مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (30) العدد (3) 2008
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (30) No. (3) 2008

الظواهر السبينية في تفكك β– النووي
كتلة النترينو الإلكتروني السكونية وقانون انحفاظ T–

الدكتور تيسير معلا*
الدكتور مفيد عباس*
هشام جودت صقر**

(تاريخ الإيداع 26 / 2 / 2008. قُبِل للنشر في 2008/7/7)

□ الملخّص □

أدت دراسة تفكك بيتا النووي لاكتشاف شكل جديد من أشكال التأثيرات المتبادلة في الطبيعة(تاثيرات متبادلة ضعيفة)،الذي قاد لاكتشاف جسيم جديد يدعى النترينو،الذي أسس لظهور فرع جديد في الفيزياء يدعى فيزياء النترينو،نظرا للدور الذي يلعبه في فيزياء الكون.كما تم تحديد بنية التيارات النووية الضعيفة.أما حتمية انحفاظ القوانين الفيزيائية فكانت دوما أداة لاستنباط قراءات جديدة بل ولادة نظريات جديدة لتوسيع فهمنا للكون.في هذا العمل تم دراسة لاتغير عبار dw_β (احتمال التفكك) بالنسبة لدوران الزمن T، وذلك للارتباط التام لهذه الظاهرة مع بنية التيار النووي.

كما تم تحديد قيمة كتلة النترينو الإلكتروني السكونية (m_{ν_e}) في بعض مجالات طيف الطاقة الالكتروني، وذلك اعتمادا على أحدث القيم التجريبية لمعامل الارتباطD.

الكلمات المفتاحية: تفكك بيتا، احتمال التفكك، نترينو، دوران الزمن، تاثيرات متبادلة ضعيفة، معاملات الارتباط.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (30) العدد (3) 2008
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (30) No. (3) 2008

* أستاذ . قسم الفيزياء . كلية العلوم . جامعة تشرين . اللاذقية . سورية.
** طالب دراسات عليا (ماجستير) . اختصاص فيزياء إشعاعية . قسم الفيزياء . كلية العلوم . جامعة تشرين . اللاذقية . سورية.
* بحث نظري اجري في قسم الفيزياء . كلية العلوم جامعة تشرين بدءاً من 2006

Spin phenomena in Nuclear β- Decay
The electronic Neutrino's mass and Conservation Law-T

Dr. T.Moualla*
Dr. M. Abbas*
Hisham Jawdat Saker**

(Received 26 / 2 / 2008. Accepted 7/7/2008)

□ ABSTRACT □

The study of Beta-decay led to establishing a new form of interaction in the nature (weak interactions), which resulted in discov ering a new particle which has been named neutrino. The neutrino established a new branch of physics named neutrino physics, because of its importance in cosmic physics and in specifying the structure of weak nuclear currents. The certainty of conservation laws in physics has always been a tool to take new view, and to create modern theories to enhance our understanding of the universe. In this research, we have studied an invariant equation DWβ (decay probability) in relation to the time rotation, depending on the strong relation between this phenomenon with the structure of nuclear current. Also, based on the most recent experimental value for the correlation coefficient D, we have found the value of the rest electronic neutrino's mass (m_{ve}) in some intervals of the spectrum of electronic energy.

Key Words: Beta decay, Decay probability, Neutrino, Time rotation, Weak interactions, Correlation coefficient.

مقدمة:

* **Professor , Department of Physics , Faculty of Sciences, University of Tishreen, Lattakia, Syria.**
** **Postgraduate student, Department of Physics , Faculty of Sciences, University of Tishreen, Lattakia, Syria.**
* **theoretical search has been done in physics department – science faculty tishreen university starting 2006.**

تعدّ مسألة تفكك -β النووي من أكثر مسائل النشاط الإشعاعي أهمية حيث تطلب فهم تلك الظاهرة قرابة الستون عاماً من البحث (1896 – 1961) . أثبت العالم chadweck عام 1914 أن طاقة الالكترون المنطلق تساوي 0.4 من طاقة التفكك ($X \rightarrow X' + e^-$) ، صرح بعد ذلك بور بأن تفكك β^- - النووي يخرق قانون حفظ الطاقة. قدم باولي pauli عام 1930 ، حلاً لتلك المشكلة، عندما أرسل رسالة إلى المؤتمر الدولي المنعقد في السويد ، يقترح آلية جديدة لحدوث تفكك β^- -النووي (تنحصر بانطلاق جسيم معتدل الشحنة مع الالكترون سبينه $\frac{1}{2}\hbar$ وكتلته صغيرة جداً ($0.01\ m_e$) سماه لاحقاً فيرمي نترينو [1] ، أصبح بذلك طيف طاقة التفكك مستمراً. بناءً على هذه الفرضية وضع فيرمي (Fermi) عام 1934 نظرية التأثيرات المتبادلة الضعيفة (تصف تفكك -β النووي) [2] واستمر البحث النظري مع تقدم وسائل البحث التجريبية إلى أن وصلنا (عام 1956) إلى ما يسمى نظرية (v- λA) للتأثيرات المتبادلة الضعيفة [3]، وباختصار نشير إليها: صاغ فيرمي عام 1934 تابع هاملتون الذي يصف التأثيرات المتبادلة الضعيفة، بحيث يساهم فيها الكمون النووي بصورة تامة:

$$H_\beta = \sum_{J=S,V,T,A,P} C_J \left(\overline{\psi_p} \hat{O}_J \psi_n\right)\left(\overline{\psi_{e^-}} \hat{O}_J \psi_\nu\right)$$

حيث:

أثبتت $\hat{O}_S = I \quad ,\hat{O}_V = \gamma^\mu \quad ,\hat{O}_A = \gamma^\mu\gamma^5 \quad ,\hat{O}_T = \sigma^{\mu\upsilon} \quad ,\hat{O}_P = \gamma^5$

الدراسات النظرية والتجريبية حتى عام 1956 أن مركبتين فقط تساهمان في التأثيرات المتبادلة الضعيفة وهما الكمون الشعاعي $\hat{O}_V$ و الكمون المحوري $\hat{O}_A$. حيث أصبحت تسمى نظرية $(V-\lambda A)$ للتأثيرات المتبادلة الضعيفة قدم العالم الباكستاني محمد عبد السلام رؤية أكثر دقة لآلية حدوث تفكك -β النووي ، فيما سمّي بالنموذج المعياري (نموذج واينبرغ . عبد السلام) [4] .

السؤال المطروح ما هو حال قوانين الانحفاظ في تفكك -β النووي ؟

وما هي قيمة كتلة النترينو الإلكتروني السكونية m_{ν_e} ؟

لعبت قوانين انحفاظ المقادير الفيزيائية (كمية الحرارة ، كمية الحركة ، الطاقة ،...)، دوراً هاماً في صياغة فهمنا للعالم الذي نعيش فيه ، وقدمت استنتاجات نظرية ، أثبتت التجربة صحتها ، مما عمق دورها في فهم آلية نشوء الكون (نظرية الانفجار العظيم) .

نشير أولاً إلى ظهور مقادير فيزيائية جديدة في عالم الفيزياء النووية والجسيمات الأولية (الأعداد الكوانتية المختلفة ...) والتي يجب أن تبقى مصانة (محفوظة) في أي تفاعل كان ، كما قدمت النظرية النسبية الخاصة لاينشتاين (1905) مفهوماً هاماً، وهو لا تغير المقادير الفيزيائية والقوانين الرياضية التي تصفها مع عملية دوران الإحداثيات $\vec{r}$ والزمن t في الجمل العطالية المختلفة بالنسبة لتحويلات لورانتز [5].

كما قدمت نظرية ديراك وصفاً رياضياً دقيقاً لآلية تغير التابع الموجي $\Psi(\vec{r},t)$ مع دوران جملة الاحداثيات $(\vec{r},t)$ حيث ينتج الشحنة المرافقة C (charge conjugation)، وتحولات النوعية (الزوجية P (Parity transformation)،وعدم تغير الزمن T بعكسه او قلبه (time reversal invariance) كما يلي [6] :

$$\psi \xrightarrow{C} \gamma^2 \psi^* \quad ,$$
$$\Psi_{(\vec{r},t)} \xrightarrow{P} i\gamma^0 \psi_{(-\vec{r},t)} \quad ,$$
$$\Psi_{(\vec{r},t)} \xrightarrow{T} -i\gamma^1\gamma^3 \psi^*_{(\vec{r},-t)} \quad , \qquad (1)$$
$$\psi_{(\vec{r},t)} \xrightarrow{CPT} i\gamma^5 \psi_{(-\vec{r},-t)} \quad .$$

حيث γ_μ – مصفوفات ديراك، $\Psi_{(\vec{r},t)}$ تابع ديراك .

أثبت العالمان Lee T.D.Yang C.N عام 1956 أن تفكك -β يخرق قانون حفظ النوعيةP [7]. أما دراسة قانون انحفاظ الشحنة C فأدى إلى تجزأة التيار الهدروني إلى قسمين [3] :

1. تيارات النوع الأول (التي تتغير إشارة معاملات البنية فيها عند إجراء التحويل على توافق) .

2. تيارات النوع الثاني (لا يوجد توافق في تغير إشارة معاملات البنية عند إجراء التحويل). وبقيت مسألة لا تغير عبارة احتمال التفكك (dw_β) بالنسبة لدوران الزمن t موضع اهتمام الباحثين التجريبيين حتى وقتنا الحاضر [8 , 9 , 10].

أثبتت الدراسات النظرية ارتباط هذه الظاهرة بالظواهر السبينية (استقطاب النوى $\vec{S}$ ، الجسيمات الأولية $\vec{S}_\ell$) [2 - 3] . أما كتلة النترينو فمازالت موضع بحث جدّي حتى تاريخه [11] m_{ν_e} < 2.7 e.V .

هدف البحث وأهميته:

1. دراسة طبيعة ثابتا بنية التيار الهدروني الضعيف C_A , C_V ، وذلك من خلال دراسة لا تغير عبارة dw_β (احتمال التفكك) بالنسبة لدوران الزمن $\hat{T}$ ، وفق تحويلات لورانتز.

2. حساب كتلة النترينو الالكتروني السكونية m_{ν_e} ، اعتماداً على العلاقة الرياضية التي تحدد الثابت D وبالاستفادة من أحدث القيم التجريبية للثابت D .

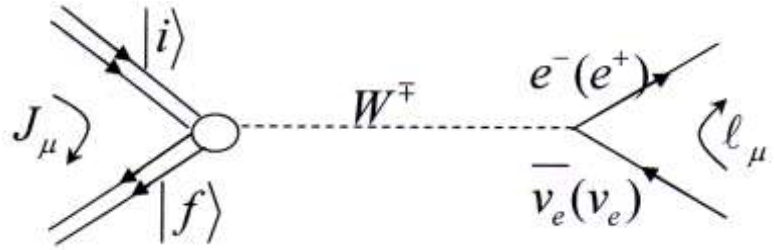
طريقة البحث ومواده:

تمثل عبارة احتمال التفكك dw_β للنوى أهم مقدار فيزيائي لوصف تلك الظاهرة ودراستها، ويتم الحصول عليها باستخدام نظرية فيرمي الكوانتية والنظرية المعيارية (عبد السلام – واينبرغ).

لهذه الغاية، استخرجنا في هذا العمل العلاقة الرياضية التي تصف احتمال التفكك dw_β للنوى المستقطبة $\vec{S}$ آخذين بعين الاعتبار كتلة النترينو الإلكتروني السكونية m_{ν_e} . يعبر عن تفكك -β النووي بالعبارة العامة التالية :

$$X(A,Z) \xrightarrow{W^{\mp}} X(A,Z\pm1) + e^-(e^+) + \overline{\nu}_e(\nu_e) \qquad ;(2)$$

ويوصف وفق مخطط فاينمان التالي :



يصف تابع هاملتون التالي تفكك -β النووي في التقريب اللانسبي $(q^2/M^2) << 1$ [2] :

$$< f|H|i >= \frac{G_F}{\sqrt{2}} J_\mu \ell_\nu + h.c, \qquad (3)$$

هنا : J_μ – التيار النووي، الذي يعطى بالصيغة العامة التالية :

$$J_\mu = \begin{cases} -\lambda < f|\vec{\sigma}|i > \equiv M_{GT} : \mu = 1.2.3 \\ < f|I|i > \equiv M_F ; \mu = 0 \end{cases} \qquad (4)$$

$$\frac{C_A}{C_V} = \left|\frac{C_A}{C_V}\right| e^{i\varphi} = |\lambda| e^{i\varphi} \quad ; \quad \lambda = -1.2740 \pm 0.0021 \quad [12]$$

C_A, C_V – ثابتا بنية التيار النكليوني الضعيف ، M_{GT} – توافق انتقال غاما – تيلر النووي [$(J_i \neq 0)\ \Delta J = 0, \pm 1$]، M_F – توافق انتقال فيرمي النووي ($J_i = J_f = 0$, $\Delta J = 0$) ، أما التيار اللبتوني ℓ_ν فيعطى بالعلاقة التالية [3] :

$$\ell_\nu = \bar{u}_e \gamma_\mu (a_\nu + a_A \gamma^5) u_\nu \quad . \qquad (5)$$

حيث :

a_ν , a_A ثابتا البنية الدقيقة للتيار اللبتوني الضعيف: ($\nu - \chi$ A) ، عندما $a_\nu = a_A$ فإن G_f , $m_\nu = 0$, $\chi =$ 1 – ثابت فيرمي.

نحصل باستخدام خواص مصفوفات ديراك وتابع كثافة التيارات ρ_i [13]، على العبارة الرياضية العامة لاحتمال تفكك -β النووي $dw_{\beta-}$:

$$dw_{\beta\mp} = \frac{G_F^2 a_V^2}{(2\pi)5} d\Omega_e d\Omega_\nu dE_e P_e E_e F(Z, Ee).$$

$$(\Delta E - E_e)[(\Delta E - E_e)^2 - m^2{}_\nu]^{\frac{1}{2}} .\eta\{1 + a\frac{(\vec{p}_e \vec{p}_\nu)}{E_e E_\nu} +$$

$$(6) + Cd_J(\frac{1}{3}\frac{(\overrightarrow{p_e}\overrightarrow{p_\nu})}{E_e E_\nu} - \frac{(\vec{P}_e \vec{J})(\vec{P}_\nu \vec{J})}{E_e E_\nu}) + \vec{S}(A + \frac{\vec{P}_e}{E_e} + B\frac{\vec{P}_\nu}{E_\nu} + D\frac{\vec{P}_e \times \vec{p}_\nu}{E_e E_\nu}) -$$

$$-\frac{(1-\wp^2)}{(1+\wp^2)} . \frac{m_e m_\nu}{E_e E_\nu} a_1[1 - \xi(\vec{P}_e^0 \vec{P}_\nu^0) + c_1 d_J] .[(\frac{1}{3}(\vec{P}_e^0 \vec{P}_\nu^o) - (\vec{P}_e^0 \vec{J})(\vec{P}_\nu^o \vec{J})].$$

$$\vec{S} = \vec{j}\sum_{M_i} a(M_i)/(M_i / J_i)\ ;\ d_{J_i} = \frac{J_i(J_i+1) - 3<(\vec{J}_i\vec{J}_i)>^2}{J_i(2J_i-1)}$$ حيث :

$$\rho_i = \frac{1}{2}(\hat{P}_i + m_i)(1+\gamma^5\hat{S}_i)$$

$\vec{S}$ – متجه استقطاب النواة المتفككة، $\vec{j}$ – متجه الواحدة وفق اتجاه $\vec{S}$ ، $a(M_i)/(M_i / J_i)$ – تابع احصائي لوصف السويات النووية المستقطبة، تعطى الثوابت a_1, C_1,a,C,B,A, η, في ملحق رياضي .

يعبر عن الثابت D بالعلاقة التالية:

$$D = \beta_e\beta_\nu \frac{4\wp M_F M_{6T}\delta_{JJ'}\left(\frac{J}{J+1}\right)^{\frac{1}{2}}}{(1+\wp^2)[|M_F|^2 + |\lambda|^2|M_{GT}|^2]}\sin\varphi \quad . \quad (7)$$

حيث: $\beta_\ell = \left(\frac{p}{E}\right)_\ell \quad \ell = e,\nu$,

عندما $\wp = 1$, $m_{\nu_e} = 0$ ، فإن العلاقة (7) تؤول للعلاقة التالية:

$$D = \beta_e \frac{2M_F M_{6T}\delta_{JJ'}\left(\frac{J}{J+1}\right)^{\frac{1}{2}}}{[|M_F|^2 + |\lambda|^2|M_{GT}|^2]}\sin\varphi$$

وهذه العلاقة هي نفسها العلاقة المعطاة في المرجع [3].

النتائج والمناقشة:

I. بما أن الحد $\vec{S}[\overrightarrow{p_e^0}\,\overrightarrow{p_\nu^0}]$ في العلاقة (6) مقداراً متغيراً مع دوران الزمن (t→-t)، فإنه عندما يكون الثابتان C_A , C_v حقيقيين، فإن $\varphi = 0$ ومنه D = 0 إذاً يصبح الحد ($\vec{s}[\overrightarrow{p_e^0}\,\overrightarrow{p_\nu^0}]$) D معدوماً، عندئذ تكون dw_β عبارة رياضية لا متغيرة مع دوران الزمن (محفوظة) .

II. نلاحظ من العلاقة (7) أن وجود الثابت D كأحد حدود العلاقة (6) عملياً مرهون بكون الانتقال النووي مختلط (M_F M_{GT}) وهذا محقق في حالة تفكك -β للنترون الحر المستقطب ($\vec{n} \to p\ \bar{e}\ \bar{\nu}$) إذاً تكون عبارة dw_β متغيرة مع دوران الزمن فقط في حالة الانتقال المختلط ، $(\varphi \neq 0, D \neq 0)$ أي تفكك – β للنوى المستقطبة يخرق قانون حفظ الزمن -T بالنسبة لتحويلات لورانتز.

$$D = \beta_e\beta_\nu \frac{4\wp|\lambda|}{(1+\wp^2)(1+3\lambda^2)}\sin\varphi \qquad (8)$$

حيث :[14] $\varphi = 180.073 \pm 0.12^{o}$, $M_{GT} = \sqrt{3}$, $M_F = 1$ – للنترون.

أعطت الدراسات التجريبية القيم التالية للثابت D (حالة تفكك -β للنترون الحر المستقطب) :

الجدول (1) يبين قيم D التجريبية[10، 9 ، 8]:

D	المرجع
$[-0.6 \pm 1.2\ (state) \pm 0.5\ (syst)]10^{-3}$	[8]
1×10^{-3}	[9]
$(1.1 \pm 0.5)\ 10^{-4}$	[10]

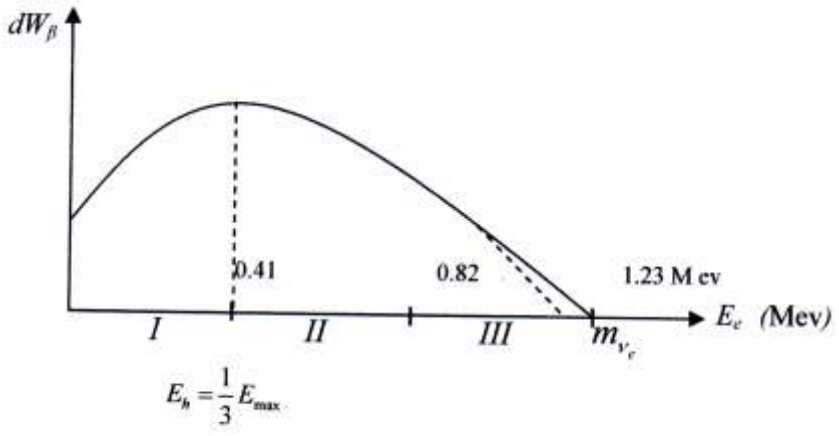
الجدول (2) يبين التركيز على قيم D من تحليلات أخرى لدوران الزمن T الزمن الملاحظ من أجل النموذج المعياري وامتداداته المعيارية [8]:

Theory	***D***
1. Kobayashi-Maskawa phase	$<10^{-12}$
2. Theta-QCD	$<10^{-14}$
3. Supersymmetry	$\leq 10^{-7} - 10^{-6}$
4. Left-right symmetry	$\leq 10^{-5} - 10^{-4}$
5. Exotic fermion	$\leq 10^{-5} - 10^{-4}$
6. Leptoquark	≤ present limit

كما أثبتت التجربة وفق [14] أن $\varphi \neq 0$ (C_V, C_A– مقداران عقديان) إذاً الحد الذي يحوي الثابت D في العلاقة (6) لا يساوي الصفر، وبالتالي عبارة $dw_{-\beta}$ هي مقدار متغير مع دوران الزمن، أي تفكك– β للنوى المستقطبة يخرق قانون حفظ الزمن -T بالنسبة لتحويلات لورانتز.

III. حساب كتلة النترينو الالكتروني السكونية $\left(m_{\nu_e}\right)$:

يمكننا اعتماداً على العلاقة الرياضية (8) ، تحديد قيمة كتلة النترينو الالكتروني السكونية $\left(m_{\nu_e}\right)$نظرياً ، وذلك بالاستفادة من أحدث القياسات التجريبية للثوابت D, φ, λ ، والمدرجة في هذا البحث . نميز عدة حالات في مجال طيف طاقة تفكك – β النووي :



$$D = (1.1 \pm 0.5) \times 10^{-4}$$ ،

$$\varphi = 180.073 \pm 0.12^{o}$$ ،

$$\lambda = -1.2740 \pm 0.0021$$.

I-في نهاية الطيف :

$$\Delta E = Ee + Ev + m_{v_e}$$

$$\begin{cases} Ev = 2m_{v_e} \\ Ee = 1.23 - m_{v_e} \end{cases}$$

- في الحالة a (–) :

$$a - \begin{cases} D = 0.6 \times 10^{-4} \\ \varphi = 179.953^{o} \\ \lambda = 1.2719 \end{cases} \quad \Rightarrow \quad m_{v_e} = 1.02 \ e.V$$

- في الحالة b (+) :

$$b - \begin{cases} D = 1.6 \times 10^{-4} \\ \varphi = 180.193^{o} \\ \lambda = 1.2761 \end{cases} \quad \Rightarrow \quad m_{v_e} = 1.03 \ e.V$$

II- في الثلث الثاني من الطيف :

$$E_e = 0.8MeV$$

$$E_v = (0.43 - m_{v_e})MeV$$

- في الحالة a (–) :

$$a - \begin{cases} D = 0.6 \times 10^{-4} \\ \varphi = 179.953^{o} \\ \lambda = 1.2719 \end{cases} \quad \Rightarrow \quad m_{v_e} = 8.6 \ e.V$$

• في الحالة b (+) :

$$b-\begin{cases} D=1.6\times10^{-4}, \\ \varphi=180.193^{o}, \\ \lambda=1.2761, \end{cases} \qquad \Rightarrow \qquad m_{\nu_e}=13.67\ \ e.V$$

الاستنتاجات والتوصيات:

نلاحظ مما سبق أن قيمة كتلة النترينو الالكتروني السكونية m_{ν_e} المحسوبة في نهاية الطيف فقط تتفق مع القيمة التجريبية المقاسة [11] ، بل وتؤكد ضرورة تصحيح نتائج [11] بحيث تصبح:

$$0<m_{\nu_e}<2.7\ \ e.V \qquad , \qquad (9)$$

تتفق هذه النتيجة مع نتائج البحث [15] ، أي لا يمكن لكتلة النترينو أن تكون معدومة.

إذاً دراسة لا تغير $dW_{\beta-}$ – (عبارة احتمال تفكك – β النووي) بالنسبة لمؤثر دوران الزمن $\hat{T}$ ، تقود إلى تعيين قيمة محددة لكتلة النترينو الالكتروني السكونية m_{ν_e} ، وهذا ما يتفق مع نتائج البحث [15] ، التي تؤكد ضرورة كتابة $m_{\nu_e}>0$ في المراجع العلمية ، وبالتالي نقترح تطوير نظرية (عبد السلام– واينبرغ)، بحيث يضاف إلى تابع لاغرانج للتأثيرات المتبادلة، الحد الذي يحوي كتلة النترينو الالكتروني السكونية .

الملحق:

$$\eta=(1+\wp^2)(|M_F|^2+|\lambda|^2|M_{GT}|^2).$$
$$a\eta=(1+\wp^2)(|M_F|^2-\frac{1}{3}|M_{GT}|^2).$$
$$A\eta=\mp2\wp a_J+(1+\wp^2)B_J.$$
$$B\eta=\mp2\wp a_J+(1+\wp^2)B_J.$$
$$C\eta=-|\lambda|^2-\Lambda_{JJ'}(1+\wp^2)|M_{GT}|^2.$$
$$D\eta=2\wp\beta_e\beta_\nu M_F M_{GT}\delta_{JJ'}(\frac{J}{J+1})^{\frac{1}{2}}\sin\varphi.$$
$$a_1\eta=(1+\wp^2)(|M_F|^2-|\lambda|^2|M_{GT}|^2.$$
$$a_1\eta\xi=(1+\wp^2)(|M_F|^2+\frac{1}{3}|M_{GT}|^2);a_1\eta c_1=c\eta.$$
$$a_J=|\lambda|^2\lambda_{JJ'},|M_{GT}|^2;B_J=\delta_{JJ'}(\frac{J}{J+1})^{\frac{1}{2}}M_F M_{GT}\cos\varphi.$$
$$\lambda_{JJ'}=\begin{Bmatrix}1 & ;J'=J-1\\ \frac{1}{J+1} & ;J'=J\\ -\frac{J}{J+1} & ,J'=J+1\end{Bmatrix}.\Lambda_{JJ'}=\begin{Bmatrix}1 & ;J'=J-1\\ -\frac{2J-1}{J+1} & ;J'=J\\ \frac{J(2J-1)}{(J+1)(2J+3)} & ;J'=J+1\end{Bmatrix} \quad .$$

* عندما $\wp=1$, $m_{\nu e}=0$ تؤول جميع هذه العبارات الرياضية إلى العبارات المستخرجة في المرجع [3].

المراجع:

1-SMIRNOV,A.V. ;et al-*Neutrino And Nutrino Astro Physics*-Prees Moscow Univ.-1948,11-12.

2-LEE,T.D.;-*Weak Interaction*-Colombia Univ.NewYork-1968,74-96.

3-COMMINS,E.D;et al-*Weak Interactions of Leptons and Quarks*-Combredge Univ.Prees-1983,163-164.

4-TA-PEI CHENG;LING-FONG LI-*Gauge Theory Of Elementary ParticlePhysics*-Univ Of Missouri-St.Louis-1984,387-453.

5- LEVEH-V.K. *Theoretical physics* vol.1-Moscow-1971.

6-LANDAU,I.D. ;et al-*Relativistic Quantum Theory*-JXTF-P.1-1968,114-118.

7-LEE,T.D. ;YANG,G.N-*Breaking of the P-Invariant-Phys.Rev.-V.104,1956,254.*

8-HWANG,S.R. ;LISING,L.J.-*New Limit on the D Coefficient in Polaraized Neutron Decay*-Phys.Rev.c.V.62.055501,2000,1-2.

9-STEIGER,T.D ;et al,*Time Reversal In Neutron Beta Decay-The emit Experiment-2002-<www.neutrino D beta decay coefficient correlation.com><CENPA-Electroweak Interaction_files|S 3400075.htm>*.

10-PETER,HERCZEG,*The T-odd R and D correlation in beta decay-2005-<file://A:|The T-odd R and D correlations in beta decay.htm>*.

11-BONN,J.;et al-*Nucearl.Phys—proc.suppl.*-V.91,2002,273.

12-GLŸCK,F. ;BAE BLER,S. ;et al,*The neutron decay retardation spectrometer a SPECT:Electromagnetic design and systematic effects*-Eur.Phys.J.-A.23,2005,135-146.

13-ACHIZAR,A.E . ;et al.-*Quantum Electrodynamics.*-press sience -1981,18-19.

14-ADAMS,J.M. ;BOWLES,T.J-*New limit on the D coefficient in polarized neutron decay*-Phys.Rev.c.-V.62.055501 –The emit Collaboration,2000,10.

15 – د. معلا ،تيسير – حساب كتلة النترينو الالكتروني من قياس معاملات الارتباط في تفكك بيتا النووي للنترون الحر المستقطب – مجلة بحوث جامعة حلب – سلسلة العلوم الأساسية – العدد 49 ، 2006 ، صفحة 137- 146 .