محاضرات الفيزياء النووية للمرحلة الرابعة

الفصل الاول :الخواص الاساسية للنواة CH 1 : Basic Properties of Nucleus

للنواة الذرية هناك خواص ثابتة لاتتغير مع الزمن تسمى بالخواص الاستاتيكية مثل الكتلة والشحنة والبرم النووي والتماثل والعزم الكهربائي والعزم المغناطيسي اما الخواص التي تتغير مع الزمن فتسمى بالخواص الديناميكية مثل الانحلال الاشعاعي التحول الصناعي (التفاعلات النووية).

مكونات النواة والمصطلحات الأساسية:

1-النواة : Nucleus

تحتوي نواة اي ذرة من الجسيمات على بروتونات ونيترونات ويطلق على كل منهما بصورة منفردة بالنيكلون Nucleon ويرمز للنواة بشكل عام: ${}^{A}_{Z}X_{N}$

حيث ان: A العدد الكتلي , Z عدد البروتونات داخل النواة او عدد الالكترونات خارج النواة) , N عدد النيترونات

النيكلون Nucleon/ عبارة عن نيترون او بروتون

النويدة / هي عنصر محدد بعدد كتلي وعدد البروتونات والنيترونات اي انها نواة معرفة العدد الكتلي والذري واذا لم تعرف قيمة n, p فهي نواة

النظائر ISOTOPES/هي نويدات اعدادها الذرية متساوية واعدادادها النيترونية مختلفة

$${}^{1}_{1}H \ , {}^{2}_{1}H \ , \ {}^{3}_{1}H$$

الايزوتونات ISOTONES / هي نويدات اعدادها النيترونية متساوية واعدادها الذرية مختلفة

$${}^{66}_{30}Zn_{36} \ , {}^{64}_{28}Ni_{36} \ , {}^{65}_{29}Cu_{36}$$

الايزوبارات Isobar / وهي نويدات اعدادها الكتلية ثابتة واعدادها الذرية والنيترونية مختلفة

$${}^{50}_{24}Cr \ , {}^{50}_{23}V \ , {}^{50}_{22}Ti$$

النوى المراتية/هما ايزوبارات عددهم الذري والنيتروني متبادل

$${}^{7}_{3}Li_{4} \ , {}^{7}_{4}B_{3}$$

الايزوميرات/ وهي نوى متشابهة بالتركيب ومختلفة بالخواص :

$${}^{234}_{91}Pu_{143} \ , {}^{234}_{91}Pa_{143}$$

الايزومير النووي/هي نويدة موجودة في حالة متهيجة لفترة زمنية يمكن قياسها مثل (4.4 Hr) ${}^{80}_{35}B^{*}$

وحدات القياس النووية:

1 - الابعاد :وحد قياس الابعاد النووية هي الفيرمي والتي تساوي

$1\ f=10^{-15}m$

2 - عامل الزمن:/التفاعلات النووية وتحللات النشاط الاشعاعي تحدث في فترات زمنية تتراوح مابين اجزاء من الثانية الى ملايين السنين مثلا هناك تفاعلات تحدث ضمن حدود 10^{-20}sec ,تحلل كاما يحدث مابين 10^{-9}-10^{-12} وتحلل الفا وبيتا من دقيقة الى ملايين السنين.

3 - وحدة قياس الكتلة : وتعرف بأنها كتلة ذرة واحدة من الكاربون 12 مقسومة على 12 ,ويرمز لها بالرمو u

والتي تساوي :

$$1\ u=m(^{12}c)/12=(1/12)M_{12}/N_A=1.6X10^{-27}KG$$

الكتلة والشحنة

. من المعرف ان العدد الكتلي للنوة هو مجموع البروتونات والنيترونات داخل النواة وعدد البروتونات يمثل العدد الذري وعدد النيترونات يمثل الفرق بين العدد الكتلي والعدد الذري حيث يرمز للعدد الكتلي بالرمز A وعدد البروتونات بالرمز P والعدد الذري بالرمز Z والعدد النيتروني بالرمزN حيث ان:

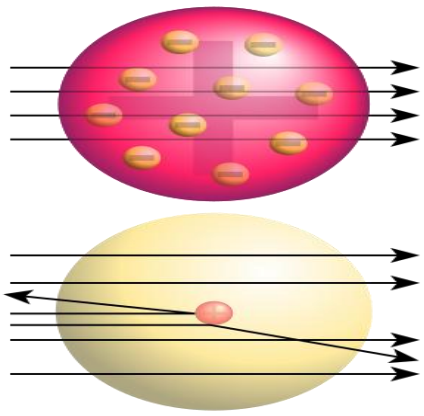
$$A=N+Z$$

لذا يمكن تمثيل النواة بهذه الاعدد المشار اليها بالشكل $^{A}_{Z}X_{N}$ ولما كانت النواة مكونة من البروتونات والنيترونات فان كتلتها M مساوية الى $M\approx Zm_p+Nm_n$ حيث ان m_p تمثل كتلة البروتون وm_n تمثل كتلة النيترون وكما هو معرف ان البروتون موجب الشحنة والنيترون متعادل الشحنة والنواة عادة تكون متعادلة الشحنة كون الالكترونات خارج تكون سالبة الشحنة وتقاس كتلة النواة بواسطة جهاز المطياف الكتلي , من الجدير ان اشارة التقريب بين الكتلة و كتل مكوناتها يدل على ان هناك فرق بين كتلة النواة وكتل مكوناتها والذي يطلق عليه بالنقص الكتلي(العيب الكتلي) ويرمز له بالرمز Δ حيث يساوي M- A والنقص الكتلي يعتبرهو المسؤول عن طاقة الربط النووي .تمتلك النواة شحنة موجبة تحسب من عدد البروتونات(العدد الذري) الموجودة داخل النواة وعلية فأن شحنة النواة تساوي Ze اي العدد الذري مضروبة في شحنة الالكترون .

نصف قطر النواة

كما هو الحال لنصف قطر الذرة فأن نصف قطر النواة النووي كمية غير معروفة تعريفا حقيقيا .اي تجربة نووية يحدث فيها تفاعل بين نواتين تظهر في مجال التفاعل القوى النووية مجال عمل القوى النووية يعطي قياس لنصف القطر النووي واحد هذه التجارب والتفاعلات النووية التي تستخدم لقياس نصف القطر النووي هي تجربة التشتت لجسيمات الفا عن الهدف النووي(رقائق الفضة Ag)

كما موضح بالشكل ادناه:



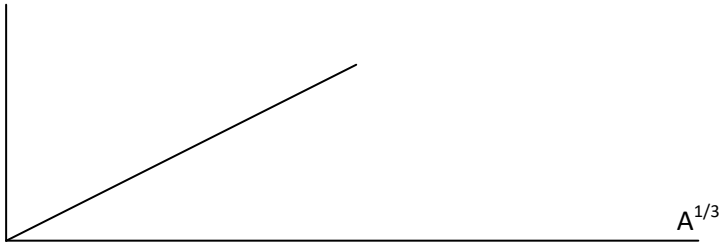
ومن الشكل نلاحظ ان قسم قليل من جسيمات الفا يرتد الى الخلف عن حصول التصادم الرأسي مع نواة الذرة ,حيث يمتلك جسيم الفا طاقة كامنة في لحظة حصول التصادم حيث ان الطاقة الحركية لجسيم في هذة اللحظة تساوي الطاقة الكامنة .حيث ان شحنة جسيم الفا تساوي 2e وشحنة النواة تساوي ze وعليه فأن الطاقة الكامنة تساوي:

$$E_K = E_P = K\frac{2e\ (ze)}{r}$$

حيث r مسافة اقرب اقتراب لجسيم الفا من نواة الهدف والتي يحصل فيها شذوذ قانون كولوم وبذلك تظهر اثار القوى النووية عند هذه المسافة ,والتي تعتبر مقياس لنصف القطر النووي ,الى جانب تشتت الفا هناك تجارب تشتت اخرى وضحت ان نصف القطر النووي الذي تظهر عنده اثار القوة النووية يمكن ان يكتب بصورة تقريبية على شكل التالي:

$$R=R_0A^{1L3}$$

حيث ان A تمثل العدد الكتلي وR نصف قطر النواة R_O ثابت نصف القطر معنى ذلك ان نصف قطر النواة يتناسب طرديا مع الجذر التكعيبي للعدد الكتلي R



حيث وجد ان ثابت نصف القطر النووي من تجارب التشتت لجسيمات الفا يساوي 1.4 F وللاكترونات يساوي 1.2F

اذا اعتبرنا النواة على شكل كرة متكونة من A من الجسيمات الصلدة فان حجم النواة يساوي $V=4/3\ \Pi\ R^3$ اي ان $V=4/3\pi\ R^3{}_O A$ وهذا يعني ان $V \sim A$,لكن الكتلة التقريبه للنواة تساوي A/N_A حيث ان N_A يمثل عدد افوكادرو

وعليه يمكن معرفة كثافة النوة والتي تسوي $\rho = \frac{1}{\frac{4}{3}\pi R_0^3\ \ N_0}$ وبالتعويض عن الثوابت نجد ان كثافة النواة تساوي

$$10^{14}gm/cm^3$$

وهذا يعني ان النواة عبارة عن وسط كثيف جدا وان المادة النووية غير قابلة للانضغاط

<u>توزيع كثافة النواة</u>

لمعرفة كيفية توزيع كثافة الشحنة النووية فقد تم اجراء عدة تجارب من ضمنها تجربة تشتت الالكترونات من نواة الهدف وقد اجريت تجربة تشتت الالكترونات على اربع نويدات كمثال لاعلى سبيل الحصر

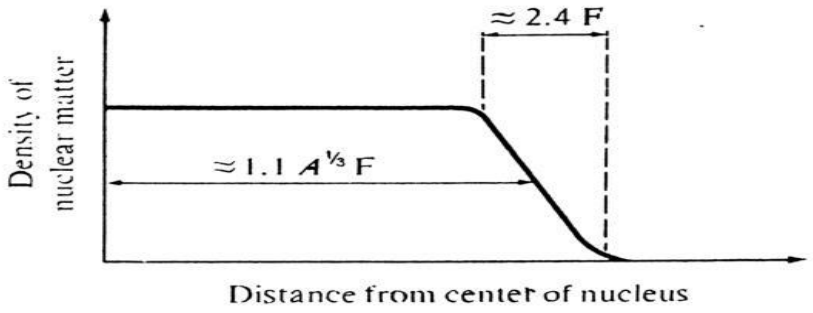
$$^{36}Ni\ ,\ ^{16}O\ ,\ ^{12}C\ ,\ Pb^{206}$$

وتبين من تحليل هذه الدراسة النتائج التالية:

1-ان كثافة الشحنة النووية في مركز النواة هي نفسها ثابتة في جميع النوى.

2-ان كثافة الشحنة النووية لاتنتهي قطعيا عند نصف القطر R ولكنها تتغير حسب الشكل الموضح ادناة

الكثافة النووية تغير الكثافة النووية مع المسافة



حيث وضع العالم الفيزياوي هوفستادلر 1953 ان كثافة النواة تتغير عبر النواة حسب العلاقة التالية:

$$\rho_{(R)=\rho_0}[1+e^{\left(\frac{r-R}{a}\right)}]^{-1}$$

حيث ان ρ(r) تمثل كثافة النواة كدالة للبعد ρ_0 تمثل كثافة الشحنة المركزية

fmR=1.07$A^{1/3}$ اما a والذي يسمى بالسمك النصفي فهو عامل له علاقة بما يسمى بالمنطقة السطحية surface region وتعرف بانها المنطقة المحصورة بيم سطحين كرويين الكثافة النووية على الاول تساوي ρ_0 0.9 ونصف $r_{0.9}$ وعلى الثاني تساوي $0.1\rho_0$ ونصف قطر $r_{0.1}$ اي انrاي ان سمك المنطقة السطحي هو $r0.1 - r0.9 = a$ = 2.4f. حيث ان:

P_0=0.165 nucleons/fm

a عامل له علاقة بسمك السطح النووي والذي يساوي t=4.4a

مثال: احسب وارسم توزيع كثافة النيوكلونات لنواة الكوبات Co-59 كدالة للبعد عن مركز النواة عند القييم

r= 0.2.4.6.8,10 fm

solusion:

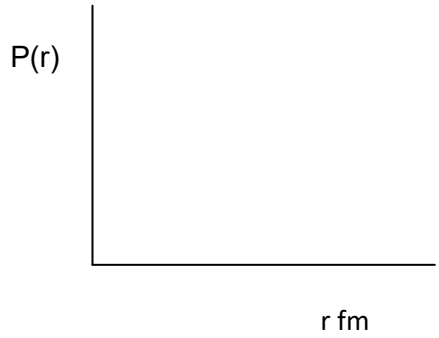
$R=R_0A^{1/3}$ R_0=1.2 Fm ,A=59

$R=1.2(59)^{1/3}$=4.6715

a= 0.545 fm, ρ_0=0.165 nucl/fm

ρ(0)=0.1649 ,ρ(2)=0.1637 ,ρ(4)=0.1277 ,ρ(6)=0.0132 ρ(8)=3.6x10^{-4} ρ(10)=9.3x10

r	ρ(r)
0	0.1649
2	0.1637
4	0.1277
6	0.0132
8	0.00036
10	0.0000093

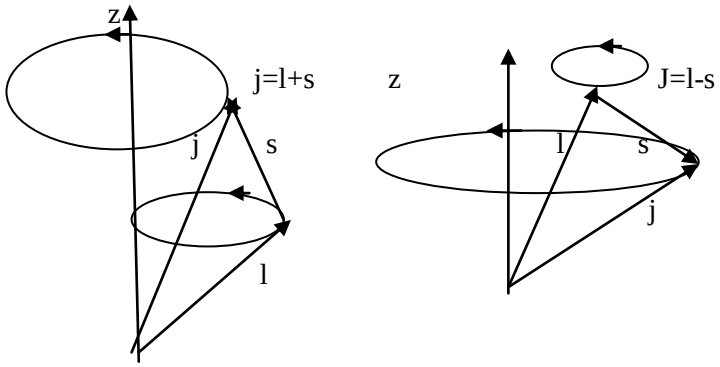


تمرين :احسب مقدار البعد عن مركز النواة اعلاه الذي عنده تصبح كثافة النيكلونات نصف ماعلية عند المركز

البرم النووي والتماثل: Nuclear spin and parity

في الميكانيك الكمي يوجد للنوية المنفردة حركة برمية (مغزلية) بالاضافة الى الحركة المدارية حول المحور z متجة الزخم الزاوي المداري l ومتجة الزخم الزاوي s يرتبطان متجهيا لتكوين الزخم الزاوي الكلي j للنووية.

اي ان $j=s-l$, $j=s+l$ والشكل ادناه يمثل حلات الارتباط بين الزخم البرمي والمداري في نفس الاتجاة اوعكس الاتجاه والشكل يمثل التمثيل المتجهي للزخم الزاوي حسب قواعد الميكانيك الكمي:



اما الزخم الزاوي الكي للنواة يسمى بالبرم النووي ويرمزله I وهو عبار عن مجموع الزخوم الزاوية الكلية للنويات الموجودة داخل النواة

حالات تكون البرم للنواة:

الزخم الزاو الكلي للنواة تحتوي A من النيكلونات هو الجمع المتجهي للزخوم الكلية لجميع النيكلونات وحالات تكون البرم تعتمد على النيكلون المنفرد الذي يحدد الخواص النووية لذا فأن:

1-في حالة النيكلون المنفرد $I=j$

2-في حالة نيوكلونين منفردين $I=j1+j2$

3-في بعض الحالات يكون برم النواة I متأتي من النيكون المنفرد والقلب للنيكونات المتبقية اي ان:

$I=j$ (للنيكلون المنفرد) + j(النيكلونات المتبقية)

فيمة $s=1/2$ لذا فان قيمة $j=1/2$,3/2.5/2, -------- وعلية فأن المستوي الواحد تكون له قيمتين محتملتين هي: $j=L-1/2$, $j=L+1/2$

وبالتالي فأن مركبات J_z (j) تسمى j_z هي بالمثل انصاف اعداد صحيحة $\mp\frac{1}{2}\ \hbar,\ \mp\frac{3}{2}\ \hbar$