مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الأساسية المجلد (7) العدد (2) 2023

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies –Basic Sciences Series Vol. (7) No. (2) 2023

دراسة تأثير إشعاع نيوترينوات المستعر الأعظم على حياة الإنسان على الأرض

ا.د.نزيه حيدر*

أ.د.تيسير معلا**

د.خولة حسين***

أشرف سمرة****

(تاريخ الإيداع 4/6 / 2023 – تاريخ النشر ٧/٦ / 2023)

□ ملخّص □

المستعر الأعظم (سوبرنوفا) ، هو أحد أكثر الأحداث دراماتيكية التي يمكن أن تحدث في الكون بأسره ، يُنتج كميات هائلة من النيوترينوات. يُعتقد أن انبعاث النيوترينوات من سوبر نوفا ضمن مسافة معينة من الانفجار سيكون كافياً لإلحاق الأذى بالإنسان. في هذا البحث ، سنحاول تقدير المسافة الحدية الأدنى (المسافة الحرجة) التي تقطعها النيوترينوات القادمة من المستعر الأعظم باتجاه الأرض والكافية لإلحاق الضرر بالإنسان على الأرض وذلك من خلال الاعتماد على تجارب التقاط النيوترينوات بواسطة كواشف النيوترينو مثل كاشف Kamiokande–II وغيره ، ومن ثم تحديد الجرعة التي يمكن أن يتلقاها الإنسان على سطح الأرض من نيوترينوات المستعر الأعظم SN1987A التي تجتاز تلك المسافة الحرجة.

الكلمات المفتاحية: نيوترينو المستعر الأعظم – كواشف النيوترينو

*أستاذ – قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية

** أستاذ – قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية

*** دكتورة ومديرة إعمال – قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية

**** طالب دراسات عليا (ماجستير)– قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الأساسية المجلد (7) العدد (2) 2023

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies –Basic Sciences Series Vol. (7) No. (2) 2023

Studying the impact of supernova neutrino radiation on human life on Earth

Prof.Nazih Haidar*
Prof. Tayseer Mualla**
Dr. Khawla Hussein***
Ashraf Samra****

(Received 6/4/2023.Accepted 6/7/2023)

□**ABSTRACT** □

A supernova, one of the most dramatic events that can occur in the entire universe, produces huge amounts of neutrinos. It is believed that a neutrino emission from a supernova, within a certain distance from the explosion, would be sufficient to harm humans. In this research, we will try to estimate the minimum distance (the critical distance) that neutrinos travel from the supernova to Earth by relying on neutrino capture experiments by neutrino detectors such as the Kamiokande-II detector, and others, and to determine the dose that a person on the Earth's surface can receive from SN1987A supernova neutrinos that are harmful to human life.

key words: Supernova Neutrino - Neutrino Detectors

***Professor, Department of physics, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria
****Professor, Department of physics, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria
***** Doctor in the Department of Physics (academic director), Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria
******Postgraduate Student, Department of physics, Faculty of Sciences, Tishreen University, Lattakia, Syria

المقدمة

المستعر الأعظم هو انفجار هائل ناتج عن موت نجم ضخم. خلال حياة النجم ، يتم التوازن بين قوتين موجهتين متعاكستين: قوة الجاذبية الهائلة التي تدفع كل شيء نحو الداخل أي نحو مركز النجم ، وقوة الضغط الناتج عن الحرارة الذي يدفع كل شيء نحو حواف النجم. يُنتج النجم الحرارة اللازمة بشكل أساسي عن طريق تحويل الهيدروجين إلى هيليوم ، و يطلق نتيجة ذلك الطاقة[2,1].

عندما لا يتمكن النجم من إنتاج الضغط الحراري اللازم لتحمل قوى الجاذبية ، فإنه ينهار ، مما يتسبب في انفجار هائل يطلق الكثير من الطاقة بحيث يضيء أكثر من كل النجوم الموجودة في مجرته مجتمعة. هذا الانفجار هو ما نطلق عليه مستعر أعظم [4,3].

تهرب النيوترينوات من المادة فائقة الكثافة في المستعر الأعظم بسهولة أكبر من الفوتونات ، ولذلك كانت تُرى المستعرات الأعظمية من خلال انبعاث النيوترينوات قبل أن يتم ملاحظتها بواسطة التلسكوبات العادية. تم تسجيل النيوترينوات من المستعر الأعظم SN1987A قبل ساعتين ونصف من وصول الضوء من الانفجار إلى الأرض. ولكن لم يذكر العلماء هذا في بياناتهم إلا بعد أن تم بالفعل رؤية المستعر الأعظم من خلال الإشعاع الكهرومغناطيسي [5].

تم اقتراح مشكلة تأثير تدفق نيوترينو المستعرات العظمى SNe على الحياة الأرضية لأول مرة من قبل Collar الذي اقترح أن مثل هذا الحدث كان مسؤولاً عن الانقراض الكبير الذي حصل لبعض الحيوانات منذ حوالي 600 مليون سنة مضت.[6].

ثم تمت مناقشته بشكل أعمق وبالتفصيل من قبل كوسيرت Cossairt [7 ، 8]. وعلى وجه الخصوص ، ناقش تفاعل النيوترينو الفردي (في مجال كبير للطاقة) فيما يتعلق بالأنسجة الحية ، وخلص إلى أنه من غير الممكن أن تكون نيوترينوات SNe قد تسببت بالانقراض الكبير.

نشر بينيتيز Benitez أعماله [9] ، بإعطاء أهمية أكبر للموضوع من خلال تأكيده أنه كانت هناك انفجارات سوبر نوفا تبعد بحدود 40–50 kpc (واحد فرسخ فلكي يساوي $3\times10^{16}m$ مترًا تقريبًا). اليوم يبدو مفيدًا وضروري إعادة تقييم هذه المشكلة مرة أخرى ، وعلى وجه لخصوص في ضوء التقدم المحرز مؤخرا في مجال علم الأحياء الإشعاعي وبعض التقديرات الحديثة لتدق نيوترينو SNe.

في هذا العمل ، سنحاول من جديد مسافة عتبة انفجار المستعرات الأعظمية التي هي مصدر تدفق النيوترينو القوي التي تشكل خطورة على الحياة على الأرض.

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية البحث في سياق دراسة الأثر المحتمل لجسيمات النيوترينو الصادرة عن المستعرات العظمى على حياة الإنسان في الأرض وذلك من خلال محاولة إعادة تقييم مدى خطورتها مجدداً انطلاقاً من نتائج الأعمال التي أنجزت سابقاً والعمل على مراجعتها والتعليق عليها حسب ما يمكن أن يكون جديداً اليوم بعد التطور في مجال الراديو بيولوجي والاستفادة من عبارة التدفق الشائعة الاستعمال اليوم (حسب نتائج الاعمال الحالية في محاكاة انفجار المستعرات العظمى وخاصة SN1987A) لتدقيق الحساب في تخمين البعد الحدي الأدنى الذي يمكن من خلاله أن تشكل النيوترينوات القادمة من المستعرات العظمى خطراً على حياة الإنسان على الأرض.

يهدف البحث إلى إلقاء الضوء على آلية انبعاث النيوترينو من المستعرات الأعظمية والتركيز على كيفية تقدير الجرعة والمدى الحرج لقربنا من مستعر أعظم لتفادي ضرر إشعاع النيوترينو على الإنسان.

طرائق البحث ومواده:

1- تاريخ المستعر الأعظم SN1987

تم اكتشاف المستعر الأعظم SN1987A في عام 1987 ، ليس بواسطة النيوترينوات ، ولكن بواسطة الضوء العادي. في الواقع ، كان SN1987A هو أول مستعر أعظم منذ سوبرنوفا كبلر عام 1604 ليكون مرئياً بالعين المجردة. وُجد أنه يقع في سحابة ماجلان الكبيرة ، على بعد 50 kp كيلو بيرسك فلكي أو أقل عن الأرض[10].

يعتبر SN1987A أفضل مستعر أعظم تمت دراسته في التاريخ ، حيث تمكنت أربعة أجهزة كشف من رصد نيوترينوات **SN1987A** ، وهي : Kamiokande-II و IBM و Baksan و LSD. سجل كل منهم أحداث النيوترينو أكثر من المعتاد ، لكن أحداث LSD حدثت قبل عدة ساعات من الأحداث الثلاثة الأخرى ، وعادة ما يتم استبعادها من التحليل. تمكن الكاشف Kamiokande-II في يوم المستعر الأعظم ، من تسجيل 16 حدثًا في نطاق طاقة نيوترينو المستعر الأعظم (5 MeV-15 MeV).

الولايات المتحدة الأمريكية. في يوم الحدث ، سجلت 8 تفاعلات نيوترينو قد تكون ناتجة عن المستعر الأعظم. أخيراً ، سجل كاشف Baksan الوماض في القوقاز (روسيا) خمسة أحداث يحتمل أن تكون ناجمة عن SN1987A. تم تحليل كل هذه البيانات بشكل كبير على مر السنين ، وقد عززت نظرياتنا حول النيوترينوات من المستعرات الأعظمية[11]. من المهم أن نلاحظ أنه بينما كان العلماء قادرين على اكتشاف نيوترينوات المستعر الأعظم في عام 1987 ، لم يكونوا مستعدين لها لأن نيوترينوات المستعر الأعظم وصلت إلى الأرض قبل وصول الفوتونات ، ولم يكن المرء قادراً على اكتشاف المستعر الأعظم بواسطة كاشفات النيوترينو قبل رؤيته. بالنسبة لـ SN1987A ، رأى أحدهم لأول مرة المستعر الأعظم بالتلسكوبات العادية ، ثم بحث عنها العلماء في بيانات النيوترينو المسجلة ووجدوها بعد ذلك.

2-نبذة عن انبعاث النيوترينو من المستعر الأعظم

على الرغم من أن المستعر الأعظم ، كما ذكرنا سابقاً ، يُطلق قدراً كبيراً من الطاقة على شكل فوتونات تجعله أكثر سطوعًا من جميع النجوم في مجرة مجتمعة ، فإن 99% من طاقته يتم نقلها فعلياً على شكل نيوترينوات. ليحدث انبعاث النيوترينوات في مراحل مختلفة ، حيث يبدأ الانبعاث الكثيف للنيوترينو من المستعر الاعظم في بداية الانهيار النجمي[12]. عندما تنتصر قوى الجاذبية على قوى الضغط الحراري ، سيبدأ قلب الحديد في الانكماش ببطء ، ويزداد كثافة وسخونة من أي وقت مضى. تسمح الكثافة المتزايدة بحدوث تفاعلين: الأول إنتاج أشعة جاما بطاقة كافية لتقسيم نوى الحديد إلى جسيمات ألفا وبروتونات ونيوترونات حرة ، والثاني هو التقاط الإلكترون [13]. كلتا العمليتين في الواقع يسرع انهيار النواة. عندما تقسم أشعة جاما نوى الحديد ، تتحول الطاقة الحرارية الحيوية للحفاظ على اللب إلى طاقة على شكل كتلة ، والتي لا تساعد اللب على الإطلاق. كما يسرع التقاط الإلكترون حالة الانهيار ، لأن القوى الكهرومغناطيسية الطاردة بين الإلكترونات تمنع المادة من أن تصبح كثيفة للغاية. في حالة أسر الإلكترون ، يتحول البروتون إلى نيوترون ويرافقه نيوترينو الكتروني. النيوترينوات الإلكترونية التي تم الحصول عليها من عمليات الالتقاط تهرب بسرعة من النجم ، وهذه

هي النيوترينوات الأولى التي يمكن اكتشافها من المستعر الأعظم.ثم يحدث تراجع قصير في الانبعاث أثناء محاصرة النيوترينو.. مع مرور الوقت ،سيكون انبعاث جميع أنواع النيوترينوات متماثلًا تقريبًا [14].

3- النتائج والمناقشة

نستعرض الآن وصفاً موجزاً لكيفية تقدير الجرعة الممتصة والمدى الحرج لقربنا من مستعر أعظم لتفادي ضرر إشعاع النيوترينو على الانسان.

أولاً : نبحث في مقدار الإشعاع المطلوب ليكون ضاراً للإنسان ، وكم سيكون عدد النيوترينوات التي يجب أن تمر عبر جسم الإنسان لتحقيق هذا الغرض.

ثانياً ، سوف نستخدم عدد أحداث النيوترينو المكتشفة في كاشف Kamiokande-II القادمة من الانفجار الاعظم SN1987A لحساب عدد نيوترينوات المستعر الأعظم التي يمكن أن يمتصها الإنسان الكائن في Kamiokande-II على نفس المسافة من SN1987A.

ثالثاً: ، سوف نقوم بتقدير تلك المسافة التي يجب تقليلها حتى يكون تدفق نيوترينو المستعر الأعظم كثيفًا بما يكفي للإضرار بالإنسان.

نعلم أنه يتم قياس جرعة الإشعاع المؤين من خلال وحدتين تسميان جراي (Gy) وسيفرت (Sv). المربك إلى حد ما ، كلاهما لهما نفس الوحدة J / kg ،في الجملة الدولية SI ، لكنهما يمثلان أشياء مختلفة. تشتق الوحدة (Sv) من الوحدة (Gy) ، لذلك سنشرح (Gy) أولا:

تقيس (Gy) الجرعة الممتصة من طاقة الإشعاع في المادة ، وتُعطى ببساطة بواسطة المعادلة :

$$Gy = \frac{J}{Kg} \qquad (1)$$

هذا يعني أن 1 Gy يتوافق مع 1 كجم من المادة تمتص 1 جول من الطاقة [15]. ومع ذلك ، فإن أنواعاً مختلفة من الإشعاع تؤثر على المادة البيولوجية بشكل مختلف ، فمثلا التعرض لـ 0.1 Gy من إشعاع غاما ، سيكون أقل خطورة بكثير بالنسبة للإنسان من التعرض لـ 0.1 Gy من إشعاع جسيمات ألفا. هذا هو المكان الذي يأتي فيه اختلاف(Sv) سيفرت عن(Gy) جراي . السيفرت هو الـ Gray مضروبًا في عامل وزن معين يعكس مدى ضرر هذا الإشعاع المعين للمادة المنطقية الحيوية. يتراوح عامل الترجيح من 1 للفوتونات والإلكترونات إلى 20 لجسيمات ألفا [15]. تسمى جرعة الإشعاع المعدّلة بالجرعة المكافئة. من أجل تبسيط الحسابات ، سنفرض بأن واحد 1 Sv يساوي دائمًا 1Gy.

وفقاً للجنة التنظيمية النووية بالولايات المتحدة ، فإن الإنسان الذي يتعرض لـ 4 Sv لديه فرصة بنسبة 50٪ للموت في غضون 30يوماً [16] ، و سنستخدم هذا كتوصيف للضرر هنا. لنفترض أيضاً أن الشخص المعرَّض للضرر بسبب مستعر أعظم هو شخص يزن 70 كيلوغرام. إذاً جرعة إشعاعية مقدارها 4 Sv ستؤدي إلى امتصاص 280 J في جسم هذا الشخص. نعلم أن القيمة المتوسطة لطاقة نيوترينو المستعر الأعظم تقع بين 5 MeV و 15 MeV [9]، لنستخدم القيمة التقريبية للطاقة $10MeV = 1.6\times10^{-12}J$. عندئذ ، إذا افترض المرء أن كل الطاقة في النيوترينو تتحول إلى إشعاع مؤين في تفاعل ما ، فإن عدد نيوترينوات المستعر الأعظم اللازمة لإيداع 280 J في جسم الإنسان هي:

$$\frac{280J}{1.6\times10^{-12}J} = 175\times10^{12}\ neutrinos \qquad (2)$$

نستخدم هنا اعداد النيوترينو المسجلة في Kamiokande–II لحساب اعداد النيوترينوات القادمة من SN1987A والتي قد تفاعلت في جسم الإنسان. يتألف كاشف Kamikokande–II من الماء وللتسهيل سوف نتعامل مع جسم الإنسان كجسم يتكون بالكامل من الماء لجعله مشابهًا لـ Kamiokande–II. لقد اكتشف Kamiokande–II 16 نيوترينوفقط خلال حدوث المستعر الأعظم SN1987A [9]. ,وسنفرض أن كل هذه النيوترينوات جاءت من المستعر الأعظم ، وقد لا يكون هذا هو الحال تماماً. بالإضافة إلى ذلك ، من المؤكد أن Kamiokande–II لم يسجل كل النيوترينوات التي امتصها ، لأن الأنابيب المضاعفة الضوئية لم تكن تغطي الحجم الكامل للخزان ، وثانياً تحتاج النيوترينوات إلى طاقات أعلى من عتبة معينة لإنتاج مخروط Cherenkov الخفيف الملحوظ [17]. وكذلك لن نحقق في عدد النيوترينوات التي ربما تفاعلت في Kamiokande–II وسوف نقتصر على الحساب مع الرقم 16. كان هناك 2142 طنًا من المياه النقية المستخدمة كوسيط كاشف في Kamiokande–II ، والتي تعادل 30600 شخص وزن كل واحد منهم 70 كجم. وبالتالي ،سيكون نصيب الشخص الواحد من النيوترينوات الست عشر هو:

$$\frac{16n}{30600} = 5.2\times10^{-4}\ n \qquad (3)$$

يجب أن نأخذ في الاعتبار أن المستعر الأعظم SN1897A حدث على بعد (50kpc) من الأرض والتي تساوي 1.5×10^{21} m.

نحن نعلم الآن أنه على مسافة 1.5×10^{21}متراً من سوبر نوفا شبيه بـ SN1897A ، سيمتص جسم الإنسان إحصائيًا 5.2×10^{-4} نيوترينو ، و نعلم ان عدد النيوترينوات المطلوب امتصاصها هو 175×10^{12} نيوترينو. هذا يعني أن المرء يحتاج إلى مجموع نيوترينوي يساوي:

$$\frac{175\times10^{12}}{5.2\times10^{-4}} \approx 33.65\times10^{16}\ \ neutrinos \qquad (4)$$

عندما تغادر النيوترينوات المستعر الأعظم ، فإنها تنتشر على سطح على شكل كرة. تعطى مساحة هذا المجال بواسطة العلاقة:

$$A = 4\pi r^2 \qquad (5)$$

حيث A هي المساحة و r هي المسافة التي قطعتها النيوترينوات من مركز الكرة ، حيث يوجد المستعر الأعظم. يتم تعريف التدفق بعدد النيوترينوات مقسومة على المساحة ، كما هو موضح في المعادلة أدناه:

$$\varphi = \frac{n}{4\pi r^2} \qquad (6)$$

من المعادلة (6) يتضح أنه إذا أراد المرء زيادة التدفق بمقدار معين ، فعليه تقليل المسافة r إلى المستعر الأعظم بالجذر التربيعي لهذا المقدار. وبالتالي ، إذا أراد المرء تدفقاً أقوى بنسبة 33.65×10^{16} مرة مما لديه ، فعليه تقليل المسافة إلى المستعر الأعظم بمعامل $\sqrt{33.65\times10^{16}} = 5.8\times10^{8}$. بقسمة المسافة بين الأرض و SN1987A على هذا الرقم نحصل على المسافة الحدية الأدنى لخطر SNe (المسافة الحرجة)

$$\frac{1.5\times10^{21}m}{5.8\times10^{8}}=2.58\times10^{12}\ m=0.86\times10^{-4}\ pc=0.086\,mpc\cong0.1mpc \qquad (7)$$

التي قد يكون تدفق النيوترينو من خلالها ضاراً للإنسان.

لنحسب الجرعة المكافئة التي يتلقاها الإنسان عند هذه المسافة استنادا إلى العلاقة التالية [18] :

$$d(D)=\sqrt{\frac{1.9\times10^{33}}{D}}\,[cm] \qquad (8)$$

ومن العلاقة السابقة نجد:

$$D(d)=\frac{1.9\times10^{33}}{d^{2}}=\frac{1.9\times10^{33}}{(2.58\times10^{14})^{2}}=0.28\times10^{5}\ \mu Sv\ =$$

$$=0.28\times10^{2}\ mSv\ =28\,mSv \qquad (9)$$

حاليًا أدنى جرعة معتمدة قي مجال الراديو بيولوجي هي: $20\ mSv/yr$ وبالتالي المسافة الموافقة لتوليد هذه الجرعة عن نجم SNe مشابه لـSN1987A هي[19]:

$$d\ =3.1\times10^{9}km\equiv0.1mpc \qquad (10)$$

وهذا قريب جداً من حساباتنا أعلاه والفرق الضئيل الحاصل هنا يعود إلى أن هذه الجرعة المعتمدة هي تحدث نتيجة للتعرض على مدى سنة كاملة بينما في حالة نيوترينو المستعرات العظمى هي تحدث خلال عشر ثواني (شبه ومضة) على أقصى تقدير وبالتالي المقارنة هنا تحتاج إلى إدخال عامل الفرق في مدة التعرض ولكن وللأسف الشديد لا يمكننا حساب الفرق بشكل دقيق لأنه لحد اللحظة لا يوجد نموذج يمكنه فعل ذلك بالنسبة للجرعات الضئيلة والتي لا تظهر آثارها إلا بعد أعوام أو حتى أجيال. على كل حال هذه الجرعة لا تشكل خطراً على الإنسان لأن المسافة $2.58\times10^{12}m$ تتوافق مع حوالي 17 AU ، حيث AU هي الوحدة الفلكية (متوسط المسافة بين الأرض والشمس).**أي** إذا ذهبنا بعيداً عن الأرض لمسافة 17 وحدة فلكية ، فسنبقى داخل النظام الشمسي.

4- تعليل نتائج الحسابات

أولاً : عندما حُسبت أعداد النيوترينوات الضارة ، أُهملت عوامل الترجيح لأنواع مختلفة من الإشعاع وفرضت للتبسيط بأن جرعة الإشعاع المكافئة من النيوترينوات ، المقاسة بـ Sv ، كانت مساوية لجرعة الإشعاع الممتصة ، المقيسة بـ Gy وهذا خطأ. كان تفاعل النيوترينو السائد في Kamiokande-II هو انحلال بيتا العكسي ، حيث تكون المنتجات عبارة عن بوزيترون ونيوترون. من المرجح أن يكون للبوزيترون عامل ترجيح يشبه الإلكترون ، وهو يساوي 1 [12] ، لذلك إذا كانت البوزيترونات هي المنتج الوحيد ، فإن الجرعة الممتصة والجرعة المكافئة ستكون في الواقع متساوية. ومع ذلك ، فإن الإشعاع النيوتروني هو أحد أكثر أنواع الإشعاع ضرراً ، وبالتالي للنيوترونات عامل ترجيح يتراوح بين 5 و 20 ، اعتمادًا على طاقة النيوترون. مع أخذ هذا في الاعتبار ، من المحتمل أن يحتاج الأمر كمية أقل من النيوترينو.

ثانياً : تم الافتراض أن كل طاقة النيوترينو التي امتصها جسم الإنسان أدت إلى إشعاع مؤين خطير. لم نتحقق من كيفية تقسيم طاقة النيوترينو وتحويلها عندما تتفاعل النيوترينوات مع مواد أخرى ، ولكن يمكن للمرء أن يفترض بعضًا منها يتحول على سبيل المثال إلى حرارة غير ضارة. لقد تم أيضًا أخذ متوسط طاقة النيوترينو ليكون 10MeV ، بينما قد يتراوح من 5-15MeV. بالإضافة إلى ذلك ، فقد أهملت حقيقة أن يكون للنيوترينوات طاقات أعلى

من عتبة معينة للتفاعل عبر تفكك بيتا العكسي وإنشاء مخروط شيرينكوف الخفيف القابل للاكتشاف [9] وتأثير النيوترينوات ذات الطاقات الأقل من هذا الحد غير مدرج هنا لأنه لم يكن ليُكتشف بواسطة Kamiokande-II. من الصعب معرفة ما هو تأثير مجموع هذه التبسيطات على حساب المسافة الحدية ، وهناك حاجة إلى مزيد من التحقيق لمعرفة الإشعاع الضار للإنسان مما قدّرته في هذا البحث.

من الجدير بالذكر أيضًا أن التقديرات اعتمدت في المقام الأول على عدد تفاعلات النيوترينو التي اكتشفها Kamiokande-II القادمة من SN1987A ، والتي كانت 16.

إضافة إلى ذلك هناك تقديرات في عددٍ من الأبحاث العلمية لعدد النيوترينوات المنبعثة من مستعر أعظم وهو في حدود 10^{58} [9] ، وبالتالي فإن الرقم 16 هو رقم صغير جدًا تُبنى عليه الاحتمالات العامة ويؤدي إلى شكوك كبيرة في النتيجة النهائية. أيضًا ، ليست كل المستعرات الأعظمية مشابهة لـ SN1987A وقد تُطلق نيوترينوات أكثر أو أقل مع طاقات أعلى أو أقل من تلك التي أطلقها SN1987A.

تقريب آخر قمنا به هو أننا افترضنا أن جسم الإنسان يتصرف تمامًا مثل الماء النقي في كاشف Kamiokande-II ، بينما يتكون الانسان بالطبع من العديد من العناصر الأخرى بالإضافة إلى الماء. على سبيل المثال ، قدرة الهيكل العظمي على امتصاص النيوترينوات لم يتم الإجابة عليه حتى الآن.

5- الاستنتاجات التوصيات

لقد تم بالفعل حساب المسافة الحرجة لنيوترينو المستعر الأعظم المميتة للإنسان من قبل Randall Munroe [20] ولكنه لم يستطع الإجابة على السؤال التالي:

هل الحياة على الأرض مهددة بواسطة إشعاع النيوترينو من مستعر أعظم؟

نجيب على هذا السؤال بالقول: لا. فإذا ذهبت بعيدا عن الأرض لمسافة 17 وحدة فلكية ، فستظل داخل النظام الشمسي كما ذكرنا أعلاه ، وبالطبع يحتوي النظام الشمسي على نجم واحد فقط ، هو الشمس. لن تنهار الشمس في أي وقت قريب ، وعندما تنهار ،لن يتحول إلى مستعر أعظم. ومع ذلك ، إذا وجدت ظروفًا غير سعيدة للغاية على بعد 17 وحدة فلكية فقط من مستعر أعظم ، فإن إشعاع النيوترينو سيكون مشكلة كبيرة ، ولكنه بالتأكيد ليس الأكبر. لقد ذكر [21] ، بأن الإشعاع المؤين الناجم عن نيوترينوات المستعر الأعظم لا يمكن مقارنته بإشعاع غاما الناتج عن نفس المستعر الأعظم. إذا كنت على بعد 17 وحدة فلكية من أحد المستعرات الأعظمية ، فمن المحتمل أن تعيش بعضًا من الوقت بعد مرور انبعاث النيوترينو ، ولكن عندما تصطدم بك أشعة جاما ، يكون الأمر غير ذلك .

نوصي بتوسيع البحث في المستقبل من خلال سلوك طريق آخر بيتعد قدر الامكان عن التقريبات التي تم الأخذ بها في هذا البحث ومن أجل طاقات للنيوترينو تختلف عن 10MeV.

References

[1] M. Mobberley, *Supernovae and How to Observe Them (Springer*, New York,2007).

[2] J.C.Wheeler, *Cosmic Catastrophes (Cambridge*, New York, 2007).

[3] K.Kotake and K.Sato and K.Takahashi, *Explosion Mechanism, Neutrino Burst,and Gravitational Wave in Core-Collapse Supernovae*, 2005 astro-ph/0509456.

[4] H.-Th. Janka et al, *Theory of Core-Collapse Supernovae*. 2006, astro-ph/0612072.

[5] Carlo Giunti; Chung W. Kim, Fundamentals of Neutrino Physics and Astrophysics (2007), Oxford University Press.

[6] J. I. Collar, *Phys*. Rev. Lett. 76, 999 (1996).

[7] J. D. Cossairt and E. T. *Marshall, Phys*. Rev.Lett. 78, 1394 (1997).

[8] J. D. Cossairt, N. L. *Grossman and E.* T.M894, December 1997. arshall, Health Phys. Vol. 73, Issue 6.

[9] Narciso Benítez, *Jesús Maíz-Apellániz, and Matilde Canelles: Evidence for Nearby Supernova Explosions.* Phys. Rev. Lett. 88, 081101 – Published 6 February 2002.

[10] Dan Falk *When Will the Next Supernova in Our Galaxy Occur*? Science Correspondent August 2, 2022.

[11]N A Ushakov et al, New large-volume detector at the Baksan Neutrino Observatory: Detector prototype,(2021) J. Phys.: Conf. Ser. 1787 012037. [12]Florian Sprenger, *Studies on the Sensitivity of Multi-PMT Optical Modules to the Energy Spectrum of MeV Supernova Neutrinos for Future IceCube Extensions* (Master's thesis),WWU MUNSTER, January 2019.

[13] Hans-Thomas Janka, *Neutrino Emission from Supernovae (2017*), https://arxiv.org/pdf/1702.08713.pdf.

[14]Ryan Elliott Landfield, *Sensitivity of Neutrino-Driven Core-Collapse Supernova Models to the Microphysical Equation of State*, A Dissertation Presented for the Doctor of Philosophy Degree, The University of Tennessee, Knoxville, December 2018.

[15] Eva Berglund, Bo Anders Jonsson; Medicinsk Fysik (2007), Student litterateur.

[16] United States Nuclear Regulatory Commission, *Lethal Dose (*LD)(2019), nrc.gov, ttps:// www.nrc. Gov /reading-rm/basic-ref/glossary/lethal-dose-ld.html.

[17] Chenyuan Xu, Study of neutrino signal from astronomical object in Super-Kamiokande, *Graduate School of Natural Science and Technology (*Doctor's Course) OKAYAMA UNIVERSITY, March, 2019.

[18] wikipedia.com, *Standard Model (2020),* ttps://en.wikipedia.org /wiki/ Standard Model\.

[19] United States Nuclear Regulatory Commission, *Lethal Dose* (LD) (2019), nrc.gov, https:// www.nrc .gov/reading-rm/basic-ref/glossary/ lethal-dose-ld.html;

[20] Randall Munroe; What if? (2014), *Houghton Mi_in Harcourt*.

[21]Hamza Bougroura Threshold Distance of Supernova Explosion Emitting Neutrino Flux Dangerous to Life on Earth, *African Review of Physics* · January 2011.