

دراسة تأثير كتلة النيوتريو (النيوترينو المضاد) الإلكتروني الفعّال على كثافة المادة في الكون من خلال حساب تشتت النيوتريو الإلكتروني على الإلكترون وكثافته

د. أحمد بيشاني*

د. نزيه حيدر**

د. خولة حسين***

ديمة معنا****

(تاريخ الإيداع 2022 /6/27 – تاريخ النشر 2022 /8/17)

□ ملخّص □

تم في هذا البحث استخراج المقطع العرضي لتشتت النيوتريو الإلكتروني على الإلكترون وحساب الكثافة الطاقية للنيوتريو الإلكتروني الفعّال ومضاده. وتبين من هذه الدراسة أن ثابت الكثافة للنيوتريو الإلكتروني المضاد يساوي: $\rho_{\bar{\nu}_e} = 6.26 \times 10^{-30} \text{ g / cm}^3$ وبالتالي وسيط الكثافة الكونية تساوي $\Omega = 0.66$ مما يعني أن الكون يتمدد و غير محدود.

تم أيضاً حساب مساهمة النيوتريونات الإلكترونية في الكثافة الطاقية للكون حيث وجدنا: $\rho_{\nu_e} = 14.87 \times 10^{-30} \text{ g / cm}^3$ وبالتالي $\Omega = 1.5$ وهذه النتيجة تدعم فكرة الكون المغلق وليس المفتوح. كما تدل النتائج أيضاً وتنسب إلى أن الكتلة 2.2eV تساهم في إغلاق الكون إذا كانت تنسب إلى النيوتريو الإلكتروني ν_e وتجعله مفتوحاً إذا كانت تخص النيوتريو الإلكتروني المضاد $\bar{\nu}_e$ وتفسير ذلك قد يعود للدور الرئيس الذي يلعبه المقطع العرضي لتشتت النيوتريو على الإلكترون إضافة إلى غياب مساهمة الفراغ الخالي في هذه الحسابات.

الكلمات المفتاحية: كثافة طاقية – كون مغلق – كون مفتوح – كثافة حرجة – نيوتريو إلكتروني مضاد

* أستاذ في قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة طرطوس – سوريا

** أستاذ في قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – سوريا

*** محاضر (مديرة أعمال) في قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – سوريا

**** طالبة ماجستير – قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة طرطوس – سوريا

Studying the effect of the effective electron neutrino(electron anti-neutrino) mass on the density of matter in the cosmos by calculation of the electron neutrino scattering on the electron and its density

Dr. Ahmed Bishani *

Dr. Nazih Haider **

Dr. Khawla Hussein ***

Dima Manna ****

(Received 27/6/2022.Accepted 17/8/2022)

□ABSTRACT □

In this research, the cross-section of the electron neutrino scattering on the electron was extracted and the energy density of the effective electron neutrino and its antineutrino was calculated. From this study, it was found that the density constant of the anti-electron neutrino is equal to $\rho_{\bar{\nu}_e} = 6.26 \times 10^{-30} \text{ g / cm}^3$ and therefore omega is equal to $\Omega = 0.66$ This means that the universe is expanding and infinite.

The contribution of electron neutrinos to the energy density of the universe was also calculated, where we found: $\rho_{\nu_e} = 14.87 \times 10^{-30} \text{ g / cm}^3$ and thus $\Omega = 1.5$. This result supports the idea of a closed rather than an open universe, regardless of the contribution of the empty space.

The results indicate to that the mass of 2.2 eV contributes to closing the universe if it belongs to the electron neutrino and makes it open if it belongs to the anti-electron neutrino. The explanation for this may be due to the main role played by the cross-section of the neutrino scattering on the electron, In addition to the absence of the contribution of the empty space in these accounts.

Key words: energy density - closed universe - open universe - critical density - anti-electron neutrino

* Professor in the Department of Physics - Faculty of Science - Tartous University – Syria

** Professor in the Department of Physics - Faculty of Science - Tishreen University – Syria

*** Lecturer at the Department of Physics - Faculty of Science - Tishreen University – Syria

****Master Student - Department of Physics - College of Science - Tartous University - Syria

مقدمة:

أخذت فيزياء النيوتريـنو والكوسمولوجيا نصيبها من الاهتمام لدى العديد من العلماء والباحثين والمهتمين في السنوات الأخيرة حيث يُعدّ النيوتريـنو الآن أحد أسباب الحصول لأكثر من مرة على جائزة نوبل في الفيزياء. يميل النيوتريـنو للتفاعل مع الإلكترون وقد لوحظ أول تفاعل من النوع $\nu_i(\bar{\nu}_i) e^- \rightarrow \nu_i(\bar{\nu}_i) e^-$ في عام 1973 في Gargamelle [1]، وفي عام 1976 حصل فريق Reines [2] على أول إشارة للتفاعل $\bar{\nu}_e e^- \rightarrow \bar{\nu}_e e^-$ الذي هو جزء من التفاعل السابق وذلك باستخدام نيوتريـنويات إلكترونية مضادة $\bar{\nu}_e$ قادمة من المفاعل النووي.

توالت بعد ذلك المعطيات من التجارب والأبحاث على التفاعلات السابقة وأخذ كلٌّ من الكتلة والعزم المغناطيسي للنيوتريـنو القسط اللازم من الدراسة كعاملين مؤثرين في التفاعلات المذكورة أعلاه [3-7]، ورغم تقدم الأبحاث في مجال فيزياء النيوتريـنو مازالت تنتظرنا مفاجآت غنية بالمعلومات المهمة عن هذه الجسيمات الشبحية Ghostly Particles كما يقول العالم كارلو روبا Carlo Ropia الحائز على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1984 والمدير السابق للمختبر الأوروبي CERN.

أهمية البحث:

تأتي أهمية البحث من الأسئلة الكثيرة التي تطرح نفسها وتنتظر الإجابة ومنها السؤال الأساسي المتعلق بمصير الكون من خلال كثافة المادة فيه ρ ومقارنتها بقيمتها الحرجة ρ_c حيث نعلم أن قيمة ρ لا تساوي القيمة الحرجة لكثافة المادة في الكون ρ_c . من المعلوم أن $\rho_c \sim 10^{-30} \text{ gr/cm}^3$ من هنا طرح السؤال الأكبر حول العلاقة بين ρ_c ، ρ لأن ذلك يحدد مصير الكون فإذا كانت $\rho_c > \rho$ فإن الكون يتوسع ويتمدد وفي الحالة المعاكسة فإن الكون ينكمش ويتقلص وفي حالة التساوي فالكون مسطح (انزان ابدى بين التمدد والانكماش).
لقد تمّ حساب كثافة الطاقة من النيوتريـنويات المتبقية من الانفجار الأعظم وتأثيرها على الكثافة الكونية في العمل [٨]، ويعتبر مشروع البحث الحالي امتداداً لهذا العمل بشكل موسع وأعمال أخرى ذات صلة.

الهدف من البحث:

يهدف هذا البحث العلمي إلى البحث عن إمكانية إسهام كتلة النيوتريـنو الإلكتروني الفعّال أو كتلة النيوتريـنو الإلكتروني المضاد الفعّال في كثافة المادة في الكون وتحديد هذه المساهمة من خلال تشتت النيوتريـنوا الإلكتروني أو النيوتريـنو الإلكتروني المضاد على الإلكترون وخاصة بعد أن بيّنت التجارب الحديثة بأنّ للنيوتريـنو الإلكتروني كتلة حيث منحت جائزة نوبل في الفيزياء للعام ٢٠١٥ الى الياباني تاكاكي كاجيتا والكندي ارثر ب. ماكدونالد لأعمالهما حول «النيوتريـنو» حيث أثبتنا أنها تمتلك كتلة [12].

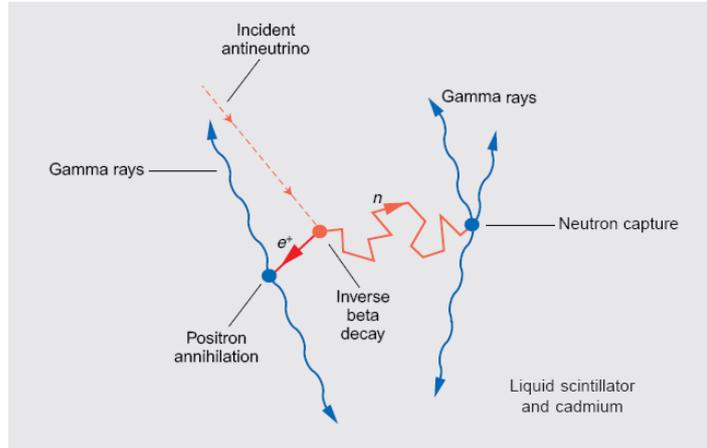
طرائق البحث ومواده:

1- كتل وأصناف النيوتريـنو: هناك ثلاثة أصناف (نكهات) معروفة للنيوتريـنويات الفعّالة هي: نيوتريـنو الإلكتروني ν_e و نيوتريـنو الميون ν_μ ونيوتريـنو التاو ν_τ سميت نسبة للبيوتونات المرافقة التي تنتمي إلى النموذج المعياري كما يبيّن الجدول (١) التالي:

جدول (١): أصناف النيوترينو الفعال وفق النموذج المعياري ^[5]		
Fermion	Symbol	Mass
Generation 1 (electron)		
Electron neutrino	ν_e	< 2.2 eV
Electron antineutrino	$\bar{\nu}_e$	< 2.2 eV
Generation 2 (muon)		
Muon neutrino	ν_μ	< 170 KeV
Muon antineutrino	$\bar{\nu}_\mu$	< 170 KeV
Generation 3 (tau)		
Tau neutrino	ν_τ	< 15.5 MeV
Tau antineutrino	$\bar{\nu}_\tau$	< 15.5 MeV

2- اكتشاف النيوترينو

في ثلاثينات القرن العشرين لم يكن النقاط النيوترينو ممكناً وبقيت هذه المسألة مفتوحة . اختار الفيزيائيان رينز وكوان في عام ١٩٥٦ التفاعل: $\bar{\nu} + P \rightarrow n + e^+$ لانتقاط النيوترينو الحر على أن يكون مصدر تدفق النيوترينوات هو المفاعل النووي. وكانا بحاجة إلى كاشف ضخم يحتوي هدفاً كبيراً من البروتونات التي بإمكانها إيقاف بعض النيوترينوات بوجود محلول الكاديوم ويوضع تحت الأرض بعمق مناسب لعزل الكاشف عن تأثير الأشعة الكونية والخلفيات الإشعاعية الأخرى وهذا ما حصل. يبين المخطط التالي عملية الكشف عن النيوترينو:



شكل (١): سير التفاعل $\bar{\nu} + P \rightarrow n + e^+$

تأتي النيوترينوات المضادة من المفاعل حيث يتفاعل النيوترينو المضاد ذو الطاقة الأعلى من النقطة الحرجة 1.8MeV مع البروتون الموجود في الماء الذي يحتويه الكاشف وينتج من هذا التفاعل نوترون وبوزيترون

(تفاعل بيتا العكسي) . النترون تأسره نواة الكاديوم وينتج عن هذا التفاعل فوتونات غاما بطاقة $8MeV$ ، أما البوزيترون فيلتقي مع نظيره الإلكترون ويحصل الفناء annihilation وينتج عن ذلك فوتونات غاما بطاقة $0.5MeV$.

تبيّن عملية النقاط الفوتونات أن هناك فارقاً زمنياً يقدر بعدة ثواني بين الفوتونات المتأتية من الأسر الإلكتروني ، وتلك المتأتية من تفاعل بيتا العكسي. وكان ذلك دليلاً لا يقبل الشك على قدوم النيوتريينو المضاد من المفاعل وهكذا ظهر النيوتريينو قولاً وفعلاً إلى حيز الوجود.

3- مصادر النيوتريينو : تتعدد مصادر النيوتريينو. نذكر على سبيل المثال:

النيوترينات الجوية : تحصل النيوترينات الجوية من خلال تفاعل الإشعاعات الكونية مع نوى الذرات في جو الأرض حيث يولد هذا التفاعل مجموعة من الجسيمات التي معظمها غير مستقر (قصيرة العمر) تتفكك هذه الجسيمات بدورها ويكون بين النواتج ميونات ونيوترينات ميونية.

النيوترينات الشمسية: أصل النيوترينات الشمسية هو الاندماج النووي الحاصل في لب الشمس والنجوم

الأخرى. أول مصدر للنيوتريينو هو الشمس حيث ترسل الشمس النيوتريونات في كل الاتجاهات وهناك ٦٥ بليون (6.5×10^{10}) من النيوترينات الشمسية تعبر كل سنتيمتر مربع من سطح الأرض خلال ثانية. تمكن ديفس Raymond Davis الذي منح جائزة نوبل في الفيزياء من التقاط معدّل وسطي يساوي نصف تفاعلات النيوتريينو الإلكتروني يومياً بواسطة كاشفه خلال عشرين عاماً.

نيوترينات السوبرنوفات: يُعتقد بأن معظم الطاقة الناتجة في السوبرنوفات تذهب بعيداً على شكل نيوتريونات من خلال الاندفاع الهائل الذي يرافق الانفجار.

نيوترينات الأشعة الكونية مجهولة المصدر: هناك خلفية من النيوترينات ذات الطاقة المنخفضة تحتل

كوننا. ومنذ عام ١٩٨٠ ساد الاعتقاد أن هذه النيوترينات تشكل امتداداً للمادة القاتمة المتوقع وجودها في الكون. تؤكد الأبحاث الأخيرة وجود النيوترينات المستحثة relic neutrinos في الكون وبكثافة عددية تساوي ٥٦ نيوتريينو في السنتيمتر المكعب لكل نكهة وبدرجة حرارة تساوي $(1.7 \times 10^{-4} eV)$ ، إذا كان النيوتريينو بدون كتلة (أي تنتمي للنموذج القياسي).

4- الكثافة المتوسطة للمادة في الكون:

قام العلماء بحساب الكثافة الحرجة للمادة The Critical Mass في الكون فوجدوا أنها تساوي (دون

الدخول في التفاصيل):

$$\rho_{critical} = 5 \times 10^{-30} \text{ gram / cm}^3$$

عندما يكون الكون محققاً للكثافة الحرجة فهذا يعني أن الكون يستمر في التوسع بدقة بحيث لا يصل إلى الحد

الذي يؤدي إلى إغلاقه مشكلاً ما يسمى بالكون المسطح.

إن كثافة الكون مازالت غير معروفة بدقة فهناك نماذج مختلفة تعطي نتائج مختلفة. ومن جهة أخرى ما حسبه

العلماء من كميات المادة الموجودة في الكون تقتصر على الكميات التي استطاعوا مشاهدتها بالأجهزة البصرية أو الراديوية المتوافرة وهذا يعني أن هناك كميات هائلة من المادة لم تدخل في الحسابات كالمادة الكوسمولوجية العاتمة cosmological dark matter ويقدر العلماء أن ٩٠% من كامل المادة الموجودة في الكون غير مرئية [9].

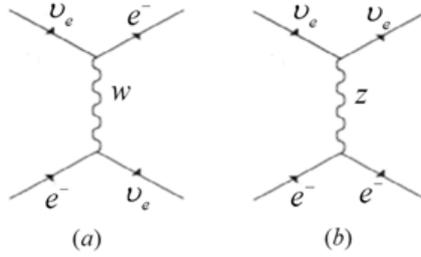
5- حساب المقطع العرضي لتشتت النيوتريينو على الإلكترون:

في إطار نظرية النموذج المعياري وبمساعدة مخططات فاينمان وقوانينه الذهبية، نعبر عن التبعثر المرن للنيوتريينو (النيوتريينو المضاد) على الإلكترون من خلال العلاقتين التاليتين :

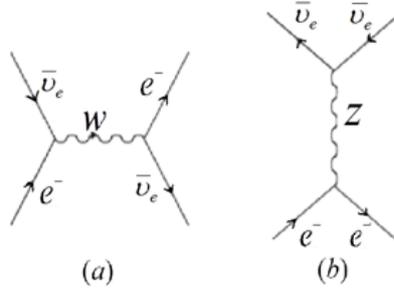
$$\nu_\alpha + e^- \rightarrow \nu_\alpha + e^- \quad (1)$$

$$\bar{\nu}_\alpha + e^- \rightarrow \bar{\nu}_\alpha + e^- \quad (2)$$

نشير هنا إلى أن $\alpha = e, \mu, \tau$ وأن عمليات التبعثر المرن للنيوتريينو (النيوتريينو المضاد) على الإلكترون لا تملك حالة حرجة لأن الحالة النهائية تتطابق مع الحالة البدائية . مخططات فاينمان لحالتي التبعثر المرن (1) و (2) مبيّنة في الشكلين (1) و(2):



شكل(1):مخطط تبعثر النيوتريينو الإلكتروني على الإلكترون



شكل(2):مخطط تبعثر النيوتريينو المضاد الإلكتروني على الإلكترون

الشكل (1): يمثّل مخطط فاينمان لتبعثر النيوتريينو الإلكتروني على الإلكترون:

(a) : مخطط التيار المشحون

(b) : مخطط التيار الحيادي

الشكل (2): يمثّل مخطط فاينمان لتبعثر النيوتريينو المضاد الإلكتروني على الإلكترون:

(a) : مخطط التيار المشحون

(b) : مخطط التيار الحيادي

إن اللاگرانج الفعال (في حال الطاقة المنخفضة) للتفاعل الأول يأخذ الشكل التالي :

$$L_{eff}^{v_e(\bar{v}_e)e^-} = -\frac{G_F}{\sqrt{2}} \{ [\bar{v}_e \gamma^\mu (1-\gamma^5) e] [\bar{e} \gamma_\mu (1-\gamma^5) v_e] + [\bar{v}_e \gamma^\mu (1-\gamma^5) v_e] [\bar{e} \gamma_\mu (g_V - g_A \gamma^5) e] \} \quad (3)$$

حيث أن : $G_F = 1.66 \times 10^{-5} GeV^{-2}$ هو ثابت فيرمي ، γ_μ مؤثر مصفوفي و $\mu = 0,1,2,3$ ، γ^5 مؤثر مصفوفي .

وذلك في إطار (V-A) Theory ، حيث يعبر الحد الأول من اللاگرانج عن مساهمة التيار المشحون charge current ، بينما يعبر الحد الثاني عن مساهمة التيار المحايد neutral current ، أما

g_V, g_A فهي ثوابت الاقتران الضعيف و تساوي :

$$\left. \begin{aligned} g_V &= -\frac{1}{2} + 2 \sin^2 \theta_w \\ g_A &= -\frac{1}{2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots \text{for } v \equiv \nu_\mu \text{ or } \nu_\tau \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} g_V &= +\frac{1}{2} + 2 \sin^2 \theta_w \\ g_A &= +\frac{1}{2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots \text{for } v \equiv \nu_e \quad (5)$$

باستخدام تحويلات فيرتز Fiertz transformations نعيد كتابة اللاگرانج الفعال بالصيغة التالية:

$$L_{eff}^{v_e(\bar{v}_e)e^-} = -\frac{G_F}{\sqrt{2}} [\bar{v}_e \cdot \gamma^\mu (1-\gamma^5) v_e] \{ e^- \cdot \gamma_\mu [(1+g_V) - (1+g_A)\gamma^5] e \} \quad (6)$$

نعود الى التفاعل (1) ونعيد كتابته بالشكل الآتي:

$$\nu_i + e_i^- \rightarrow \nu_f + e_f^- \quad (7)$$

نعرف الكمية (S) التي تعتمد على الحالة البدائية (i) بالعلاقة :

$$\sqrt{S} = (E_{\nu_i} + E_{e_i}) \quad \text{أو} \quad S = (E_{\nu_i} + E_{e_i})^2$$

وندعوها بالطاقة الكلية. و نشير هنا أيضاً أنه في إطار الجملة المخبرية (L.S) يكون الإلكترون البدائي في حالة سكون و بإهمال كتلة النيوتريو السكونية نجد أن S يساوي : $S = 2m_e \cdot E_{\nu_i}$ حيث أن : $E_{\nu_i} \equiv E_{\nu}$ طاقة نيوتريو الدخل . بالعودة إلى الجملة المخبرية حيث : $\vec{P}_{e_i} = 0$ نفترض أن الطاقة الحركية لإلكترون الخرج هي

$$y = \frac{T_e}{E_{\nu_i}} \equiv \frac{E_e}{E_{\nu_i}} \quad \text{و أن} \quad T_e \equiv T_{ef}$$

أولاً: بفرض $E_{\nu_i} \gg m_e$ نجد من أجل تبعثر النيوتريو (النيوتريو المضاد) الإلكتروني على الإلكترون المقاطع

العرضية التفاضلية والكلية التالية:

$$\frac{d\sigma}{dy}(\nu_e e^-) = \sigma_0 [(g_V + g_A + 2)^2 + (g_V - g_A)^2 (1-y)^2] \quad (8)$$

$$\sigma(\nu_e e^-) = \sigma_0 [(g_V + g_A + 2)^2 + \frac{(g_V - g_A)^2}{3}] \quad (9)$$

$$\frac{d\sigma}{dy}(\bar{\nu}_e e^-) = \sigma_0 [(g_V - g_A + 2)^2 + (g_V + g_A)^2 (1-y)^2] \quad (10)$$

$$\sigma(\bar{\nu}_e e^-) = \sigma_0 [(g_V - g_A + 2)^2 + \frac{(g_V + g_A)^2}{3}] \quad (11)$$

ثانياً: خارج إطار المجال $m_e \gg E_\nu$ تصبح المقاطع العرضية التفاضلية للتفاعلات المدروسة بالشكل التالي :

$$\frac{d\sigma}{dy}(\nu_e e^-) = \sigma_0 [(g_V + g_A)^2 + (g_V - g_A)^2 (1-y)^2 - (g_V^2 - g_A^2) \frac{m_e y}{E_\nu}] \quad (12)$$

$$\frac{d\sigma}{dy}(\bar{\nu}_e e^-) = \sigma_0 [(g_V - g_A)^2 + (g_V + g_A)^2 (1-y)^2 - (g_V^2 - g_A^2) \frac{m_e y}{E_\nu}] \quad (13)$$

$$\sigma_0 = \frac{G_F^2}{2\pi} m_e E_\nu \quad \text{حيث :}$$

تكامل العلاقتين الأخيرتين فنجد التالي :

$$\sigma_{\nu_e e \rightarrow \nu_e e} \approx 9.5 \times 10^{-49} m^2 \left(\frac{E_\nu}{1 \text{ MeV}} \right) \quad (14)$$

$$\sigma_{\bar{\nu}_e e \rightarrow \bar{\nu}_e e} \approx 4.0 \times 10^{-49} m^2 \left(\frac{E_\nu}{1 \text{ MeV}} \right) \quad (15)$$

ثالثاً: حساب الكثافة الطاقية للنيوتريينو الفعال من خلال تطبيق العلاقة:

$$\rho_{\text{int}} = n(e^-) n[\nu_e(\bar{\nu}_e)] \sigma_{\text{Weak}} V(e^-) (E_e + E_{\nu_e(\bar{\nu}_e)}) \quad (16)$$

أخذين بعين الاعتبار أنه عند درجة الحرارة العالية التي يتسم بها الكون المبكر تتفاعل النيوتريونات $\nu_e(\bar{\nu}_e)$ باستمرار مع الإلكترونات ولذلك فإن طيف النيوتريينو الذي يضم كل النكهات يكون في حالة توازن حراري مع المواد الأخرى في هذه المرحلة.

عندما تنخفض درجة الحرارة إلى 10^{10} K وما دون فإن معدلات التفاعل سوف تعتمد على مقاطع التفاعل الضعيف وعلى كثافة الإلكترونات و سرعتها النسبية من خلال العلاقة (١٦) التي تعطي كثافة الطاقة التي يحملها الزوج المتفاعل $[10] e^- \nu_e(\bar{\nu}_e)$.

حيث تعبر n عن الكثافة الليبتونية للإلكترونات و V عن السرعة النسبية لهذه الإلكترونات. كما تعبر σ_{Weak} عن المقطع العرضي الفعال للتفاعل المدروس ويمكن حسابه من التفاعلات الليبتونية الصرفة حيث نعلم أن النيوتريينو يتأثر فقط بالقوة الضعيفة ولذلك سوف نتوقع مقاطع عرضية صغيرة من الصعب ملاحظتها من خلال هذه التفاعلات كما توضح العلاقتان (١٤) ، (١٥).

رابعاً: لتحديد مساهمة النيوتريينو (النيوتريينو المضاد) الإلكتروني الفعال في القيمة الحرجة للكثافة الكونية نستخدم الكثافة الليبتونية حسب توزيع فيرمي - ديراك بالعلاقة التالية:

$$n_j = \frac{1}{\pi^2 \hbar^3} \int_0^\infty p_j^2 dp_j / (e^{E_j/KT} + 1)$$

$$j = e^+, e^-, \nu, \bar{\nu} \quad \text{حيث:}$$

كذلك الأمر بالنسبة للسرعة النسبية V_j فإنها تعطى بالعلاقة:

$$V_j = \frac{p_j}{\sqrt{p_j^2 + m_j^2}} \approx 1 - \frac{m_j^2}{2E_j^2}$$

وبما أن $m_e c^2 \ll KT$ نستطيع بعد إجراء سلسلة من العمليات أن نكتب:

$$n(e^-) \approx n(\nu_e(\bar{\nu}_e)) \approx 15T^3 \text{ cm}^{-3} \quad [10]$$

الآن نستطيع حساب الكثافة الطاقية بوساطة التفاعل $e^- \nu_e(\bar{\nu}_e)$ من أجل معرفة نصيب كل من النيوتريينو (النيوتريينو المضاد) أو الإلكترون من هذه الكثافة في هذا التفاعل. قبل تطبيق العلاقة (١٦) يجب أن نأخذ بعين الاعتبار التالي:

١- نختار درجة حرارة مناسبة لهذا التفاعل ولتكن $T = 10^7 \text{ K}$ وهذا يقود إلى:

$$n(e^-) = n(\nu_e) = n(\bar{\nu}_e) = 15(10^7 \text{ K})^3 = 15 \times 10^{21} \text{ K} = 1.25 \times 10^{24} \text{ cm}^{-3}$$

في جملة الواحدات الطبيعية.

٢- تهمل طاقة النيوتريينو الإلكتروني أمام طاقة الإلكترون حيث:

$$E_e + E_{\nu_e} = 0.511 \times 10^6 \text{ eV} + 2.2 \text{ eV} \approx 0.511 \text{ MeV}$$

٣- السرعة النسبية للإلكترونات تساوي: $V_e \approx 1 - \frac{m_e^2}{2E_e^2}$

٤- بتطبيق العلاقة (١٦) من أجل المقطع العرضي (١٥) الخاص بالنيوتريينو الإلكتروني المضاد واستخدام

جدول التحويلات [13]، نجد ان ثابت الكثافة يساوي: $\rho_{\bar{\nu}_e} = 6.26 \times 10^{-30} \text{ g / cm}^3$.

و بالعودة الى الكثافة الحرجة للكون نستطيع حساب أوميغا فنجد أنها تساوي :

$$\Omega = \rho_{\bar{\nu}_e} / \rho_c = 6.26 \times 10^{-30} / 9.47 \times 10^{-30} = 0.66$$

و لحساب مساهمة النيوتريونات الإلكترونية في الكثافة الطاقية للكون نطبق العلاقة (16) فنجد:

$\rho_{\nu_e} = 14.87 \times 10^{-30} \text{ g / cm}^3$ وبالتالي $\Omega = \rho_{\nu_e} / \rho_c = 1.5$ وهذه النتيجة تدعم فكرة الكون المغلق بغض

النظر عن مساهمة الفراغ الخالي.

خامساً: مناقشة النتائج

يعرف وسيط الكثافة الكوني Ω بالعلاقة: $\Omega = pull / push$ حيث يعرف الفلكيون الدفع بأنه المعدل الذي تنفصل به المجرات وأن السحب أو الجذب فهو قوة جذب المجرات للمادة الموجودة في الكون وبالتالي يرمز علماء الكون للنسبة بين الجذب والدفع بالرمز Ω . فإذا كانت أوميغا أكبر من الواحد يكون هناك في الكون سحب أكبر من الدفع يؤدي في النهاية إلى تباطؤ التمدد ثم الانكماش أي يؤدي إلى حدوث الانفجار الكبير العكسي (الانسحاق الكبير) ويدعى هذا النوع بالكون المغلق. وإذا كانت أوميغا أقل من الواحد فسوف يستمر الكون في التمدد وإلى الأبد وهذا النوع يطلق عليه الكون المفتوح أي الكون اللامحدود.

أفضل ما كان لدينا حتى الآن هو أن قيمة أوميغا (Ω) المتأتية من المادة هي حوالي 0.3 ويعني ذلك أن الكون يتمدد إلى ما لا نهاية و أنه غير محدود و أنه كان كذلك على الدوام. في بحثنا الحالي وجدنا أن أوميغا $\Omega = 0.66$ وهذا يدعم الرأي بتمدد الكون ، غير أن المعطيات الأخيرة تبين أن قيمة أوميغا الناتجة عن الفراغ الخالي هي 0.7 ودمج ذلك مع قيمة أوميغا الناتجة من المادة $\Omega = 0.66$ يكون لدينا أوميغا كلية أكبر من الواحد و هذا يؤدي لعدم حدوث انتران في الكون بين التمدد الأبدي و الانكماش الأبدي . وهنا لا بد من الإشارة إلى أنه عندما

$\Omega_{vac} \neq 0$ بغض النظر عن Ω_{mat} فإننا نكون أمام احتمال توسع الكون وتسارعه وبالتالي فالكون في حالة توسع أبدي ويدعم هذه الفكرة انفجار نوع محدد من المستعرات الفائقة مثل السوبرنوفات وكذلك ظاهرة الإشعاع الكوني وبقيت الانفجار العظيم مثل النيوتريونات المستحثة.

مما سبق نستنتج أن الكتلة 2.2eV تساهم في إغلاق الكون إذا كانت كتلة للنيوتريو الإلكتروني وتجعله مفتوحاً إذا كانت كتلة للنيوتريو الإلكتروني المضاد و يعود تفسير ذلك للدور الرئيس الذي يلعبه المقطع العرضي لتشتت النيوتريو على الإلكترون ، إضافة إلى درجة حرارة الوسط الذي يحصل فيه هذا التشتت بغض النظر عن نوعية مساهمة الخلاء [11].

سادساً: التوصيات

نوصي بالتوسع في هذه الدراسة لتشمل كتل النيوتريونات الميونية والتاوية.

المراجع

- [1] HAIDAR, N.; MUSA, A.W.; ALATTA, N. - *Scattering cross section dependence on neutrino's mass in the neutrino – electron interaction*. Sudan University for science and technology, Journal of science and technology, Vol. 5, N^o .1, Jan., 2004.,.25.
- [2] HAIDAR, N.; KARFOUL., R. - *Effect of neutrino mass on the cross section of elastic neutrino – electron scattering, and its role in the deviation of the standard model of elementary particles in the low and high energy ranges*. Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research – Basic Science Series Vol. 28., N^o .1., 2006.
- [3] HAIDAR, N. - *Secrets of neutrino*, TRONIX magazine, Issue 24 December 2006, 30-31.
- [4] KERIMOV, B. K.; SAFIN. M. Ya.; HAIDAR, N., TIKHOMIROV. A. M. - *Spin and electroweak effects in the neutrino – electron interaction*. VII International Symposium on high energy spin physics, Protvino. 1986. and Cerpukhov. 1987. Vol.. II.. 51
- [5] KERIMOV. B. K.; SAFIN. M. Ya.; HAIDAR. N - *Elastic neutrino (antineutrino) – electron scattering and electromagnetic moments of neutrino*. Russian Academy of Science. physical series. Vol.. 52. 1988. 136.
- [6] 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. Yvonne Y.Y Wong .*Relic neutrinos*, Max-Planck Institut for physic, Munchen, OCPA Workshop on Underground Science, Hong Kong, July 21-23 2008.
- [7] Khawla Hossain: *The relic neutrinos contribution in the Universe energy density by the antineutrino-electron elastic scattering*, A thesis prepared for obtaining a master's degree in radiological physics, under the supervision of Dr. Jihad Melhem and with the participation of Mohieldin Nizam, the Physics Department of the Faculty of Science at Tishreen University 2016.

[8]Neutrino – Electron and Antineutrino – Electron Scattering , Submitted by : Mogahid Osman Mohammed , Mohammed Daffallah Abdurrahman and Mohammed Maher Abdelrahim , Supervisor : Dr. Magdi Elfadil Yousif Soliman , June 2014 .

[9]Neutrino Masses , Mixing , and Oscillations : Written August 2019 by M.C.Gonzalez – Garcia (YITP , Stony Brook ; ICREA , Barcelona ; ICC , U . of Barcelona) and M . Yokoyama (Tokyo . U ; kavli) IPMU (WPI) , U . Tokyo .M.Tanabashi et al (Particle Data Group) , Phys . Rev . D 98,030001(2018) and 2019 update 6th . February , 2020 , 2:06pm .

[10]Astrophysical Constants and Parameters : P . A . Zyla et al . (Particle Data Group) , Prog . Theor . Exp . Phys . 2020 , 083C01(2020) 25th August , 2020 , 5:00pm.

[11]Particle Physics Booklet :Extracted from the Review of Particle Physics P . A . Zyla et al . (Particle Data Group) Prog . Theor . Exp . Phys . 2020 , 083C01(2020) , Available from PDG at LBNL and CERN .

[12]Electroweak Model and Constraints on New Physics , Revised March 2022 by J . Erler (KPH , JGU Mainz) and A . Freitas (Pittsburgh U .) , R . L . Workman et al . (Particle Data Group) , to be published (2022) 1st June , 2022 , 9:36am.

[13]ArXiv : 2207 . 09979v1 [hep-ex] 20 July 2022 , European Laboratory For Particle Physics CERN – EP – 2022 – 156 .