



جمهورية العراق



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل - كلية العلوم

قسم الفيزياء

## (العلاقة بين شكل النواة والإستقرارية النووية)

للطالبة :

شهد علي عبد الخضر علي .

بكالوريوس علوم فيزياء

للعام الدراسي (2024-2023)

اشراف :

أ.د خالد حسين هاتف عطية .

م 2024

هـ 1445



public of Iraq



Ministry of Higher Education and Scientific Research

University of Babylon - College of Science

physics department

**(The relationship between the shape of the  
nucleus and nuclear stability)**

**(العلاقة بين شكل النواة والإستقرارية النووية)**

by the student:

Shahad Ali Abudel-KHadhar Ali

B.Sc. physics

Scholar year 2024-2023

Supervision by:

Prof. Dr. Khaled Hussein Hattiya

1445A.H

2024A.D

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

( إِنَّمَا يَخْشَى اللّٰهَ مِنْ عِبَادِهِ الْعُلَمَاءُ )

[فاطر:28].

## (الأهداء )

الى الذي جعلني خليفة له على الأرض وميزني عن باقي خلقه  
بالعقل اسأل الله ان يكون هذا العمل البسيط عمل خالص له يبسط

لي به طريقا الى الجنة .....

الى نفسي الذي كانت سند لي .....

الى أمي وابي.....

شهد

## (شكر و تقدير)

الى أمي و أبي الذي لولاهما لما كنت هنا اسير في اولى خطوات  
حلمي شكرا من اعماق

القلب ...

اقدم جزيل الشكر والتقدير الى أستاذ المشرف (الدكتور خالد  
حسين هاتف) لما قدمه لي من وقت وجهد وتوجيه , وكذلك اتقدم  
بالشكر لجميع تدريسيين قسم الفيزياء المحترمين لما قدموه لنا على  
مدار الاربع مراحل من عطاء واحترام وتقدير .....

الى جدي شكرا جزيلا اتمنى استطيع ان ارد هذا الفضل ...

الى أخواني اللذين لهما الفضل الكبير في وصولي الى هنا ...

الى اخواتي اللواتي كنت ارى فيهن الداعم النفسي لي ...

الى جميع من دعمني ولو كان بكلمة اقدم لكم جزيل الشكر

والتقدير ...

## (إقرار السيد المشرف)

أشهد بان موضوع البحث الموسوم (العلاقة بين شكل النواة والاستقرارية النووية) والمنجز من قبل الطالبة شهد علي عبد الخضر . قد اجري تحت اشرافنا في قسم الفيزياء كلية العلوم جامعة بابل كمتطلب جزئي لنيل شهادة البكالوريوس في علوم الفيزياء وذلك للفترة من 2023/10/1 ولغاية 2024/4/1 .

التوقيع :

الاسم الثلاثي للسيد المشرف : أ.د خالد حسين هاتف .

اللقب العلمي : أستاذ .

## توصيات رئيس القسم

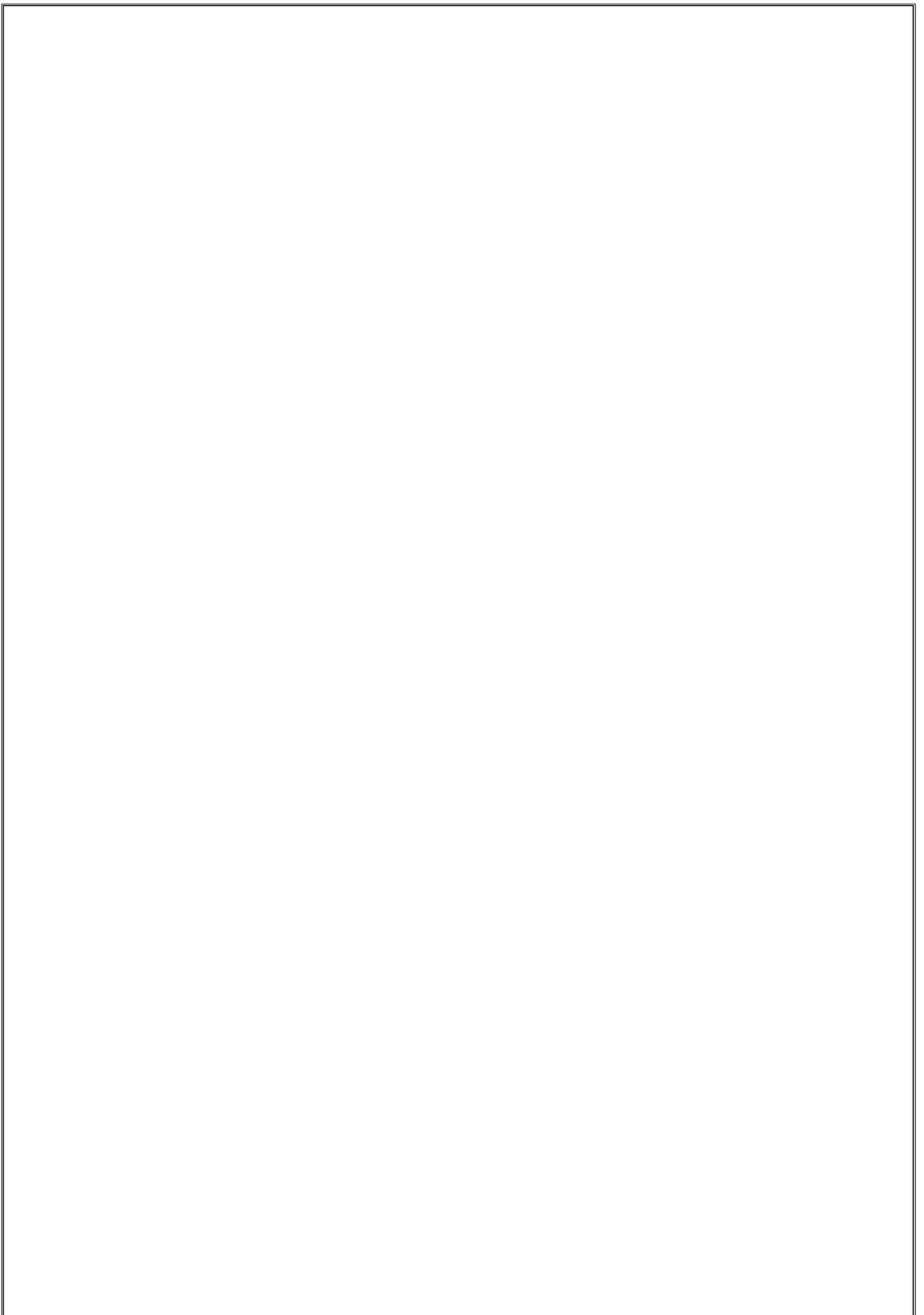
بناء على هذه التوصيات المتوفرة ارشح هذا البحث للمناقشة

التوقيع :

الاسم الثلاثي للسيد ريس القسم : أ . م . د سميرة عدنان مهدي .

اللقب العلمي : استاذ مساعد .

التاريخ :



## ملخص البحث (Abstract)

كما هو معروف ان شكل النواة وهي مستقرة هو شكل كروي والذي يعتبر حالة مثالية من الشكل الاهليجي . ولكن مالذي يحدث عندما تفقد النواة استقراريتها ! وهذا هو مدار البحث حيث تميل النواة الى ان تصبح ذات شكل اهليجي (شكل بيضوي) قد يكون بيضوي متطاوول او بيضوي مفلطح هذا يرجع الى توزيع الشحنة ,عزم رباعي القطب الكهربائي . وهذه الدراسة مهمة في دراسة نصف قطر النواة . عندما تكون النواة مستقرة فان لها نصف قطر ثابت والذي يمثل المسافة من المركز الى السطح أما في حالة كون النواة غير مستقرة فان قيمة نصف القطر لها تختلف باختلاف المسافة بين المركز ونصف القطر . والانشطار النووي المتسلسل يعتبر مثال جميل عن هذا الموضوع حيث تكون النواة مستقرة ولكن عند امتصاص اي نواة كروية الشكل , نيوترون او اشعة كاما فان هذا سيزيد من طاقة النواة ويجعلها في وضع الاستثارة مما يشوه شكلها الكروي . وكلما زادت طاقة الأستثارة فان التشويه بشكل النواة يزداد . فهناك حالتان من الممكن حدوثهما ، الأولى : اذا كان تأثير الشد السطحي اكبر من قوة التنافر الكولومبي ، فان النواة في هذه الحالة تحاول التخلص من الطاقة الفائضة بواسطة بعث اشعة كاما ومن ثم تأخذ الشكل الكروي ثانية وتصبح في حالة استقرار . اما في الحالة الثانية : والتي يكون فيها تأثير قوة كولوم أكبر من تأثير الشد السطحي، فان النواة سوف تنشط الى قسمين وهذا يعني حصول عملية الانشطار النووي .

## (Abstract)

As it is known, the shape of the nucleus when it is stable is Spherical, which is considered an ideal case of the elliptical Shape. But what happens when the nucleus loses its stability? This is the orbit of research, as the nucleus tends to become Elliptical in shape (an oval shape), which may be an elongated Oval or a flattened oval. This is due to the distribution of charge, The electric quadrupole moment. This study is important in Studying the radius of the nucleus. When the nucleus is stable, it Has a fixed radius, which represents the distance from the center To the surface. However, if the nucleus is unstable, the value of its Radius varies depending on the distance between the center and The radius. Sequential nuclear fission is a beautiful example of This topic, where the nucleus is stable, but when any spherical Nucleus absorbs neutrons or gamma rays, this will increase the Energy of the nucleus and put it in an excited state, which distorts Its spherical shape. As the excitation energy increases, the Distortion in the shape of the nucleus increases. There are two Possible cases that can occur. The first: If the effect of the Surface tension is greater than the force of coulomb repulsion, Then the nucleus in this case tries to get rid of the excess energy By emitting gamma rays and then takes on a spherical shape Again and becomes in a stable state. In the second case: in Which the effect of the Coulomb force is greater than the effect of Surface tension, the nucleus will split into two parts, and this Means that the process of nuclear fission will occur.

(فهرست البحث)

رقم الصفحة	العنوان	رقم الفقرة
1	Nucleus charge	1
2-1	Nuclear charge distribution	2
5-3	Electric quadrupole moment	3
7-5	Nuclear size	4
10-7	Nuclear radius and density	5
11	Nuclear stability	6
14-11	Nuclear stability patterns.	7
14	Factors leading to nuclear stability.	8
16	Spherical shape	9
17	Ball properties.	10

<b>17</b>	<b>Surface area of the ball.</b>	مساحة سطح الكرة .	<b>10.1</b>
<b>17</b>	<b>Ball size.</b>	حجم الكرة .	<b>10.2</b>
<b>24-18</b>	<b>Vibrating movement</b>	الحركة الاهتزازية.	<b>11</b>
<b>26-24</b>	<b>Ellipse in standard form</b>	القطع الناقص في النموذج القياسي.	<b>12</b>
<b>27-26</b>	<b>Ellipse in general shape.</b>	القطع الناقص في الشكل العام .	<b>13</b>
<b>28</b>	<b>Nuclear fission</b>	الانشطار النووي .	<b>14</b>
<b>28</b>	<b>Discovery of nuclear fission.</b>	اكتشاف الانشطارالنووي.	<b>15</b>
<b>30-29</b>	<b>Explanation of the phenomenon of nuclear fission.</b>	تفسير ظاهرة الانشطارالنووي.	<b>16</b>

## (الجدول والاشكل)

تسلسل الشكل	اسم الشكل
1	تشنتت الالكترون من O,C شكل المقطع العرضي يشبه الى حد ما شكل انماط الحيود التي يتم الحصول عليها باستخدام موجات الضوء .
2	شكل النواة تبعا للجزم الكهربائي رباعي القطب .
3	شكل يوضح مخطط لتجربة استطارة رذرفورد.
4	شكل يوضح العلاقة بين كثافة النواة ونصف القطر .
5	رسم بياني للنويدات المستقرة كدالة لعدد Z و N .
6	شكل يوضح الكرة مع قيمة نصف القطر .
7	شكل يوضح التطور الزمني لأنماط الاهتزاز ذات الترتيب المنخفض .
8	شكل يوضح القطع الناقص في النموذج القياسي.
9	شكل يوضح القطع الناقص بتحديد نقطة معينه.
10	شكل يوضح قطع ناقص افقي على المستوى الاحداثي .
11	القطع الناقص على المستوى الاحداثي ذات محور عمودي.
12	شكل يوضح مراحل الانشطار النووي .
1	التوزيع التكراري للنويدات المستقرة .



## (المقدمة)

تكون النواة مستقرة إذا لم يكن من الممكن تحويلها إلى شكل آخر دون إضافة طاقة من الخارج. ومن بين آلاف النويدات الموجودة، هناك حوالي 275 نويدة مستقرة. من المعروف ان شكل النواة في حالة الاستقرار النووي هو شكل كروي (عندما تكون في المستوى الأرضي) , عندما تفقد النواة استقرارها اي عندما ينحرف عن الشكل الكروي وتتخذ شكلا كرويا يمكن وقتها وصف شكلها بواسطة الاحداثيات الكروية وسوف يتغير مع تغير الشكل خصائص الشكل الكروي لنتبع في دراسة النواة خصائص الشكل الاهليجي او البيضوي وهذا ماسوف يتم التعرف عليه بشكل مبسط في هذا البحث

حيث تم مناقشة الشحنة النووية وتوزيعها في النواة وعزم رباعي القطب الكهربائي . ويعرف العزم الكهربائي رباعي القطب بانه الانحراف (Deviation) عن التوزيع الكروي المتناظر للشحنة الكهربائية داخل النواة (البروتونات) . ان العزم الكهربائي رباعي القطب في النوى الكروية يكون ذا قيمة صغيرة قد تصل إلى الصفر في النوى الزوجية - الزوجية ذات الأعداد السحرية . أما النوى المشوهة فتقع في وسط المسافة التي تتحدد بالقشرات المغلقة وتمتلك هذه النوى المشوهة عزوما كهربائية رباعية القطب ذات قيم كبيرة وكلما ازداد التشوه ازدادت قيمة عزم رباعي القطب الكهربائي . وكذلك نصف قطر النواة الكروية والحجم والكثافة للنواة الكروية . حيث ان نصف قطر النواة الكروية هو كمية ثابتة وهو يمثل المسافة من المركز الى محيط الكرة . بفرض ان يكون مركز الكتلة هو نفس اصل اطار الجسم الثابت وان يكون الشكل الكروي متماثلا محوريا ولكن هذ المفهوم يتغير في حالة تشوه النواة وذلك لان المسافة من المركز الى محط الشكل البيضوي تختلف من نقطة الى اخرى . وهذا التغير في قيمة نصف القطر يقودنا الى تغيير طريقة تعاملنا مع النواة المشوهة .

## (الهدف من البحث)

دراسة نظرية باستخدام قوانين الفيزياء النووية وعلوم الرياضيات الهندسية للوصول الى تصور كامل لشكل النواة حسب استقراريتها النووية.

## 1- شحنة النواة (Nuclear Charge)

تعزى شحنة النواة الى شحنة بروتوناتها حيث ان النيوترونات عديمة الشحنة لذا فهي تساوي العدد الذري ( $Z$ ) مضروبا بشحنة البروتون . وهي  $q = -e = 1.6 \times 10^{-19}$  [10].

أي ان :

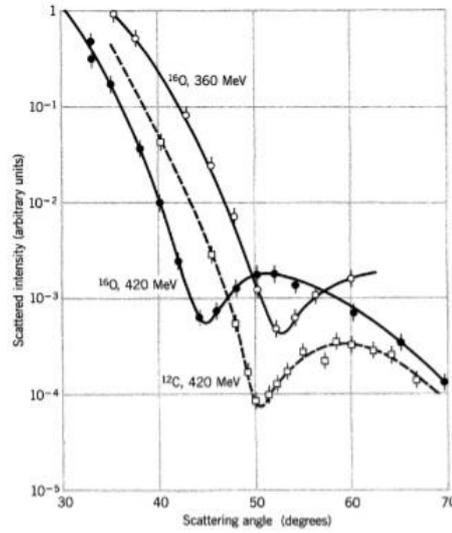
$$Q = Z q = +1.6 \times 10^{-19} C$$

اي ان الشحنة النووية هي مجموع شحنات البروتونات في النواة .

## 2- توزيع الشحنة النووية (Nuclear charge distribution)

وسيلتنا المعتادة لتحديد حجم وشكل جسم ما هي فحص الاشعاع المنبعث منه (وهو في نهاية المطاف ما نفعله عندما ننظر الى جسم ما او نلتقط صورة له) . لرؤية الجسم وتفصيله , يجب أن يكون الطول الموجي للأشعاع اصغر من ابعاد الجسم والا فان تأثيرات الحيود ستحجب الصورة جزئيا او كليا . بالنسبة للنوى التي يبلغ قطرها حوالي  $10 fm$  نحتاج الى  $\lambda \leq 10 fm$  اي ما يعادل  $p \geq 100 Mev/c$  يمكن انتاج حزم الالكترونات ذات الطاقة من  $100 Mev$  الى  $1 Gev$  باستخدام مسرعات عالية الطاقة . مثل مسرع ستانفورد الخطي ويمكن تحليلها باستخدام مطياف دقيق لاختيار فقط تلك الالكترونات المتناثرة بشكل مرن من الهدف النووي المحدد. ويبين الشكل (1) مثلا لنتائج مثل هذه التجربة . يمكن رؤية الحد الأدنى الاول في النموذج الشبيه بالحيود بوضوح بالنسبة للحيود بواسطة قرص قطره  $D$  يجب أن يظهر الحد الأدنى الأول عند  $\theta = \sin^{-1}(1.22\lambda/D)$  , والتقدير الناتجة لنصف

القطر النووي هي  $^{16}\text{O}$ ,  $2.6\text{fm}$  و  $^{12}\text{C}$ ,  $2.3\text{fm}$  ومع ذلك، هذه مجرد تقديرات تقريبية لأن الانتثار المحتمل هو مشكلة ثلاثية الأبعاد ترتبط تقريباً بالحيود بواسطة قرص ثنائي الأبعاد. ويبين الشكل (1) لنتائج التشتت المرن من نواة ثقيلة،  $^{208}\text{Pd}$  يمكن رؤية العديد من الحدود الدنيا في النمط الشبيه بالحيود. لا تنخفض هذه الحدود الدنيا إلى الصفر مثل الحدود الدنيا للحيود التي تظهر عند سقوط الضوء على قرص معتم، لأن النواة ليس لها حدود حادة [1].



الشكل (1) تشتت الإلكترون من  $\text{O,C}$  شكل المقطع العرضي يشبه الى حد ما شكل انماط الحيود التي يتم الحصول عليها باستخدام موجات الضوء .

### 3-عزم رباعي القطب الكهربائي النووي: ( Nuclear Electric Quadrupole Moment ) .

ينتج توزيع الشحنات والتيارات الكهربائية عزوما كهربائية ومغناطيسية متعددة القطبية تتحدد بواسطة (2) فعندما يكون (l=0) أي ان الحركة المدارية تساوي صفرا فان (2°=1) وهذا يعني تكون مجال كهربائي أحادي القطبية (monopole) يعرف بالمجال الكولومي الناتج عن التوزيع الكروي المنتظم للشحنة الكهربائية في النواة وعندما يكون (L=1) أي ان هناك حركة مدارية للشحنة الكهربائية في مدارات مغلقة ينتج عنها مجال مغناطيسي ثنائي القطبية (dipole). وعندما يكون (L=2) ينتج العزم الكهربائي رباعي القطب (Quadrupole) وهكذا.

ويعرف العزم الكهربائي رباعي القطب بأنه الانحراف (Deviation) عن التوزيع الكروي المتناظر للشحنة الكهربائية داخل النواة (البروتونات) .

ان النوى المختلفة إما أن تكون نوى كروية (Spherical Nuclei) او نوى غير كروية وتسمى النوى المشوهة (Deformed Nuclei). ويكون توزيع الشحنة في النوى الكروية متناظراً كروياً، وتقع هذه النوى بالقرب من القشرات المغلقة التي تتحدد بالأعداد السحرية للبروتونات أو النيوترونات (2,8,20,28,50,82,126). لقد سميت هذه الأعداد بالأعداد السحرية لان النوى التي يكون فيها عدد البروتونات Z او عدد النيوترونات N مساويا لأحد هذه الأعداد تشكل قشرات مغلقة وتكون أكثر استقرارا وان طاقات الربط للنيوكليونات في هذه النوى تكون عالية وان هذه النوى يكون لها عدد كبير من النظائر المستقرة . ان العزم الكهربائي رباعي القطب في النوى

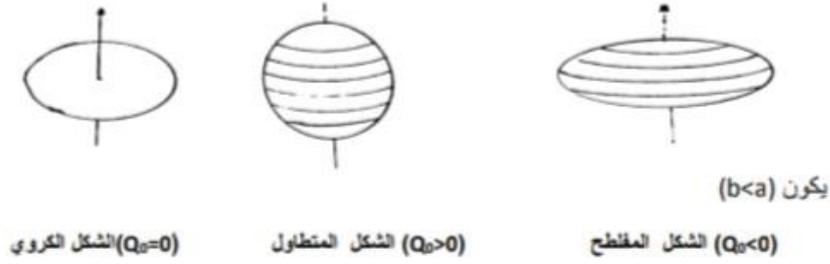
الكروية يكون ذا قيمة صغيرة قد تصل إلى الصفر في النوى الزوجية - الزوجية ذات الأعداد السحرية . أما النوى المشوهة فتقع في وسط المسافة التي تتحدد بالقشرات المغلقة وتمتلك هذه النوى المشوهة عزوما كهربائية رباعية القطب ذوات قيم كبيرة وكلما ازداد التشوه ازدادت قيمة عزم رباعي القطب الكهربائي ويعطى العزم الكهربائي رباعي القطب بالعلاقة

$$Q = \frac{3}{\sqrt{5\pi}} R^2 \dots \dots \beta Z (1 + 0.16\beta) \dots \dots \dots 1$$

إذا  $R = R_0 A^{1/3}$  يمثل متوسط نصف قطر النواة و  $R_0 = (1.4 \text{ fm})$  و  $\beta$  معلم التشوه ويعطى بالعلاقة :

$$Q = \frac{4}{3} \sqrt{\frac{\pi}{5}} \frac{\Delta R}{R} \dots \dots \dots 2$$

إذا  $\Delta R = a - b$  يمثل  $a$  شبه المحور الصغير (Semi-minor axis) في النواة المشوهة و  $b$  يمثل شبه المحور الكبير (Semi-major axis) ففي النوى الكروية يكون  $a=b$  و عزم رباعي القطب الكهربائي مساويا للصفر  $Q=0$  أما في النوى المشوهة فيكون العزم الكهربائي رباعي القطب موجبا ( $Q > 0$ ) إذا كان  $b > a$  وتأخذ النواة الشكل البيضوي المتطاوّل Prolate Shape. فيما يكون العزم الكهربائي رباعي القطب سالبا ( $Q < 0$ ) عندما  $b < a$  .



## الشكل (2) : شكل النواة تبعا للعزم الكهربائي رباعي القطب.

وعلية فالنوى التي تحتوي على  $N$  او  $Z$  عدد سحري يكون لها عزم رباعي القطب يساوي صفر وعلية فأنها متناظرة. [10].

## 4- الحجم النووي ( Nuclear size )

من أولى النظريات التي وضعت حول تركيب الذرة هي نظرية ثومسن (Thomson theory) لقد كان من المعتقد ان الالكترونات تسبح في وسط كثيف من الشحنات الموجبة داخل الحجم الذرية  $10\text{ cm}$  واستنادا الى هذا النموذج فان اختراق الجسيمات السريعة للمواد انما يتم عن طريق الانتشار فقط الا ان تجارب استطارة جسيمات الفا بواسطة صفائح الذهب الرقيقة التي قام بها (كايكر ومارسدين Geiger and Marsdon 1909) قد اظهرت ان الجسيمات المرتدة الى الوراء يكون أكبر مما يمكن ان تسمح به نظرية تومسون حيث كان يعتقد بناء على هذا المفهوم ان جسيمات الفا يجب ان تنفذ بشكل مباشر مع انتشار بسيط في شدة الحزمة الا إنهما لاحظا أن حزمة اشعة الفا قد انتشرت انتشارا واسعا بعد خروجها من الصفيحة

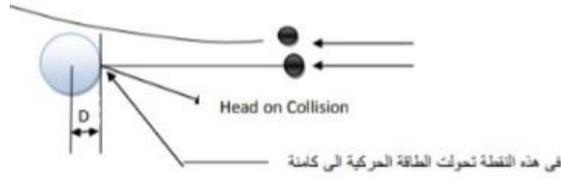
وان قسما من هذه الأشعة قد ارتد خلفا بزاوية ( $180^\circ$ ) مع الحزمة الساقطة ولما كان مفهوم تومسون لا يستطيع تفسير هذه الظاهرة فقد افترض رذرفورد ان هذه الظاهرة ناتجة عن وجود نواة ذرية صغيرة ابعادها اقل من ( 10 cm ) تؤثر بقوة كهربائية بسيطة قوة كولوم على جسيم الفا وقد تمكن بذلك ان يستخرج قانون الاستطارة او ( بمعنى اخر ان رذرفورد افترض ان الذرة تتكون من جسم صلب صغير مشحون بال شحنة الموجبة ويحتوي على اغلب كتلة الذرة وتشكل ابعاده جزءا صغيرا يعادل (10-12cm) من ابعاد الذرة الكلية البالغة  $10^{-8}$  cm) وقد سمي هذا الجزء بالنواة وتحاط النواة بعدد من الالكترونات يساوي عدد الشحنات الموجبة فيها وتكون الالكترونات على مسافة من النواة [10].

**ان قياسات لاحقة اظهرت ان قانون رذرفورد لا ينطبق (يفشل) في حالة :**

- كون جسيمات الفا ذات طاقة عالية جدا .
  - عندما يكون العدد الذري للمادة المستخدمة كهدف صغير جدا .
- كان أول محاولة لتحديد قطر النواة قد تم من دراسة المسافة التي يبطل عندها قانون رذرفورد في الاستطارة حيث عند اقتراب جسيمة الفا من النواة بمسافة اقل من نصف القطر تبدأ عندها القوة النووية بالتأثير والتي هي اقوى من قوة كولوم ولم يعد تأثير الاستطارة مرتبطا فقط مع قوة كولوم وان جسيم الفا البعيد عن النواة يمتلك طاقة حركية مقدارها (T) فقط ولكن عند اقترابه من نواة العنصر في التصادم الرأسي لأقرب مسافة ممكنة ( D ) قبل الشذوذ عن قانون رذرفورد للاستطارة فان جسيمة الفا ستنباطاً نتيجة للتناثر الكولومبي بينهما الى ان تصل الى نقطة تكون فيها اقرب ما يمكن من النواة وعندما تتوقف عن الحركة تتحول الطاقة الحركية لجسيم الفا الى طاقة كامنة

فقط وبأهمال طاقة ارتداد النواة وبأستخدام قانون حفظ الطاقة يمكن الحصول عمليا على نصف قطر النواة من خلال تجربة.

الاستطارة لرذرفورد : في التصادم الرأسي تصادم جسيمة الفا مع جدار النواة نلاحظ ان الجسيمة الاولى تنحرف مبتعدة عن النواة اما اذا زادت طاقة الفا فأنها سوف تقترب من جدار النواة والطاقة الكامنة (PE) تساوي [10] :



شكل (3) يوضح مخطط لتجربة استطارة رذرفورد.

$$P.E = \frac{q_1 q_2}{r^2} \dots \dots \dots 3$$

### 5- نصف القطر النووي والكثافة ( Nuclear radius and density )

مثل نصف قطر الذرة، فإن نصف قطر النواة ليس كمية محددة بدقة، لا الذرات ولا النوى عبارة عن مجالات صلبة ذات حدود مفاجئة. يمتد كل من جهد كولوم الذي يربط الذرة وتوزيع الشحنة الإلكترونية الناتج إلى ما لا نهاية، على الرغم من أن كلاهما يصبح صغيرًا بشكل لا يذكر على مسافات تتجاوز نصف القطر الذري (10 – 10m) والمطلوب هو "تعريف عملي" لما يجب أن نعتبره قيمة نصف القطر الذري. على سبيل المثال، يمكننا تعريف نصف القطر الذري بأنه أكبر متوسط نصف قطر للحالات الإلكترونية المختلفة الموجودة في

الذرة. سيكون من الصعب للغاية قياس مثل هذه الخاصية، ولذلك يتم استخدام تعريفات أكثر عملية، مثل التباعد بين الذرات في المركبات الأيونية التي تحتوي على الذرة محل الاهتمام. يؤدي هذا أيضًا إلى بعض الصعوبات نظرًا لأننا نحصل على أنصاف أقطار مختلفة للذرة عندما تكون في مركبات مختلفة أو في حالات تكافؤ مختلفة.

أما بالنسبة للنوى فالوضع أفضل في بعض الجوانب وأسوأ في جوانب أخرى. ، فإن كثافة النيوكليونات والإمكانات النووية لهما اعتماد مكاني مماثل - ثابت نسبيًا على مسافات قصيرة تنخفض بعدها بسرعة إلى الصفر. ولذلك فمن الطبيعي نسبيًا وصف الشكل النووي بمعلمين: نصف القطر المتوسط، حيث تبلغ الكثافة نصف قيمتها المركزية، و"سمك الجلد"، الذي تنخفض فيه الكثافة من قرب الحد الأقصى إلى بالقرب من الحد الأدنى.

المشاكل التي نواجهها تنجم عن صعوبة تحديد ما يصفه التوزيع ، ويعتمد نصف القطر الذي نقيسه على نوع التجربة التي نجريها لقياس الشكل النووي. في بعض التجارب، مثل تشتت الإلكترونات عالية الطاقة، والأشعة السينية الميونية، وتحولات النظائر الضوئية والأشعة السينية، واختلافات الطاقة في نوى المرأة، نقيس تفاعل كولوم لجسيم مشحون مع النواة. ستحدد هذه التجارب بعد ذلك توزيع الشحنة النووية (في المقام الأول توزيع البروتونات ولكنها تتضمن أيضًا توزيع النيوترونات إلى حد ما، بسبب بنيتها الداخلية). وفي تجارب أخرى، مثل تشتت رذرفورد، والاضمحلال، والأشعة السينية البيونية، نقيس التفاعل النووي القوي بين الجسيمات النووية، ونحدد توزيع النيوكليونات، الذي يسمى توزيع المادة النووية.

أظهر رذرفورد من خلال تجاربه في التشتت أن النواة تشغل جزءًا صغيرًا جدًا من الحجم الكلي للذرة. تقريبًا، تتراوح أقطار النوى من  $1/10000$  إلى  $1/100000$  من أنصاف أقطار الذرات.

في حين أن الأحجام الذرية هي في حدود  $(10^{-10}m)$   $100 \text{ pm}$  فإن الوحدة المشتركة للحجم النووي هي  $(1\text{fm}=10^{-15}m)$  يشار إليه أحيانًا باسم 1 Fermi.

تشير التجارب المصممة لدراسة حجم النوى إلى أن أحجام النوى ( $V$ ) تتناسب طرديًا مع العدد الإجمالي للنيوكليونات الموجودة)، أي .

$$V \propto A \dots \dots \dots 4$$

نظرًا لأنه بالنسبة للكرة  $V \propto r^3$ ، حيث  $r$  هو نصف قطر الكرة، بالنسبة للنواة الكروية  $r^3 \propto A$ ، أو  $r \propto A^{1/3}$ . باستخدام  $r$ ، كثابت التناسب .

$$r=r_0 A^{1/3} \dots \dots \dots 5$$

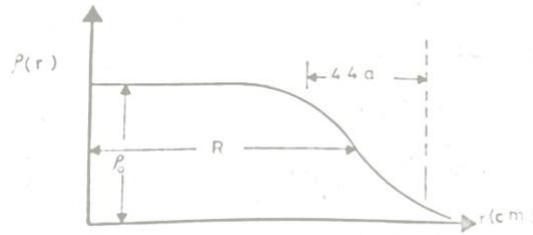
وهذا يعني ان الحجم يتناسب خطيا مع  $A$  وان حجم النيوكلونات غير مضغوط على الرغم من القوى الكبيرة المؤثرة بينها . في الواقع يجب على المرء ان يذهب الى بعض المواقف المتطرفة مثل الثقب الاسود او اثناء انهيار نجم كبير قبل انفجار مستعر اعظم . قبل ان يتم ضغط النيوكلونات الى ما هو ابعد بكثير من مما يعرف بكثافة المادة النووية  $\rho \sim 0.16 \pm$   $0.02 \text{ nucleons}/\text{fm}^3$  , وهي قيمة تساوي  $3 \times 10^{14}$  times اضعاف كثافة الماء . يمكننا ايضا الوصول الى نفس الترتيب من حيث الحجم حقيقة ان الكتلة النجم النيوتروني تبلغ عادة حوالي 1 كتلة شمسية  $10^{30} \text{ Kg}$  ~ ونصف قطر حوالي  $10 \text{ kg}$  .

في النوى المحددة متوسط الكثافة اصغر الى حد ما من  $\rho_0$  باستخدام معادلة (نصف القطر 5) وصلنا الى  $\rho \sim 0.12 \text{ nucleons}/\text{fm}^3$  ويعزى ذلك الى منطقة سطحية كبيرة منتشرة حيث تنخفض الكثافة الى الصفر بشكل كبير او اقل . ولاغراض عديدة . يمكن تمثيل التوزيع الشعاعي للكثافة النووية بشكل *woods - saxon* [9] .

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \exp\{(r - c)/z\}} \dots \dots \dots 6$$

هنا

- z عبارة عن معامل يقيس انتشار السطح النووي . بقيم نموذجية تبلغ حوالي 0.5fm .
- c المسافة من المركز الى النقطة التي تنخفض فيها الكثافة الى نصف القيمة .



شكل (4) يوضح العلاقة بين الكثافة ونصف قطر النواة [6].

## 6-الاستقرارية النووية ( Nuclear stability )

• النويدات المستقرة :

• النويدات غير المستقرة أو المشعة :

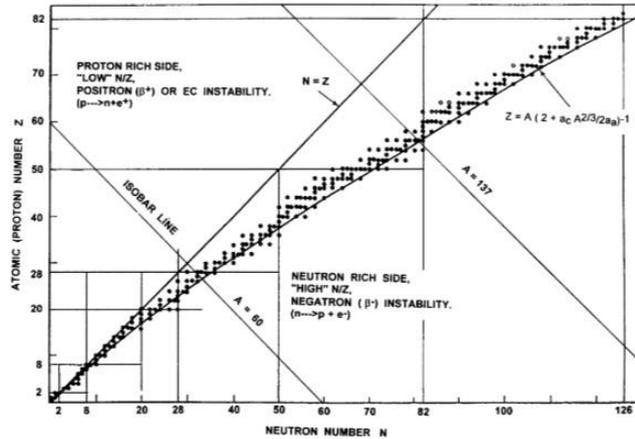
النويدات المستقرة هي تلك التي تكون دائمة (أو مستقرة إلى الأبد). تظل محتويات البروتونات والنيوترونات دون تغيير إلى الأبد، بغض النظر عن كيفية تغير الإلكترونات الموجودة في المجال الخارجي في موقعها أو حتى في عددها (عبر التفاعلات الكيميائية). لا يمكن تغيير نواة النوية المستقرة إلا في ظل ظروف شديدة من القصف بواسطة إشعاع خارجي أو جسيمات ذات طاقة عالية جدًا (~10 ميجا إلكترون فولت أو أعلى)، أو عن طريق أسر النيوكليونات. هناك 275 نوية طبيعية فقط تعتبر مستقرة. \* تعتبر النوية مستقرة إذا ظلت دون تغيير لمدة تصل إلى حوالي 1201 سنة. ومع ذلك، يتم دفع هذا الحد للأعلى مع ظهور تقنيات أكثر تقدمًا [3] .

## 7- أنماط الاستقرار النووي (Nuclear stability patterns)

هناك ما يقرب من 275 نواة مختلفة لم تظهر أي دليل على التحلل الإشعاعي، وبالتالي يقال أنها مستقرة فيما يتعلق بالتحلل الإشعاعي. عند مقارنة هذه النوى بالنيوكليونات المكونة لها، نجد أن حوالي 60 % منها تحتوي على عدد زوجي من البروتونات وعدد زوجي من النيوترونات (نواة زوجية). أما الـ 40 % المتبقية فهي مقسمة بالتساوي بين تلك التي لديها عدد زوجي من البروتونات وعدد فردي من النيوترونات (النوى الزوجية الفردية) وتلك التي لديها عدد فردي من البروتونات وعدد زوجي من النيوترونات (النواة الفردية الزوجية).

لا يوجد سوى 5 نوى مستقرة معروفة والتي تحتوي على عدد فردي من البروتونات وعدد فردي من النيوترونات (النوى الفردية الفردية)؛  ${}^2\text{H}$ ،  ${}^6\text{Li}$ ..... و من المهم أن تكون النوى الفردية الفردية المستقرة وفيرة في العناصر الخفيفة للغاية (الوفرة المنخفضة لـ H لها تفسير). تم العثور على النوية الأخيرة بوفرة نظائرية منخفضة (0.25%) ولا يمكننا أن نكون كذلك من المؤكد أن هذه النوية ليست غير مستقرة للتحلل الإشعاعي مع نصف عمر طويل للغاية. وبالنظر إلى هذا النمط للنوى المستقرة، يمكننا أن نستنتج أن الاستقرار النووي يفضل الأعداد الزوجية من البروتونات والنيوترونات. ويمكن تأكيد صحة هذا البيان بشكل أكبر من خلال النظر في عدد وأنواع النظائر المستقرة لأي عنصر معين؛ انظر الشكل 5 تتميز العناصر ذات العدد الذري الزوجي (أي عدد زوجي من البروتونات) بوجود عدد كبير نسبياً من النظائر المستقرة، عادةً 3 أو أكثر. على سبيل المثال، عنصر القصدير، العدد الذري 50 لديه 10 نظائر مستقرة بينما

[3].



شكل (5) رسم بياني للنويدات المستقرة كدالة لعدد البروتونات (Z) والنيوترونات

(M).

يحتوي كل من الكاديوم ( $Z = 48$ ) والتيلوريوم ( $Z = 52$ ) على 8. وعلى النقيض من ذلك، تحتوي كل من الفضة ( $Z = 47$ ) والأنتيمون ( $Z = 51$ ) على نظيرين مستقرين فقط، والروديوم ( $Z = 45$ )، والإنديوم ( $Z = 49$ )، واليود ( $Z = 53$ ) لهما نظير مستقر واحد فقط. يمكن العثور على العديد من الأمثلة الأخرى على التثبيت الإضافي للأعداد الزوجية من النيوكلونات أو بشكل أسهل، من المخططات النيوكليدية، على سبيل المثال. لم يتم اختيار الخطوط الإرشادية لـ  $N$  و  $Z$  التي تساوي 2,8,20، وما إلى ذلك، بشكل تعسفي. تمثل أعداد البروتونات والنيوترونات هذه تكوينات بروتونات ونيوترونات مستقرة بشكل غير عادي، كما لا تحتوي العناصر الفردية  $Z$  على نظير واحد أو اثنين من النظائر المستقرة، وتحتوي نظائرها المستقرة على عدد زوجي من النيوترونات، باستثناء النوى الفردية الخمس وهذا على النقيض من مجموعة النظائر المستقرة لـ  $Z$ ، والتي تتضمن نوى لكل من  $N$  الزوجي والفردية، على الرغم من أن عدد النظائر الزوجية يفوق عدد  $N$ . على سبيل المثال، يحتوي القصدير ( $Z = 50$ ) على 7 نظائر زوجية وزوجية مستقرة و 3 نظائر زوجية وفردية فقط. يتم تفسير العدد الأكبر من النوى المستقرة التي تحتوي على أعداد زوجية من البروتونات والنيوترونات من حيث استقرار الطاقة المكتسب عن طريق الجمع بين النيوكليونات المتشابهة لتكوين أزواج، أي بروتونات مع بروتونات ونيوترونات مع نيوترونات، ولكن ليس بروتونات مع النيوترونات. إذا كانت النواة، على سبيل المثال، تحتوي على عدد زوجي من البروتونات، فإن كل هذه البروتونات يمكنها ذلك موجودة في أزواج. ومع ذلك، إذا كانت النواة تحتوي على عدد فردي من البروتونات، واحد على الأقل من هذه البروتونات يجب أن توجد البروتونات في حالة غير متزاوجة. زيادة الثبات الناتج عن اكتماله .

النويدات المشعة. غير المستقرة في جوهرها وتخضع تغير تلقائي مع مرور الوقت مكوناً نويدات جديدة بطريقة أو بطرق أخرى لإعادة ترتيب أو فقدان بعض البروتونات والنيوترونات من المعروف ان اكثر من 2000 نويدة بما في ذلك نويدات صنعها الانسان . من نوع او اخر [4].

### 8- العوامل التي تؤدي الى الاستقرار النووي ( Factors that lead to ) (nuclear stability)

- عدد النيوترونات والبروتونات (Even - Odd) .

التوزيع التكراري للنويدات المستقرة (1) .

Z	N	A=Z+N	NO. stable nucli
Even	Even	Even	165
Even	Odd	Odd	55
Odd	Even	Odd	50
Odd	Odd	Even	4

تكون النواة ذات استقرارية عظمى عندما تكون كل من  $Z$  و  $N$  اعداد زوجية في هذه الحالة تميل النواة الى تكوين ازواج من P-P و N-N مما يؤدي الى الاستقرارية [4].

### • نسبة النيوترون الى البروتون $N/Z$ .

المستثنى في هذه الحالة الهروجين الخفيف او العادي  $^1\text{H}$ . كل النويات الاخرى تحتوي نيوترونات و بروتونات. بالنظر الى النوى الخفيفة النويات تظهر نسبة  $N/Z$  فيهم  $1 \geq$  النسبة  $\cong 1$  في كل النويات المستقرة حتى نصل الى  $^{40}\text{Ca}$  حيث تصبح النسبة  $1 <$  للنويات الثقيلة [4].

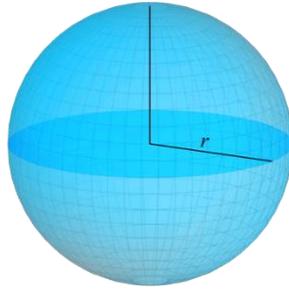
نسبة النيوترونات الى البروتونات كما موضح في جدول (2).

$^a\text{X}$	$^2\text{H}$	$^{23}\text{Na}$	$^{40}\text{Ca}$	$^{64}\text{Zn}$	$^{90}\text{Zr}$	$^{120}\text{Sn}$	$^{150}\text{Nd}$	$^{202}\text{Hg}$
Z	1	10	20	30	40	50	60	80
N	1	10	20	34	50	70	90	122
N/Z	1.00	1.00	1.00	1.13	1.25	1.40	1.50	1.53

## 9- ما هي الكرة (What is a ball)

يتم تعريف الكرة رياضياً على أنها مجموعة النقاط التي تقع جميعها على نفس المسافة من نقطة معينة ولكن في فضاء ثلاثي الأبعاد. المسافة من المركز إلى السطح الخارجي تسمى نصف قطر الكرة والخط الذي يصل بين نقطتين على الكرة ويكون ضعف طول نصف القطر يسمى القطر

$$\text{Diameter} = 2 \times \text{radius} \dots\dots\dots 7$$



شكل يوضح الكرة مع قيمة نصف القطر (6)

## 10- بعض الخصائص الهامة للكرة هي كما يلي ( Some important )

: ( characteristics of the ball are as follows

- الكرة ليس لها وجه وحافة .
- الكرة متناظرة تمامًا .
- إنها ليس متعددة السطوح .
- جميع النقاط الموجودة على السطح تكون على مسافة متساوية من مركز الكرة.
- لها سطح واحد فقط (ولكن ليس الوجه) .

## 10- مساحة سطح الكرة (Surface area of the ball)

$$\text{Surface area (TSA)} = \text{CSA} = 4\pi r^2 \text{ square units} \dots\dots\dots 8$$

## 11- حجم الكرة (Ball size)

$$V = \text{Volume of the Sphere} \dots\dots\dots 9$$

$$V = \text{Sum of the volumes of all pyramids} \dots\dots\dots 10$$

$$V = 1/3A_1r + 1/3A_2r + 1/3A_3r + \dots + 1/3A_n r \dots\dots\dots 11$$

$$V = 1/3(\text{Surface area of the sphere}) r \dots\dots\dots 12$$

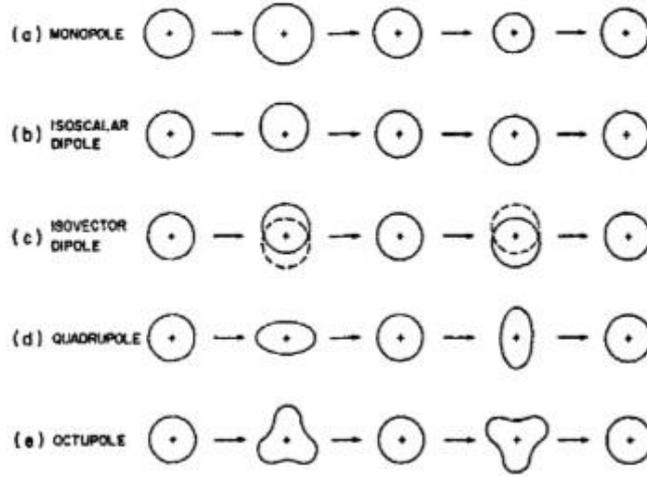
$$V = 1/3(4\pi r^2) \times r \dots\dots\dots 13$$

$$V = 4/3(\pi r^3) \dots\dots\dots 14$$

## 12- الحركة الاهتزازية للنواة (Vibrating motion of the nucleus)

من نواحٍ عديدة، يمكن النظر إلى النواة على أنها قطرة من السائل. يمكن فهم عدد كبير من الخصائص المرصودة من التفاعل بين التوتر السطحي والطاقة الحجمية للقطرة. في هذا القسم، سنتبع نفس النهج في فحص الإثارة النووية بسبب الحركة الاهتزازية.

للتبسيط سنأخذ أنه في حالة التوازن، يكون شكل النواة كرويًا، أي أن طاقة الوضع تكون في حدها الأدنى عندما تتخذ النواة شكلًا كرويًا. وهذا مجرد افتراض لملاءمة مناقشتنا هنا. تم صنعه، جزئيًا، لأن النوى الكروية لا تتمتع بدرجات حرية دورانية، ونتيجة لذلك، تبرز الحركة الاهتزازية بوضوح، دون تعقيدات بسبب الدوران. من الناحية العملية، فإن الشكل الأكثر استقرارًا للعديد من النوى يتشوه. كما يتم أيضًا ملاحظة الحركات الاهتزازية المبنية على الأشكال المشوهة بشكل شائع. **وضع التنفس.** عندما تكتسب النواة فائضًا من الطاقة، على سبيل المثال، من إثارة كولوم بسبب مرور جسيم مشحون بالقرب منها، يمكن ضبطها على الاهتزاز حول شكل توازنها. يمكننا أن نتصور عدة أنواع مختلفة من الاهتزازات. على سبيل المثال، قد يتغير حجم النواة دون تغيير شكلها، كما هو موضح في الشكل (7 أ). وبما أن الحجم يتغير الآن بينما تظل الكمية الإجمالية للمادة النووية ثابتة، فإن الحركة تتطوي على تذبذب في الكثافة. يشبه اهتزاز الكثافة هذا الحركة المتضمنة في التنفس، ولهذا السبب يسمى **اهتزاز وضع التنفس.** بالنسبة للنواة الكروية الزوجية، تكون حالة الدوران والتكافؤ للحالة الأرضية +. وللحفاظ على الشكل النووي، فإن إثارة وضع التنفس في هذه الحالة تولد حالات هي أيضًا  $J = 0$ .



الشكل (7): التطور الزمني لأنماط الاهتزاز ذات الترتيب المنخفض. يتضمن التذبذب أحادي القطب في (أ) اختلافات في الحجم دون تغيير الشكل العام. تتحرك النواة ككل في اهتزاز ثنائي القطب متساوي السلم كما هو موضح في (ب). في المقابل، يتكون الاهتزاز ثنائي القطب المتساوي الاتجاه من نيوترونات وبروتونات تتأرجح في الطور المعاكس، كما في (ج). في الاهتزازات الرباعية، تتغير النواة من مفلطحة إلى مفلطحة ثم تعود مرة أخرى، كما في (د). تظهر اهتزازات Octupole.

$^{90}\text{Zr}$ ،  $^{40}\text{Ca}$ ، تم العثور على حالة  $J = 0$  المنخفضة من بين الحالات القليلة الأولى المثارة. غالبًا ما تكون حالات الطاقة المنخفضة هذه نتيجة للإثارة الجماعية ويمكن تحديدها على أنها حالات وضع التنفس. من ناحية أخرى، المادة النووية صلبة إلى حد ما ضد الضغط، ويتوقع المرء أن يكون الجزء الرئيسي من قوة وضع التنفس أعلى بكثير في الطاقة. وتعتمد القيمة المرصودة على عدد النيوكليونات في النواة، وعادة ما يوجد موقع الذروة عند حوالي  $80A^{-1/3}$  ميغا إلكترون فولت. تعد طاقة الإثارة في وضع التنفس إحدى الطرق القليلة لاكتشاف

شيء ما حول صلابة المادة النووية والتي تعتبر مهمة في الفهم، على سبيل المثال، حالة النجم قبل انفجار المستعر الأعظم مباشرة. و في دراسة المادة النووية اللانهائية .

**اهتزاز الشكل.** النوع الأكثر شيوعا من الاهتزاز ينطوي على تذبذبات في شكل النواة دون تغيير الكثافة. وهذا يشبه إلى حد كبير قطرة السائل المعلقة من صنوبر الماء. إذا تم تحريك القطرة بلطف شديد، فإنها تبدأ في الاهتزاز. وبما أن كمية الطاقة عادة ما تكون أصغر من أن تضغط السائل، فإن الحركة تنطوي ببساطة على تذبذب في الشكل.

بالنسبة لقطرة من السائل، يمكن وصف الانحراف عن الشكل الكروي دون تغير في الكثافة من خلال مجموعة من معلمات الشكل  $\lambda\mu\alpha(t)$  المحددة بالطريقة التالية:

$$R(\theta, \varphi, t) = R_0 \left\{ 1 + \sum_{\lambda\mu} \alpha_{\lambda\mu}(t) Y_{\lambda\mu}(\theta, \varphi) \right\} \dots\dots\dots 15$$

حيث  $(\theta, \varphi)$  والوقت  $t$  نصف قطر التوازن  $R_0$  هنا هو نصف قطر الكرة التي لها نفس الحجم

هي المسافة من مركز النواة إلى السطح عند الزوايا.

إذا كانت جميع النيوكليونات تتحرك معًا كمجموعة دون أي تغييرات في البنية الداخلية للنواة، فإن الاهتزاز يتوافق مع حركة مركز كتلة النواة. يُعرف هذا باسم وضع ثنائي القطب متساوي السلم ( $T = 0$ ) ولا يهم إذا كنا نرغب في دراسة الديناميكيات الداخلية للنواة. ومن ناحية أخرى، فإن وضع الموجه المتساوي ( $T = 1$ )، يتوافق مع تذبذب ثنائي القطب للنيوترونات والبروتونات في اتجاهين متعاكسين، كما هو مبين في الشكل (ج 7). وهذا هو سبب الرنين ثنائي القطب العملاق الذي لوحظ في عدد من النوى. يصف الوضع  $A = 2$  التذبذب الرباعي للنواة. ويعني

التشوه الرباعي الإيجابي أن الشكل النووي هو شكل متطاوّل، مع نصف قطر قطبي أطول من نصف القطر الاستوائي. من ناحية أخرى، التشوه الرباعي السلبي هو الذي يكون للنواة شكل مفلطح، مع نصف قطر استوائي أطول من القطبي. يتوافق الاهتزاز الرباعي مع الحالة التي تغير فيها النواة شكلها ذهابًا وإيابًا، من الشكل الكروي إلى المتوسع، ثم العودة إلى الشكل الكروي ثم إلى الشكل المفلطح، ثم العودة مرة أخرى إلى الشكل الكروي، كما هو موضح في الشكل (7). وبالمثل، يظهر في الشكل (7) في النقطة e اهتزاز ثماني القطب .

يمكن مناقشة الطاقة المرتبطة بالحركة الاهتزازية من حيث الاختلافات في معلمات الشكل  $\alpha\mu\lambda(t)$  كوظائف للوقت. عندما تغير النواة شكلها، تنتقل النيوكليونات من مكان إلى آخر. وهذا يشكل الطاقة الحركية في الاهتزاز. وفي الوقت نفسه، عندما تتحرك النواة بعيدًا عن شكل توازنها، تزداد الطاقة الكامنة، تمامًا كما يتم ضغط أو تمدد الزنبرك. وما لم يتم تقييدها، فإنها ستعود إلى أدنى حالة طاقة محتملة لها. ترتبط كمية الطاقة المتضمنة في كل حالة بالشكل النووي، ونتيجة لذلك، تصبح معلمات الشكل هي المتغيرات الأساسية المناسبة لوصف الحركة (بدلاً من، على سبيل المثال، الإحداثيات التي تحدد موضع كل نيوكليون في النواة ) بالنسبة للاهتزازات ذات السعة الصغيرة، يمكن التعبير عن الطاقة الحركية من حيث معدل التغير في معلمات الشكل .

$$T = \frac{1}{2} \sum_{\lambda\mu} D_{\lambda} \left| \frac{d\alpha_{\lambda\mu}}{dt} \right|^2 \dots\dots\dots 16$$

حيث  $D$  هي الكمية التي تلعب دوراً مكافئاً للكتلة في الحالة العادية (غير النسبية) الطاقة الحركية في الميكانيكا. بالنسبة للتدفق اللادوراني الكلاسيكي، يرتبط  $D$  بالكتلة الكثافة و نصف قطر التوازن  $R_0$  للنواة في نموذج القطرة السائلة .

يتبع هذا الشكل بشكل طبيعي حقيقة أننا افترضنا أن شكل التوازن كروي، ونتيجة لذلك، يقع الحد الأدنى في الطاقة الكامنة عند  $\lambda\mu\alpha(t) = 0$ . في هذه الحالة، لا يوجد اعتماد خطي لـ  $V$  على  $\lambda\mu\alpha(t)$  والترتيب الرئيسي هو الحد التربيعي. بالنسبة للاهتزازات ذات السعة الصغيرة، قد يتم تجاهل المصطلحات التي تعتمد على القوى الأعلى لـ  $\lambda\mu\alpha$ ، ويتم توجيهنا إلى المعادلة (17).  
 قد تكون الكمية  $C\lambda$  مرتبطة بالسطح وطاقت كولوم للسائل في نموذج قطرة السائل للنواة .

$$C\lambda = \frac{1}{4\pi}(\lambda - 1)(\lambda - 2)\alpha A^{2/3} - \frac{3}{2\pi} \frac{\lambda-1}{2\lambda+1} \alpha_0 \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} \dots\dots\dots 17$$

حيث  $\alpha_0$  و  $\alpha$  هما معاملات طاقة السطح وكولوم وفيما يتعلق بـ  $C$ ، يمكن كتابة الهاملتونية للإثارة الاهتزازية من الرتبة  $A$  على النحو التالي:

$$H = \frac{1}{2}C\sum_{\lambda} |\alpha\lambda\mu(t)|^2 + \frac{1}{2}D\sum_{\lambda} \left| \frac{d\alpha\lambda\mu}{dt} \right|^2 \dots\dots\dots 18$$

إذا تم فصل طرق الإثارة المختلفة عن بعضها البعض، ومع أي شيء آخر درجات الحرية التي قد تتمتع بها النواة  $C, H, D$  من ثوابت الحركة. في ظل هذه الظروف، يمكننا التمييز بين المعادلة (19) فيما يتعلق بالوقت والحصول على معادلة الحركة .

وبما أن احتمالية الانتقال المنخفضة تتناسب مع مربع عنصر المصفوفة الانتقالية، نجد أن قيمتها بين حالتي الفونون  $n$  و  $(n-1)$  تتناسب مع  $n$  ، وهو عدد الفونونات في الحالة الأولية للعنصر المنحل .

$$B(E\lambda, n \rightarrow n - 1) \dots \dots \dots 19$$

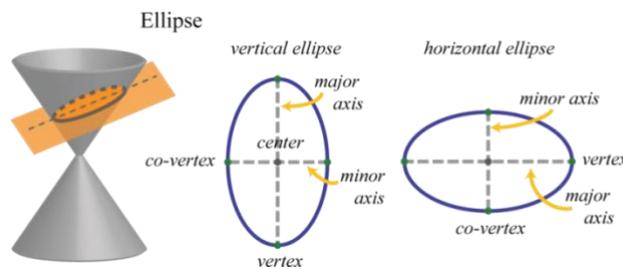
بسبب هذه العلاقة، نتوقع أن يتم تعزيز احتمالية الانتقال من حالة ثنائية الصوت إلى حالة ذات صوت واحد مقارنة بتقديرات الجسيم المفرد وتقريبًا ضعف القيمة من حالة أحادية الصوت إلى حالة ذات صوت صفري في نفس النواة . تكون التحولات بين الحالات التي تختلف بأكثر من فونون واحد أعلى ترتيبًا، لأنها تنطوي على انبعاث مترامن لاثنين أو أكثر من الفونونات. إن احتمال حدوث مثل هذه العمليات أقل بكثير من احتمال انبعاث الفونون الواحد، ومن المتوقع أن تكون معدلات الانتقال المقابلة صغيرة. وقد لوحظ أن كلا النقطتين صحيحتان بشكل أساسي في النوى الاهتزازية. تتضمن مناقشتنا ضمناً الافتراض بأن الاهتزاز هو اهتزاز متناظر محوريًا؛ أي أن الاختلافات على طول الاتجاهين  $X$  و  $Y$  متساوية مع بعضها البعض، فقط نسبتها إلى تلك الموجودة على طول المحور  $Z$  هي التي تتغير كدالة للزمن. يُعرف هذا النوع من الاهتزاز عمومًا بالاهتزاز  $\beta$ . وبشكل أكثر عمومية، يمكن أن يكون لدينا أيضًا اهتزازات على شكل  $Y$  ، حيث تتحول النواة إلى شكل إهليلجي في الاتجاه الاستوائي. (وبعبارة أخرى، فإن قسمًا من النواة في المستوى  $XY$  في أي لحظة من الزمن يكون شكلًا بيضاويًا وليس دائرة، كما في حالة الاهتزاز  $\beta$  .

( بالإضافة إلى الحركة الاهتزازية التوافقية البحتة، قد توجد مصطلحات غير توافقية في النواة. علاوة على ذلك، يمكن أيضًا أن تقترن الاهتزازات بأنماط أخرى من الإثارة في المواقف الواقعية.

إذا كان سعة الاهتزاز كبيرة، فإن المعالجة المذكورة أعلاه لم تعد قابلة للتطبيق. في الواقع، إذا كان الاهتزاز نشيطاً بدرجة كافية، فقد تتفكك "قطرة" من المادة النووية إلى قطرتين أو أكثر. تُستخدم مثل هذه الأفكار بنجاح في دراسات الانشطار. ومع ذلك، لكي تتطور النواة نحو شكل يسمح لها بالانقسام إلى شظيتين أو أكثر [9].

### 13- القطع الناقص في النموذج القياسي (Ellipse in standard form) .

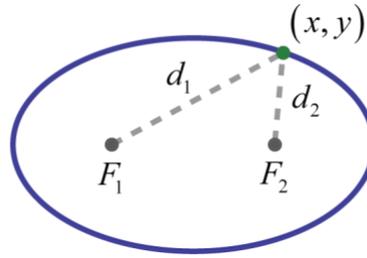
القطع الناقص هو مجموعة النقاط في المستوى الذي يكون مجموع المسافات بين نقطتين ثابتتين، تسمى البؤرتين، يساوي ثابتاً موجباً. بمعنى آخر، إذا كانت النقطتان  $F_1$  و  $F_2$  هما البؤرتان (جمع التركيز) وكان  $d$  ثابتاً موجباً، فإن  $(x,y)$  هي نقطة على القطع الناقص إذا كانت  $d=d_1+d_2$  كما هو موضح أدناه .



شكل (8) يوضح القطع الناقص في النموذج القياسي .

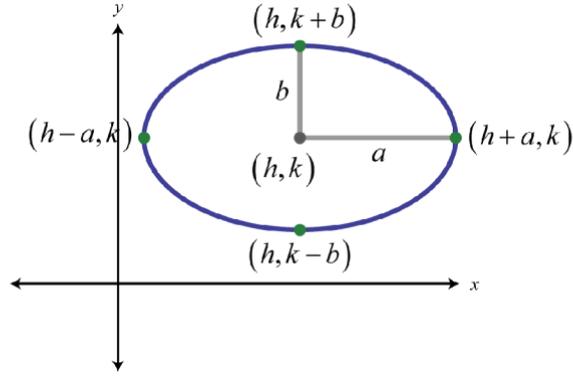
بالإضافة إلى ذلك، يمكن تكوين القطع الناقص من تقاطع مخروط مع مستوى مائل لا يوازي جانب المخروط ولا يتقاطع مع قاعدة المخروط. النقاط الموجودة على هذا الشكل البيضاوي حيث تكون المسافة بينها عند الحد الأقصى تسمى القمم وتحدد المحور الرئيسي. مركز القطع الناقص

هو نقطة المنتصف بين القمم. المحور الأصغر هو القطعة المستقيمة التي تمر بمركز القطع الناقص والتي تحددها نقطتان على القطع الناقص حيث تكون المسافة بينهما عند الحد الأدنى. تسمى نقاط النهاية للمحور الأصغر بالقمم المشتركة. كما موضح في الشكل ادناه .



### شكل (9) يوضح القطع الناقص بتحديد نقطة معينة .

إذا كان المحور الرئيسي للقطع الناقص موازيًا لمحور  $x$  في المستوى الإحداثي المستطيل، نقول أن القطع الناقص أفقي. إذا كان المحور الرئيسي موازيًا للمحور  $y$ ، نقول أن القطع الناقص عمودي. في هذا القسم، سنهتم فقط برسم هذين النوعين من القطع الناقص. ومع ذلك، فإن القطع الناقص لديه العديد من التطبيقات في العالم الحقيقي، ويتم تشجيع إجراء المزيد من البحوث حول . هذا الموضوع الغني. في المستوى الإحداثي المستطيل، حيث يكون مركز القطع الناقص الأفقي هو [خطأ في معالجة الرياضيات] لدينا .

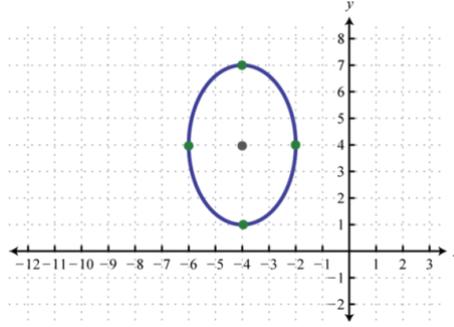


شكل (10) يوضح قطع ناقص افقي على المستوى الاحداثي.

#### 14- القطع الناقص في الشكل العام (Ellipse in general shape) .

لقد رأينا أن الرسم البياني للقطع الناقص يتحدد بالكامل من خلال مركزه واتجاهه ونصف قطره الرئيسي ونصف قطره الأصغر؛ والتي يمكن قراءتها من معادلتها في الصورة القياسية. ومع ذلك، لا يتم تقديم المعادلة دائماً في شكل قياسي. فيما يلي معادلة القطع الناقص في الصورة العامة [7].

$$\frac{(x - h)^2}{a^2} + \frac{(y - k)^2}{b^2} \dots\dots\dots 20$$



شكل (11) يوضح قطع ناقص على المستوى الاحداثي ذات المحور العمودي .

$$\sqrt{\left(-\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} - c \dots\dots\dots 22$$

هذه المعادلة تمثل معادلة نصف القطر للقطع الناقص

$$A = \pi ab \dots\dots\dots 23$$

هذه تمثل معادلة المساحة للقطع الناقص حيث ان  $b, a$  تمثل طول نصف القطر الرئيس

والثانوي

## 15 - الانشطار النووي (Nuclear fission)

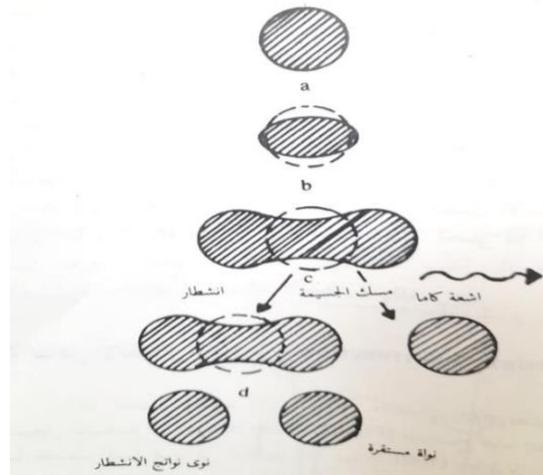
### 15- اكتشاف الانشطار النووي (Discovery of nuclear fission)

ان فكرة الانشطار النووي تبلورت بصورة واضحة بعد اكتشاف النيوترون ، وكذلك بعد اكتشاف النشاط الاشعاعي الاصطناعي من قبل في عام 1932 جوليت كوري عام 1934 . بعدها حاول فرمي (Fermie) تحضير النظائر المشعة للعناصر باستخدام النيوترونات البطيئة ( عملية الابطاء تمت في البرافين ) . ان تجارب فيرمي في توليد النظائر المشعة للعناصر الكيماوية التي كانت معروفة انذاك ادت الى اكتشاف عناصر ما بعد اليورانيوم ( $Z > 92$ ) .

ان اول من اكتشف عملية الانشطار النووي هما العالمان اوتوهان وشتر اسمين ( Attohann and Strassman ) وذلك عام 1939. حيث تم قصف مادة اليورانيوم بنيوترون بطيء تولد على اثرها نظيرا الباريوم  $Ba^{139}$  والانتنيوم  $La^{140}$ . لقد فسر اوتوهان وشتراسمن العملية هذه على اساس ان اليورانيوم المقصوف يكون غير مستقر وبذلك تنقسم الى نواتين بكتلتين ذريتين متوسطتين . لقد اطلق على هذه العملية بالانشطار النووي (Nuclear fission) بعد هذا الاكتشاف استمرت دراسة عملية الانشطار بصورة مفصلة وتم وضع النظريات العلمية لتفسيرها استناداً لتطور تركيب النواة . ففي يومنا هذا وجد ان هناك عدداً كبيراً من العناصر الثقيلة تشترك في الانشطار وان هذا الانشطار لا يحدثه فقط النيوترون البطيء وانما النيوترون السريع والجسيمات المشحونة واشعة كما ايضاً .

## 16- تفسير ظاهرة الانشطار النووي ( Explaining the phenomenon of ) (nuclear fission)

لا توجد نظرية محددة في الوقت الحاضر تفسر ظاهرة الانشطار النووي . لكن نلز بور وجون ويلر (Boher and wheelr) وضعوا تفسيراً لظاهرة الانشطار تعتمد على نموذج قطره السائل فبالنسبة لهذا النموذج تعامل النواة المولدة للانشطار 1239 في المستوى الارضي كقطره سائل كروية لهذا فانه من الممكن هنا الاخذ بنظر الاعتبار عاملين فقط يكونان هما المسؤولين عن شكل النواة . الشد السطحي أو السطحي والتنافر الكولومبي او التأثير الكولومبي . فالتنافر الكولومبي يحاول تغيير شكل النواة الكروي نتيجة وجود البروتونات فيها . اما الشد السطحي فيحاول التغلب على قوة التنافر الكولومبي ويبقي النواة في شكلها الكروي . فعند امتصاص اي نواة كروية الشكل الجسيمة او اشعة كما فان هذا سيزيد من طاقة النواة ويجعلها في وضع الاستثارة مما يشوه شكلها الكروي . وكلما زادت طاقة الأستثارة فان التشويه بشكل النواة يزداد . الشكل ( 12 ) يوضح مراحل عملية الانشطار النووي .



شكل (12) يوضح مراحل الانشطار النووي .

ولنأخذ حالة النواة في الشكل (12) فهناك حالتان من الممكن حدوثهما ، الأولى : اذا كان تأثير الشد السطحي اكبر من قوة التنافر الكولومبي ، فان النواة في هذه الحالة تحاول التخلص من الطاقة الفائضة بواسطة بعث اشعة كما ومن ثم تأخذ الشكل الكروي ثانية وتصبح في حالة استقرار . اما في الحالة الثانية : والتي يكون فيها تأثير قوة كولوم أكبر من تأثير الشد السطحي، فان النواة سوف تتشطر الى قسمين وهذا يعني حصول عملية الانشطار النووي. في بعض النوى الثقيلة يحصل الانشطار نتيجة لقصفها بواسطة النيوترون الحراري ، او في البعض الآخر قصفها بالنيوترونات ذات الطاقة العالية أو جسيمات مشحونة أو يحصل الانشطار . كذلك عندما تسقط عليها جسيمات ذات طاقة  $Mev$  (20 او 30) تقريباً . ففي كل هذه الحالات أعلاه تكون الطاقة الممتصة كافية لان تجعل شكل النواة كما في الشكل (12) اما بالنسبة للنوى التي عددها الكتلي  $A=200$  فأنا نحتاج الى طاقة استتارة عالية لغرض حصول الانشطار . اما النوى التي عددها الكتلي  $A = 230$  او  $A = 240$  فأنا نحتاج الى طاقة استتارة قليلة جدا لحصول الانشطار . اما النوى  $U^{233}$  ,  $U^{235}$  ,  $Pu^{239}$  فأنها في حالة خاصة حيث يحصل لها انشطار حتى ولو امتصت نيوترونات طاقتها الحركية صفر تقريباً . لذا نستدل بان هذه النوى مفيدة جداً وذلك لاستخدامها في عمليات الانشطار النووي [6] .

## Reference :

- [1] DAS, Ashok; FERBEL, Thomas. *Introduction to nuclear and particle physics*. World Scientific, 2003.
- [2] Anastasio, M. R., Celenza, L. S., Pong, W. S., & Shakin, C. M. (1983). Relativistic nuclear structure physics. *Physics Reports*, 100(6), 327-392.
- [3] ARNIKAR, Hari Jeevan. *Essentials of nuclear chemistry*. New Age International, 1995.
- [4] KRANE, Kenneth S. *Introductory nuclear physics*. John Wiley & Sons, 1991.
- [5] CHOPPIN, Gregory; LILJENZIN, Jan-Olov; RYDBERG, Jan. *Radiochemistry and nuclear chemistry*. Butterworth-Heinemann, 2002.
- [6] [صالح , اسعد جلال . مقدمة في الفيزياء النووية . جامعة البصرة , 1988.
- [7] STEINHAUS, 1969, *Mathematical Snapshots* .(Third American ed.), Oxford University .
- [8] WOODS, FREDERICK S . (1961) [1922], *Higher Geometry / An Introduction to Advanced Methods in Analytic Geometry*, Dover.
- [9] WONG, SAMUEL; S.M. *Introductory nuclear physics*. SECOND EDITION, UNIVERSITY OF TORONTO .
- [10] عبيد , علي خلف . محاضرات الفيزياء النووية . كلية التربية للعلوم الصرفة , جامعة الانبار .

