



Simulação da radiação de Cherenkov através do uso de Geant4

Raquel da Silva Munari¹, Luis Gustavo Pereira²
 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil
¹raquelsilvamunari@gmail.com, ²lgp@if.ufrgs.br

Introdução

Geant4 é um *kit* de ferramentas para simulação da interação de partículas com a matéria. Criado em linguagem de programação orientada a objeto, ele permite a simulação de Física de Altas Energias, além da criação de detectores e modelagem de processos físicos diversos. Também permite a simulação de fótons ópticos.

O objetivo deste trabalho é estudar a criação da radiação de Cherenkov em materiais bem definidos, os quais servem de base para a detecção de múons provenientes da cascata cósmica.

Teoria

Durante a interação com a atmosfera, os raios cósmicos de altas energias produzem grandes cascatas de partículas secundárias. Estas partículas secundárias, por sua vez, também podem interagir ou decair, produzindo mais partículas. A esse fenômeno damos o nome de Chuveiro Atmosférico Extenso.

Um dos primeiros grupos de partículas produzidas são os píons e os káons[1]. Os píons carregados interagem com os átomos da atmosfera ou decaem em múons que podem ser positivos ou negativos, e apresentam velocidades próximas à da luz no vácuo.

Quando uma partícula carregada atravessa um meio com uma velocidade maior que a da luz nesse meio, ela polariza os átomos ao seu redor transformando-os em dipolos elétricos. A variação temporal do campo de dipolo leva à emissão de radiação eletromagnética[1]. A essa radiação emitida damos o nome de radiação de Cherenkov. Cherenkov, Frank e Tamm receberam o Nobel em 1958 pela descoberta e interpretação desse fenômeno[2].

Metodologia

Usando como base um programa-exemplo do Geant4, foi desenvolvido um detector em forma de cilindro, composto por três sólidos, sendo eles água pura, ar (70% oxigênio e 30% nitrogênio) e um fotomultiplicador de quartzo.

O tanque de água foi construído com um raio de 0.515m e uma altura total de 1m, sendo 0,59m a altura do volume de água pura. O fotomultiplicador, centrado dentro do tanque, tem raio de 0.101m.

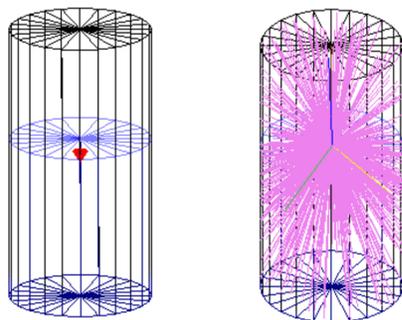


Figura 1: No lado esquerdo temos a geometria do tanque. O detector é simulado com três componentes sólidos: em azul, a água pura, em vermelho, o fotomultiplicador. O múon é jogado de cima, dentro do volume de ar. No lado direito, em rosa, os fótons de Cherenkov gerados pela propagação de um múon vertical com energia de 10MeV através do detector.

Múons verticais com diferentes energias foram injetados no volume de água e, a partir do detector, foi feita uma contagem de fótons originários da radiação de Cherenkov.

Resultados

A figura 2 mostra o gráfico resultante do número de fótons de Cherenkov que foram gerados em função da energia dos múons injetados. Foi feita uma média de 100 eventos para cada energia aplicada.

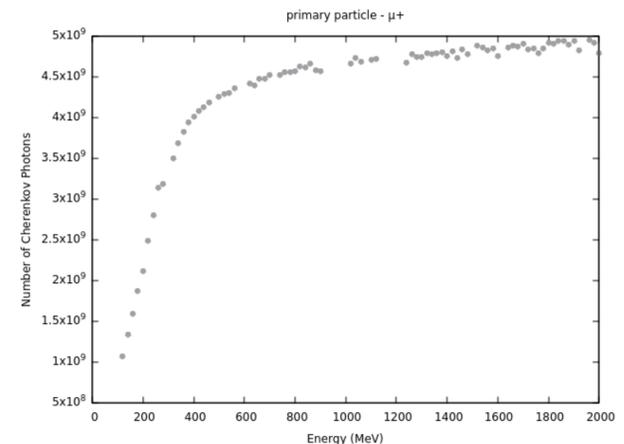


Figura 2: Número de fótons de Cherenkov gerados na simulação como função da energia da partícula primária (múon com carga positiva).

Existe uma saturação do número de fótons de Cherenkov em função da energia da partícula. Isso se deve a geometria do tanque de água, visto que após atingida uma certa energia os múons atravessam o tanque diretamente, gerando quase a mesma quantidade de fótons.

Também foram observados os decaimentos dos múons que chegam ao detector, os quais são dados pelas equações 1 e 2.

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu \quad (1)$$

$$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu \quad (2)$$

Na figura 3 é mostrado o processo de decaimento do múon quando injetado no tanque (com os fótons ópticos removidos para melhor visualização). De acordo com a legenda de cores da figura, é possível perceber o fenômeno da equação 1. O elétron com carga elétrica negativa foi gerado por ionização e logo foi absorvido pelo próprio meio.

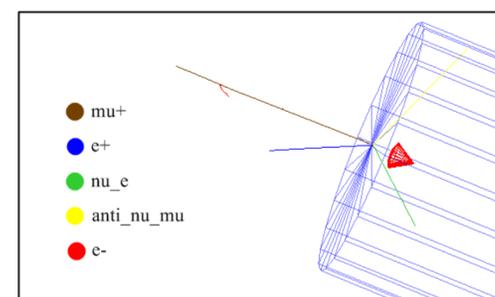


Figura 3: Decaimento do múon no interior do tanque.

Observações e trabalhos futuros

Este trabalho faz parte de uma colaboração entre o HEPsim (High Energy Physics Simulation) e o CTA (Centro de Tecnologia Acadêmica) e terá sua continuação imediata na busca de novos sistemas de geração da radiação de Cherenkov, como, por exemplo, água com impurezas e novos materiais cintiladores, na tentativa de otimizar o sistema. Uma outra linha a ser seguida é a análise dos dados obtidos pelos detectores de Cherenkov que estão sendo construídos pelo CTA.

Referências

- [1] FAUTH, A.; GROVER, A.; CONSALTER, D. *Medida da vida média do múon*. Revista Brasileira de Ensino de Física. <www.sbfisica.org.br>. v. 32, n. 4. 4502. (2010)
- [2] ALLDAY, J. *Quarks, Leptons and the Big Bang*. Volume Único. 2ª Edição. London: IOP, 2002. pág. 382