

Взаимодействие электромагнитных волн в нелинейной электродинамике

Пётр Сатунин
e-mail: satunin@ms2.inr.ac.ru

Классическая электродинамика, основанная на уравнениях Максвелла, является линейной теорией — в ней отсутствует взаимодействие электромагнитных волн друг с другом.

Тем не менее, из-за квантовых поправок (взаимодействие с виртуальными электронами) такое взаимодействие возникает (теория Эйлера-Гейзенберга), хотя и величина настолько мала, что до сих пор не измерено экспериментально в лаборатории (хотя экспериментальная точность близка к этому). Модифицированные уравнения Максвелла в вакууме имеют вид подобный уравнениям Максвелла в веществе:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \mathbf{H} &= \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \left[\frac{\partial \mathbf{P}}{\partial t} - \operatorname{rot} \mathbf{M} \right] & \operatorname{div} \mathbf{E} &= [-\operatorname{div} \mathbf{P}] \\ \operatorname{rot} \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} & \operatorname{div} \mathbf{H} &= 0 \end{aligned}$$

Здесь вектора вакуумной поляризации \mathbf{P} и магнетизации \mathbf{M} имеют вид

$$\begin{aligned} \mathbf{P}(\mathbf{r}, t) &= \frac{16\alpha_e^2}{45m_e^4} \left[(E^2 - H^2) \mathbf{E} + \frac{7}{2}(\mathbf{E}, \mathbf{H})\mathbf{H} \right] \\ \mathbf{M}(\mathbf{r}, t) &= \frac{16\alpha_e^2}{45m_e^4} \left[(E^2 - H^2) \mathbf{H} - \frac{7}{2}(\mathbf{E}, \mathbf{H})\mathbf{E} \right] \end{aligned}$$

В данной работе предлагается исследовать взаимодействие электромагнитных волн большой амплитуды друг с другом: понять характер взаимодействия (лучи притягиваются либо отталкиваются друг от друга) и описать взаимодействие количественно. Электромагнитные волны радиочастотного диапазона от неизвестных источников описаны в астрофизике под названием "быстрые радиовсплески". Вблизи источника этого излучения амплитуда волн должна быть достаточно большой чтобы описываться нелинейными уравнениями Максвелла.