

ЗАДАЧИ

по спецкурсу «Теория фундаментальных взаимодействий адронов»

1. Используя изоспиновую инвариантность сильных взаимодействий, найти соотношения между сечениями реакций
 $\pi^+ + n \rightarrow \Lambda + K^+$, $\pi^- + p \rightarrow \Lambda + K^0$, $\pi^0 + p \rightarrow \Lambda + K^+$, $\pi^0 + n \rightarrow \Lambda + K^0$.
2. Найти соотношения между сечениями σ_+ , σ_- , σ_0 реакций:
 $\pi^+ + p \rightarrow \pi^+ + p$, $\pi^- + p \rightarrow \pi^- + p$, $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$,
 соответственно, при условии, что все эти реакции идут через промежуточные состояния (резонансы) с фиксированным изоспином: 1) $I = 3/2$, 2) $I = 1/2$. Показать, что в общем случае справедливо соотношение: $(\sqrt{\sigma_+} + \sqrt{\sigma_-})^2 \geq 2\sigma_0$.
3. Найти отношение ширин двух мод распада резонанса $\Delta^+(1232)$, имеющего $I = 3/2, I_3 = 1/2$: $\Gamma(\Delta^+ \rightarrow p\pi^0)/\Gamma(\Delta^+ \rightarrow n\pi^+)$.
4. Используя полученную на основе CVC амплитуду распада $\pi^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu_e$, вычислить его ширину.
5. Найти отношение ширин распадов $\Gamma(\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e)/\Gamma(\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu)$.
6. Найти среднее время жизни тауона в модели распада на лептоны и кварки, пренебрегая массами конечных частиц, и сравнить с его экспериментальным значением.
7. Вычислить ширину β -распада нейтрона $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ как функцию параметра $\delta = m_e/(m_n - m_p)$.
8. В рамках кварк-партоновой модели оценить отношение сечений процессов $\sigma(\pi N \rightarrow X)/\sigma(NN \rightarrow X)$, предполагая аддитивность кварк-(анти)кварковых столкновений и равенство соответствующих сечений, и сравнить с экспериментальными данными при энергии 60 ГэВ:
 $\sigma(\pi^+ p) \approx \sigma(\pi^- p) \approx 24$ мб, $\sigma(pp) \approx \sigma(pn) \approx 38$ мб.
9. Используя ту же модель, оценить отношение сечений процессов Дрелла–Яна $\sigma(\pi^- + {}^{12}\text{C} \rightarrow \mu^- \mu^+ + X)/\sigma(\pi^+ + {}^{12}\text{C} \rightarrow \mu^- \mu^+ + X)$.
10. Вывести правила сумм для структурных функций нейтрин-нуклонного рассеяния:

$$\int_0^1 \frac{dx}{x} [F_2^{\bar{\nu}p}(x) - F_2^{\nu p}(x)] = 2; \quad \int_0^1 dx [F_3^{\nu p}(x) + F_3^{\nu n}(x)] = -6.$$
11. Вычислить дифференциальные сечения $d\sigma/d\Omega$ кварк-глюонных процессов рассеяния (в пределе безмассовых кварков), усредненные по цвету начальных кварков, как функции мандельштамовских переменных $s, t = -s \sin^2 \theta/2, u = -s \cos^2 \theta/2$, где \sqrt{s} и θ — энергия и угол рассеяния в системе центра масс: $q\bar{q} \rightarrow gg, gg \rightarrow q\bar{q}, qg \rightarrow qg, gg \rightarrow gg$.
12. То же для процессов: $q\bar{q} \rightarrow q'\bar{q}', qq' \rightarrow qq'(q \neq q'), q\bar{q} \rightarrow q\bar{q}, qq \rightarrow qq$.
- 13*. Вычислить 1-петлевую β -функцию и показать наличие асимптотической свободы в КХД: $\alpha_s(Q^2) \rightarrow 0$ при $Q^2 \rightarrow \infty$.
- 14*. Оценить сечение рождения хиггсовского бозона в процессе слияния двух глюонов в условиях протон-протонного коллайдера LHC ($\sqrt{s} = 14$ ТэВ): $pp \rightarrow gg \rightarrow H$. Ограничиться вкладом только t -кварка и использовать для функции распределения глюонов простую модель: $g(x) = 8(1-x)^7/x$.

06.09.2021

Профессор



А. В. Борисов