

538,566.2

**ЗАМЕЧАНИЯ К СТАТЬЕ Д. В. СКОБЕЛЬЦЫНА
«ПАРАДОКСЫ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ
ЭФФЕКТОВ ВАВИЛОВА — ЧЕРЕНКОВА И ДОПЛЕРА»¹**

В. Л. Гинзбург

Рассмотрим неподвижную среду без дисперсии, в которой некоторый излучатель испускает достаточно узкий и длинный пучок электромагнитных волн, характеризующийся «несущим» волновым вектором \mathbf{k} ($k = (\omega/c)n$, где ω — несущая частота и n — показатель преломления). Пусть, далее, изменения энергии и импульса излучателя в результате испускания им указанного пучка равны соответственно $-\mathcal{E}$ и $-\mathbf{G}$. При этом, очевидно, электромагнитное поле и среда вместе взятые получают энергию \mathcal{E} и импульс \mathbf{G} . В предположении, что тензор энергии импульса поля в среде есть тензор Минковского, как легко видеть (см., например, ²), $\mathbf{G} = \mathbf{G}^M = = \mathcal{E}(n/c)\mathbf{k}/k$. Если же использовать тензор Абрагама, то поле получает импульс $\mathbf{G}^A = (\mathcal{E}/nc)\mathbf{k}/k$, но вместе с тем на среду действует, в частности, сила Абрагама с плотностью \mathbf{f}^A , причем полный действующий на среду импульс силы

$$\mathbf{F}^A = \int \mathbf{f}^A dt dV = \mathbf{G}^M - \mathbf{G}^A = \left(\frac{n^2 - 1}{nc} \right) \frac{\mathcal{E}\mathbf{k}}{k}.$$

Таким образом,

$$|\mathbf{G} = \mathbf{G}^M = \mathbf{G}^A + \mathbf{F}^A \quad (1)$$

и, следовательно, при вычислении импульса \mathbf{G} использование тензоров Минковского и Абрагама приводит к одному и тому же результату (подробнее см. ³).

Однако в своей статье ¹ Д. В. Скобельцын соглашается с соотношением (1), обозначенным в ¹ через (1.6), лишь для излучателя, покоящегося относительно среды. Между тем рассматриваемый данный пучок волн не может «знать» или «помнить», какой излучатель его испустил, а исходные уравнения макроскопической электродинамики в обсуждаемой неподвижной среде в равной мере применимы как для покоящихся, так и движущихся излучателей. Таким образом, по моему мнению, отрицание справедливости соотношения (1) для движущегося излучателя неверно и обусловлено сравнением совсем различных пучков волн. В силу сказанного я не вижу оснований для содержащейся в ¹ критики статьи. ³ *). Подчеркну

*) Пользуясь возможностью отметить, что в ³ в формуле (39) имеется опечатка (нужно читать \mathbf{g}^M , а не $\mathbf{g}_{m,A}$). Более существенно, что формулу (44) из ³ следует читать так:

$$\mathbf{G}^A + \int \mathbf{f}_m^{(t)} dt dV = \mathbf{G}^A + \int \mathbf{f}^A dt dV = \mathbf{G}^M,$$

где $\mathbf{f}_m^{(t)}$ — плотность силы (см., например, формулу (5) из ³).

также, что вопрос о динамике самой среды, в которой распространяется цуг волн, значительно сложнее, чем нахождение интегральных величин \mathcal{E} и G , и не имеет универсального решения (см. последний раздел статьи ³ и цитированные там статьи ⁴, ⁵).

В статье ¹ подвергается, кроме того, критике квантовая электродинамика в среде в форме, изложенной в ряде работ (см. ², ⁶ и цитированную там литературу). За недостатком места ограничусь здесь замечанием, что не считаю эту критику обоснованной. К тому же ряд соответствующих возражений из ¹ фактически совсем не связан с квантовой теорией.

Рассмотрим, например, заряд, находящийся в движущейся среде, но неподвижный в лабораторной системе отсчета. Тогда в условиях, когда имеет место излучение Вавилова — Черенкова, заряд, очевидно, не отдает энергию полю, а наоборот, получает ее в процессе излучения; иначе и быть не может, поскольку, по предположению, заряд неподвижен (или был неподвижен в начале процесса), а, следовательно, никакой энергии отдавать не может. Классической является и раскачка колебаний осциллятора, обусловленная излучением волн внутри черенковского конуса, т. е. при аномальном эффекте Допплера (см., например, ⁶, § 7, и ⁷). Между тем в ¹ именно такие эффекты при их описании на квантовом языке считаются парадоксальными или связанными с произвольными допущениями.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Д. В. Скобелевич, УФН 122, 295 (1977) (в данном номере журнала).
2. В. Л. Гинзбург, УФН 110, 309 (1973).
3. В. Л. Гинзбург, В. А. Угаров, УФН 118, 175 (1976).
4. R. N. Robinson, Phys. Rept. C16, 313 (1975).
5. R. Peierls, Proc. Roy. Soc. 347, 475 (1976).
6. В. Л. Гинзбург, Теоретическая физика и астрофизика. М., «Наука», 1875.
7. М. В. Незлин, УФН 120, 481 (1976).