







MASTERCLASSES INTERNACIONAIS

Atividade experimental do Observatório Pierre Auger

// Origem dos raios cósmicos de energia extrema

Guia da atividade

Pessoa/Grupo

<u>Objetivos:</u>

Reconstruir 50 acontecimentos do Observatório Pierre Auger, selecionar os que contêm informação direcional sobre a sua origem e discutir onde, no Universo, estão a ser produzidos raios cósmicos de energia extrema.

Antes de começar:

- Aceder à ligação <u>https://augermasterclasses.lip.pt/downloads</u> e encontrar "NEXT ACTIVITIES DATASETS".
- Encontrar a instituição e descarregar para a diretoria de Downloads o ficheiro de dados AugerMasterClasse_X.augermc, onde X é o número do grupo indicado em cima. Cada pessoa/grupo usará um ficheiro de dados próprio.
- No visualizador de eventos, clicar em "Read Events File" no canto superior esquerdo e selecionar o ficheiro de dados na diretoria Downloads com a extensão ".augermc"
- Está tudo pronto para começar a análise de dados. Iniciar o processo com o primeiro evento, seleccionado na barra lateral esquerda.



Passo 1: Seleção das estações

Identificar as estações do detetor de superfície que fazem parte do acontecimento, selecionando as estações com sinal e removendo as estações com fundo.

- Clicar em "Start Reconstruction" e carregar na estação do acontecimento que tem a maior quantidade de sinal. O tamanho e a cor da estação representam o seu sinal, cujo valor exato pode ser consultado na barra lateral direita. Depois, clicar em "Next Step".

- Selecionar as restantes estações do acontecimento de acordo com os seguintes critérios:

- **distância à estação com maior sinal**: deslocar a barra de distância permite selecionar estações cada vez mais afastadas da estação com maior sinal;

- **tempo de chegada das partículas do chuveiro**: deslocar a barra de tempo permite selecionar estações em que o sinal foi registado com um intervalo de tempo cada vez maior relativamente à estação com maior sinal;

 - é também possível adicionar ou remover estações individuais da seleção, através da coluna de seleção de estações da barra lateral direita.

- Após eliminar as estações distantes do acontecimento, assim como as estações próximas que registaram um tempo de chegada das partículas incompatível com o chuveiro, concluir a seleção clicando em "*Next Step*".



Passo 2: Reconstrução da direção de chegada

Reconstruir a direção de chegada do raio cósmico, determinando o ângulo azimutal *"Phi"* entre a direção do raio cósmico projetada na superfície e o eixo Este-Oeste, e o ângulo zenital *"Theta"* entre a direção do raio cósmico e a vertical.

- Reconstruir o ângulo azimutal de acordo com o seguinte critério:

- as partículas do chuveiro chegam primeiro às estações do lado da chegada do raio cósmico: orientar a linha à superfície de acordo com a variação do tempo de chegada das partículas do chuveiro às estações, que está indicado pela cor; depois, clicar em *"Next Step"*;

- Reconstruir o ângulo zenital de acordo com o seguinte critério:

 - as partículas do chuveiro deslocam-se (aproximadamente) à velocidade da luz: selecionar duas estações alinhadas segundo a direção azimutal e afastadas entre si, tanto quanto possível;

- a inclinação do raio cósmico é <u>calculada automaticamente pelo programa</u> com base nos tempos das estações selecionadas, e o valor respetivo, assim como a direção de chegada representada no mapa do céu, aparecem na barra lateral direita após clicar em "*Next Step*".



Passo 3: Reconstrução da energia

Reconstruir a energia do raio cósmico, determinando o perfil e o tamanho do chuveiro à superfície.

 O gráfico apresentado ilustra a distribuição lateral das partículas do chuveiro, em que os pontos representam a quantidade de sinal das estações selecionadas em função da distância das estações à trajetória do raio cósmico que foi reconstruída. O sinal a 1000 metros de distância é proporcional (após correções) à energia do raio cósmico, que assim se determina.

- Determinar a função que melhor ajusta o perfil lateral do chuveiro à superfície:

- deslocar a barra dos parâmetros "S1000" e "Beta", de modo a ajustar a função desenhada, tão bem quanto possível, aos pontos experimentais do gráfico;

- a qualidade do ajuste depende da distância entre a função e os pontos experimentais, que **é quantificada por "Chi²/NDF" e se pretende minimizar**;

- após ajustar a função aos pontos experimentais, clicar em "End".

- A reconstrução do acontecimento está finalizada, iniciando-se uma animação da chegada do raio cósmico ao observatório com base nas propriedades que foram reconstruídas, indicadas também na barra lateral direita. Na página seguinte estão os critérios que indicam se este acontecimento é para selecionar ou não.



Passo 4: Critérios de seleção

Selecionar apenas acontecimentos que contêm informação direcional acerca da origem dos raios cósmicos de energia extrema.

- Verificar se o acontecimento cumpre, em simultâneo, os seguintes critérios:

1) a energia reconstruída é maior ou igual a 8 EeV;

2) o número de estações que têm sinal, e que pertencem ao hexágono imediatamente à volta da estação com maior quantidade de sinal, **é maior ou igual a 5**;

3) a qualidade do ajuste da distribuição lateral de partículas é boa, o que se traduz num valor de "*Chi²/NDF*" **menor ou igual a 2**.

- <u>Em caso afirmativo, aceitar o acontecimento</u> clicando em "Add Event to Analysis" e a direção de chegada do acontecimento é acrescentada ao mapa do céu na barra lateral esquerda. Em caso negativo, não aceitar o acontecimento e clicar em "Uninteresting".

- Passar à análise do acontecimento seguinte, selecionando-o na barra lateral esquerda.

Depois de analisar os acontecimentos:

- No canto inferior esquerdo, aparece o mapa do céu com as direções de chegada dos acontecimentos selecionados. É possível tirar conclusões?

- Exportar os resultados, clicando em "*Export File*" e guardar o ficheiro ".augermcexport"

- Aceder à ligação:

https://augermasterclasses.lip.pt/activities

e submeter o ficheiro guardado no ponto anterior, clicando em "Upload File".