

FI140 Física de Partículas I
Turma A
1º Semestre de 2008
Lista 1

1. Verifique os fatores de conversão:

$$1 \text{ GeV} = 1.7827 \times 10^{-27} \text{ Kg} \quad 1 \text{ GeV}^{-2} = 0.389 \times 10^{-27} \text{ cm}^{-2}$$

2. A constante de estrutura fina α pode ser entendida como a razão entre a energia eletrostática de uma distribuição de cargas com raio R , quando o raio R é igual ao comprimento compton do elétron e a energia de repouso do elétron.

(a) Calcule o comprimento compton do elétron.

(b) Calcule o raio clássico do elétron. O raio clássico é o raio no qual a energia eletrostática é igual a energia de repouso do elétron. A expressão é

$$R_e = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e c^2}$$

Existe uma certa ambiguidade de como definir a energia eletrostática, você pode assumir uma distribuição uniformemente distribuída, ou uma distribuição superficial de carga. Porque não definir com a energia magnetoestática do elétron?

(c) Escreva a expressão da constante de estrutura fina e calcule o seu valor

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \hbar c}$$

3. Griffiths 2.7. Mostre quais processos são possíveis e as razões porque são ou não são possíveis:

(a) $p + \bar{p} \rightarrow \pi^+ + \pi^0$

(b) $\eta \rightarrow \gamma + \gamma$

- (c) $\Sigma_0 \rightarrow \Lambda + \pi^0$
- (d) $e^+ + p \rightarrow \nu_e + \pi^0$
- (e) $p \rightarrow e + \gamma$
- (f) $n + \bar{n} \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$
- (g) $K^- \rightarrow +\pi^- + \pi^0$
- (h) $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$
- (i) $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$
- (j) ${}^{76}\text{Ge} \rightarrow {}^{76}\text{Se} + \nu_e + \nu_e + e^+ + e^+$
- (k) $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e$
- (l) $\Sigma^- \rightarrow n + e^- \bar{\nu}_e$
- (m) $\mu^- \rightarrow e^- \gamma$
- (m) $\mu^- \rightarrow e^- + e^+ + e^-$
- (n) $\bar{\nu}_e + {}^{71}\text{Ga} \rightarrow {}^{71}\text{Ge} + e^+$
- (o) $e^- + e^+ \rightarrow \gamma$

(p) $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ No caso dos mésons e hadróns, decompõe em quarks e faça um diagrama das reações mencionadas acima.

4. Griffiths 3.16. Calcule as energias e momentos dos estados finais no decaimento $A \rightarrow B + C$ quando A está em repouso.
5. Griffiths 3.22. Na reação $A + B \rightarrow C + D$,
 - (a) Mostre que $s+t+u=m_A^2 + m_B^2 + m_C^2 + m_D^2$.
 - (b) A energia no referencial CM da partícula A em termos de s,t,u e das massas.

$$E_A^{CM} = \frac{(s + M_A^2 - M_B^2)}{2\sqrt{s}}$$

(c) A energia no referencial LABORATÓRIO da partícula A em termos de s,t,u e das massas.

$$E_A^{lab} = \frac{(s - M_A^2 - M_B^2)}{2M_B}$$

(d) A energia total no referencial CM

$$E_{tot}^{CM} = \sqrt{s}$$

6. Seja um partícula alvo A com energia total E, colide com uma partícula B em repouso, produzindo n partículas no estado final. Este é o chamado referencial Laboratório. Nós podemos escrever na forma

$$A + B \rightarrow C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Mostre que a mínima energia para que a reação ocorra é dada por

$$E = \frac{M^2 - M_A^2 - M_B^2}{2m_B}$$

aonde M é a soma das massas das partículas do estado final. Esta energia é também chamada de energia limiar.

(a) Assuma que uma partícula chamada $\Upsilon(1S)$ (um estado ligado mesônico de bottom e anti-bottom) produzida com massa igual a 9460 GeV/c² pela colisão de elétrons com pósitrons. Veja o sumário das propriedades desta partícula em <http://pdglive.lbl.gov/Rsummary.brl?nodein=M049&sub=Yr&return=MXXX030>. Assuma que o eletron está parado, qual a energia limiar deste processo?

(b) Assuma agora que o positron e o eletron estão colidindo com módulo de momento iguais, mas com direções opostas. Qual a energia necessária mínima para produzir o $\Upsilon(1S)$?

7. Halzen 4.2. No sistema centro de massa para o processo $A+B \rightarrow B+C$ mostre que

$$dQ = \frac{1}{4\pi^2} \frac{p_f}{4\sqrt{s}} d\Omega \quad F = 4p_i\sqrt{s}$$

aonde dQ é o fator relativístico do espaço de fase, definido em sala de aula ou dado na Equação 4.30 do Halzen:

$$dQ = (2\pi^4)\delta^{(4)}(p_C + p_D - p_A - p_B) \frac{d^3p_C}{(2\pi)^3 2E_C} \frac{d^3p_D}{(2\pi)^3 2E_D}$$

e

$$F \equiv |\vec{v}_A - \vec{v}_B| 2E_A 2E_B$$

(a) Mostre com isto que

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{64\pi^2} \frac{p_f}{p_i} |\mathcal{M}|^2$$

Para comparação de notação, as equações do espaço de fase são dadas na Equação 6.33 do Griffiths, nas notas de aulas do Vicente pleitez estão na equação 2.67 e 2.70, nesta referência temos que $dQ \equiv I_n(s)$.

8. Halzen 4.6. Mostre que para a reação $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ temos que

$$s = 4(k^2 + m^2) \quad t = -2k^2(1 - \cos\theta) \quad u = -2k^2(1 + \cos\theta)$$

onde θ é o ângulo de espalhamento no referencial centro de massa, $k \equiv |\vec{k}_i| = |\vec{k}_f|$, com \vec{k}_i e \vec{k}_f respectivamente os momentos dos eletrons iniciais e finais.

(a) Mostre com isto que $s \geq 4m^2$, $t \leq 0$ e $u \leq 0$.

9. Halzen 4.7. Para a reação cruzada, $A\bar{B} \rightarrow C\bar{D}$ ($e^-e^- \rightarrow e^-e^-$) neste caso teremos

$$u \geq 4m^2 \quad t \leq 0 \quad s \leq 0$$