

РЕЛЯТИВИСТСКИЕ ЭФФЕКТЫ В РАСПАДЕ $V \rightarrow H^0 \gamma$

И.Г.Азнаурян, С.Г.Григорян, С.Г.Матинян

Исследовано влияние релятивистских эффектов на ширину радиационного распада $V \rightarrow H^0 + \gamma$. Показано, что эти эффекты существенно уменьшают значение ширины, задаваемое нерелятивистской кварковой моделью.

В последнее время ведется интенсивный поиск легких хиггсовских бозонов (H^0 -бозонов) в радиационном распаде векторного боттония $\Upsilon(9,46)$.^{1, 2} Экспериментальные исследования проводятся с ориентировкой на величину ширины этого распада, следующую из нерелятивистской кварковой модели³:

$$R = \frac{\Gamma(V \rightarrow H^0 + \gamma)}{\Gamma(V \rightarrow \mu^+ \mu^-)} = \frac{G_F M_V^2}{4\sqrt{2}\pi\alpha} \left(1 - \frac{M_H^2}{M_V^2}\right), \quad (1)$$

где M_V и M_H – массы векторного кваркония и H^0 -бозона соответственно.

Однако, как подчеркнуто в работе⁴, учет радиационных поправок⁵ и эффектов смешивания H^0 - и P -четных состояний боттония^{6, 7} приводит к заметному уменьшению отношения R . В этой связи крайне важно исследовать влияние релятивистских эффектов на это отношение, которое также может оказаться существенным, поскольку из рассмотрения спектра масс боттония следует, что среднее значение v^2/c^2 в $\Upsilon(9,46)$ не мало: $\langle v^2/c^2 \rangle \simeq 0,1$.

В настоящей работе мы приведем результаты расчетов, связанных с учетом релятивистских эффектов в распаде $V \rightarrow H^0 \gamma$. При оценке релятивистских эффектов мы рассматривали хиггсовские бозоны с массами, удовлетворяющими соотношению $M_V - M_H \gg \alpha_S^2 M_V$. Это позволяет не рассматривать диаграммы, связанные с учетом КХД-поправок, поскольку, как показано в работе ⁵, при этих значениях M_V вклад этих диаграмм в отношение R относительно невелик и составляет $\approx 35\%$. Частицу $\Upsilon(9,46)$ мы рассматривали как чистое состояние 1^3S_1 , поскольку во всех моделях, описывающих спектр масс боттония с учетом КХД-взаимодействия между кварками, примесь других состояний в $\Upsilon(9,46)$ пренебрежимо мала (см., например, ⁸).

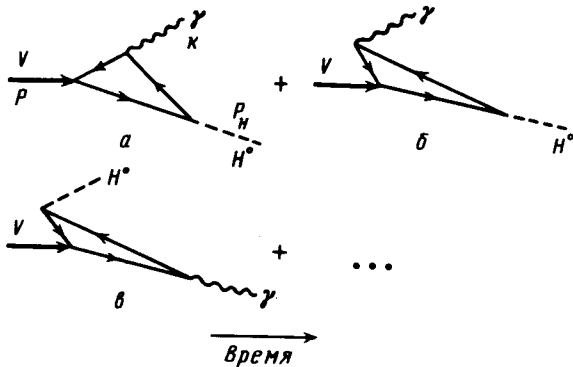


Рис. 1. Диаграммы нековариантной теории возмущений для распада $V \rightarrow H^0 + \gamma$

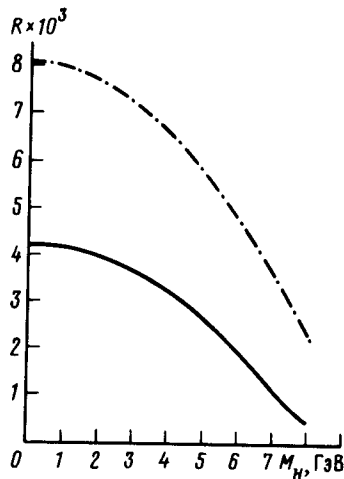


Рис. 2. Зависимость отношения R от массы хиггсовского бозона M_H . Штрих-пунктирная линия соответствует нерелятивистскому приближению (формула (1)). Сплошная линия получена с учетом релятивистских эффектов

Расчеты проводились в системе бесконечного импульса, полученной бустом вдоль оси z , в которой $k_0 = -k_z = (M_V^2 - M_H^2 - k_\perp^2)/4p$, k — импульс фотона, p — импульс боттония, $p \rightarrow \infty$. Из упорядоченных во времени диаграмм нековариантной теории возмущений, описывающих процесс $V \rightarrow H^0 \gamma$ (рис. 1), в этой системе выживает только диаграмма рис. 1, а. Вид вершины перехода $V \rightarrow q\bar{q}$ в системе бесконечного импульса можно получить, воспользовавшись результатами работы ⁹, где найден общий способ построения таких вершин перехода, соответствующих определенным значениям спинов, орбитальных и полных моментов кварков в системе покоя мезона. Для наглядности приведем только два первых члена разложения наших результатов по степеням p^2/m^2 (p — величина импульса кварка в системе покоя боттония, m — масса кварка):

$$R = \frac{G_F m^2}{\sqrt{2} \pi \alpha} \left(1 - \frac{M_H^2}{M_V^2} \right) \left(\frac{M_V^2 - M_H^2}{4m^2 - M_H^2} \right)^2 I, \quad (2)$$

$$I = 1 + \frac{\Delta}{3} - \frac{10}{3} \frac{\Delta}{1 - M_H^2/(4m^2)}, \quad (3)$$

$$\Delta = \int \frac{p^2}{m^2} \varphi(p^2) p^2 dp / \int \varphi(p^2) p^2 dp, \quad (4)$$

где $\varphi(p^2)$ — радиальная часть волновой функции кварков в боттонии.

Из формул (2) – (4) видно, что учет релятивистских поправок порядка p^2/m^2 приводит к уменьшению величины R . Этот эффект усиливается тем, что численное значение величины Δ больше среднего значения p^2/m^2 в Υ , которое и так достаточно велико в боттониевой системе. К уменьшению отношения R приводит также множитель $[(M_V^2 - M_H^2)/(4m^2 - M_H^2)]^2$, поскольку во всех моделях, описывающих спектр масс боттония, $M_V < 2m$. Отметим, что член, содержащий $\Delta/(1 - M_H^2/(4m^2))$, в формуле (3) (который собственно и обеспечивает уменьшение R) увеличивается с ростом M_H (напомним, что наше рассмотрение верно для $M_V - M_H \gg \alpha_s^2 M_V$, т. е. для боттония с $M_V \simeq 9,4$ ГэВ, фактически для $M_H \lesssim 7,5 \div 8$ ГэВ) и приводит к еще большему уменьшению отношения R из-за релятивистских эффектов.

Результаты численных расчетов отношения R без разложения их в ряд по отношению p^2/m^2 приведены на рис. 2. Кривые на этом рисунке соответствуют значениям массы b -кварка и волновой функции $\varphi(p^2)$, полученным в работе ¹⁰. Отметим, что результаты мало меняются при использовании указанных величин из других работ.

Таким образом, видно, что учет релятивистских эффектов в механизме радиационного рождения H^0 -бозона в распадах векторного кваркония приводит к сильному уменьшению ширины этого распада. Для боттония получаем, что отношение R уменьшается приблизительно в два раза для $M_H \lesssim 4$ ГэВ и в три – четыре раза для $M_H \simeq 6 \div 8$ ГэВ (см. рис. 2).

Отметим, что релятивистские эффекты могут быть значительными и в радиационных распадах топония, где для среднего значения v^2/c^2 ожидается примерно такая же величина, как в боттонии ¹⁰.

Таким образом, релятивистские эффекты приводят к сильному подавлению величины R . В ту же сторону как отмечалось, работает учет радиационных поправок к процессу $V \rightarrow H^0 + \gamma$ ⁵. Полученные здесь результаты существенно усиливают утверждение ⁴, что сделанный на основании экспериментов вывод об отсутствии легких хиггсовских бозонов с $M_H \lesssim 10$ ГэВ в радиационных распадах Υ представляется преждевременным.

Мы бы хотели призвать экспериментаторов внести окончательную ясность в эту проблему, существенно повысив чувствительность экспериментов по исследованию монохроматических фотонов в распадах боттония.

Литература

1. *Abrecht H. et al.* Z. Phys. C. Part and Fields, 1985, 29, 167.
2. *Youssef S. et al.* Phys. Lett., 1984, 139B, 332.
3. *Wilezek F.* Phys. Rev. Lett., 1977, 39, 1304.
4. *Ellis J. et al.* Phys. Lett., 1985, 158B, 417.
5. *Vysotsky M.I.* Phys. Lett., 1980, 97B, 159.
6. *Pantaleone J. et al.* Phys. Lett., 1984, 149B, 225.
7. *Ellis J. et al.* Phys. Lett., 1979, 83B, 339.
8. *Godfrey S., Isgur N.* Phys. Rev., 1985, D32, 189.
9. *Азнаурян И.Г. и др.* ЯФ, 1982, 36, 1278.
10. *Kulshreshtha D.S.* Lett. Nuovo. Cim., 1985, 42, 199.