



MIĘDZYNARODOWE WARSZTATY MASTERCLASSES

Eksperymenty w Obserwatorium Pierre Auger

// Pochodzenie kosmicznych promieni o ultra-wysokich energiach

Przewodnik szkoleniowy Osoba/Grupa _____

Cele:

- Zrekonstruować 50 przypadków promieni kosmicznych zarejestrowanych na Obserwatorium Pierre Auger
- Wybrać przypadki, które zawierają informacje kierunkowe o ich pochodzeniu
- Omówić, gdzie we Wszechświecie produkowane są promieni kosmiczne o ekstremalnych energiach

Przed rozpoczęciem:

- Przejdź na stronę <https://augermasterclasses.lip.pt/downloads> i znajdź sekcję "NEXT ACTIVITIES DATASETS".
- Znajdź swoją instytucję i pobierz do folderu Pobrane plik z danymi *AugerMasterClasse_X.augermc*, gdzie X to numer grupy podany powyżej. Każda osoba/grupa ma własny, unikalny zestaw danych do wykorzystania.
- W interaktywnej przeglądarce przypadków Augera kliknij "*Read Events File*" (Wczytaj plik) w lewym górnym rogu i wybierz plik danych w folderze Pobrane z rozszerzeniem ".augermc".

- Możesz teraz rozpocząć analizę przypadków, wybierając pierwszy przypadek z lewego panelu bocznego.

Krok 1: Wybór stacji

Zidentyfikuj stacje detektora powierzchniowego, które są częścią przypadku, wybierając stacje z sygnałem i usuwając stacje z szumem tła.

- Kliknij "Start Reconstruction" (Rozpocznij rekonstrukcję) i kliknij na stację przypadku, która ma największy sygnał. Rozmiar i kolor stacji reprezentują jej sygnał; dokładną wartość można znaleźć w prawym panelu bocznym. Następnie kliknij "Next Step" (Następny krok).
- Wybierz pozostałe stacje przypadku zgodnie z następującymi kryteriami:
 - 🕒 **odległość do stacji z najsilniejszym sygnałem:** przesunij wskaźnik odległości, to pozwoli wybrać stacje bardziej oddalone od stacji z najsilniejszym sygnałem;
 - 🕒 **czas przybycia cząstek pędu:** przesunij wskaźnik czasu, to pozwoli wybrać stacje, w których sygnał został zarejestrowany z rosnącą różnicą czasu w stosunku do stacji z najsilniejszym sygnałem;
 - 🕒 możliwe jest również dodanie lub usunięcie poszczególnych stacji z wyboru poprzez kliknięcie w kolumnę "Sel" stacji w prawym panelu bocznym.
- Po wyeliminowaniu stacji oddalonych od przypadku, jak również stacji, które zarejestrowały czas przybycia cząstek niezgodny z pękiem, zakończ wybór klikając "Next Step" (Następny krok).

Krok 2: Rekonstrukcja kierunku przybycia

Zrekonstruuje kierunek przybycia promienia kosmicznego, określając kąt azymutalny "Phi" pomiędzy kierunkiem promienia kosmicznego rzutowanym na powierzchnię a osią wschód-zachód, oraz kąt zenitalny "Theta" pomiędzy kierunkiem promienia kosmicznego a pionem.

- Zrekonstruuje kąt azymutalny zgodnie z następującymi kryteriami:
 - 🕒 **Cząstki pędu przybywają najpierw do stacji po stronie przybycia promienia kosmicznego:** zorientuj strzałkę na powierzchni zgodnie ze zmianą czasu przybycia cząstek pędu do stacji, która jest oznaczona kolorem (zielony to wcześniej, czerwony/pomarańczowy to później); następnie kliknij "Next Step" (Następny krok).
- Zrekonstruuje kąt zenitalny zgodnie z następującymi kryteriami:
 - 🕒 **Cząstki pędu poruszają się (w przybliżeniu) z prędkością światła;** wybierz dwie stacje wyrównane w kierunku azymutalnym i oddalone od siebie tak daleko, jak to możliwe;
 - 🕒 Kierunek promienia kosmicznego jest obliczany automatycznie przez program na podstawie czasów wybranych stacji. Odpowiednia wartość, jak również

kierunek przybycia przedstawiony na mapie nieba, pojawia się w prawym panelu bocznym zaraz po kliknięciu "Next Step" (Następny krok).

Krok 3: Rekonstrukcja energii

Zrekonstruuj energię promienia kosmicznego, określając profil (kształt rozkładu poprzecznego) i rozmiar pęku na powierzchnie.

- Przedstawiony wykres ilustruje rozkład poprzeczny cząstek pęku, w którym punkty reprezentują ilość sygnału z wybranych stacji w funkcji odległości od stacji do trajektorii promienia kosmicznego, która została zrekonstruowana. **Sygnał w odległości 1000 metrów jest proporcjonalny (po korekcjach) do energii promienia kosmicznego.**
- Określ funkcję, która najlepiej dopasowuje się do rozkładu poprzecznego pęku:
 - Dostosuj parametry "S1000" i "Beta", klikając przyciski "+" lub "-" na końcach wskaźników, aby uzyskać najlepsze dopasowanie funkcji do punktów eksperymentalnych.
 - Jakość dopasowania zależy od odległości między funkcją a punktami i **jest określana liczbowo przez " χ^2/NDF ".**
 - Po uzyskaniu najlepszego możliwego dopasowania kliknij "End" (Zakończ).
- Rekonstrukcja przypadku jest zakończona! Zrekonstruowane parametry zostały zamieszczone w prawym panelu bocznym. Wyświetlana jest animacja przybycia promienia kosmicznego do obserwatorium w oparciu o te parametry. **Następny krok opisuje kryteria, które decydują o tym, czy ten przypadek ma zostać wybrany, czy nie.**

Krok 4: Kryteria selekcji

Wybierz tylko przypadki, które zawierają informacje kierunkowe o pochodzeniu promieni kosmicznych o ekstremalnych energiach.

- Sprawdź, czy przypadek jednocześnie spełnia następujące kryteria:
 - 1) zrekonstruowana energia jest **większa lub równa 8 EeV**;
 - 2) liczba stacji, które mają sygnał i które należą do sześciokąta bezpośrednio wokół stacji z największym sygnałem, jest **większa lub równa 5**;
 - 3) jakość dopasowania do rozkładu poprzecznego cząstek jest dobra, co wskazuje wartość " χ^2/NDF " **mniejsza lub równa 2**.
- Jeśli kryteria są spełnione, zaakceptuj przypadek, klikając "Add Event to Analysis" (Dodaj przypadek do analizy), a kierunek przybycia przypadku zostanie dodany do mapy nieba w lewym panelu bocznym. Jeśli nie, nie akceptuj przypadku, klikając "Uninteresting" (Nieinteresujące).
- Rozpocznij analizę następnego przypadku, wybierając je w lewym panelu bocznym.

Po przejrzaniu zdarzeń:

- W lewym dolnym rogu pojawia się mapa nieba z kierunkami przybycia wybranych zdarzeń. Czy można wyciągnąć wnioski?

- Wyeksportuj wyniki, klikając "Export File" (Eksportuj plik) w prawym dolnym rogu ekranu i zapisując plik z rozszerzeniem ".augermcexport".
- Wejdź na stronę: <https://augermasterclasses.lip.pt/activities> i prześlij plik zapisany w poprzednim kroku, klikając "Upload File" (Prześlij plik).