حيث المسقط j_z عبارة عن $j_z=m_j\hbar$ وقيم $m_j=-j\ ,-j+1\ \text{------}j-1\ ,j$

للنوى ذات العدد الكتلي الفردي فأن قيمة I نصف عدد صحيح والنوى ذات العدد الكتلي الزوجي فأن قيمة I عدد صحيح والقيم المقاسة للبرم I تعطي معلومات مهمة عن التركيب النووي والبرم النووي عادة ودائما يستخدم لترميز مستوى الطاقة النووي.

مستويات الطاقة المتهيجة Nuclear exited states

مثلما هو الحال في الذرة ممكن دراسة التركيب النووي من خلال دراسة خواص المستويات النووية المتهيجة ويتم الحصول على المستويات المتهيجة في الذرة بتحريك الالكترونات المنفردة الى مدارات طاقة عاليا, في الحالة النووية يعمل نفس الشيء بالنسبة للنيكلونات المنفرده لذا فأن المستويات المتهيجة النووية تعطي صورة عن شكل مدارات النيكلونات المنفردة

عملية الحصول على مستويات المتهيجة النووية هو باضافة طاقة الى مركز النيكلونات المزدوجة وهذه ممكن ان نتكون اهتزازية اودورانية جماعية لكل مركز النيكلونات المترابطة ا وان الطاقة تعطى الى النيكلونات المترابطة ا وان الطاقة تعطى الى النيكلون المنفرد المسؤول عن الخواص النووية للنواة .

الهدف من دراسة الاطياف النووية المنبعثة عن النواة المتهيجة هو مشاهدة المستويات المتهيجة وقياس خواصها الطرق التجريبية لهذا الغرض هي

1-تحلل النشاط الاشعاعي 2-التفاعلات النووية

الخواص التي تقاس لكل مستوي متهيج هي:

1-طاقة المستوي المتهيج 2-عمر ونمط انحلال المستوي 3-البرم والتماثل 4-العزم الثنائي المغناطيسي والعزم الرباعي الكهربائي

التماثل π

هو مصطلح مهم في الفيزياء الذرية والنووية وليس له مشا بهه للفيزياء الكلاسيكية ,والتماثل هو خاصية للدالة التي تصف المجموعة الكمية وان دالة الموجة التي تمثل جسيمة واحدة يقال عنها تماثل موجب وهذا التماثل الموجب اذا كانت اشارة دالة الموجة لاتتغير عند انعكاسها على نقطة الاصل في النظام الكمي ويقال ان لها تماثل سالب اذا تغيرت اشارتها .اذا كانت دالة الموجه معلومة فبالإمكان تحديد التماثل وذلك من حاصل ضرب تماثلات النويات التي عددها A وحتى الوصول الى نتيجة ان التماثل اما موجب او سالب

$$\Pi=\pi 1\pi\ 2\pi\ 3\pi\ 4\text{----------}\pi A$$

في الواقع لايمكن الوصول الى هذه النتيجة لهكذا عمليات ضرب لانه اساس لايمكن تعيين دالة الموجة محددة ذات تماثل معروف لكل نوية لكن التماثل يحدد عمليا عن طريق نتائج التفاعلات والتحللات النووية .,التماثل خاصية عامة ويستخدم ايضا الترميز مستويات الطاقة النووية

$$I^{\pi}=0^{+}\ ,(1/2)^{-}\ ,2^{+}\ ,(5/2)^{+}$$

العزوم الكهرومغناطيسية النووية Nuclear Electromagnetic moments

ان توزيع الشحنات الكهربائية والتيارات تولد مجالات مغناطيسية وكهربائية تتغير مع المسافة r بشكل مميز .يحدد لكل توزيع عن الشحنات او التيارات الكهربائية عزم متعدد الاقطاب اي عزم احادي القطب monopole وعزم ثنائي القطب dipole وعزم رباعي القطب quadrapole

العزم الثنائي المغناطيسي μ magnetic dipole moment

لحلقة دائرية تحتوي مساحة A ويسري فيها تيار كهربائي i عزم مغناطيس μ مقداره:

$$\mu = IA \qquad ----1$$

اذا كان التيار ناتج عن شحنة e تتحرك بسرعة v في دائرة نصف قطرها r في زمن دوري $2\pi r/v$ فأن العزم الثنائي المغناطيسي :

$$\mu=(e/2\pi r/v)\ \pi r^2 = evr/2 = (e/2m)\ l \qquad --2$$

حيث ان $l=mvr$ والذي يمثل الزخم الزاوي الكلاسيكي

عند وضع l بصيغة الميكانيك الكمي فنأخذ فيمنه بالنسبة للمحور الذي عنده l لها اعظم مسقط وهو $m_l \hbar$ حيث ان m_l تساوي $m_l = +l$

وعلية فأن:

$$M =(e\hbar/2m)\ l \text{----------}3$$

L العدد الكمي المداري و$e\hbar/2m$ يمثل بالماكنيتون magneton وفي الحالة الذرية نستخدم كتلة الالكترون ونحصل على مكنيتون بوهر Bohr magneton

$$M_B = 5.7884\ X10^{-5}\ ev/T$$

وفي الحالة النووية تستخدم كتلة البروتون ونحصل على (الماكنيتوزن النووي) Nuclear magneton

$$M_N = 3.1525x10^{-8}\ ev/T$$

ومن الممكن صياغة العلاقة 3 بصيغة افضل فيكون العزم الثنائي المغناطيسي يساوي:

$$M = g_L L\ M_N \text{----------}4$$

حيث ان g_L عامل مرتبط بالزخم الزاوي المداري ويساوي 1 للبروتون

بالنسبة للعزم المغناطيسي البرمي لاتوجد صيغة كلاسيكية شبيهه له لذا تكتب معادلة 4 بالصيغة التي تعبر عنه

$$M = g_s\ S\ M_N \text{----------}5$$

$S=1/2$ ويمثل العدد الكمي البرمي وهو للالكترون والبروتون والنيترون اما g_s عامل مرتبط بالزخم الزاوي البرمي وقيمته النظرية تساوي 2 امافيمتها العمليه فهي 2.003 للالكترون وللبروتون $5.5856912 \pm 22X10^{-7}$ وللنيترون $(-3.8260837) \pm 18X10^{-7}$ ويلاحظ بالنسبة للالكترون هناك تطابق بين القيمتين النظرية والعملية اما بالنسبة للبروتون والنيترون عدم تطابق بين القيمتين النظرية والعملية ,وهذا يبين ان الالكترون هو جسيمة نقطية اما النيوكلونات فهير ليست جسيمات نقطية وانما جسيمات لها تركيب داخلي.

\

قيم العزوم المغناطيسية الثنائية النووية لمستوى الطاقة الارضي لبعض النوى

النويدة	العزم الثنائي المغناطيسي M_N
N	-1.4130418
P	+2.7928456
^{2}H	+0.8574376
^{17}O	-1.89379
^{57}Fe	+0.09062293
^{57}Co	+4.733
^{93}Nb	+6.1705

نلاحظ من الجدول اعلاه ان اعلى قيمة للعزم المغناطيسي هي 6.1705+ وهذا يدل على ان العزم الثنائي المغناطيسي متأتي فقط من نيكلونات التكافؤ وليس من نيكلونات المترابطة بقوة الالزدواج حيث كل نيكلونين عزم مغناطيسي زاوي وعزم مغناطيسي برمي ليعطي العزم الكلي.

العزم الكهربائي الرباعي النووي

العزم الكهربائي e Q لشحنة نقطية كلاسيكية هو

$$e\,(3z^2-r^2)$$

1-اذا كانت الجسيمة تتحرك بشكل متناظر كروي فأن $z^2=x^2=y^2=r^2/3$ وبالتالي فلا وجود للعزم الرباعي الكهربائي .

2-اذا كانت الجسيمة يحويها المستوي (x,y) فأن z تكون صفر ويكون $Q= - r^2$

هذا في الحالة الكلاسيكية اما في الميكانيك الكمي العزم الرباعي الكهربائي للنيكلون المنفرد هو:

$$eQ = e\int \psi^* \,(3z^2-r^2)\psi dv$$

لذا فأن:

1-اذكان $|\psi|^2$ متناظرة كرويا فأن Q=0

2- اذكان $|\psi|^2$ يحويها المستوي X,Y Z=0 فأن $Q=\langle r^2\rangle$

4 - اذكان $|\psi|^2$ على امتداد محور Z و Z=r فأن $Q=+2\langle r^2\rangle$ حيث ان$\langle r^2\rangle$ تمثل معدل مربع نصف القطر مثلما في البرم النووي I فأن لقوة الازدواج اثر في قيمة Q اذا النيكلونات المرتبطة مع بعضها بقوة الازدواج تتحرك بمدارات متناظرة كرويا فأن هذه النيكلونات لاتساهم بقيمة Q اي ان Q=0 .لذا فان قيمة Q تقدر بفعل نيكلونات التكافؤ التي تدور قرب السطح النووي . حيث ان نصف القطر النووي يساوي R_0A^{1L3} فأن:

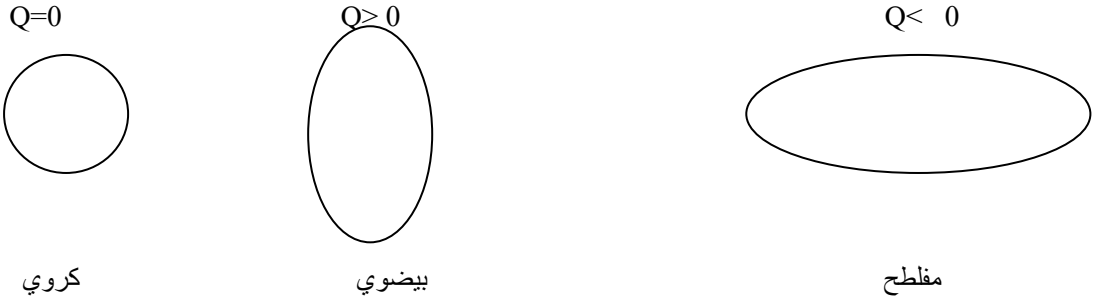
$$|eQ| =\leq e\,R_0^2\,A^{2/3}$$

قيمة العزم الرباعي الكهربائي تمتد من $6X10^{-30}$ e m^2 للنوى الخفيفة الى $50x10^{-30}$ e m^2 للنوى الثقيلة

قيم Q تقع بين eb(0.5-0.6) كما في الجدول التالي:

النويدة	العزم الرباعي الكهربائي لبعض النوى Q(b)
^{2}H	+0.00288
^{17}O	- 0.02578
^{57}Co	+ 0.400
^{137}Cs	-0.003
^{161}Dy	+2.4
^{176}Lu	+8.0

نلاحظ من الجدول اعلاه ان امتلاك بعض النوى قيمة عالية جدا للعزم الرباعي الكهربائي يدل ان هذه النوى لم تكن متناضرة كرويا (اي ان توزيع الشحنة النووية غير متناظر كرويا) وان قلب هذه النوىحصل فية تشوه كبير. ويكون قلب النوى المشوه اما على شكل بيضوي متطاول او مفلطح كما في الشكل التالي:



التناظر والنوى المستقرة

يكون التناظر عند النواة عندما يتساوى عدد البروتونات والنيترونات اي ان z=n , z=A/2

1-يحدث التناظر في النوى الخفيفة فقط Z=N

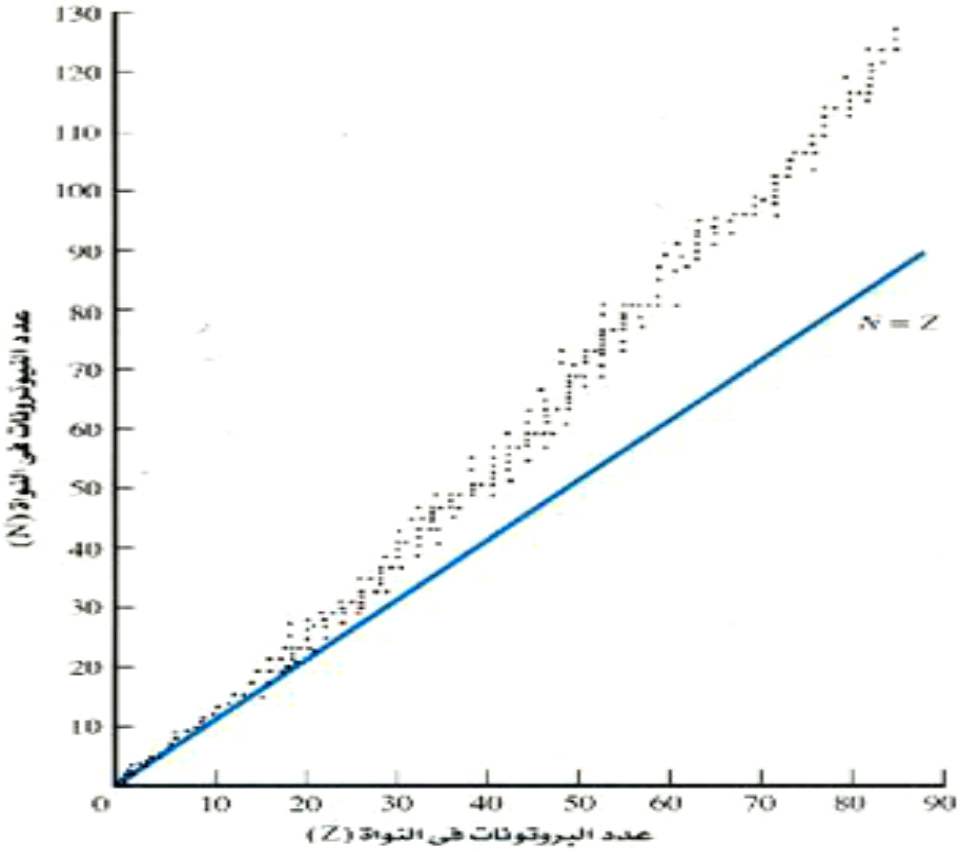
2-في النوى الثقيلة لايوجد تناظر Z≠N

3-عند الابتعاد عن منطقة النوى الخفيفة يحدث زيادة في عدد البروتونات ويتطلب ذلك ان يكون عدد النيترونات اكثر من عدد البروتونات بسبب قوة التنافر الكولومي بين البروتونات وذلك لجعل النواة اكثر تماسكا كون النيترونات تساهم في زيادة طاقة الربط النووي ,يعتمد استقرار النوى على طبيعة اعدادها النيترونية والبروتونية لذا فأن النوى الزوجيه –الزوجية تكون اكثر استقرار من غيرها فهي اكثر وفرة في الطبيعة .هناك هالات خاصة تكون فيها النوى اكثر استقرار والتي تكون فيها Z,N يساوي:

2,8,20,28,50,82,126

عدد النوى المستقرة	Z	N	A
166	زوجي	زوجي	زوجي
8	فردي	فردي	زوجي
57	فردي	زوجي	فردي
53	زوجي	فردي	فردي

والتي تسمى بالاعداد السحرية والشكل ادناه يمثل العلاقة بين Z.N وتوزيع النوى حسب استقراريتها.



$^{17}{}_{8}O$ N=9 J_P=0 J_N =5/2 $\pi = (-1)^L$ =+ $I = 5/2^+$