ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2017 Математика. Механика. Информатика Вып. 4(39)

УДК 530.12:531.551

Эффект спонтанного нарушения симметрии в моделях типа II, IV по Бьянки

О. В. Сандакова
Пермский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15
o_sandakova@list.ru

Рассматривается эффект спонтанного нарушения калибровочной симметрии в космологических моделях с расширением и вращением для метрик типа II и IV по Бьянки. Спонтанное нарушение симметрии вакуума выражается в том, что он отдает энергию на рождение микрообъектов, на приобретение их масс и зарядов, вследствие чего плотность энергии вакуума уменьшается. Найдены условия, при которых происходит спонтанное нарушение симметрии для вышеназванных моделей.

Ключевые слова: *спонтанное нарушение симметрии; вращение модели; уравнения Эйнштейна.*

DOI: 10.17072/1993-0550-2017-4-69-74

Введение

Одним из важных открытий современного естествознания является тот факт, что все многообразие окружающего нас физического мира связано с тем или иным нарушением определенных видов симметрий. "Симметричное обозначает нечто, обладающее хорошим соотношением пропорций, а симметрия – тот вид согласованности отдельных частей, который объединяет их в целое. Красота тесно связана с симметрией", – писал Г. Вейль в своей книге "Этюды о симметрии". Он ссылается при этом не только на пространственные соотношения, т.е. геометрическую симметрию. Разновидностью симметрии он считает гармонию в музыке, указывающую на акустические приложения симметрии.

В широком смысле симметрия – это понятие, отображающее существующий в объективной действительности порядок, определенное равновесное состояние, относительную устойчивость, пропорциональность и соразмерность между частями целого.

Важным понятием в современной физике является понятие калибровочной симметрии. Калибровочные симметрии связаны с инвариантностью относительно масштабных преобразований. Так, в СТО физические законы не изменяются относительно переноса (сдвига) системы координат. Траектории движения остаются прямолинейными, пространственный сдвиг остается одинаковым у всех точек пространства. Таким образом, здесь работают глобальные калибровочные преобразования.

Одной из важнейших особенностей геометрических симметрий является их связь с законами сохранения. Значение законов сохранения (законы сохранения импульса, энергии, заряда и др.) для науки трудно переоценить. Дело в том, что понятие симметрии применимо к любому объекту, в том числе и к физическому закону.

Наиболее общий подход к взаимосвязи симметрий и законов сохранения содержится в знаменитой теореме Э. Нетер. В 1918 г., работая в составе группы по проблемам теории относительности, она доказала теорему, упрощенная формулировка которой гласит: если свойства системы не меняются относительно какого-либо преобразования переменных, то этому соответствует некоторый закон сохранения.

Взаимосвязь симметрии и асимметрии рассматривается современной наукой в различных аспектах, охватывающих саморазвитие материи на всех ее структурных уровнях.

Так, современное видение эволюции Вселенной основано на идее о т.н. спонтанном нарушении симметрии исходного вакуума. Под исходным вакуумом понимают состо-

© Сандакова О. В., 2017

яние материи до Большого взрыва, когда вся материя была представлена физическим вакуумом.

В настоящее время считается, что истинный физический вакуум – это состояние материи с наименьшей энергией. Идея спонтанного нарушения симметрии исходного вакуума означает отход от общепринятого представления о вакууме как о состоянии, в котором значение энергии всех физических полей равно нулю. Здесь признается возможность существования состояний с наименьшей энергией при отличном от нуля значении некоторых физических полей и возникает представление о существовании вакуумных конденсатов – состояний с отличным от нуля средним значением энергии. Спонтанное нарушение симметрии означает, что при определенных макроусловиях фундаментальные симметрии оказываются в состоянии неустойчивости, а платой за устойчивое состояние является асимметричность вакуума. (Для такого вакуума введен термин "ложный вакуум")

Один из наиболее вероятных сценариев эволюции Вселенной включает инфляционную стадию (раздувание) от "ложного вакуума" – вакуума, обладающего огромной энергией. Такой вакуум обладает стремлением к гравитационному отталкиванию, обеспечивающему его расширение.

"Ложный" вакуум представляет собой симметричное, но энергетически невыгодное, а следовательно, нестабильное состояние. В свете инфляционной теории эволюция Вселенной предстает как синергетический самоорганизующийся процесс. Если считать Вселенную замкнутой системой, то процессы самоорганизации могут быть рассмотрены как взаимодействие двух открытых подсистем – физического вакуума и всевозможных микрочастиц и квантов полей. Согласно этой теории в процессе расширения из "суперсимметричного" состояния Вселенная разогрелась до температуры, соответствующей Большому взрыву. Дальнейшее ее развитие по мере падения температуры пролегало через критические точки бифуркации (ветвления), в которых происходили спонтанные нарушения симметрий исходного вакуума. Схематично этот процесс представляется в следующем упрощенном виде:

1-я бифуркация: нарушение симметрии (тождества) между бозонами и фермионами привело к разделению материи на вещество и поле;

2-я бифуркация: нарушение тождества между кварками и лептонами; симметрия Вселенной нарушается до симметрии, отвечающей сильным взаимодействиям и симметрии, отвечающей электрослабым взаимодействиям; нарушается также симметрия между веществом и антивеществом: частиц вещества рождается больше, и вся наша Вселенная оказывается построенной из вещества;

3-я бифуркация: спонтанное нарушение симметрии электрослабого взаимодействия, что обнаруживается нами в виде различия между электромагнитным и слабым взаимодействием.

4-я бифуркация: возникают протоны и нейтроны.

Дальнейшая эволюция Вселенной приводит к возникновению водорода, гелия, ионизованного газа, звезд, галактик и т.д.

Спонтанное нарушение симметрии вакуума выражается в том, что он отдает энергию на рождение микрообъектов, на приобретение их масс и зарядов, вследствие чего плотность энергии вакуума уменьшается.

В [1] рассмотрено несколько примеров спонтанного нарушения симметрии скалярного поля с самодействием во внешних полях. К спонтанному нарушению симметрии приводит, в частности, взаимодействие с сильным статическим либо высокочастотным переменным электрическими полями. В [1] показано, что гравитационное поле, описываемое метрикой однородного изотропного пространства открытого типа, также служит инициатором спонтанного нарушения симметрии в первоначально симметричной системе. Этот эффект представляет интерес, во-первых, потому, что дает механизм возникновения ненулевых масс элементарных частиц, обусловленных кривизной пространства-времени, т.е. в конечном счете наличием материи во Вселенной.

Во-вторых, эффект спонтанного нарушения симметрии в искривленном пространстве-времени позволяет связать единые калибровочные теории слабых, электромагнитных и сильных взаимодействий с возможным изменением геометрии на малых расстояниях. В большинстве случаев спонтанное нарушение симметрии из этих теорий вводится искусственно, путем приписывания отрицательного квадрата массы хиггсовской частице.

Для безмассового поля вакуумное состояние со спонтанно нарушенной калибровочной симметрией обладает отрицательной энергией и является предпочтительным (по сравнению с обладающим нулевой энергией симметричным состоянием) на всех стадиях эволюции.

Исследование эффекта спонтанного нарушения симметрии в метриках типа II и IV по Бьянки

Спонтанное нарушение калибровочной симметрии в космологии, в том числе в космологических моделях с вращением, исследовалось в работах [2, 3]. Мы рассмотрели эффект спонтанного нарушения калибровочной симметрии в космологических моделях с расширением и вращением с метриками типа II, IV по Бьянки.

Рассмотрим модели с метрикой Бьянки:

$$ds^2 = dt^2 - 2R(t)\eta_i dx^i dt - R^2(t)\gamma_{ij} dx^i dx^j,$$

$$\eta_i = \mu_a e_i^a,\ \gamma_{ij} = \lambda_{ab} e_i^a e_j^b,$$

где

$$\mu_a,\ \lambda_{ab} - const(a,\ b = 1,2,3)\ (\det\ \lambda_{ab} \neq 0).$$

Возьмем коэффициенты в виде $\mu_a = \{0, \mu, 0\}$ и $\lambda_{ab} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$.

Работа проведена для метрик Бьянки

типа II: $e_i^a = \begin{pmatrix} 1 & -z & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

и типа IV: $e_i^a = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & e^x & 0 \\ 0 & xe^x & e^x \end{pmatrix}$.

При рассмотрении сопутствующей жидкости в таких пространствах расширение

$$\theta = \frac{3\dot{R}(t)}{R(t)},\ \text{сдвиг}\ \sigma = 0.$$

Рассмотрим эффект спонтанного нарушения калибровочной симметрии для метрики типа II по Бьянки:

$$ds^2 = dt^2 + 2\mu R(t)\left[zdxdt - dydt\right] - R^2(t) * \\ *[\left(\lambda z^2 + 1\right)dx^2 - 2\lambda zdxdy + \lambda dy^2 + dz^2] \qquad (1)$$

Параметры модели:

вращение $\omega = \dfrac{\mu}{2R(t)}$,

ускорение $a = \dfrac{\dot{R}(t)\mu}{R(t)\sqrt{\lambda + \mu^2}}$.

При этом мы предполагаем, что одним из источников гравитационного поля является сопутствующая идеальная жидкость, у которой вращение $\omega = \dfrac{\mu}{2R(t)}$.

Рассмотрим самодействующее комплексное скалярное поле $\varphi(t)$ в искривленном пространстве с метрикой (1), удовлетворяющее уравнению

$$g^{ik}\nabla_i\nabla_k\varphi + M^2\varphi - \frac{1}{6}\tilde{R}\varphi + \frac{\Lambda}{3}\varphi^*\varphi^2 = 0, \qquad (2)$$

$$(\Lambda > 0)$$

которое получается из плотности лагранжиана

$$L = \sqrt{-g}[g^{ik}\partial_i\varphi^*\partial_k\varphi - M^2\varphi^*\varphi + \\ + \frac{\tilde{R}}{6}\varphi^*\varphi - \frac{\Lambda}{6}(\varphi^*\varphi)^2], \qquad (3)$$

инвариантной относительно калибровочных преобразований вида

$$\varphi \to \varphi\exp(i\alpha),\ \varphi^* \to \varphi^*\exp(-i\alpha).$$

Обозначим |0> гейзенберговское вакуумное состояние, определенное при t=t_{pl}. Из пространственной однородности (1) вытекает, что если вакуумное среднее φ отлично от нуля, то оно может зависеть только от t:

$$< 0|\varphi(t,x,y,z)|0 > = < 0|\varphi(t)|0 > = q(t). \qquad (4)$$

Вследствие C-инвариантности состояния |0> величина q – вещественна. Отличие q от нуля означает спонтанное нарушение калибровочной симметрии. При этом в ходе усреднения (2) по состоянию |0> предполагается

$$< 0|\varphi^*\varphi^2|0 > \approx < 0|\varphi^*|0 >< 0|\varphi|0 >^2 = \\ = q^3. \qquad (5)$$

Для метрики (1):

$$g = -R^6\left(\lambda + \mu^2\right),\ \lambda + \mu^2 > 0;$$

$$\tilde{R} = -\frac{\lambda\left(12\ddot{R}R + 12\dot{R}^2 - \lambda - \mu^2\right)}{2R^2\left(\lambda + \mu^2\right)}, (R \equiv R(t)),$$

$$R_0^0 = -\frac{3\ddot{R}\lambda}{R\left(\lambda + \mu^2\right)}.$$

Исследуем эффект спонтанного нарушения симметрии скалярного поля φ в пространстве-времени с метрикой (1) в двух случаях:

1) для $R(t)=const$, усредненное уравнение (2) для метрики (1) примет вид

$$\ddot{q} - \alpha q + \beta q^3 = 0\,, \qquad (6)$$

где

$$\dot{q} = \frac{dq}{dt}, \; \alpha = \left[\frac{\left(\lambda + \mu^2\right)\left(\lambda - 12M^2R^2\right)}{12R^2\lambda}\right],$$

$$\beta = \frac{\left(\lambda + \mu^2\right)\Lambda}{3\lambda}, \; \alpha > 0, \quad \beta > 0.$$

При этом можно считать $q=const$, ввиду того, что $R(t)=const$.

Тогда уравнение (6) имеет два ненулевых решения:

$$q_{2,3} = \pm\left(\frac{\lambda - 12M^2R^2}{4R^2\Lambda}\right)^{1/2}, \lambda - 12M^2R^2 > 0$$

и $$q_1=0. \qquad (7)$$

Предпочтительность выбора решений $q_{2,3} \neq 0$ из соображений минимума энергии дает возможность выявить спонтанное нарушение калибровочной симметрии. В этом случае несимметричное вакуумное состояние |0> энергетически более выгодно, чем симметричный вакуум. Используем метрический тензор энергии – импульса для скалярного поля φ:

$$\begin{aligned} T_\mu^\nu &= \nabla_\mu \varphi^* \nabla^\nu \varphi + \nabla^\nu \varphi^* \nabla_\mu \varphi - \\ &- \delta_\mu^\nu \left[\nabla^\alpha \varphi^* \nabla_\alpha \varphi - M^2 \varphi^* \varphi\right] - \\ &- \frac{1}{3}\left[-R_\mu^\nu + \frac{1}{2}\delta_\mu^\nu \tilde{R} + \nabla^\nu \nabla_\mu - \delta_\mu^\nu \Box\right]\varphi^* \varphi + \\ &+ \frac{\Lambda}{6}\delta_\mu^\nu (\varphi^* \varphi)^2, \end{aligned} \qquad (8)$$

где R_μ^ν – тензор Риччи, δ_μ^ν – единичный тензор.

Вакуумная плотность энергии для данной модели равна

$$E = \langle 0 | T^0_0 | 0 \rangle =$$

$$= \left(M^2 + \frac{1}{3}R_0^0 - \frac{1}{6}\tilde{R}\right)q^2 + \frac{\Lambda}{6}q^4. \qquad (9)$$

Подставляем решения уравнения (6) в (9), находим

$$E(q_1) = 0,$$

$$E(q_{2;3}) = -\frac{(\lambda - 12M^2R^2)^2}{96R^4\Lambda} < 0\,. \qquad (10)$$

Рассмотрим космологическую модель, где R и M – постоянные, при этом за счет варьирования параметров источников гравитационного поля можно менять λ и μ, тогда эффект спонтанного нарушения симметрии будет при любых $\lambda \neq 12M^2R^2$ и он не зависит от скорости вращения модели, определяемой вращением идеальной жидкости

$$\omega = \frac{\mu}{2R}.$$

Таким образом, энергетически более выгодным будет несимметричное вакуумное состояние |0> ($q \neq 0$), что означает спонтанное нарушение симметрии вакуума.

2) для $R(t)=vt$, $M=0$, уравнение (2), усредненное по гейзенберговскому вакуумному состоянию с учетом древесного приближения, имеет вид

$$\ddot{q} + \frac{3}{t}\dot{q} - \frac{\lambda + \mu^2}{6\lambda}\tilde{R}_0 \frac{q}{t^2} + \frac{\lambda + \mu^2}{3\lambda}\Lambda q^3 = 0\,, \qquad (11)$$

где

$$\tilde{R}_0 = -\frac{\lambda\left(12v^2 - \lambda - \mu^2\right)}{2v^2\left(\lambda + \mu^2\right)}. \qquad (12)$$

Сделав замену $q = \dfrac{f(t)}{t}$, получим

$$\ddot{f}t^2 + \dot{f}t - \left(\frac{\lambda + \mu^2}{6\lambda}\tilde{R}_0 + 1\right)f + \frac{\lambda + \mu^2}{3\lambda}\Lambda f^3 = 0\,, \qquad (13)$$

сделаем замену $\tau = \ln t$, получим

$$f'' - \left(\frac{\lambda + \mu^2}{6\lambda}\tilde{R}_0 + 1\right)f + \frac{\lambda + \mu^2}{3\lambda}\Lambda f^3 = 0\,,$$

где $$f' = \frac{df}{d\tau}, \qquad (14)$$

а уравнение Дюффинга (14) имеет два устойчивых решения и одно неустойчивое:

$$f_1 = 0, \;\; f_{2,3} = \pm\sqrt{\frac{\lambda}{\Lambda}\cdot\frac{1}{2v}}, \lambda > 0, \Lambda > 0. \qquad (15)$$

В качестве начальных условий (14) возьмем:

$$f(t_{pl}) = \pm\sqrt{\frac{\lambda}{\Lambda}}\cdot\frac{1}{2\nu},\ f'(t_{pl}) = 0.$$

Уравнение (14) имеет ненулевое решение, соответствующее перестройке вакуума в состояние с нарушенной калибровочной симметрией.

Тогда решения уравнения (11):

$$q_1 = 0,\quad q_{2,3} = \pm\sqrt{\frac{\lambda}{\Lambda}}\cdot\frac{1}{2\nu t}. \qquad (16)$$

Обсудим теперь вопрос о предпочтительности вакуумного состояния |0> с энергетической точки зрения. Подставим (16) в выражение (9) и, учитывая также, что $R(t)=vt$, $M=0$, получим:

$$E(q_1) = 0,$$

$$E(q_{2;3}) = \frac{\lambda^2\left(48v^2 - \lambda - \mu^2\right)}{96t^4v^4(\lambda+\mu^2)\Lambda}. \qquad (17)$$

При выполнении условия $v^2 < \left(\lambda+\mu^2\right)/48$ вакуумная плотность энергии $E(q_{2;3})$ отрицательна, что эквивалентно следующему неравенству: $\omega^2 > 12a^2$ (где a – ускорение, ω – вращение модели).

Таким образом, так же, как и в предыдущем случае, энергетически более выгодным будет несимметричное вакуумное состояние |0>, и ненулевые решения (16) уравнения (11) соответствуют перестройке вакуума в состояние с нарушенной калибровочной симметрией.

Рассмотрим эффект спонтанного нарушения калибровочной симметрии для метрики типа IV по Бьянки:

$$\begin{aligned} ds^2 &= dt^2 - 2\mu R(t)\left[e^x dydt + xe^x dzdt\right] - \\ &-R^2(t)[dx^2 + \lambda e^{2x}dy^2 + \\ &+2\lambda xe^{2x}dydz + \left(\lambda x^2+1\right)e^{2x}dz^2]. \end{aligned} \qquad (18)$$

Аналогично предыдущему параметры модели:

расширение $\quad \theta = \dfrac{3\dot R(t)}{R(t)},$

вращение $\quad \omega = \dfrac{\mu\sqrt{\lambda+\mu^2+1}}{2\sqrt{\lambda+\mu^2}R(t)},$

ускорение $\quad a = \dfrac{\dot R(t)\mu}{R(t)\sqrt{\lambda+\mu^2}}.$

Для метрики (18):

$$g = -e^{4x}R^6\left(\lambda+\mu^2\right),\ \lambda+\mu^2 > 0,$$

$$\tilde R = -\frac{\lambda\left(12\ddot R R + 12\dot R^2 - \lambda - \mu^2 - 12\right) - 11\mu^2}{2R^2\left(\lambda+\mu^2\right)},$$

$$(R \equiv R(t)),\quad R_0^0 = \frac{\mu^2 - 3\ddot R R\lambda}{R^2\left(\lambda+\mu^2\right)}. \qquad (19)$$

1) Для $R(t)=const$ можно считать $q=const$ и усредненное уравнение (2) для метрики (18) примет вид

$$-\alpha q + \beta q^3 = 0, \qquad (20)$$

где

$$\alpha = \frac{\lambda^2 + \lambda\mu^2 + 12\lambda + 11\mu^2 - 12M^2R^2\left(\lambda+\mu^2\right)}{12R^2\lambda},$$

$$\beta = \frac{\left(\lambda+\mu^2\right)\Lambda}{3\lambda},\ \alpha > 0,\quad \beta > 0.$$

Решения уравнения (20) $q_1 = 0$ и $q_{2,3} \neq 0$.

Ненулевые решения уравнения (20):

$$q_{2,3} = \pm\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^{\frac12} = \pm\left(\frac{\lambda^2+\lambda\mu^2+12\lambda+11\mu^2}{4R^2\left(\lambda+\mu^2\right)\Lambda} - \frac{3M^2}{\Lambda}\right)^{\frac12} \qquad (21)$$

При усреднении тензора энергии-импульса (8) по состоянию |0> вакуумная плотность энергии E для метрики (18) будет аналогична (9).

Для $R(t)=const$ имеем:

$$E(q_{2,3}) = q^2\left(\frac{M^2}{2} - \frac{3\mu^2+\lambda^2+\lambda\mu^2+12\lambda}{24R^2(\lambda+\mu^2)}\right). \qquad (22)$$

Требуя выполнения условия $E(q_{2,3}) < 0$, получаем условие для нарушения симметрии:

$$M^2R^2 < \frac{3\mu^2+\lambda^2+\lambda\mu^2+12\lambda}{12\left(\lambda+\mu^2\right)}, \qquad (23)$$

что эквивалентно следующему неравенству:

$$M^2 < \frac{3\mu^2+\lambda^2+\lambda\mu^2+12\lambda}{3\mu^2(\lambda+\mu^2+1)}\cdot\omega^2. \qquad (24)$$

или, если исключить параметр λ:

$$M^2R^2 < \frac{\mu^2}{12(4\omega^2R^2-\mu^2)}+\frac{2}{3}\mu^2- \\ -3\omega^2R^2+1. \qquad (25)$$

2) Рассмотрим случай $R(t)=vt$, $M=0$. Уравнение (2) с учетом (5) для метрики (18) будет иметь вид (11), где

$$\tilde{R}_0 = -\frac{\lambda\left(12v^2-\lambda-\mu^2-12\right)-11\mu^2}{2v^2\left(\lambda+\mu^2\right)}. \qquad (26)$$

Для получения его ненулевого решения подставим в (14) выражение (26) и получим одно неустойчивое решение уравнения Дюффинга $f_1 = 0$ и два устойчивых решения

$$f_{2,3} = \pm\left(\frac{\lambda^2+\lambda\mu^2+12\lambda+11\mu^2}{4v^2\left(\lambda+\mu^2\right)\Lambda}\right)^{\frac{1}{2}}, \\ \lambda>0, \Lambda>0. \qquad (27)$$

Тогда ненулевые решения уравнения (11) будут

$$q_{2,3} = \frac{f}{t} = \\ = \pm\left(\frac{\lambda^2+\lambda\mu^2+12\lambda+11\mu^2}{\left(\lambda+\mu^2\right)\Lambda}\right)^{\frac{1}{2}}\cdot\frac{1}{2vt}. \qquad (28)$$

Подставим $q = f/t$ в выражение (9) и, учитывая также, что $R(t)=vt$, $M=0$, получим:

$$E(q_{2,3}) = \frac{f^2}{t^4}\left(\frac{48v^2\lambda-3\mu^2-\lambda^2-\lambda\mu^2-12\lambda}{24v^2\left(\lambda+\mu^2\right)}\right). \qquad (29)$$

Нарушение симметрии будет при ($E(q_{2,3})$ <0):

$$v^2 < \frac{3\mu^2+\lambda^2+\lambda\mu^2+12\lambda}{48\lambda}, \qquad (30)$$

что эквивалентно неравенству:

$$a^2 < \frac{3\mu^2+\lambda^2+\lambda\mu^2+12\lambda}{12\lambda(\lambda+\mu^2+1)}\cdot\omega^2 \qquad (31)$$

или, после исключения λ:

$$v^2 < \frac{4v^2\omega^2-a^2}{16(4v^2\omega^2-(\mu^2+1)a^2}+ \\ +\frac{v^2\omega^2}{12a^2}+\frac{1}{6}, \qquad (32)$$

где a – ускорение, ω – вращение модели.

Заключение

Нами были построены две математические модели эффекта спонтанного нарушения симметрии вакуума для метрик типа II и IV по Бьянки. Найдены условия, при которых происходит нарушение калибровочной симметрии в данных математических моделях.

Результаты данной статьи можно использовать при построении новых космологических моделей с вращением, а также для исследования феномена Хиггса в космологии с вращением.

Список литературы

1. *Панов В.Ф.* Спонтанное нарушение симметрии в космологических моделях с вращением // ТМФ. 1988. Т. 74, № 3. С. 463–468.
2. *Кувшинова Е.В., Панов В.Ф.* Квантовое рождение вращающейся вселенной // Известия вузов. Физика. 2003. Т. 46, № 10. С. 40–47.
3. *Kuvshinova E.V., Sandakova O.V.* The effect of spontaneous breaking of gauge symmetry in cosmology with rotation // International Society on General Relativity and Gravitation. Book of abstracts. 16th International Conference. 15–16 July 2001. Durban. South Africa. P. 195–197.
4. *Maitra S.C.* Stationary dust – filled cosmological solution with Λ=0 and without closed timelike lines // J. Math. Phys. 1966. Vol. 7, № 6. P. 1025–1030.

The effect of spontaneous symmetry breaking in models with type II, IV Bianchi

O. V. Sandakova
Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia
o_sandakova@list.ru

In this paper the effect of spontaneous breaking of gauge symmetries in cosmological models with expansion and rotation for metric type II and IV according to Bianchi. Spontaneous symmetry breaking vacuum is that it gives energy to the birth of micro-objects, for the purchase of their masses and charges, therefore the vacuum energy density decreases. The conditions are found under which there is a spontaneous symmetry breaking for these models.

Keywords: *Models with Rotation; Spontaneous Breaking of Symmetry; Einstein equations.*