

ПОПРАВКИ ТЕОРИИ ВОЗМУЩЕНИЙ

К $\sigma_{tot}(e^+e^- \rightarrow \text{адроны})$ В СУПЕРСИММЕТРИЧНОЙ КХД

А.Л.Катаев, А.А.Пивоваров

В суперсимметричной КХД на двухпетлевом уровне вычислено $\sigma_{tot}/(e^+e^- \rightarrow \gamma^* \rightarrow \text{адроны})$.

Приводятся трехпетлевые поправки за счет образования глюинной пары, сопровождающейся кварк-антикварковыми двухструйными событиями.

В последнее время наблюдается возрастающий интерес к изучению феноменологических предсказаний суперсимметричных (СУСИ) моделей¹, в которых на равных с кварками и глюонами рассматриваются их СУСИ партнеры – два мультиплета цветных скаляров левой и правой киральности (сквартки L и R) и октет майорановских глюино λ^a . Анализ экспериментальных данных PETRA исключает существование сквартков с массой $m \lesssim 16$ ГэВ¹. Однако, возможность обнаружения порогов их рождения при более высоких энергиях, достижимых на e^+e^- – коллайдерах LEP и SLC, является реальной. В связи с этим представляет определенный интерес вычисление поправок теории возмущений (ТВ) к $R(s) = \sigma_{tot}(e^+e^- \rightarrow \gamma^* \rightarrow \text{адроны}) / \sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)$ в СУСИ КХД.

Рассмотрим область энергий выше порогов рождения скалярных частиц (предполагается, что $m_L = m_R > m_\lambda$), в которой СУСИ эффективно восстановлена и массовые эффекты несущественны. Лагранжиан модели имеет вид¹:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = & \mathcal{L}_{QCD} + \frac{i}{2} \bar{\lambda}^a \hat{D} \lambda^a + \\ & + (D_\mu L)^+ D_\mu L + (D_\mu R)^+ D_\mu R + \\ & + i g \sqrt{2} (\lambda_L^a L^+ T^a q_L + \lambda_R^a R^+ T^a q_R + \text{з.с.}) - \\ & - \frac{1}{2} g^2 (L^+ T^a L - R^+ T^a R)^2 \\ & + \text{член, фиксирующий калибровку} \\ & + \text{гостовский член}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $q_L = \Pi^+ q$ ($q_R = \Pi^- q$) – кварки левой (правой) киральности, а $\Pi^\pm = (1 \pm \gamma_5)/2$.

По сравнению со случаем КХД и с учетом лево-правой симметрии безмассовой СУСИ КХД, в фотонный пропагатор, связанный по унитарности с $R(s)$, на двухпетлевом уровне дают вклад семь дополнительных диаграмм. Четыре из них генерируются чисто скалярной частью лагранжиана (1) и три – его юкавским членом. В схеме \overline{MS} окончательный двухпетлевой результат имеет вид

$$R(s) = R_{\text{QCD}} + R_{\text{SUSY}} = \Sigma Q_i^2 \left(1 + \frac{\alpha_s}{\pi} + O(\alpha_s^2) \right) + \quad (2.1)$$

$$+ \frac{N_s}{4} \Sigma Q_i^2 \left(1 + \frac{2\alpha_s}{\pi} + O(\alpha_s^2) \right), \quad (2.2)$$

где $N_s = 2$ число скалярных мультиплетов, а эффективная константа связи $\alpha_s/\pi = [b \ln (s/\Lambda_{\overline{MS}}^2)]^{-1}$ выражается через первый коэффициент β -функции СУСИ КХД $b = (11 - 2f/3 - 2 - N_s f/6)/4$, в котором последние два члена соответствуют вкладу глюино и сквартков.

Заметим, что наличие в теории СУСИ, вообще говоря, предполагает применение регуляризации посредством размерной редукции $(\overline{DR})^2$, сохраняющей такую симметрию вплоть до некоторого порядка ТВ³. Повторив все вычисления в \overline{DR} , мы убедились в том, что результаты (2.1) и (2.2) не меняются. Это согласуется с утверждением о возможности перехода в кварковом канале от \overline{MS} к \overline{DR} при помощи замены $\alpha_s^{\overline{MS}} = \alpha_s^{\overline{DR}} (1 - \alpha_s^{\overline{DR}}/4\pi + \dots)$ ⁴.

Интересно сравнить (2.2) с результатом вычислений аналогичных поправок в реалистичной модели сильных взаимодействий со скалярными сквартками⁵, которая представляет собой КХД, дополненную мультиплетом дробнозаряженных цветных скалярных полей (в качестве обзора см.⁶):

$$R(s) = R_{\text{QCD}} + R_{\text{SQUARKS}} .$$

$$R_{\text{SQUARKS}} = \frac{N_s}{4} \Sigma Q_i^2 \left(1 + \frac{4\alpha_s}{\pi} + O(\alpha_s^2) \right), \quad (2.3)$$

где $N_s = 1$. Отличие (2.2) от (2.3) состоит в наличии вклада трех дополнительных диаграмм, генерируемых юкавским членом лагранжиана (1). Их учет приводит к уменьшению величины двухпетлевой поправки (2.3). На трехпетлевом уровне число дополнительных диаграмм превышает 50. Проводящиеся в настоящее время расчеты покажут, приводят ли специфические СУСИ члены к заметному уменьшению величины большой поправки⁷ порядка $O(\alpha_s^2)$ к R_{SQUARKS} .

Выполняя замену $f \rightarrow f+3$ можно независимо рассмотреть вопрос о влиянии процесса образования пары глюино с массой $m_\lambda < m_L = m_R$ на величину поправки $O(\alpha_s^2)$ к R_{QCD} ⁸. В схеме \overline{MS} ответ имеет вид

$$R_{\text{QCD}} = \Sigma Q_i^2 \left[1 + \frac{\alpha_s}{\pi} + \left(\frac{\alpha_s}{\pi} \right)^2 (1,986 - 0,115f - 0,345) \right] . \quad (3)$$

Переход к упоминавшемуся случаю \overline{DR} осуществляется посредством обсуждавшейся замены⁴. Отметим, что и в этом случае учет вклада СУСИ добавки приходит к улучшению сходимости ряда ТВ.

Авторы благодарны А.Н.Тавхелидзе за постоянную поддержку, В.А.Матвееву, Л.А.Слепченко и М.Е.Шапошникову за полезные обсуждения и организаторам II школы ИЯИ АН СССР по космологии и физике элементарных частиц (Баксан, 15 – 23 апреля 1983 г.), на которой была начата настоящая работа.

После того, как эта статья уже была написана, мы получили препринт Алтарелли, Меле и Петронцио ⁹, в котором двухпетлевые поправки к R_{SUSY} вычислялись в массивном случае. В безмассовом пределе их результат согласуется с нашим.

Литература

1. Supersymmetry versus Experiment, Preprint CERN TH-3311/EP.82/63, Geneva, 1982.
2. Siegel W. Phys. Lett., 1979, **84B**, 193.
3. Avdeev L.V., Vladimirov A.A. Nucl. Phys., 1983, **B219**, 262.
4. Altarelli G., Curci G., Martinelli G., Petrarca S. Nucl. Phys., 1981, **B187**, 461.
5. Игнатьев А.Ю., Кузьмин В.А., Матвеев В.А., Тавхелидзе А.Н., Четыркин К.Г., Шапошников М.Е. ТМФ, 1981, **47**, 147.
6. Tavkhelidze A.N. Preprint INR P-0267, Moscow, 1982.
7. Chetyrkin K.G., Gorishny S.G., Kataev A.L., Larin S.A., Tkachov F.V. Phys. Lett., 1982, **116B**, 455.
8. Chetyrkin K.G., Kataev A.L., Tkachov F.V. Phys. Lett., 1979, **85B**, 277; Dine M., Sapirstein J. Phys. Rev. Lett., 1979, **43**, 668.
9. Altarelli G., Mele B., Petronzio R. Preprint CERN TH-3597, Geneva, 1983.

Институт ядерных исследований
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
1 августа 1983 г.