

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ТОК И ЗАРЯД ОТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО И СВОБОДНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

*Я. Б. Зельдович*

Гравитационное поле взаимодействует с электромагнитным. Это взаимодействие для коротких волн проявляется как отклонение лучей-траекторий фотонов, но в принципе возможно и рождение или гибель пар фотонов.

В уравнения Максвелла гравитационное поле, как известно, входит в виде диэлектрической постоянной и магнитной проницаемости, зависящих от координат и времени (см., например, [1]).

Пользуясь макроскопической терминологией можно сказать, что отсутствие "свободных" зарядов  $\operatorname{div} D = 0$  в случае переменного  $\epsilon$  не исключает наличия плотности заряда, возникающей за счет поляризации

$$\operatorname{div} E = \operatorname{div} D / \epsilon = D \operatorname{grad} \epsilon^{-1} = 4\pi \rho.$$

Это понятие можно пояснить и на диаграммном языке: подчеркнем, что диаграммы применимы и в классической теории, рассматриваемой здесь. Гравитационное поле ( $\eta$ , пунктир на рис. 1, 2) взаимодействует с тензором  $T$  энергии импульса электромагнитного поля ( $F$ , волнистая линия). Поскольку  $T$  квадратично зависит от  $F$ , в вершине две  $F$ -линии сойдясь рождают  $\eta$ -линию – см. рис. 1.

Повернув диаграмму – рис. 2, видим, что схождение  $\eta$ -линии и одной  $F$ -линии является источником другой  $F$ -линии. Но то, что является источником  $F$ -линии, может быть названо зарядом; в электродинамике заряженных частиц  $F$ -линия исходит из схождения двух электронных  $\ell$ -линий (см. рис. 3), источник  $F$  есть  $\psi^2$ , т. е. плотность электронов.

Возвращаясь к гравитационному полю, формулируем результат: гравитационное поле, взаимодействуя с электромагнитным, создает определенную плотность заряда и тока, распределенную в пространстве и линейно зависящую от электромагнитного поля. Эта плотность заряда возникает в отсутствие каких-либо частиц, возникает как результат взаимодействия двух истинно-нейтральных полей, чем и отличается от всех ранее рассматривавшихся разновидностей заряда.

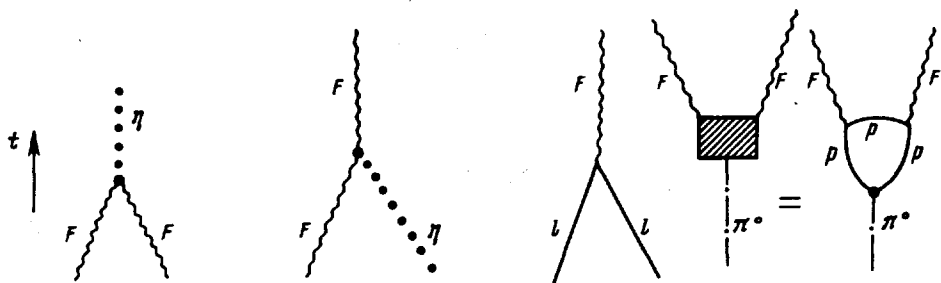


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Все явления искривления лучей, изменения интенсивности электромагнитных волн и другие в гравитационном поле могут быть описаны как взаимодействие электромагнитных волн и полей, испущенных новым зарядом, с первичным электромагнитным полем. В частности, диаграмма типа рис. 2 описывает отклонение лучей света тяжелым телом.

Взаимодействие электромагнитного поля с нейтральным скалярным  $\phi$  или тензорным второго ранга  $\chi$  полем в Лагранжиане дает члены<sup>1)</sup> вида  $\phi F^2$  или  $\chi F^2$ . Роль  $\phi$  и  $\chi$  могут играть например  $\pi^0$ -мезон и  $A_2$ -мезон; распад  $\pi^0$  на  $2\gamma$  хорошо изучен экспериментально.

При варьировании Лагранжиана по  $\delta F$  в уравнениях Максвелла в правой части появятся  $\phi F$  и  $\chi F$ , которые также можно назвать зарядами. Однако, если верен глубокий принцип минимального электромагнитного взаимодействия, то связь  $\phi F^2$ ,  $\chi F^2$  является лишь способом феноменологического описания диаграммы с петлями заряженных частиц (например протонов в первой работе Оппенгеймера по распаду  $\pi^0$ ) — см. рис. 4.

В этом смысле заряды  $\phi F$ ,  $\chi F$  в действительности описывают плотность неких заряженных частиц, например, протонов и антипротонов, виртуально появляющихся в вакууме при наличии реальных внешних  $\pi^0$  поля и электромагнитного поля. В этом же смысле электромагнитное взаимодействие нейтрона зависит от его сильного взаимодействия с заряженными адронами.

<sup>1)</sup> Тензорные индексы и производные по координатам в символической записи опускаем.

Рассеяние света на свете т. е. четырехфотонное взаимодействие (члены  $(E^2 - H^2)^2$  и  $(EH)^2$  в Лагранжиане) зависит от поляризации электронно-позитронного вакуума; в этом случае принцип минимального электромагнитного взаимодействия полностью подтвержден опытом. Таким образом "заряды" следующие из квантовой электродинамики, выраженные через  $F$ , например, пропорциональные  $F^3$  — суть зависящие от  $F$  плотности  $e^-$  и  $e^+$ . То же относится и к поляризационным поправкам пропорциональным  $\square \square F$  дающим вклад в Лэмбовский сдвиг. <sup>1</sup>

Общеизвестные принципы здесь изложены с такой подробностью, чтобы ярче противопоставить особенность нового типа заряда. <sup>1</sup>

Новый заряд связан с гравитационным взаимодействием, которое универсально.

В теории, в которой не существовали бы заряженные частицы, исчез бы распад  $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ , исчезло бы  $\gamma' + \gamma'' = \gamma''' + \gamma^{IV}$  <sup>1)</sup>, но осталась бы энергия свободного электромагнитного поля и ее гравитационное действие. Следовательно, остался бы "новый" заряд. Этот заряд — единственный, который нельзя свести к плотности заряженных частиц.

Различие может проявиться при рассмотрении измерения полного заряда в данном объеме: в случае когда эффект зависит от заряженных частиц измерение должно дать с разн. вероятностью  $0, \pm e, \pm 2e$ , где  $e$  элементарный заряд. Однако для заряда обусловленного взаимодействием гравитационного и свободного электромагнитного поля  $e$  не играет роли, целочисленность не имеет места. <sup>1</sup>

Нашей целью является новая интерпретация существующих формул и уравнений, но не изменение формул. До сих пор опыт теоретической физики неизменно подтверждает то правило, что новая интерпретация основ позволяет увидеть свойства, выводы и связи, ранее остававшиеся невыявленными. <sup>1</sup>

Институт прикладной математики  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
28 августа 1972 г. <sup>1</sup>

## Литература

[ 1 ] Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теория поля, М., Физматгиз, 1967.

<sup>2)</sup> Впрочем исчез бы эффект пропорциональный  $e^8$ , но остался бы гравитационный эффект  $\sim G^4$ .