مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (35) العدد (3) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (35) No. (3) 2013

تحليل البيانات التجريبية للمسبار الفضائي ولكينسون حول مساهمة الجسيمات النسبية (الخفيفة والنيوترينوات) في وسيط الكثافة الكوني أوميغا (Ω)

خولة حسين*

(تاريخ الإيداع 28 / 5 / 2013. قُبِل للنشر في 10 / 9 /2013)

□ ملخّص □

تم حساب إسهام الجسيمات النسبية الخفيفة، وإسهام النيوترينوات النسبية بشكل مستقل في وسيط الكثافة الكوني أوميغا (Ω) وذلك استناداً إلى معطيات المسبار ولكينسون المختص باستكشاف الأمواج الميكروية ذات الخواص المتباينة. تم أيضاً تبيان أن تأثير الجسيمات النسبية المنتشرة في الكون في وسيط الكثافة أوميغا يعادل تقريباً تأثير نيوترينوات الانفجار العظيم في هذا الوسيط، وأن الكون سيبقى في جوار الحالة الحرجة.

الكلمات المفتاحية: ثابت كوني – كثافة حرجة – طاقة قاتمة – مادة قاتمة – نيوترينو الانفجار العظيم.

* قائمة بالأعمال – قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة تشرين– اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (35) العدد (3) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (35) No. (3) 2013

Analysis of Eexperimental Data of the Wilkinson Microwave Anisotropy Probe About the Contribution of Relative Particles (light and neutrinos) in the Cosmological Omega-Density Parameter (Ω)

Khawla Hussain*

(Received 28 / 5 / 2013. Accepted 10 / 9 /2013)

□ ABSTRACT □

The contribution of relative light particles and relative neutrinos in the cosmic Omega-density parameter (Ω) was separately calculated based on the data of Wilkinson Microwave Anisotropy Probe. Also it has been shown that the effect of the relative particles circulating in the universe in Omega-density parameter is roughly equivalent to the effect of the Big Bang neutrinos in this parameter and the universe will remain in the vicinity of the critical situation.

Keywords: Cosmological constant, Critical density, Dark energy, Dark matter, Relic neutrino.

* **Academic Assistant, Department of Physics, College of Sciences, Tishreen University, Syria.**

مقدمة:

خلال السنوات المائة الماضية كانت التطورات في المعارف العلمية مدهشة ، فنحن نميز الآن تفاصيل أكثر دقة بكثير مما كان الأمر عليه منذ مائة عام، ويمكننا الاقتراب من لحظة الانفجار العظيم نفسه، حيث تستطيع الفيزياء الآن توضيح الأحداث بعد وقوعها بزمن 10^{-43} جزءاً من الثانية.

السؤال الملح الآن هو الآتي: هل سرعة توسّع الكون تبلغ سرعة الإفلات؟

الإجابة على هذا السؤال متعلقة بمتوسط الكثافة الحالية للمادة في الكون، هل هذه الكثافة تبلغ ما نطلق عليه اليوم اسم الكثافة الحرجة؟ أي هل قوة الجاذبية الموجودة في الكون تكفي في المستقبل لإيقاف توسّع الكون؟.

إن كثافة الكون مازالت غير معروفة بدقة، فهناك نماذج مختلفة تعطي نتائج مختلفة. ومن جهة أخرى إن ما حسبه العلماء من كميات المادة الموجودة في الكون تقتصر على الكميات التي استطاعوا مشاهدتها بالأجهزة البصرية أو الراديوية المتوفرة ، وهذا يعني أن هناك كميات هائلة من المادة لم تدخل في الحسابات يطلق عليها العلماء المادة القاتمة ونسبتها حوالي95% تم اكتشافها عن طريق السرعات غير الطبيعية لدوران مجرات سماوية ونجوم السوبرنوفا البعيدة.

يُعدُّ العالم الفلكي لومتر Georges Lemaitre (أحد أشهر الفلكيين البلجيكيين)، أول من أثار موضوعاً في غاية الأهمية. إذ يرى أنه من المفترض أن يوجد فائض إشعاعي متبقٍ من الانفجار العظيم، وأن هذا الفائض من الممكن تعقّب أثره. وفي هذا السياق يمكن اعتبار جسيمات النيوترينو جسيمات فلكية "مثالية par excellence " ؛ لأنها توجد في كل مستويات الكون، وهذا ما يجعل النيوترينو الجسيم الأكثر انتشاراً في الكون بعد الفوتون.

يُعدّ الانفجار العظيم الذي وقع منذ حوالي 13.7 مليار سنة المنتج الأكثر غزارة لهذه الجسيمات ويؤكد علماء الفيزياء الفلكية أن الانفجار العظيم ترك ما يقارب 339 من "جسيمات" النيوترينو الكونية" في كل سم3 من الكون [1]، وقد تبدو هذه الكثافة ضئيلة بالنسبة لكثافات الجسيمات في المادة المألوفة، لكنها إذا أُدمجت في كل حجم الكون ينتج عن ذلك تعداد نيوترينو أكثر غزارة بعدة مليارات من البروتونات، والنيوترونات والإلكترونات التي تكوّن الذرات.

تتميز جسيمات النيوترينو الكونية عن غيرها بالطاقة الأكثر انخفاضاً وتقدّر بالميللي إلكترون فولت. تحيط بنا النيوترينوات بأعداد لا حصر لها، ومع ذلك فلا تأثير لها علينا البتة؛ لان تفاعلها يُوصف بأنه ضعيف[2]، ورغم أن التفاعل ضعيف لكنّه غير منعدم، وإلا ما كنا نعرف أي شيء عن هذه الجسيمات؛ لذلك وبفضل التدفقات بالغة الشدة الناتجة بالقرب من المعجلات القوية، وبفضل الكواشف الضخمة لدينا الآن ملايين التفاعلات المسجلة لجسيمات النيوترينو خلال عدة أجيال من التجارب، والتي تبيّن بالتفصيل خواص اقترانها بالمادة.

أهمية البحث وأهدافه:

بيّنت الأبحاث في السنوات الأخيرة أنه من المرجح أن يكون لنيوترينوات الانفجار العظيم المنتشرة في الكون وكذلك الجسيمات النسبية الخفيفة (التي تعدُّ جسيمات بيتا نموذجاً لها) الأوسع انتشاراً من النيوترينوات دورٌ ما في وسيط الكثافة الكوني أوميغا. يهدف هذا البحث إلى حساب إسهام الجسيمات النسبية الخفيفة في وسيط الكثافة الكوني أوميغا، وكذلك إسهام النيوترينوات النسبية في هذا الوسيط، استناداً إلى ما قدمه المسبار ولكينسون المختص باستكشاف الأمواج الميكروية ذات الخواص المتباينة. وتكمن أهمية هذا البحث في الإضافة المعرفية المرجوة منه حول نظرية الانفجار العظيم وتعميق فهمنا لعملية نشوء الكون والمصير الذي ينتظره.

طرائق البحث ومواده:

1- وسيط الكثافة الكوني أوميغا:

يُعرّف وسيط الكثافة الكوني أوميغا بالعلاقة: Omega = Pull/Push حيث الدفعPush يعرّفه الفلكيون بأنه المعدّل الذي تنفصل به المجرات ، وأما السحب (أو الجذب) Pull فهو قوة جذب المجرات للمادة الموجودة في الكون. يرمز علماء الكون للنسبة بين الجذب والدفع بالرمز Ω -Omega. تعتمد حالة الكون على قيمة وسيط الكثافة الكوني Ω للخلاء وللمادة وهنا نكون أمام ثلاث حالات هي:

الحالة الأولى:

$$\Omega_{mat} \rangle 1 \ ; \Omega_{vac} = 0$$

حيث الكتلة كبيرة بما فيه الكفاية ليحدث التجاذب للمجرات والنجوم وينكمش الكون على نفسه ونكون أمام انكماش أعظم (big crunch) وبالتالي فالكون مغلق.

الحالة الثانية:

$$\Omega_{mat} \langle \ 1 \ ; \Omega_{vac} = 0$$

أي أن الكتلة الموجودة في الكون غير كافية لتجاذب المجرات والنجوم المبتعد بعضها عن بعضها الآخر، ونكون أمام توسع للكون، وبالتالي الكون مفتوح.

الحالة الثالثة:

$$\Omega_{mat} \text{ بغض النظر عن قيمة } \Omega_{vac} \neq 0$$

وفي هذه الحالة نكون أمام احتمال توسع الكون وتسارعه، وبالتالي فالكون في حالة توسع ابدي.

لابد من الإشارة إلى وجود بعض الأدلة التي ترجح الحالة الثالثة، كانفجار نوع محدد من المستعرات الفائقة مثل السوبرنوفا، وكذلك الإشعاع الكوني ويعدّ من بقايا الانفجار العظيم كالنيوترينوات المستحاثة relic neutrinos التي تقدر بـ 113 جسيماً وجسيماً مضاد لكل نكهة في كل سم مكعب[2] من الكون. لوحظ من خلال مشاهدات الانزياح الأحمر لظاهرة السوبرنوفا أن كثافة طاقة الفراغ (الثابت الكوني) تسهم بالقيمة المتأرجحة في المجال $\Omega_{VAC} = 0.5 - 0.7$ وهذه النتيجة كانت معززة بتجارب الخلفية الميكروية الكونية CMBR ذات الحساسية لكثافة الطاقة الكونية الكلية.

2- المادة الكونية:

يقدم لنا المسبار الفضائي WMAP [4,3] الذي يرصد مساحة شاسعة من الكون المعطيات التالية حول توزع المادة الكونية:

1- كثافة المادة العادية والمادة القاتمة تساوي:

$$\Omega_m = 0.27 \pm O.O4$$

2- كثافة المادة الفعّالة للجسيمات النسبية (الخفيفة والنيوترينوات) تساوي:

$$\Omega_{\mathrm{Re}l} = 8.24 \times 10^{-5}$$

3- كثافة الطاقة القاتمة تساوي:

$$\Omega_D = 0.73 \pm o.o4$$

والمحصلة تساوي:

$$\Omega_{Total} = \Omega_M + \Omega_{\mathrm{Re}l} + \Omega_D = 1.02 \pm 0.02$$

وهذه المعطيات تتوافق مع تنبؤات نظرية التضخم[6,5] حول الكون.

نشير هنا إلى أن العديد من الإسهامات في الوسيط أوميغا تأتي من أشكال مختلفة للمادة الكونية بعضها مرئي وبعضها الآخر غير مرئي.

النتائج والمناقشة:

نحسب أوميغا للجسيمات النسبية الخفيفة Ω_{light} بشكل مستقل:

يعرّف وسيط الكثافة الكوني أوميغا بالعلاقة التالية:

$$\Omega = \rho_c(t) / \rho_{c,o}$$

حيث يمثل المقدار: $\rho_c(t) = \dfrac{3H^2(t)}{8\pi G}$

كثافة المادة المنظورة او الكثافة الحرجة للكون كتابع للزمن

ويمثل المقدار: $\rho_{C,0} = \dfrac{3H_0^2}{8\pi G}$

القيمة الحالية للكثافة الحرجة $\rho_{C,0}$:

$$\rho_{C,0} = 3H_o^2 / 8\pi G = 9.47 \times 10^{-30}\ gram/cm^3 \qquad [7]$$

أما القيمة الحالية لثابت هبل H_0 فهي: $2.3 \times 10^{-18} S^{-1}$ = 71km/s/Mpc. وأما G فهو ثابت الثقالة المعروف.

نقوم أولا بحساب أوميغا لجسيمات النيوترينو النسبية (المتبقية من الانفجار العظيم) باستخدام العلاقة:

$$\rho_{\upsilon,Big\ Bang} = \frac{7}{2} N_{\upsilon,active} \sigma_{SB} T_\upsilon^4 \qquad [8]$$

حيث:

T_υ درجة حرارة النيوترينو وتساوي: $T_\upsilon = 1.95\,K = 1.68 \times 10^{-4} eV$ ، $N_{\upsilon,active}$ عدد أصناف النيوترينو الفعالة $(N = 3)$، σ_{SB} ثابت ستيفان– بولتزمان ويساوي: $(\pi^2 / 60) / \hbar^3 c^2$

نستخدم في حساباتنا النظام الطبيعي للوحدات (the natural system of units) وكذلك جدول معاملات التحويل وفق هذا النظام [9] الآتي:

جدول معاملات التحويل

	s^{-1}	cm^{-1}	K	eV	amu	erg	g
s^{-1}	1	0.334×10^{-10}	0.764×10^{-11}	0.658×10^{-15}	0.707×10^{-24}	1.055×10^{-27}	1.173×10^{-48}
cm^{-1}	2.998×10^{10}	1	0.229	1.973×10^{-5}	2.118×10^{-14}	3.161×10^{-17}	0.352×10^{-38}
K	1.310×10^{11}	4.369	1	0.862×10^{-4}	0.962×10^{-13}	1.351×10^{-16}	1.527×10^{-37}
eV	1.519×10^{15}	0.507×10^{5}	1.160×10^{4}	1	1.074×10^{-9}	1.602×10^{-12}	1.783×10^{-33}
amu	1.415×10^{24}	0.472×10^{14}	1.081×10^{13}	0.931×10^{9}	1	1.492×10^{-3}	1.661×10^{-24}
erg	0.948×10^{27}	0.316×10^{17}	0.724×10^{16}	0.624×10^{12}	0.670×10^{3}	1	1.113×10^{-21}
g	0.852×10^{47}	2.843×10^{37}	0.651×10^{37}	0.561×10^{33}	0.602×10^{24}	0.899×10^{21}	1

إن الكثافة العددية للنيوترينوات المتبقية من الانفجار العظيم لكل نكهة وفق المعطيات الحالية تساوي113 جسيماً في السنتيمتر المكعب، كما ورد أعلاه.بإجراء سلسلة من العمليات الحسابية العادية نجد:

$$\rho_{\upsilon,Big\ Bang} = 3.132\times10^{-34}\ g/cm^3$$

$$\Omega_{\upsilon,Big\ Bang} = \rho_{Big\ Bang}/\rho_{c,0} = 3.31\times10^{-5}$$

تمكننا هذه النتيجة النظرية من حساب كثافة الجسيمات النسبية الخفيفة حيث وجدنا أن:

$$\Omega_{light} = 4.93\times10^{-5}.$$

نلاحظ أن تأثير هذه النتيجة على القيمة الإجمالية لأوميغا ضئيل جداً وهذا يعني أن الكون سيبقى في جوار الحالة الحرجة. من جهة أخرى نرى أن تأثير الجسيمات النسبية المنتشرة في الكون في وسيط الكثافة أوميغا يعادل تقريبا تأثير نيوترينوات الانفجار العظيم.

الاستنتاجات والتوصيات:

1- نستنتج من هذه الدراسة أن للجسيمات النسبية الخفيفة كما لجسيمات النيوترينو النسبية إسهاماً في الكثافة الكتلوية للكون تتمثل بجعل الجذب في الكون أكبر قليلا من الدفع فيه وهذا يعني أن الكون سيبقى قريباً من الحالة الحرجة التي تمثلها العلاقة: $\Omega_{total} \cong 1$ وهذا يتفق مع [10] .

2- نستنتج أيضا أن غياب إسهام الجسيمات النسبية الخفيفة وكذلك إسهام نيوترينوات الانفجار العظيم عن مخطط توزيع أوميغا على المادة الكونية هو إما بسبب أن هذا الإسهام تقع خارج حدود دقة القياس التي استعملها المسبار (WMAP) أو أنه لم يأخذها بالحسبان لأهداف نجهلها.

3- نوصي بتوسيع إطار هذه الدراسة لتأخذ بالحسبان النيوترينو الفعّال للمادة القاتمة dark matter إلى جانب ما تم بحثه أعلاه حيث نتوقع في هذه الحالة تأثيراً أكبر في الكثافة الكلية للكون.

المراجع:

[1] GIANPIERO MANGANO.- *Relic Neutrino Distribution*. INFN, Sezione di Napoli, Italy(NOVE2006@Venezia).

[2]JULIEN LESGOURGUES and SERGIO PASTOR .- *Neutrino mass from Cosmology*. arXiv:1212.6154v1 [hep-ph] 26 Dec 2012.

[3] http://www.geocities.com/aletawcox/mapresult.htm, Appendix E: Summary of WMAP Results.

[4] EDWARD, L. Wright.- *Results from WMAP, SLAC* .Summer Institute, July 28 - August 8, (2003), Stanford, California.

[5] NAVADI, A. A.; Riazi, N.- *Is the Age Problem Resolved?* .Journal of Astrophysics and Astronomy 24: (2003), 3.

[6] KEEL BILL. *Galaxies and the Universe*. lecture notes – Dark Matter.University of Alabama Astronomy. Retrieved on(2007),05-28.

[7] Nazih Haider, Sid A. Sfiat and Khawla Hossain.- *The Relic Neutrino Contribution to the Universe Energy Density*. International Journal of Physics and Applications. ISSN 0974-3103 Volume 2, Number 1 (2010), pp. 117—122.

[8] SMOOT, G.F. et al.- Astrophys. J. 396 (1992) L1; BENNET, C. et al,Astrophys. J.464 (1996) L1

[9] RAFFELT, G.G. and W. RODEJOHANN, hep-ph/9912397, (2007).

[10] Hinshaw, G,. et al.- *Nine-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations*: Cosmological Parameter Results, (Submitted on 20 Dec 2012 (v1), last revised 4 Jun 2013 (this version, v3)).