

Комментарий к статье А.И. Григорьева и С.О. Ширяевой „Оценка интенсивности электромагнитного излучения шаровой молнии“ (ЖТФ. 2019. Т. 89. Вып. 1. С. 22–26.)

© М.Л. Шматов

Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН,
194021 Санкт-Петербург, Россия
e-mail: M.Shmatov@mail.ioffe.ru

Поступило в Редакцию 29 октября 2019 г.
В окончательной редакции 6 ноября 2019 г.
Принято к публикации 15 февраля 2020 г.

DOI: 10.21883/JTF.2020.08.49553.356-19

В работе [1] сделана попытка оценить в рамках некоторой модели несколько параметров шаровой молнии на основании сообщений о том, что пролет шаровой молнии рядом с выключенной лампой накаливания вызывал ее свечение, прекращающееся при последующем удалении шаровой молнии. При этом предполагается, что обсуждаемый эффект обусловлен нагревом нити накаливания токами, индуцированными электромагнитной волной, испускаемой шаровой молнией [1]. Ниже показано, что работа [1] содержит как минимум две принципиально важных ошибки, обесценивающих значительную часть представленных в ней результатов.

Интенсивность I электромагнитного излучения, испускаемого зарядом величиной q при движении с ускорением a , рассчитана в работе [1] по формуле

$$I = \frac{q^2 a^2}{6\pi\epsilon_0 c^3}, \quad (1)$$

где ϵ_0 — электрическая постоянная, c — скорость света в вакууме. Это соответствует использованию термина „интенсивность“ в смысле „энергия, излучаемая за единицу времени“ [2,3], что видно, прежде всего, из размерности. В работе [1], где формула (1) введена под номером пять и для описания шаровой молнии используется сокращение ШМ, сделано следующее утверждение: „Чтобы интенсивность излучения, рассчитываемую по формуле (5), можно было сравнить с интенсивностью излучения у поверхности ШМ $I \sim 0.1$ W, последнюю нужно умножить на коэффициент X , учитывающий ослабление напряженности поля в волне с расстоянием. Численное значение этого коэффициента определится выражением $X \sim (L_2/L_1)^2$, если принять, что (5) дает интенсивность поля в волне на расстоянии L_1 , а расстояние от ШМ до лампочки L_2 . Принимая $L_1 \sim 1000$ м, $L_2 \sim 0.1$ м, получим $X \sim 10^{-8}$ “. Подход, сформулированный в данном утверждении, противоречит физическому смыслу формулы (1), а его использование обесценивает все приведенные в работе [1] оценки характерных значений a и основанные на них качественные выводы.

Подчеркнем, что представленная в приведенной выше цитате величина $I \sim 0.1$ W, где знак „ \sim “ имеет, вероятно, значение „порядка“ (или, говоря более подробно, „является величиной порядка“), получена в работе [1] по формуле, соответствующей использованию термина „интенсивность“ в смысле „энергия излучения, проходящего за единицу времени через единицу площади“ и дающей результат размерностью W/m^2 . Автору данного Комментария не удалось понять, является ли это несоответствие размерностей опечаткой, сделанной несколько раз, или еще одной принципиальной ошибкой, влияющей на рассуждения авторов и представленные результаты. Причина состоит в том, что в примере, представленном в [1], мощность нагрева нити накаливания порядка 1 W, но возможность согласования этой величины с вышеупомянутым значением I не обсуждается. Естественно ожидать, что правильная размерность I соответствует ограничению снизу на радиус шаровой молнии, тогда как неправильная требует, даже при оценках по порядку величины, обоснования существенного, на порядок, расхождения мощности нагрева с I , однако вопросы такого рода в [1] не затронуты.

При попытке обосновать возможность испускания шаровой молнией электромагнитного излучения, вызывающего свечение лампы накаливания, при сравнительно малых значениях a в работе [1] сделана вторая однозначно идентифицируемая принципиальная ошибка. Выдвигается предположение, что заряд, ускоренное движение которого вызывает испускание обсуждаемого электромагнитного излучения, индуцируется в шаровой молнии внешним электрическим полем [1]. При этом делается следующее утверждение: „Величина заряда, индуцированного в электропроводной сфере радиуса R внешним полем E_0 , определится соотношением $Q \sim E_0 R^2$ “ [1]. При вычислениях в системе СИ, используемой в работе [1], это утверждение верно только в случае, когда знак „ \sim “ понимается в смысле пропорциональности, что видно из размерности. В обсуждаемой ситуации авторы [1] используют этот знак в смысле приближенного равенства или указания на порядок величины и приводят

пример с $E_0 \sim 1000 \text{ V/m}$, $R = 0,15 \text{ м}$ (эти величины служат как примеры напряженности приземного электрического поля в грозовую погоду и радиуса шаровой молнии соответственно) и $Q \sim 20 \text{ С}$ (таким образом, используется тот факт, что $1000 \cdot 0,15^2 = 22,5 \approx 20$). В книге [4] (задача 1 к параграфу 3 главы I, с. 31) рассмотрена поляризация проводящего незаряженного шара во внешнем однородном электрическом поле. Переписав полученное при этом выражение для поверхностной плотности электрического заряда в системе СИ и используя обозначения работы [1], легко показать, что на одной половине шара (или проводящей сферы) индуцируется положительный заряд $3\pi\epsilon_0 E_0 R^2$, который можно считать равным Q , а на другой — отрицательный заряд такой же абсолютной величины. При $E_0 \approx 1000 \text{ V/m}$ и $R = 0,15 \text{ м}$ $3\pi\epsilon_0 E_0 R^2 \approx 1,9 \cdot 10^{-9} \text{ С}$, что на десять порядков меньше соответствующей величины из [1].

Таким образом, авторы работы [1] не представили корректных оценок, способных служить для иллюстрации принципиальной возможности нагрева нити накаливания до визуально обнаружимого свечения токами, индуцированными электромагнитной волной, испускаемой шаровой молнией.

В заключение отметим, что установление одного или нескольких физических механизмов бесконтактного воздействия шаровой молнии на различные предметы и людей (см., например, обзор [5] и библиографию в [1,5]) необходимо для определения опасности шаровой молнии для людей и самолетов, а также для оптимизации лечения людей, пострадавших от воздействия шаровой молнии. Способность модели шаровой молнии объяснить надежные сообщения о таком воздействии может рассматриваться как один из критериев целесообразности ее экспериментальной проверки.

Конфликт интересов

Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

Список литературы

- [1] Григорьев А.И., Ширяева С.О. // ЖТФ. 2019. Т. 89. Вып. 1. С. 22–26. DOI: 10.21883/JTF.2019.01.46956.84-18 [Tech. Phys. 2019. Vol. 64. N 1. P. 14–18. DOI: 10.1134/S1063784219010146]
- [2] Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 3,4, 3-е изд., М.: Мир, 1976. 496 с. [Feynman R.P., Leighton R.B., Sands M. The Feynman lectures on physics. Vol. 1. Reading, Massachusetts, Palo Alto, London: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1963].
- [3] Ахиезер А.И., Ахиезер И.А. Электромагнетизм и электромагнитные волны. М.: Высш. шк., 1985. 504 с.
- [4] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред [Теоретическая физика. Том VIII], 2-е изд., перераб. и доп. Лифшицем Е.М. и Питаевским Л.П. М.: Наука, 1982. 624 с.
- [5] Shmatov M.L., Stephan K.D. // J. Atmos. Sol. Ter. Phys. 2019. Vol. 195. P. 105115. DOI: 10.1016/j.jastp.2019.105115

Мнение о работе Шматова М.Л. «Комментарий к статье А.И. Григорьева и С.О. Ширяевой „Оценка интенсивности электромагнитного излучения шаровой молнии“»

К сожалению, оба замечания Шматова М.Л. справедливы, за них авторы весьма признательны.

Первое замечание, однако, мало что меняет в численных оценках, которые проводились по порядку величины, а само замечание (несмотря на грубую ошибку авторов) при его учете приводит к численному коэффициенту 3.

Второе замечание действительно существенно (репутаны системы физических единиц): в итоге роль заряда, индуцированного внешним электрическим полем, в генерации электромагнитного излучения ШМ оказывается незначительной по сравнению с ролью собственного не скомпенсированного заряда.

И все-таки, авторы, признавая собственный прискорбный промах, полагают, что изложенный в работе материал представляет научный интерес, а скрупулезное отношение внимательного читателя позволило улучшить качество изучения рассмотренного в работе вопроса.

Григорьев А.И.