES DATASETS“.
- Najděte příslušnou instituci, kde probíhají Vaše masterclasses a do složky Stažené/Downloads si stáhněte dataset *AugerMasterClasse_X.augermc*, kde X je číslo uvedené na začátku tohoto průvodce a pro každého účastníka je jedinečné.
- Otevřete si aplikaci PierreAugerMasterClasses.exe a po načtení klikněte na "Read Events File" v levém horním rohu a vyberte Vámi stažený dataset ke zpracování s příponou *.augermc*
- Tímto jste připraveni začít rekonstruovat spršky kosmického záření. Cvičení zahajte vybráním první spršky v levém postranním panelu.



KROK 1: Výběr stanic

Identifikujte stanice povrchových detektorů obsahující signál příslušející ke spršce kosmického záření a vyřaďte stanice se signálem z pozadí.

- Klikněte na „*Start reconstruction*“ a identifikujte stanici s nejsilnějším signálem. Sílu signálu odráží velikost a barva dané stanice. Přesná hodnota signálu je po kliknutí na stanici napsána v pravém postranním panelu. Po nalezení stanice s nejsilnějším signálem jí označte kliknutím a postupujte k dalšímu kroku rekonstrukce „*Next step*“.
- Vyberte zbylé stanice se signálem příslušející k dané spršce kosmického záření podle následujících kritérií:
 - **Vzdálenost ke stanici s nejsilnějším signálem:** zvětšováním vzdálenosti vybíráte další stanice čerenkovských detektorů.
 - **Čas přiletu částic:** Zvětšováním časového okna můžete vybrat stanice, kde byl signál zaznamenán s rostoucím časovým rozdílem vzhledem ke stanici s nejvyšším signálem.
 - Je také možné přidávat nebo odebírat jednotlivé stanice z výběru kliknutím na sloupec "Sel" v pravém postranním panelu.
- Po vyřazení stanic příliš vzdálených od události a stanic, které zaznamenaly čas přiletu částic neslučitelný s fyzikální sprškou kosmického záření, dokončete výběr kliknutím na tlačítko "*Next step*".



KROK 2: Rekonstrukce příchozího směru primární částice

Zrekonstruuje příchozí směr částice kosmického záření. Určete azimutální úhel „ Φ “, udávající úhel mezi projekcí směru kosmického záření na zem a východo-západní osou. Určete zenitový úhel „ Θ “ mezi příchozím směrem kosmického záření a vertikální osou.

- Zrekonstruuje azimutální úhel podle následujících kritérií:
 - Sekundární částice spršky kosmického záření dorazí dříve ve směrech, odkud sprška přiletá. Nastavte tedy přibližně barevnou šipku tak, aby směřovala od stanic povrchových detektorů s nejdřívějším signálem (zelená) ke stanicím, kam signál přišel nejpozději (oranžová/červená).

- Zrekonstruuje zenitový úhel podle následujících kritérií:
 - Částice ve spršce kosmického záření se pohybují (přibližně) rychlostí světla. Označte dvě stanice v azimutálním směru spršky s prvním a posledním signálem.
 - Zenitový úhel spršky bude automaticky spočítán na základě časování signálu v jednotlivých stanicích povrchového detektoru. Příslušná hodnota, společně s vykreslením příchozího směru na mapě v galaktických/ekvatoriálních souřadnicích, se objeví v pravém panelu po kliknutí na „*Next step*“.



KROK 3: Rekonstrukce energie primární částice

Zrekonstruuje energii primární částice kosmického záření nafitováním příčné (laterální) distribuce signálu v povrchových detektorech.

- Po předchozím kroku se Vám vykreslí graf závislosti síly signálu na vzdálenosti od centra spršky – laterální distribuce. Síla signálu ve vzdálenosti 1000 m od centra spršky S_{1000} je úměrná energii primární částice (po korekcích na zenitový úhel události).
- Pokuste se co nejlépe nafitovat laterální distribuci signálu pro spršky ve Vašem datasetu:
 - Nastavte hodnoty veličin „ S_{1000} “ a „ $Beta$ “ pomocí tlačítek „+“ a „-“ tak, aby fitovaná funkce co nejlépe popisovala experimentálně naměřené signály.
 - Kvalitu fitu se udává pomocí veličiny $Chi2/ndf$.
 - Po nalezení co nejlepší hodnoty $Chi2/ndf$ ukončíte rekonstrukci kliknutím na „*End reconstruction*“.
- Tímto je rekonstrukce spršky kosmického záření ukončena. Výsledné parametry naleznete v pravém bočním panelu, kde je vypsána energie primární částice, příchozí směr a $Chi2/ndf$ fitu laterální distribuce. Další krok popisuje kritéria, která určují, zda má být tato událost vybrána a přidána do analýzy, či nikoli.



KROK 4: Kritéria výběru

Vyberte pouze události, které obsahují informaci o směru příletu kosmického záření extrémních energií.

Zkontrolujte, zda událost splňuje tato kritéria:

1. Rekonstruovaná energie E je rovna nebo větší než 8 EeV
2. Počet stanic obsahujících signál a patřících do hexagonu okolo stanice s největším signálem je roven nebo větší než 5.
3. Laterální distribuce je dobře nafitována, tomu odpovídá hodnota $Chi2/ndf$ menší nebo rovna 2.

Jsou-li splněna všechna výše uvedená kritéria, přidejte událost do analýzy kliknutím na „Add Event to Analysis“. Následně se příchozí směr částice vykreslí do mapy v levém bočním panelu. Nejsou-li splněna všechna kritéria, označte událost jako nezajímavou kliknutím „Uninteresting“.

Začněte rekonstrukci další události jejím výběrem z levého bočního panelu.

Po rekonstrukci všech událostí:

- V levém dolním panelu je mapa oblohy s vyznačenými příchozími směry Vašich rekonstruovaných událostí. Můžete vyvodit nějaké závěry z těchto dat?
- Kliknutím na „Export file“ exportujte a uložte zpracované události.
- Výsledný soubor nahrajte na stránky <https://augermasterclasses.lip.pt/activities> pomocí „Upload file“ na webovém rozhraní.