اسم عضو هيئة التدريس	**د. علية الدبسي**
المادة	**فيزياء نووية**
الشعبة	**الفرقة الثالثة - شعبة الفيزياء – كلية التربية**

تم تدريس 6 محاضرات ومتبقي 4 محاضرات

وقد تم التواصل مع الطلبة من خلال تطبيق الواتساب

مسائل على الباب الثاني

1 . احسب أنصاف أقطار النوى التالية: ^{234}U , ^{239}Pu , ^{12}C .

2 . احسب العزم المغناطيسي الناتج عن الالكترون في ذرة الهيدروجين (افترض أن سرعة الالكترون المدارية تساوي (1.2×10^8 m/s). ثم عبر عن هذا العزم بدلالة مغناطون بوهر. ثم احسب هذا العزم بافتراض أن الالكترون يحتل المدار k (في حالة p).

3 . قارن بين حجمي نواة وذره اليورانيوم ـ 235.

4 . احسب ارتفاع حاجز كولوم بين كل من: أ) البروتونات $E = \frac{2Zq^2}{R}$
ب) أشعة α ونواتي الذهب ($Z = 79$) والالمنيوم ($Z = 13$)

5 . تنبعث جسيمات α من البولونيوم ـ 210 بطاقة قدرها 5.3 م أ ف فإذا سقطت هذه الجسيمات على شريحة من الذهب سمكها 10^{-6} سم. احسب النسبة بين الجسيمات المشتتة والساقطة عند زوايا أكبر من:
أ) 45° ب) 90° علماً بأن كثافة الذهب تساوي 19.32 جم/سم^3

6 . بافتراض أن النواة عبارة عن شحنة نقطية. احسب نصف قطر الذرة الميزونية لكل من ذرتي الالمنيوم والذهب. ومن ثم استنتج أيا من المدارات الالكترونية ستقع داخل النواة (حسب الفرض السابق).

7 . اشتق علاقة تبين عزم ثماني القطب الكهربائي Electric Octupole Moment.

8 . إذا كانت Q لمستوى الاثارة الأول للتنجستون ($Z = 74$) تساوي 1.83- eb . احسب النسبة بين طولي المحورين الأكبر والأصغر. لهذه النواة. (يمكن ايجاد نصف القطر المتوسط للنواة من العلاقة (23.2).

الباب الثالث
القوى النووية

توجد الأنوية في حالة الاستقرار ـ باستثناء الأنوية الثقيلة المشعة ـ وهذا يعني أن هناك طاقة ترابط نووي تعمل على ربط مكونات النواة مع بعضها البعض وتبلغ هذه الطاقة بضعة ملايين من الالكترونات الفولطية (م أ ف) . وهذا يؤكد وجود قوة تجاذب من نوع ما تعمل بين مكونات الأنوية .

ويمكن تقدير هذه الطاقة لو افترضنا على سبيل المثال أن قطر النواة حوالي 5 فيرمي ($1F = 10^{-15}$ m) فإنه باستعمال مبدأ دي بروجلي نجد أن:

$$\lambda = \frac{\hbar}{p}$$

وباعتبار أن قطر النواة يساوي الطول λ الموجي فإنه يمكن حساب P ومن ثم نحسب الطاقة (T) حيث:

$$T = \frac{p^2}{2m}$$

$$= \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

و m هي وحدة كتلة ذرية ($\sim 1.6 \times 10^{-27}$ Kg)

وينتج أن: $T \approx 30$ Mev

وهذه طاقة هائلة. فما هو مصدرها؟

دعنا نستعرض القوى المعروفة في الطبيعة علنا نجد تلك المسببة للقوة النووية السابقة.

1 . قوة الجذب بين الجسيمات:

إذا كان لدينا جسمين تفصلهما مسافة قدرها r فإن قوة الجاذبية بينهما (F) تعطى بالعلاقة:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

حيث

G هو ثابت الجذب العام ويساوي $6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2/Kg^2$ ويعطى الشغل بواسطة مجال هذه القوة بالعلاقة:

$$U = G \frac{m_1 m_2}{r} = \int F.dr$$

فإذا كان لدينا في النواة بروتونات تفصلها مسافة قدرها حوالي 5 فيرمي وإذا اعتبرنا كتلة البروتون $m_p = 1.67 \times 10^{-27}\ Kg$ فإنه يمكن حساب U حيث ينتج أن:

$$U_G = 2.3 \times 10^{-37}\ Mev$$

وهذه الطاقة ضئيلة جدا ولا يمكن أن تكون هي المسؤلة عن استقرار النواة وربط مكوناتها مع بعضها البعض.

فلنبحث اذن عن نوع أخر من القوى.

2. القوة الكهربية:

تحتوي الأنوية على البروتونات وهي جسيمات مشحونة بشحنات موجبة. وبالتالي فإن القوة بين هذه البروتونات هي قوة تنافر. وبالتالي لن تعمل هذه القوة - وإن وجدت في النواة - على ترابط مكوناتها!.

كما ويمكن حساب الطاقة الكهربية بين بروتونين تفصلهما مسافة 5 فيرمي U_e حيث :

$$U_e = K \frac{q_1 q_2}{r}$$

حيث

K هي الثابت الكهربي $K = 9 \times 10^9\ Nm^2/c^2$

q, هي شحنة البروتون $q = 1.6 \times 10^{-19}\ c$

وينتج أن:

$U_e \approx 0.28\ Mev$

وهذا المجال أصغر كثيراً من المجال النووي وبالتالي لن يتسبب في وجود ذلك المجال هذا بالاضافة إلى أن هذا المجال الكهربي هو مجال تنافر بعكس المجال النووي.

3. القوة المغناطيسية:

في الحقيقة توجد هناك قوة مغناطيسية أيضاً بين مكونات النواة (أي النيوكليونات Nucleons) والتي تعتمد على الاتجاهات النسبية بين العزوم المغزلية (Spin) لتلك الجسيمات وقيمها. وهذه القوة تساوي تقريبا القوة الكهربية وبالتالي لن يعزى استقرار النواة لها.

4. القوة الضعيفة:

وهذه القوى نراها بين الجسيمات التي تتفاعل مع المادة من خلال التفاعلات الضعيفة جدا كالميزونات (μ) والنيوترينات (المرافقة لأشعة β). وهذه القوة كما قلنا ضعيفة جداً (10^{-12} Mev) وبالتالي لن تتسبب في وجود القوة النووية.

يبين الجدول (3 . 1) القوى المعروفة في الطبيعة. حيث يتضح لنا أن القوة النووية هي الأقوى من بين جميع القوى المعروفة.

القوة الطبيعية	قيمتها
1. القوى النووية	1
2. القوى الكهرومغناطيسية (بين الشحنات)	10^{-2}
3. القوى الضعيفة (أشعة β)	10^{-12}
4. قوى الجذب العام	10^{-40}

الجدول (3 . 1) القوى المعروفة في الطبيعة

وبالتالي فهي ليست ناتجة عن التجاذب الكتلي (أكبر من هذه القوة

النووية هي قوة تجاذب) كما وإنها ليست ناتجة عن القوة الضعيفة. ومن ثم فإن هذا يقودنا إلى استنتاج أن هذه القوة هي من نوع أخر وجديد.

على كل حال بذلت عدة محاولات حديثاً لتوحيد جميع القوى المعروفة في الطبيعة ووضعت النظرية في ذلك. إلا أن البحث في هذا الموضوع يعتبر خارج نطاق هذا الكتاب.

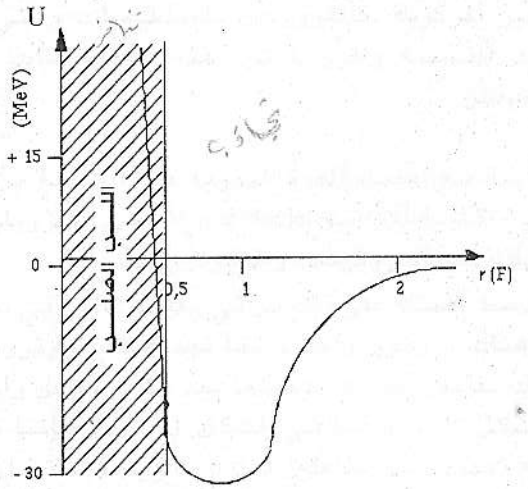
كما وينبغي هنا التفريق جيداً بين القوة الذرية والنووية إذ نجد أن القوة الذرية تعمل بين الالكترون والنواة أي أن هذه القوة تنشأ بين جسم مركزي هو النواة وبين الالكترون الذي يدور حولها في مدار معين. أما القوة النووية فيصعب تمثيلها بالقوة السابقة إذ أنه ليس هناك جسماً مركزياً في النواة يقوم بجذب النيوكليونات إليه. وبالتالي فإن القوة النووية تعمل بين النيوكليونات الفردية بعضها البعض وليس بين هذه النيوكليونات وجسيم مركزي معين.

1.3 خصائص القوة النووية :

تتميز القوة النووية بالخصائص التالية:

1. هي قوة تجاذبية. ولكنها ليست كذلك على طول المسافة الفاصلة بين النيوكليونات. فقد لوحظ أن هذه القوى تغير من هذه الخاصية عندما تكون المسافة بين النيوكليونات أقل من حوالي 0,4 فيرمي. وبالتالي تصبح في هذا المدى قوة تنافرية. وهذا ما يعرف بالقلب (اللب) الصلب (Hard Core) وقد عضدت وجود هذا القلب تجارب تشتت النيوكليونات عن بعضها البعض إذ وجد أن الشكل العام للجهد النووي يأخذ شكلا مشابها للشكل (3 . 1). ويبدو أن وجود هذا اللب الصلب (أي الجهد التنافري) يعمل على تباعد النيوكليونات عن بعضها البعض عندما تفصلها عن بعضها البعض مسافة أقل من 0.4 فيرمي وإلا فسوف تندمج هذه النيوكليونات مع بعضها البعض مكونة جسيما واحدا. وهذا غير مشاهد في الطبيعة إذ أن مكونات النوة تظل محتفظة بشخصية كل منها (البروتونات والنيوترونات).
2. القوة النووية أكبر من القوة الكهربية وهذا استنتاج طبيعي إذ أنه لو كانت القوة الكهربية أكبر من النووية فإن الأولى ستعمل على تمزق النواة التي تحتوي على البروتونات وهي جسيمات متشابهة الشحنة (شحنتها موجبة). وحيث أن الأنوية موجودة في الطبيعة فإن هذا دليل على أن القوة النووية تفوق الكهربية.

وحيث أن القوة الكهربية هي قوة ذات مدى بعيد نسبياً فإنها تصبح سائدة في الأنوية ذات العدد الذري الكبير. مما يساعد على عدم استقرار تلك الأنوية.



الشكل (3 . 1)الجهد النووي

3. ذات مدى قصير جداً وبالتالي فهي تقترب من الصفر أسرع من القوى التي تتبع قانون التربيع العكسي.
4. وهي تعمل فيما بين النيوكليونات المتقاربة. وهذه نتيجة طبيعية من الخاصية السابقة فمدى هذه القوة قصير جداً.
5. تمتاز القوة النووية بخاصية التشبع Saturation. إذ نلاحظ أن الأنوية التي تحتوي على أربعة نيوكليونات هي أنوية مستقرة كنواة ^4_2He بينما نلاحظ أن الأنوية التي تحتوي على خمسة نيوكليونات مثل ^5_2He , ^5_3Li غير مستقرة وغير موجودة. وهذا يعني أن هناك تشبعاً للقوة النووية بحيث تعمل على ربط أربعة نيوكليونات مع بعضها البعض لا أكثر.

وترجع خاصية التشبع إلى التأثير المتبادل للقوة النووية التجاذبية بين النيوكليونات واللب الصلب وكذلك إلى قوة التبادل البايونية Pionic Exchange force بين النيوكليونات (انظر فيما بعد).

6. تميل النيوكليونات إلى تكوين قشور shells مغلقة وفي نفس الوقت فإن التفاعلات بين هذه القشور هي تفاعلات ضعيفة جداً. ويؤيد هذا الافتراض عدم وجود نواة $^{8}_{4}Be$ والتي تتكون من نواتي $^{4}_{2}He$.

7. يبدو أن الأنوية التي تحوي أربعة نيوكليونات هي أنوية مشبعة بينما لا يزال هناك ميل إلى التزاوج Pairing فيما بين النيوكليونات.

8. لا تعتمد القوة النووية على الشحنة الكهربية. وهذا يعني أن القوة الرابطة بين زوج النيوترونات تساوي تلك الناتجة عن زوج البروتونات وتساوي تلك الناتجة بين بروتون ونيوترون . أي أن:

$$F_{n-n} \approx F_{p-p} \approx F_{n-p}$$

وسوف نعود لهذه الخاصية فيما بعد.

يتضح مما سبق أن القوة النووية ذات طابع خاص وبالتالي فإننا يمكن أن نستنتج أن هناك صفات محددة لهذه القوة وهي:

1. تتميز النواة بشكل كروي وهو الشكل الذي يزودنا بأفضل نسبة بين الحجم ومساحة السطح. ومن ثم يعتبر الاستغلال الأمثل لقوة التجاذب النووي ذات المدى القصير.

2. لا يمكن ضغط المادة النووية. وبالتالي فإن الكثافة النووية لها مقدار ثابت ويعطى نصف قطر النواة بالعلاقة:

$$R = r_0 A^{\frac{1}{3}}$$

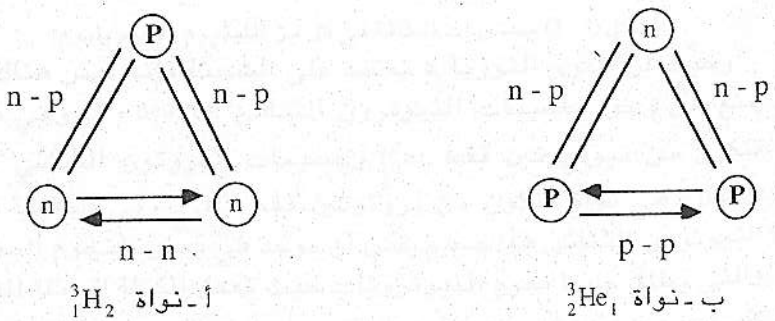
حيث:

r_0 تساوي (1.0 - 1.4) فيرمي (حسب الطريقة العملية التي تقاس بها)

3. يبدو أن الشحنة الكهربية في النواة تميل إلى التوزع بانتظام تقريباً خلال النواة. وبالتالي تنتج عديدات الأقطاب الكهربية (احادي وثنائي القطب وغيرها). ولكن القوة النووية ليست بسيطة كتلك الناتجة بين الشحنات الكهربية حيث يمكن تمثيلها بالمتجهات أو الكميات القياسية Scalers. ولكن القوة النووية تشبه المؤثرات Tensors حيث تستخدم هذه المؤثرات لوصف المجالات الناتجة عن القوى غير المركزية. كالقوى بين المغناطيسات والتي تعتمد على الاتجاهات النسبية والزوايا بين هذه المغناطيسات المتفاعلة مع بعضها البعض.

4. يمكن دراسة عدم اعتماد القوة النووية على الشحنة من خلال دراسة ما يعرف بالأنوية المرآتية Mirror Nuclei وهي الايزوبارات (IsobAr) التي تتبادل عدد البروتونات والنيوترونات.

إن من أبسط الأمثلة على ذلك نواتي $^{3}_{2}He_1$, $^{3}_{1}H_2$. في نواة الترتيوم نجد أن هناك بروتون واحد بينما نجد هناك نيوترونان وبالتالي فإن هناك تفاعلان بين n - p بينما نجد هناك تفاعل واحد بين n - n. أنظر الشكل (2.3 أ). أما في الشكل (2.3 ب) فإننا نجد أن نواة الهيليوم تحتوي على تفاعلين بين n - p بينما استبدل التفاعل بين n - n بأخر بين p - p.



أ - نواة $^{3}_{1}H_2$ ب - نواة $^{3}_{2}He_1$

الشكل (2 . 3) الأنوية المرآتية

وعند حساب طاقة الترابط النووي لكل من النواتين نجد أن:

طاقة الترابط النووي للتريتيوم تساوي 8.48 م أف. بينما نجدها للهيليوم تساوي 7.72 م أ ف. ولكننا نجد أن الهيليوم يحتوي على بروتونين وبالتالي فهناك طاقة جهد كهربي تنافرية بينهما تعطى بواسطة قانون كولوم وذلك بإفتراض أن المسافة بين البروتونين تساوي 2 فيرمي. فينتج أن هذه الطاقة (E_c) تساوي 0.72 م أف. وباضافة هذه القيمة إلى طاقة ترابط الهيليوم نجد أن الطاقة الأخيرة تصبح 7.72 + 0.72 = 8.44 م أف. وهذه قريبة جدا من طاقة التريتيوم.

وهناك مثال أخر، فعند دراسة مستويات الطاقة في كل من الليثيوم والبيريليوم (أنظر الشكل (3 . 3)) نجد أن هذه المستويات متساوية تقريباً. كما وأنها متساوية أيضا من حيث الانعكاسية (Parity) والعزم الزاوي (Angular Momentum). فمن أين نشأ هذا التساوي؟. عند دراسة العلاقة بين القوى النووية في النواتين (أنظر الشكل 4.3) نجد أنه في حالة البيريليوم فإن هناك بروتون يتفاعل مع باقي النيوكليونات (ثلاثة بروتونات وثلاثة نيوترونات). أما في حالة الليثيوم فإننا نجد أن هذا البروتون قد أستبدل بنيوترون يتفاعل هو الأخر مع ثلاثة برتونات وثلاثة نيوترونات. وحيث أن مستويات الطاقة متساوية في النواتين فإن ذلك يعني أن جميع الروابط النووية للنواتين متساوية. أي أن:

$$3\,E_{n-n} + 3\,E_{n-p}\ (\text{لليثيوم}) = 3\,E_{p-p} + 3\,E_{p-n}\ (\text{للبريليوم})$$

وهذا يعني أن:

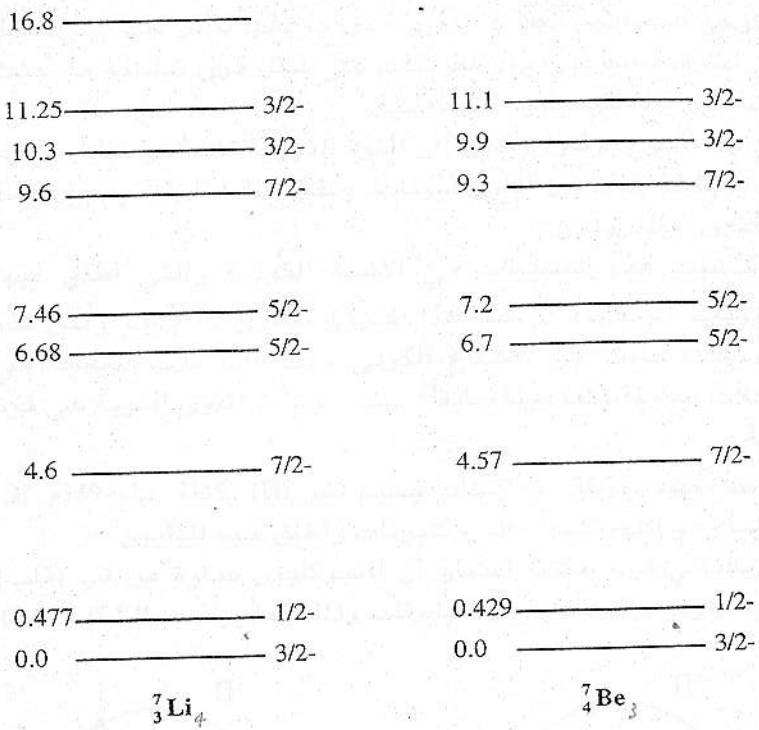
$$E_{p-p} = E_{n-n}$$

أو

$$F_{p-p} = F_{n-n}$$

أي أن القوة النووية بين البروتون والبروتون تساوي تلك بين النيوترون والنيوترون أي أن هذه القوة هي متماثلة بالنسبة للشحنة (Charge Symmetry).

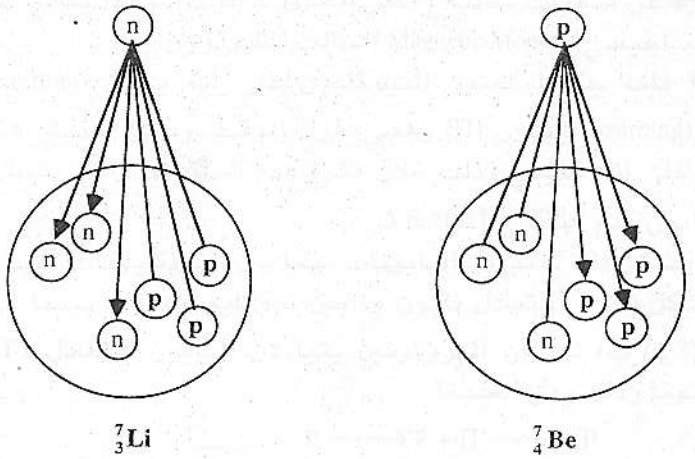
كما ويمكن استنتاج أن $F_{p-p} = F_{n-p} = F_{n-n}$ وذلك بدراسة بعض الأنوية الأخرى مثل $^{10}_{6}C$ ، $^{10}_{5}B$ ، $^{10}_{4}Be$.



الشكل (3 . 3) مستويات الطاقة في كل من الليثيوم والبيريليوم

وحيث أن القوى النووية لا تعتمد على الشحنة فإنه ليس هناك ما يمنع من وجود جسيمات النيوترون الثنائي Di - neutron وهي نواة تتكون من نيوترونين فقط ($^{2}_{0}n$) وجسيمات البروتون الثنائي Di - proton وهي نواة تتكون من بروتونين فقط ($^{2}_{2}H$). وفي الحقيقة فإن النيوترون الثنائي هو جسيم يمكن أن يوجد في بعض النجوم البعيدة والتي يطلق عليها نجوم النيوترونات حيث تعمل الكتلة الهائلة للنجم على تجمع نيوترونين مع بعضهما.

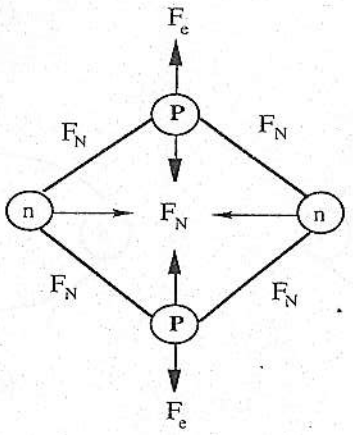
أما البروتون الثنائي فقد فشلت عمليات البحث عنه في الجزم بوجوده وذلك لاعتبارات معقدة كثيرة ومن ثم فإن احتمالات وجوده منعدمة.



الشكل (3 . 4) الروابط النووية بين النيوكليون الفردي وبقية النيوكليونات

يبين الشكل (3 . 5) القوى الممكن تواجدها في نواة الهيليوم -4. حيث نلاحظ القوى النووية التجاذبية (F_N) التي تعمل على استقرار النواة .

كما ونشاهد وجود القوة الكهربية (F_e) والتي تعمل على التنافر بين البروتونين. واستقرار نواة الهيليوم يعني تغلب القوة النووية على الكهربية.



(5.3)

2.3 منشأها:

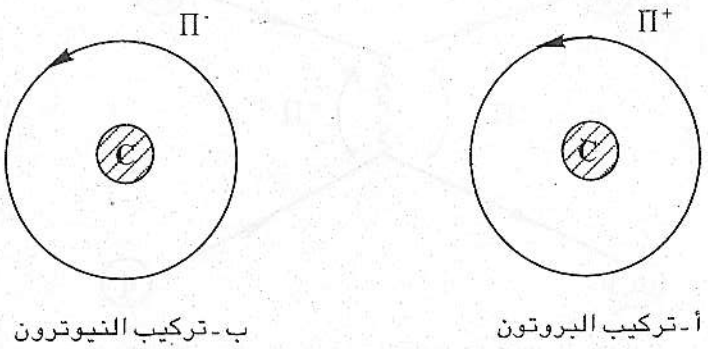
توحي الخصائص السابقة للقوى النووية بأنها تماثل تلك التي تعمل على الترابط الجزيئي بين الجزيئات على شكل قوى تبادلية ما. حيث تنشأ الروابط الكيميائيه التساهمية.

ولهذا اقترح يوكاوا Yukawa أن القوة النووية تنشأ من تبادل جسيم ـ لم يكتشف بعد ـ بين النيوكليونات. وتقع كتلة هذا الجسيم بين كتلة الالكترون والبروتون.

اكتشفت هذه الجسيمات في الأشعة الكونية والتي أطلق عيها الميزونات (μ) ووجد أن كتلة هذا الميزون تساوي 106م أف. ولكن هذه الجسيمات جاءت من الاشعاع الكوني حيث التفاعلات الناتجة هي تفاعلات ضعيفة (كما بينا سابقاً) بينما نجد أن القوى النوية هي قوة قوية.

وبعد جهود طويلة تم اكتشاف جسيم أخر (Π) بكتلة تبلغ 139م أف تقريباً وهو الذي تتبادله النيوكليونات وأطلق عليه البايون.

وبالتالي فإنه يمكننا اعتبار أن النيوكليون عبارة عن لب (قلب) صلب تطوف حوله سحابة من البايونات. وذلك كما يوضحه الشكل (3 . 6)



الشكل (3 . 6) تركيب كل من: أ. البروتون ، ب. النيترون

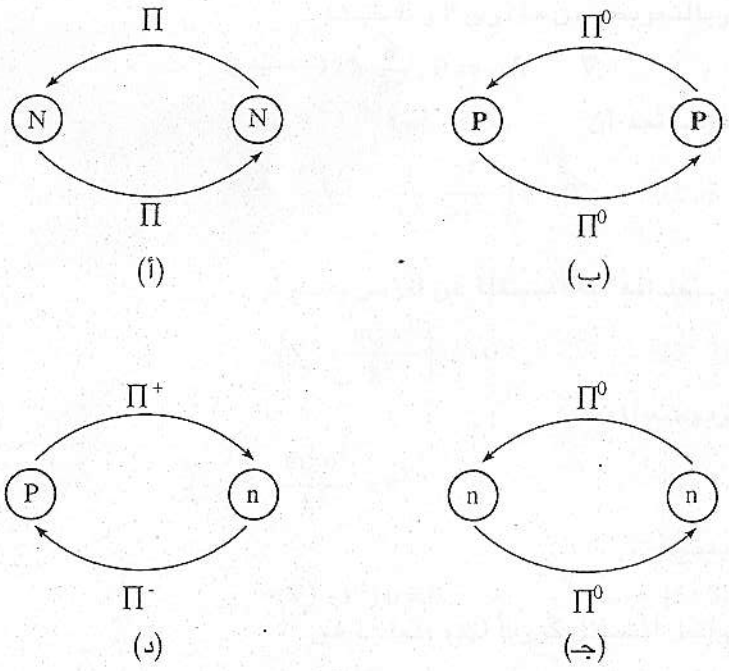
وقد بينت تجارب تشتت الالكترونات عالية الطاقة أن الشحنة الخارجية على البروتون هي عبارة عن شحنات موجبة (أنظر الشكل

هي عبارة عن شحنات سالبة (انظر الشكل 3 . 6 ب). وهذا يفسر لنا العزم المغناطيسي Magnetic Moment السالب للنيوترون.

وهكذا فإنه يمكننا تصور النيوكليون على أنه يطلق (emitting) ويمتص (Absorbing) بيون (Π) وهمي طول الوقت. ويمكن اعتبار هذا البايون على أنه حقيقي وذلك خلال فترة عدم التأكد Δt والتي تعطى بدلالة قانون عدم التأكد $\Delta E.\Delta t \cong \hbar$.

يبين الشكل (3 . 7) تبادل البايونات فيما بين النويكليونات. حيث يبين الشكل (3 . 7 أ) تبادل بايون ما بين نيوكليونين (N). بينما في الشكل (3 . 7 ب) نجد أن البروتونين يتبادلان البايون المتعادل (Π°) فيما بينهما وذلك وفق الصيغة:

$$P \longrightarrow P + \Pi^\circ \longrightarrow P$$



أما الشكل (3 . 7 جـ) فنجد أن نيوترونين يتبادلان هما الأخران البايون المتعادل (Π°) فيما بينهما وذلك وفق الصيغة:

$$n \longrightarrow n + \Pi^\circ \longrightarrow n$$

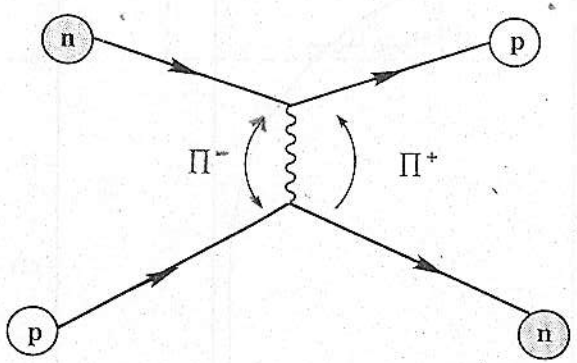
أما في الشكل (2 . 7 د) فنجد أن البروتون يشع Π^+ ويتحول إلى النيوترون وذلك حسب الصيغة:

$$P \longrightarrow n + \Pi^+ \longrightarrow P$$

بينما نجد أن النيوترون يشع هو الأخر Π^- ويتحول إلى بروتون وذلك حسب الصيغة:

$$n \longrightarrow P + \Pi^- \longrightarrow n$$

وتفسر لنا نظرية تبادل البايونات وتحلل كل من البروتون والنيوترون إلى بايون ونيوكليون عملية تبادل الشحنات عند تصادم البروتون مع النيوترون عند الطاقات العالية وكما يبين ذلك الشكل (3 . 8). حيث نجد كيف ينتقل بايون مشحون (Π^+ أو Π^-) من نيوكليون إلى أخر.



الشكل (3 . 8) تبادل الشحنات عند تصادم النيوكليونات عند الطاقات العالية

يمكن حساب كتلة البايون وذلك باستخدام مبدأ عدم التأكد حيث:

$$\Delta p\, \Delta x \approx \hbar$$

(r) وأن Δp تساوي $m_\Pi C$ فإنه بالتعويض في العلاقة السابقة نجد أن:

$$m_\Pi C.\, r \cong \hbar$$

$$\therefore\ m_\Pi \cong \frac{\hbar}{r c} \qquad (1\ .\ 3)$$

حيث c هي سرعة الضوء.

وبالتعويض عن القيم السابقة نجد أن:

$$m_\Pi \cong 132\ \text{Mev}$$

وهذه تتفق مع القيمة المقاسة عمليا لكتلة البايون وهي 139 م أف تقريباً.

كما ويمكن استنتاج كتلة البايون باستخدام ميكانيكا الموجات وذلك بحل معادلة شرودنجر الخاصة بالميزونات في صورتها العامة:

$$E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$$

وبالتعويض عن مؤثري P و E حيث:

$$E \longrightarrow i\hbar \frac{\partial}{\partial t}\ ,\ P \Rightarrow -i\hbar \qquad \nabla$$

فإننا نجد أن:

$$\left(\nabla_r^2 - \frac{m_0^2 c^2}{\hbar^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right) u = 0 \qquad (2\ .\ 3)$$

وبأخذ المعادلة المستقلة عن الزمن ينتج أن:

$$\left(\nabla_r^2 - \frac{m_0^2 c^2}{\hbar^2}\right) u = 0 \qquad (3\ .\ 3)$$

وبوضع المقدار:

$$\frac{m_0^2 c^2}{\hbar^2} = k^2 \qquad (4\ .\ 3)$$

ينتج أن:

$$(\nabla_r^2 - k^2)\, u = 0 \qquad (5\ .\ 3)$$

والحل المتماثل كروياً لهذه المعادلة هو:

$$u = g\,\frac{e^{-kr}}{r} \qquad (6\ .\ 3)$$

حيث g هو مقدار ثابت يلعب نفس القاعدة التي تلعبها الشحنة عند دراسة المجالات الكهربية.

وباعتبار أن:

$$k = \frac{1}{r} \qquad (7\ .\ 3)$$

فإننا نستنتج أن:

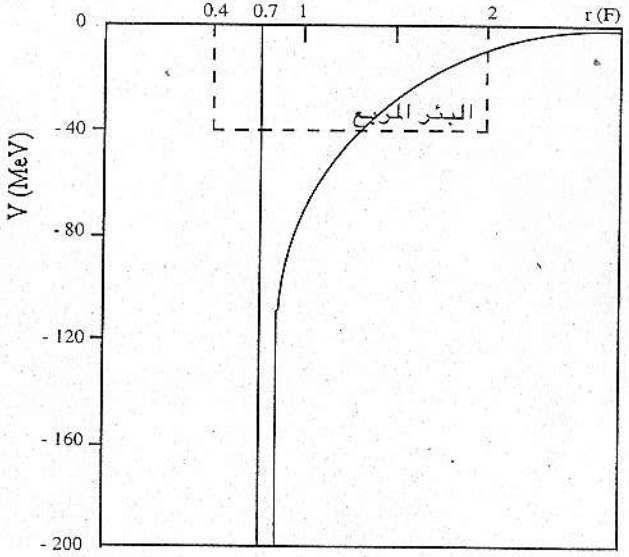
$$m_0 = \frac{\hbar}{r c}$$

وهذه هي معادلة (3 . 1) وبالتالي يمكن حساب قيمة m_0 للميزون.

ويمكن حساب الجهد النووي (V) في حالة الميزونات وذلك بالمقارنة مع الجهد الكهربي وينتج أن:

$$V = -g\,\frac{2\,e^{-kr}}{r} \qquad (8\ .\ 3)$$

ويبين الشكل (3 . 9) الجهد الناتج عن تبادل البايونات أو جهد يوكاوا.



حيث يبين الشكل أنه عند مسافات (r) أقل من 0.7 فيرمي فإن القوة النووية سواءاً التجاذبية أو التنافرية تكون قوية جداً وحتى الآن لم يكشف النقاب عنها سواءاً نظرياً أو عملياً. ولربما يرجع ذلك إلى أنه عند هذه الأبعاد الصغيرة قد تتبادل النيوكليونات أكثر من بايون ولربما تتبادل جسيمات أثقل من البايونات.

وعلى كل حال فإن طبيعة القوة النووية وتفاعلاتها القوية لا يزال يكتنفها الغموض ولا نزال نحتاج إلى معرفة المزيد عنها.

3.3 تركيب الديوترون $\left({}^{2}_{1}H\right)$:

تلقي دراسة الديوترون ضوءاً جديداً على طبيعة القوى النووية. فلو افترضنا أن القوة النووية بين البروتون والنيوترون تعتمد فقط على المسافة والعزم النسبي بين هذين النيوكليونين فإن الديوترون يجب أن يوجد في الحالة ${}^{3}S_{1}$ (حيث يرمز الرقم 3 إلى أن هذه هي حالة ثلاثية Triplet أي أن هناك ثلاث امكانيات لمساقط العزم الزاوي الكلي J و في اتجاه معين. يدل الرقم 1على أن هذا العزم يساوي 1 وبالتالي فإن المساقط الممكنة لهذا العزم في اتجاه معين وليكن اتجاه سقوط مجال مغناطيسي ما ، هي : 1- , 0 , 1. كما وترمز S إلى أن العزم الزاوي الدوراني (Orbital) يساوي صفراً أي أن $L = 0$).

وهذه الحالة هي متماثلة كروياً أي أن شكل النواة يجب أن يكون كروياً. فإذا كان هذا الفرض صحيحاً فإن عزم رباعي الكهربي (Q) يجب أن يساوي صفراً. ولكن دلت التجارب العملية على أن Q ذات قيمة معينة. وبالتالي فإن النواة لا يمكن أن تكون كروية تماماً (أنظر الفصل السابق).

وهذا يعني أن دالة موجة الديوترون يجب أن تحوي تركيبة أخرى بالإضافة إلى الموجة ${}^{3}S_{1}$. وهذه التركيبة يجب أن تكون ${}^{3}d_{1}$. حيث تعتبر هذه الحالة ثلاثية وذات عزم زاوي ℓ قدره 2. ومن ثم يمكن الأن

$$\psi = a\,\psi_1\,({}^{3}S_{1}) + b\,\psi_2\,({}^{3}d_{1})$$

$$a^2 + b^2 = 1$$

وهكذا فإننا نجد أن دالة الموجة ذات قيم مختلفة في ℓ وبالتالي فإن الجهد المتماثل كروياً لا يمكنه أن يعطينا مثل هذه الموجة. ومن هنا نستنتج أن القوة النووية بين نيوكليونين ليست متماثلة كرويا. أي أنها لا تعتمد فقط على المسافة بين النيوكليونين وعزمهما الزاوي النسبي. وبالتالي فهذه القوة ذات شكل غريب يبدو أنها قوة مؤثرة Tensor. وهو ذلك النوع من التفاعلات الذي تعتمد قوته على العلاقة بين اتجاهات متجهات العزوم المغزلية للنيوكليونات واتجاهات الخطوط التي تربط هذه المتجهات مع بعضها البعض.

1 . في ضوء نموذج يوكاوا ، أوجد كتلة البايون.

2 . قارن بين قوة الجذب العام والقوة النووية بين البروتون والنيوترون في نواة الديوتيريوم.

الباب الرابع
النشاط الإشعاعي

1.4 النشاط الاشعاعي :

اكتشف النشاط الاشعاعي لبعض العناصر مصادفة وكان ذلك عام 1896م بواسطة بكريل Becquerel الذي كان يدرس أثر الفلورة fluorescence على الافلام الفوتوغرافية الحساسة فقد كان يلف المادة المتفلورة fluorescent في ورق اسود ثم يضعها فوق الفيلم الحساس في معزل عن الضوء . لقد اكتشف أن الافلام الحساسة قد تأثرت ثم عرف بعد ذلك أن هذا التأثر لا علاقة له بظاهرة الفلورة أو أشعة x التي اكتشفت عام 1895 اذ وجد أن جميع أملاح اليورانيوم تعطي نفس التأثير والتي لا تحدث بعضها فلورة .

ومن ثم وصل الى نتيجة مفادها أن هناك نوع من الاشعاع Radiation ينطلق من هذه المواد ويؤثر على الألواح الحساسة ثم اكتشف فيما بعد أن بعض المواد الطبيعية الأخرى كالراديوم تحدث تأثير مماثلاً . ومن ثم اطلق على هذه المواد (المواد المشعة) واطلق على الظاهرة نفسها النشاط الاشعاعي Radioactivity أو الفاعلية الاشعاعية .

كما اكتشف بكريل بعد ذلك أن هذا الاشعاع له المقدرة على تأيين الهواء كما تفعل اشعة x ـ وبالتالي استخدمت هذه الخاصية للكشف عن الاشعاع بدلاً من طريقة الكشف عنه باستخدام الافلام الحساسة .

استخدمت مدام كوري عام 1910 جهازاً كالمبين بالشكل (4 . 1) للكشف عن الاشعاع . حيث يتركب من وريقة رقيقة من الذهب (A) مثبتة الى قضيب معدني (B) يمر من خلال مادة عازلة (c) حيث يتصل بقرص معدني أخر (D) ويوضع القضيب المعدني والوريقة الذهبية داخل اناء به هواء (E) يطلق على هذا الجهاز الكشاف الكهربي ذوالورقة الذهبية . فإذا شحن الجهاز أولاً بإستخدام بطارية مثلاً فإن الوريقة الذهبية تتنافر مع الساق المعدني (B) وتبتعد عنه فإذا ما وضعت مادة مشعة فوق القرص (D) كما بالشكل فإن الاشعاع المنطلق سيسقط على الهواء الموجود حول الوريقة الذهبية ويقوم بتأينه وبالتالي ستتعادل