

Lista de Exercícios de Física de Partículas - 2018/2

Prof. Wagner Carvalho (DFNAE/IF/UERJ)

Novembro de 2018

1. O valor das massas (em unidade de energia) do pión π^+ e do múon μ^+ são 139,57 MeV e 105,66 MeV, respectivamente. Determine a energia cinética do múon no decaimento $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$, assumindo que o neutrino tenha massa zero. A seguir, para um neutrino com massa finita mas bem pequena m_ν , mostre que, comparado com o caso de um neutrino sem massa, o momento do múon seria reduzido pela fração

$$\frac{\Delta p}{p} = -\frac{m_\nu^2(m_\pi^2 + m_\mu^2)}{(m_\pi^2 - m_\mu^2)^2} \simeq -\frac{4m_\nu^2}{10^4}$$

com m_ν dado em MeV.

2. Assumindo o modelo de quarks com 6 sabores e números quânticos dados na tabela abaixo:

| Sabor | B | S (\hbar) | Q (e) | M (GeV) |
|-------|-----|---------------|-------|---------|
| d | 1/3 | 1/2 | -1/3 | 0,35 |
| u | 1/3 | 1/2 | +2/3 | 0,35 |
| s | 1/3 | 1/2 | -1/3 | 0,5 |
| c | 1/3 | 1/2 | +2/3 | 1,5 |
| b | 1/3 | 1/2 | -1/3 | 4,5 |
| t | 1/3 | 1/2 | +2/3 | 173 |

a) Determine todas as possíveis composições contendo um quark (ou antiquark) s e um ou mais quarks e/ou antiquarks mais leves e que formem um méson. As partículas com tais características são genericamente denominadas K .

b) Repita o exercício anterior para todas as possíveis composições contendo um quark (ou antiquark) c e um ou mais quarks e/ou antiquarks mais leves e que também formem um méson. As partículas com tais características são genericamente denominadas D .

c) Repita o exercício anterior para todas as possíveis composições contendo um quark (ou antiquark) b e um ou mais quarks e/ou antiquarks da primeira família (u e d) e que também formem um méson. As partículas com tais características são genericamente denominadas B .

d) Determine todas as possíveis composições contendo um quark (ou antiquark) s e um ou mais quarks e/ou antiquarks da primeira família (u e d) e que formem um bárion. As partículas com tais características são denominadas Λ ou Σ .

Ao fim (**mas somente ao fim!!**) consulte tabelas, como as disponíveis nos links relacionados abaixo, que apresentam listagens e composições de hádrons.

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_mesons

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_baryons

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Particles/meson.html>

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Particles/baryon.html>

http://pdg.lbl.gov/2018/tables/contents_tables_mesons.html

http://pdg.lbl.gov/2018/tables/contents_tables_baryons.html

3. A amplitude de espalhamento em ordem mais baixa (aproximação de Born) em teoria de perturbação é dada pela expressão:

$$M(\vec{q}) = g \int U(\vec{r}) e^{i\vec{q}\cdot\vec{r}} d^3\vec{r}$$

sendo $\vec{q} = \vec{q}_f - \vec{q}_i$, o momento transferido.

Mostre que

$$M(\vec{q}) = \frac{gg_0}{|\vec{q}|^2 + M^2}$$

para o potencial de Yukawa:

$$U(\vec{r}) = \frac{g_0}{4\pi r} e^{-r/R}$$

M é a massa da partícula mediadora e $R = 1/M$ o alcance da interação.

4. A **largura de decaimento** Γ de uma partícula está relacionada à sua probabilidade de decaimento. Se uma partícula possui mais do que um modo, ou canal, de decaimento, o que é a situação mais comum, sua largura total de decaimento é dada pela soma das larguras parciais em cada canal específico:

$$\Gamma_{total} = \sum_i \Gamma_i$$

O **tempo de decaimento** τ da partícula é, por sua vez, determinado pela largura total de decaimento:

$$\tau = \frac{\hbar}{\Gamma_{total}}$$

Sabendo que a largura de decaimento de um múon ou tau no canal eletrônico $\ell \rightarrow e\bar{\nu}_e\nu_\ell$ é dada pela expressão:

$$\Gamma(\ell \rightarrow e\bar{\nu}_e\nu_\ell) = \frac{G^2 m_\ell^5}{192\pi^5},$$

sendo $\ell = \mu$ ou τ , m_ℓ a massa do lépton que decai e $G = g/M_W^2$, e que a **fração de decaimento** no canal eletrônico, $B(\ell \rightarrow e\bar{\nu}_e\nu_\ell)$, é de 100% para o múon, derive a seguinte relação para a razão entre as constantes de acoplamento do tau (g_τ) e do múon (g_μ):

$$\left(\frac{g_\tau}{g_\mu}\right)^4 = B(\tau \rightarrow e\bar{\nu}_e\nu_\tau) \left(\frac{m_\mu}{m_\tau}\right)^5 \left(\frac{\tau_\mu}{\tau_\tau}\right).$$