

Уравнение Клейна-Гордона

Впервые мысль о шаровой молнии возникла, когда получил точное решение волнового уравнения Клейна-Гордона в цилиндрической системе координат:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} - \frac{\omega_L^2 U}{c^2} = 0 \quad (1)$$

Уравнение (1) описывает многие волновые процессы, в том числе распространение радиоволн в ионосферной плазме. Этой задачей я в то время занимался. Решение выглядит так:

$$U(r, \varphi) = \frac{A_0}{r^n} \exp \left[i(\omega t - k_\varphi \varphi) \right] \quad (2)$$

Все привыкли к тому, что волна распространяется из одной части пространства в другую, или из бесконечности в бесконечность, а здесь центр ее стоит на месте, а сама она вращается! Правда, в нулевой точке координат при положительных n волна имеет «особенность» – ее амплитуда принимает бесконечно большие значения. Следовательно, такой волновой процесс физически не реализуем.

Но это только в однородной среде, когда плазменная (или ленгмюровская) частота ω_L постоянна по пространству! Если предположить, что плазма имеет неоднородность, например, в виде цилиндрического понижения плотности в центре вращения, то можно получить точные решения без особенностей, т.е. физически реализуемые. Пусть распределение плазмы в пространстве задается формулой:

$$\omega_L^2 = \omega_{L0}^2 \left(1 - \frac{1}{8(1+r^2)^2} \right) \quad (3)$$

тогда решением уравнения Клейна-Гордона (1) будет функция:

$$U(r, \varphi) = \frac{A_0 r}{1+r^2} \exp \left[i(\omega t - \varphi) \right] \quad (4)$$

Подставляя (4) и (3) в (1), мы убеждаемся, что это есть точное решение волнового уравнения. Но соответствует ли оно какой-то физике? Ведь иногда математика может дать решения, которые в природе ничему не соответствуют. В случае, если решение описывает физику какого-то процесса, он обычно наблюдается в природе. Чему может соответствовать вращающаяся волна (4)?

Тогда впервые и возникла мысль о шаровой молнии.

Вскоре от этой мысли пришлось отказаться. Шаровая молния в виде вращающейся волны (4), полученной из уравнения Клейна-Гордона объясняет, пожалуй, только один эффект — прохождение через стекло. Отчего бы радиоволне не пройти через стекло? Это же диэлектрик. Все остальное не укладывалось в известные факты.

Это не отвергает возможность объяснения природы шаровой молнии с помощью электромагнитных волн, но конкретный механизм вращающейся волны не имеет к ней отношения.

Во-первых, само уравнение Клейна-Гордона описывает плазму без столкновений, которая может существовать в ионосфере, но для плазмы, возникающей в приземной атмосфере из электрического разряда, оно не применимо.

Во-вторых, а откуда же берется энергия? Конечно, можно согласиться с П.Л. Капицей, что молния существует за счет подвода энергии извне с помощью радиоволн, но возникает не менее сложная задача понять, а где же генератор? И как он работает? Ведь проводились эксперименты по проверке этой гипотезы, которые показали, что в радиоизлучении грозы существуют микроволны, но их интенсивность и длительность существования совершенно не достаточны для поддержания шаровой молнии.

Надо действовать последовательно: записать уравнения Максвелла и попытаться получить из них волновое уравнение для плазмы.

Мысль о шаровой молнии стала жить самостоятельно, без привязки к вращающимся волнам. Кстати, вполне возможно, что такие волны могут существовать в ионосфере на вытянутых вдоль геомагнитного поля неоднородностях.