

**ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
РАВНОВЕСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ**

Ю.М. Полуэктов

Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», г. Харьков, Украина

Показано, что взаимодействие электромагнитного поля с вакуумом электрон-позитронного поля приводит к зависимости скорости распространения света от температуры излучения. Оценки показывают, что в современную эпоху даже при очень высоких температурах, например, таких, которые существуют в недрах звезд, зависящая от температуры поправка к скорости света оказывается крайне малой. Однако в космологической модели горячей Вселенной в первые мгновения после Большого взрыва температура была столь велика, что скорость света на много порядков превосходила современную. Эффект зависимости скорости света от температуры должен быть существенен для понимания ранней эволюции Вселенной.

Ключевые слова: *скорость света, электромагнитное поле, электрон-позитронный вакуум, температура, модель горячей Вселенной.*

Введение

Классические уравнения Максвелла в вакууме линейны и содержат фундаментальную постоянную размерности скорости, которая имеет смысл скорости распространения электромагнитных волн. Однако в рамках квантовой электродинамики взаимодействие электромагнитного поля с вакуумом электрон-позитронного поля приводит к взаимодействию фотонов друг с другом [1]. Вследствие этого уравнения электромагнитного поля становятся нелинейными. Хотя эта нелинейность и эффекты рассеяния света на свете, как правило, ничтожно малы, они могут приводить к качественно новым явлениям, в частности, к зависимости скорости света равновесного излучения от температуры. Зависимость скорости распространения света в материальной среде от температуры является естественным эффектом, поскольку диэлектрическая проницаемость среды зависит от термодинамических переменных и, в частности, от температуры. В случае, рассматриваемом в данной работе, речь идет о зависимости скорости света от температуры в вакууме, в чем проявляется сложная природа физического вакуума. Температурная поправка к скорости света ранее рассматривалась в работе [2]. Влияние модификации вакуума, вызванное различными внешними условиями, на скорость распространения света при конечной температуре исследовалось в [3–7].

В данной работе влияние взаимодействия фотонов на скорость их распространения рассмотрено в рамках теории самосогласованного поля, что позволяет учесть эффект среднего поля, создаваемого фононами, величина которого существенно зависит от плотности числа фотонов. Для описания равновесного электромагнитного излучения использована модель самосогласованного поля в том варианте, который для нерелятивистских ферми- и бозе-систем был развит в работах [8–10]. К релятивистским полевым моделям этот подход был применен в [11, 12]. Влияние нелинейных эффектов на распространение фононов в рамках указанного подхода исследовалось в работах [13, 14]. В них теория Дебая была обобщена с учетом взаимодействия фононов и было показано, что скорость распространения фононов возрастает с температурой. Здесь аналогичный подход использован для описания системы взаимодействующих фотонов, взаимодействие между которыми учитывается с помощью гамильтониана Эйлера – Гейзенберга [1]. Показано, что при низких частотах, таких что $\hbar\omega \ll mc^2$, где ω – частота фотона, m – масса электрона, c – скорость света, поправка к скорости света положительна и пропорциональна T^4 . В этом пределе рассматриваемый эффект очень мал. Представляет интерес рассмотреть данный эффект в противоположном высокочастотном пределе $\hbar\omega \gg mc^2$, что отвечает очень высоким температурам. Хотя, строго говоря, в этом пределе мы выходим за рамки применимости описания с помощью гамильтониана Эйлера – Гейзенберга, тем не менее данная модельная задача представляет заметный интерес и приводит к разумным результатам. В частности, в этом высокотемпературном пределе оказываются

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>