Краткие сообщения по физике № 4 1977

КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА ПРИ УЧЕТЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СО СКАЛЯРНЫМ ГРАВИТАЦИОННЫМ ПОЛЕМ

В. Б. Вологодский

УДК 530.145

Показано, что учет взаимодействия со скалярным гравитационным полем не приводит к устранению расходимостей в квантовой электродинамике.

В последние годы достигнут значительный прогресс в развитии теории поля с неполиномиальным взаимодействием (см., в частности /1-4/). При этом, как было показано, например, в /1,4/, такие теории при некоторых ограничениях на лагранжиан оказываются свободными от расходимостей. В связи с этим возникает вопрос: не приведет ли учет некоторого неполиномиального взаимодействия с дополнительным полем, например, учет взаимодействия с гравитационным полем, к устранению расходимостей в квантовой электродинамике?

В ряде работ, например, в /5/, встречаются утверждения, что расходимости действительно устраняются. Однако последовательное доказательство этого утверждения в настоящее время отсутствует даже в низших порядках теории возмущения по константе электромагнитного взаимодействия. В некоторых работах, например, /6/, рассматривалась более простая задача о влиянии скалярного гравитационного поля на расходимости в квантовой электродинамике и также делалось утверждение, что расходимости устраняются и в этом случае. В данной работе будет показана ошибочность этого утверждения. Заметим прежде всего, что в упомянутых работах /5,6/ предпринималась попытка отделить вопрос о влиянии взаимодействия с гравитационным полем на расходимости в квантовой электродинамике от вопроса о собственно гравитационных расходимостях. Однако в действительности такое разделение недопустимо. Это ясно уже из того, что если исключить из рассмотрения ту часть лагранжиана, которая описывает лишь самодействие гравитационного поля, то результаты расчетов оказываются зависящими от параметризации метрического тензора, что противоречит теореме эквивалентности. В частности, в одних параметризациях выражения для матричных элементов могут оказаться конечными, а в других бесконечными. Таким образом, необходимо рассматривать весь лагранжиан в целом. В скалярном случае, когда $g_{\mu\nu}(x) = \eta_{\mu\nu}\cdot g(x)$ ($\eta_{\mu\nu}$ – тензор Минковского) лагранжиан гравитационного поля имеет вид

$$L_G = -\frac{1}{k^2}\,\eta^{\mu\nu}\,\frac{\partial_\mu g\,\partial_\nu g}{g},$$

где k – константа. Электродинамический лагранжиан при наличии взаимодействия со скалярным гравитационным полем равен (см., например, /5/):

$$L_{EM} = \frac{1}{\sqrt{g}}\left(\frac{i}{2}\,\bar{\psi}\overset{\leftrightarrow}{\hat{\partial}}\psi + e\bar{\psi}\hat{A}\psi\right) - m\bar{\psi}\psi - \frac{1}{4}F_{\mu\nu}^2 .$$

Выбирая параметризацию $g = (1 + k\varphi)^2$, получаем для полного лагранжиана

$$L_{tot} = -4\eta^{\mu\nu}\partial_\mu\varphi\partial_\nu\varphi + \frac{1}{1 + k\varphi}\left(\frac{i}{2}\,\bar{\psi}\overset{\leftrightarrow}{\hat{\partial}}\psi + e\bar{\psi}\hat{A}\psi\right) - m\bar{\psi}\psi - \frac{1}{4}F_{\mu\nu}^2 .$$

Делая замену переменных

$$\bar{\psi} \to \bar{\psi}\sqrt{1 + k\varphi}, \quad \psi \to \psi\sqrt{1 + k\varphi},$$

приходим окончательно к следующему выражению для L_{tot}:

$$L_{tot} = -4\eta^{\mu\nu}\partial_\mu\varphi\partial_\nu\varphi + \frac{i}{2}\,\bar{\psi}\overset{\leftrightarrow}{\hat{\partial}}\psi + e\bar{\psi}\hat{A}\psi - m\bar{\psi}\psi(1+k\varphi) - \frac{1}{4}F_{\mu\nu}^2 .$$

Таким образом, лагранжиан приводится к полиномиальному виду, отличающемуся от обычного выражения для электродинамического лагранжиана лишь заменой m на $m(1 + k\varphi)$. Такая модификация, как легко видеть, не приводит к устранению расходимостей.

Автор благодарен Е. С. Фрадкину за полезные обсуждения.

Поступила в редакцию
24 января 1977 г.

Литература

1. Е. С. Фрадкин, Nucl. Phys., <u>49</u>, 624 (1963).
   Е. С. Фрадкин, Nucl. Phys., <u>76</u>, 588 (1966).
   Е. С. Фрадкин. В сб. "Проблемы теоретической физики", памяти И. Е. Тамма, 1972 г., стр. 146.
2. Г. В. Ефимов, ЖЭТФ, <u>44</u>, 2107 (1963).
3. В. Я. Файнберг. В сб. "Проблемы теоретической физики", памяти И. Е. Тамма, 1972 г., стр. 119.
4. М. К. Волков. ТМФ, <u>11</u>, 273 (1972).
5. C. I. Isham, Abdus Salam, J. Strathdee, Phys. Rev., <u>D 5</u>, 2548 (1972).
6. I. Farkas, G. Pocsik, Nucl. Phys., <u>B41</u>, 157 (1972).