

ПРЕДЕЛЬНО КОРОТКИЕ ОПТИЧЕСКИЕ ИМПУЛЬСЫ В ПРИСУТСТВИИ ДИЛАТОНОВ*

Н.Н. Конобеева, М.Б. Белоненко

Волгоградский государственный университет, г.Волгоград, Россия

На основании численного решения уравнения Максвелла, связанного с дилатонным полем в плоском пространстве времени, было проанализировано распространение предельно короткого оптического импульса. Динамика импульса оказалась неустойчивой и импульс коллапсирует. Рассмотрено влияние параметра α лагранжиана для случаев скалярной теории Эйнштейна – Максвелла, низкоэнергетического действия теории струн, уравнений поля Калуцы – Клейна, полученных из размерной редукции пятимерной теории Эйнштейна.

Ключевые слова: дилатоны, предельно короткие импульсы, коллапс.

Введение

Скалярные поля как фундаментальное взаимодействие в физике являются одним из главных предсказаний теории Калуцы – Клейна и теории суперструн [1–3]. Скалярные поля также появляются в теории Бранса – Дикке и служат необходимым компонентом для космологических моделей с инфляцией [4–6]. Отметим, что они также необходимы и в стандартной модели для придания частицам массы [7–9] и выступают в качестве кандидата на роль темной материи [10–12].

Необходимо отметить, что существует ряд вопросов, в основном связанных с обнаружением данных полей. Ряд предсказанных различными теориями скалярных полей еще не обнаружены и здесь возможны различные подходы. Скалярные поля достаточно слабо взаимодействуют с материей в большинстве теорий, в этом случае необходимо предлагать как схемы новых детекторов, так и физические эффекты, по которым скалярные поля могут быть обнаружены косвенным образом. Естественно, что данные поля будут играть ведущую роль при сильной гравитации, например, при рождении Вселенной или в пульсарах, или черных дырах. Как пример, отметим, что наблюдаемая инфляция может быть косвенным доказательством их существования. Определенный прогресс был достигнут при использовании пертурбативных методов, которые явно мало применимы вблизи черных дыр или пульсаров. В общем случае необходимо искать точные нестационарные решения, что сопряжено с рядом трудностей.

Как некая альтернатива может рассматриваться взаимодействие достаточно сильного электромагнитного поля со скалярными полями. Дополнительным стимулом выступает и имеющийся прогресс в области получения экстремально сильных электромагнитных полей [13–15]. В качестве скалярного поля в данной работе было выбрано поле дилатонов, которое естественным образом возникает в ряде теорий [16–18]. Если распространение электромагнитного импульса в вакууме приводит (без учета поправочных слагаемых в форме лагранжиана Гейзенберга – Эйлера [19]) к дифракционному уширению импульса и соответственно к уменьшению его амплитуды, то в присутствии дилатонов возникают дополнительные нелинейные эффекты. Из этого следует необходимость изучения данных эффектов как возможного способа обнаружения дилатонов. Все это и послужило стимулом для написания настоящей работы.

1. Основные уравнения

Лагранжиан задачи имеет вид [20]

$$L = \sqrt{-g} \left(-2(\nabla\phi)^2 - e^{-2\alpha\phi} F^2 \right), \quad (1)$$

где g – определитель метрического тензора; ϕ – поле дилатонов; F – поле Максвелла. Константа α – свободный параметр, который определяет силу связи дилатонов с полем Максвелла. Причем, когда $\alpha = 0$, действие сводится к скалярной теории Эйнштейна – Максвелла. В случае $\alpha = 1$, дейст-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (проект № 0633-2020-0003).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>