



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA - 2019

Estudo e montagem de detectores de partículas com cintiladores orgânicos

Marcos Paulo Santos Miranda ¹; Germano Pinto Guedes ²

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em licenciatura em física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: marcospaulo.psm@gmail.com
2. Germano Pinto Guedes, Departamento de física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: germano@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Raios cósmicos, cintilador, partículas.

INTRODUÇÃO

A Universidade Estadual de Feira de Santana firmou convênios de cooperação com projetos da física de partículas: um memorando de acordo com o observatório Pierre Auger de Raios cósmicos (Memorandum of Understanding For the Operation of the Pierre Auger Observatory Between Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) and The Pierre Auger Collaboration, de setembro de 2010) e um termo de adesão ao convênio, como executor do projeto RENAFEA (Convênio FINEP/MCT no.0110046100).

Por conta do início das atividades do LHC, Angra, Sirius entre outros houve necessidade de físicos com conhecimentos em física de partículas, o que acaba limitando a participação de grupos brasileiros. Este projeto propôs a introduzir o estudo da detecção de partículas, onde foram apresentados os principais componentes de um detector de partículas.

Raio cósmico

Raios cósmicos são núcleos atômicos (neutros e prótons) que se propagam pelo espaço com velocidades próximas à da luz. Podem ser núcleos leves como hidrogênio ou outros elementos mais pesados como por exemplo o ferro (Aab *et al.*, 2017). Ao atingirem o planeta, os raios cósmicos colidem com os átomos que constituem a atmosfera terrestre inicia assim uma serie de interações nucleares e eletromagnéticas, produzindo uma cascata de partículas. Essa cascata de partícula é chamada de *chuveiro atmosférico extenso* (CAE) (Faut *et al.*, 2007). Se a partícula primaria é muito alta (da ordem de 10^{14} eV) a cascata é nuclear é acompanhada por avalanches de cascatas de elétrons e fótons, formando os chuviros extensos aéreos (Guimarães, 2008).

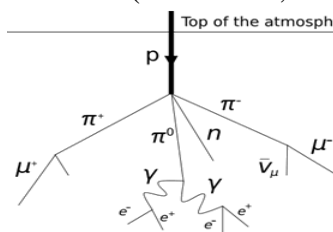


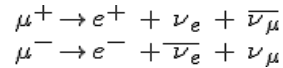
Figura 1: chuveiro atmosférico extenso

Fonte: Robert Hart

Na figura 1 temos a representação de um CAE é composto por aproximadamente 90% de elétrons, pósitrons, 9% de partículas múônicas e 1% de partículas handrônicas (Cocconi, 1961).

Múon

O múon é uma partícula fundamental sendo classificada como Lepton, sendo assim então é uma partícula que tem uma baixa interação eletromagnética. Trata-se da partícula mais abundante na superfície terrestre e tem um tempo de meia vida de $2,2\mu\text{s}$ e trajetória reta (Faut *et al.*, 2007) após esse intervalo de tempo o múon decai espontaneamente, por meio da interação nuclear fraca e segue esse esquema:



A notação e^+ refere-se a pósitron, e^- para o elétron, ν_e e ν_μ para respectivamente neutrino eletrônico e neutrino muônico.

Interação da radiação com a matéria

O que permite que uma partícula seja detectada é o fato de que essa interage com o meio detector. A passagem de partículas no meio detector em geral resultam em perda de energia devido a colisões com os átomos do meio e deflexão na sua trajetória original (Barbosa, 2007). A energia transferida pode ser suficiente para ionizar o átomo ou excitar a um estado não ionizado do material detector, uma partícula carregada pesada pode transferir apenas uma pequena fração de sua energia em uma única colisão eletrônica e assim ela percorre um caminho quase reto no detector mas perdendo pequenas quantidades de energia continuamente através de colisões. (Ribas, 2018).

MATERIAIS E MÉTODOS

Ao entrar em contato com essa radiação ionizante, os elétrons se deslocam em sua estrutura. Após os elétrons perderem energia que receberam ao serem excitados, retornam a posição original, esses emitem energia na forma de luz. A luz depende do material cintilador e da radiação. Para converter esse pulso em corrente elétrica é utilizado uma foto-multiplicadora (PMT) e é enviado para a leitura no sistema eletrônico (Ribas, 2018).

A PMT é um dispositivo extremamente sensível a luz, isso a faz um dispositivo altamente potente na detecção de radiação na frequência do visível (FONTES, 2017).

Aos atingirem a janela de foto-catodo, os fótons “arrancam” elétrons resultantes do efeito fotoelétrico. Após serem a geração dos elétrons, esses são dirigidos para uma região da PMT que é chamada de multiplicador de elétrons, onde mais elétrons serão gerados por um processo chamado de emissão secundária.

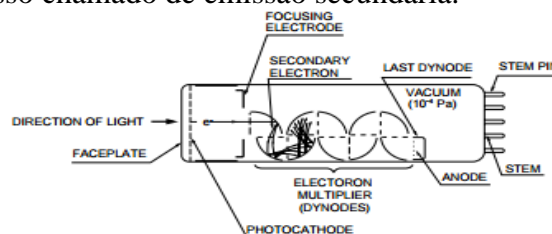


Figura 2: esquema de um PMT.

Fonte: Hamamatsu, 1994

A estrutura do PMT é mostrada na figura acima, os principais componentes são: o foto cátodo, a óptica de focalização, os anodos e dinodos. O detector precisa estar isolado da luz ambiente pelo fato do PMT ser extremamente sensível a luz, é necessário um

cuidado para que a luz ambiente não penetre o detector e assim queime o dispositivo foto-multiplicador.

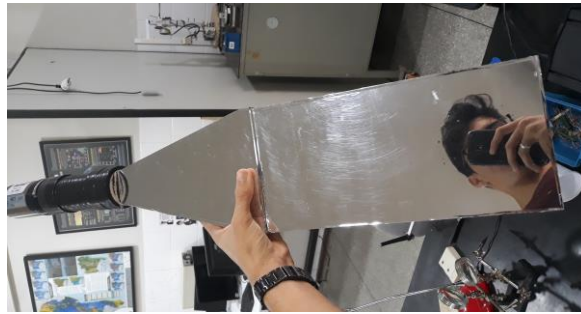


Figura 3: blindagem óptica parcial do detector
Fonte: produzido pelo autor.

Outra camada de blindagem é necessária, mas com fita isolante dessa vez para que a luz ambiente não penetre.

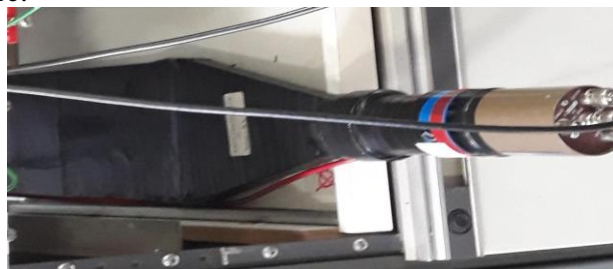


Figura 4: blindagem óptica final do detector
Fonte: produzido pelo autor.

Os detectores de dimensões 50x15x0,5 cm como na figura acima. O detector colocado na posição superior foi acoplado um PMT Phillips 2202/B + base Ortec 266. No inferior foi utilizado um PMT RCA + base Ortec 266.

A PMT será responsável pela detecção da luz produzida pela efeito das partículas com o material cintilador

Os detectores foram associados a uma sequencias de módulos eletrônicos:

- Fonte de alta tensão; fabricante: *iseg Spezialelektronik GmbH*; Modelo: *NHQ 232m two channel precision NIM High Voltage Supply NHQ STANDARD series with CAN-interface*.
- Amplificador; fabricante: *Phillips scientific*; Modelo: 776;
- Discriminador; fabricante: *Phillips Scientific*; Modelo: 710;
- Modulo de coincidência; fabricante: *LeCroy*; Modelo: 365 AL;

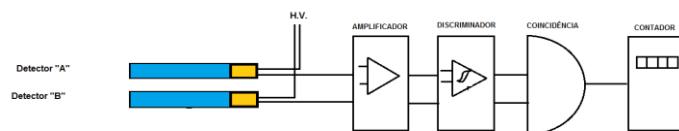


Figura 5: Esquema de montagem utilizada
Fonte: Produzido pelo autor.

O efeito que ocorre no detector envia gera um sinal análogo que é transmitido para os módulos eletrônicos por meio de cabos coaxiais de 50Ω. O modulo discriminador recebe o sinal analógico amplificado (x10) e emite um pulso lógico quando esses ultrapassam -20mV. Esse pulsos são transmitidos para o módulo de coincidência que emite apenas um pulso que é a coincidência (provocado por múons) entre esses dois detectores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram feitas medidas de coincidência com o módulo de coincidência entre os detectores cintiladores sobrepostos com a distância entre eles sendo variada, por consequência a abertura equivalente entre os dois detectores também varia, e dependente da geometria do arranjo experimental. Isso depende da distância entre os detectores cintiladores, quanto maior a distância entre os detectores, menor será o ângulo de abertura e por consequência menor será a contagem de sinais (Fauth, et al, 2007). Foi feita uma análise da variação da distância em função da contagem de sinais.

Em cada um dos detectores foram aplicados uma tensão de 1500V, o valor fixado não foram escolhidos aleatoriamente, foram feitos testes para determinar a tensão a ser aplicado em cada PMT, é chamado teste de platô que é mostrado no gráfico abaixo:

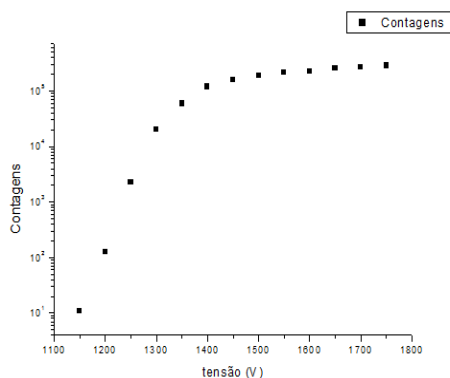


Figura 6: Curva de platô para o detector "A".

Esse teste é feito para encontrar uma tensão de trabalho para a PMT que não desgaste o instrumento que é extremamente sensível e caro, pela curva do gráfico notamos que podemos usar 1500V sem prejuízo para a contagem nem para o dispositivo.

O mesmo experimento deve ser feito no PMT do detector "B" visto que essa curva pode mudar a depender da base ou PMT.

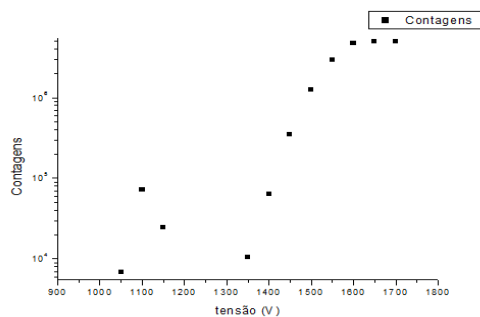


Figura 7: Curva de platô para o detector "B".

É possível notar alguns pontos fora do comportamento que vem ser o "padrão", pode ser a base acoplada no PMT, ou pode ter sido ocasionado pelos ruídos da eletrônica em tensões baixas, mas que são eliminados em tensões maiores.

Após essa verificação é factível que a tensão pode ser fixada em 1500V em ambos PMT sem prejuízos para a aquisição dos dados nem para o instrumento.

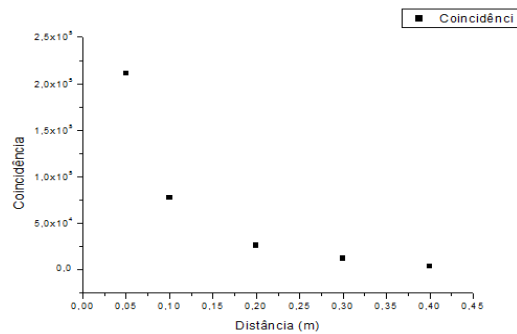


Figura 8: contagem de coincidências/distância dos detectores.

O comportamento do gráfico exibe um decaimento exponencial de coincidência a medida que a distância entre os detectores é aumentada. A medida que a distância entre os detectores é aumentada o “ângulo de detecção”, é menor. A medida que aumenta a distância entre os detectores é como se fosse um foco de telescópio apontando para uma direção. Como aponta a previsão relativística.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho trata de instrumentação científica apresentando conceitos básicos sobre detecção de partículas e discussões importantes para física moderna como é o caso do funcionamento de PMT, detectores cintiladores e da física de altas energias.

Foram montados detectores que estão operando detectando a radiação Cherenkov gerada pelo fluxo de múons. A partir daí passando por um sistema eletrônico disponível no Labensol.

Para uma análise mais profunda dos fenômenos físicos por detrás da detecção dessas partículas seria necessária uma eletrônica de tratamento de sinais bem sofisticada por envolver sinais muito rápidos. Os dados foram obtidos por meio de módulos eletrônicos disponíveis no Labensol, por uma deficiência ou falta de maturidade com linguagem de programação. Infelizmente o programa para um contato direto entre o computador e o osciloscópio digital não pode ser desenvolvido por esse déficit.

REFERÊNCIAS

- Knoll, G. F. Radiation detection and measurement. 3. ed. New Jersey; Chichester; Weinheim; Brisbane; Toronto; Singapore: John Wiley and Sons, Inc., 2000.
- Leo, W. R. Techniques for nuclear and particle physics experiments: a how-to approach. 1. ed. New York; Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1987.
- Hamamatsu. Photomultiplier tube: Principle to application. U.S.A. Photonics Hamamatsu K.K. 1994
- Fauth, A. C, et al. Medida da vida média do múon. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 32, n. 4, 4502 (2010) 5. FAUTH A.C., et al., Medida de vida média do múon, 2010;
- Fauth, A. C, et all. Demonstração experimental da dilatação do tempo e da contração do espaço dos múons da radiação cósmica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 4, p. 585-591, (2007).
- Rocha, O. Estudo, Montagem e Testes de um Detector de Radiação Cherenkov. Trabalho de conclusão de curso. Feira de Santana. 2015.
- Fontes M. Estudo do Efeito da Coluna de Água nos Sinais do Detector de Radiação Cherenkov. Trabalho de conclusão de curso Feira de Santana. 2017.
- LANDAU L.D., Electrodynamics of continuous media, 1960;