

УДК 524.8

КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ С ПЕРЕМЕННЫМ Λ -ЧЛЕНОМ

Н.С.МАМЕДОВ

*Шемахинская астрофизическая обсерватория
им. Н.Туси НАН Азербайджана*

Исследуется уравнение Эйнштейна-Картана с космологическим членом. Установлено, что космологическая постоянная непосредственно связана с полем кручения и сумма плотности энергии вакуума и его давления создают поле кручения. Обоснована гипотеза о том, что всякий вклад в энергию вакуума проявляет себя как поле кручения. Найдено, что в эпоху возникновения Вселенной все частицы, имеющие спин, возникли при изменении масштабного фактора в интервале $0 \leq a < 1$. Приведен новый вид интеграла энергии в раздувающейся Вселенной.

ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] отмечается, что сложным представляется учет космологии через основное состояние, т.е. вакуума, на фоне которого разыгрывается движение и возбуждение нелинейной материи. Согласно современному взгляду [2,3], Вселенная должна была родиться и расширяться постепенно остывая из состояния, когда её температура достигала $T=10^{19}$ ГэВ. Исходя из этого, на самых ранних стадиях эволюции Вселенной симметрия между гравитационными, сильными, слабыми и электромагнитными взаимодействиями должна была быть восстановлена. При остывании Вселенной должны были происходить ряд фазовых переходов, в результате которых симметрия между разными видами взаимодействия нарушалась [4-10]. С другой стороны, космологический член эквивалентен [11] существованию какой-то вакуумной материи, создающей силу отталкивания. Впервые об этом отмечается в работе [12]. Следует отметить, что Λ -член, т.е. вакуумная материя, играет решающую роль на инфляционной стадии Вселенной, когда её значение было очень велико, достоверность последнего заключения подтверждается в настоящей статье. Уравнение состояния вакуумной материи в рамках общей теории относительности определяется с помощью равенства $\epsilon = -p = c^2 \Lambda / 8\pi G$ [2]. Это равенство носит экзотический характер. Космологическая постоянная по астрономическим наблюдениям в рамках уравнений общей теории относительности [13] очень мала или в принципе равна нулю. Вопрос о Λ -члене и его эволюции во времени широко обсуждался [13] и обсуждается [14].

Учитывая важность проблемы космологической постоянной, в последнее время на некоторых обсерваториях разных стран мира были наблюдаемы 75 сверхновых звезд типа Ла и проанализирована полученная информация о 42 из них. На основании накопленных данных пришли к выводу, что вселенная открыта и её расширение никогда не осановится. С помощью вышеуказанных наблюдений были определены численные значения плотности массы и космологической постоянной [15]. Для Λ найдено значение $\Lambda = 0,72 \pm 0,20$. Отсюда приходим к выводу, что Λ -член является переменным параметром. О переменности Λ -члена отмечается также в работах [16-24], где указывается, что у Вселенной есть такие части в пространстве или же такие стадии развития во времени, в которых космологическая постоянная может принимать различные значения в широком диапазоне.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В работе [25] были выведены уравнения типа Эйнштейна с переменной Λ -членом. Эти уравнения в случае, когда Λ является функцией скалярного поля и определяется формулой $\Lambda=a^{-m}$, где $m=\text{const}$ для разных значений m , исследованы в работах [26-33]. В работах [34-36] предполагается, что Λ - является функцией Хаббла и определяется в следующем виде $\Lambda=H^n$, где $H=\dot{a}/a$ и при $n=2$ найдены решения изучаемых уравнений. В работе [35] найдены решения уравнений типа Эйнштейна в виде рядов Тейлора и сделаны некоторые качественные выводы.

В настоящее время вакуумную материю рассматривают как новый эфир [36]. Из квантовой теории поля известно, что вакуум – это минимальное энергетическое состояние системы. Благодаря этой энергии в нем возникают виртуальные частицы, квантовые флуктуации и др. Таким образом, вакуум оказывается состоянием беспорядочного движения [37]. Целью настоящей работы является выяснение истинной природы материи на ранней стадии Вселенной и её дальнейшей эволюции.

Для этого рассматриваем проблему космологической постоянной в рамках теории Эйнштейна-Картана. При этом космологическая постоянная естественным образом зависит от времени через посредство поля кручения. В получаемые нами уравнения для масштабного фактора и интеграла живых сил входит спин спиновой жидкости. Эти уравнения весьма сильно отличаются своей простотой от уравнений, рассматриваемых в работе [25]. Они показывают, что эволюция Вселенной определяется космологическим членом, постоянной Хаббла и спином спиновой жидкости. Нам удается также избавиться от равенства $\varepsilon=-p$. Исходным моментом является допускаемая нами [38] и обосновываемая гипотеза – всякий вклад в энергию вакуума проявляется как поле кручения.

УРАВНЕНИЯ МАСШТАБНОГО ФАКТОРА В ТЕОРИИ ЭЙНШТЕЙНА-КАРТАНА

Уравнение Эйнштейна-Картана с космологическим членом записывается в виде [39]:

$$R_{\mu\nu}(g)-1/2R(g)g_{\mu\nu}+\Lambda_{\text{затр}}g_{\mu\nu}=8\pi a\Gamma_{\mu\nu}^{\lambda}+K_{\mu}K_{\nu}+K_{\alpha\mu\beta}K_{\nu}^{\alpha\beta}+K_{\alpha\mu\beta}K_{\nu}^{\beta\alpha}+K_{\alpha\mu\beta}K_{\nu}^{\rho}1/2g_{\mu\nu}(K_{\alpha}K^{\lambda}+K_{\lambda\mu\nu}K^{\nu\lambda\mu}) \quad (1)$$

Здесь введены следующие обозначения: $\Lambda_{\text{затр}}$ – затравочная космологическая постоянная, $K_{\mu\nu}^{\lambda}$ - тензор канторсии

$$K_{\mu\nu}^{\lambda}=2\vartheta_{\mu\nu}^{\lambda}+\vartheta_{\nu\mu}^{\lambda}, \quad (2)$$

$\vartheta_{\mu\nu}$ - поле кручения и имеет вид

$$\vartheta_{\mu\nu}=1.2(\Gamma_{\mu\nu}^{\lambda}-\Gamma_{\nu\mu}^{\lambda}), \quad (3)$$

$\Gamma_{\mu\nu}^{\lambda}$ - сумма символов Кристоффеля

$$\Gamma_{\mu\nu}^{\lambda}=\left\{ \begin{matrix} \lambda \\ \mu\nu \end{matrix} \right\}+K_{\mu\nu}^{\lambda}. \quad (4)$$

Тензор канторсии $K_{\mu\nu}^{\lambda}$ выражается через спин в следующем виде:

$$K_{\mu\nu}^{\lambda}=S_{\mu\alpha\beta}+S_{\alpha\beta\mu}+S_{\beta\alpha\mu}-g_{\beta\alpha}S_{\mu}^{\lambda}-S_{\alpha\beta}S_{\alpha}. \quad (5)$$

Подставляя (5) в уравнение (1) и исходя из работы [40] имеем:

$$R_{\mu\nu}(g)-1/2R(g)g_{\mu\nu}+\Lambda'g_{\mu\nu}=8\pi a\Gamma_{\mu\nu}^{\lambda}, \quad (6)$$

здесь Λ' имеет вид

$$\Lambda'=\Lambda_{\text{затр}}-K_{\mu}K_{\nu}-K_{\alpha\mu\beta}K_{\nu}^{\alpha\beta}-K_{\alpha\mu\beta}K_{\nu}^{\beta\alpha}-K_{\alpha\beta\mu}K_{\nu}^{\alpha\beta}+1/2K_{\alpha}K^{\lambda}+1/2K_{\lambda\mu}K^{\nu\lambda\mu}. \quad (7)$$

В работах [41], [42] были получены уравнения, в правой части которых стоит тензор энергии – импульса спиновой жидкости, в виде

$$T_{\mu\nu}^{\text{eff}}=u_{\mu}u_{\nu}(\rho+p-2S^2)+g_{\mu\nu}(p-S^2), \quad (8)$$

где $S^2=S_{\mu\nu}S^{\mu\nu}$ - спин спиновой жидкости, ρ - плотность спиновой жидкости, P – давление, u - четырехмерная скорость частицы жидкости, $S_{\mu\nu}$ - внутренний угловой момент этой жидкости. Чтобы получить вакуумный тензор энергии – импульса в теории Эйнштейна-Картана в формуле (8) необходимо предположить выполнение равенства [2]

$$\rho+p=2S^2, \quad (9)$$

тогда вакуумный тензор энергии – импульса примет вид

$$T_{\mu\nu}^{\text{vak}} = (S^2 - p)g_{\mu\nu}. \quad (10)$$

Равенство (9) показывает, что в вакууме сумма плотности энергии и давления создает спин-спиновую жидкость или же поле кручения, а (10) утверждает, что тензор энергии–импульса в вакууме в теории Эйнштейна-Картана определяется с помощью спина спиновой жидкости. При $S=0$ получаем известное из общей теории относительности соотношение $p+\rho=0$, $T_{\mu\nu}^{\text{vak}} = -\rho g_{\mu\nu}$.

Известно, что расширение вселенной описывают с помощью масштабного фактора $a(t)$, который характеризует изменение расстояния со временем между космическими объектами [43]. Согласно теории горячей расширяющейся Вселенной, метрику Фридмана можно записать в виде

$$ds^2 = dt^2 - a^2(t) \left[\frac{dr^2}{1-kr^2} + r^2(d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta d\varphi^2) \right]. \quad (11)$$

Тогда эволюция масштабного фактора описывается уравнениями

$$\ddot{a} = -4\pi G/3(\rho+3p)a \quad (12)$$

$$H^2 + k^2/a^2 = (\dot{a}/a)^2 + k^2/a^2 = 8\pi G\rho/3, \quad (13)$$

здесь ρ - плотность энергии вещества во Вселенной, p - его давление, $G=M_p^{-2}$ - гравитационная постоянная, $M_p=1,2 \cdot 10^{19}$ ГэВ - масса Планка, $H=\dot{a}/a$ - постоянная Хаббла. Закон сохранения энергии получающийся из (12) и (13) записывается в виде

$$\dot{\rho} a^3 + 3(\rho+p)a^2 \dot{a} = 0. \quad (14)$$

В теории Эйнштейна-Картана плотность энергии ρ - выражается в виде

$$\rho = \Lambda^{\text{eff}}/8\pi G. \quad (15)$$

Тогда для давления получаем

$$p = 2S^2 - \rho = 2S^2 - \Lambda^{\text{eff}}/8\pi G. \quad (16)$$

Из формул (15) и (16) видно, что величины ρ и p зависят от спина или же поля кручения. Это означает, что в вакууме теории Эйнштейна-Картана за счет возникновения виртуальных частиц, квантовых флуктуаций, фазовых переходов и других факторов вырабатывается поле кручения. Отсюда получаем, что действительно спиновая жидкость является той проматерией, эволюция которой образовала нашу Вселенную. Исходя из (15) и (17) для уравнений (12) и (13) имеем

$$\frac{d^2 a}{dt^2} = \frac{4\pi G}{3} (6S^2 - 2\Lambda^{\text{eff}}) a, \quad (17)$$

$$H^2 + \frac{K^2}{a^2} = \left(\frac{\dot{a}}{a} \right)^2 + \frac{K^2}{a^2} = \frac{\Lambda^{\text{eff}}}{3} \quad (18)$$

и уравнение сохранения энергии примет вид

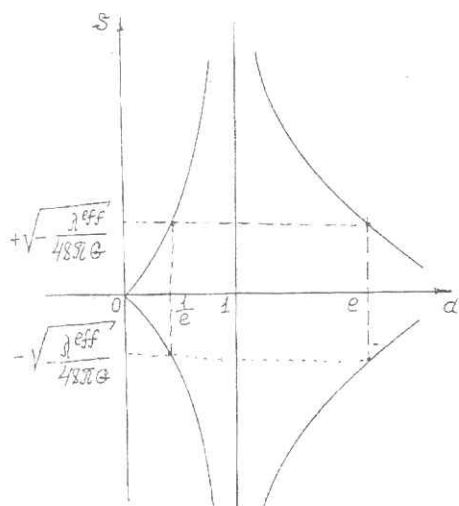
$$\frac{d\Lambda^{\text{eff}}}{dt} = -48\pi G S^2 H \quad (19)$$

Из последнего уравнения видно, что при $S=0$ $\Lambda^{\text{eff}} = \text{const}$, т.е. Λ^{eff} - становится постоянным в том случае, когда во Вселенной превалирует скалярное поле. Но по наблюдательным данным [15] и из Рис.2 видно что, Λ^{eff} является переменным параметром на всех этапах развития Вселенной, из чего приходим к выводу, что во Вселенной не существовало и не существует скалярного поля. Решая уравнение (19) с учетом $H = \dot{a}/a$ получаем

$$\Lambda^{\text{eff}} = -48\pi G S^2 \ln a. \quad (20)$$

Отсюда имеем

$$S = \pm \sqrt{-\frac{\Lambda^{\text{eff}}}{8\pi G \ln a}} \quad (21)$$



Из графика можно сделать некоторые качественные выводы:

- при $a \rightarrow 0^+$, $\ln a \rightarrow -\infty$, т.е. $S \rightarrow 0$,
- при $a \rightarrow 1^-$, $\ln a \rightarrow 0$, т.е. $S \rightarrow \pm\infty$,
- при $a \rightarrow 1^+$, $\ln a \rightarrow 0$, т.е. $S \rightarrow \pm\infty$,
- при $a \rightarrow \infty$, $\ln a \rightarrow \infty$, т.е. $S \rightarrow 0$.

Рис.1.

График функции $S = \pm \sqrt{-\frac{\Lambda^{eff}}{8\pi G \ln a}}$.

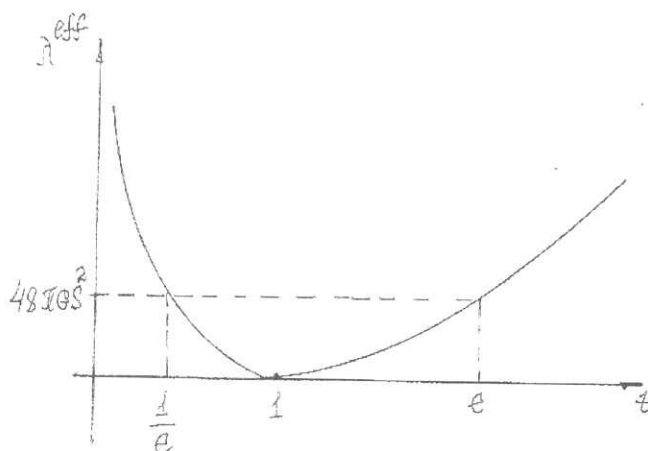
Во Вселенной частицы со спином возникали при изменении масштабного фактора в интервале $0 \leq a < 1$. Это означает, что Вселенная берет свое начало из того состояния, где масштабный фактор $a=0$, т.е. из “ничего”. Этот вывод согласуется с результатом, полученным из теории квантового рождения Вселенной [2,3]. Мир и антимир образовались из состояния $a=0$ одновременно. Спин-спиновой жидкости в точке $a=1$ со скачком переходит к состоянию дальнейшего уменьшения с возрастанием масштабного фактора.

Следует отметить, что уравнение движения спина частицы жидкости [42,43] приводит к эффекту прецессии спина вокруг направления вектора кручения [44]. По современным представлениям спин – это не вращение некоторого твердого тела, а циркулирующий поток энергии в поле волны [45]. Тогда совокупность циркулирующих потоков энергии превращается в спиновую жидкость. Этот вывод подтверждает достоверность гипотезы Гасперини [46] о том, что спиновая материя, индуцирующая кручение, вносит главный вклад в энергию ранней Вселенной и может обеспечить наличие де Ситтеровской фазы, т.е. фазы Большого взрыва. Однако, исходя из (21) приходим к выводу, что причиной возникновения спина частицы является поле кручения и расширение пространства.

Известно, что $H = -1/t$. Тогда из уравнения (19) находим

$$\Lambda^{eff} = -48\pi G S^2 \ln t. \tag{22}$$

Формула (22) показывает, что с момента ($t=0$) рождения Вселенной до её современной стадии $\Lambda^{eff} > 0$. Другими словами, во Вселенной всегда действовала сила отталкивания. Из графика видно, что поведение Λ^{eff} полностью согласуется с астрономическими наблюдениями [15]. Формулы (21) и (22) показывают, что Λ^{eff} одинаково реагирует на различные темпы изменения времени и масштабного фактора.



Учитывая, что Λ^{eff} никогда не принимала отрицательного значения, приходим к выводу, что опасность коллапса Вселенной отсутствует вообще.

Рис.2 показывает, что вакуум во Вселенной поэтапно должен доминировать над материей и должны произойти все новые и новые стадии инфляции.

Рис.2.

График функции $\Lambda^{eff} = -48\pi G S^2 \ln t$.

В этой связи отметим, что в работах [47,48] выявлено, что современная стадия Вселенной выделена тем, что в настоящее время вакуум вновь начинает доминировать над материей и должна произойти новая стадия инфляции. В работе [48] получены новые космологические решения описывающие ранние стадии космологической эволюции однородной изотропной Вселенной. Одно из них соответствует одновременному рождению материи и геометрии из вакуума плоского пустого бесструктурного пространство-времени, другое соответствует высокотемпературной инфляции. Предложен космологический сценарий рождения наблюдаемой Вселенной из “ничего” аккумулирующий свойства всех найденных решений. Результаты этой работы согласуются с нашим выводом о рождении Вселенной из “ничего”.

Проводимые нами исследования дают основание сделать следующие заключения.

Вселенная своё начало берёт с момента времени $t=0$ с нулевым масштабным фактором $a=0$, т.е. из “ничего”.

По истечении времени $0 \leq t < 1$ возникают спиновые частицы и антиспиновые частицы, которые превращаясь в спиновую жидкость, создают спин-спиновую и антиспин-спиновую жидкость.

При $t \rightarrow 1$ совершается Большой взрыв.

Из точки $t=1$ спин спиновая жидкость скачком переходит в сторону уменьшения и продолжается вечно.

Мир и антимир рождаются одновременно.

Во Вселенной никогда не возникало салярное поле.

На всех этапах развития Вселенной величина Λ^{eff} принимала только положительные значения и одинаково реагировала на различные темпы изменения времени и масштабного фактора.

Вселенной никогда не угрожала опасность коллапса.

Время течет односторонне и асимметрично.

Сумма плотности энергии и давления вакуума в теории Эйнштейна-Катана создает спин или же поле кручения и всякий вклад в энергию вакуума проявляется как поле кручения.

Спиновая жидкость, индуцирующая кручение, вносит главный вклад в энергию ранней Вселенной, т.е. обеспечивает инфляционную фазу, фазу Большого взрыва.

Возникновение спина частицы вызвано полем кручения и расширением пространства.

1. Д.Д.Иваненко, Тез. Док. 5 Межд. Конф. По гравитации и теории относительности, изд. Тбилисского университета, (1968) 254.
2. А.Д.Долгов, Я.Б.Зельдович, И.В.Сажин, Космология ранней Вселенной, МГУ, М., (1988).
3. А.Д.Линде, Физика элементарных частиц и инфляционная космология, МГУ, М, (1990).
4. Д.А.Киржниц, Письма в ЖЭТФ, **15** (1972) 745.
5. D.A.Kirzhnits, A.d.Linde, *Phys. Lett.*, **42B** (1972) 471.
6. S.Weinberg, *Phys. Rev.*, **D9** (1974) 3320, R.Jackiw, *Phys. Rev.*, **D9** (1974) 3357.
7. Д.А.Киржниц, А.Д.Линде, ЖЭТФ, **Р.67** (1974) 1263.
8. D.A.Kirzhnits, A.d.Linde, *Lebedev Phys. Inst. Preprint*, №101 (1974).
9. D.A.Kirzhnits, A.d.Linde, *Ann.Phys. (N.Y.)*, **101** (1976) 195.
10. A.d.Linde, *Rep. Prog. Phys.*, **42** (1979) 389.
11. В.Л.Гинзбург, УФН, **169** (1999) 420.
12. Э.Б.Глинер, ЖЭТФ, **49** (1965) 542.
13. С.Вейнберг, УФН, **158** (1989) 639.
14. P.Peebles, *Nature (London)*, **398** (1999) 25.
15. S.Perlmatter, etc., *The Astrophysical Journal*, **517** (1999) 565.

16. T.Banks, *Nucl. Phys. Rev.B*, **225** (1985) 332.
17. A.d.Linde, *Phys. Lett. Ser.B*, **125** (1986) 389.
18. A.d.Linde, *Phys. Lett. Ser.B*, **175** (1987) 395.
19. A.d.Linde, *Phys. Lett. Ser.B*, **202** (1988) 194.
20. L.Abbott, *Phys. Lett. Ser.*, **150** (1985) 427.
21. J.D.Prown, C.Teitelboun, *Phys. Lett. Ser.B*, **195** (1987) 177, *Nucl. Phys. Ser.B*, **297** (1987) 787.
22. S.W.Hawking, *Phys. Scripta*, **15** (1987) 202.
23. S.Weinberg, *Phys. Rev. Lett.*, **59** (1987) 2607.
24. H.C.Mamedov, *ЦИИАО*, № 96 (1999) 36.
25. J.M.Overuim, P.J.Coperatock, *Phys. Rev.*, **D58** (1998) 043506.
26. V.Chen, J.S.Wu, *Phys. Rev.*, **D41** (1990) 695.
27. M.Casperini, *Phys. Lett.B*, **194** (1987) 347.
28. M.D.Maia, G.S.Siulva, *Phys. Rev.*, **D50** (1994) 7233.
29. P.Hoyl, C.Burbidge, J.V.Narlikar, MN. RAS, 286 (1997) 173.
30. J.Ellis, M.E.Mavromatos, D.V.Nanapoule, *Preprint/ gr-gel 9810086, D*, (1998).
31. T.S.Olson, T.F.Jordan, *Phys. Rev.*, **D35** (1987) 3258.
32. V.Sileira, J.Waga, *Phys. Rev.*, **D50** (1994) 4850.
33. L.F.B.Torres, J.Waga, *NM. RAS*, (1996) 279.
34. J.S.Corvalho, J.A.S.Uma, J.Waga, *Phys. Rev.*, **D46** (1992) 2404.
35. J.A.S.Lina, J.S.Corvalho, *Gen. Rel. Grav.*, **26** (1999) 909.
36. C.Wetterich, *A. and A.*, (1995) 301.
37. Б.С.Де Витс, *Квантовая гравитация: новый синтез. Сб. Общая теория относительности, Мир*, 1963.
38. H.C.Mamedov, *Проблема космологической постоянной в теории Эйнштейна-Картана с фазовыми переходами*, деп. в АзНИИНТИ, Баку 29.09.97, №2519.
39. Д.Д.Иваненко, П.И.Пронин, Г.А.Сарданашвили, *Калибровочная теория гравитации*, МГУ, 1985.
40. C. de Sabbata Venso Sivaram, *Astrophys. And Spas. Sci.*, **165** №1 (1990) 51.
41. F.Nehl, *Phys. Lett.*, **A36** (1971) 225.
42. A.Trautman, *Bull. Acad. Poll. Sci., Ser. Math. Astro. Phys.*, **21** (1973) 345.
43. Я.Б.Зельдович, И.Л.Новиков, *Строение и эволюция Вселенной*, М. Наука, 1975.
44. П.И.Пронин, *Современные теоретические и экспериментальные проблемы теории гравитации*, Минск, Изд. АН БССР, 1976.
45. F.J.Belifante, *Physica*, **6** (1939) 887.
46. Д.Д.Иваненко, Б.Ф.Панов, *Вращение Вселенной и космология, сб. Проблемы гравитации*, МГУ, 1986.
47. H.C.Кардашев, *Астрон. Журн.*, **74** (1997) 803.
48. А.Ю.Андреев, Б.В.Комберг, *Астрон. журн.*, **77** №3 (2000) 163, Е.Г.Вертоградова, Ю.С.Гришкан, *Астрон. журн.*, **77** №3 (2000) 166.

DƏYİŞİLƏN Λ -HƏDDİ İLƏ OLAN KOSMOLOJİ MODELƏR

N.S.MAMEDOV

Məqələdə Eynşteyn-Kartanın həddi ilə olan tənliyi tədqiq edilir. Kosmoloji hədd bilavasitə burma sahəsi ilə əlaqədərdir və köstərilir ki, vakuunun enerji sıxlığı ilə onun təyziqinin cəmi burma sahəsini yaradır. Vakuun enerjisinə daxil olan hər bir əlavə özünü burma sahəsi kimi göstərməsi əsaslandırılır.

Kainatın yaranma dövründə spinə malik olan hissəciklərin məşab faktorunun $0 < a < 1$ intervalında dəişilmə zaman ya radılması göstərilir. Şişildirilmiş Kainstda eneji inteqralının yeni forması alınıb.

COSMOLOGICAL MODELS WITH VARIABLE Λ -TERM

N.S. MAMEDOV

It was established that cosmological constant directly depends on torsion field and sum of energy density of vacuum and its pressure create torsion field. The hypothesis was substantiated every contribution into the energy of vacuum showed itself like torsion field. It was found that in epoch of the Universe's formation all particles with spin appeared when the scale factor changed in the interval $0 < a < 1$. The new type of energy integral of the inflatable Universe was given.

Редактор: А.Халилова