FI140 Física de Partículas I
Turma A
2° Semestre de 2016
Lista 1

1. Quantidades conservadas podem ser aditivas ou multiplicativas. A simetria de número leptônico, número bariônico e de carga são aditivas.

   (a) Você poderia saber que quantidade poderia ser conservada de forma multiplicativa? Imagine uma reação $A \to B + C$. Se existe uma quantidade conservada de forma multiplicativa que chamaremos de Π_A, Π_B, Π_C respectivamente para as partículas A, B e C. Qual é a expressão da lei de conservação neste caso?

   (b) Se a quantidade é conservada de forma aditiva para uma quantidade T, para a mesma reação qual é a lei de conservação neste caso? Assuma que as partículas A, B e C tenham quantidades T_A, T_B, T_C respectivamente.

   (c) O número leptônico e número bariônico foram definidos na Aula 2 do curso de partículas. Mostre (1) quais processos são possíveis e as razões porque são ou não são possíveis por conservação de carga, número leptônico e barioônico e de conservação de estranheza (quando for o caso), (2) No caso dos mésons e hadróns, decomponha em quarks e faça um diagrama das reações mencionadas acima em termos de quarks. O contéudo em quarks das partículas pode ser visto em do Particle Data Group http://pdg.lbl.gov. Veja também a Aula 2 do curso de Partículas.

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

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

   (c) $\Sigma_0 \to \Lambda + \pi^0$

   (d) $e^+ + p \to \nu_e + \pi^0$

   (e) $p \to e + \gamma$

   (f) $n + \bar{n} \to \pi^+ + \pi^- + \pi^0$

   (g) $K^- \to +\pi^- + \pi^0$

(h) $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$

(i) $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$

(j1) $^{76}\text{Ge} \rightarrow ^{76}\text{Se}^{--} + \nu_e + \nu_e + e^+ + e^+$

(j2) $^{76}\text{Ge} \rightarrow ^{76}\text{Se}^{--} + e^+ + e^+$

(k) $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e$

(l) $\Sigma^- \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$

(m) $\mu^- \rightarrow e^- \gamma$

(n) $\nu_e + ^{71}\text{Ga} \rightarrow ^{71}\text{Ge}^+ + e^-$

(o) $e^- + e^+ \rightarrow \gamma$

(p) $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$

(q) $\Lambda^0 \rightarrow p^+ \pi^-$

(d) Classifique as reações acima em interações fortes, eletromagnéticas ou interações fracas. Interações fortes são caraterizadas por troca de glúons e afeta apenas hadrons e mesons (ou quarks) sem troca de carga elétrica. Interações eletromagnéticas afetam apenas partículas carregadas com troca de carga e interações fracas afetam apenas leptons, hadrons e mesons (quarks) com troca de carga. **Pode haver mais de uma possível interação para a mesma processo.** Veja a Aula 3 do curso de partículas.

2. Em aula foi dito que mésons são compostos de pares de quark-antiquark e hadróns são compostos de 3 quarks. Isto envolve composição de spins para estes estados.

   (a) Considerando que quarks são partículas de spin 1/2 e considerando a soma de spins. Os mésons podem ser de qual valor de spin? Pegue o Particle Data Group http://pdg.lbl.gov e dê exemplos de mésons com diferentes valores de spin.

   (b) Os hadróns são compostos de três quarks. Imagine que existem estados com quatro quarks. Quais podem ser os valores de spin desta combinação? O maior estado de spin possível é 2, como podemos discriminar este estado de outro possível combinação como estados de três e dois quarks?

3. Podemos trabalhar com diferentes sistemas de unidades para descrever a física. Neste problema iremos trabalhar com isto.

   (a) O sistema MKS se baseia que as unidades fundamentais são o metro, o quilo e o segundo. Isto significa que qualquer quantidade pode ser escrita em termos destas unidades. Se usarmos a notação unidade de metro [L] e a unidade do segundo [T], então escreva a unidade da força em termos destas unidades basicas.

   (b) Na revista Physics Today de Julho de 2014 http://goo.gl/DM643Y é discutido a proposta de novas unidades fundamentais do Sistema Internacional de Unidades (SI). As novas unidades fundamentais seriam A frequência (ν), velocidade (v), ação e carga elétrica, e. Expressa as unidades de massa, ampere e de energia em termos destas unidades fundamentais.

   (c) Considere um sistema de unidades em que as unidades fundamentais são a ação, [S], o tempo [T] e a velocidade [V], escreva a posicao [L] e a massa, [M] nestas unidades.

4. Em Física de Partículs se utiliza unidades no chamado sistema natural que a velocidade da luz é a unidade basica [c]. Verifique os fatores de conversão:

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

   Veja a Aula 3 do curso de Partículas.

   (a) Calcule o raio clássico do elétron. O raio clássico é o raio no qual a energia elestrostática 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, nós iremos assumir uma distribuição uniformenente distribuída, ou uma distribuição o superficial de carga.

   (b) A seção de choque Thomson, o espalhamento no limite clássico de uma partícula carregada pela luz é dado por

$$\sigma_{\text{Thomson}} = \frac{8\pi}{3} r_e^2$$

Calcule o valor da seção de choque em cm^2 e em GeV^2.

(c) A seção de choque típica da interação fraca é $\sigma \sim 10^{-42}$ cm^2. Escreve em termos de GeV^2. Uma outra unidade de seção de choque usada em física de partículas é o barn=100 fm^2 (1 fm=10^{-15}m). Escreva as seções de choque fraca e de Thompson na unidade de barn.

(d) Escreva as massas do elétron e do píon e do quark top em termos da unidade de MeV. Use a informação da massas das partículas do Particle Data Group http://pdg.lbl.gov. O quark top é a partícula elementar mais pesada. Calcule a sua massa e compare com a massa da molécula de caféina. Qual é maior?

(e) Calcule a distância no qual a energia gravitacional do elétron é igual a energia de repouso do elétron. Como se compara esta distância com o raio clássico do elétron?

5. Dado a transformação de Lorentz

$$(p')^\mu = \Lambda^\mu{}_\nu p^\nu$$

mostre que $p_\mu = \Lambda^\nu{}_\mu (p')_\nu$, aqui $\mu, \nu = 0, 1, 2, 3$.

6. Seja dois eventos A e B no referencial S . Seja uma transformação de Lorentz para um sistema S$'$ movendo com velocidade V em relação a S. Assuma que a norma de um quadrivetor A^μ é dado por $A^\mu A_\mu = (A^0)^2 - (A^i)^2$.

(a) Assumamos que a distância entre eles seja do tipo espaço, i.e. $(x_A - x_B)^2 \equiv (t_A - t_B)^2 - (\vec{x}_A - \vec{x}_B)^2 < 0$. Assuma que no referencial S temos tal que $t_B > t_A$. Mostre que existe um referencial S$'$ movendo-se com velocidade V em relação ao referencial S, tal que $t'_B < t'_A$: em outras palavras a ordenação temporal dos eventos depende do referencial. Calcule a velocidade v mínima para isto acontecer.

(b) Mostre que se a separação entre os pontos A e B for do tipo tempo, i.e. $(x_A - x_B)^2 = (t_A - t_B)^2 - (\vec{x}_A - \vec{x}_B)^2 > 0$, então para qualquer referencial S$'$ sempre teremos $t'_B > t'_A$: em outras palavras em qualquer referencial o ordenamento temporal dos eventos não depende do referencial.

(c) O que podemos concluir sobre separações tipo espaço e tempo tempo? Qual seria a explicação deste comportamento diferente? No su-

bitem (a) a ordenação temporal entre dois eventos não é algo absoluto, mas no subitem (b) é absoluto.