



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

Редколлегия журнала "Известия вузов МВ и ССО СССР",
серия "Физика"

№ 3596-29 Ден.

УДК 538.3(08)+537.635

В.Г.Широсов

НЕСКОЛЬКО ЗАМЕЧАНИЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ВОЗРАЖЕНИЙ
В.Е.ШАПИРО О "МАГНИТОРЕЗОНАНСНЫХ СИЛАХ"

Томск - 1979

Пондеромоторное воздействие электромагнитного поля и выбор тензора энергии-импульса \hat{T} в макроскопической электродинамике до сих пор остаются темой острых дискуссий и экспериментальных исследований [1-10].

Причиной как существующих, так и продолжающихся дискуссий, является отсутствие возможности однозначно определить плотность пондеромоторной силы и связанный с ней соотношением

$$f_i = \partial T_{ik} / \partial x_k \quad (1)$$

тензор энергии-импульса.

Поэтому авторы работы [6] для интерпретации замеченных пондеромоторных эффектов в области нелинейного ферромагнитного резонанса на незакрепленных образцах использовали определение пондеромоторных сил из выражения энергии. Зачастую, для оценок, такое определение является более простым (см. [5] §18), чем непосредственное определение по формулам (1) [2,5,10].

По мнению же В.Е.Шапиро все это [6] ошибочно [8]. "...Главное - "магниторезонансных сил" не существует..." и лишнее слагаемое у авторов работы [6] тоже не существует (пропорциональное $\sim H_k \partial M_k / \partial x_i$, где \vec{H} напряженность магнитного поля, \vec{M} вектор намагниченности).

Приведем теперь полное выражение для плотности пондеромоторных сил, действующих со стороны электромагнитного поля на тела, в которых происходит намагничивание. Это выражение для пондеромоторных сил связано только с уравнениями Максвелла и

ВИНИТИ 13 1

62 9855

имеет место при любых законах Ома, законах намагничивания (см. [2] стр.343). Трехмерная пондеромоторная сила отнесенная к единице объема, при учете намагниченности отличается от силы Лоренца и согласно формуле (1), если в качестве тензора энергии-импульса электромагнитного поля взят тензор Минковского, имеет следующий вид

$$f_i^M = f_i^L + \frac{1}{2} \left(M_k \frac{\partial H_k}{\partial x_i} - H_k \frac{\partial M_k}{\partial x_i} \right) \quad (2)$$

и

$$f_i^A = f_i^M - \frac{1}{2} (\text{rot} [\vec{M} \times \vec{H}])_i + \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} [\vec{E} \times \vec{M}]_i, \quad (3)$$

если в качестве тензора энергии-импульса взят тензор Абрагама (здесь f_i^L - сила Лоренца, \vec{E} - напряженность электрического поля).

Нетрудно усмотреть, что член $\sim H_k \partial M_k / \partial x_i$ есть как у Минковского, так и у Абрагама. Таким образом отрицанием существования члена $\sim H_k \partial M_k / \partial x_i$ В.Е.Шапиро [8] удалось подвергнуть критике не только работу [6], но и работы Абрагама и Минковского, и довольно просто решить все дискуссионные вопросы [1-5].

Что касается разделения В.Е.Шапиро механического движения от магнитного ("...добавочная работа, связанная с изменением $\vec{M}(\vec{r})$... не является механической"), то это не так. Трудно отделить для пондеромоторного воздействия электромагнитного поля механику от магнетизма. В противном случае полный тензор энергии-импульса замкнутой системы поле-среда удалось бы легко разбить на две части и не было бы никакой

3596 129

дискуссии о пондеромоторных силах, которая ведется вот уже более полувека.

Далее, объяснение результатов эксперимента [6] - замысловатые перемещения незакрепленного образца по дну пробирки, отрыв двух образцов друг от друга при резонансе В.Е. Шапиро основывается на выражении для силы

$$F_i = M_k \partial H_k / \partial x_i, \quad (4)$$

полученное И.Е. Таммом [5] из силы Лоренца, в предположении постоянства \vec{M} и слабой неоднородности \vec{H} . Но хорошо известно, что силы диполь-дипольного взаимодействия между двумя образцами (для случая [6,9]) являются силами притяжения и не могут привести к отталкиванию образцов, что было обнаружено при резонансе [6,9] и не объяснено автором работы [8].

Таким образом возражения В.Е. Шапиро не являются обоснованными как теоретически [2,5,10], так и экспериментально [6,7,9].

В заключении следует отметить, что в условиях магнитного резонанса появляется возможность экспериментального измерения разницы между силой Абрагама и Минковского (3-2)

$$\Delta \vec{f} = -\frac{1}{2} \operatorname{rot} [\vec{M} \times \vec{H}] + \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} [\vec{E} \times \vec{M}] \quad (5)$$

за счет прецессии \vec{M} в фазе с \vec{H} , \vec{E} при резонансе.

62-9853

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В.И.Павлов, УФН, 124, 345, 1978.
2. Л.И.Седов, Механика сплошной среды, Наука, М., Гл.6, 1973.
3. В.Л.Гинзбург, УФН, 122, 325, 1977.
4. Д.В.Скобельцин, УФН, 122, 295, 1977.
5. И.Е.Тамм, Основы теории электричества, Наука, М., §57, Ю5, 1976.
6. А.И.Филатов, В.Г.Широносов, Изв.вузов, Физика, №1, 138, 1977.
7. А.И.Филатов, В.Г.Широносов, Изв.вузов, Физика, №8, 154, 1978.
8. В.Е.Шапиро, Изв.вузов, Физика, №8, 152, 1978.
9. В.Г.Широносов, ВИНТИ, Рег.№2035-79 Деп., 1979.
- Ю. В.Г.Широносов, Тезисы докладов Всесоюзной конференции по физике магнитных явлений, Харьков, 1979.

3596.49.