СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Р2 - 6532

В.Н.Стрельцов

К ВОПРОСУ ОБ ОПЫТЕ ТРОУТОНА-НОБЛА

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1972

P2 - 6532

В.Н.Стрельцов

К ВОПРОСУ ОБ ОПЫТЕ ТРОУТОНА-НОБЛА*

*В порядке обсуждения

Как известно, опыт Троутона и Нобла ставил своей целью обнаружение абсолютной скорости с помощью подвешенного заряженного плоского конденсатора. По классической теории на движущийся конденсатор действует момент сил, который должен привести его во вращение. Однако опыт дал отрицательный результат. С точки зрения классической физики этот результат был столь же непонятен, как, например, и отрицательный результат опыта Майкельсона-Морли. Но в теории относительности такой результат является очевидным: если конденсатор не вращается с точки зрения неподвижного (по отношению к нему наблюдается K' -система), то он не может вращаться и с точки зрения движущегося (наблюдается K -система) x/.

1. Ниже мы разберем детальнее последний вопрос, то-есть коснемся общепринятой трактовки результатов обсуждаемого опыта с точки зрения (несобственной) системы отсчета K . При этом для простоты, как

---

x/ Ранее было показано /1/, что опыт Майкельсона-Морли, приведший к отрицательному результату (в K' -системе), согласно специальной теории относительности, должен также давать отрицательный результат и с точки зрения несобственной системы отсчета K .

обычно, будем представлять упомянутый конденсатор схематически в виде стержня с закрепленными на его концах разноименными зарядами одинаковой величины e.

Тогда в системе отсчета K', где данный стержень покоится, компоненты электростатических сил, действующих на него, будут определяться выражениями:

$$F'_x = F' \cos\theta', \quad F'_y = F' \sin\theta', \quad F' = eE'.$$

При этом проекции стержня на оси x' и y' будут равны

$$L'_x = L_0 \cos\theta', \quad L'_y = L_0 \sin\theta',$$

откуда можно заключить, что

$$F'_x L'_y = F'_y L'_x, \tag{1}$$

а это означает, что в данной системе отсчета K' рассматриваемый конденсатор находится в статическом равновесии.

После перехода к другой системе отсчета K (см., например, /2/), где стержень движется со скоростью $v = \beta c$, по формулам преобразования

$$F_x = F'_x, \quad F_y = F'_y \sqrt{1-\beta^2} \tag{2}$$

и

$$L_x = L'_x \sqrt{1-\beta^2}, \quad L_y = L'_y \tag{3}$$

получают, что теперь

$$F_x L_y \neq F_y L_x, \tag{4}$$

т.е. в K -системе возникает крутящий момент сил.

Чтобы совместить этот факт с отрицательным результатом опыта Троутона-Нобла, далее выдвигается утверждение, что появившийся крутящий момент в точности компенсируется возникающим при этом моментом упругих сил.

Однако такое объяснение вряд ли можно признать удовлетворительным.

Действительно, если в обсуждаемом опыте исключить стержень[x/], то для системы двух зарядов возникающий в системе K момент сил уже ничем не будет компенсироваться. С другой стороны, следует иметь в виду, что хотя упомянутые силы и не будут направлены по линии, соединяющей заряды, вызываемые ими ускорения в соответствии с определением механической силы

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \tag{5}$$

будут тем не менее направлены в системе K (как и в исходной системе K') по линии, соединяющей данные заряды.

Таким образом оказывается, что в рамках рассматриваемого подхода наличие вращательного момента сил не приводит к вращению системы, а поэтому приведенное выше утверждение вряд ли имеет смысл.

Иными словами, можно сказать, что указанные силы являются фиктивными и не определяют фактически поведения данной системы зарядов.

Отмеченные фиктивные силы не будут возникать, если вместо обычной силы $\vec{F}$, определяемой формулой (5), мы будем, как впрочем, этого и требует сама логика специальной теории относительности, пользоваться силой Минковского, компоненты которой F_i^M могут быть записаны в виде:

$$F_i^M = \left(\frac{\vec{F}}{\sqrt{1-u^2/c^2}},\ \frac{\vec{F}\cdot\vec{u}/c}{\sqrt{1-u^2/c^2}}\right). \tag{6}$$

[x/] Например, мгновенно перерезав его, скажем, вблизи одного из зарядов.

Теперь в задачах, подобных рассмотренной выше, при переходе от системы отсчета K' к K формулы преобразования для них будут определяться следующими выражениями:

$$F_x^M = \frac{F_x^{M'}}{\sqrt{1-\beta^2}}, \qquad F_{y,z}^M = F_{y,z}^{M'}, \tag{7}$$

отличающимися, очевидно, от приведенных выше формул преобразований (2). Привлекая далее формулы (7) и (3), мы обнаружим в системе K наличие вращательного момента, который будет определяться уже отнюдь не фиктивными силами x/. Под действием указанных сил система зарядов должна тогда, казалось бы, прийти во вращение (в системе отсчета K).

Но последний вывод, очевидно, находится в противоречии с принципом относительности.

Как устранить возникающую трудность?

2. Оказывается, что отмеченная трудность вообще не будет иметь места, если вместо формулы лоренцева сокращения мы будем опираться на "формулу удлинения", являющуюся следствием другого определения понятия длины движущегося стержня /3/.

Легко видеть, что тогда вместо (4) и по аналогии с (1) будем иметь равенство

$$F_x L_y = F_y L_x, \tag{8}$$

указывающее в согласии с принципом относительности на отсутствие крутящего момента и в системе отсчета K .

В заключение отметим, что на основании подобных рассуждений, очевидно, можно убедиться в том, что момент сил не будет возникать и в случае прямоугольного рычага (см., например, /4/), рассмотренном в свое время Льюисом и Толменом.

---

x/ Поскольку теперь направление ускорения будет совпадать с направлением действия силы.

Автор благодарен В.А.Никитину за обсуждение поставленных здесь вопросов и ценные замечания.

Дополнение

Следует, впрочем, отметить, что в рамках специальной теории относительности момент силы является, строго говоря, антисимметричным 4-тензором второго ранга. Причем, например, его компонента

$$M_{xy} = L_x F_y - L_y F_x ,$$

выражается в общем случае через компоненты M'_{xy} и M'_{ty} K' -системы. Однако в рассматриваемом случае, когда $F'_t = 0$, $M'_{ty} = M'_{tx} = 0$ и

$$L_x = 2\left[\frac{1}{4}\frac{L'_x(1+\beta)}{\sqrt{1-\beta^2}} + \frac{1}{4}\frac{L'_x(1-\beta)}{\sqrt{1-\beta^2}}\right] = \frac{L'_x}{\sqrt{1-\beta^2}},$$

будем иметь, что

$$M_{xy} = \frac{M'_{xy}}{\sqrt{1-\beta^2}} = 0 ,$$

в полном соответствии с (8).

Литература

1. В.Н. Стрельцов. Сообщение ОИЯИ, Р2-5946, Дубна, 1971.
2. В. Паули. Теория относительности ГИТТЛ, М-Л, 1947, стр. 186.
3. В.Н. Стрельцов. Сообщения ОИЯИ, Р2-5555 и Р2-5626, Дубна, 1971; Н.С. Лебедева, В.М. Морозов. Препринт ИАЭ-1147, Москва, 1966.
4. В. Пановский, М. Филипс. Классическая электродинамика ГИФМЛ, М, 1963, стр. 298.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 июня 1972 года.