تضخم الكون بجسيمات النيوترينو

منتصر سلمان الفاضل طيفور و مبارك درار عبد الله وآدم محمد آدم

مستخلص

إذا كان النيوترينو صغير الكتلة فان سرعته ستقارب سرعة الضوء وسيؤدي هذا أن كتلة النيوترينو تتناقص أسياً مع الزمن وذلك حسب معادلة نيوتن للحركة ومعادلات النسبية الخاصة.فإذا كان الكون يحوي النيوترينو بغزارة في بدايته وكان مكوناً للفراغ فان معادلات نموذج الانفجار الكبير تتنبأ بكون تضخمي وهذا من شأنه حل مشاكل الانتروبيا والأفق والتسطح والمفردة. والتنبؤ بأن طاقة الفراغ تتناقص مع الزمن.

كلمات مفتاحيه : النيوترينو ، الانفجار الكبير ، الكون التضخمي ، الانتروبيا ، الأفق ،التسطح،المفردة،الفراغ .

1- مقدمة

تلعب نظرية النسبية العامة دوراً مهما في تفسير الظواهر المتعلقة بنشأة الكون وطبيعته [1]. وقد استطاعت تفسير كثير من الظواهر المتعلقة به مثل تمدد الكون والإزاحة الحمراء والأشعة الكونية الأثرية وغيرها من الظواهر الكونية التي عضدتها التجارب الفيزيائية [2]. ورغم نجاح نموذج الانفجار الكبير المعتمد علي النسبية العامة إلا أنه فشل في تفسير ظواهر أخري . وسميت المشاكل التي واجهاها نموذج الانفجار الكبير بمشاكل الأفق والانتروبيا والتسطح والمفردة [3].

وقد وضع العلماء كثير من النماذج لحل هذه المشاكل [4] ويعتمد هذا النموذج علي نظرية النسبية العامة [5]. في حين يعتمد بعضها علي نموذج الحقل التثاقلي المعمم [6]. ومن أشهر النماذج التي وضعت لحل هذه المشاكل النموذج التضخمي [7].

2- معادلات نظرية الانفجار الكبير

تعتمد معادلات نظرية الانفجار الكبير علي معادلة اينشتاين [8].

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = -8\pi G T_{\mu\nu} \qquad \rightarrow (1)$$

حيث تمثل $R_{\mu\nu}$ ممتد الانحناء ريكي في حين يمثل $g_{\mu\nu}$ دالة التحدب بينما تعبر $T_{\mu\nu}$ عن ممتد الطاقة والاندفاع . وعند استخدام مقياس تحدب روبرسون ووكر

$$g_{tt} = -1 \qquad g_{rr} = \frac{a^2}{(1-kr^2)} \qquad g_{\theta\theta} = a^2 r$$

$$g_{\phi\phi} = a^2 r^2 \sin^2\theta \qquad \rightarrow (2)$$

تصبح معادلات اينشتاين في الصيغة

$$a^{\bullet^2} + k = \frac{8\pi G}{3} \rho a^2 \qquad \rightarrow (3)$$

$$\dot{\rho} + \frac{4\dot{a}}{a} \rho = 0 \qquad \rightarrow (4)$$

حيث تمثل ρ كثافة مادة الكون بينما تتناسب a مع قطر الكون في حين يتخذ الثابت k القيم الآتية

$$k = 0, \pm 1 \qquad \rightarrow (5)$$

3- النيوترينو وخواصه

يعتبر النيوترينو من أكثر الجسيمات الفيزيائية غموضاً إذ لازال العلماء محتارون بشأن كتلته [9]. حيث يعتقد بعض العلماء أن كتلته السكونية تساوي الصفر في حين يعتقد البعض الآخر أن له كتله سكونية إلا أنها صغيرة جداً [10] . وحسب نظرية النسبية الخاصة فإن الكتلة m يمكن إيجادها بدلالة كتلة السكون m_0 والسرعة v عبر الصيغة

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \qquad \rightarrow (6)$$

فإذا كان عديم الكتلة أو كانت كتلته السكونية صغيرة جداً فإن

$$m_0 \to 0$$

ولكي تكون m محدودة فإن هذا يستدعي أن تكون $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} \to 0$

أي أن $v \to c \qquad \to (7)$

وحسب فرضيات نظرية الانفجار الكبير فان تمدد الكون يفسره بعض العلماء بأنه ناتج من وجود قوة مجالية تنافرية $[11]$ وعليه تصبح إشارة الجهد ϕ سالبة لتصبح معادلة حركته هي

$$\frac{d(mv)}{dt} = \frac{d(mc)}{dt} = c\frac{dm}{dt} = F = +\nabla\phi \qquad \to (8)$$

حيث استبدل الجهد ϕ ب $-\phi$ لوجود قوة تنافرية . وهذا الجهد له علاقة بكثافة المادة ρ عبر العلاقة

$$\nabla^2\phi = 4\pi G\rho$$

فإذا كان نصف قطر النيوترينو r_0 ثابت فإن كثافته تساوي

$$\rho = \frac{3m}{4\pi r_0^3} \qquad \to (9)$$

وعليه تصبح المعادلة (9) في الصيغة

$$\nabla^2\phi = \frac{4\pi G(3m)}{4\pi r_0^3} = \frac{3G}{r_0^3}m \qquad \to (10)$$

باستخدام المعادلة (8) ينتج

ولتبسيط المعادلة يمكن اعتبار الحركة في بعد واحد في اتجاه x لتصبح المعادلة هي

$$\frac{\partial \phi}{\partial x} = \nabla \phi = +c\,\frac{dm}{dt}$$

$$\nabla^2 \phi = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} = \frac{d^2 \phi}{dx^2} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right) = \frac{\partial}{\partial x}\left(c\,\frac{dm}{dt}\right) = c\,\frac{d}{dx}\left(\frac{dm}{dt}\right)$$

$$= c\,\frac{d}{dt}\left(\frac{dm}{dt}\right) \times \frac{dt}{dx}$$

$$\nabla^2 \phi = +c\,\frac{d^2 m}{dt^2} \times \frac{1}{c} = +\frac{d^2 m}{dt^2}$$

حيث

$$x = ct$$

وباستخدام المعادلة (10) ينتج

$$\frac{d^2 m}{dt^2} = +\frac{3G}{r_0^3} m \qquad \rightarrow (11)$$

وهذه المعادلة تصف معادلة كتلة نيوترينو متغيرة مع الزمن ويكون الحل في الصورة

$$m = m_0 e^{-\gamma_0 t} \qquad (12)$$

بتعويض (12) في (11) تصبح

$$\gamma_0^2 = \frac{3G}{r_0^3}$$

$$\gamma_0 = \sqrt{\frac{3G}{r_0^3}} \qquad (13)$$

وهذه المعادلة تتسق مع حقيقة أن كتلة النيوترينو حسب ما هو مفترض حاليا صغيرة جداً إذ أن

$$m \rightarrow 0 \qquad t \rightarrow \infty$$

حسب المعادلة (12).

4- دور النيوترينو في تضخيم الكون

حسب نموذج الانفجار الكبير فان الكون في بدايته كان يحوي طاقة الجسيمات وطاقة الفراغ حسب ما يعتقد بعض العلماء [12]. ويعتبر بعض العلماء الكون يحوي كثافة عالية من المادة المعتمة التي يعتقدون أنها هي جسيمات النيوترينو [13]. مما يجعل كثافة الكون في هذه الحالة [14] :

$$\rho = \frac{3N}{4\pi}\frac{m}{r_0^3} \qquad \rightarrow (14)$$

حيث تمثل N العدد الكلي للنيوترينات . فإذا تم استخدام المعادلة (14) في المعادلة (4) فإن الناتج يكون في الصيغة

$$\frac{-3N\gamma_0}{4\pi r_0^3}m = \frac{-3N}{\pi r_0^3}m\frac{\dot{a}}{a}$$

$$\frac{\gamma_0}{4} = \frac{\dot{a}}{a} \qquad \rightarrow (15)$$

وعليه يصبح المعامل الكوني القياسي a في الصورة

$$\int \frac{da}{a} = \frac{\gamma_0}{4}\int dt + c_1$$

$$\ln a = \frac{\gamma_0}{4}t + c_1$$

حيث أن

$$a = e^{c_1}e^{\frac{\gamma_0 t}{4}}$$

عندما

$$a = a_0 \qquad t = 0$$

$$a_0 = e^{c_1}$$

إذن

$$a = a_0 e^{\frac{\gamma_0}{4}t} \qquad \rightarrow (16)$$

وهذه المعادلة تتنبأ بتضخم الكون ويمكن الحصول علي نفس الحل التضخمي من المعادلة (3) و(12) باعتبار الكونمسطحاً في البداية كما تفترض معظم النظريات فتصبح

$$m \approx m_0 e^{-0} = m_0 \qquad t \to 0 \qquad \rightarrow (17)$$

وعليه تصبح (3) في الصيغة (باستخدام (9))

$$a^{\bullet 2} = \frac{24\pi G}{3}\frac{m_0}{4\pi r_0^3}a^2$$

$$a^{\bullet 2} = \frac{2Gm_0}{r_0^3}a^2$$

$$a^{\bullet} = \sqrt{\frac{2Gm_0}{r_0^3}}a \qquad (18)$$

وعليه يكون الحل في الصيغة

$$a = a_0 e^{\beta_0 t} \qquad (19)$$

حيث أن

$$\beta_0 = \sqrt{\frac{2Gm_0}{r_0^3}} \qquad (20)$$

ولكي تتسق المعادلات (20)و(19)و(16) فإن هذا يستدعي أن تكون

$$\gamma_0 = 4\sqrt{\frac{2Gm_0}{r_0^3}} \qquad (21)$$

5- المناقشة

توضح المعادلات (6) و (7) أن كتلة النيوترينو الصغيرة جداً مما تحتم أن يسير بسرعةعالية جدا وقريبة جداً من سرعة الضوء . وبافتراض أن كثافة النيوترينو التي تشكل المادة المعتمة التي يعتقد بعض العلماء أنها تشكل جزء كبير من مادة الكون هي التي تولد المجال التثاقلي يتضح أن كتلة النيوترينو تتناقص أسياً مع الزمن بحيث تصبح صغيرة جداً الآن . وهذا يتسق مع حقيقة أن كتلة النيوترينو صغيرة في وقتنا الحاضر.

وتوضح المعادلات (6) (7) أن النيوترينو يجب أن يسير بسرعة قريبة جداً من سرعة الضوء طالما كانت كتلته صغيرة وهذا يتسق أيضا مع حقيقة أن سرعة النيوترينو الملاحظة الآن تساوي سرعة الضوء تقريباً . وهذه الحقيقة يمكن استخدامها في معادلة حركة النيوترينو التي يتبين منها أن كتلة النيوترينو تتناقص أسياً مع الزمن حسب المعادلة (12) .

فإذا كان الكون محتوياً علي النيوترينو بصورة كثيفة كما تفترض بعض البحوث [15] فإن تعويض المعادلة (12) في معادلات اينشتاين للكون فإن هذه المعادلات تتنبأ بكون

تضخمي حسب المعادلتين (16) و (19). بما أن هذه المعادلات تتنبأ بتناقص طاقة الفراغ مع الزمن حيث يعتمد المعامل الأسى علي ثابت التثاقل مما يؤكد تأثير القوي التثاقلية علي التضخم وقد تكون قوة تنافرية . كما يعتمد هذا المعامل علي كتلة سكون النيوترينو ونصف قطره كما توضح المعادلة (21) . وهذا الكون التضخمي يحل مشاكل الأفق والمفردة والتسطح والأنتروبيا [16]

6- الاستنتاج

يمكن أن يتسبب النيوترينو (الذي يمكن اعتباره مكونا للفراغ) في تضخم الكون إذا كان الكون يحوي النيوترينو (المادة المعتمة) بغزارة في بداية الكون . وهذا الكون التضخمي من شأنه حل مشاكل الانتروبيا والأفق والمفردة والتسطح .

المراجع

Dirar M . and Ali El-Tahir and M. H. Shaddade. (1998). Mod Phy. Lett. A, Vol.13, No.37 .

Dirrar M Ali- ElTahir and M. H. Shaddade (1997). Int.J.theo. Phy. Dirrar M . (1998). PhD thesis, Khartoum University, Khartoum.

DPROY(2000). Pramana Journal of Physics vol.54,No.1 pp 3-20 .

Guth, A.H. (1981). Phys. Rev. D23 347 .

Ibrahim Hassan Hassan PhD thesis, SUST, Khartoum, (2007).

Kolb E.W. and M.S. Turner (1990), The early university (Addison-Wesley publishing company, new York, chap.1.

Krauss L.M. and M.S. Turner(1995). Gen. Rel. Grav. 27 1137 .

M.Dirrar , Ali- ElTahir and M. H. Shaddade (1998). Mod. Phy. Lett. A, Vol.13, No.37

Montaser Salman ,(2010). Msc thesis, SUST,Khartoum

Murat ozer (1999). The Astrophysical Journal,520:45-53, July20.

Narlikar, J.V. (1993). Introduction to Cosmology (Cambridge university press, Cambridge , chap. 6.

Steven Weinberg (1972). Gravitation and Cosmology (John Wiley and sons, new York , chap.7.

Steven Weinberg (1972). Gravitation and Cosmology (John Wiley and sons, new York .

Strominger, A. (1992). Nuc. Phy. B319 772

The same as [15].