**FI -194 - Teoria de Campos I**
**Primeiro semestre de 2017**
**Lista de Exercícios 1**

**Data da entrega: 03/04/2017**
Tópicos: Cinemática relativística, invariância de Lorentz

1. Uma partícula de massa $m_1$ decai em duas partículas de massa $m_2$ e $m_3$. Calcule a energia da estado final de duas partículas no referencial do centro de massa.

2. Um pósitron de energia $E$ aniquila com um elétron estacionário produzindo dois raios gamas. A massa do pósitron é a mesma que do elétron, m, enquanto que os fótons são sem massa. Calcule a energia dos fótons no referencial do centro de massa, como função da energia do pósitron $E$ no referencial do laboratório.

3. Suponha que um de dois fótons é detectado (no referencial do laboratório) em uma direção oposta do pósitron incidente: Calcule a energia do fóton como função de $E$ e seu limite para $E/mc^2 \gg 1$.

4. Suponha que um dos dois fótons é detectado na direção ortogonal da direção do pósitron original: Calcule a energia deste fóton.

5. Suponha que, durante o cálculo de um seção de choque em unidades naturais, nós chegamos na equação:

$$\sigma \propto \frac{1}{E^2}\,, \tag{1}$$

onde $E$ está em unidades de GeV. Recupere os fatores $\hbar$ e $c$ utilizando análise dimensional e expresse a equação em unidades do SI. Lembre-se que no SI, a seção de choque é dada em unidades de metros quadrados.

6. Mostre que *qualquer* transformação de Lorentz $\Lambda^\mu_\nu$ satisfaz

$$det(\Lambda^\mu{}_\nu) = \pm 1 \quad e \quad |\Lambda^0{}_0| \geq 1 \tag{2}$$

7. A transformação $Y : (t, x, y, z) \to (t, x, -y, z)$ é uma transformação de Lorentz? Se sim, por que ela não é considerada uma transformação discreta como P (paridade) e T (inversão temporal) ? Se não, por que não? O que você pode dizer sobre $Z : (t, x, y, z) \to (-t, -x, y, z)$

8. a) Mostre que

$$\int_{-\infty}^{\infty} dk^0 \delta(k^2 - m^2)\theta(k^0) = \frac{1}{2\omega_k}\,,$$

onde $\theta(x)$ é a função degrau e $\omega_k \equiv \sqrt{\vec{k}^2 + m^2}$.

b) Mostre que a medida de integração $d^4k$ é invariante de Lorentz.

c) Finalmente, mostre que

$$\int \frac{d^3k}{2\omega_k},$$

é invariante de Lorentz.