١-مقدمة

- ❖ **منشأ وتركيب النظرية الذرية**
- ❖ **تركيب وبناء الذرة**
- ❖ **تركيب النواة كتلتها وحجمها**

٢- الاصناف النووية

- ❖ **الخصائص النووية**
- ❖ **القوى بين النويات**
- ❖ **نظرية الميزون**
- ❖ **الدقائق النووية الاولية**

٣-مدخل الى الكيمياء الاشعاعية

- ❖ **العناصر المشعه وانواعها وسلالاتها**
- ❖ **الاشعاع وانواعه**
- ❖ **الاشعاع وتاثيراته الفيزياويه والكيميائة**

٤- الاشعاعات المؤينة

- ❖ **اشعة الفا**
- ❖ **اشعة بيتا**
- ❖ **اشعة كاما**

٥- الانحلال النووي

- ❖ **قوانين الانحلال النووي**
- ❖ **قياس الانحلال النووي**
- ❖ **مخططات الانحلال النووي**

٦-عمر النصف

- ❖ **طرق قياس عمر النصف**

٧-متوسط العمر

- ❖ **التوازن الاشعاعي**

٨-المعجلات النووية وانواعها

٩-المفاعلات النووية وانواعها

١٠-الوقود النووي وانواعه

- ❖ **طرق تخصيب الوقود النووي**

- المهدئات
- قطبان السيطرة
- وسط التبريد
- الاغلفة الواقية

١١-المفاعلات ذات النيوترنات السريعة

١٢-التفاعلات النووية

- الانشطار النووي
- الاندماج النووي

١٣-مصادر الطاقة في المفاعلات النووية

١٤-الاجهزة المستخدمة لقياس الاشعة

١٥-وحدات قياس الاشعة

- الجرعات المرخص بها
- التاثيرات البايلوجية
- الوقاية من الاشعاعات

١٦-تطبيقات في الكيمياء التحليلية

- اسس التحليل بالتنشيط
- مجالات استعمال التحليل بالتنشيط
- التحليل بالتحقيق النظيري

١٧- النظائر المشعة في الكيمياء الفيزياوية

١٨-دراسة ميكانيكية التفاعلات الكيمياوية

- تشخيص مواقع الانشطار
- الروابط الكيميائية

المصادر

١-الكيمياء الاشعاعية والنووية تاليف مجيد القيسي

٢- الكيمياء الاشعاعية تاليف علي عبد الحسين

٣-الكيمياء النووية تاليف عصام جرجيس

١- الفص الاول ((مقدمة))

يعود اكتشاف النشاط الإشعاعي الطبيعي إلى العالم أنتوني هنري بيكريل HENRI BEEQUEREL عام ١٨٩٦ ، وذلك عندما كان يبحث في مختبره في معهد التقانات العليا في باريس في كيفية تصوير الأشعة السينية وابرازها على صفائح فوتوغرافية من صنعه، مصنوعة من كبريتات الكالسيوم وأملاح أخرى غير معروفة كثيرا ونادرة، فخلال محاولاته لاحظ تأثر الصفائح في الظلام رغم عدم قذفها بأشعة مهبطية ،بحيث تصدر هذه الأملاح التي تحتوي على اليورانيوم إشعاعات مميزة سماها في سنة ١د

٨٩٦ إشعاعات يورانيومية وهي ناتجة عن نشاط إشعاعي يحدث في الطبيعة تلقائيا ، بعدها تأكد كل من ماري كوري وزوجها بيار من سبب هذا النشاط إذ تبين أن صفائح بيكريل تحتوي على اليورانيوم هو سبب الحصول على هذه الإشعاعات نظرا للتناسب الطردي بين شدة هذا النشاط وكمية اليورانيوم في هذه الأملاح.

وفى عام1898 اكتشفت مارى كوري وهى كيميائية بولندية الأصل ، وزوجها بيير كوري PIERRE CURIEحيث تم عزل عناصر تشع اشعاعات مماثلة البولونيوم Po والثوريوم Th والراديوم Ra، والتي نالت عليه جائزة نوبل الثانية فى الكيمياء عام ١٩١١. وقد كانت أول سيدة تحصل على جائزة نوبل عام 1903 مشاركة مع العالمين بيكرل وزوجها بيير كوري لاكتشافهم النشاط الإشعاعي.مما ادى الى توسع دراسة تاثير الاشعاعات على التغيرات الكيمياوية مثل :-

١-تفكك الماء الحاوي على املاح عنصر الراديوم

٢-تكوين غاز الاوزون من غاز الاوكسجين المعرض لدقائق الفا

٣- تاثير الاشعاع على البلمرة والمحاليل المائية

العالم راذر فورد RUTHERFORD وهو الذي حصل على جائزة نوبل فى الكيمياء لأعماله فى مجال النشاط الإشعاعي عام 1908 التوصل الى اكتشاف ثلاث أنواع من الإشعاع النووي عرفت باسم) ألفا (alpha و (بيتا beta)و (جاما Gamma).

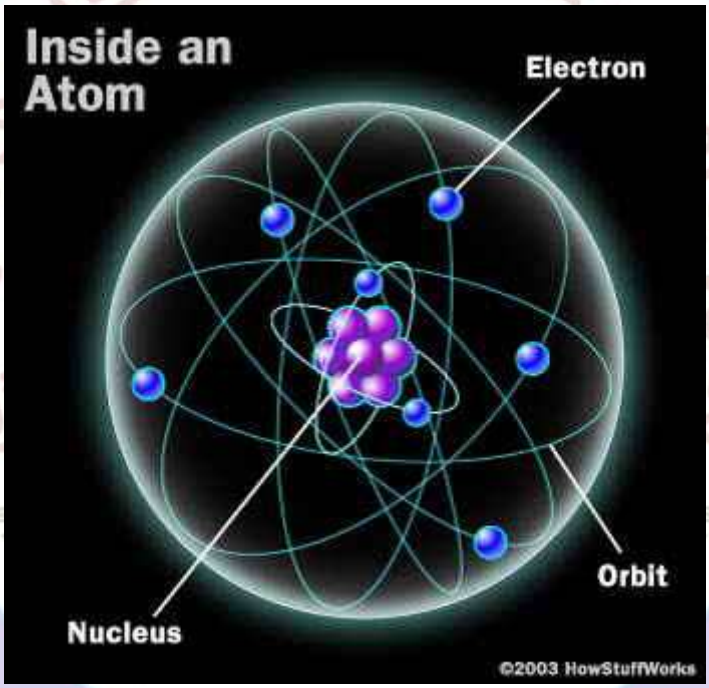
توالت الدراسات لمعرفة خصائص هذه الاشعاعات ليتم التعرف على جسيمات الفا وهي نوايا ذرات الهليوم وهي الاشعة التي يطلقها كل من اليورانيوم والثوريوم .

في عام ١٩٠٠ م اكتشفVillardنوعا ثالثا من الاشعة لا يتاثر بالمجال الكهربائي او المغناطيسي ولها قدرة عالية على اختراق المواد سميت باشعة كاما .

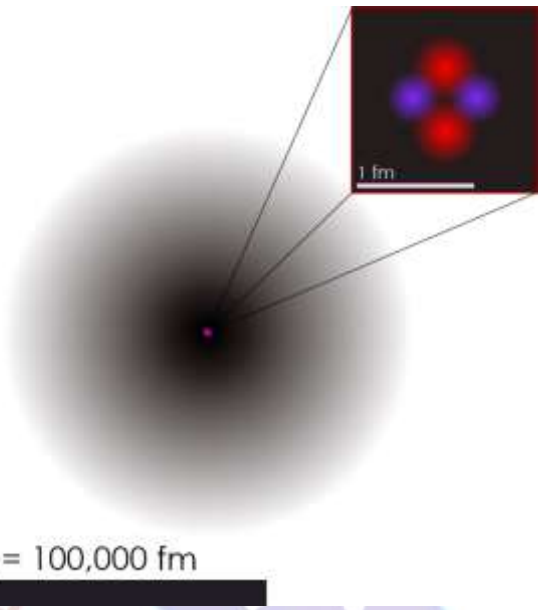
منشأ وتركيب النظرية الذرية

بسم الله الرحمن الرحيم (مَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُو مِنْهُ مِن قُرْآنٍ وَلاَ تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ إِلاَّ كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُوداً إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ وَمَا يَعْزُبُ عَن رَّبِّكَ مِن مِّثْقَالِ ذَرَّةٍ فِي الأَرْضِ وَلاَ فِي السَّمَاء وَلاَ أَصْغَرَ مِن ذَلِكَ وَلا أَكْبَرَ إِلاَّ فِي كِتَابٍ مُّبِينٍ) [يونس: ٦١]. في هذه الآية لم يقل ربنا سبحانه وتعالى: (من ذرّة)، بل قال:، وقد وردت كلمة (ذرّة) في القرآن ست مرات وتسبقها دائماً كلمة (مثقال)، ليؤكد لنا الله تعالى على أن للذرة ثقلاً أو وزناً، وأن كل ذرة إنما تُحدَّد بهذا الثقل، أو ما يسمى حديثاً بالوزن الذري.

ونحن اليوم إذا فتحنا أي مرجع علمي في علم الذرة نجد أن العلماء دائماً يكتبون اسم الذرة وإلى جانبها وزنها الذري، وهذا ما فعله القرآن في جميع الآيات التي تحدثت عن الذرة حيث ارتبطت كلمة (مثقال) بكلمة (ذرّة) دائماً. ثم نجد في الآية ذاتها إشارة إلى ما هو أصغر من الذرة، أي أجزائها، وهذا ما يسمى بالفيزياء النووية، وكذلك في الآية إشارة إلى ما هو أكبر من الذرة، أي الجزيئات، وهذا ما يسمى بالفيزياء: (ولا أصغر من ذلك ولا أكبر).



الذرة هي أصغر جزء من العنصر الكيميائي الذي يحتفظ بالخصائص الكيميائية لذلك العنصر. يرجع أصل الكلمة الإنجليزية (بالإنجليزية: Atom) إلى الكلمة الإغريقية أتوموس، وتعني غير القابل للانقسام؛ إذ كان يعتقد أنه ليس ثمة ما هو أصغر من الذرة. تتكون الذرة من سحابة من الشحنات السالبة (الإلكترونات) تحوم حول نواة موجبة الشحنة صغيرة جدا في الوسط. تتكون النواة الموجبة هذه من بروتونات موجبة الشحنة، ونيوترونات متعادلة. الذرة هي أصغر جزء من العنصر يمكن أن يتميز به عن بقية العناصر؛ إذ كلما غصنا أكثر في المادة لنلاقي البنى الأصغر لن يعود هناك فرق بين عنصر وآخر. فمثلاً، لا فرق بين بروتون في ذرة حديد وبروتون آخر في ذرة يورانيوم مثلاً، أو ذرة أي عنصر آخر. الذرة، بما تحمله من خصائص؛ عدد بروتوناتها، كتلتها، توزيعها الإلكتروني...، تصنع الفروقات بين العناصر المختلفة، وبين الصور المختلفة للعنصر نفسه (المسماة بالنظائر)، وحتى بين كون هذا العنصر قادراً على خوض تفاعل كيميائي ما أم لا.



رسم توضيحي لذرة الهيليوم ,يصور النواة)بالوردي) وتوزيع السحابة الإلكترونية)بالأسود). النواة (أعلى اليمين) في الهليوم-٤ في الواقع متماثلة كرويًا وتشبه إلى حد كبير السحابة الإلكترونية، على الرغم من أن الأنوية أكثر تعقيدًا وهذا ليس الحال دائما. الشريط الأسود هو أنغستروم واحد 10^{-10}) م أو 100بيكومتر.(

ولاجل تفسيرذلك هناك الكثيرمن العلماء اللذين قاموا بتفسير الذرة :

١ـنموذج دالتون١٨٠٨ـ١٨٠٣

وجاءت نظرية دالتون بشكل مختلف عما سبق ذلك كونها تعتمد على قوانين بقاء الكتلة والنسب الثابتة والتي اشتقت من العديد من الاستنتاجات المباشرة.

يمكن التعبير عن النظرية التي اقترحها بالاتي :

١. الأشياء (المواد) تتكون من العديد من الجسيمات الغير قابلة للتجزئة(ذرات) ذات حجم صغير جداً.
٢. ذرات نفس العنصر متشابهة في الخواص (الشكل ، الحجم ، الكتلة)، وتختلف تماماً عن ذرات العناصر الأخرى.
٣. يمكن لذرات العناصر المختلفة أن تتحد مع بعضها بنسب عددية بسيطة مكونة المواد.
٤. الاتحاد الكيميائي عبارة تغيير في توزيع الذرات.

٢ـنموذج نموذج فارادي

توصّل فاراداي إلى أن الذرات تحتوي على جسيمات مكهربة تدعى إلكترونات وقام بتجارب تحليل أملاح إلا أنه لم يضع أي نموذج ذري

٣-نموذج تومسون

في عام ١٨٩٦م حيث توصل طومسون إلى أن

١. الذرة كرة مصمتة موجبة الشحنة.
٢. تتخلل الالكترونات السالبة الذرة (كما تتخلل البذور ثمرة البرتقال).
٣. الذرة متعادلة كهربائياً.

كان عمل طومسون يمثل تقدماً أساسياً في مجال الفهم العلمي لبنية الذرة مقترحاً نموذجاً عرف فيما بعد بنموذج طومسون. إن عمله هذا أعطى الكثير من البراهين العملية لكثير من النظريات التي وضعت حول البنية الذرية في عصره.

٤-نموذج رذرفورد

نموذج الذرة التي توصل إليها روذرفورد (النموذج النووي):

١. الذرة تشبه المجموعة الشمسية (نواة مركزية يدور حولها على مسافات شاسعة الالكترونات سالبة الشحنة)
٢. الذرة معظمها فراغ (لأن الذرة ليست مصمتة وحجم النواة صغير جدا بالنسبة لحجم الذرة)
٣. تتركز كتلة الذرة في النواة (لأن كتلة الالكترونات صغيرة جدا مقارنة بكتلة مكونات النواة من البروتونات والنيوترونات)
٤. يوجد بالذرة نوعان من الشحنة (شحنة موجبة بالنواة وشحنات سالبة على الالكترونات
٥. الذرة متعادلة كهربيا لأن عدد الشحنات الموجبة (البروتونات) يساوي عدد الشحنات السالبة (الالكترونات)
٦. تدور الالكترونات حول النواة في مدارات خاصة.
٧. يرجع ثبات الذرة إلى وقوع الالكترونات تحت تأثير قوتين متضادتين في الاتجاه متساويتين في المقدار هما قوة جذب النواة للالكترونات وقوة الطرد المركزي الناشئة عن دوران الالكترونات حول النواة.

٥-نموذج بور

افتراضات نيلز بور في نموذجه الذري : ١- الإلكترونات تدور حول النواة في مسارات دئرية الشكل وضمن مدارات محددة ولها طاقات ثابتة ومحددة.

٢- كل مدار له طاقة محددة وثابتة يعبر عنها بأرقام صحيحة من ١-٧ سميت بالأعداد الكمية الرئيسية.

٣- لا يفقد الإلكترون طاقة ما دام في مداره وإذا صعد لمدار أعلى فإنه يكتسب طاقة تسمى طيف امتصاص. وإذا نزل لمدار أدنى فإنه يفقد طاقة ضوئية تسمى طيف انبعاث.

٦-النموذج الذري الحديث

تتكون الذرة من نواة تحتوي على الشحنة الموجبة (بروتونات) تتركز فيها معظم الكتلة محاطة بإلكترونات سالبة الشحنة تتحرك بسرعة كبيرة ولها خواص الموجات بموجب معادلة رياضية وموجودة في فراغ حول النواة يكون احتمال وجودها فيه أكثر من ٩٠% تسمى المجالات الإلكترونية.

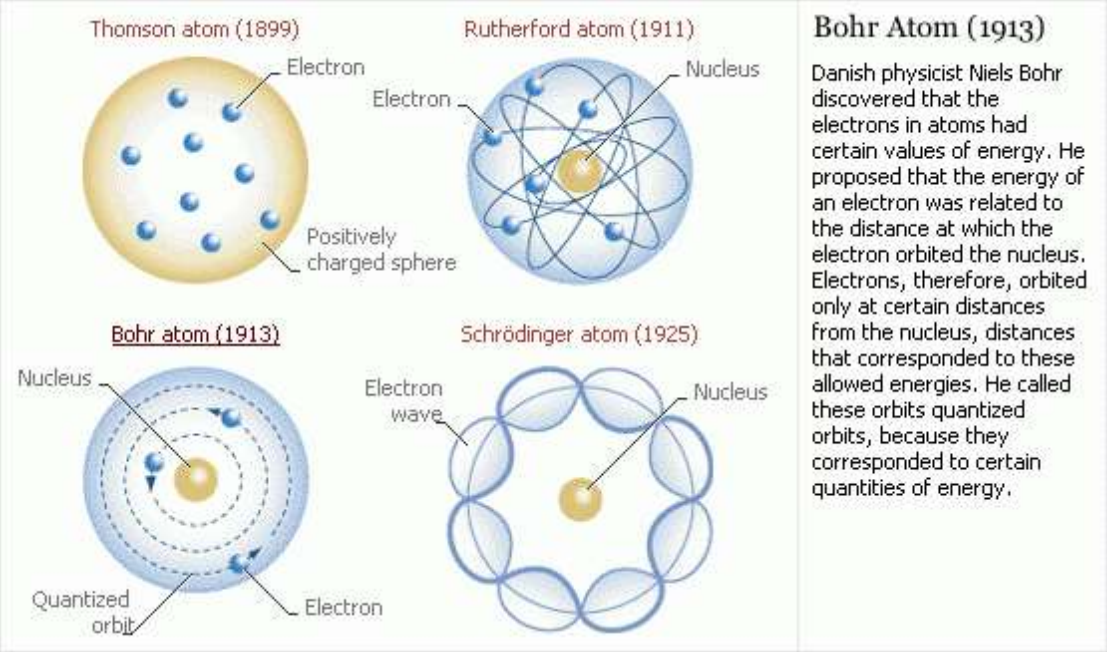
الاكتشافات الحديثة والتطويرات في ميكانيكا الكم. و التي تنص على :

١. تتكون الذرة من جسيمات تحت ذرية (البروتونات ،الإلكترونات ،النيوترونات.
٢. مع العلم بأن معظم حجم الذرة يحتوى على فراغ.
٣. في مركز الذرة توجد نواة موجبة الشحنة تتكون من البروتونات ،النيوترونات (ويعرفوا على أنهم نويات)
٤. النواة أصغر ١٠٠,٠٠٠ مرة من الذرة. فلو أننا تخيلنا أن الذرة بإتساع مطار هيثرو فإن النواة ستكون في حجم كرة الجولف

[[دالة الطول الموجي للمدار الإلكترونى للهيدروجين. عدد الكم الرئيسي على اليمين من كل صف وعدد الكم المغزلي موضح موجود على هيئة حرف في أعلى كل عمود.]]

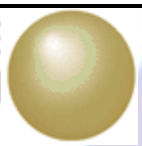
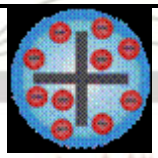
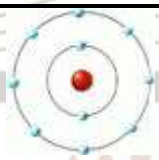
١. معظم الفراغ الذري يتم شغله بالمدارات التي تحتوى على الإلكترونات في شكل إلكترونى محدد.
٢. كل مدار يمكن أن يتسع لعدد ٢ إلكترون ، محكومين بثلاث أرقام للكم ، عدد الكم الرئيسي ، عدد الكم الثانوي ، عدد الكم المغناطيسي.
٣. كل إلكترون في أي من المدارات له قيمة واحدة لعدد الكم الرابع والذي يسمى عدد الكم المغناطيسي.
٤. المدارات ليست ثابتة ومحددة في الاتجاه وإنما هي تمثل احتمالية تواجد ٢ إلكترون لهم نفس الثلاث أعداد الأولى للكم ، وتكون آخر حدود هذا المدار هو المناطق التي يقل تواجد الإلكترون فيها عن ٩٠%.
٥. عند انضمام الإلكترون إلى الذرة فإنها تشغل أقل مستويات الطاقة ، والذي تكون المدارات فيه قريبة للنواة (مستوى الطاقة الأول). وتكون الإلكترونات الموجودة في المدارات الخارجية (مدار التكافؤ) هي المسئولة عن الترابط بين الذرات. لمزيد من التفاصيل راجع "التكافؤ والترابط

مراحل تطور الذرة



مقارنة تطور الذرة

	دالتون	طومسن	رذرفورد	بور	النموذج الحديث
أساس النموذج	تتكون المادة من دقائق صغيرة تسمى ذرات و هي تدخل في التفاعلات دون أن تنقسم و ذرات العنصر لها نفس الخواص و هي تشبه كرة البلياردو	الذرة جسم مشحون بشحنة موجبة تتوزع بداخله الإلكترونات سالبة الشحنة و الذرة متعادلة أي السالبة تساوي الموجبة	تتكون الذرة من نواة صغيرة الحجم و كثيفة و موجبة الشحنة محاطة بإلكترونات صغيرة و سالبة الشحنة.	عن إمرار الضوء المنبعث من إنبوب التفريغ الكهربائي في منشور فإنه يتحلل إلى خطوط منفصلة و محددة حسب طاقتها أو ترددها تسى الطيف الخطي للعناصر	تتكون الذرة من نواة تحتوي على الشحنة الموجبة (بروتونات) تتركز فيها معظم الكتلة محاطة بإلكترونات سالبة الشحنة تتحرك بسرعة كبيرة و لها خواص الموجات بموجب معادلة رياضية و موجودة في فراغ حول النواة يكون احتمال وجودها فيه أكثر من ٩٠% تسمى المجالات الإلكترونية.
	لم تكن الذرات معروفة و كانت المادة تعتمد	دالتون لم يذكر شيء عن شحنات الذرة و لكن	طمسن ذكر أن الذرة مصمتة و لكن رذرفورد	أن بور حدد طاقة للإلكترونات و تحدث	أنه وضع مبدأ الطبيعة المزدوجة أي أنه مادة

التعديل على ما سبق	على أساسات خاطئة و هو بين الأساس الحقيقي لها	طمسن بين أن الذرة تحتوي على شحنات موجبة و سالبة	بين أن معظم حجمها فراغ كما أنه بين أن الإلكترونات لا تنغمس في لذرة	عن المجالات بينما لم يذكر رذرفورد عن الطاقة شيئاً و لا عن تحرك الإلكترونات	و له خواص الموجات بينما بور قال أنها مادة و أنه وضع مبدأ عدم التأكد من تحديد مكان و سرعة الإلكترون بينما بور ادعى أنه يستطيع تحديدهم معاً و أنه وضع معادلة لتحديد حركة الإلكترونات الموجية
العيوب و النواقص	أنه لم يذكر أي شيء يتعلق بحركتها أو شحناتها و قال أنها مصمتة	أن الإلكترونات تنغمس في الذرة و هذا يدل على أنها ثابتة و هذا خاطئ و قال أنها مصمتة	أنه إذا كانت الإلكترونات ساكنة فسوف تنجذب للنواة و لو كانت متحركة ستفقد الطاقة و تنجذب	أن ذرته مسطحة و أنه ادعى أنه يستطيع تحديد مكان و سرعة الإلكترون في آن واحد و أنه اعتبر الإلكترون مادة و عجز عن تفسير أطياف باقي العناصر	لم ترى الذرة إلا الآن و جميع ماهو موجود نظريات و هي مثبتة و لكن غير مرئية و الرؤية ستكون الدليل القاطع
الشكل					

تركيب النواة كتلتها وحجمها

النواة (بالإنجليزية: nucleus) هي الجزء المركزي من الذرة الذي تتكثف فيه كتلة الذرة وتتكون معظم كتلتها من البروتونات موجبة الشحنة والنيوترونات المتعادلة الشحنة لتكون النواة بالمحصلة موجبة الشحنة ويطلق على النيوترون او البروتون بصورة منفردة بالنوية (Nucleon). ان عدد البروتونات والنيوترونات (النويات) (nucleons) في النواة يتمثل بالعدد الكلي (A) وان عدد البروتونات يتمثل بالعدد الذري (Z) اما عدد النيوترونات (N) يمثل الفرق بين(A-Z) لذا يمكن تمثيل النواة باي زوج من هذه الاعداد الثلاثة (A,Z,N) فمثلا ان اي عنصر X يمكن كتابته على النحو التالي :

$^{A}_{Z}X$)

($^{A}_{Z}X$ او $^{A}X_{Z}$ و

كانت أطروحة تفسير بنية الذرة على شكل نواة موجبة الشحنة تدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة تعود لنتائج تجربة رذرفورد في عام ١٩١١، وهو التفسير الذي هدم التصور السابق لبنية الذرة على أنها توزيع متوازن نسبيا للكلتة. تجمع مكونات النواة طاقة كبيرة جدا وهي قوى الترابط النووى وهي أكبر قوى نعرفها بين الجسيمات الأولية ولكن تأثيرها يكون على مسافة صغيرة جدا في حدود قطر النواة.

خواص النواة (الكتلة والشحنة النووية)

لما كانت النواة مكونة من Z من البروتونات وN من النيوترونات لذا فان كتلتها ستكون تقريبا مساوية الى :

$$M \approx ZM_p + NM_n$$

M_p كتلة البروتون وM_n كتلة النيوترون و M كتلة النواة الحقيقية اوالمقاسة بواسطة المطياف الكتلي تقاس كتلة النواة atomic mass units (amu).

حجم النواة وكثافتها ان حجم النواة حوالي 10^{-12} سنتمتر وهواصغر بكثير من حجم الذرة 10^{-8} سنتمتر وفي حين يكون حجم الذرة تقريبا ثابتا يتغير حجم النواة تبعا لعددالنويات الموجودة فيها ويعرف نصف قطر النواة R باشكال مختلفة تبعا للطرق التجريبيةالمستخدمةلقياسه ،هناك شرط اساسي يجب ان يتوفر عند دراسة حجم النواة وشكلها وذلك باستخدام استطارة الجسيمات المقذوفة عليها . وهو ان يكون طول موجة الجسيم المقذوف اصغر او في حدود حجم النواة ،لذا فان الجسيمات المقذوفة يجب ان تكون طاقتها اعلى بمقدار معين يحدد بالعلاقة :

$$\lambda \cong R \cong {}^{h}/_{p}$$

حيث يمثل p زخم الجسيم المقذوف وλ طول موجته .

البناء الذري والخصائص النووية:

اكتشاف النيوترون:

لقد صادف العالم رذرفورد عند دراسة التركيب النووي مشاكل علمية لا يمكن حلها الا بوجود جسيمة شبيهة بالبروتون غير انها متعادلة الشحنة. في عام ١٩٣٢ نجح العالم جيمس شادويك لاول مرة في اكتشاف تلك الجسيمة المتعادلة التي

تسمى بالنيوترون وذلك من خلال تجربته بقصف جسيمات الفا هدفا من عنصر البورون حيث تحول هذا العنصر الى عنصر النتروجين-١٤ وانطلقت منه كنتاج عرضي جسيمات مجهولة ذات قدرة فائقة على اختراق الاجسام حيث ظن بعض العلماء بالخطا على انها اشعة كاما، وبالتالي تقدم شادويك بالادلة والبراهين النظرية والعملية لاثبات وجود جسيمة جديدة (النيوترون) متعادلة كهربائيا تعادل كتلتها كتلة البروتون بصورة تقريبية، كما في المعادلة المتوازنة الاتية:

$$^{11}_{5}B + ^{4}_{2}He = ^{14}_{7}N + ^{1}_{0}m$$

النيوترون، كجسيمة نووية غير مستقرة سرعان ما ينحل الى بروتون والكترون بعمر نصف يساوي تقريبا ١٣ دقيقة، فضلا على انه لا يؤين المواد التي يخترقها كما يفعل البروتون او الفا مثلا.

تركيب النواة والفرضية البروتونية والنيوترونية:

ان اكتشاف النيوترون قد وأد الفرضية الالكترونية البروتونية التي تصورت وجود الالكترون الطليق الى جانب البروتون. وعلى وفق المفهوم البروتوني والنيوتروني فان النواة تتالف من خليط من البروتونات والنيوترونات. مثلا الصنف النووي الذي عدده الكتلي ١٤ وعدده الذري ٧ يحتوي على ١٤ بروتونا ونيوترونا منها ٧ بروتونات وهي عدده الذري وبالتالي عدد النيوترونات سيكون ٧. يطلق على الزيادة في عدد النيوترونات على عدد البروتونات في النواة بالفيض النيوتروني او العدد النظيري.

الاصناف النووية والنويدات: تتميز الاصناف النووية بما تمتلكه انويتها من البروتونات والنيوترونات، وايضا بما تحمله من صور الانحلال الاشعاعي وطاقاته (حيث اكتشف العالم كومان لفظة النويدة بدلا من النظير منعا للخلط والالتباس)، تقسم الاصناف النووية الى اربعة اصناف هي:

١. النظائر: Isotopes

هي اصناف نووية تتساوى في اعدادها الذرية وتختلف في اعداد الكتلة (تحتوي اعداد مختلفة من النيوترونات) كما في نظائرالهيدروجين $^{1}_{1}H$ وهي الديتيريوم $^{2}_{1}H$ أو $^{2}_{1}D$ والترونتيوم $^{3}_{1}H$ أو $^{3}_{1}T$ ونظائر الكلور- ٣٥ $_{17}Cl^{35}$ وكلور-٣٧ $_{17}Cl^{37}$ (عددها الذري ١٧)، بالاضافة الى انها اصناف لعنصر واحد لها خصائص كيميائية واحدة لكنها تتباين في

صفاتها الفيزيائية وهي اما ان تكون مشعة او غير مشعة (مستقرة)، ويتوقف ذلك على تركيب النواة وخصائصها الفيزيائية.

تتباين عدد نظائر عناصر الجدول الدوري من عنصر الى اخر، فمثلا العناصر التي تتراوح اعدادها الذرية ما بين (١-٨٣) لها نظائر مامعدله ٣ نظائر مستقرة، ولبعضها القليل نظير مستقر واحد كالفسفور والزرنيخ والبزموث، ولبعضها الاخر عشرة نظائر مستقرة مثل القصدير.

ان الوفرة النظيرية النسبية للعناصر تكون ثابتة، باستثناء القليل منها كعنصر الرصاص المتوفر مع خامات اليورانيوم، اما نظيرالديوتريوم $^{2}_{1}H$ او $^{2}_{1}D$ حيث تختلف نسبة وفرته في الماء باختلاف الاحوال المناخية وذلك لان ضغط بخار الماء الثقيل اقل من ضغط الماء العادي والذي يتبخر اسرع من الماء الثقيل.

٢. المتكاتلات (الايزوبارات): Isobars

وهي النويدات التي تمتلك على اعداد ذرية مختلفة واعداد كتلة متساوية كما في:

$_{52}Te^{130}$, $_{54}Xe^{130}$, $_{56}Ba^{130}$

٣. المتعادلات (الايزوتونات): Isotones

تمتلك المتعادلات على اعداد نيوترونات متساوية واعداد كتلة مختلفة كما في: $^{30}_{14}Si$, $^{31}_{15}P$, $^{32}_{16}S$

٤. المتماثلات (الايزومرات): Isomers

يعد العالم اوتوهان اول من اثبت سنة ١٩٢٢، وجود الظاهرة التماثلية Isomerism من خلال كشفه لمتماثلين من صنفين مشعين لليورانيوم لهما نفس عدد الكتلة ٢٣٤ والعدد الذري ٩١ وهما (UZ, UX_2) لكنهما يختلفان في خصائصهما الاشعاعية (كشكل الانحلال وطاقته وعمر النصف) ولكن بشرط لا يجوز عد كل حالة من الحالات التماثلية نويدة منفردة. تم اكتشاف اكثر من ٥٠٠ من المتماثلات النووية فلنويدة الانتيمون-١٢٤ لها ثلاثة متماثلات اعمار انصافها ٦٠ يوما، و 1.6 دقيقة، و ٢٠ دقيقة. تم الاشارة الى المتماثلات بالحاق الحرف (m) عليها والذي يمثل الحرف الاول من كلمة metastable (تعني شبه مستقر)، اما اذا كان للنويدة اكثر من متماثل فيلحق ذلك الحرف برقم مناسب يزداد بزيادة طاقة الاثارة، باستثناء النويدة التي تمثل الحالة الارضية ground state او حالة الركود ويرمز لها بحرف (g). اما متماثلات الانتمون فهي:

١. $^{124}Sb^{g}$ وعمر نصفه ٦٠ يوما.

٢. $^{124}Sb^{m1}$ وعمر نصفه ١,٦ دقيقة.

٣. $^{124}Sb^{m2}$ وعمر نصفه ٢٠ دقيقة.

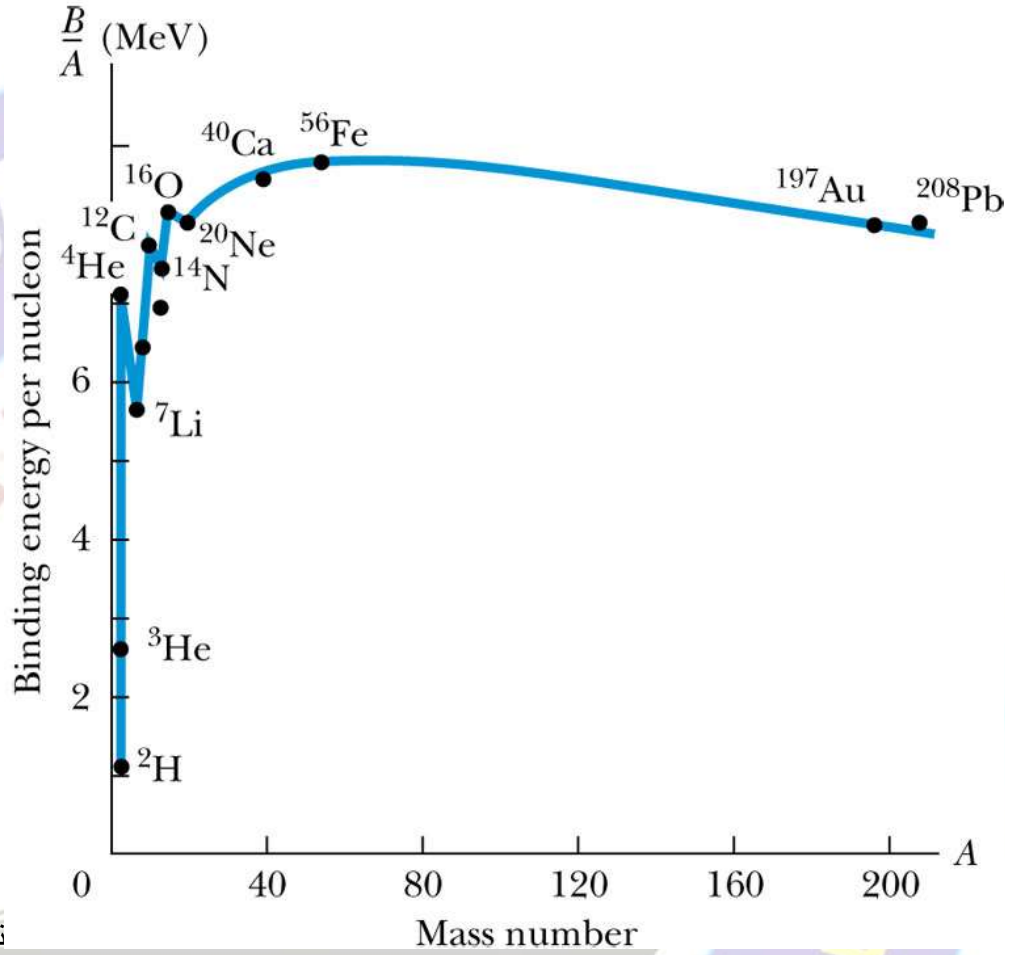
المقدار: $\Delta M=2\times1.007825+2\times1.00866-4.0026= 0.03037$ amu $=0.03037\times931.5 = 28.3$ Mev

يمثل المقدار ٢٨,٣ (م ا ف) الطاقة الرابطة لاربعة نويات داخل النواة فيكون اذا مقدار الطاقة لنوية واحدة ٧,١ (م ا ف).

٢. الطاقة الرابطة: Binding Energy باستثناء العناصر الخفيفة، بينت التجارب بان متوسط الطاقة الرابطة لكل نوية وللعناصر كافة يكاد يكون ثابتا، ويبلغ حدها الاقصى ٨,٨ (م ا ف) في نواتي الحديد والنيكل بينما يقل مقدارها كلما ازداد او قل عدد الكتلة على جانبي هذين العنصرين اللذين يقعان على قمة منحني الاستقرار النووي (لاحظ شكل ٢-٢، صفحة رقم٤٥ من الكتاب المنهجي)، ويعزى سبب الوفرة العالية للحديد والنيكل في الطبيعة الى الاستقرار العالي النسبي لنواتيهما.

من النتائج المهمة المستحصلة عن ظاهرة انخفاض الطاقة الرابطة للعناصر على جانبي موقع الحديد، قيام العلماء باستغلالها في توليد الطاقة النووية الهائلة كما في التفاعل النووي الانصهاري Fusion Reaction بين نوى الديتريوم $^{2}_{1}H$ الاقل ثباتا وطاقته الرابطة ٢,٢ (م ا ف) وهو تفاعل باعث للطاقة Exoenergic حيث يولد نتيجة لذلك نوى الهليوم $^{4}_{2}He$ المستقرة نسبيا وطاقتها الرابطة ٧,١ (م ا ف). والطاقة العظيمة الناتجة عن ذلك التفاعل هي بالذات الطاقة المتولدة في الشمس او في القنبلة الهيدروجينية. وللسبب ذاته يمكن اطلاق طاقة مماثلة من انشطار بعض النوى الثقيلة غير المستقرة مثل نواة اليورانيوم-٢٣٥ وطاقتها الرابطة ٧,٦ (م ا ف) الى انوية اخف منها وذات استقرار نووي عال نسبيا مثل نواتي الباريوم والكربتون.

هنالك عوامل فيزيائية مؤثرة على الطاقة الرابطة من اهمها: نقص الكتلة Mass defect، (Δ) يمثل الفرق بين الكتلة النويدية M وعدد الكتلة A كما في: $\Delta=M-A$، اما العامل الاخر: وهو كسر الحشد او الرص Packing fraction والذي يساوي حاصل قسمة نقص الكتلة على عدد الكتلة، حيث تكون العلاقة عكسية



تزيـد قيمـة الطاقـة الرابطـة لكـل نيوكلون بزيادة العدد الكتلي *(A)*، اكبر قيمة لها تكون عند العدد الكتلي ٦٠، ثم تقل بزيادة A وذلك بسبب زيادة عدد البروتونات والنيوترونات أي زيادة قوى التنافر الكهربية التي تعاكس قوى الترابط (الجذب) النووية.

٢-الفصل الثاني (الخصائص القوى النووية))

تتميز بالخصائص التالية:-

١. تجاذبية بين النيوكليونات *p-p , p-n ,p-n*
٢. اكبر من القوى الكهربية
٣. ذات مدى قصير
٤. تعمل بين النيوكليونات المتقارية
٥. لها خاصية التشبع He^4 مستقرة بينما He^5 و Li^5 غير مستقرة

استطارة أو التشتت (Scattering)

يقصد بالإستطارة في فيزياء الجسيمات، هو تغير في اتجاه حركة الجسيم بسبب تصادمه مع جسيم آخر. قد يكون التصادم ناتج عن تماس مثل التصادم الفيزيائي بين الجسيمات الكلاسيكية. وقد يكون التصادم غير ناتج عن تماس مثل التصادم الخاص بالجسيمات المشحونة (تصادم بروتون مع النواة، وتصادم بروتون مع بروتون، وتصادم بروتون مع نيوترون). ويمكن للتصادم بحسب تعريفه الفيزيائي أن يحدث بين جسيمات تتنافر فيما بينها، مثل التنافر بين جسمين موجبين (أو سالبين)، وأن لا يشمل ذلك تماسا فيزيائيا مباشرا بين الجزيئات.

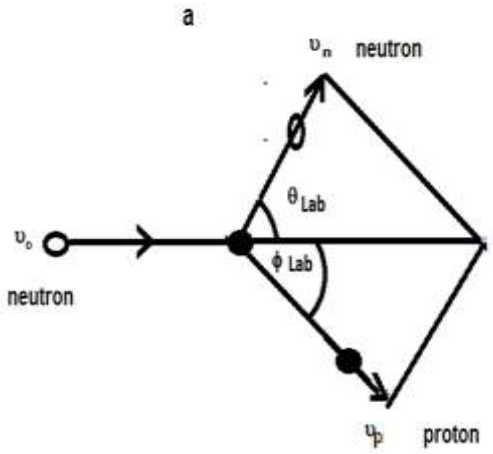
بينت التجارب التي أجريت على الجسيمات دون الذرية أن قوى التنافر الكهربائية بين الجسيمات تخضع لقانون كولوم، الذي ينص على أن القوة تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بين الجسيمات . أي أن المسافة إذا قسمت إلى النصف فإن قوى المتبادلة تتضاعف أربع مرات. و لقد أظهرت النتائج، كما في الشكل الجانبي، أن مسار الجسيم المبعثر، مهما كانت زاوية انحرافه، سيكون وفق قطع زائد حيث كلما اقتربت الجسيمات الساقطة على مركز التشتت ازدادت زاوية الانحراف.

استطارة نيو كليون- نيو كليون nucleon- nucleon scattering

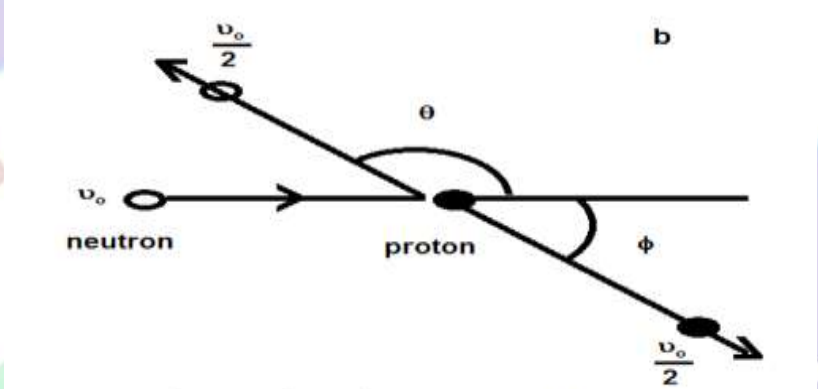
١- عند دراسة تفاصيل تصادم النيوترونات أو البروتونات عند مرورها على هدف يحتوي على بروتونات فإن ذلك ما يسمى بدراسة استطارة بروتون - نيوترون او بروتون- بروتون على.
٢- عند تصادم نيوترون سرعته υ_o مع بروتون (الهدف) سرعته صفر في النظام المعملي (المختبر). سوف يتشتت النيوترون في بزاويه θ_{Lab} و البروتون بزاويه ϕ_{Lab} كما هو موضح بالرسم.
٣- بفرض كتلة البروتون = كتلة النيوترون تقريبا ($m_p = m_n$).

٤- من قوانين الميكانيكا الكلاسيكية فان الجسيمين بعد التصادم سيتحركان بسرعة متساوية ($\frac{v_o}{2}$) وذلك في احداثيات مركز الثقل Center of (mass)

٥- التصادم في هذه الحالة تصادم مرن الامر الذي يترتب عليه أن كل من الطاقة والزخم ثابتين قبل وبعد التصادم وهذا ما يفسر أن سرعة كل من البروتون والنيوترون في مركز الثقل متساوية لكليهما ($\frac{v_o}{2}$) .



استطارة نيوترون ـــ برتون في المختبر



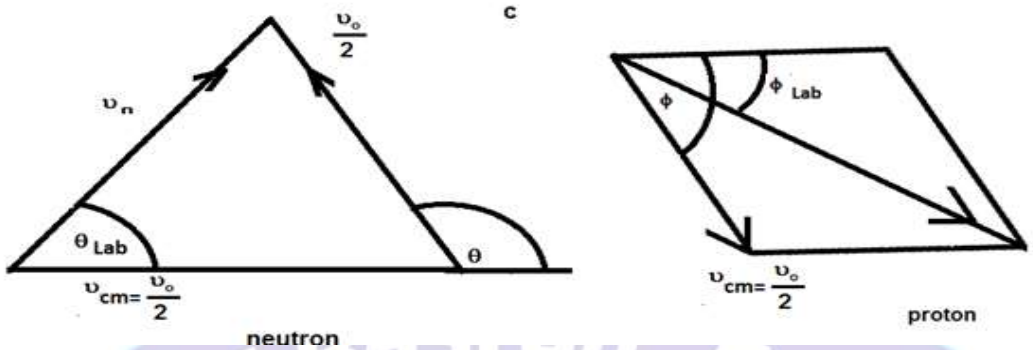
استطارة نيوترون ـــ برتون في احداثيات مركز الثقل

٦- θ_{lap} تمثل زاوية الاستطارة للنيوترون في احداثيات المختبر، $\emptyset_{lap}$ تمثل زاوية الاستطارة للبروتون في احداثيات المختبر ، θ تمثل زاوية الاستطارة للنيوترون في احداثيات مركز الثقل، $\emptyset$ تمثل زاوية الاستطارة للبروتون في احداثيات مركز الثقل.

٧- ترتبط زوايا الاستطارة في احداثيات المختبر واحداثيات مركز الثقل بالعلاقة الاتية

$$\theta = 2\theta_{\text{Lab}} \quad ,\emptyset = 2\emptyset_{\text{Lab}} \quad (1)$$

٨- مجموع زوايا البروتون والنيوترون في احداثيات مركز الثقل يمكن استنباطها من الرسم (b) $= 180^o$ ومن المعادلة ١ ومن الرسم (a) يمكن استنباط ان مجموع الزوايا المقابلة في احداثيات المختبر هي(90^o).



٩- معرفة اي زاوية من زوايا الاستطارة الاربع يمكن بها ايجاد باقي الزواية بسهولة بمعلومية اتجاه الجسم الساقط (زاوية السقوط) مع مراعاة :-

$$\emptyset + \theta = 180 \quad , \quad \emptyset_{lab} + \theta_{lab} = 90 \qquad (2)$$

١٠- جميع السرعات المتعلقة بتصادم نيوترون - بروتون يمكن ايجادها كاملة ايضا بمعلومية طاقة الجسم الساقط (وعليه معرفة سرعته).

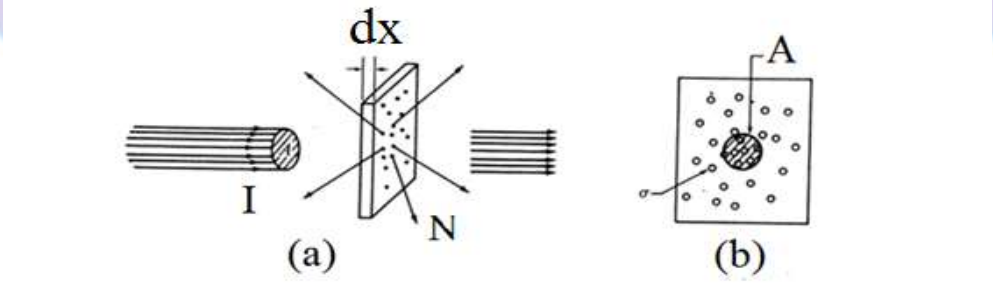
١١- تكون طاقة الحركة في احداثيات المختبر كلاسيكيا E_{lab} وطاقة الحركة في احداثيات مركز الثقل هي E_{cm} يرتبطان مع بعضهما البعض بالعلاقة:-

$$E_{lab} = \frac{1}{2} m v_o^2 \quad , \quad E_{cm} = \frac{1}{4} m v_o^2 \qquad (3)$$

$$E_{lab} = 2\ E_{cm} \qquad (4)$$

مساحة مقطع الاستطارة **Scattering Cross section(σ)**

احتمالية حدوث التفاعل النووي تكتب بدلالة كمية تسمى مساحة مقطع التفاعل والذي غالبا ما تمثلها عملية استطارة.



تجربة حساب المقطع للتفاعلات النووية a منظر جانبي b منظر في اتجاه الحزمة

الحزمة التي شدتها(I) تسقط على هدف سمكه (dx) كل دائرة تمثل المساحة الحساسة (σ) فإذا كانت الجسيمة ساقطة خلال هذه المساحة فإن تفاعلا نوويا قد يحدث

مادة معينة كهدف تم قذفها بحزمة من الجسيمات طاقتها ثابتة الشدة **I** من الجسيمات لكل وحدة زمن و أحادية الطاقة بحيث تكون الجسيمات موزعة بصورة متجانسة على مساحة ولتكن **A** فإن التفاعل سوف ينتج عددا من نواتج التفاعل الخفيفة في كل وحدة زمن عددها **N** .

١- لو تصورنا حزمة من الجسيمات لها طاقة ثابتة شدتها **I** (شدة الشعاع تمثل عدد الجسيمات التي تقطع وحدة المساحات في وحدة الزمن) تسقط على هدف رقيق سمكة(**dx**) ومساحته (**A**).

٢- لكل نواة من نوى الهدف هناك مساحة مقطع حساسة للتفاعل ($\sigma = \pi R2$) حيث (**R**) نصف قطر النواة

٣- يصطدم الجسم الساقط مع النواة من خلال هذه المساحة مولداً تفاعلا نوويا ينتج عنه عدد (**N**) من الجسيمات الخفيفة.

٤- بفرض أن الهدف يحتوى على عدد (**n**) من الانوية في وحدة الحجوم فإن عدد النوى في وحدة المساحة يساوي(ndx)،والعدد الكلى من النوى في المساحة(**A**) سيكون (nAdx).

٥- بما أن المساحة الحساسة مع كل نواة هي مساحة المقطع (σ) وعلية فإن المساحة الكلية سوف تكون($nA\sigma dx$).

٦- الاحتمالية التي سيدخل بها الجسيم الساقط تفاعلا نوويا سوف تعطى من العلاقة(N/I).

وبما أن :

$$\frac{N}{I} = \frac{Total\ Sensitive\ Area}{Area\ of\ the\ plates} = \frac{nA\sigma dx}{A} = n\sigma dx$$

النسبة(**N/I**) يمكن كتابتها أيضا على أنها =التغير الحاصل في شدة الحزمة(**I**) وذلك عند مرورها على الهدف.

$$\frac{N}{I} = -\frac{dI}{I} = n\sigma dx$$

حيث(**dI**) يمثل التغير الحاصل في الشدة ، والاشارة السالبة تعني أن الشدة تتناقص، بالتكامل للمعادلة السابقة مع مراعاة الشروط الحدية حيث عند (**at x=0**)➔(**I=Io**).

$$\int_{I_o}^{I} \frac{dI}{I} = \int_{0}^{x} -n\sigma dx$$

$$\ln(I)\Big|_{I_o}^{I} = -n\sigma x\Big|_{0}^{x}$$

$$I = I_o e^{-n\sigma x}$$

المقدار(**nσ**) يمثل معامل إمتصاص الجسيمات.

النتائج العملية لإستطارة النيوترون برتون عند الطاقات المنخفضة

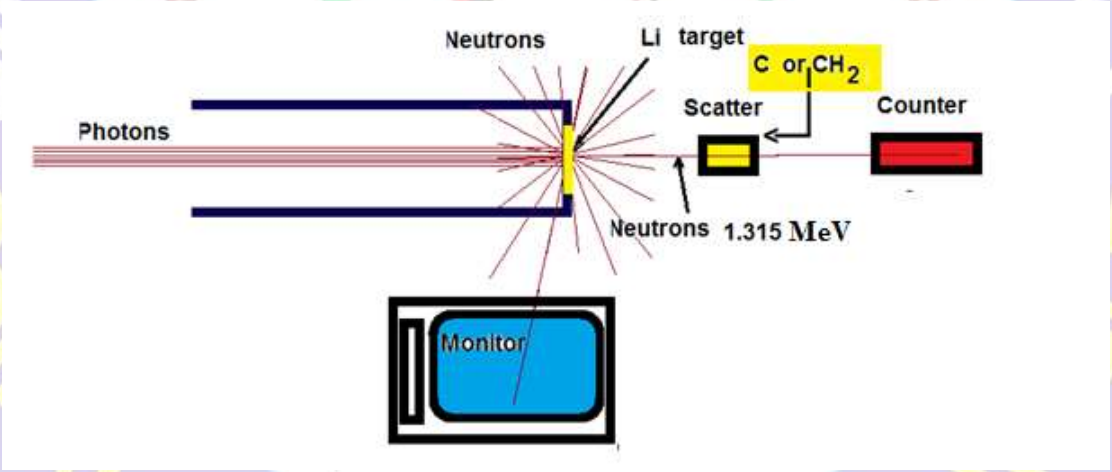
Experimental Data on Low Energy (neutron-proton)

تنقسم النتائج العملية لاستطار النيوترون-بروتون الى قسمين حسب نوع الطاقة(منخفضة/عالية).

اولا النتائج العملية لإستطارة النيوترون برتون عند الطاقات المنخفضة:

١- تجربة ستورس وفرش (Storrs and Frisch) هي احد التجارب العملية التي تحدد مساحة مقطع (n-p) بدقة.

٢- يتم انتاج نيوترونات بطاقة منخفضة تصل الى (1.315 MeV) بواسطة تفاعل نووي (لحزمة من البروتونات تم تعجيلها بواسطة مولد فان دير جراف) مع هدف من الليثيوم .



٣- النيوترونات الناتجة تنبعث في جميع الاتجاهات ويتم الكشف عنها بواسطة عداد يسمى المرقاب (Monitor) والذي يقوم برصد طول التعرض(Length of Exposure).

٤- العداد(Counter) موضوع بحيث يسجل فقط النيوترونات التي تنبعث في الاتجاه الامامي (Forward Direction) والتي تكون في طريق الهدف.

٥- الهدف المستخدم اسطوانة من الممكن ان تكون من الجرافيت (C) او من البوليثيلين(CH_2).

٦- ولقد امكن عمليا تحديد عدد النيوترونات في العداد في حالة وجود/عدم وجود هدف الجرافيت (C) او من البوليثيلين(CH_2) لعدد ثابت من عدات المرقاب (Monitor) ولقد تم تحديد مساحة المقطع في حالة الكربون (σ_c) و$(\sigma_c + \sigma_H)$ مباشرة وفق المعادلة

$$I = I_o e^{-n\sigma x}$$

حيث (I) تمثل الشدة وهي دالة في عدد الجسيمات (N) والتي ستكون على الصورة.

$$N = N_o e^{-n\sigma x}$$

ويحدد قيمة(N)،(N_o) هي الاعداد التي يسجلها عداد النيوترونات حيث(N) في حالة وجود هدف الجرافيت (C) او البوليثيلين (CH_2).،(N_o) في حالة عدم وجود هدف الجرافيت (C) او من البوليثيلين (CH_2).

قد يصاحب عملية استطارة بروتون- نيوترون عمليتين آخرتين

أ. عملية اقتناص بروتون-نيترون(n-p) والمكونة للديوترون.

ب. إستطارة النيوترون الكترون(n-e).

العملية (أ) ليست ذات اهمية الا في حالة الطاقات الحرارية (Thermal Energies) أما العملية (ب) يمكن إهمالها على العموم.

مما سبق يمكننا ان نقول ان مساحة المقطع المحسوبة عند الطاقة (1.315 MeV) هي مساحة المقطع لإستطارة بروتون نيوترون (proto/neutron scattering).

نظرية الميزونات في تفسير القوى النووية

Meson theory of nuclear forces

الجسيم الاولي: هو الذي لا تركيب له و هذا يعني أنه لا يتركب من جسيمات أخرى . ولا يمكن أن نفصل منه أيه أجزاء .ومن ثم يجب اعتباره نقطيا.

أمثلة على الجسيمات الأولية:

الإلكترون ، البروتون ، النيوترون ، الفوتون ،البوز ترون و غيرها.

نظرية الميزون للقوة النووية:

في عام 1935 أقترح العالم الياباني هيديكي يوكاوا (H.Yukawa) وجود جسيم ذي كتلة عالية نسبيا اسماه بالميزون (meson π) وذلك لتفسير القوى النووية. و يتم تبادل هذا الجسيم بين النيكلونات داخل النواة.

الميزونات هي عبارة عن جسيمات اولية داخل النواة لها كتلة ولها شحنة (قد تكون موجبة والتي تكتب (π^+) او قد تكون سالبة والتي تكتب (π^-) وقد تكون متعادلة ايضا والتي تكتب (π^o).

كتلة الميزون يمكن حسابها من مبدأ عدم التحديد لي هايز برج كما يلي:

$$\Delta E.\Delta T < \hbar$$

$$\Delta E = m_\pi C^2 \quad , \quad \Delta t = \frac{R}{C}$$

$$m_\pi C^2 . \frac{R}{C} < \hbar$$

$$m_\pi < \frac{\hbar}{C.R}$$

حيث ان:

(C) هي سرعة الضوء ووحدتها (m/s) ، (R) هي مدى القوى النووية ووحدتها (m)، (m_π) هي كتلته الميزون ووحدتها(kg)

وتكون القوة المتبادلة بين نيوترون وبروتون هي ناتجة عن تبادل الميزونات المشحونة والتي تحددها المعادلتين الاتيتين:

$$n \rightarrow P + \pi^-$$

$$P \rightarrow n + \pi^+$$

وتسمى هذا النوع من الميزونات بالبايونات (meson π)

وسبب التسمية انه بعد ١٢ عام من وضع نظرية الميزون للقوى النووية تم بالفعل اكتشاف جسيمات طليقة خارج النواة(في الاشعة الكونية) ذات صفات تتفق مع الصفات التي تحددها النظرية وسميت بالبايونات واتخذت علامة باي رمز لها.

وتتولد البايونات بثلاث:

١- .البروتون بواسطة القذف

$$P + P \rightarrow P + n + \pi^+$$

$$P + n \rightarrow P + P + \pi^-$$

$$P + n \rightarrow n + n + \pi^+$$

٢- .بالنيوترون القذف

$$n + n \rightarrow n + P + \pi^-$$

$$n + P \rightarrow n + n + \pi^{+}$$

$$n + P \rightarrow P + p + \pi^{-}$$

٣- القذف بكمات من جاما.

$$\gamma + P \rightarrow n + \pi^{+}$$

$$\gamma + n \rightarrow P + \pi^{-}$$

القوة النووية

يجب ان تتوفر في القوى النووية لها الشروط الاتية:

- يجب ان يكون الجزء الاكبر من القوى النووية ذا مدى قصير جدا وذا اتجاه جذب مركزي يؤدي الى تكوين الجهد الكلي لنموذج القشرة النووية.
- ان يكون هناك جزء من القوة ذا مدى أقل بكثير من نصف قطر النواة يعمل على اكساب الصفة الكروية للنواة ويعمل على ازدواج النيوكلونات.
- جزء من القوة النووية يكون على مدى مقارب لنصف قطر النواة يحاول تشويه شكل النواة.
- هناك قوة ما يسمى بتفاعل البرم والمدارلكل نيوكليون وهذه القوة ناتجة عن التأثير المتبادل بين البرم والزخم الزاوي.
- قوة ما يسمى بتفاعل البرم- برم وهي ناتجة عن التأثير المتبادل بين برم النيوكليونات المختلفة.
- يجب ان تكون القوة النووية غير معتمدة على الشحنة
- يجب أن تكون القوة النووية متشبعة