SYRIAN ARAB REPUBLIC
MINISTRY OF EDUCATION
NATIONAL CENTER FOR THE DISTINGUISHED

النيوترينو وما رواء الذرّات

Neutrino…. And the obscureness

تقديم الطالبة: إيمان أحمد
بإشراف المدرّس: محمود نوح
تاريخ: 15/ 11/ 2015

مُلخَّص

يقدم هذا البحث دراسة تعريفيّة بالاكتشاف الجديد الذي أذهل العلماء.... النيوترينو، وكيف تمّت دراسته، لنبحث عن عيوبها ونتائجها، وما تأثير هذا الاكتشاف على النظريّات الفيزيائيّة والعلم الحديث!

المقدّمة وإشكاليّة البحث

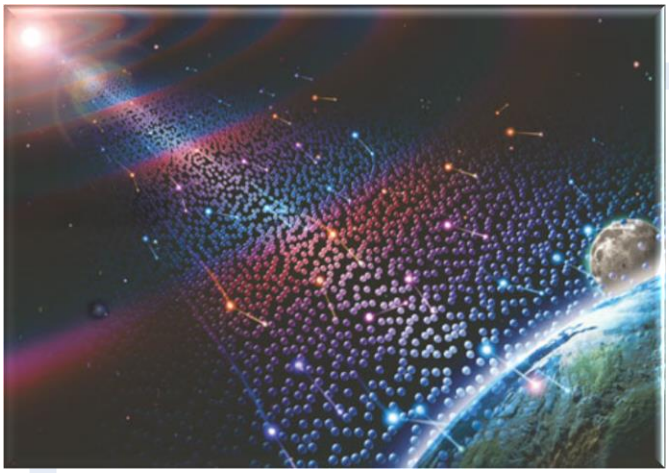
Introduction and inquiry

نحن.... جسيماتٌ صغيرةٌ تسبحُ في فضاء الكونِ الواسع.... ذرّاتٌ كونيّة اجتمعت لتشكِّلَ كتلةَ واحدة.... ترى وتسمع وتحلّل.... وتبدع بالبحث والاكتشاف....

لطالما تساءلَ الأطفال الصغار عن سرّ الوجود.... وبحث الكثيرون في أسرار الجاذبيّة والفلك.... ورأوا الكواكب والنجوم.... ودرسوا صغار الموادّ من الذرات وحتّى الإلكترونات.. وبالتجارب العديدة تمّ اكتشاف النيترونات والبروتونات.... ولكن.... أَ يعقلُ أن يوجد ما هو أكثر إذهالاً للعقلِ البشريّ؟؟.... جسيماتٌ تخترقُ أجسامنا ولا نراها؟؟.. جسيماتٌ بسرعة الضوء؟؟.... أو أسرع من الضوء!!!!....

يوجد العديد من الجسيمات التي تمّت دراستها.... وتحديد سرعتها.... فوجد أنّ الإلكترون جسيم سالب الشحنة له سرعة الضوء ويدور على مدارات (سويّات طاقيّة) مختلفة حول النواة.

ولكنّ موضوع دراستنا سيبحث في جسيمات أصغر كتلة من الالكترونات، لنبحث عن سرعة هذه الجسيمات وشحنتها، وماذا يمكن أن تغيّر في عالمنا هذا؟؟.... وإن كانت موجودةَ فعلاً، فما تأثيرها على الكائنات والمواد الطبيعيّة؟؟.... وكيف يمكن أن نكتشف هذه المواد وخصائصها؟؟.... هذا هو الشغف الذي أدّى إلى إنجاز هذا البحث الصغير كمقدّمة عن أبحاث لا متناهية.... واكتشاف أسرار من عمق الكون وأبعاده.



(1) صورة تخيّليّة عن النيوترينو الفضائي واختراقه الأرض

الفصل الأوّل

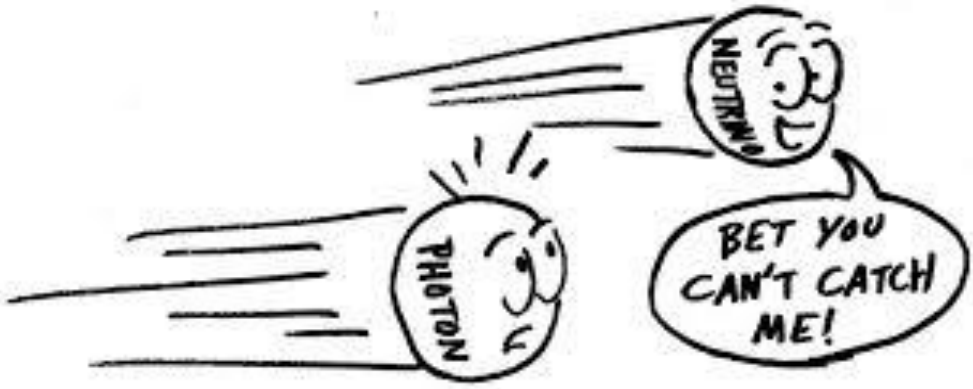
The first chapter

ما هو النيوترينو؟؟

What is Neutrino??

النيوترينو Neutrino :

هو جسيم أوليّ بكتلة أصغر كثيراً من كتلة الإلكترون، وليست له شحنة كهربائيّة، وهو يخترق الأجسام التي يصدفها كأنّها لم تكن موجودة، فهو لا يتفاعل معها، أو بالقول الدقيق أنّ تفاعله مع المواد ضعيف جدّا.



2) صورة كاريكاتيريّة تبيّن سرعة النيوترينو مقرانة بالفوتونات

وهو ينتج عن أنواع معيّنة من تفاعلات التفكّك الإشعاعيّ، أو التفاعلات النوويّ مثل تلك التي تحدث في الشمس أو في المفاعلات النوويّة وتصنّف ضمن الليبتونات حسب النموذج المعياري.

مصطلح النيوترينو أطلقه الفيزيائيّ انريكو فيرمي " ويعني جسيم معتدل كهربائيّا بالإيطالية". لا يتأثّر النيوترينو بالقوّة الكهرومغناطيسيّة_ لعدم امتلاكه شحنة مثل البروتون أو الإلكترون_ كما أنّ أثر قوّة الجاذبيّة عليه ضعيف جدّاً لدرجة أنّه يهمل.

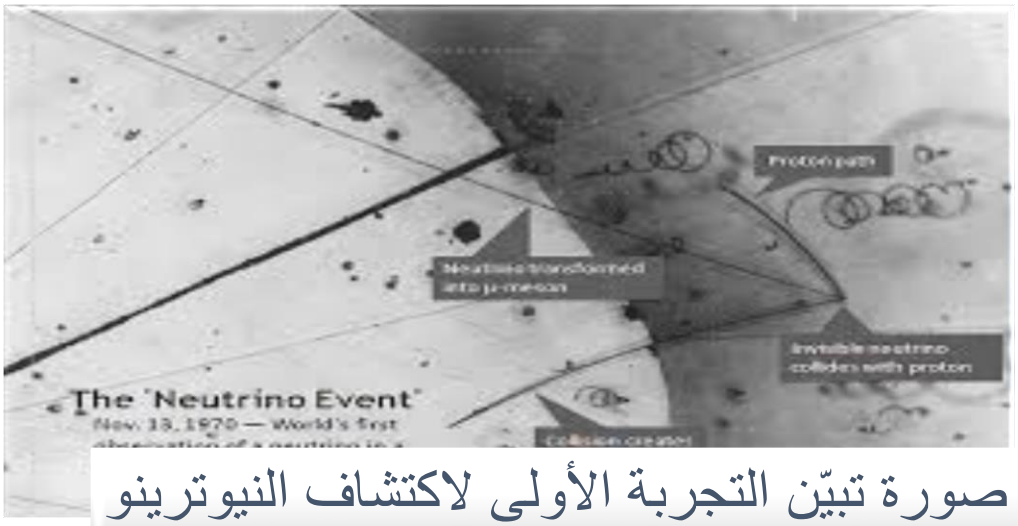
لا تتفاعل جسيمات النيوترينو مع المادّة إلّا عن طريق القوّة النوويّة الضعيفة وهذا ما يكسب النيوترينو ميّزة فهي على عكس الفوتونات أو الجسيمات المشحونة يمكنها أن تقطع مسافات طويلة دون أن تمتصّها أيّ مادّة أو تنحرف بسبب الحقول

المغناطيسيّة، أي تستطيع أن تنقل لنا معلومات جديدة حول الأجسام والأحداث الفلكيّة من حافّة الكون وعبر التفاعلات الهائلة الطاقة. هذه الميّزة نفسها تجعل النيوترينو صعب الكشف ويتطلّب أدوات هائلة للعثور عليه.

كيفَ تمَّ اكتشافه؟؟

How did they find it out??

تمّ استنتاج وجود النيوترينو بسبب ظاهرة التحلّل لبعض النظائر المشعّة، فقد تمّ إطلاق جسيمات بيتّا (وهي عبارة عن إلكترونات) على هذه النظائر، فعندَ تحلّل العنصر المشعّ إلى عنصر آخر فقدَ كمّاً من الطاقة، وهذا الفقد في الطاقة هو الفرق بين طاقة المواد الناتجة والمواد المتفاعلة، والمفروض _ تبعاً لنظريّة انحفاظ الطاقة _ أن يحمل الإلكترون المنطلق من نواة الذرّة والخارج على شكل أشعّة بيتّا هذا الفرق في الطاقة، ولكنّ الدراسات قد بيّنت أنّ طاقة الإلكترون الناتج أقلّ من اللازم، فأينَ ذهبت هذه الطاقة؟؟



(3) صورة تبيّن التجربة الأولى لاكتشاف النيوترينو

نتيجةً لهذا الاكتشاف، افترض العالم الأمريكيّ فولفغانغ باولي عام 1930 وجود جسيم صغير جدّاً يحمل تلك الطاقة الناقصة أطلقَ عليه اسم "نيوترينو".... وهو لا يحمل شحنة كهربائيّة. وقد افترض العالم باولي هذه النظريّة لتفسيّر فرق الطاقة وفرق كميّة الحركة الزاويّة ما بين الجسيمات الأوليّة والنهائيّة في تفكّك بيتّا _تحوّل النترون إلى إلكترون وبروتون مثلاً.

وبسبب الخواصّ الشبحيّة للنيوترينو فقد تأخّرت أوّل تجربة تمّ رصده فيها حتّى عام 1956 م أي بعدَ 25 عام من افتراضه. وقد كوفئ مكتشفيه بجائزة نوبّل عام 1995 م. وبحلول عام 1962 م كشف وجود أكثر من نوع واحد من النيوترينو بالكشف عن نيوترينو الميون. عندما ظهر النوع الثالث من الليبتونات عام 1975 م. في المسرّع الخطيّ بجامعة ستانفورد أيضاً كان من المتوقّع وجود نيوترينو مرافق له. وتمّ الإعلان عن أوّل اكتشاف فعليّ لتفاعلات نيوترينو التاو في صيف عام 2000 م.

اعتقد سابقاً أنّ جسيمات النيوترينو عديمة الكتلة، ولكن في السنوات العشر الأخيرة اثبتت التجارب امتلاكه كتلةً صغيرةً جدّاً (النسبة المئويّة للكتلة المضافة للكون بفضل جسيمات النيوترينو هي جزء أو أقلّ من جزء بالمئة).

يعتقد أنّ معظم النيوترونات في الكون قد تشكّلت قبل مليارات السنين خلال الانفجار العظيم، وهي على الأغلب نيوترونات مستقرّة، وهنالك 10000000 من جسيمات النيوترينو هذه في كلّ قدم مكعّب من الفضاء، وهذه الجسيمات المستقرّة من المستحيل كشفها. أمّا النيوترونات الأكثر نشاطاً فهي ناتجة من التفاعلات النوويّة التي تغذّي النجوم والأحداث الكونيّة عالية الطاقة كالانفجارات التي تحدث خلال ولادة تصادم وموت النجوم لاسيّما انفجارات السوبرنوفا، كما يجري باستمرار إنتاج لجسيمات النيوترينو في محطّات الطاقة النوويّة، مسرّعات الجسيمات والقنابل النوويّة.

الفصل الثاني

The second chapter

ما الحقيقة حول كتلة النيوترون؟؟

Does the Neutrino have mass??

من الشائع والمعروف حتّى الآن أنّ النيوترينو جسيم لا يحمل كتلة، ولكنّ الدراسات في النماذج المتقدّمة تبيّن انحرافات لجسيمات النيوترينو بزوايا معيّنة، ومنذ ذلك الوقت حددّت هذه الزوايا _ بين (θ_{13} (9°) , (θ_{23} (45° _[1].

1. Fundamental Symmetries and Neutrinos/ :Discovering the New Standard Model
http://www.researchgate.net/publication/233947379

ولكنّ السؤال الذي نطرحه لمقدميّ هذه النتائج هو: إذا كان للنيوترينو كتلة فعليّة، فما كتلته المطلقة؟؟

لا يمكننا الحكم على هذه النتيجة دون نتائج منطقيّة علميّة دقيقة تؤكّد صحّة هذا الكلام، إن السؤال عن كتلة النيوترينو الخفي يرتبط ارتباطاً وثيقاً بفرضية اهتزازات النيوترينو فإذا كان للنيوترينو كتلة صغيرة خلافاً لافتراضات النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات لأمكن للنيوترينو بأن يتحول إلى أحد النوعين الآخرين نيوترينو ميون و نيوترينو تاو فقد قام بعض العلماء بتجربة متميزة في هذا المجال بينت أن النيوترينو الكترون يقضي ردحاً من حياته في صورة نيوترينو ميون بل حتى نيوترينو تاو مما دفع العلماء لاستجرار مبادئ علم جديد هو الميكانيك النسبي إلى ساحة هذه التجربة مما نتج عن ذلك وجود كتلة للنيوترينو هذه الكتلة بالغة الضآلة لا تتجاوز واحد من عشرة ملايين جزء من كتلة البروتون ولعل ضآلة هذه الكتلة أخر اكتشافها لكن هذا لا يؤكد امتلاك النيوترينو للكتلة لوجود تجارب أخرى تثبت أن النيوترينو لا كتلة له فما زال الموضوع مفتوحاً ولم يعطي العلم الجواب النهائي بعد لأن إمكانية تفسير هذا السؤال تجريبياً في هذا الوقت اعتمادا على المسرعات الموجودة غاية في الصعوبة بسبب عدم توفر التكنولوجيا المناسبة و الطاقة العالية[2]....

ذبذبات النيوترينو

The oscillations of Neutrino

لقد قيّست ذبذبات النيوترينو باستخدام العديد من الوسائل، منها الغلاف الجوّي، التفاعل الشمسي، والتفاعلات الأخرى، وتجارب التسارع الأساسيّة. وقد بدأت من التصميم لذلك في SNO إلى اكتشاف اختفاء الأنتي نيوترينو OvBB المتفاعل في SNO KamLAND، وقد لعبت التجارب الفيزيائيّة دوراً هامّاً في تاريخ فيزياء النيوترونات وصنعت قياسات دقيقة لذبذبات نيوترينو متعدّدة. التجارب الشمسيّة شديدة الدقّة ل θ_{12} وقياسات θ_{12} ، زوّدت الزوايا المختلطة للنيوترينو المعروفة الأكثر دقّة، وهي بالغة الأهميّة في كلا اختبارات النظريّات المتعدّدة لعلاقات تناسق النيوترونات، ومنذ معرفة هذه القياسات عرّف الحد الأدنى لإقليم التسلسل الهرمي العكسي.

طاقة النيوترينو

[2] Introduction to Advanced Astrophysics

The energy of Neutrino

ينتج النيوترينو من الشمس من خلال 6 تفاعلات رئيسيّة وتفاعلين ثانويين:

التفاعلات الرئيسيّة هي:

i. $^{1}H + {}^{1}H + e^{-} \longrightarrow {}^{2}H + \nu_e$ (PP-I)

ii. $^{7}Be + e^{-} \longrightarrow {}^{7}Li + \nu_e + \gamma$ (PP-II)

iii. $^{8}B \longrightarrow {}^{8}Be + e^{+} + \nu_e$ (PP-III)

iv. $^{13}N \longrightarrow {}^{13}C + e^{+} + \nu_e$ CN

v. $^{15}O \longrightarrow {}^{15}N + e^{+} + \nu_e$ CN

vi. $^{17}Fe \longrightarrow {}^{17}O + e^{+} + \nu_e$ CO

بينما الأجسام النادرة التي تنتج تفاعلاتها النيوترينو هي:

i. $^{1}H + {}^{1}H + e^{-} \longrightarrow {}^{2}H + \nu_e$ (PEP)

ii. $^{3}He + {}^{1}H + e^{-} \longrightarrow {}^{4}_{2}He + \nu_e$ (HEP)

معظم هذه التفاعلات تنتج النيوترينو " neutrino " مع الاستمرارية في الطاقة (التي تعتمد على سرعات تفاعلات الذرات). بينما تفاعل ^{7}Be يأخذ ذرة (نواة) ^{7}Li إلى واحد من حالتين مثارة وينتج النيوترينو neutrino عندما تنهار الحالة. النتيجة هي إطلاق غاز النيوترينو (الخط) في واحد من الطاقتين. بشكل ماثل، التفاعل(DEP) ينتج إطلاق غاز خط النيوترينو" neutrino ".

إن معدل التفاعلات هذه (وتوزيع طاقات النيوترينو" neutrino ") تعتمد على النموذج الصغر الفصل للشمس.[3]

كيف يتمّ الكشف عن النيوترينو؟؟

How can we expose the Neutrino??

[3] البقع الشمسية ودورها في التغيرات المناخية و تأليف : علي حسن موسى

كما ذكرنا يتفاعل النيوترينو فقط عن طريق القوّة النوويّة الضعيفة (ومثلما أنّ الفوتونات تنقل الطاقة الكهرومغناطيسيّة من مكان إلى آخر)، أيضاً القوّة النوويّة الضعيفة مسؤول عنها بوزونات Z و$W+$ و$W-$، وتسبّب نوعين من التفاعل:

تفاعل التيّار المشحون ويتضمّن امتصاص أو إصدار البوزون $W-$أو $W+$ أي يتحوّل النيوترينو إلى ليبتونه الموافق المشحون (إلكترون، ميون، أو تاو أو الجسيمات المضادّة لهذه الليبتونات). عندما يصل النيوترينو إلى مادّة الكاشف _ ولتكن الماء _ سيتفاعل مع نواة الهيدروجين محوّلا البروتون ذو الشحنة الموجبة إلى نترون معتدل وتنتقل شحنة البروتون إلى النيوترينو ليصبح بوزيترون (الجسيم المضادّ للإلكترون).

أمّا تفاعل التيّار عديم الشحنة ينقل فيه النيوترينو جزءاً من طاقته وكميّة حركته إلى جسيمات ثابتة عن طريق البوزون Z عديم الشحنة فيبقى النيوترينو كما هو دون أن يتغيّر إلى نوع آخر من الجسيمات. يتم الكشف عن هذه الطاقة مثلاً بسبب ارتداد الجسيم المتفاعل معه كتبعثر الالكترون عند اصدامه مع النيوترينو.

تمّ بناء العديد من كواشف النيوترينو حول العالم وبما أنّ جسيمات النيوترينو تتفاعل فقط عن طريق القوّة الضعيفة مع جسيمات أخرى من المادّة لذلك توجّب على هذه الكواشف أن تتصف بالضخامة لكشف عدد كبير من هذه الجسيمات. كما أنّها غالباً ما تبنى تحت الأرض لعزلها عن الأشعّة الكونيّة والأشعّة الأخرى الموجودة في الخلفيّة (الناتجة عن المواد المشعّة طبيعياً الموجودة على الأرض، محطّات الطاقة النوويّة، القنابل النوويّة، المسرّعات) لتبقى بذلك جسيمات النيوترينو القادمة من الفضاء الخارجيّ والمهتميّن بدراستها. يعتبر موضوع استخدام الكشف عن النيوترينو ضمن علم الفلك في بدايته وحتّى الآن المصادر المؤكّدة للنيوترينو من خارج الأرض هي فقط الشمس وسوبرنوفا SN1987A.

من أهمّ الكواشف الموجودة:

كواشف شيرينكوف وتستفيد من ظاهرة إشعاع شيرينكوف (اشعاع كهرطيسي يصدر عندما تمرّ جسيمات مشحونة كالإلكترونات والميونات خلال وسط كالماء بسرعة أكبر من سرعة الضوء في ذلك الوسط) في هذا الكاشف تحاط كميّة هائلة من مادّة نقيّة كالماء أو الثلج في أنابيب مضاعف ضوئيّ (حسّاس ضوئيّ)، فعندما تتفاعل جسيمات النيوترينو والتي هي ليبتونات غير مشحونة مع جزيئات الماء من الممكن أن تشكّل ليبتونات مشحونة والتي بدورها ممكن أن تصدر اشعاع شيرينكوف إذا ما امتلكت طاقة كافية، يمكن بعد ذلك الكشف عن الضوء بأنبوبة المضاعف الضوئيّ (عبارة عن صمّامات مفرغة وتعتمد في الكشف عن الأشعّة الكهرومغناطيسيّة الساقطة عليها على المفعول الكهرضوئيّ تحوي مجموعة من الأقطاب تضخّم من عدد الإلكترونات الناتجة عن هذا المفعول وتنتج بالنهاية نبضة كهربائيّة يمكن قياسها.

جهاز Cerenkov للكشف: [4]

استخدم الياباني (Kamiokande II) في تجربته ثلاثة كيلو طن من الماء محصورة في خزّان (صهريج) عمقه واحد كيلو متر، والصهريج مطليّ باللون الأسود، و20% من سطحه الداخليّ (الباطنيّ) مغطّى بأنابيب من الشريط (من النسخة الفوتوغرافيّة) اللاصق العالي الفعاليّة. تفرق طاقة ال" neutrino " العالية الالكترونات في الخزّان (الصهريج) مسببة للإلكترون التحرّك بسرعة v = c/n، حيث n = 1.344 مؤشّر ارتداد الماء. بعد ذلك أصدر ضوء Cerenkov بواسطة الكترون في المخروط بزاوية:

$$\cos\theta = (n * \beta)^{-1}$$

لأن سرعة ارتداد الالكترون يجب أن تكون كبيرة، فقط النيوترينو" neutrino" ب E > 5 Mev من

الممكن أن تكتشف. لهذا فإن التجربة مقياس فقط لارتداد فعل (تفاعل) ^{8}B و (HEP) إضافة إل ذلك

لتفادي تلوث تحضير (تحفيز) ال (muons) الكونيّ ال " neutrino" الخ...، فقط متوسط 680 طن

من الماء هو مفيد لاستمرارية طاقة ال " neutrino" الشمسية. حيث إن طبيعة التجربة تأخذ بعين الاعتبار

تجمّع (تحزّم) الزوايا الحادّة مع الوقت (at 10 Mev 28).[5]

الفصل الثالث

The third chapter

ما هي أنواع النيوترينو؟؟

What are the kinds of Neutrino??

[4] محاضرات الدكتور أيمن كردي

[5] الشمس قصتها من البداية إلى النهاية، تأليف: جورج جامو

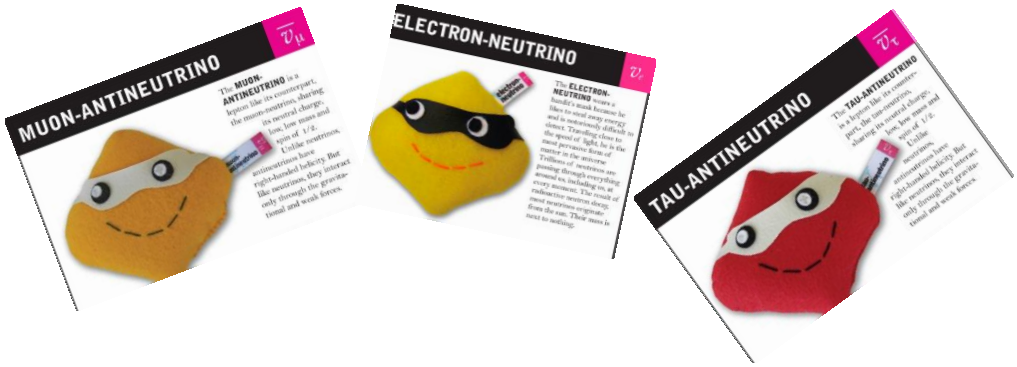
استغرق العلماء وقتاً طويلاً حتى استطاعوا اكتشاف النيوترينو بأصنافه الثلاثة كما أن الاكتشافات تمت على مراحل بدأت في الستينات وانتهت أواخر العام 2000. من المعتقد أن حوالي عن 50 ترليون نيوترينو شمسي تخترق الجسم البشري كل ثانية. في أواخر سبتمبر 2011، أعلن العلماء عن نتائج تجارب استمرت بضع سنوات تأكد خلالها أن سرعة النيوترينات أسرع قليلاً من سرعة الضوء الأمر الذي قد يعيد صياغة قوانين النسبية والفيزياء الحديثة.

لجسيمات النيوترينو ثلاثة أنواع مختلفة كلّ منها مرتبط بجسيمة مشحونة، وهي:

(4) صورة تبيّن أنواع النيوترينو الثلاثة

1. نيوترينو الالكترون ve .
2. نيوترينو الميون $v\mu$.
3. نيوترينو التاو vT .

إن نيوترينو إلكترون يمثل أهم هذه الأنواع حيث يمكن القول عن الزوج نيوترينو إلكترون أنه يهتز وأنه يتحول لأحد الأنواع الأخرى نيوترينو ميون ونيوترينو تاو الناتجان من إشعاع الميون والتاو (وهما جسيمين أوليين كما ذكرنا) ورافق هذا الاكتشاف العثور على الأضداد الثلاثة لهذه النيوترينوات أي مضاد نيوترينو إلكترون ومضاد نيوترينو ميون ومضاد نيوترينو تاو.



(5) صور شرح مبسّط عن أنواع النيوترينو

هل يوجد فعلاً نيوترينو مضادّ؟؟

Is really there an opposite Neutrino

إن مضاد النيوترينو لا يمتلك شحنة كهربائية لكنه يختلف عن النيوترينو بالرقم الليبتوني الذي يعتبر دليل للجسيمات الليبتونية (من فئة الليبتونات) ويأخذ هذا الرقم القيمة

$(+1)$ للجسيمات و (-1) للجسيمات المضادة وهذا الرقم افتراضي رياضي بحت وجد لتسهيل حل معادلات إشعاع الجسيمات وتفككها هذا الرقم يشبه ما كنا نقوم به من عمليات حسابية لموازنة معادلات التفاعلات الكيميائية وهذا الرقم خاص لفئة الجسيمات الليبتونية وهو يأخذ القيمة صفر للجسيمات الأخرى (الجسيمات من فئة الهادرونات وجسيمات بوز) وبالمثل يوجد الرقم الهادروني الخاص بالجسيمات الهادرونية ويأخذ القيمة صفر من أجل الجسيمات الليبتونية.

نموذج بارتون للنيكليون وإحكام الدقّة لزوايا وينبيرغ في تبعثر النيوترينو

The Parton Structure of the Nucleon and Precision Determination of the Weinberg Angle in Neutrino Scattering

هنالك سؤال مهمّ مفتوح في فيزياء الجسيمات في السنوات الأخيرة قد حصل على أهميّة ل " البعد الزاويّ NuTeV" انحراف 3σ من قياسات $\sin \theta_w{}^2$ $(0.2277 \pm 0.0013 \pm 0.0009)$ [6] ، من المتوسّط العالمي لقياسات الأخرى (0.2227 ± 0.0004) [7].

إنّ القياسات مبنيّة على علاقات متبادلة ملائمة إلى نسب تمييز ومحايدة الأحداث المبعثرة لشعاع تفاعلات كلّ من

[6] NuTeV Collaboration, G.P. Zeller et al., Phys. Rev. Lett. 88, 091802 (2002).

[7] D. Abbaneo et al., hep-ex 0112021

(CC & NC) في تحديد إشارة النيوترينو والأنتي نيوترينو في الهدف الأوّلي لFermilab. هذه الإجراءات تقريباً تعود إلى قياسات نسب ال Paschos–Wolfenstein [8]، والذي يزوّد الأساس النظري للتحليل. بشكل معيّن، نسبة ال Paschos–Wolfenstein (R^-) تعود إلى زاوية وينبيرغ:

$$(1) \qquad R^- \equiv \frac{\sigma_{NC}^{\nu} - \sigma_{NC}^{\bar{\nu}}}{\sigma_{CC}^{\nu} - \sigma_{CC}^{\bar{\nu}}} \simeq \frac{1}{2} - \sin\theta_W{}^2 + \delta R_A^- + \delta R_{QCD}^- + \delta R_{EW}^- \; \theta_W$$

حيث أنّ العلاقات الثلاثة الصحيحة تعود إلى الهدف δR_A^- ، إلى جانب ترتيب قيادة NLO واستقرار تأثيرات QCD (δR_{QCD}^-)، وتأثيرات الترتيب العالي للضعف الإلكتروني (δR_{EW}^-). عندما كانت R^-هي نسبة الفرق في قطّاعات العبور، العلاقات الصحيحة يتوقّع أن تكون أصغر. ولكن في الدقّة تتطلّب اختبار الثبات للنموذج المتقدّم، كلّ التصحيحات تحتاج إلى أن تقاس بدقّة قدر الإمكان–بشكل مشابه إلى إعادات تحليل قلق سابق للتغيّرات في QCD[109].

هنا، سوف نركّز على تصحيحات QCD، والتي تعرّف بشكل عامّ لتكون معروفة بشكل قليل[14131211]. لنكتب:

$$(2) \qquad \delta R_{QCD}^- = \delta R_S^- + \delta R_I^- + \delta R_{NLO}^-$$

العلاقات الثلاثة في الجهة اليمنى تعود إلى احتماليّة الشكل الغريب الغير متناظر للنيوترينو ($s_- = s - \bar{s} \neq 0$).

---

[8] E. A. Paschos and L. Wolfenstein, Phys. Rev. D 7, 91 (1973).

[9] J. Huston, E. Kovacs, S. Kuhlmann, H.L. Lai, J. F. Owens, D. E. Soper, W.K. Tung, Phys. Rev. Lett. 77, 444 (1996).

[10] M. Cacciari and P. Nason, Phys. Rev. Lett. 89, 122003 (2002).

[11] V. Barone, C. Pascaud, F. Zomer, Eur. Phys. J. C12, 243 (2000); this analysis is currently being updated and early results have been presented by B. Portheault at DIS03; http://www.desy.de/dis03

[12] P. Gambino, hep-ph/0211009; A. Strumia, hep-ex/0304039.

[13] K. S. McFarland and S.-O. Moch, hep-ph/0306052.

[14] For a discussion of isospin violation see e.g.: J. T. Londergan and A. W. Thomas, Phys. Rev. D67, 111901 (2003); J. T. Londergan and A. W. Thomas, Phys. Lett.B558, 132 (2003); and references therein

وظيفة توزيع احتمال CPandel

The CPandel probability distribution function

عند إجراء تجربة إعادة البناء (النموذج)، أُظهرت البارامترات كحلّ للتحقيق الأمثل لمشكلة قياسات النيوترينو: أعطت قيم مدروسة بشكل تجريبيّ (في أوقات كشف الفوتون)، وجد أنّ قيم البارامترات التي تقلّل سجلّ الإمكانيّة الأخير معطية من قبل

$$\iota = \prod_{j} P\left(a, t_{hit,j}\right)$$

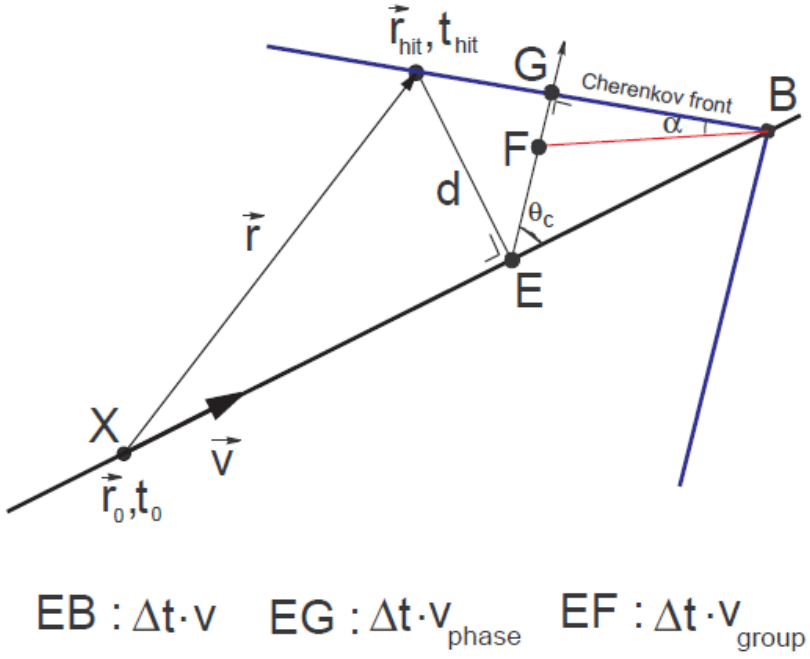
حيث (a) يَدُلُّ على البارامترِات يُمَيّزُ الفرضيةَ للحدثِ، و$p\ (a\ ,\ t_{hit,j})$ يَصِفُ وصول فوتونِ في المستلم j، فمن السهل اسْتِعْمال الوقتِ المتبقيِ t ك متغيّر:

$$t \equiv t_{hit} - t_{geom}$$

حيث أنَّ (t_{geom}): وقتَ وصول الفوتونَ لحالة لا يُبعثُ فيها ولا يُمتصّ.

لاحظ أننا في ترقيمِنا أسقطنَا الدليلَ j، في المجال للحاضر، وقرّر أنّه من الكافي أنّ نحدّد أنفسنا في حالة مصدر واحد، ومستقبِل واحد.

جيل الإشاراتِ الكاشفِة يُقابلُ عملية يتم فيها شَحنَ جزيئةً تتحرك على طول مسار مستقيم بالسرعةِ v يَتجاوزُ في سنتيمترِ السرعةِ الخفيفِ المتوسّطِ c_m. هذا يُسبّبُ زيادة إشعاعِ شيرينكوف، الذي سجّل بأدواتِ الكشف. إنّ الحالةَ الهندسيةَ مُخَطَّطةُ في الشكل 1. الذي فيه تَبْدأُ الجزيئةَ مِنْ نقطة X في $(\underset{r_0}{\rightarrow}, t_0)$ ويَصِلُ إلى نقطة B عندما تَضْربُ مقدّمة الكاشف Cherenkov في ($\underset{r_{hit}}{\longrightarrow}, t_{hit}$). نقطة المسار اعتبرت E يُشيرُ إلى نقطةِ النظرةِ الأقربِ w. r. t. موقع المستلم. الهندسيون (يتوقعون) أنّ وقت الوصول يُمْكِنُ أَنْ يُقيّمَ على اعتِبار فوتوناتِ Cherenkov المبعوثة من مسار الجزيئة والمنتشرة بحريّة (بدون تبعثر أو امتصاص) لتصل إلى المستلم $(\underset{r_{hit}}{\longrightarrow}, t_{hit})$. هذه الحالة المعيّنة تشير ضمناً إلى أنّ $t_{hit} = t_{geom}$.



(6) Geometry of the signal generation process

تذبذبات النيوترينو في حدود الكثافة، تجربة أن أو في آ

Neutrino Oscillations at the Intensity Frontier: The NOvA

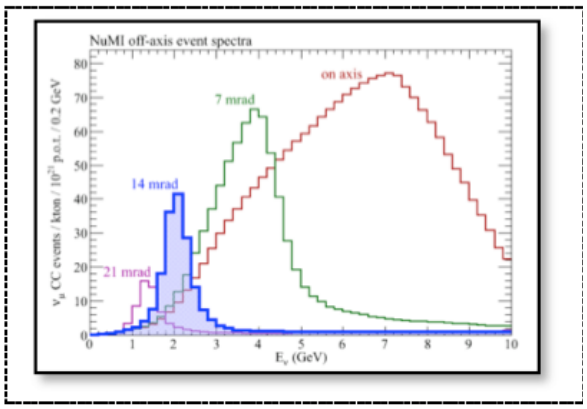
Experiment

إنّ الجيل الثاني للخط الأساس، التسارع الأساسي، تجارب تذبذبات النيوترينو، منشور بإذن من قبل IOP للنشر المحدودة. كوّنت من ثلاث تجارب؛ ال MINOS من Fermilab في 790 Km خط أساس. ال T2K من JPARC في 293 Km، وتجربة الNOvA ، أيضاً من Fermilab في 810 Km.

تُهدّفُ تجربةُ إن أو في أي إلى القيادة في مقياسِ ظهورِ نيوترينو الالكترونِ ونيوترينو مضاد مِنْ NuMI (نيوترينوات في الحاقنِ الرئيسيِ) شعاع نيوترينو مِنْ Fermilab (مختبر التسارع Fermi الوطني فيBatavia ، إلينويز، الولايات المتحدة الأمريكية).

إنّ النيوترينوات في NOvA تُنتجُ مِن قِبل 120 GeV بروتونِ مسرّع في 400 kW مَع ترقيةَ محدّدة إلى 700 kW. بَعْدَ أَنْ تَسْقطُ البروتوناتَ على هدف جرافيت، الشعاع الثانوي لpions وkaons يتولّد. لكي يُركّزَ هذا الشعاعِ، نَستعملُ قرونَ مغناطيسيةَ. بمرور التيارِ خلال هذه القرونِ، الجزيئات المشْحُونة للشعاعِ الثانويِ يُمْكِنُ أَنْ تُركّزَ للأمام. يُمْكِنُ أَنْ يُسيطروا على النيوترينو المتّسق أيضاً أَو النيوترينو المضاد في الشعاعِ الثلاثيِ باتجاه التيارِ. تلك الطريقةُ تُستَعملُ لخَلْق شعاعِ النيوترينو المضاد. نهائي

بشكل أكبر، إنّ التجربةَ تُصْنَعُ من كاشفين مماثلينِ عملياً اثنان وَضعتَا خارج المحورَ ب 14 mrad. تُنتجُ هذه الزاويةِ لشعاعِ النيوترينو الناتجِ، بتوزيع طاقةِ أشدِّ في الطيفِ، مقارنة إلى توجيهِ على محور (الشكل 1). إنّ الجريانَ المخفّضَ بارزُ حوالي 2 GeV خلال 20 % في الطاقة. لهذه الطاقةِ البالغة الذروةِ، يَسْقطُ حَدّ التذبذبِ الأعلى الأولِ في مسافةِ NOvA بعيداً عن الكاشف[15].



(7) Energy spectrum of the axis (14 mrad) technique yielding a narrow band around 2 GeV for the NOvA neutrino beam

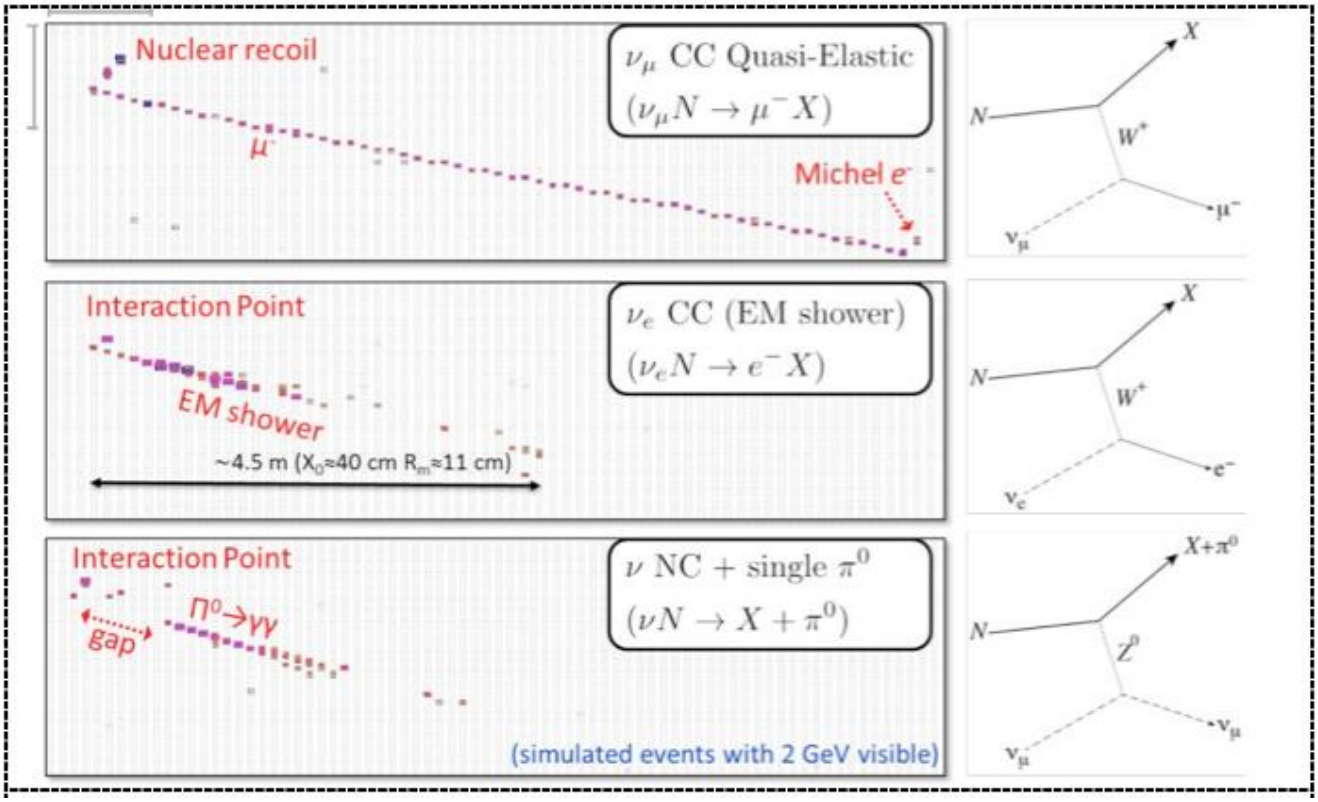
مقياس NOvA

The NOvA measurement

إنّ تجربةَ NOvA تُصمّمُ لقيَاْس بشكل مستقل أربعة مِنْ احتمالاتِ التذبذبِ بين الميون وجزيئات الإلكترون المحايدة كما يُسافرونَ مِنْ قُرْب موقعِ كاشفِ إلى الكاشفِ البعيدِ 810 كيلومتر بعيداً. سَنَدْمجُ الاحتمالات المدروسة لتَقييم θ_{13} وθ_{23} . خلال هذه المقاييسِ، نحن يُمْكِنُ أَنْ نُقرّرَ التدرجَ الجماعيَ وثمن محيط الدائرةَ θ_{23}، يُرَوّدُ بأنّنا عِنْدَنا الإحصائيات الكافية (مضت بياناتَ 3 سَنَواتَ التي يُمْكِنُ أَنْ تُحدّدَ 1 و2 أقواس كما في رقم 3). اعتماد على مجموعةِ التدرجِ والانتهاك CP، يُمْكِنُ أَنْ نَحْلَّهم إلى 38 % مِنْ فضاءِ المرحلةَ. هذا يَعْني بأنّنا قَدْ نَكُون قادرين على رُؤية الدليلِ الأولِ لانتهاك سي بي في قطاعِ الليبتونَ[16].

[15] P. Adamson et al., "MINOS" PRL. 107, 181802 (2011), hep-ex/1108.0015v1.

[16] K. Abe et al., "T2K" PRL. 107, 041801 (2011), and PR D 85, 031103(R) (2012).



(8) Event toplogies of simulated events in the Far detector for various signature interactions of 2 GeV neutrinos

الإشعاع الحراري المولّد داخل الشمسِ بسبب إشعاعِ Cherenkov مِنْ حقلِ ZPF

Thermal radiation generated inside the SUN due to the Cherenkov radiation from ZPF field

أري المؤلفُ في ورقتِه أنّ أسرعِ مِنْ الظواهرِ الخفيفةِ يُمْكِنُ أَنْ تُسْمَحَ لها للجزيئاتِ الأوّليةِ المسرّعة جداً إذا عِنْدَهُمْ كتلة صغيرة جداً مقارنة إلى ذلك مِنْ الإلكترون[17]. باستعمال هذه النظريةِ، إشعاع Cherenkov مِنْ أزواجِ tachyon خَلقَ مِنْ حقلِ ZPD يُمْكِنُ أَنْ يُخَمّنَ معروض كالتّالي؛ منْ معادلةِ الموجةَ تَحْسبُ حساب النسبيةِ الخاصّةِ (وبمعنى آخر: Klein معادلة جوردن) أعطتْ مِن قِبل:

[17] D. Bar-Zohar, The sun produces muon neutrino flux without neutrino oscillations, www.pixelphase.com/sun/neutrino.pdf, 2008.

$$i\bar{h}\,\frac{\partial\Psi}{\partial t} = H\Psi$$

حيث: $\sqrt{H = p2c2 + M\,2c4}$ ، (P: قوّة الدفع، M: الكتلة المؤثّرة، ψ: التابع الموجي للجزيء)، المعادلة التالية يُمْكِنُ أَنْ تُحْصَلَ عليها للجزيئةِ المسرّعة:

$$\frac{\partial\Psi}{\partial p} = -\frac{i}{Ma\bar{h}}\sqrt{p^2c^2 + M^2c^4}\Psi$$

حيث أنَّ a تسارع صحيح مِنْ الجزيئةِ الأولّيةِ الافتراضية مشكّل مِنْ حقل ZPF. إذا الفوتونِ مُوَلَّدُ في منطقة كَمّية، حيث الحجم l، التسارع الصحيح للفوتونِ يُصبحُ:

$$a = \frac{1}{m}\frac{\Delta p}{\Delta t} \approx \frac{c^2}{l}$$

مِنْ شك قوة الدفع والطاقةِ أعطيا مِن قِبل: $\Delta p \cdot l \approx \hbar$ ، و $\Delta E = \Delta p \cdot c$ على التوالي، عندما نعطي: $\Delta E = mc^2$ و $\Delta t = l / c$.

عندما ($v < c$) :

يصبح التابع الموجي للجزيء المتسارع[18]:

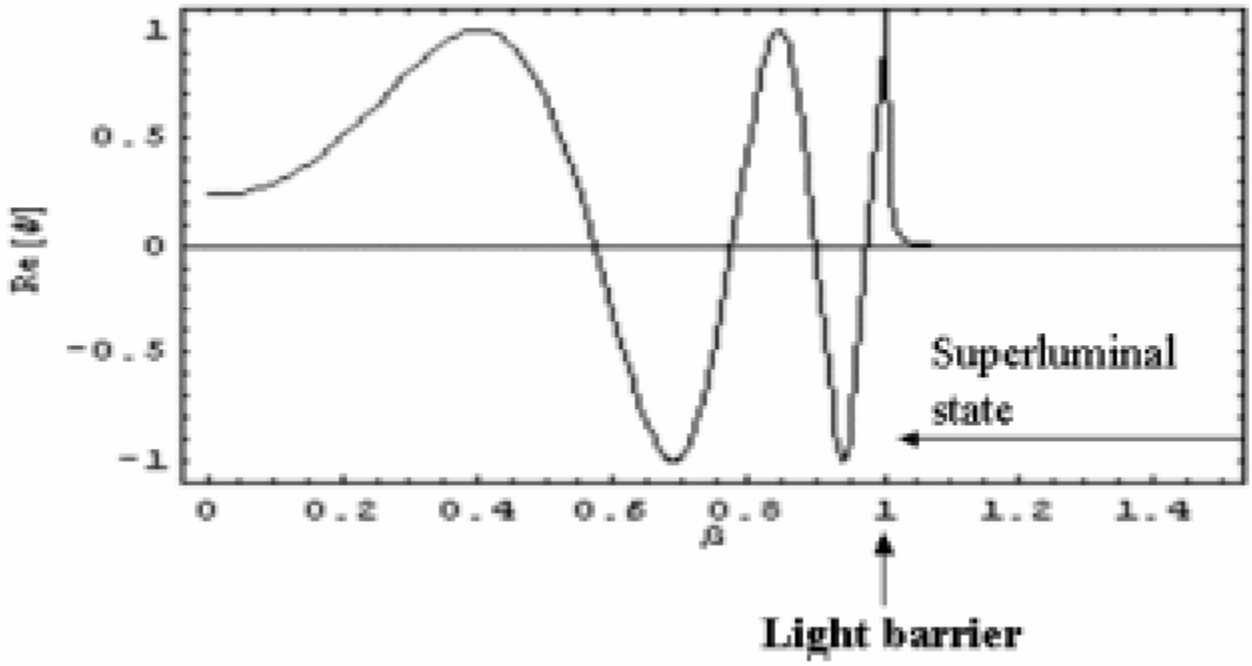
$$\Psi = c.\exp[-i\frac{\omega}{2c}\,l\sqrt{1-\beta^2}(\frac{\beta}{1-\beta^2} + \log\left(\frac{\bar{h}\omega}{c}\right) + \log(1+\beta))]$$

وعندما: ($v > c$):

$$\Psi^* = c.\exp[-\frac{\omega}{2c}\,l\sqrt{\beta^2-1}(\frac{\beta}{\beta^2-1} - \log\left(\frac{\bar{h}\omega}{c}\right) - \log(1+\beta))]$$

حيث أنَّ ω ترددَ زاويَ مِنْ الجزيئةِ و β نسبةُ الجزيئةِ السرعة قسّمتْ بالسرعةِ الخفيفة.

[18] T. Musha, Possible existence of faster-than-light phenomena for highly accelerated elementary particles, Speculations in Science and Technology 21 (1998), 29-36.



(9) Wave function of the accelerated elementary particle

الخاتمة

Conclusion

يمكننا بعد هذا البحث البسيط الملخّص عن تعب وإنجازات العلماء في البحث عن النيوترينو أن نلخّصه ببضع كلمات، ولكن، هل هذه الكلمات تكفي لوصفه؟؟ هل هي حقّاً من يستحقّ وصف هذا الجسيم الشديد الصغر؟؟ هل توصّلنا إلى نتائج مضبوطة؟؟.... فذلك الجسيم الصغير الذي يتكبّر على كلّ الموادّ الأخرى ويتجنّبها، أو يعبرها من دون أيّ تفاعل أو تعبير.... قد يخفي في أعماقه كياناً طيّباً متحابّاً مع جسيمات جنسه، أو غيرها من المواد!

وأخيراً.... توصّلنا إلى مفهوم مبسّط عن النيوترينوات وآفاق هذا الاكتشاف العظيم، ومن النتائج التي وجدناها:

1. النيوترينو جسيم صغير جدا، له كتلة شبه معدومة.

2. للنيوترينو ثلاثة أنواع، ولكلّ نوع منها صفاته المميّزة التي يجب دراسة كلّ منها على حدى.

3. يصدر النيوترينو ذبذبات تساعد في تحديد العديد من صفاته الفيزيائيّة، وبعض الكيميائيّة منها.

4. ينتج النيوترينو عن التفاعلات النوويّة الشمسيّة.

والعديد من النتائج التي يمكن استخلاصها من دراستنا البسيطة لهذا البحث العميق!

التوصيات:

1. التأكّد من نتائج التجربة المأخوذة عند أيّ بحث علميّ، فالنتائج المأخوذة لجسيمات بهذا الصغر قد تكون محيّرة وغامضة أحياناً.

2. دراسة خواص كلّ نوع من أنواع النيوترينو على حدى، فقد تبيّن أنّ لكلّ منها خصائص مختلفة كليّاً عن الأخرى.

3. تغذيّة مصادر البحث الفلكيّ والتوسّع في دراسته.

المصادر والمراجع

العربيّة

أ- البقع الشمسية ودورها في التغيرات المناخية و تأليف : علي حسن موسى

ب- محاضرات الدكتور أيمن كردي

ت- الشمس قصتها من البداية إلى النهاية، تأليف: جورج جامو

الإنكليزيّة

1. Discovering the New Standard Model: Fundamental Symmetries and Neutrinos/ http://www.researchgate.net/publication/233947379
2. Introduction to Advanced Astrophysics
3. J. Huston, E. Kovacs, S. Kuhlmann, H.L. Lai, J. F.
4. Owens, D. E. Soper, W.K. Tung, Phys. Rev. Lett. 77, 444 (1996).
5. M. Cacciari and P. Nason, Phys. Rev. Lett. 89, 122003 (2002).
6. V. Barone, C. Pascaud, F. Zomer, Eur. Phys. J. C12, 243 (2000); this analysis is currently being updated and early results have been presented by B. Portheault at DIS03;
7. http://www.desy.de/dis03
8. P. Gambino, hep-ph/0211009; A. Strumia, hep-ex/0304039.
9. K. S. McFarland and S.-O. Moch, hep-ph/0306052.
10. For a discussion of isospin violation see e.g.: J. T. Londergan and A. W. Thomas, Phys. Rev. D67, 111901 (2003);
11. J. T. Londergan and A. W. Thomas, Phys. Lett.B558, 132 (2003); and references therein
12. P. Adamson et al., “MINOS” PRL. 107, 181802 (2011), hep-ex/1108.0015v1.
13. K. Abe et al., “T2K” PRL. 107, 041801 (2011), and PR D 85, 031103(R) (2012).
14. D. Bar-Zohar, The sun produces muon neutrino flux without neutrino oscillations, www.pixelphase.com/sun/neutrino.pdf, 2008.

فهرس الصور

The index of pictures

(1) صورة تخيّليّة عن النيوترينو الفضائي واختراقه الأرض..... 1

(2) صورة كاريكاتيريّة تبيّن سرعة النيوترينو مقرانة بالفوتونات 2

(3) صورة تبيّن التجربة الأولى لاكتشاف النيوترينو 3

(4) صورة تبيّن أنواع النيوترينو الثلاثة..... 9

(5) صور شرح مبسّط عن أنواع النيوترينو 9

(6) GEOMETRY OF THE SIGNAL GENERATION PROCESS 13

(7) ENERGY SPECTRUM OF THE AXIS (14 MRAD) TECHNIQUE YIELDING A NARROW BAND AROUND 2 GEV FOR THE NOVA NEUTRINO BEAM 14

(8) EVENT TOPLOGIES OF SIMULATED EVENTS IN THE FAR DETECTOR FOR VARIOUS SIGNATURE INTERACTIONS OF 2 GEV NEUTRINOS..... 15

(9) WAVE FUNCTION OF THE ACCELERATED ELEMENTARY PARTICLE 17

جدول المصطلحات

The index of terms

Neutrino	النيوترينو
obscureness	الظلمة/ الغموض
Introduction	المقدّمة
inquiry	الإشكاليّة
chapter	فصل
mass	كتلة
oscillations	ذبذبات
energy	طاقة
expose	يكشف عن

opposite Neutrino	نيوترينو مضادّ
Structure	بناء/ نموذج
Nucleon	نكليون
Precision	الدقّة
Determination	تحديد/ إحكام
Angle	زاوية
Scattering	تبعثر/ تناثر
probability distribution function	وظيفة توزيّع احتمال
Intensity Frontier	حدود كثافة
Thermal radiation	الإشعاع الحراريّ
generated	المولّد
field	حقل
conclusion	الخاتمة

الفهرس

المقدّمة وإشكاليّة البحث 1

الفصل الأوّل

ما هو النيوترينو؟؟ 2

كيف تمّ اكتشافه؟؟ 3

الفصل الثاني

ما الحقيقة حول كتلة النيوترينو؟؟ 4

ذبذبات النيوترينو 5

طاقة النيوترينو 5

كيف يتمّ الكشف عن النيوترينو؟؟ 6

الفصل الثالث

ما هي أنواع النيوترينو؟؟ 8

هل يوجد فعلاً نيوترينو مضادّ؟؟ 9

نموذج بارتون للنيكليون وإحكام الدقّة لزوايا وينبيرغ في تبعثر النيوترينو 10

وظيفة توزيع احتمال Cpandel 11

تذبذبات النيوترينو في حدود الكثافة، تجربة أن أو في آ 13

مقياس NOvA 14

الإشعاع الحراري المولّد داخل الشمسِ بسبب إشعاعِ Cherenkov مِنْ حقلِ ZPF 15

الخاتمة 18

المصادر والمراجع ***19***

فهرس الصور **20**

جدول المصطلحات **20**

الفهرس **22**