

Fenomenele fizice din spatele aplicațiilor G4

Andreicovici Iulian Florin

Universitatea Politehnica din București - UPB

August 31, 2022



Contents

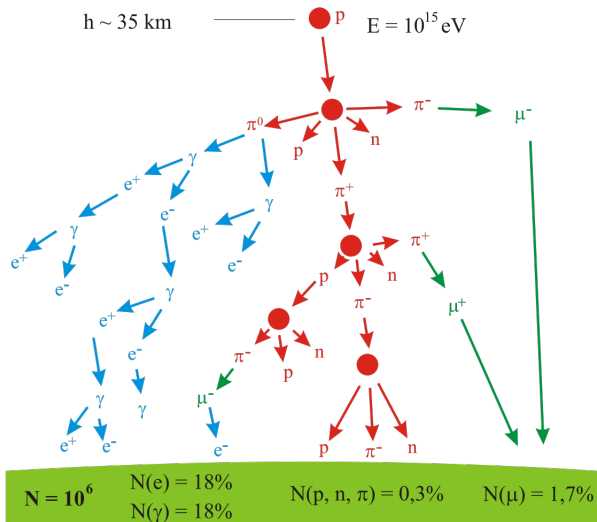
- 1 Jetul atmosferic - ce este și cum se produce
- 2 Cum funcționează detectorul cu germaniu hiperpur?
- 3 Detectorul de radiație Cherenkov
- 4 Finalul prezentării

Jetul atmosferic - ce este și cum se produce

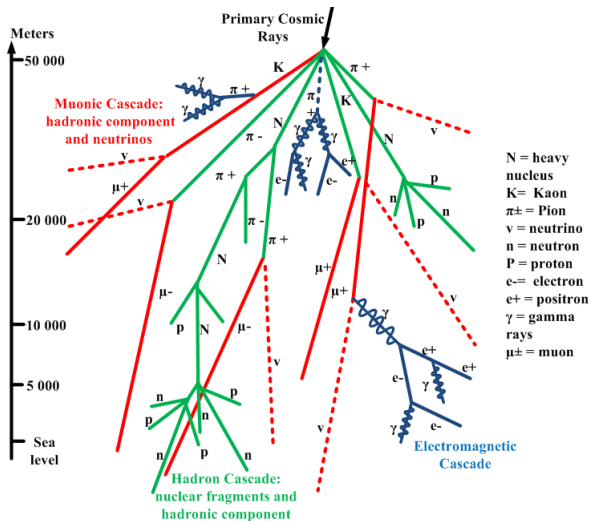
Despre Jetul atmosferic

- ✓ Este o "rețea în cascadă" de particule ionizate și radiație electromagnetică care se formează atunci când radiația cosmică pătrunde în atmosferă și interacționează cu moleculele gazelor atmosferice.
- ✓ Desemnează un jet de numeroase particule, multe de natură hadronică - în special sub formă de pioni, kaoni și barioni care se formează la interacția dintre o moleculă sau un atom din atmosferă cu o particulă incidentă.
- ✓ Particula incidentă poate fi: p^+ , n^0 , e^- , un nucleu, o rază gamma sau chiar un e^+ .
- ✓ Particulele secundare pot interacționa la rândul lor cu alte particule, formând o cascadă "în lanț" de produse secundare care sunt expulzate în mai toate direcțiile.

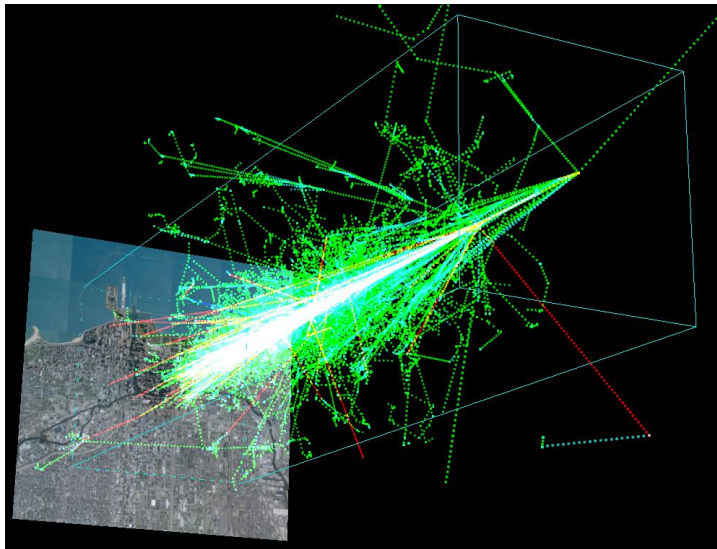
Cum arată jetul atmosferic



Ce fel de particule conține

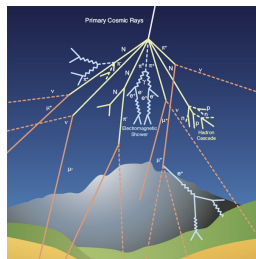
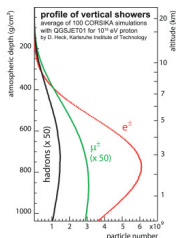
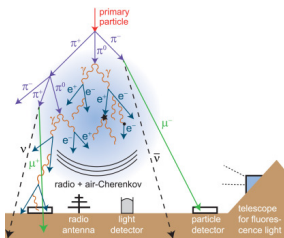


Jetul atmosferic generează un proton relativist

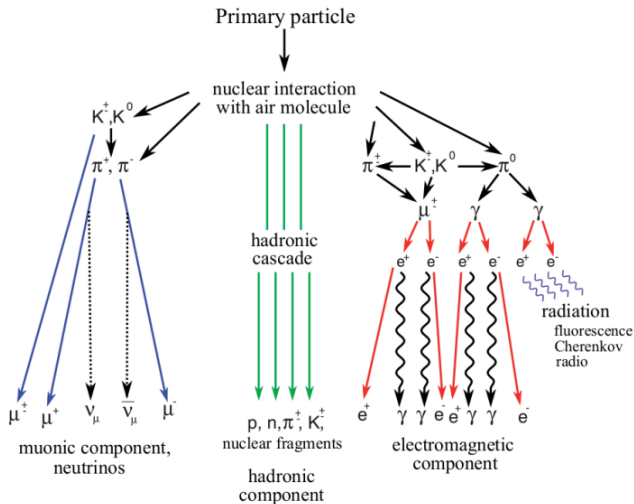


Detalii relevante

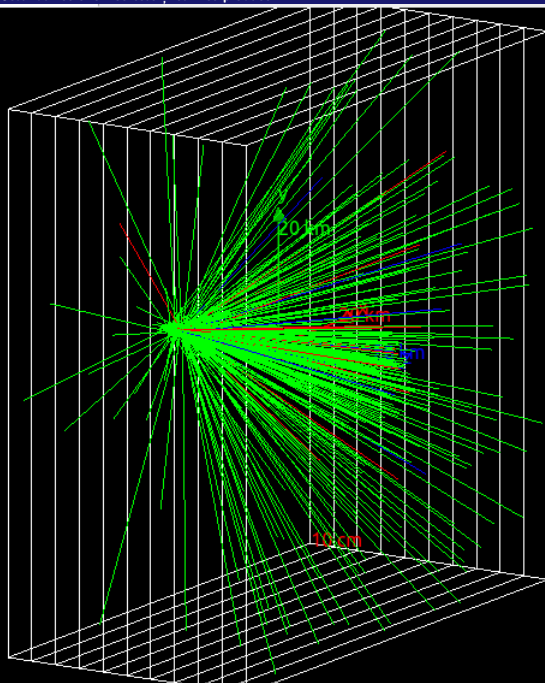
- ✗ Diverse interacțiuni hadronice au loc iar în baia de particule rezultate mare parte au tendința de a se mișca pe aceeași direcție cu particula primară.
- ✗ Produsele secundare formează ramurile unui mănunchi ramificat și interacționează cu alte molecule de gaze, generând excitarea acestora.
- ✗ Diverse canale de dezintegrare sunt reperate prin detectarea la sol a radiațiilor rezultate.
- ✗ Particulele secundare pot interacționa la rândul lor cu alte particule, inducând un jet de alte produse.



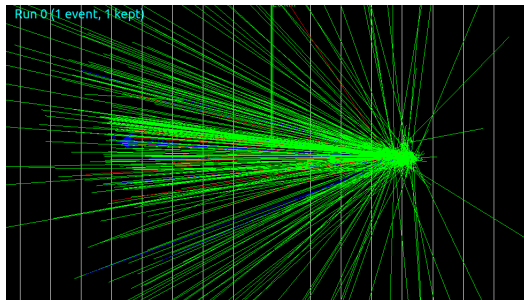
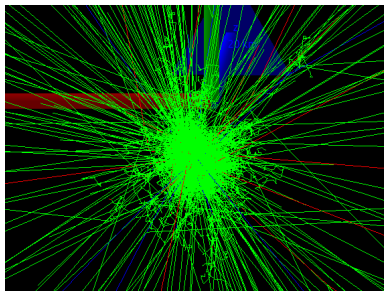
Numeroase canale de dezintegrare



1 event, 1 kept)







Simularea mea



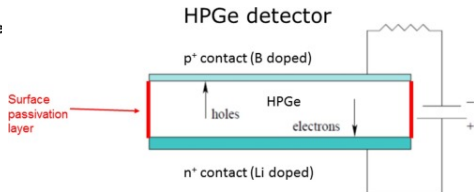
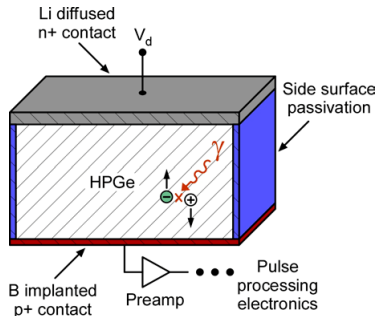
Simularea grafică a jetului de particule care rezultă din interacțiunea unui proton cu $E_c = 100$ GeV și 10 straturi de atmosferă. Multiple ramificații sunt alocate unor radiații gamma rezultate din dezintegrarea pionilor (tracks-urile verzi).

Cum funcționează detectorul cu germaniu hiperpur?

Detectorul HPGe - principii

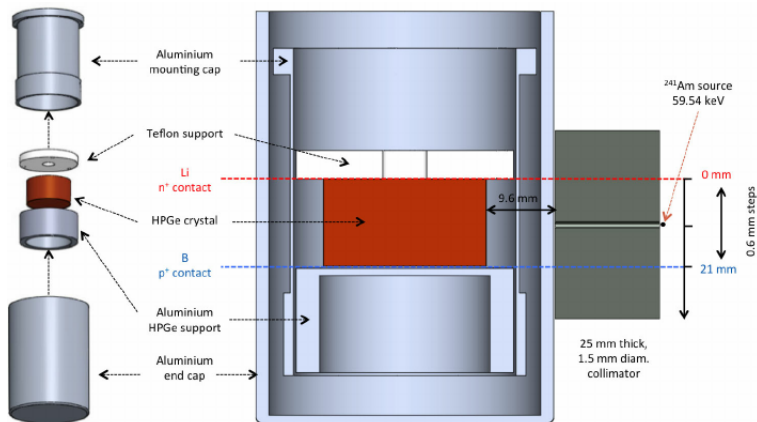
-  - Reprezintă un detector cu semiconductor(Ge) ca zonă activă și are o bună rezoluție energetică - motiv pentru care este folosit în spectrometria gamma.
 -  - Ge are o energie mai mică(față de Si) necesară formării unei perechi electron-gol cât și o probabilitate mai mare de interacție cu radiația gamma(deoarece posedă un număr de masă mai mare.)
 -  - Radiația gamma are o energie suficientă pentru a ioniza atomii de Germaniu; pe măsură ce pătrunde în stratul de material va genera numeroase perechi electron-gol.
 -  - Sub influența unui câmp electric exterior, atât golurile cât și electronii se vor deplasa spre electrozi de unde se poate obține un impuls electric măsurabil printr-un circuit exterior.
-

Schema detectorului

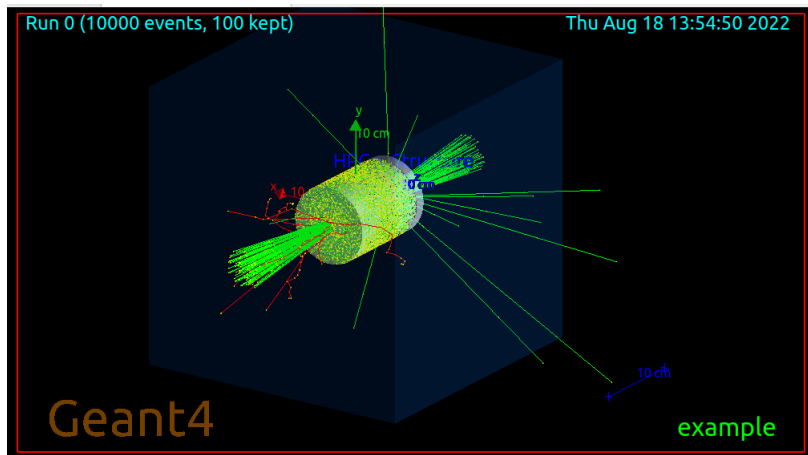


! Zona din germaniu activ este căptușită la interior cu un strat din Bor și la exterior cu unul din Litiu - se formează o joncțiune p-n iar electronii odată trecuți în banda de conducție vor fi dirijați spre zona din litiu(zona n) și golurile spre zona p(din B) - polaritate inversă.

Părțile unui detector HPGe



Geometria detectorului meu HPGe



Schița detectorului meu HPGe

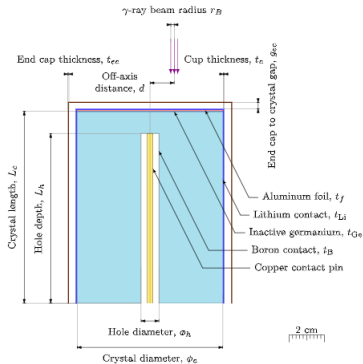
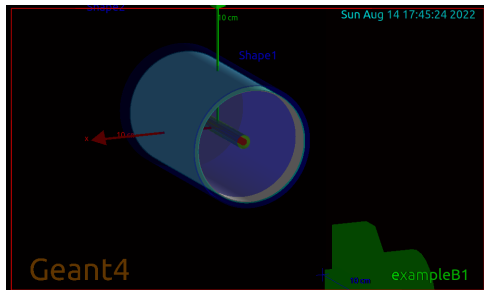


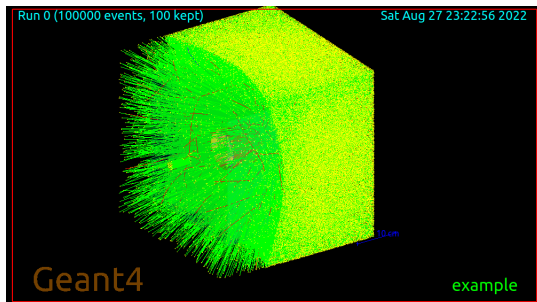
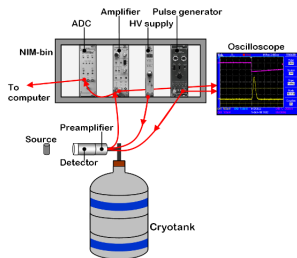
Fig. 1. Geometric configuration model of the detector.



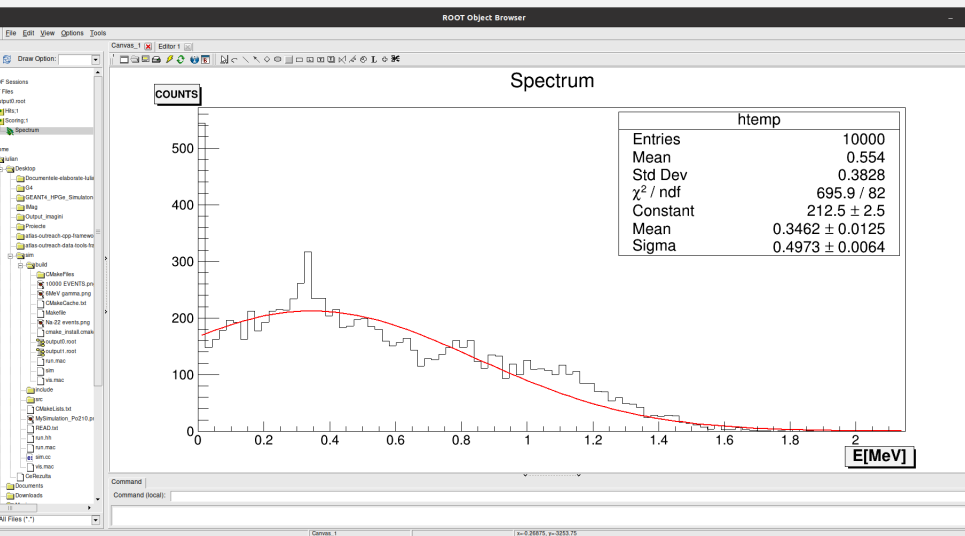
- **Numărul perechilor electron-gol formate prin ionizare este proporțional cu intensitatea radiației captate. Spre exemplu, o cantă γ cu $E = 1 \text{ MeV}$ va lăsa în urma sa cca. 10^5 perechi electron-gol.**

Ce am obținut

- Reprezentarea numărului de intrări (sau de fotoni detectați) în funcție de valorile lor energetice - spectrele surselor.
- Afișarea grafică a distribuției spațiale de fotoni/particule.
- Calculul depozitelor energetice care au fost stocate în zona activă din Ge.



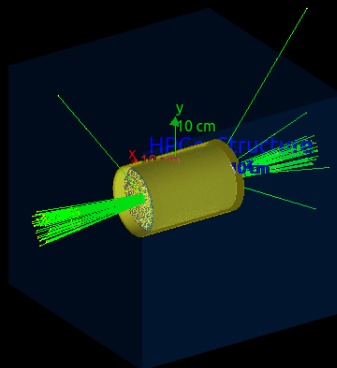
Na22 - Spectrul aferent procesării a 10.000 de evenimente



Na22 display 10.000 Events

Run 0 (10000 events, 100 kept)

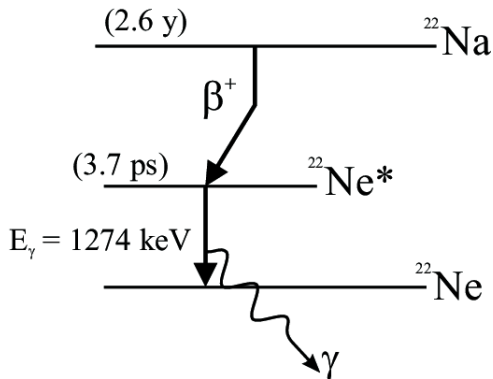
Tue Aug 30 16:17:52 2022



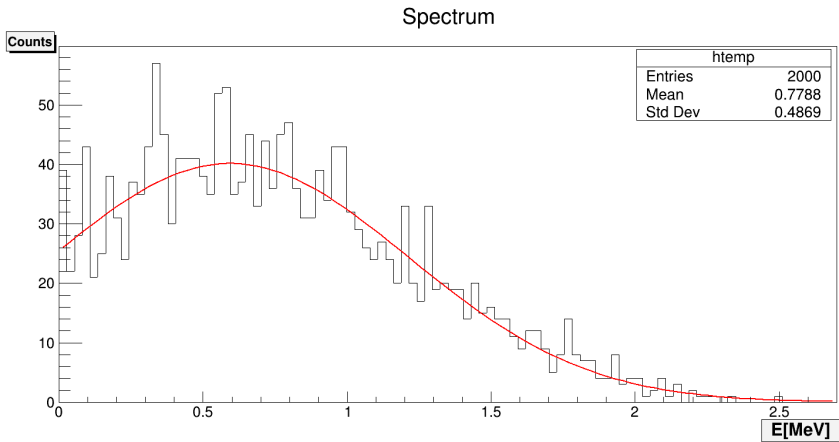
Geant4

example

Na22 canal de dezintegrare



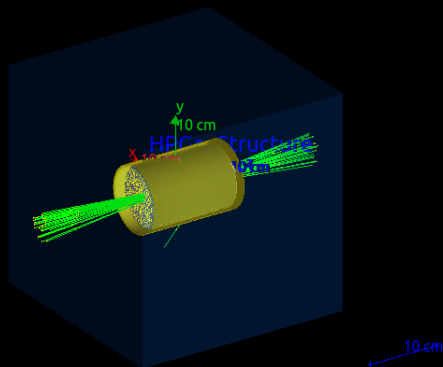
Pa234 - Spectrul aferent procesării a 2.000 de evenimente



Pa234 - afișarea celor 2.000 de evenimente

Run 0 (2000 events, 100 kept)

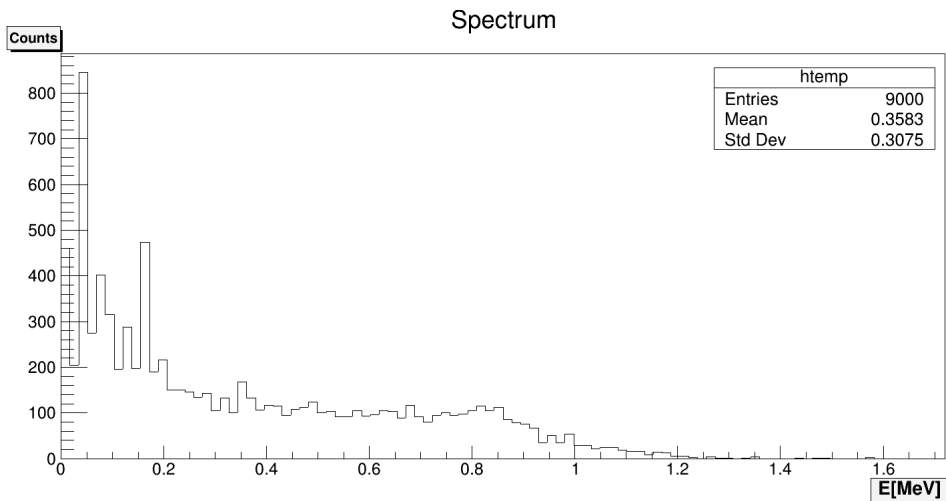
Tue Aug 30 17:55:03 2022



Geant4

example

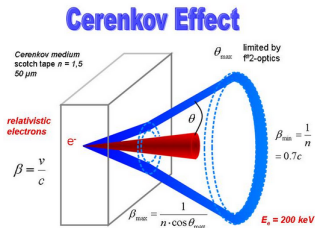
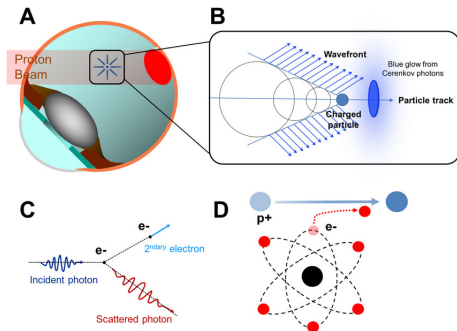
Eu152 - spectrul simulat



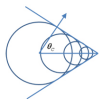
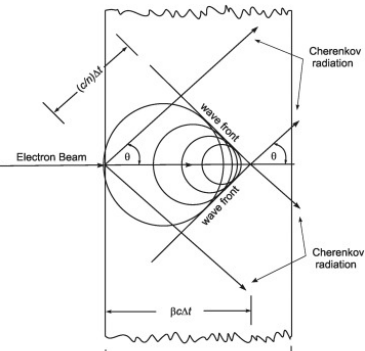
Detectorul de radiație Cherenkov

Ce este radiația Cherenkov

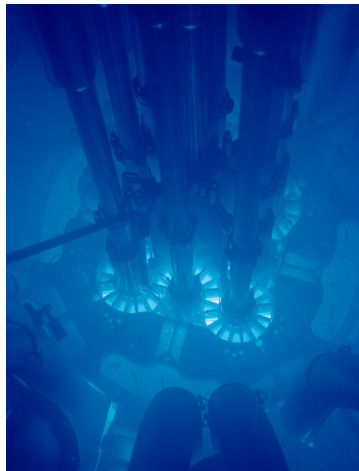
- Este radiația emisă ca urmare a depășirii vitezei de fază a luminii printr-un mediu de către o particulă materială cu sarcină electrică.
- Particula incidentă deformează norii electronici ai atomilor și induce dipoli temporari - dezexcitarea acestor dipoli este însoțită de o emisie corentă de fotoni.



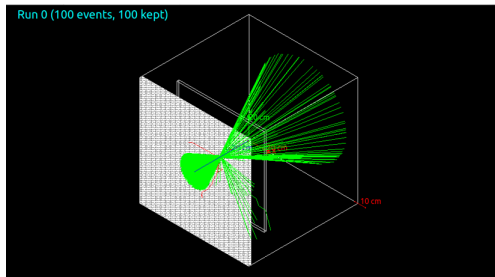
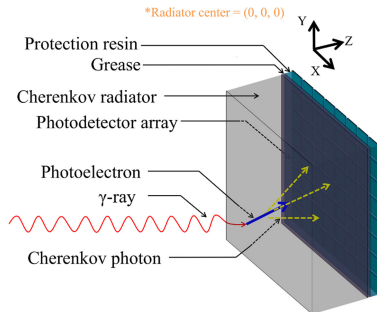
Frontul radiației Cherenkov- unghiul Cherenkov



$$\theta_c = \cos^{-1} \left(\frac{1}{\beta n} \right)$$

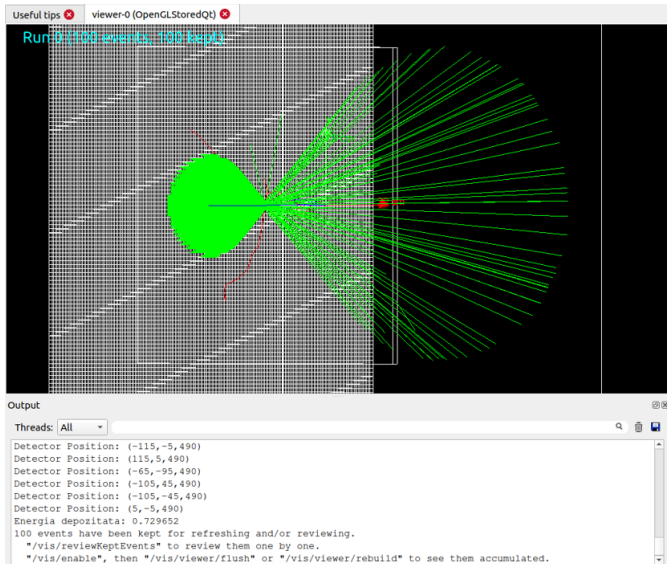


Detectorul meu de radiație Cherenkov

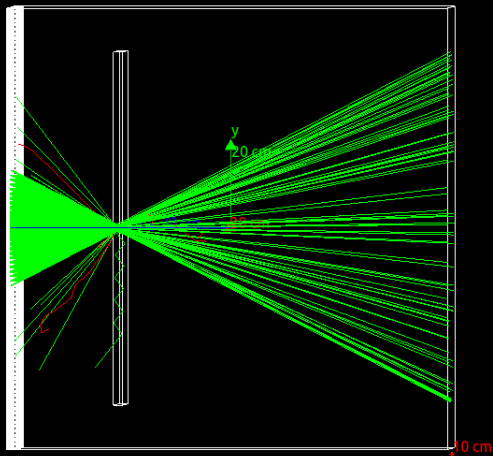


- 1 O placă din aerogel(transparentă) este străbătută de un proton(albastru) și emite un flux conic de fotoni gamma(verzi).
- 2 Fotoni emiși ajung pe o matrice de 100x100 detectori fotosensibili(voxeli) unde sunt detectați și contabilizați.

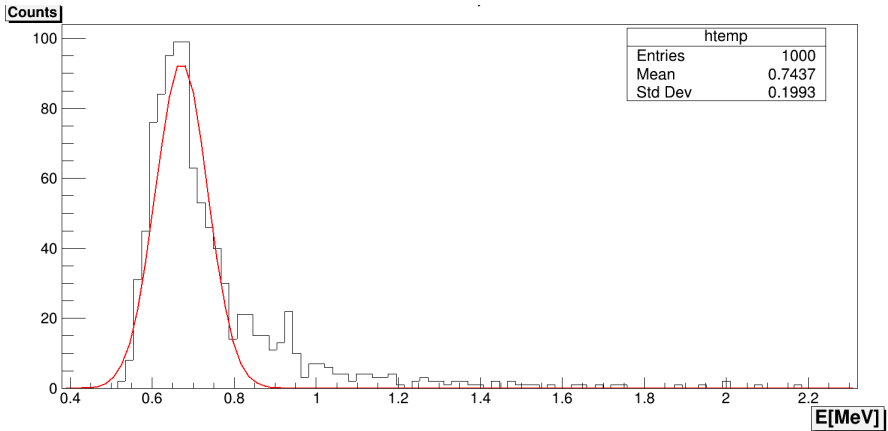
Output Grafic



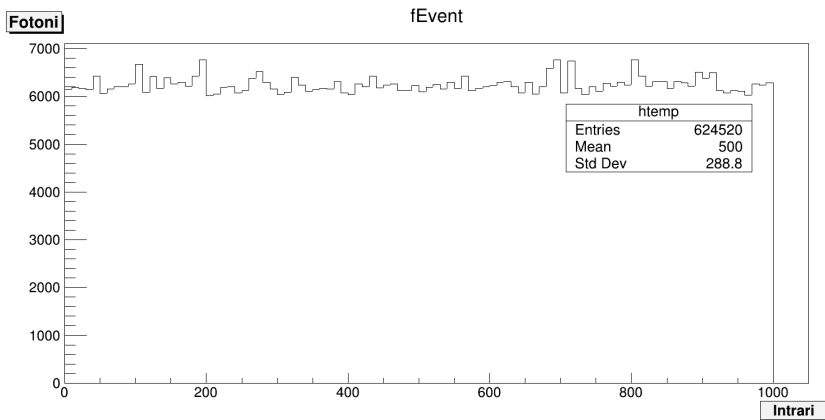
Run 0 (100 events, 100 kept)



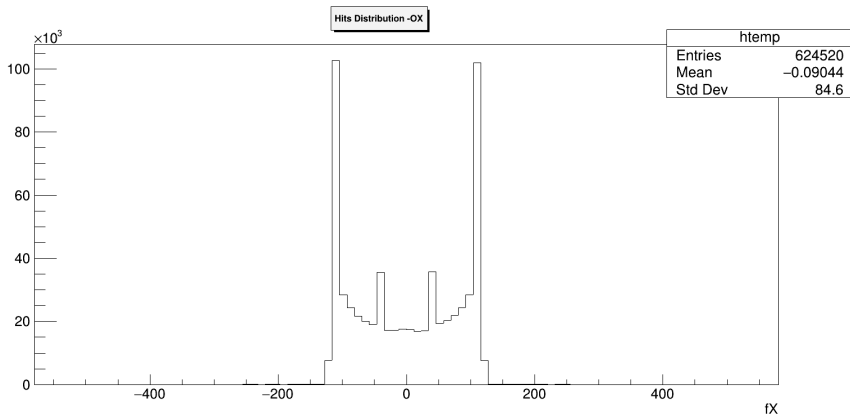
Spectrul radiației Cherenkov - histograma1



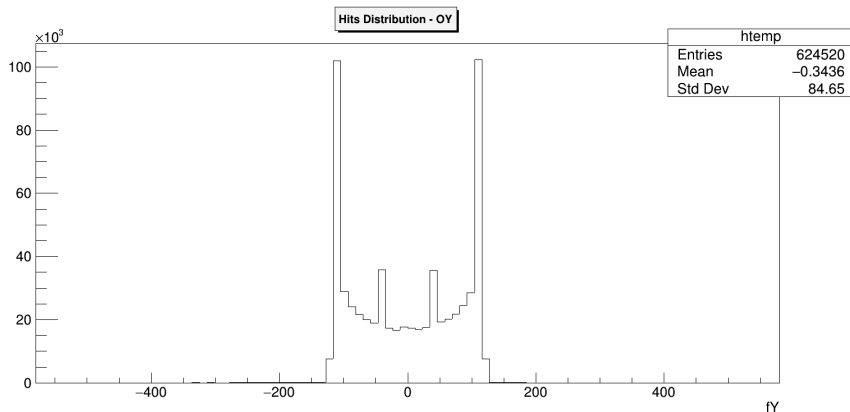
Nr de fotoni funcție de nr de evenimente - histograma2



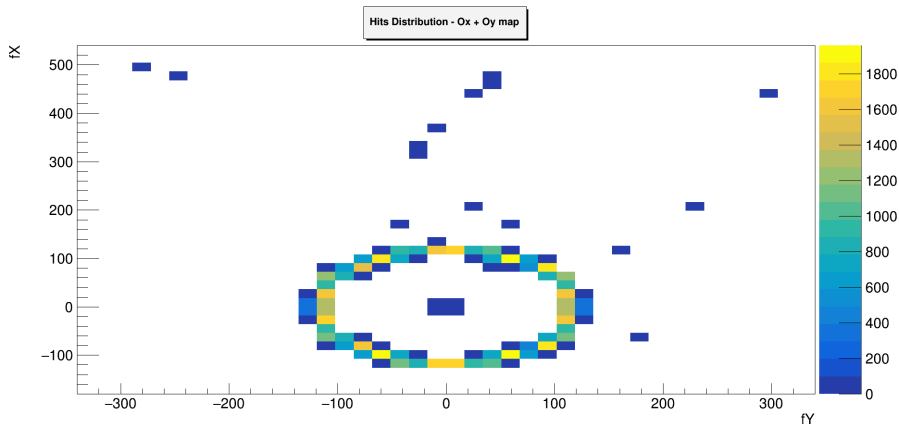
Distribuția pe OX a foto-senzorilor - histograma3



Distribuția pe OY a foto-senzorilor - histograma4

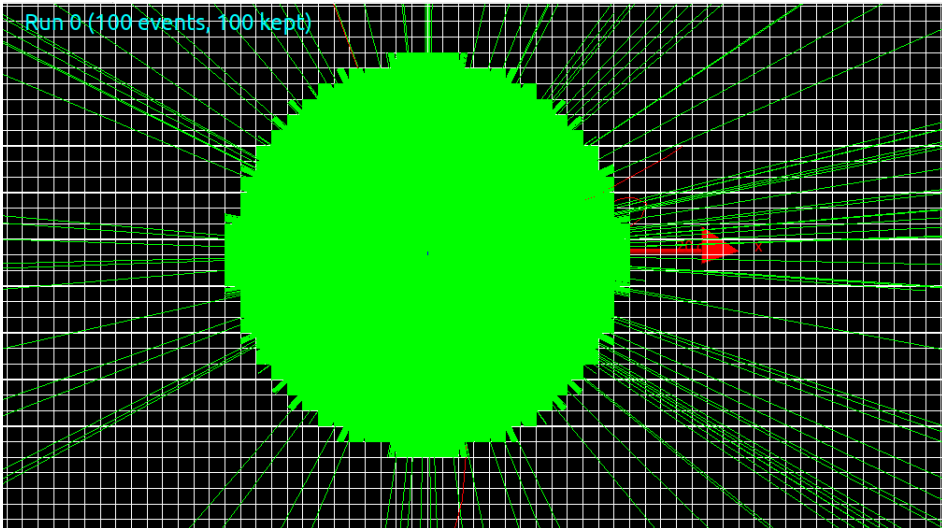


Corelarea celor două distribuții precedente - color map



Ring pattern - din simulare

Run 0 (100 events, 100 kept)



Ce face aplicația

- ① Reprezintă distribuția numărului de fotoni funcție de energiile lor medii - spectrul radiației Cherenkov.

- ② Distribuția grafică a fotonilor Cherenkov emiși.

- ③ Distribuția numărului mediu de fotoni în funcție de numărul de evenimente generate.

- ④ Distribuția pozițiilor foto-senzorilor atinși de fotonii Cherenkov - hits distribution + afișarea coordonatelor lor.

- ⑤ Generarea cât mai multor evenimente și plotarea distribuțiilor lor.

Finalul prezentării



Thank you!

