المستخلص عربي

لقد حظيت دراسة تفاعلات النيوترينو مع النيوكليون اهتماماً كبيراً من الباحثين، ولا سيما أن هذه التفاعلات تتمتع بمميزات منها أن النيوترينو لا يستطيع عمل أكثر من تصادم واحد حتى إذا احتوى جسيم الهدف العديد من الجسيمات الثانوية. ولقد نشأ نتيجة لاكتشاف النيوترينو علم جديد هو علم الفلك النيوتريني Neutrino astronomy ، فبفضل أنه ضعيف التفاعل مع المادة في الغالب ونظراً لقوة اخرقه العالية فإنه من الممكن أن يعطينا معلومات قيمة عن العمليات الأكثر عمقاً داخل النجوم ومعرفة أسرارها.

لذا يهدف البحث إلى تطوير دراسة التفاعلات الضعيفة للنيوترينو مع النيوكليون لحساب مساحة المقطع العرض.. ولقد تناولنا هذا الموضوع من مجورين مختلفين:

١- دراسة التفاعل من منظور نموذج التفاعل المتعدد السطوح:

Multi peripheral collision

يعتبر الإنتاج المتعدد للجسيمات سمة مميزة للتفاعلات النووية ذات الطاقات العالية ولا سيما تفاعلات النيوترينو – نيكليون حيث ينتج منها جسيمات جديدة تظهر في صورة أزواج ، كما أنها تعطي الكثير من المعلومات حول خواص وميكانيكية التفاعل بين الكواركات والجلونات.

وقد استخدمنا النتائج المعملية التي أجريت في معامل CERN بسويسرا وفي .Fermi national Lab بالولايات المتحدة الأمريكية لاستطارة النيوترينو غير المرنة الممثلة على صورة دوال التركيب القياسية ثنائية البعد F_2 , xF_3 والتي تعتمد على مربع كمية الحرمة المقولة q^2 وعلى متغير بجوركن القياسي x ، لبناء وضبط الوجهة النظرية للنموذج النظري المستحدث في الحسابات وتحديد قيم البارامترات الفيزيائية الملحقة به.

وتم تصور تفاعل النيوترينو مع النيوكليون على أساس التفاعل بين النيوترينو والكواركات المكون للنيوكليون باستخدام شكل فيمان ذي العقدتين حيث يحدث عند العقدة الأولى تفاعل ضعيف بين النيوترينو الساقط ومكونات النيكليون نتيجة تبادل جسيم بوزوني Z_0 , W وهذه العقدة تعتبر مصدر إمداد الطاقة للعقدة الثانية المسؤولة عن الإنتاج المتعددة لأزواج الهارونات من خلال حدوث تفاعل قوي. ومعدل الطاقة المنقولة محكوم بمصفوفة العنصر الانتقالية. وهذه الافتراضية هي إضافة جديدة تم ساتحداثها في هذا البحث وأسهمت في تحسين صورة النموذج المقترح . لذا افترضت صورة مناسبة لمصفوفة العناصر الانتقالية للمجالات الضعيفة. وقد اقترحنا طريقتين لحساب الدالة الموجية للكواركات:

باستخدام نموذج البارتون ، حيث أن الكواركات تتميز بأعداد كمية خاصة بالمذاق واللف فالإضافة إلى الأعداد الكمية المعروفة التي تميز الموضع والف المغزلي والشحنة. كما افترحنا صورتين بارامتريتين لدالة البارتونات المكونة لنيوكليون الهدف تعتمد على الأعداد الكمية المذكورة وكل منهما يحقق شروط الحدود ، وقد عرفت هذه الدوال في فراغ ذي محاور صفرية، أما الدالة الموجية للنيوترينو الساقط والمستطار فقد استخدمتا لها دالة الجسيم الحر. وقد طبقنا طريقة المتغيرات الكونتيتية Quantum Variation Method لإيجاد النهاية الصغرى .

وقد استخدمنا في الطريقة الأخرى لتعيين الدوال الموجبة للكواركات نظرية الشبيكة المعيارية Lattice Gauge theory والتي تعتبر طريقة جيدة ومناسبة لمعالجة مسائل الجسيمات المتعددة many body problem. يعتمد هذا التصور على افتراض أن النويديد الهدف هو جسيم مركب من كواركات عبارة من مجموعة مراكز استطارة موزعة على هيئة شبيكة داخل النويديد لها أبعاد دورية periodic picture ، كما هو

الحال في حالة الذرات أو الأنوية الموزعة في البلورة كل منها يتعرض لمجال دوري. من ذلك نتوقع أن تكون دالة الجهد التي تؤثر على الجسيم دورية أيضاً وهي ناتجة عن مجموعة مراكز استطارة لها توزيع دوري. وسوف نعتبر أن الجسيم تحت الدراسة عندما يقرب من أحد هذه المراكز المكونة للنظام فإن تأثيره يكون كبيراً جداً عليه بينما تأثيره على باقي المراكز يكون ضعيفاً . افترضنا دالة جهد لوني ثنائي بين كل مركزين من مراكز الاستطارة ، وحيث أن المسألة التي تتناولها هذه الدراسة هي الأصل مسألة لنظام متعدد الجسيمات لذلك وتم اللجوء إلى طريقة هارتري فوك Hartree Fock لإيجاد الدالة الموجية للجسيم المستطار نتيجة وجود الجهد المتوسط. واستخدمنا نظرية الاضراب لإيجاد صورة أقرب للحقيقة بقدر الإمكان للدالة الموجية وبالتالي يمكن حساب مساحة المقطع العرضي للتفاعل. ولكن اكتفينا باستخدام معدلات شرودينجر غير النسبوية

سهولة الحل الرياضي للمسالة. وتم حساب الطاقة الكلية للجسيم داخل الشبيكة وكثافة الاحتمال للمستويات المختلفة n=0,1,2,3 .

٢- التفاعل ν-N من خلال البوزونات المتجهة الوسطية:

في هذا النموذج افترضنا تفاعل النيوترينو مع النيكليون من خلال متجه بوزوني وسيط IVB هو W boson أو Z_0 اللذين لهما كتلة مؤثرة حوالي 80 GeV ، وقد مثلنا التفاعل بشكل فيمان لحساب مصفوفة التفاعل التي تحتوي على التيار الليبتوني والهادروني ، وذلك باعتبار أن الدالة الموجية للنيوترينو الساقط هي دالة الجسيم الحر بينما تعاني اضطراباً صغيراً نتيجة لتعرضها لمجال ضعيف للجسيم المستطار بحيث يمكن إهمال الحدود العليا في متسلسلة الاضطراب. ومن ذلك تم حساب القيمة المتوسطة لكثافة التيار الليبتوني الضعيف باعتبار أن الدالة الموجبة للنيوترينو تحتوي فقط على مركبة يسارية، حيث لوحظ أن كثافة التيار الليبتوني الضعيف دالة في مربع كمية الحركة المنقولة.

أما الدالة الموجبة للكواركات u,d المكونين للنيوكليون تم تعيينها كدالة في متغير بجوركن وكذلك الدوال المرافقة لها بالاعتماد على النتائج العملية ذات الطاقة في حدود (120-250 Gev) لتجارب الاستطارة العميقة غير المرنة للنيوترينو مع النيوكليون والتي تعتمد على دوال التركيب القياسية F2,F3 وذلك بعملية توفيق المنحنيات.

أهم النتائج المتوصل اليها:-

١- أن العلاقة بين القيمة المتوسطة لتعددية الهادرونات الناتجة في الحالة النهائية من خلال تفاعل $\nu - N$ وطاقة سقوط النيوترينو هي علاقة لو غاريتمية، كما أنها أكبر إلى حد ما من نظريتها في تفاعل $\bar{\nu} - N$.

٢- إن تفاعل $\nu - N$ قد وصف بنجاح بواسطة شكل فيمان ذي العقدتين ، حيث يحدث تفاعل ضعيف عند العقدة الأولى بينما يحدث تفاعل قوي عند الثانية والتي عندها تنتج الهادرونات. حيث افترضنا أن بوزونات w, z هي الجسيمات المتبادلة خلال التفاعل الضعيف.

٣- تعتبر العقدة الأولى لفاينمان بمثابة مصدر يزود العقدة الثانية بالطاقة المسؤولة عند إنتاج الهادرونات.

٤- وكذلك إن معدل الطاقة المنقولة محكوم بمصفوفة العناصر الانتقالية للتفاعل الضعيف عند العقدة الأولى.

٥- القيمة المتوسطة لتعددية الهادرونات الناتجة تعتمد (بشدة) اعتماداً كبيراً على معامل بجوكن x وتعتمد إلى حد ما على مربع كمية الحركة المنقولة q^2 .

٦- القيمة المتوسطة لتعددية الهادرونات الناتجة في الحالة النهائية من خلال تفاعل $\nu - N$ أقل من مثيلتها في حالة تفاعل N-N.

٧- تحدث التفاعلات الضعيفة بتبادل بوزونات متجهة وسيطية IVB كالتفاعلات الكهرومغناطيسية التي تحدث نتيجة تبادل فوتون.

٨- يرتبط منتشر التفاعل الضعيف بالشكل الرياضي الآتي: $\dfrac{-g^{\mu\nu} + q^{\mu}q^{\nu} / M_W^2}{q^2 - M_W^2}$

٩- تتضمن مصوفوفة العناصر الانتقالية كل من منتشر البوزون، التيار الليبتوني والتيار الهادروني (تيار الكواركات). وقد تبين لنا أن مربعها M^2 مستقل تقريباً عن عند قيم q^2 عند قيم 0.05>x >0.05.

١٠- استخدمت طريقة الاضطراب لإيجاد الدالة الموجبة للنيوترينو المستطار.، ولا حظنا أن كثافة التيار الليبتوني الكلي تعتمد على مربع كمية الحركة المنقولة q^2 .

١١- كثافة التيار الليبتوني الضعيف كمية مركبة، الجزء التخيلي يمثل معدل الامتصاص للتفاعل غير المرن نتيجة إنتاج متعدد من الجسيمات الهادرونية.

١٢- من توفيق المنحيات للنتائج المعملية تبين أن دوال التركيب xF_3 ترتبط بكثيرة حدود من الرتبة الرابعة مع متغير بجوركن، بينما دوال التركيب F_2 ترتبط معه بدالة أسية.

١٣- تعتبر طريقة تعيين الدوال الموجبة للكواركات بدلالة دوال التركيب F2, F3 بالاعتماد على

	الاشتقاق من النتائج المعملية والتي وضعت بتوفيق من الله عز وجل طريقة جيدة لتعيين هذه الدوال حيث أن من مميزاتها أنها فرقت بين دالة الكوارك u والكوارك d ، كما أننا لاحظنا أن كثافة التيار الهادروني تعتمد بشكل أساسي على متغير بجوركن. ولوحظ أن لها قيمة صغرى في المدى 0.8 <x> 0.4 ولا يوجد اختلاف محسوس بين دالتي كثافة تيار u وتيار d. ١٤- اتضح تقارب الشكل للدوال u,d وتنحصر القيم العليا لهما في المدى 0.2 <x> 0 وتقل قيمة الدالة بزيادة x وتتلاشي تقريباً عند x = 1 وتزداد كثافة الاحتمالات لدوال ضديد الكوارك بالرغم أن لها نفس السلوك. ١٥- يمكن حساب مساحة المقطع العرضي التفاضلي بالطريقة المقترحة أي بدلالة التيارات المشحونة والمتعادلة للنيوترينو J(v'v) وكذلك تيارات الكواركات J(q'q) ومن ثم مقارنته بالنتائج العملية. ١٦- أظهرت النتائج المتحصل عليها من النموذج المقترح توافقا كبيراً مع تلك المناظرة لها من النتائج العملية في مدى طاقات سقوط للنيوترينو E(150 – 250) GeV .
المستخلص انجليزي	The neutrino plays a very important role in the world of particle and astrophysics. It has enormous penetration properties and gives us a unique and powerful possibility to investigate the internal structure of the nucleon and the internal invisible region of the sun where solar energy is produced etc. The neutrinos are exceptional particles as for their intrinsic properties. The Neutrino's mass is many orders of magnitude smaller than the masses of their family partners (electron, muon, tau). Because of the smallness of the neutrion masses new physical phenomenon, such as neutrino oscillations are discovered. The investigation of the neutrino oscillations that is going on all over the world is a new field of research in particle and astrophysics. These important properties of the neutrino had encouraged us to get insight and pursue the feature of the neutrino's interactions. Here we presented two different models that may throw the light and declare the mysteries of the neutrino's behavior. **The first one (A phenomenological model):** The particles production at high-energy neutrino- nucleon collisions is one of the most important features of such reactions. It carries more information about the fields working between quarks, which are assumed due to the exchange of gluons. We used the analysis of the data of the experiment CERN-WA-025 at neutrino energy less than 260GeV and the experiments FNAL-616 and FNAL-701 at energy range 120-250 GeV that shows that the structure functions *F2* and *x F3* are approximately independent on the momentum transfer square Q^2, but instead depend on the Bjorken scalar variable x. The general features of these experiments are used as a base to build a hypothetical model that views the reaction by a Feynman diagram of two vertices. The first of which concerns the weak interaction between the neutrino and the quark constituents of the nucleon. At the second vertex, a strong color field is assumed to play the role of particle production, which depends on the momentum transferred from the first vertex and exchanges a heavy noson W or Z. The first vertex is considered as the source, which supplies the second vertex with energy that is used to create pairs of hadrons through strong interaction. The rate of energy transferred is controlled

by the matrix element of weak interaction at the first vertex.

The target nucleon is described in terms of the quark wave functions that depend on quantum numbers concerning the quarks (momentum, spin, color and flavor). The wave functions of the nucleon quarks are determined using the variation method and relevant boundary conditions are applied to calculate the deep inelastic cross sections of the virtual diagram.

The values of these parameters are determined to minimize the total energy of the quark system of the nucleon. It is found that the ground state E_0 has a line symmetry about x= 0.5. the symmetry breaks at the higher-up states, where the probability increases towards the deep inelastic $x < 0.5$.

The average values of multiplicity distributions of secondary hadrons are calculated according to the predictions of the model at incident *v*-energies of 2, 8, 22 and 146 GeV, The comparison with the experimental data shows very good agreement.

The wave functions of the quarks forming the nucleon are als determined by another technique based on the Lattice gauge theory. It assumes that the quarks are arranged inside the nucleon in the form of lattice structure. The Hartree Fock method is applied to calculate the wave function of the composite nucleon system.

In the second model we assumed that the neutrino interacts with nucleons through the IVB which may be the W or Z with effective mass about 80 GeV, in a similar way as the electromagnetic ones do, by photon exchange. The reaction is represented by a Feynman diagram to calculate the total interaction matrix element. It is described in terms of:

- The boson propagator which is associated to the process and has the form ….
- The leptonic current and the hadronic or the quark current.

We calculated the leptonic current at the first vertex by consider the neutrino's wave function as a plane wave but we used the perturbation technique to find the scattered wave function, where the neutrino has only a negative helicity state (left-handed component). Since the scattering is assumed due to a weak field, then it is sufficient to consider only the first term in the perturbation series. The weak leptonic current density is a complex function of the momentum transfer q, the imaginary part of which represents the rate of absorption in the reaction.

The data of the experiments that are extracted from the deep inelastic scattering of neutrion with nucleon [CERN-WA-025,CERN-WA-059, and FNAL-616], are used to put the functions F2 and x F3 in parametric forms in the variable x, consequently, the quark functions *d, u, d* and $\bar{u}$ are calculated using the approximation of setting the Cabibbo angle to zero. The wave functions of the quarks and the antiquarks are estimated by the empirical method. It is

found that the weak hadronic current depends mainly on the Bjorken variable and almost independent of Q^2. The prediction of the models shows global fair agreement with experimental data in the energy range 120-250 GeV.	