

Métodos Computacionais em Física I (2010/1)

EP8 - Turma IFA - Prof. Edivaldo Santos

Entrega: 14/06/2010 até 13h

Decaimentos de píons neutros ao longo de uma linha de feixe:

Em física de altas energias e nuclear uma etapa importantíssima é a da simulação dos processos físicos responsáveis pela criação e dinâmica de interação das partículas atravessando os detectores, bem como a resposta de tais dispositivos à passagem das partículas. Essas simulações guiam tanto o processo de projeto dos vários detectores, como também auxiliam nas análises físicas dos dados finais coletados pelos experimentos.

Nesse EP simularemos parte da dinâmica de decaimento e propagação de píons neutros relativísticos ao longo da linha de feixe de um acelerador de partículas.

- Comece gerando valores de massa com distribuição gaussiana em torno do valor médio $m_{\pi^0} = 134.98 \text{ MeV}/c^2$ (onde MeV é mega elétron-Volt = 10^6 eV e c a velocidade da luz) e desvio padrão $\sigma = 1.2 \text{ MeV}/c^2$.
- No referencial de repouso do π^0 , os fótons gerados no seu modo de decaimento dominante $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ (98.8% dos decaimentos se dão através desse modo), são emitidos isotropicamente, mas devem é claro, satisfazer a conservação de energia e momento e as leis da relatividade restrita. Isto é, como ambos viajam à mesma velocidade c , devem satisfazer:

$$E_1 = E_2 = \frac{m_{\pi^0}}{2}$$
$$\mathbf{p}_1 = -\mathbf{p}_2 \text{ com } |\mathbf{p}_1| = \frac{E_1}{c}$$

A partir das massas geradas anteriormente, calcule as energias dos fótons e gere vetores de momento linear em 3 dimensões para os 2 fótons uniformemente distribuídos sobre a esfera.

- Faça agora uma transformação de Lorentz sobre as energias e momentos dos 2 fótons do referencial de repouso do pión para o referencial de laboratório em que o pión tem a energia de um feixe monocromático $E_\pi = 400 \text{ MeV}$ e se move ao longo da direção do feixe, que será tomada aqui como representando o eixo z . A relação entre as energias E' e E e momentos $\mathbf{p}'$ e $\mathbf{p}$ nos dois referenciais é dada pela transformação de Lorentz:

$$\begin{pmatrix} E' \\ p'_{||} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma & -\gamma\beta \\ -\gamma\beta & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E \\ p_{||} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{p}'_{\perp} = \mathbf{p}_{\perp} \quad (1)$$

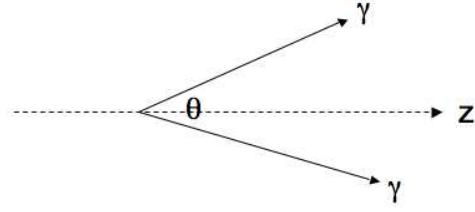
onde $\gamma = \frac{E_\pi}{m_{\pi^0}}$ e $\beta = -\frac{\sqrt{\gamma^2 - 1}}{\gamma}$, $\mathbf{p}_{||}$ e $\mathbf{p}_{\perp}$ são as componentes do momento paralela e perpendicular à direção de *boost*, respectivamente.

- Com os novos valores de energia e momenta, recalcule a massa do π^0 dada por:

$$m_{\pi^0} = \frac{1}{c^2} \sqrt{(E_1 + E_2)^2 - [(p_{1x} + p_{2x})^2 + (p_{1y} + p_{2y})^2 + (p_{1z} + p_{2z})^2] c^2}, \quad (2)$$

onde o índice 1 refere-se ao fóton 1 e 2 ao fóton 2, e segundo a relatividade restrita de Einstein é uma quantidade invariante sob tranformações de Lorentz.

- Faça histogramas das massas do π^0 antes e depois do *boost*.



- Histografe também a distribuição de ângulos de abertura θ entre os 2 fótons no referencial do laboratório a partir do produto escalar entre os seus momentos lineares e compare com o resultado esperado dado por

$$\frac{dn}{d\theta} = \frac{N}{2|\beta|\gamma \sin^2(\frac{\theta}{2}) \sqrt{\gamma^2 \sin^2(\frac{\theta}{2}) - 1}} \cos(\frac{\theta}{2}), \quad (3)$$

onde $\frac{dn}{d\theta} d\theta$ é o número de eventos em que o ângulo de abertura entre os 2 fótons se encontra entre θ e $\theta + d\theta$ para um número total de eventos N .

- Trabalhe sempre com MeV para as energias, MeV/c para os momentos e MeV/c² para as massas e gere um número suficientemente grande de decaimentos para poder observar a forma das distribuições.
- **ATENÇÃO:** Observe que há um valor mínimo para o ângulo de abertura entre os 2 fótons e corresponde à situação em que o argumento da raiz em $\frac{dn}{d\theta}$ se anula. Seu programa deve estar ciente disso!