الفصل الاول

الخواص الثابتة للنواة :

١-شحنة النواة (Q_N (Nuclear charge) : تعزى شحنة النواة الى شحنة بروتوناتها ، حيث ان النيوترونات عديمة الشحنة ، لذا فشحنة النواة تساوي العدد الذري Z مضروبا بشحنة البروتون $q_p=+1.6\times10^{-19}$ C حيث :

$$Q_N=Z*q_p=+1.6\times10^{-19}\ Z \qquad \text{.....(2)}$$

٢-كتلة النواة (M_N (Nuclear mass : ان كتلة النواة هي بالحقيقة اقل قليلا من مجموع كتل بروتوناتها ونيوتروناتها ، اي ان :

$$M_N < (Zm_p + Nm_n)$$

حيث m_p كتلة البروتون ، m_n كتلة النيوترون ، وبالحقيقة ان الفرق بين مجموع كتلة البروتونات والنيوترونات وكتلة النواة قد تحول الى طاقة لربط النيوكليونات مع بعضها داخل النواة .

٣-حجم النواة (nuclear size) : ان اول محاولة لتحديد حجم النواة ، او نصف قطر النواة ، كانت قد تمت من قبل راذرفورد والذي افترض تصادما رأسيا وهميا بين جسيمة الفا والنواة فبأقتراب الجسيمة من النواة فانها ستتباطأ نتيجة التنافر الكولومي بينهما الى ان تصل (جسيمة الفا) الى نقطة تكون فيها أقرب ما يمكن من النواة وعنها تتوقف عن الحركة وتتحول طاقتها الحركية (T_α) الى طاقة كامنة كهربائية (E_p) بشرط اعتبار النواة ساكنة خلال هذا التصادم. حيث :

$$T_\alpha = E_p = \frac{K.Z_e.2_e}{R} = \frac{K2e^2Z}{R}$$

$$\therefore R = \frac{K.2e^2Z}{T_\propto} \text{ ..... (3)}$$

حيث R : مسافة اقصر اقتراب من النواة وهي تمثل الحد الاعلى لنصف قطر النواة

Z_e : شحنة النواة

2e : شحنة جسيمة الفا

ان استعمال الالكترونات وبعض الدقائق النووية الاخرى بدلا من جسيمات الفا في اجراء تجارب الاستطارة يعطي دقة اكثر ، وقد ظهر ان نصف القطر الذي تبرز عنده التأثيرات النووية يمكن ان يكتب تقريبا كما يلي:

$$R=R_oA^{1/3}$$

حيث ان R_o هو ثابت نصف القطر ويأخذ القيم :

R_o = 1.4 Fm للجسيمات النووية

1.2 Fm للالكترونات

٤-الكثافة Density (ρ) :

نفرض ان النواة كروية الشكل تقريبا لذلك فان حجمها يعطى بالعلاقة :

$$V_N=\frac{4}{3}\pi R^2=\frac{4}{3}\pi r_o^3 A$$

$$\rho=\frac{m_N}{V_N}=\frac{ZM_p+NM_N}{\frac{4}{3}\pi r_o^3 A}$$

But $M_P \cong M_N \rightarrow M_N=(Z+N)M_N=AM_N$

$$\therefore \rho=\frac{AM_N}{\frac{4}{3}\pi r_o^3 A}=\frac{1.0087\ amu}{\frac{4}{3}\times\pi\times(1.4F)^3}\cong 0.09\ \text{amu/Fm}^3$$ وهي مقدار ثابت .

٥-توزيع الشحنة داخل النواة Charge distribution in the nucleus :

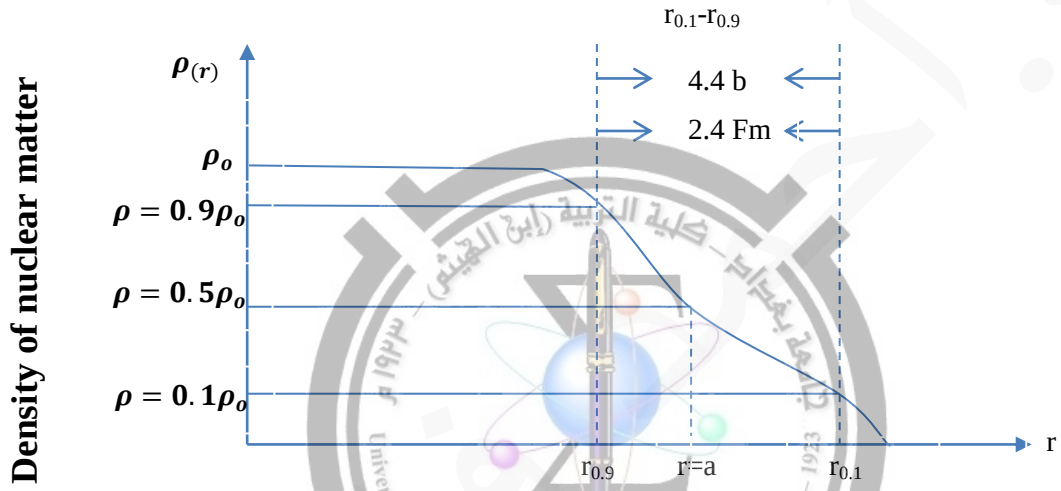
ان كثافة الشحنة الكهربائية داخل النواة (الثقيلة) ثابتة تقريبا حتى تصل الى الصفر عند سطحها ، ويمكن ان نعبر عنها بقانون التوزيع لفيرمي .

$$\rho_{(r)} = \frac{\rho_o}{1+exp\left(\frac{r-a}{b}\right)}$$

حيث a : هو نصف القطر الذي تصبح عنده الكثافة الاصلية نصف قيمتها $\left(\frac{\rho_o}{2}\right)$ ويسمى half-way radius

b : surface thickness parameter (مقياس لسمك السطح) =0.55 Fm

ρ_o : وتساوي 0.165 nuclou /Fm^3 (الكثافة في مركز النواة) .



(شكل يوضح توزيع الكثافة النووية لنواة طبيعية)

٦-الزخم البرمي للنواة Nuclear spin :

لقد افترض باولي (Pauli) بان للبروتون والنيوترون زخما زاويا ذاتيا مقداره $\left(\frac{1}{2}\hbar\right)$ كما هي الحال بالنسبة للالكترونات، وبما ان الزخم الزاوي هو مقدار اتجاهي ، لذلك فان الزخم الزاوي الكلي للنواة هو عبارى عن المجموعة الاتجاهي للزخوم الزاوية لمكوناتها ويرمز للزخم الزاوي للنواة بالرمز J ، وقد وجد تجريبيا ان النوى الزوجية – الزوجية (لها عدد زوجي من البروتونات وعدد زوجي من النيوترونات) يكون لها J=0 ، اما النوى

الفردية – الفردية فيكون لها J عدد صحيح ، اما النوى الزوجية – الفردية وكذلك النوى الفردية – الزوجية فان لها مضاعفات النصف لقيمة J .

امثلة : ١- نواة $^{16}_{8}O_{8}$: يكون البرم الكلي لهذه النواة يساوي صفر .

٢- نواة $^{17}_{8}O_{9}$: يكون البرم الكلي للنواة يساوي $\frac{1}{2}$.

٣- نواة $^{14}_{7}N_{7}$: يكون البرم الكلي لها عدد صحيح مثل ٠ ، ١ ، ٢ ، ٣ .

الخواص الحركية للنوى Dynamic Properties of Nuclei :

كما في حالة الفيزياء الذرية ، فان النوى تتهيج الى حالات محددة من الطاقة ، ان الانتقال بين حالات الطاقة يتم عن طريق انبعاث اشعة نووية (اشعة كاما مثلا) ، الفرق بين فواصل الطاقة للحالات في الفيزياء الذرية هو بحدود الالكترون فولت ، بينما في الحالات النووية تكون الفوارق في حدود اكثر من $10^4 - 16^6$ eV . ان دراسة حالات الطاقة وطيف اشعة كاما في النواة قد ادى الى تحديد مستويات الطاقة النووية والتي ادت بدورها الى ظهور النماذج النووية .

***ويمكن ان تتحول النوى من نوع الى آخر . تحدث بعض هذه التحولات تلقائيا بينما يتم احداث التحولات الاخرى عن طريق القصف النووي وفي جميع الحالات يبقى العدد الكلي للنيوكليونات ثابتا ، وكذلك فان قوانين حفظ الطاقة والكتلة وقوانين حفظ الزخم الخطي والزاوي يجب ان تتحقق أيضاً .**

النوى المرآتية Mirror nuclei :

عندما يكون عدد النيوكليونات متساويا لنواتين ويكون عدد البروتونات في احداهما مساويا لعدد النيوترونات في الاخرى فان النواتين تكونان ما يسمى بزوج النوى المرآة.

ومن الامثلة على ذلك :

$$^{13}_{6}C_7 - ^{13}_{7}N_6 \ , \ ^{11}_{5}B - ^{11}_{6}C \ , \ ^{7}_{3}L_i - ^{7}_{4}B_e$$

حل مسائل مختارة من الفصل الأول / فايز صوف

1-1 (ب) بروتون ذو طاقة حركية 0.2 MeV اصطدم رأسياً بجسيم ألفا كان ساكناً. ما هي أقرب مسافة يقترب بها البروتون من جسيم ألفا مقدرة بالفيرمي؟

$$D = \frac{2Ze^2}{T_\alpha}, \quad e = 4.8 \times 10^{-10} \text{ esu}$$

$$Z_\alpha = 2$$

$$T_\alpha = 0.2 \text{ MeV} = 0.2 \times 1.6 \times 10^{-6} \text{ erg}$$

$$D = \frac{2(2)(4.8 \times 10^{-10} \text{ esu})^2}{0.2 \times 1.6 \times 10^{-6} \text{ erg}} = 28.8 \times 10^{-13} \text{ cm}$$

$$= 28.8 \text{ F}$$

(ج) إذا اصطدم جسيم ألفا رأسياً ببروتون في حالة سكون فما هي طاقة جسيم ألفا اللازمة لكي تصبح أقرب مسافة بينهما مساوية للمسافة في فرع (ب)؟

$$T_\alpha = \frac{2Ze^2}{D}$$

$$= \frac{2(2)(4.8 \times 10^{-10} \text{ esu})^2}{28.8 \times 10^{-13} \text{ cm}} = 6.667 \times 10^{-8} \text{ erg}$$

$$= \frac{6.667 \times 10^{-8} \text{ erg}}{1.6 \times 10^{-6} \frac{\text{erg}}{\text{MeV}}} = 0.0417 \text{ MeV}$$

1-3 احسب الكثافة النووية بوحدات (أ) غم/سم^3 (ب) نيوكلون/f_m^3

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{Z m_p + N m_n}{\frac{4}{3}\pi R^3}, \quad m_p \approx m_n, \quad R = R_0 A^{\frac{1}{3}}$$

$$\approx \frac{m_n(Z+N)}{\frac{4}{3}\pi (R_0 A^{\frac{1}{3}})^3} = \frac{m_n A}{\frac{4}{3}\pi R_0^3 A} = \frac{3 m_n}{4\pi R_0^3} \qquad (أ)$$

$$= \frac{3(1.67 \times 10^{-24}\ gm)}{4(\frac{22}{7})(1.2 \times 10^{-13}\ cm)^3} = 2.8 \times 10^{14}\ gm/cm^3$$

(ب)

$$\rho = \frac{3 m_n}{4\pi R_0^3}$$

$$= \frac{3(1.0087\ amu)}{4(\frac{22}{7})(1.2F)^3} \cong 0.139\ nucl./F^3$$