

Contagem e Medida da Vida Média de Múons Provenientes de Raios Cósmicos



Wescley Teixeira e Pedro Mercadante

Agenda:

I) Introdução – História do Múon

II) Parte Experimental:

Arranjo e Procedimento Experimental

Parte Eletrônica

III) Análise dos Dados:

Contagens, Ajuste Exponencial, Resultado Obtido

IV) Discussão:

Comparação com valor esperado, Experimento paralelo

VI) Conclusão:

Conclusão final e perspectivas

I Introdução – História do Múon

- ◆ Os múons foram descobertos por Carl D. Anderson em 1936 enquanto este realizava pesquisas com a radiação cósmica
- ◆ Em particular estas novas partículas se curvavam em ângulos menores que o do elétron e de maneira mais aguda que os prótons quando estas passavam através de um campo magnético. Assumiu-se assim que sua carga elétrica era igual àquela do elétron e para levar em conta a diferença na curvatura de sua órbita foi proposto que estas partículas possuíam massa de valores intermediário entre a do elétron e a do próton
- ◆ Na Terra toda a ocorrência natural de múons é obtida por raios cósmicos, que consistem essencialmente de prótons e essencialmente são oriundos do espaço cósmico profundo à altas energias. Quando um próton de raio cósmico colide com um núcleo de átomos do ar na atmosfera superior píons são criados. Estes decaem dentro de uma distância relativamente curta (metros) em múons (produto de decaimento preferido dos píons) e neutrinos

I Introdução – Motivação para o experimento

◆ Cálculo Relativístico justificando a presença de múons na superfície:

► Energia Cinética:

$$K = \alpha mc^2 - mc^2 \quad \text{onde, } \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{e } v = \text{velocidade relativa}$$

► rearranjando: $\alpha = \frac{K + mc^2}{mc^2} = \frac{(2 + 0,1)GeV}{0,1GeV} = 21$

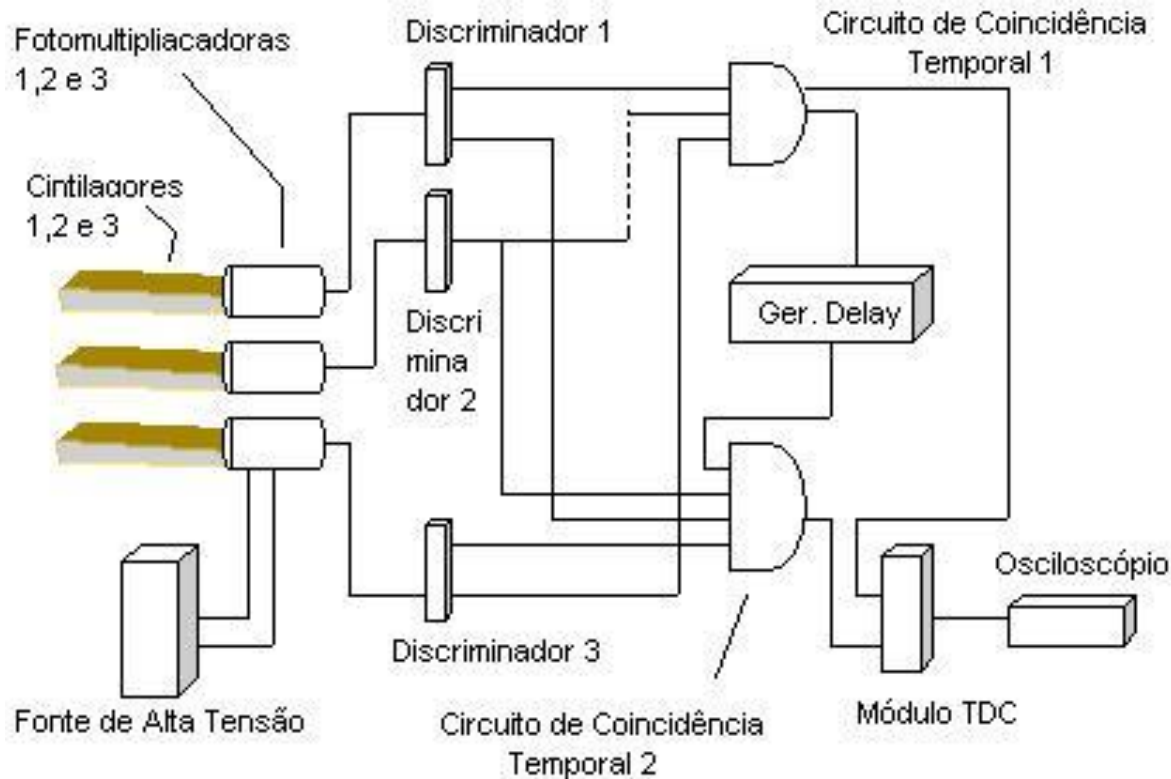
► usando a dilatação do tempo: $\Delta t = \alpha \Delta t'$ $\Delta t = 21 \times 2,2 \times 10^{-6} s = 4,6 \times 10^{-5} s$

► alcance: $x = ct$ $x = 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \times 4,6 \times 10^{-5} s = 13860 m$

Os muons têm uma vida média de 2.2 μs . Viajando na velocidade da luz o caminho percorrido seria de somente 660m, entretanto a velocidades relativísticas sua vida média é maior, dado-se assim uma energia mínima de 2GeV, ou seja, massa de repouso $\cong 0,1$ GeV.

II Parte Experimental:

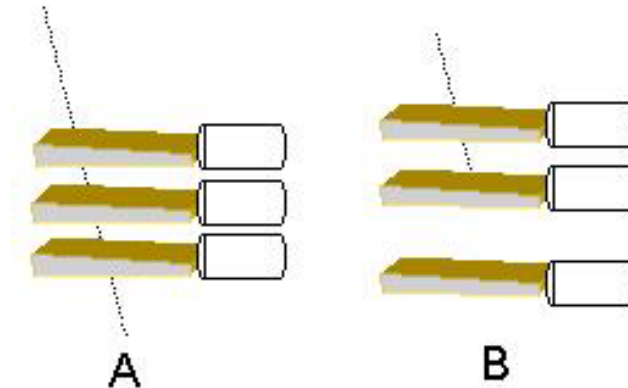
◆ Arranjo Experimental:



Arranjo Experimental utilizado

II Parte Experimental:

◆ Procedimento Experimental:

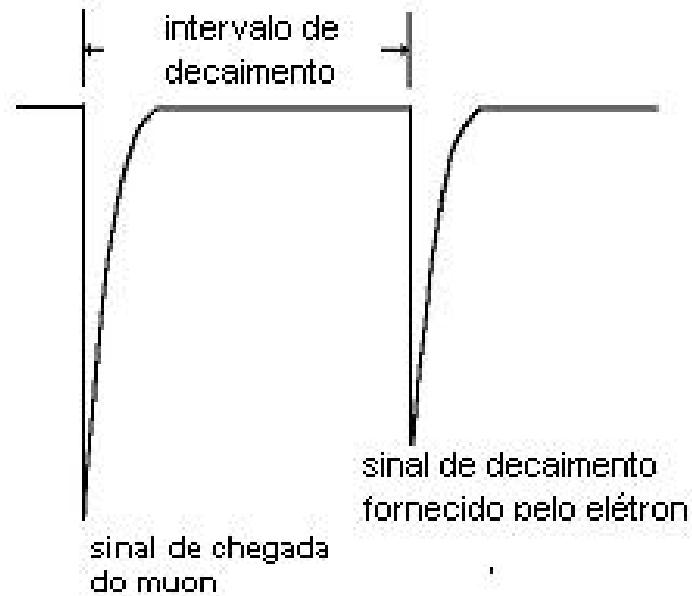


Situação A: O múon atravessa todo o sistema sem interagir.

Situação B: Seu decaimento ocorre no segundo cintilador deixando um elétron e emitindo neutrinos (do múon e do elétron) provocando assim um sinal no primeiro e no segundo cintilador e não existindo no terceiro. Essa diferença de intervalo de tempo entre os sinais do cintilador nº 2 e nº 1 está relacionada ao tempo de vida do muon que decaiu.

II Parte Experimental:

◆ Procedimento Experimental:



Forma aproximada do sinal obtido em um evento

III Análise dos Dados:

Contagens, Ajuste Exponencial, Resultado Obtido

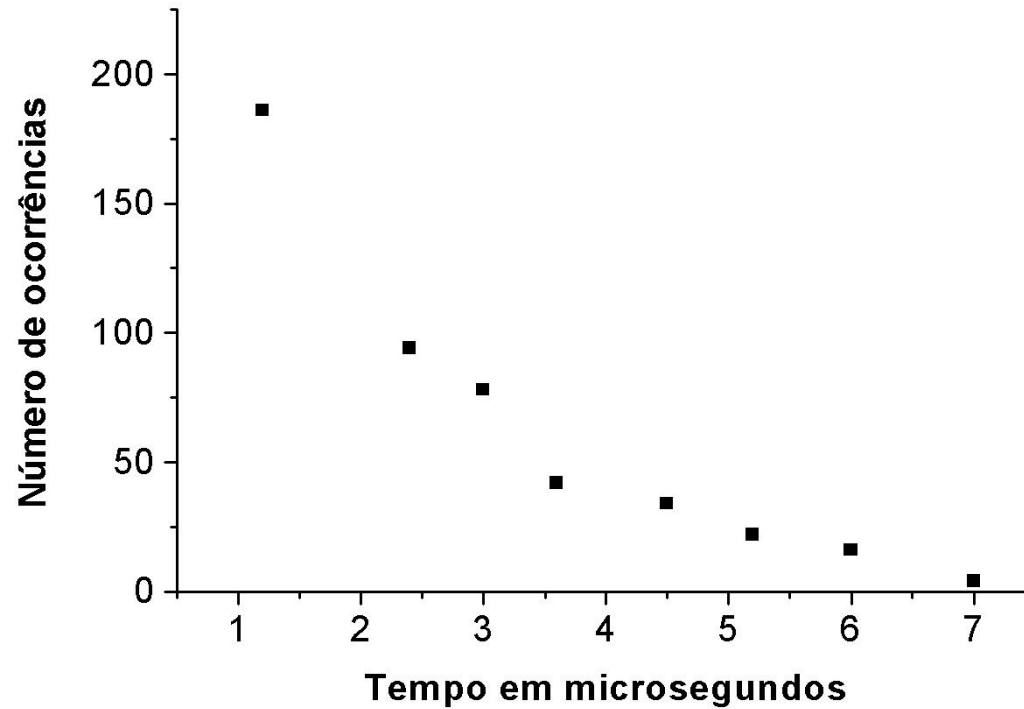
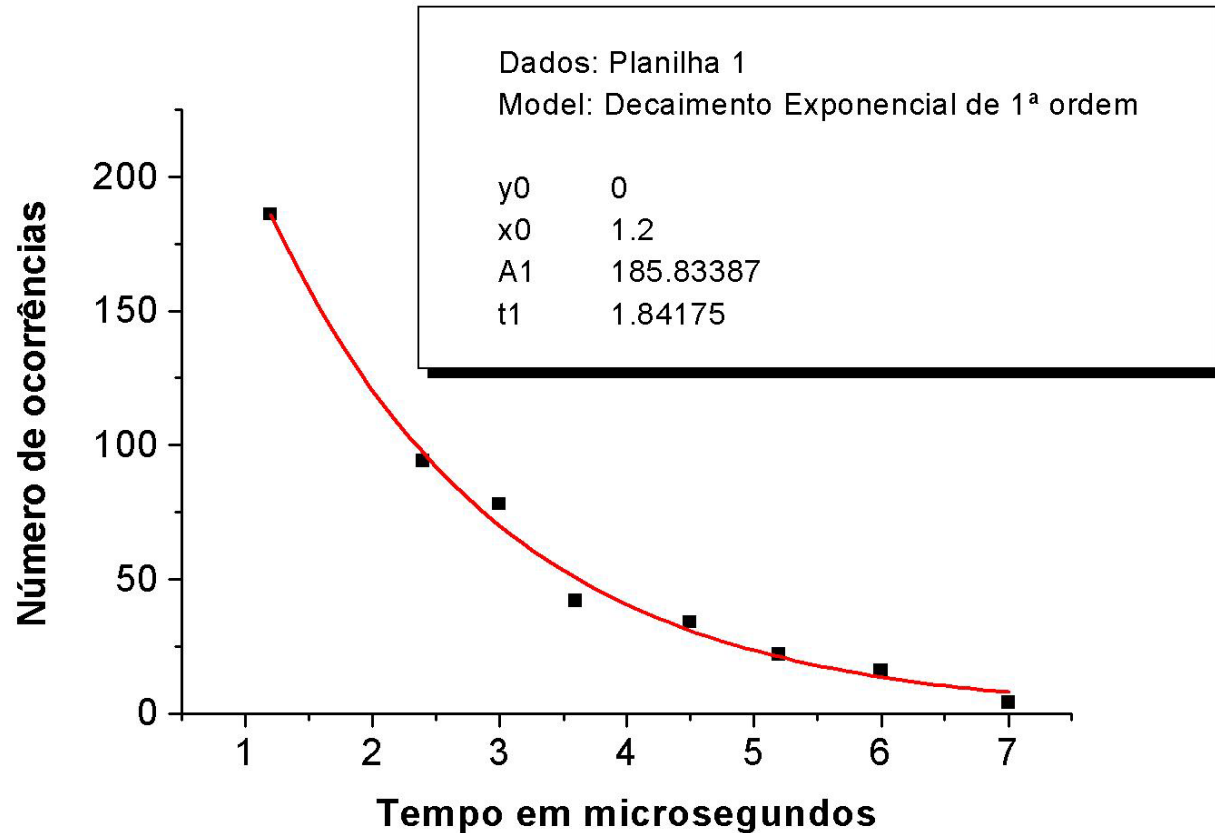


Gráfico da freqüência de eventos versus o tempo de decaimento

III Análise dos Dados:

Contagens, *Ajuste Exponencial*, Resultado Obtido



Ajuste exponencial da forma $Ae^{-x/t}$ no Gráfico da frequência de eventos versus o tempo de decaimento.

IV Discussão

Realizando-se um ajuste exponencial da forma $Ae^{-x/t}$, como mostrado na fig anterior, onde A e x são parâmetros livres e t representa o tempo de vida obtido para o muon, o valor encontrado para t neste conjunto de dados foi de $t=1.84175\mu\text{s}$

O valor da vida média do múon, aceito hoje é de $\tau = 2,19703 \pm 0,00004\mu\text{s}$ [1]. Comparando-se com o valor obtido no experimento que foi de $t=1,84175 \pm 0,04472\mu\text{s}$, chegamos a um valor, que mesmo dentro de $3\sigma_{\text{exp}}$ **não é compatível** com o valor aceito.

[1] Obtido do site Particle Data Group <http://pdg.lbl.gov/> em 26/03/2007

IV Discussão

Não foram consideradas incertezas relacionados à presença de um sinais de fundo, que consiste em uma medida do sinal gerado pelas fotomultiplicadoras sem que os cintiladores estejam conectados à estas e que se devem basicamente ao ruído térmico gerado pela eletrônica, pois estes eram praticamente desprezíveis quando comparados com a amplitude dos sinais na entrada dos discriminadores. Não foram consideradas também, incertezas referentes à entrada de luz ambiente pelo fato do conjunto estar devidamente blindado com material opaco.

Na tentativa de se entender esta discrepância, lança-se mão de um argumento estatístico.

IV Discussão

Tomamos como exemplo um sistema estatístico formado por um experimentador de posse de um dado e que de modo a obter uma curva do número de ocorrências da “face 6” por exemplo em função de um número de jogadas proceda da seguinte maneira:

O experimentador joga o dado e repete o arremesso até obter uma face 6 para cima. Ao obter o arremesso, ele anota quantas vezes foi necessário jogar.

Feito isso ele repete esse experimento de modo a se obter uma quantidade razoável de dados.

Teoricamente, para n jogadas, por exemplo, é esperado uma curva que decaia na forma de uma exponencial. Como exemplo, experimentou-se realizar este experimento até obter-se 100 jogadas obtendo-se assim uma curva que governa essa distribuição, como mostrado a seguir:

IV Discussão

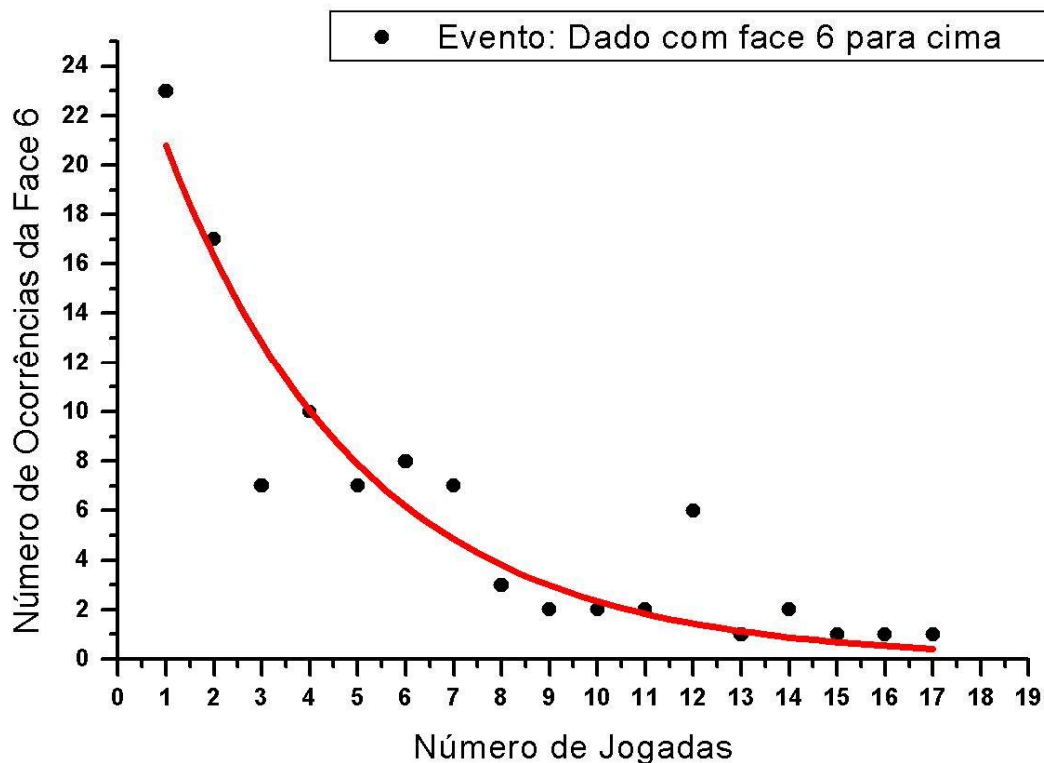


Gráfico do número de vezes que a face 6 do dado caiu para cima em função do número de vezes que o experimentador teve que jogar

Essa curva obtida experimentalmente será melhor quanto mais jogadas forem realizadas, ou seja, o parâmetro t da função $Ae^{-x/t}$, será o mais próximo do valor teórico quanto mais arremessos forem feitos.

IV Discussão

Voltando agora à análise do valor obtido para o tempo de vida média do múon: A partir deste exemplo com dados é razoável de se pensar que mais dados experimentais são necessários para se obter um valor de t próximo do valor verdadeiro. Para isso deve-se levar em conta basicamente o procedimento experimental.

Como este experimento requer que para cada janela de tempo aberta para se registrar um evento seja necessário de uma quantidade de tempo de horas para se acumular uma quantidade razoável de dados, então o método no qual se utiliza um osciloscópio acaba-se se tornando inviável na prática. Logo o correto é a utilização de um sistema de aquisição de dados no qual seja possível o acúmulo de grande quantidade de dados, por um período de tempo razoável e que possibilite um range de medidas de intervalo de decaimento maior para que assim a curva exponencial seja caracterizada o melhor possível. O mesmo problema ocorreu com o experimento de dados da figura anterior. A curva ainda não é próxima da esperada teoricamente.

Conclusão

- ◆ A partir do experimento realizado verifica-se que o este método para a obtenção do valor do tempo vida média do múon apresenta vantagens e desvantagens. Medidas realizadas com o auxílio de um computador certamente tornam possível a apresentação de um número maior de dados possibilitando melhor a caracterização do valor procurado.
- ◆ Entretanto este experimento possibilita ao estudante uma excelente introdução ao aprendizado de técnicas experimentais relacionadas às áreas de Física Nuclear e de Altas Energias Experimental, apresentando conceitos da eletrônica dos sistemas de detecção e possibilitando também novas janelas para o ensino de conceitos de Física Moderna.

Agradecimentos:

◆ Wescley Teixeira agradece ao CNPq pela bolsa concedida para a realização deste trabalho e ao apoio do professor S. F. Novaes pela obtenção dos aparato experimental e em especial a Pedro Mercadante pelas horas dedicadas às sugestões e revisões do texto

Fim!