

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ  
جامعة السودان للعلوم  
والتكنولوجيا  
كلية الدراسات العليا

دراسة  
أثر كتلة النيوتريـنو  
وعُزومِه  
الكهرومغناطيسية على  
تشكُّـته المرِن على  
الإلكترون

أطروحة لنيل درجة الدكتوراه  
في الفيزياء

إعداد: عوض وداعة موسى

إشراف: أ.د. نزيه وجيه حيدر

2004

قال تعالى:

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

{...عَالِمُ الْغَيْبِ

لَا يَعْزُبُ عَنْهُ مِثْقَالُ ذَرَّةٍ

فِي السَّمٰوٰتِ وَلَا فِي  
الْأَرْضِ

وَلَا أَصْغَرُ مِنْ ذَلِكَ وَلَا

أَكْبَرُ إِلَّا فِي كِتَابٍ  
مُّبِينٍ .

سبأ"3"

# المحتويات

الصفحة	الموضوع	رقم
I	شكرو عرفان	
II	الإهداء	

III	الخلاصة	
IV	Abstract	
	الفصل الأول	
1	مقدمة	
	الفصل الثاني	
10	مقدمة	2.1
11	تفكك بيتا وفرضية باولي	2.2
13	كتلة النيوتريينو	2.3
15	التأثير الحركي لكتلة النيوتريينو	2.4
17	أنواع النيوتريينوات	2.5
	الفصل الثالث	
37	مقدمة	3.1
37	مبدأ هاملتون ومعادلة أويلر لاغرانج	3.2
38	اللاغرانج ومعادلة الموجه لجسيم مفرد	3.3
39	لاغرانج النموذج المعياري	3.4
41	توحيد التأثيرين الضعيف والكهرومغناطيسي	3.5
45	نموذج قلاشو واينبيرج سلام	3.6
54	نظريات التوحيد الكبرى	3.7
	الفصل الرابع	
57	الصورة العامة لمقطع التشتت المرن للنيوتريينو على الإلكترون	4.1
58	حركية النيوتريينو الكتلي المتشتت على الإلكترون في نظام المختبر	4.2
63	الصورة العامة للمقطع العرضي التفاضلي للنيوتريينو الكتلي علىالإلكترون في نظام المختبر	4.3
67	حساب المقطع العرضي التفاضلي للنيوتريينو على الإلكترون	4.4
73	المقطع التجريبي للتشتت المرن للنيوتريينو على الإلكترون	4.5
73	تأثير كتلة النيوتريينو على المقاطع التفاضلية والانحراف عن النموذج المعياري	4.6
	الفصل الخامس	
81	مقدمة	5.1

82	سعة التأثيرات الكهرومغناطيسية للنيوترينو	5.2
85	تأثير العزوم الكهرومغناطيسية للنيوترينو على التشتت المرن	5.3
الفصل السادس		
101	مقدمة	6.1
101	حساب المقاطع التفاضلية	6.2
105	التشتت المرن لمضاد النيوترينو المفاعلي على الإلكترون	6.3
109	تحليل معطيات المفاعل للتشتت المرن	6.4
117	النتائج والمناقشة	
122	الخاتمة	
125	الملاحق	
135	المراجع	

---

# الإهداء

**\*\*إلى كل مؤمن بأن لغة القرآن  
الكريم تستوعب كل مفردات  
ومصطلحات تقانة هذا العصر  
والعصور القادمة...**

\*\* إلى كل متشكِّكٍ في ذلك...!

أَهْدِي هَذَا الْجَهْدَ

عوض وداعة موسى

II

# الْخُلَاصَة

بعد أن تطرَّق لخصائص النيوتريـنو وتمحيص ظاهرة كتلة النيوتريـنو، إنتهى البحث نهجاً وصفيّاً بحثاً في عرض نتائج قياسات كتلة النيوتريـنو، وفقاً للتجارب المختلفة، ومقارنتها مع المعطيات المستقاة من النماذج النظرية ذات الصلة.

حسب المقطع العرضي للتشتت المرن للنيوتريـنو(مضاد النيوتريـنو) على الإلكترون دُرس تأثير كتلة النيوتريـنو المختلفة عن الصفر على المقطع العرضي من خلال التفاعلات الفيرميونية رباعية التمثيل للتأثيرات (V,A)، مع (S,P) ، و (V,A) مع (S,P,T) باستخدام الوصف الصحيح لحالات لولبية النيوتريـنو الكتلي. وُضِّح إنحراف النتائج المتحصلة عن تلك التي يتنبأ بها النموذج المعياري للجسيمات الأولية.

حسب حد التداخل لمقطع التشتت بين قنوات التيارات المشحونة والتيارات الحيادية، وقد وجد أنه يتفق مع نتائج مجموعة LSND، وتجربة E225، في لوس ألاموس، وكذلك مع القيمة التي يتنبأ بها النموذج المعياري.

إمتدت الدراسة أيضاً بإدراج العزوم الكهرمغناطيسية للنيوتريـنو في مقاطع التشتت العرضية، أعيد حساب الإنحراف عن النموذج المعياري باعتبار عزوم النيوتريـنو الكهرمغناطيسية.

أخيراً، بُحث الترابط المغزلي للتفاعل قيد الدراسة، من خلال إستقصاء الإستقطاب الطولي للإلكترون المتشتت في حالات، التوازي والتعاكس والتعامد، بين إتجاه مغزل الإلكترون وإندفاع النيوتريـنو.

خَلصت الدراسة إلى أن الإنحراف الكلي لمقطع التشتت، عن النموذج المعياري، الناتج عن إدخال كتلة النيوتريـنو، المفترضة، وعزومه الكهرمغناطيسية هو في حدود (13%)، وهو مؤشر يستدعي نظرة جادة لهذا النموذج. الدراسة تقترح تطويراً إضافياً للنموذج المعياري ليتضمن كتلة النيوتريـنو، (إن وجدت) وعزومه الكهرمغناطيسية باعتباره نظرية قابلة للإستنتاج.



## Abstract

After the research mentioned the neutrino properties and investigated neutrino mass phenomena, it takes a pure descriptive approach in displaying the results of neutrino mass measurements, according to different experiments, and comparing them with the data obtained from the related theoretical models.

The cross section of elastic scattering of neutrino (anti-neutrino) on the electron was calculated. The influence of neutrino non-zero mass on the elastic,  $\nu e \rightarrow \nu e$  -scattering cross section was investigated in the framework of general four-fermion interaction (V,A) with (S,P), and (V,A) with (S,P,T) using the correct description of massive neutrino helicity states. The deviation of obtained results from those predicted by the standard model of elementary particles was explained.

The interference term between the charged current channels and the neutral ones, was calculated. The value of this term agrees, well, with the values measured by the LSND collaboration, E225 experiment, at Los Alamos, and with the value predicted by the standard model

Also the study was extended by introduction of electromagnetic moments of neutrino into the calculation of scattering cross - sections. Recalculation of the deviation from the standard model was done considering the effect of electromagnetic moments of neutrino.

Finally, the spin correlation of the studied interaction was investigated through the study of longitudinal polarization of scattered electron in the cases, where the direction of the spin of electron to that of the momentum of the neutrino is, parallel, anti-parallel, and perpendicular.

The research work concluded that, the total deviation, in cross-section, resulting from the introduction of the hypothesized mass of neutrino, and its electromagnetic moments, is about (13%), from that of the standard model, which is so significant indicator, that serious consideration of this model, is required. The study proposes further development to the standard model to include the neutrino mass (if there) and its electromagnetic moments, since this model is a renormalizable theory.

# شُكْرٌ وَعِزْفَان

لا خيلُ عندك تُهدِيها ولا مالُ  
فليُسعِدِ التُّطُقُ إن لم

تُسعِدِ الحالُ

الشُكْرُ، بدءاً، لله ..

تعجز الكلمات عن إيفاء العالم الإنسان  
البروفيسور نزيه وجيه حيدر حقه، فقد أعطى ولم  
يستبق شيئاً. وقد ساعد في تذليل العقبات العديدة  
التي إعترضت هذا العمل، بصدقٍ وصبرٍ معهودين  
فيه.

لزوجي وأطفالي أسمى آيات العرفان، فقد

تحَمَّلوا الكثير، وعَمِلوا ما استطاعوا ليوفروا لي  
البيئة الملائمة للعمل.

التقدير كله لزملائي الأوفياء بقسم الفيزياء ومعهد  
الليزر، فقد كانوا نعم الإخوان عند الحاجة.

الحمدُ، ختماً، لله ..

عوض وداعة موسى

# الفصل الأول

## مقدمة عامة

# الفصل الثاني

# خصائص النيوترينو

## الفصل الثالث

### النموذج المعياري

## الفصل الرابع

# تأثير كتلة النيوترينو مقطع التشتت المرن

الفصل الخامس  
تأثير العزوم  
الكهرومغناطيسية  
للنيوترينو  
على مقطع  
التشتت المرن

الفصل السادس

# حالات الترابط بين مغزل الإلكترون وإندفاع النيوترينو