

УДК 530.12:531.551

Е.В. КУВШИНОВА, Д.М. ЯНИШЕВСКИЙ

СПОНТАННОЕ НАРУШЕНИЕ КАЛИБРОВОЧНОЙ СИММЕТРИИ В МЕТРИКАХ ТИПА III И VIII ПО БЬЯНКИ

Спонтанное нарушение калибровочной симметрии в космологии, в том числе в космологических моделях с вращением, исследовалось в ряде работ. В рамках общей теории относительности рассмотрено спонтанное нарушение калибровочной симметрии комплексного скалярного поля в космологических моделях с метриками III и VIII по Бьянки.

Ключевые слова: спонтанное нарушение калибровочной симметрии, космология с вращением, комплексное скалярное поле, однородное пространство.

Введение

Эффект спонтанного нарушения калибровочной симметрии в искривлённом пространстве-времени представляет интерес тем, что даёт механизм возникновения ненулевых масс элементарных частиц, являющийся следствием кривизны пространства-времени, обусловленной существованием материи во Вселенной [1–3]. Кроме того, данный эффект позволяет связать единые калибровочные теории слабых, электромагнитных и сильных взаимодействий с возможным изменением геометрии на малых расстояниях. В большинстве из этих теорий спонтанное нарушение симметрии вводится искусственно путем приписывания мнимого значения голой массы хиггсовской частице. При этом существенно, что скалярное поле описывается уравнением с конформной связью, а слагаемое со скалярной кривизной играет роль, аналогичную квадрату мнимой массы и собственно приводит к спонтанному нарушению симметрии. Сам эффект связан не столько со знаком кривизны, сколько с отрицательностью чисто пространственной кривизны открытых космологических моделей. Например, несмотря на $R = 0$, спонтанное нарушение симметрии имеет место в открытой фридмановской модели с веществом, удовлетворяющим ультрарелятивистскому уравнению состояния $p = \varepsilon/3$. В [1] описано самодействующее комплексное скалярное поле в открытой модели Фридмана с плотностью лагранжиана

$$L = \sqrt{-g} [g^{ik} \partial_i \phi^* \partial_k \phi - (m^2 - \tilde{R}/6) \phi^* \phi - (\Lambda/6) (\phi^* \phi)^2], \quad (1)$$

обладающей калибровочной инвариантностью при $\phi \rightarrow \phi \exp(i\alpha)$, $\phi^* \rightarrow \phi^* \exp(-i\alpha)$. В моделях закрытого типа спонтанное нарушение симметрии происходит при $\Lambda < 0$. Если, как обычно, обозначить за $|0\rangle$ основное вакуумное состояние в картине Гейзенберга в начальный момент $\eta = 0$, то из пространственной однородности следует отличное от нуля вакуумное среднее, которое может зависеть лишь от времени.

Вследствие С-инвариантности состояния $|0\rangle$ величина g вещественна. Отличие q от нуля означает спонтанное нарушение калибровочной симметрии. В [1] показано, что такое нарушение действительно происходит в открытом пространстве Фридмана. Слабая, но всё же существующая анизотропия излучения реликтового фона, а также другие обстоятельства, рассмотренные рядом авторов в [4–6], вызывают интерес к анизотропной космологии. В данной работе исследованы условия возникновения данного эффекта в однородных, но не изотропных моделях.

Нарушение симметрии в метрике III типа Бьянки

Метрика данного типа имеет следующий вид:

$$ds^2 = dt^2 - 2R\sqrt{me^{hx}} dy dt - R^2 (dx^2 + ke^{2hx} dy^2 + dz^2), \quad (2)$$

$$m, k > 0.$$

Рассмотрим самодействующее комплексное скалярное поле $\phi(t)$ в искривленном пространстве с метрикой (2), удовлетворяющее уравнению

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>