محاضرات في الفيزياء الاشعاعية

اعداد

د٠ محمد علوش

كلية التربية بالغردقة

جامعة جنوب الوادي

2022-2023

Length

1 km = 0.6215 mi
1 mi = 1.609 km
1 m = 1.0936 yd = 3.281 ft = 39.37 in
*1 in = 254 cm
*1 ft = 12 in = 30.48 cm
*1 yd = 3 ft = 91.44 cm
1 light-year = 1 c · y = 9.467×10^{15} m
*1 Å = 0.1 nm

Area

*1 $m^2 = 10^4$ cm^2
1 km^2 = 0.3861 mi^2 = 247.1 acres
1 hectare = 10^4 m^2 = 2.471 acres
*1 in^2 = 6.4516 cm^2
1 $ft^2 = 9.29 \times 10^{-2}$ m^2
1 m^2 = 10.76 ft^2
*1 acre = 43,560 ft^2
1 mi^2 = 640 acres = 2.590 km^2

Volume

*1 $m^3 = 10^6$ cm^3
*1 L = 1000 $cm^3 = 10^{-3}$ m^3
1 gal = 3.786 L
1 gal = 4 qt = 8 pt = 128 oz = 231 in^3
1 in^3 = 16.39 cm^3
1 ft^3 = 1728 in^3 = 28.32 L = 2.83 2×10^4 cm^3

Time

*1 h = 60 min = 3.6 ks
*1 d = 24 h = 1440 min = 86.4 ks
1 y = 365.24 d = 31.56 Ms

Speed

1 km/h = 0.2778 m/s = 0.6215 m/h
1 mi/h = 0.4470 m/s = 1.609 km/h
1 mi/h = 1.467 ft/s

Angle and angular speed

*π rad = 180°
1 rad = 57.30°
1° = 1.745×10^{-2} rad
1 rev/min = 0.1047 rad/s
1 rad/s = 9.549 rev/min

Mass

*1 kg = 1000 g
*1 metric ton = 1000 kg = 1 Mg
1 u = 1.6606×10^{-27} kg
1 kg = 6.022×10^{26} u
1 slug = 14.59 kg
1 kg = 6.852×10^{-2} slug
1 u = 931.50 MeV/c^2

Density

*1 g/cm^3 = 1000 kg/m^3 = 1 kg/L
(1 g/cm^3)g = 62.4 lb/ft^3

Force

1 N = 0.2248 lb = 10^5 dyn
1 lb = 4.4482 N
(1 kg)g = 2.2046 lb

Pressure

*1 Pa = 1 N/m^2
*1 atm = 101.325 kPa = 1.01325 bars
1 atm = 14.7 lb/in^2 = 760 mmHg
= 29.9 inHg = 33.8 ftH_2O
1 lb/in^2 = 6.895 kPa
1 torr = 1 mmHg = 133.32 Pa
1 bar = 100 kPa

Energy

*1 kW · h = 3.6 MJ
*1 cal = 4.1840 J
1 ft · lb = 1.356 J = 1.286×10^{-3} Btu
*1 L · atm = 101.325 J
1 L · atm = 24.217 cal
1 Btu = 778 ft · lb = 252 cal = 1054.35 J
1 eV = 1.602×10^{-19} J
1 u · c^2 = 931.50 MeV
*1 erg = 10^{-7} J

الفصل الاول unit one

مقدمة :

ان دراسة الفيزياء النووية تتركز حول مشكلتين رئيسيتين

الاولى : هي محاولة فهم خواص القوة التي تربط اجزاء النواة ببعضها .

الثانية : هي محاولة فهم تصرف المجموعات متعددة الاجسام كالنواة .

ان هاتين المشكلتين مرتبطتلان ببعضهما البعض . وذلك لان دراسة المجموعات متعددة الاجسام لها علاقة بمعرفة طبيعة القوة التي تربط اجزاء هذه المجموعات ببعضها ولكن بعض خصائص هذه المجموعات يمكن اشتقاقها بمجرد افتراض ان مكونات المجمواعت تتجاذب مع بعضها البعض .

***بعض الاكتشافات التي حدثت خلال التطور التاريخي للفيزياء النووية**

١. اكتشاف النشاط الاشعاعي بيكرل **Bq** عام 1896 .
٢. نموذج رذردفورد الذري 1911 .
٣. اكتشاف النظائر ثومسن 1912.
٤. تحولات النووية الصناعية رذرد فورد 1919 .
٥. تطبيق الكم النشاط الاشعاعي 1928 .
٦. اكتشاف النيترون من قبل العالم جادويك عام 1932 .
٧. فرضية (n-p)نيترون – بروتون هيزنبرك عام 1932 .
٨. اكتشاف البوزترون من قبل العالم اندرسن 1932 .
٩. دور الميزون من قبل العالم يوكاوا عام 1935 .
١٠. اكتشاف ميزون من قبل اندرسن عام 1936 ز
١١. اكتشاف ميزون باي π من قبل العالم باول عام 1946 .
١٢. اكتشاف عدم حفظ التناظر في انحلال بيتا .

يعود الفضل في اكتشاف النشاط الاشعاعي للعالم بيكريل Bq . وقد تم اكتشاف هذا الاشعاع عن طريق الصدفة عند ملاحظة التأثير على اللوح الفوتوغرافي الموضوع امام معدن معين . وفي عام 1898 نجح كل من بيرد و ماري كوري في فصل المادة المشعة بين الراديوم من خاماته .

الايزوبار Isobar

وهي تلك النويات التي يتساوى فيها العدد الكتلي A وعلى سبيل المثال

$$({}^{14}_{5}B_9\ ,\ {}^{14}_{6}C_8\ ,\ {}^{14}_{7}N_7\ ,\ {}^{14}_{8}O_6\ )$$

الايزوتون Isotone

هي تلك النويات التي يتساوى فيها عدد النيترونات N لانها تختلف في العدد الكتلي A وتختلف ايضا في العدد الذري Z فالعناصر التالية كلها ايزوتونات لان عدد النيترونات متساوي 8

$$({}^{13}_{5}B_8\ ,\ {}^{14}_{6}C_8\ ,\ {}^{15}_{7}N_8\ ,\ {}^{14}_{8}O_8\ )$$

الايزومير Isomer

هي تلك النويات التي يستاوي فيها A ,Z ,N الا انها تختلف من حيث التركيب على سبيل المثال العناصر $({}^{80}_{35}Br\ ,\ {}^{80}_{35}Br)$

${}^{80}_{35}Br$ شبه مستقر و ${}^{80}_{35}Br$ غاز

النظير Isotope

هي عناصر مختلفة في عددها الكتلي A ومتساوية في عددها الذري Z لعنصر واحد

$$({}^{12}_{6}C_6\ ,\ {}^{13}_{6}C_7\ ,\ {}^{14}_{6}C_8)$$

النويات المرايا Mirror nuclei

وهي تلك العناصر التي تكون فيها عدد بروتونات العنصر الاول مساوي عدد نيترونات العصر الثاني وبالعكس $N2=P1$ و $N1=P2$

***خواص النواة (الخواص النووية)**

ان للنوى خواص ثابتة لا تتغير بتغير الزمن مثل الكتلة والحجم والشحنة والزخم الزتاوي الذي يسمى احيانا بالبرم النووي . كما ان هناك خواص اخرى للنوى تتتغير مع الزمن مثل الانحلال الاشعاعي والتحويل الصناعي للعناصر (التفاعلات النووية)

*** نصف القطر وكثافة النواة**

يعتمد حجم النواة فعلياً على عدد النيكلونات (A) الموجودة . فيها وبما ان النوى لاتملك حافات حادة لذا لايمكن تحديد نصف قطرها بدقة تامة . ان معدل نصف قطر النواة (R) يتناسب طردياً مع العدد الكتلي (A)

$$R \propto A^{\frac{1}{3}}$$

$$R = R_o\, A^{\frac{1}{3}}$$

R معدل نصف قطر النواة .

وتعمتد قيمة ثابت نصف القطر (R_o) على نوع الجسيم المستخدم للاستطارة في التجربة حيث تكون

$R_o = 1.2\ fermi$ عندما تستطار الالكترونات بواسطة النوى .

$R_o = 1.4\ fermi$ عندما تستطار الجسيمات المشحونة الثقيلة بواسطة النوى .

س/ احسب نصف قطر النواة للعنصر ${}^{12}_{6}C_6$

$$R = R_o\, A^{\frac{1}{3}}$$

$$R = (1.2)(12)^{\frac{1}{3}} = 2.7468\ Fermi$$

***كثافة النيكلونات (كثافة المادة النووية)**

ان كثافة النيكلونات ثابتة نسبياً على مسافات قصيرة من مركز النواة تهبط بعدها حتى تصل الى الصفر

$$\rho = \frac{M}{V}$$

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$\rho = \frac{1.66 \times 10^{-27} kg}{\frac{4}{3}\pi(1.2 \times 1 - 10^{-15})} = 2.3 \times 10^{17} \frac{kg}{m^3}$$

س// احسب كثافة النواة لعنصر معين .
$$\rho = \frac{Am_p}{\frac{4}{3}\pi R_o A} = \frac{m_p}{\frac{4}{3}\pi R_o}$$

***اوجه التشابه بين مكونات النواة والذرة**

بالنسبة للذرة ان الكترونات الذرية موزعة على المدارات او بمعنى ادق تسمى **مستويات الطاقة** وتتبع في حركتها قوانين ميكانيك الكم . ان الكترونات في كل ذرة موزعة على مستويات عديدة للطاقة وذلك ناتج عما يسمى **قاعدة الانفراد لباولي** . ان الكترونات الذرية يمكن تهيجها الى مدارات غير مشغولة كما يمكن ايضا فصلها بصورة كاملة عن الذرة ان جميع النقاط اعلاه هي التي تمكننا من استنتاج التركيب الالكتروني للذرة .

اما بالنسبة للنواة تشمل على مجموعتين من الجسيمات المتشابهة البروتونات والنيترونات ان كل واحد من هاتين المجموعتين موزعة بصورة منفصلة عن الاخر على مستويات الطاقة المحددة بقيود قاعدة الانفراد لباولي . وفي النواة يوجد تهيج كما يمكن فصل النيكلونات واضافتها الى النواة .

ان تركيب النواة يعتبر اكثر تعقيدا من تركيب الذرة . ان النواة في الذرة تمثل مركزا مشتركا لجذب الالكترونات وفي حين تلعب القوى الموجودة مابين الكترونات نفسها دورا ثانويا . اضافة الى ذلك فأن القوة المسيطرة على حركة الكترونات الذرية هي **قوة كولوم** وهيقوة مفهومة جيدا بينما لا يوجد في النواة مركز مشترك للجذب حيث ان النيكلونات مرتبطة مع بعضها بواسطة التجاذب المتبادل والذي يظهر ان معقد جدا ز ان الكترونات الذرية تمثل مجموعة واحدة من الجسيمات المتشابهة . بينما في النواة مجموعتين من الجسيمات متشابهة وهذا يؤدي الى السماح بوجود تغيرات كثيرة في التركيب ففي حين ان هنالك ما يقارب مئة نوع من الذرات فأنه يوجد اكثر من الف نواة مختلفة .

***طاقة الارتباط النووي**

ان لكل نواة حالة دنيا من الطاقة تسمى الحالة الارضية وحالات اعلى من الطاقة تسمى المتهيجة ان كثير من المعلومات المتعلقة بالقوى النووية يمكن معرفتها من خلال دراسة الحالات الارضية للنوى بغض النظر عن كون هذه النوى مستقرة او لها القابلية على الانحلال الاشعاعي .

ان النماذج النووية التي تم تطويرها لأجل تفسير هذه الخواص يمكن ان تصنف الى نماذج شبه كلاسيكية او جسيمية والتي تؤدي الى فهم غام للخواص النظامية للنوى و الى نماذج كمية او او موجية والتي هي وحدها يمكن ان تؤدي الى فهم التكراريات الموجودة في النواة .

ان الفرق بين الكتلة الحقيقة للنواة وبين مجموع كتل مكوناتها يسمى **طاقة الارتباط الكلية** وهي تمثل مقدار الشغل اللازم لتحليل النواة (Z,A) الى النكيلونات او بالعكس فهي مقدار الطاقة المتحررة عند جمع النيكلونات لبناء النواة .

وللسهولة فأن الكتل الذرية هنا بدل الكتل النووية

طاقة الارتباط $B_{tot}\ (A,Z) = \left[Zm_p + Nm_n - M(A,Z)\right]c^2$
معدل طاقة الارتباط $E_{ave} = \dfrac{B_{tot}\ (A,Z)}{A}$

ان مقدار الشغل اللازم لفصل بروتون او نيكلون او ديترون او جسيم الفا عن النواة يسمى **طاقة الفصل S** وبالعكس فأن هذا المقدار من الطاقة سوف يتحرر عندما تقوم النواة بأقتناص احد هذه الجسيمات .

طاقة الفصل بالنسبة للنيكلونات

طاقة الفصل $S_n\ (A,Z) = [M(A-1\ ,Z) + M_n - M(A,Z)]c^2$

اسئلة ومسائل الفصل الاول

1Q /خمن *estimate* كتلة ذرة U^{238} .

$$M(U^{238}) = \frac{238}{6.023 \times 10^{23}} = 3.952 \times 10^{-22}\, {}^{g}/_{\text{atom}}$$

2Q / ماهي الكثافة الذرية لعنصر H من الماء اذا كان الوزن الجزيئي للماء يساوي $A_{H2O} = 2A_H + A_O \cong 2 + 16 = 18$ وكثافة الماء $1\, {}^{g}/_{cm^3}$

اذن كثافة الماء $N_{(H2O)} = \frac{\rho_{H2O}\, N_A}{A_{H2O}} = \frac{1 \times 6.022 \times 10^{23}}{18}$

$$N_{(H2O)} = 3.25 \times 10^{22}\ \text{Molecules}/_{cm^3}$$

كثافة H $N_{(H)} = 2N(H_2O) = 2 \times 3.35 \times 10^{22} = 6.6910^{22}\ \frac{\text{atom}}{cm^3}$

3Q /اعتبر النويات الاتية :

$^{60}CO, ^{14}C, ^{14}N, ^{12}C, ^{13}N$

أي من العناصر نظائر ؟ وايها ايزوتونات ، ايزوبارات او ايزوميرات ؟

الجواب :-

العنصر ^{60}CO هو ايزوميرو ^{14}C و ^{12}C هما نظائر للكاربون C وان ^{13}N و ^{14}N هما ايظا نظائر للنتروجين N وان $^{14}C, ^{14}N$ هما ايزوبارات (A=14) وان $^{12}C, ^{13}N$ هما ايزوتونات لانه N=6 .

4Q / ماهو الفرق بين الكميتين $r_o = \rightarrow^{1.4F_m}_{1.2F_m}$

الجواب :-

ان الفرق بين هاتين القيمتين تنتج كما يأتي :- في استطارة الكترون نقوم بتحديد موضع location الشحنات النقطية الموجبة المرافقة للبروتون من النواة . وفي تجارب استطارة الجسيم النووي نقوم بتحديد جسم القدرة النووية nuclear force والتي تولد مجال التأثير على الجسيم وبذلك يظهر ان القوى النووي exatend لايعد من مناطق تدفق الكتلة او الشحنة ممايجعل الناوة اكبر من ان يظهر في الموقع .

5Q /جد نصف قطر X التي يبلغ نصف قطرها $\frac{1}{2}$ ماهو لنواة $^{238}_{92}U$.

Sol:-

$$R = R_o A^{1/3}$$

$$R_U = 1.2(238)^{\frac{1}{3}} = 7.436\ \text{fm}$$

$$\therefore R_X = \frac{1}{2}\mathrm{R_U} = 3.7183\ \mathrm{fm}$$

6Q /جد الطاقة السكونية لمكعب مادة نووية طول ضلعها $1\ \mathrm{cm}^3$ ؟

الحل :-

$$E = mc^2 = \rho v c^2$$

ρ للمادة النووية ثابتة تساوي $2.3 \times 10^{17} kg/m^3$

$$\therefore E = 2.3 \times 10^{17} \times 10^{-30} \times 9 \times 10^{16} = 20.7 kg$$

7Q/ احسب انصاف الاقطار النووية للعناصر التالية :-

$^{12}\mathrm{C}$, $^{70}\mathrm{Ge}$, $\mathrm{B_{ismuth}}$, $\mathrm{A} = 209$

Sol:-

$$Carbon \quad R_C = R_o A^{\frac{1}{3}} = 1.2(12)^{\frac{1}{3}} = 2.7\ fm$$

$$Germinium \quad R_{Ge} = 1.2 \times (70)^{1/3} = 4.9\ fm$$

$$Bismuth \quad R_{Bi} = 1.2 \times (20)^{1/3} = 7.1\ fm$$

8Q / احسب كثافة النواة الاعتيادية والكتلة المرافقة لها اذا كان نصفر القطر *1cm*.

الحل :-

$$\rho = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{V}} = \frac{\mathrm{Am_P}}{\frac{4}{3}\pi \mathrm{R}^3} = \frac{\mathrm{Am_P}}{\frac{4}{3}\pi r_o^3 \mathrm{A}} = \frac{1.67 \times 10^{-27}}{\frac{4}{3}\pi(1.2 \times 10^{-15})^3} = 2 \times 10^{17} \mathrm{kg/m^3}$$

واما الكتلة المرافقة لها فهي

$$m = \rho V = \rho\left(\frac{4}{3}\pi R^3\right) = 2 \times 10^{17} \times \frac{4}{3}\pi \times (0.01)^3 = 8 \times 10^{11} kg$$

9Q /نواة الحديد الاكثر هي A=56، جد نصف القطر والكثافة والكتلة لهذه النواة .

Sol:

$$R = R_o A^{1/3} = 1.2 \times 10^{-15} m (56)^{1/3} = 4.6 \times 10^{-15} m = 4.6\ fm$$

اما كتلة النواة

$$m = 5\ amu \times 1.66 \times 10^{-27} = 9.3 \times 10^{-26} kg$$

وحجم النواة

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi R_o^3 A$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r_o^3 A = \frac{4}{3}\pi \times (4.6 \times 10^{-15})^3 = 4.1 \times 10^{-43} m^3$$

والكثافة لنواة الحديد فهي تساوي

$$\rho = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{V}} = \frac{9.3 \times 10^{-26}}{4.1 \times 10^{-43}} = 2.3 \times 10^{17} \mathrm{kg/m^3}$$

10Q / احسب انصاف الاقطار $^{238}U\,,{}^{4}He$

Sol:

$$R_{He} = 1.2(4)^{1/3} = 1.9\ fm$$

$$R_u = 1.2(238)^{1/3} = 7.42\ fm$$

11Q /كم الكترون ،بروتونات ونيترونات الموجودة في ذرة $^{74}_{32}Ge$ ؟

الجواب :-

$$A = N + Z \qquad Z = 32$$

عدد البروتونات وهو نفس عدد الكترونات وعدد النيترونات يساوي

$$74 = N + 32$$

$$N = 74 - 32 = 42$$

12Q / نواة معينة تحتوي على *13* نيترون وعددها الكتلي *25* هو ذلك العنصر ؟ اكتب الرمز الكيميائي له .

Sol:

$$A = N + Z$$

$$25 = 13 + Z \rightarrow Z = 12$$

$^{A}_{Z}X = {}^{25}_{12}X = {}^{25}_{12}Mg$ العنصر هو المنغنيسيوم

13Q / اختار افضل جواب لكل مايأتي Select the one best answer

(١)يمثل العدد الذري Atomic Number **(b)**

a) عدد النيترونات من النواة

b) عدد البروتونات من النواة

c) عددالكترونات من النواة

d) عدد النيكلونات من النواة

14Q / اذا كان نصف قطر نواة الجرمانيوم Ge المقاس يبلغ ضعف نصف قطر نواة البديلوم $^{9}_{4}\mathrm{Be}$. من هذه المعلومات جد عدد النيكلونات في عنصر الجرمانيوم

Sol:

$$R_{Be} = 1.2(A)^{\frac{1}{3}} \rightarrow R_{Be} = 1.2 \times (9)^{\frac{1}{3}} = 2.496\ fm$$

$$\therefore R_{Ge} = 2R_{Be} = 4.992$$

$$R_{Ge} = 1.2(A)^{\frac{1}{3}} \rightarrow 4.992 = 1.2A^{\frac{1}{3}}$$

$$A = 72\ nucleons$$

15Q /نواة عددها الكتلي A=235 انشطرت الى نواتين والتي نسبة اعدادها الكتلية بنسبة $\frac{1}{2}$. جد انصاف اقطار النويات على فرض $R_{\mathrm{o}} = 1.4\mathrm{Fermi}$.

الحل :-

ان اعداد الكتلية للنويات الناتجة هي 157 و78 على التوالي .

$$\therefore R_{157} = 1.4(157)^{1/3} = 7.5\ \mathrm{fm}$$

$$\therefore R_{78} = 1.4(78)^{1/3} = 6\ \mathrm{fm}$$

16Q /ماهو العدد الكتلي A اذا كان نصف قطرها 2.5fm .

Sol:

$$R = R_o A^{1/3} \rightarrow 2.5 = 1.2A^{1/3} \rightarrow A = 9$$

17Q/ جد النواة المستقرة التي نصف قطرها =$\frac{1}{3}$ من نصف قطر النواة $^{189}o_s$.

الحل :-

$$\therefore R\alpha A^{1/3} \rightarrow \frac{1}{3} = \frac{R}{R_{OS}} = \left(\frac{A}{A_{OS}}\right)^{1/3}$$

$$\therefore \frac{1}{3} = \left(\frac{A}{A_{OS}}\right)^{1/3} \rightarrow A = \frac{189}{27} = 7$$

$$\therefore {}^{7}_{3}Li$$

18Q/ ماهي قيم *A,Z,N* لكل مايأتي $^{34}_{16}\mathrm{S}(1)$ $^{208}_{82}\mathrm{Pb}(2)$ $^{56}_{26}\mathrm{Fe}(3)$.

الحل :-

(1) Z=16 , A=34 , N=34-16=18

(2) Z=82 , A=208 ,N=208-82=126

(3) Z=26 , A=56, N=56-26=30

19Q/نواة عددها الذري Z=17 و N=18 ماهو رمز العنصر (2) اذا اضيف اربعة نيترونات $^{208}_{82}Pb$ ماهو العنصر الناتج ؟ (3) اذا أُزيل 2بروتون واحد من النواة العنصر$^{208}_{82}Pb$ ماهو العنصر الناتج .

(1) $A = Z + N \rightarrow A = 17 + 18 = 35$

العنصر هو الكلور $^{35}_{17}Cl$

(2) $^{208}_{82}Pb$ يحتوي علي 82 بروتون و126 نيترون بأضافة 4نيترونات الى العنصر يبقى نفس العنصر وهو الرصاص ورمزه $^{212}_{82}Pb$ لانه عدد البروتونات لم يتغير اطلاقاً

(3) عند ازالة 2 بروتون من الرصاص يصبح عنصر الحديد هو $^{206}_{80}X$ ومن ملاحظة الجدول الدورينجد ان ذلك العنصر هو الزئبق $^{202}_{80}Hg$

20Q/ ماهي الكثافة التقريبية لـــ (a) جسيم الفا α (b) $^{56}_{26}Fe$ (c) ماهي نسبة بين اقطار عنصر $^{206}_{82}Pb$ الى نصف قطر الفا (d) واة نصف قطرها 4.5×10^{-15} توقعك ان يكون ذلك النواة ؟

الحل :-

(a) لجسيم α $\rho = \frac{m}{V}$

وان كتلة البروتون يمثل $m = Am_P$ والجسم $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

$$\rho = \frac{Am_P}{V = \frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{4 \times 1.67 \times 10^{-27}}{V = \frac{4}{3}\pi\left(1.2 \times 10^{-15} \times (4)^{\frac{1}{3}}\right)^3}$$

$$\rho = 2.3 \times 10^{17} kg/m^3$$

(b) لعنصر الحديد $^{56}_{26}Fe$

$$\rho = \times \frac{56 \times 1.67 \times 10^{-27}}{\frac{4}{3}\pi(4.6 \times 10^{-15})^3} = 2.3 \times 10^{17} \mathrm{kg/m^3}$$

(c) $\because R = r_o A^{1/3}$

$$\frac{\mathrm{R_{Pa}}}{\mathrm{R_\alpha}} = \frac{\mathrm{R_o} A_{Pa}^{1/3}}{\mathrm{R_o} A_\alpha^{1/3}} \Rightarrow \frac{\mathrm{R_{Pa}}}{\mathrm{R_\alpha}} = \left(\frac{208}{4}\right)^{1/3}$$

$$\frac{\mathrm{R_{Pa}}}{\mathrm{R_\alpha}} = (52)^{1/3} = 3.7$$

(d)

$$A^{1/3} = \frac{\mathrm{R}}{\mathrm{r_o}} \Rightarrow A = \left(\frac{\mathrm{R}}{\mathrm{r_o}}\right)^3$$

$$A = \left(\frac{4.5 \times 10^{-15}}{1.2 \times 10^{-15}}\right)^3 = 52.7 \cong 53\ nucleon$$

ومن الجدول الدوري نجد ان هذه النواة قد تكون $^{53}_{25}Mn$ او $^{53}_{24}Cr$ $^{53}_{23}V$

21Q/أي نظير يمتلك اكبر عدد من البروتونات ^{235}U ، ^{238}U؟

الجواب :-

كلاهما يحتوي نفس العدد من البروتونات والذي يساوي Z=90 والاختلاف في عدد N النيترونات فقط .

22Q/(a)ماهي الكثافة النووية واطئة العدد الكتلي ^{55}Mn (b)لنواة عالية العدد الكتلي ^{209}Bi (c)قارن بين النتيجتين (d) ماهي كثافة الشحنة النووية ρ_a لعنصر ^{55}Mn ، ^{209}Bi قارن بين النتيجتين

الحلا :-

$$\rho = \frac{M}{\mathrm{V}} = \frac{0.055\ \mathrm{kg/mole}}{\frac{4\pi}{3}\left(1.2 \times 10^{-15} \times (55)^{\frac{1}{3}}\right)^3 \times 6.022 \times 10^{23}}$$

$$\rho = 2.3 \times 10^{17} \mathrm{kg/m^3}$$

وبطريقة اخرى

$$\rho = \frac{M}{\mathrm{V}} = \frac{55 \times 1.67 \times 10^{-27}}{\frac{4\pi}{3}\left(1.2 \times 10^{-15} \times (55)^{\frac{1}{3}}\right)^3}$$

$$\rho = 2.3 \times 10^{17} \mathrm{kg/m^3}$$

(b)لعنصر ^{209}Bi

$$\rho = \frac{209 \times 1.67 \times 10^{-27}}{\frac{4\pi}{3}\left(1.2 \times 10^{-15} \times (209)^{\frac{1}{3}}\right)^3} = 2.3 \times 10^{17}\text{kg/m}^3$$

$$\because V\alpha R^3 = r_o = A^{1/3}\alpha\, A\rho \qquad \text{(c)}$$

$$\alpha\rho\frac{A}{V}\alpha\frac{A}{A} = CConstant\ for\ All\ nuclei$$

(*d*)كثافة الشحنة مثل نسبة شحنة النواة الى حجمها لعنصر ^{55}Mn

$$\rho_a = \frac{Ze}{V} = \frac{25 \times 1.6 \times 10^{-19}}{\frac{4\pi}{3}[(1.2 \times 10^{-15}) \times (55)^{1/3}]^3}$$

$$\rho_{a\,(Mn)} = 10^{25}\text{couloumb/m}^3$$

اما العنصر $^{209}_{83}Bi$

$$\rho_a = \frac{Ze}{V} = \frac{83 \times 1.6 \times 10^{-19}}{\frac{4\pi}{3}[(1.2 \times 10^{-15}) \times (209)^{1/3}]^3}$$

$$\rho_{a\,(Bi)} = 8.8 \times 10^{25}$$

23Q/ كم هو عدد P، N في العناصر التالية (*1*) $^{28}_{14}Si$ (2) $^{85}_{37}Rb$ (*3*) $^{205}_{81}Ti$

الجواب :-

N=124 ,P=81 (*3*) *N=48 ,P=37* (*2*) *N=14, P=14*(*1*)

27Q/للعناصر التالية $^{28}_{14}Si$ ، $^{85}_{37}Rb$ ، $^{205}_{81}Ti$ جد (1) انصاف الاقطار (2) المساحة السطحية (3) حجم كل نواة (4) وكثافة كل عنصر

الحل :-

(1)بأستخدام $R = 1.2A^{1/3}fm$ نجد ان

$$R_{\text{Si}} = 3.6\text{ fm}$$

$$R_{\text{Rb}} = 5.3\text{ fm}$$

$$R_{\text{Ti}} = 7.1\text{ fm}$$

(2)بأستخدام العلاقة $A = 4\pi R^2$ لكل عنصر نجد ان

$$A_{\text{Si}} = 163\text{ fm}^2, A_{\text{Ti}} = 633\text{ fm}^2, A_{\text{Rb}} = 353\text{ fm}^2$$

الكثافة النووية ثابتة لجميع العناصر وتساوي $\rho = 2.3 \times 10^{17} kg/m^3$

(3)اما الحجم فهو يساوي $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

ينتج

$$V_{\mathrm{Si}} = 195\ \mathrm{fm}^3\ , V_{\mathrm{Rb}} = 62\ \mathrm{fm}^3\ , V_{\mathrm{Ti}} = 1499\ \mathrm{fm}^3$$

24Q/لماذا يكون z عدد صحيح والعدد الكتلي A عدد كسري ؟

جواب:-

كما هو معلوم z يمثل العدد الذري للعنصر والذي بدوره يمثل عدد البروتونات وهو نفسه عدد الالكترونات فيالذرة المتعادلة كهربائياً neutral atom . اما لكون A عدد كسرياً وذلك لانه ناتج من تكوين عديد من النظائر وبنسب مئوية مختلفة ولهذا السبب يكون عدد كسرياً .

28Q/جد قطر اصغر واكبر نواتين هما (1) $^{1}_{1}H$ (2) $^{238}_{92}U$

Sol:- $(1) d = 2R = 2r_o A^{1/3} = 2 \times 1.2 \times (1)^{1/3} = 2.4 \times 10^{-15}$

∴ نستنتج ان اقطار النووية تتراوح مابين $(2.4 \rightarrow 15)\mathrm{fm}$.

$$R_{\text{Saxon woods}} = 1.18\ (3)^{1/3} - 0..48 = 3.06\ fm$$

25Q/ جد انصاف الاقطار النووية لـــ (1) $^{2}_{1}H$ (2) $^{60}_{27}CO$ (3) $^{197}_{79}Au$ (4) $^{239}_{94}Pu$.

الحل:

$(1)\mathrm{R} = \mathrm{R_o A}^{1/3} = 1.2(2)^{1/3} = 1.5\ \mathrm{fm}$ لعنصر $^{2}_{1}H$

$(2) for\ ^{60}_{27}Co \Rightarrow \mathrm{R} = 1.2(60)^{1/3} = 4.7\ fm$

$(3) for\ ^{197}_{79}Au \Rightarrow \mathrm{R} = 1.2(197)^{1/3} = 7\ fm$

31Q/ (1) جد العدد الكتلي لنواة اذا كان نصف قطرها مساوي لـــــ $\frac{2}{3}$ من نصف قطر $^{230}_{88}Ra$
(2) ماهوذلك العنصر وهل هناك اجوبة اخرى ممكنة ؟

Sol:-

$$(1)\ \mathrm{R} = \mathrm{R_o A_1}^{1/3} = \frac{2}{3}\mathrm{R_o}(230)^{1/3} \ldots\ldots (1)$$

$$\mathrm{R} = \mathrm{R_o A_2}^{\frac{1}{3}} \ldots\ldots\ldots (2)$$

بمساواة المعادلتين

$$A = \frac{2^3}{3^3}(230) = \frac{8}{27}(230) \cong 68$$

(2)العنصر هو $^{68}_{68}Zn$.والاحتمالات الممكنة هي نظائر العناصر الاخرى يسار ويمين عنصر الزنك في الجدول الدوري من المنغنيسيوم ← البورم قد يكون لها نفس العدد الكتلي .

26Q/افترض نواة النحاس $^{65}_{29}Cu$ جد بشكل تقريبي (2) نصف القطر (2) الحجم والكثافة

Sol:-

$$(1)\mathrm{R} = \mathrm{r_o A^{\frac{1}{3}}} = 1.2(65)^{\frac{1}{3}} = 4.8\ fm$$

$$(2)\ V = \frac{4\pi}{3}r^3 = \frac{4\pi}{3}[{r_o}^3\ A]$$

$$= \frac{4\pi}{3}[(1.2 \times 10^{-15})^3\ 65] = 4.7 \times 10^{-43}\mathrm{m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{\mathrm{V}} = \frac{\mathrm{Am}}{\frac{4\pi}{3}[{r_o}^3\ A]}$$

$$\frac{\text{النيكلونات لنواة معينة}}{4\pi R^3} = \frac{3\times1.66\times10^{-27}}{4\pi(1.2\times10^{-15})^3} = 2.3 \times 10^{17}\mathrm{kg/m}^3.$$

27Q/نظائر عنصر معين تمتلك خواص مختلفة مثل الكتلة ، ولكن نفس الخواص الكيميائية .لماذا يحدث هذا الشئ ؟

الجواب :-

ان الخواص مثل الكتلة ينتج من اختلاف النظائر في عدد النيترونات N واما تشابه الخواص الكيميائية فهو ينتج من تساوي عدد الكترونات لمختلف العناصر .

28Q/ماهو العامل الذي يحدد الخصائص الكيميائية Chemical properties للذرة : هل N ،Z او A ؟

الجواب :-

العامل الذي يحدد خواص العنصر هو Z عدد الكترونات في العنصر .

29Q/نواة الحديد تحتوي على 26 بروتون (1) كم هو عدد الكتروناتها ؟ (2) كم هو عدد الكترون الموجود في ايون الحديد Fe^{+++} ؟

الجواب :-

(1)تحتوي على 26 الكترون

(2) تحتوي على 23 الكترون لانه +++ يمثل فقدان لثلاثة الكترونات .

30Q/بأي مقدار سوف يزداد عدد النيكلونات لنواة معينة عندما يتضاعف نصف القطرالنووي ؟

الحل :-

$$R = R_o A_1^{\frac{1}{3}} \dots\dots (1)$$

$$2R = R_o A_2^{\frac{1}{3}} \dots\dots (2)$$

يزداد بمقدار ثمانية اضعاف

$$A_2 = 8A_1$$

31Q/نظير عدد الكتلي A=43 .اذا كان عدد النيترونات يزداد بمقدار 3 عن عدد البروتونات . فماهو ذلك العنصر

Sol:-

$$A = N + Z$$

$$43 = (3 + Z) + Z \Rightarrow Z = 20$$

ومن الجدول الدوري نجد ان العنصر ${}^{A}_{Z}X = {}^{43}_{20}Ca$.

32Q/ النواة المشعة ذات الرمز ${}^{32}_{15}P$ تستخدم لتشخيص التهابات العين eyeTumors .ماهو العدد الذري Z وعدد النيترونات N وعدد الكترونات التي تحتويها ؟

Sol:-

$$A = N + Z \Rightarrow A = 32 , Z = e = 15 \qquad \therefore N = 17$$

33Q/ النواة المشعة ذات الرمز ${}^{51}_{24}Cr$ تستخدم لتحديد وضائف الجهاز العصبي . مامقدار عدده الذري ، عدد الكترونات وعدد النيترونات واكتب العنصر بصيغة اخرى .

Sol:-

$${}^{51}_{24}Cr \ , A = Z + N$$

$$51 = 24 + N \Rightarrow N = 27$$

$$Z = e = 24$$

$${}^{A}_{Z}X = {}^{51}_{24}X_{27}$$

43Q/للأيون الموجب $^{50}_{27}Co^{+3}$ جد عدد N,P,e . وكذلك للأيون $^{51}_{25}M^{+4}$.

الحل :

للأيون $^{50}_{27}Co^{+3}$ الموجب 27 بروتون و23 نيترون وبما ان 3+ يشير الى فقدانه ثلاثة الكترونات ، لذا فأن عدد الالكترونات في هذا الايون هو 24 الكترون . اما بالنسبة للأيون منغيز فهو 25P , 21e ,26N .

42Q/كم يستغرق نيترون طاقته 1M Ev ليعبر نواة ^{238}U ؟

الحل :- قطر النواة ^{238}U هو

$$d = 2R = 2R_o A^{1/3} = 2 \times 1.2 \times 10^{-13} \times (238)^3$$

$$\therefore d = 1.4873 \times 10^{-13} \dots\dots (1)$$ وان

$$E_{\mathrm{k}} = \frac{1}{2}\mathrm{mv}^2 \Rightarrow 1 \times 1.6 \times 10^{-13} = \frac{1}{2} \times 1.67 \times 10^{-27} \times \mathrm{v}^2$$

$$V = 1.4 \times 10^7 m/sec$$

$$t = \frac{d}{V} = \frac{1.4873 \times 10^{-13} \times 10^{-7}}{1.4} = 1.5 \times 10^{-20}\ sec$$

35Q/ ماهي اوجه الشبه والاختلاف بين النظائر ؟

جواب :-

تتشابه النظائر بخواصها النووية لانها تحتوي على نفس العدد من الكترونات الا انها تختلف من الخواص النووية لأختلافها في عدد النيترونات .

36Q/ كمل الجدول الاتي :

الاسم	العدد الذري P-z	عددالنترونات n	الكتلي A
النظائر	متساوي	مختلف	مختلف
الايزوتون	مختلف	متساوي	مختلف
الايزوبار	مختلف	مختلف	متساوي
ايزومير	متساوي	نفس الشئ	متساوي

37Q/ميزون π كتلته تبلغ 139 $\frac{MeV}{c^2}$. ما مقدار هذه الكتلة بوحدة amu.

الحل: $m = 139 \times \frac{1\ amu}{931.5} = 0.149 amu$

38Q/استخدم الكتل المعطاة في الجدول أدناه لغرض حساب طاقة الربط وطاقة ربط كل نيكلون للنويات الآتية (1) $^{9}\mathrm{Be}(1)\ ^{13}\mathrm{C}(2)\ ^{57}Fe(3)$

اسم	الكتلة M amu
$^{9}_{4}Be_{s}$	9.012182
$^{13}_{6}C$	13.003355
$^{57}_{26}Fe_{31}$	56.935396
m_{p}	1.007825
m_{n}	1.008065

الحل :

$$B.E = [Zm_H c^2 + Nm_n c^2 - M_A c^2] \qquad (1)$$

$$B.E = (^{9}_{4}Be_s) = [4 \times 1.007825 + 5 \times 1.008665 - 9.012182]931.5$$

$$B.E = (Be) = 0.062443 \times 931.558.2MeV$$

$$\frac{B.E}{\mathrm{A}} = \frac{58.2}{9\mathrm{nucleon}} = 6.46\frac{\mathrm{MeV}}{\mathrm{nucleon}}.$$

$$B.E(^{13}_{6}C_7) = [6 \times 1.007825 + 7 \times 1.00865 - 13.003355]931.5 \qquad (2)$$

$$B.E(^{13}_{6}C_7) = 910MeV$$

$$\frac{B.E}{\mathrm{A}} = \frac{91.1}{13} = 7.47\frac{\mathrm{MeV}}{\mathrm{nucleon}}.$$

(3)

$$B.E\left(^{57}_{26}F_{31}\right) = [26 \times 1.00785 + 31 \times 1.008665 - 56.935396] \times 931.5$$

$$B.E(Fe) = 499.9MeV$$

$$\frac{B.E}{\mathrm{A}} = \frac{499.9}{57} = 8.77\frac{\mathrm{MeV}}{\mathrm{nucleon}}.$$

39Q/ ما مقدار طاقة الربط لكل نيكلون لعنصر الاميرشيويوم $^{244}_{95}\mathrm{A_m}$. إذا علمت ان الكتل هي $\mathrm{A_m} = 244.064279\ amu\ , m_P = 1.007825\ amu\ , m_n = 1.008665\ amu$

Sol:-

$$B.E = [Zm_H + Nm_n - M_{Am}]931.5$$

$$= [95 \times 1.007825 + (149 \times 1.008665) - 244.064279]931.5$$

$$= 1835.212 \text{ MeV}$$

$$E_{\mathrm{b}} = \frac{\mathrm{B.E}}{\mathrm{A}} = \frac{1835.212}{244} = 7.52 \frac{\mathrm{MeV}}{\mathrm{nucleon}}$$

40Q/لماذا تعتبر النويات الآتية مستقرة.

$^{4}_{2}\mathrm{He} - {}^{12}_{6}\mathrm{C} - {}^{16}_{8}\mathrm{O} - {}^{20}_{10}Ne$

الجواب : لوتفحصنا العناصر أعلاه نجد أن ${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}X_N$ لكل منها يساوي

${}^{4}_{2}\mathrm{He}_2 - {}^{12}_{6}\mathrm{C}_6 - {}^{16}_{8}\mathrm{O}_8 - {}^{20}_{10}Ne_{10}$ وهذا يشير إلى $Z=N$ ما تتمتع من استقرارية عالية فضلا على إن ^{20}N و$^{4}_{2}\mathrm{He}$

41Q/ لماذا تكون العناصر : ${}^{40}_{20}\mathrm{Ca} - {}^{208}_{82}P$ مستقرة *stable*؟

جواب :

وذلك لأنه أعداد كل من Z,N لعنصر الرصاص والكالسيوم من الأعداد المتضاعفة السحرية *20,82* على التوالي .

/ احسب طاقة فصل نيترون لعنصر الزكونيوم ${}^{91}\mathrm{Zr}$.

الحل :-

$$S_{\mathrm{n}} = \left[\mathrm{m}\left({}^{90}zr\right) - \mathrm{m}\left({}^{91}zr\right) + \mathrm{m_n}\right]\mathrm{C}^2$$

$$= [89.904703 - 90.9056444 + 1.008665]931.5$$

$$S_{\mathrm{n}} = 7.195 \text{ MeV}$$

42Q/ احسب طاقة فصل البروتون والنيترون ${}^{125}Te = 124.9044314$ وكتلة العنصر ${}^{124}Sb = 123.905936$ وكتلة البروتون =*1.0078254* وكتلة النيترون *1.0086654*؟

الحل :

لغرض حساب طاقة فصل البروتون نستخدم العلاقة

$$S_{\mathrm{P}} = \left[\mathrm{M(A-1,Z-1)} + \mathrm{m_{(n)}} - \mathrm{M(A,Z)}\right]931.5 \text{ MeV}$$

$$S_{\mathrm{P}} = \left[\mathrm{M}\left({}^{124}Sb\right) + \mathrm{m}_{(\mathrm{n})} - \mathrm{m}({}^{125}Te)\right]931.5$$

$$S_{\mathrm{P}} = [123.905936 + 1.007825 - 124.904431)]931.5$$

$$S_{\mathrm{P}} = 8.691\ \mathrm{MeV}$$

اما بالنسبة لطاقة فصل النيترون فأننا نستخدم العلاقة

$$S_{\mathrm{n}} = \left[\mathrm{M}(\mathrm{A}-1,\mathrm{Z}) + \mathrm{m}_{(\mathrm{n})} - \mathrm{M}(\mathrm{A},\mathrm{Z})\right]931.5$$

$$S_{\mathrm{P}} = \left[\mathrm{M}\left({}^{124}Te\right) + \mathrm{m}_{(\mathrm{n})} - \mathrm{m}({}^{125}Te)\right]931.5$$

$$S_{\mathrm{P}} = [123.902818 + 1.008665 - 124.904431)]931.5$$

$$S_{\mathrm{P}} = 6.569\ \mathrm{MeV}$$

ملاحظات:

*كل اغرام واحد من اليورانيوم ${}^{235}U$ عند انشطاره في مفاعل نووي يولد طاقة تساوي 2.6Tons من الفحم.

43Q/جسيم باي ميزون π كتلته تبلغ $139\mathrm{MeV/c^2}$.ما مقدار هذه الكتلة بوحدة ذرية u؟

الحل: $$m = \left(\frac{139MeV}{c^2}\right)\left(\frac{1\,u}{931.5\frac{MeV}{c^2}}\right) = 0.149\ u$$

43Q/ ما كتلة جسيم الفا α (بدون الكترونات) بوحدة $\frac{MeV}{c^2}$.

الحل :

إن كتلة جسيم الفا تمثل ذرة الهيليوم مطروح منها كتلة الكترونين ، لذلك فأن

$$\mathrm{m}_{\alpha} = \mathrm{m}_{\mathrm{He}} - 2\mathrm{m}_{\mathrm{e}} = 4.002603 \times \frac{931.5MeV/c^2}{1\mathrm{u}} - 2 \times (0.511)\frac{\mathrm{u}}{\mathrm{c}}$$

$$m_{\alpha} = 3727MeV/c^2$$

44Q/ احسب طاقة الفصل للنيترون الأخير في ذرة الصوديوم ${}^{23}_{11}\mathrm{Na}$. اذا علمت ان الكتل الذرية لها تساوي $m_{22\mathrm{Na}} = 21.994437\ \mathrm{u}\ , \mathrm{m}_{23\mathrm{Na}} = 22.989769\mathrm{u}\ ,\ \mathrm{m}_{(\mathrm{n})} = 1.008665\ u$

الحل :

$$\mathrm{S_n} = [m({}^{22}_{11}Na) + m({}^{1}_{0}n) - m({}^{23}_{11}Na)]\mathrm{c}^2$$

$$\mathrm{S_n} = [21.994437 + 1.008665 - 22.98769]931.5$$

$$S_{\mathrm{n}} = 12.42\ \mathrm{MeV}$$

الفصل الثاني

النشاط الاشعاعي

مقدمة :

تتميز الكثير من النظائر الطبيعية والصناعية المجهزة بأستخدام المفاعلات النووية او المعجلات النووية بخاصية تعرف باسم **النشاط الاشعاعي**

و النشاط الاشعاعي : عبارة عن تفكك او اضمحلال تلقائي لنواة النظير مع اصدار جسيمات ننوية مثل جسيمة الفا او بيتا قد يتبعها انطلاق اشعاعات كاما .

وتعرف النظائر التي تحدث هذا التفكك او الاضمحلال بالنظائر المشعة . ان عملية التفكك تحدث في النظائر سواءاً كانت في صورة نقية او تدخل ضمن مركبات كيميائية او بايولوجية او غيرها كما ان عملية التفكك لا تعتمد اطلاقا على الظروف الطبيعية مثل الحرارة وحالة النظير .

***تفكك الفا α**

تتميز نوى العناصر الثقيلة الاثقل من الرصاص بانخفاض قيمة طاقة الترابط لكل نيكلون في النواة لذلك فان هذه النوى غير مستقرة وتتفكك الى نوى اخف واكثر استقرارا مثل الاتي

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He(\alpha)$$

عندما تتفكك نواة اليورانيوم الى نواة جديدة اكثر استقرارا هي نواة الثوريوم مع اصدار او انبعاث جسيمة الفا . مثل

$$^{118}_{84}Po \rightarrow {}^{114}_{92}Pb + {}^{4}_{2}He(\alpha)$$

ولكي تكون النواة مشعة لجسيم الفا يجب ان تكون كتلتها اكبر من مجموع كتلتي النواة الوليدة وجسيم الفا يطلق اسم النواة الام على النواة المشعة التي تتفكك . في حين يطلق اسم النواة الوليدة على النواة الناتجة عن التفكك أي ان كي تستطيع النواة الام ان تتفكك باصدار جسيم الفا يجب ان يتحقق الشرط التالي

$$\underset{\text{النواة الام}}{M_P} - \left(\underset{\text{النواة الوليدة}}{M_d} + \underset{\text{كتلة جسيم الفا}}{M_\alpha} \right) > 0$$

و لايتحقق هذا الشرط الا لنوى بعض العانصر الاثقل من الرصاص وعدد محدود جدا من العناصر الاخف من الرصاص ز اما نوى العناصر الاخف فأنها تكون مستقرة بالنسبة لاصدار جسيمات الفا ويمكن حساب طاقة جسيمات الفا الصادرة من نظير معين وذلك باستخدام علاقة اينشتاين لتكافؤ الكتلة والطاقة حيث ان الطاقة الناتجة .

حساب طاقة جسيمات الفا

$$E = mc^2$$

$$E = [M_P - (M_d + M_\alpha)]c^2$$

وتتوزع هذه الطاقة بين جسيم الفا والنواة الوليدة بنسب معاكسة لكتلتيهما وذلك طبقا لقانون بقاء الزخم أي ان جسيم الفا يحمل الجزء الاكبر من الطاقة الناتجة من التفكك في حين تحمل النواة الوليدة جزءا صغيرا من هذه الطاقة . ولحساب طاقة جسيمات الفا

$$E_\alpha = \frac{M_d}{M_P} E$$

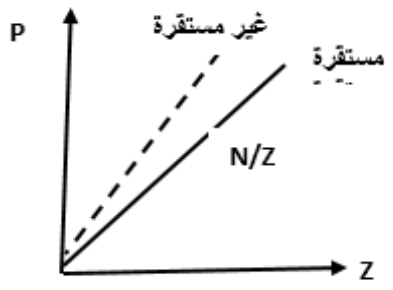
وحيث ان كتل النواة ثابتة وطاقة التفكك ثابتة بالنسبة لكل نواة تكون طاقة جسيمات الفا الصادرة عن نظير معين واحدة عندما تتفكك النواة الام الى نواة وليدة في الحالة الارضية وقد تاخذ طاقات هذه الجسيمات قيم متعددة لكنها محددة عندما تتكون النواة الوليدة في حالات مثارة مختلفة . لذلك يقال ان طيف جسيمات الفا هو طيف محدد الطاقات ويختلف من نظير لاخر ويعتبر بصمة من البصمات التي تميز هذا النظير دون غيره .

***تفكك بيتا β**

تصدر نوى بعض النظائر المشعة جسيمات اخرى تعرف بأسم جسيمات بيتا وهذه الجسيمات عبارة عن الكترونات او بوزترونات و **البوزترون** عبارة عن جسيم كتلته مساوية تماما لكتلة الكترون ولكن شحنته موجبة . ويحدث هذا النوع من التفكك للنوى في كثير من النظائر سواء كانت ثقيلة او خفيفة . فمن المعروف انه كي يكون النظير مستقرا بالنسبة لاصدار جسيمات بيتا يجب ان تكون النسبة بين عدد النيترونات الى البروتونات **N/Z** في نواة هذا النظير نسبة معينة تتراوح بين الواحد حوالي بالنسبة للنواة الخفيفة و تزاداد حتى تصل الى 1.6 بالنسبة للنظائر الثقيلة . مثل

$^{12}_{6}C_6$ $\quad \frac{N}{Z} = \frac{6}{6} = 1$ مستقرة

$^{14}_{6}C_8$ $\quad \frac{N}{Z} = \frac{8}{6} = 1.333$



اذا كانت النسبة بين عدد البروتونات والنيترونات واقعة على منحني الاستقرار كان النظير مستقرا بالنسبة لتفكك بيتا . واما اذا خرجت هذه النسبة عن المنحني فأن النظير يكون نشطا (غير مستقر) بالنسبة لهذا التفكك .

كذلك يمكن ان يكون النظير المعين مستقرا بنسبة لتفكك الفا ولكنه غير مستقرا بالنسبة لتفكك بيتا والعكس صحيح . فمثلاً تعتبر نواة اليورانيوم $^{238}_{92}U$ مستقر بالنسبة لتفكك بيتا ولكنه غير مستقرا بالنسبة لتفكك الفا

$$^{238}_{92}U_{146} \quad \frac{N}{Z} = \frac{146}{92} = 1.55$$

$$^{234}_{90}Th_{144} \quad \frac{N}{Z} = \frac{144}{90} = 1.6$$

أي ان نسبة النيترونات الى البروتونات خرجت عن منحني الاستقرار لذا نجد ان نواة الثوريوم تصبح غير مستقرة بالنسبة لتفكك بيتا مع اصدار جسيمة بيتا

$$^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{-}\beta$$

أي ان نواة الثوريوم تتفكك الى نواة بركتنيوم Pa مع اصدار جسيمة بيتا السالب ويلاحظ ان نتيجة هذا الفتكك زاد عدد البروتونات داخل النواة بمقدار بروتون واحد في حين قل عدد النيترونات بمقدار نيترون واحد فتصبح $\frac{N}{Z} = 1.571$ وهي تحقق الاستقرارا بالنسبة لتفكك بيتا

*** انواع تفكك بيتا β**

❶ **التفكك الالكتروني**

نلاحظ ان اصدار الكترون من النواة ناتج عن تحول نيترون النواة عن بروتون وذلك تصبح النسبة بين البروتونات والنيترونات هي نسبة الاستقرارا ويعبر عن هذا التفكك كالاتي

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}P + {}^{-}\beta$$

ومن الامثلة على التفكك الكتروني هو الكوبلت ^{60}Co يتحول الى النيكل ^{60}Ni وتحول السيزيوم الى باريوم ^{137}Ba مع انبعاث بيتا السالبة

$$^{60}Co \rightarrow {}^{60}Ni$$

$$^{137}CS \rightarrow {}^{137}Ba$$

❷ **التفكك البوزتروني**

في بعض الاحيان تكون نسبة النيترونات الى البروتونات في النظير المعين اقل من النسبة التي تحقق الاستقرار وفي هذه الحالة يتحول احد بروتونات النواة الى نيترون وينطلق بوزترونات يحمل شحنة موجبة كما معبرة

$$_{1}^{1}P \rightarrow {}_{0}^{1}n + \beta^{+}$$

الامثلة

الصوديوم ^{22}Na الى نيون ^{22}Ne

$$_{11}^{22}Na \rightarrow {}_{10}^{22}Ne_{12}^{*} + \beta^{+}$$

القاعدة هي
$_{Z}^{A}X_{N} \rightarrow {}_{Z-1}^{A}Ne_{N+1} + \beta^{+}$

❸ الاسر الالكتروني

يمكن ان يحدث تحول احد بروتونات النواة الى نيترون بطريقة خلاف المذكورة في التفكك البوزتروني ويتم ذلك بأن تأسر النواة الكترون من الكترونات المدارية القريبة من النواة وغالبا من مدار k او قريبة من L . ويتحد هذا الكترون المأسور مع احد بروتونات النواة فيتكون النيترون دون اصدار جسيم بيتا ويعرف تفكك بيتا في هذه الحالة **بالأسر الالكتروني** ويعبر كالاتي

$$_{-1}^{0}e + {}_{1}^{1}P \rightarrow {}_{0}^{1}n$$

ولقد ثبت فيما بعد انه عند حدود أي نوع من تفكك بيتا ينطلق من نواة جسيمات تعرف بأسم **<u>النيوترينو υ والنيترو</u>** عبارة عن جسيم متعادل الشحنة وكتلته السكونية مساوية الى الصفر ويمكن التعبير على الانواع الثلاثة **للتفكك**

$_{0}^{1}n \rightarrow {}_{1}^{1}P + \beta^{-} + \upsilon^{-}$
$_{1}^{1}P \rightarrow {}_{0}^{1}n + \beta^{+} + \upsilon$
$_{-1}^{0}e + {}_{1}^{1}P \rightarrow {}_{0}^{1}n + \upsilon$

ويمكن معرفة ما اذا كان النظير المعين مستقرا او غير مستقر بالنسبة لأي نوع من تفكك بيتا

❶ كتلة نواة الام اكبر من كتلة النواة الوليدة + كتلة الكترون

$$_{Z}^{A}M > \left(_{Z+1}^{A}M + m_{e}\right) \ldots\ldots\ldots (1)$$

❷ تكون النواة نشطة بالنسبة لاصدار الكترونات اذا تحقق الشرط

$$_{Z}^{A}M > \left(_{Z-1}^{A}M + m_{e}\right) \ldots\ldots\ldots (2)$$

❸ ولكي تكون النواة نشطة بالنسبة للاسر الكتروني يجب ان يتحقق الشرط

$$m_{e} + {}_{Z}^{A}M > {}_{Z-1}^{A}M \ldots\ldots\ldots (3)$$

فأذا تحقق الشرط في المعادلة (2) نجد ان الشرط في معادلة (3) قد تحقق أي ان أي نواة نشطة بالنسبة لإصدار البوزترونات تكون في الوقت نفسه نشطة للأسر الكتروني لذلك فأن التفكك البوزتروني يصاحبه دائما نسبة معين من الاسر والعكس غير صحيح .

***طاقة جسيمات بيتا β**

ذكرنا ان طاقة جسيمات الفا الصادرة عن نظير معين تتخذقيمة واحدة او قيم محددة للطاقة . اما بالنسبة لجسيمات بيتا الصادرة عن نفس النظير فأن طاقتها يمكن ان تتخذ ايقيم للطاقة اعتبارا من الصفر وحتى قيمة قصوى معينة لكل نظير . ويرجع السبب في ذلك الى انه بالاضافة الى جسيم بيتا الصادر عن النظير المشع يصدر جسيم اخر وهو النيترينو

فطاقة تفكك بيتا الناتجة بالنسبة للتفكك الكتروني يمكن تحديد علاقتهما كالاتي

$$\boldsymbol{E = \left[{}^{A}_{Z}M - ({}^{A}_{Z+1}M + m_e)\right]c^2}$$

اما في حالة التفكك البوزتروني تكون الطاقة الناتجة من التفكك ثابتة كالاتي

$$\boldsymbol{E = \left[{}^{A}_{Z}M - ({}^{A}_{Z-1}M + m_e)\right]c^2}$$

وتتوزع طاقة التفكك في كلتا الحالتين بين الجسمين الناتجين وهما الالكترون والنيترينو المضاد او بين البوزترون والنيترينو في حالة التفكك البوزتروني .

وفي حالة الاسر الالكتروني تكون الطاقة الناتجة عن التفكك ثابتة لنضير معين وهي

$$\boldsymbol{E = \left[{}^{A}_{Z}M - {}^{A}_{Z-1}M\right]c^2}$$

***اشعة كاما γ**

في اغلب الاحيان تكون النوى الوليدة الناتجة عن تفكك الفا او تفكك بيتا او أي عملية نووية اخرى كالتفاعلات النووية في حالتها المثارة او التهيج . ويعني هذا ان طاقة مكونات النواة تكون اعلى من طاقتها في حالتها الارضية (الحالة المستقر) أي ان كتلة النواة في الحالة المثارة اكبر من كتلتها في الحالة الارضية . عندئذ تنتقل النواة من الحالة المثارة الى حالة اقل اثارة او الى الحالة الارضية للتخلص من طاقة الاثارة وذلك بأصدار اشعاعات كهرومغناطيسية تعرف بأسم **اشاعات كَاما** .

كما يمكن ان تتخلص النواة من طاقة الاثارة بتجميع هذه الطاقة الزائدة وتركيزها على احد الكترونات المدارية خاصة (الكترونات الموجودة في الغلاف k) وينطلق هذا الكترون تاركا الذرة وحاملا معه قيمه محددة من الطاقة وتعرف هذه العلمية باسم التحول الداخلي .

وتجدر الاشارة الى ان ازالة الاثارة عن طريق اصدار اشعاعات كهرومغناطيسية (اشعة كاما) يمكن ان يحدث بانتقال النواة ن الحالة المثارة مباشرة الى الحالة الارضية . كذلك يمكن ان يحدث الانتقال على المراحل كأن تنتقل النواة في الحالة المثارة الى حالة اقل اثارة ثم الى حالة اقل وهكذا الى ان تصل النواة الى الحالة الارضية مثال على ذلك

$$^{22}_{11}\mathbf{Na} \rightarrow {}^{22}_{10}\mathbf{Ne}^{*} + \boldsymbol{\beta}^{+}$$

وعلامة * معناهة ان النيون في حالة مثارة .

حيث يتكون النيون ^{22}Ne في نطي التفكك في حالة مثارة بطاقة اثارة مقدارها ($1.275MeV$) ثم تضمحل نواة النيون في الحالة المثارة الى الحالة الارضية مع اصدار اشعاعات كاما (فوتون كاما) طاقته مساوية لطاقة الاثارة وكما مبين في المخطط

شكل

$$^{60}_{27}\boldsymbol{Co} \rightarrow {}^{22}_{28}\boldsymbol{Ni} + \boldsymbol{\beta}^{-} + \boldsymbol{\upsilon}^{-}$$

وتكون نواة النيكل في حالة الاثارة الرابعة بطاقة اثارة مقدارها ($2.55MeV$) فتنتقل (تضمحل) نواة النيكل من هذه الحالة الى حالة الاثارة مباشرة بطاقة اثارة اقل وهي ($1.332Mev$) مع اصدار فوتون كاما مقدارها ($1.173MeV$) ثم تنتقل نواة النيكل من الحالة المثارة الاعلى الى الحالة الارضية . مع اصدار فوتون كاما بطاقة مقدارها ($1.332MeV$)وبصفة عامة تكون طاقة فوتون كاما E_γ نتيجة انتقال النواة نتيجة انتقال النواة من حالة مثارة ابتدائية الى حالة اثارة نهائية اقل اثارة مساوية للفرق بين الطاقتين بالعلاقة التالية

$$E_\gamma = E_i - E_f = h\upsilon$$

υتردد الفوتون الساقط .

مخطط لمستويات الطاقة للنيون الحالة الارضية

شكل

***التفكك الاشعاعي**

يعتبر التفكك الاشعاعي مع اصدار جسيم الفا او بيتا او اشعاعات كاما عملية احصائية خاضعة لقوانين الفيزياء الاحصائية ، حيث انه ليس بالامكان توقع النواة او النوى التي يمكن ان تتفكك في لحظة معينة ويمكن ايجاد القانون الذي تتفكك بموجبه النوى انطلاقا من النظرية الاحصائية .

☑ **قانون التفكك الاشعاعي**

نفرض ان λ هو عبارة عن احتمال تفكك نواة معينة في ثانية واحدة وان هذه الاحتمالات صغيرة جدا

$$0 < \lambda \ll 1$$

معنى ذلك ان احتمال تفكك هذه النوى خلال زمن قصير مقداره *dt* هو (λ *dt*)

فاذا كان عدد النوى النشطة التي لم تتفكك وبعد هو N فهذا يعني ان احتمال التفكك لكل هذا العدد من النوى خلال زمن ***dt*** هو **(*N*λ *dt*) . أي ان عدد النوى التي يمكن ان تتفكك خلال هذا الزمن هو**

$$dN = -N\lambda dt$$

وتعني الاشارة السالبة ان عدد النوى N المتبقي دون تفكك يقل كلما زاد الزمن

$$N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$$

N_0 عندما $t=0$

حيث $N(t)$ هو عدد النوى النشطة دون تفكك وتعرف هذه العلاقة بقانون **التفكك الاشعاعي** وتعرف كمية λ ثابت الاضمحلال او ثابت التفكك

☑ **الشدة الاشعاعية للعينة**

في معظم الاحيان يكون المطلوب هو معرفة عدد النوى A(t) التي تتفكك في الثانية ، ويعرف عدد النوى التي تتفكك في الثانية الواحدة من أي عينة مشعة بأسم الشدة الاشعاعية لهذه العينة او نشاطها الاشعاعي ولتحديد هذه الشدة نفاضل المعادلة اعلاه

$$A(t) = \frac{dN(t)}{dt}$$

$$A(t) = \lambda N_0\, e^{-\lambda t}$$

$$A_o = \lambda N_0$$

وتعرف هذه المعادلة بشدة الاشعاعية عن اللحظة t=0

$$A(t) = A_0\, e^{-\lambda t}$$

***عمر النصف (متوسط العمر)**

عمر النصف للنظير المشع المعين هو عبارة عن الفترة الزمنية التي تنخفض خلالها الشدة الاشعاعية لعينة من هذا النظير الى النصف وبمعنى اخر فأن **عمر النصف** هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد نوى العينة ويرمز للعمر النصفي $\mathbf{t_{1/2}}$.

$$t = t_{1/2} \quad , \quad N(t) = \frac{N_o}{2}$$

$$\frac{N_o}{2} = N_o e^{-\lambda / t_{1/2}}$$

$$t_{1/2} = ln\frac{2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

اما متوسط العمر لعينة مشعة والتي عادة يرمز له بالرمز($\boldsymbol{\tau}$) فهو عبارة عن مجموعة اعمار جميع نوى العينة مقسومة على عددها باستخدام معادلة $\boldsymbol{dN = -N\lambda dt}$

نحصل على

$$\tau = \frac{1}{N_o}\int_0^{\infty} dN.t \; = \frac{1}{\lambda} = \frac{t_{1/2}}{0.693}$$

***تعين ثابت التفكك λ وعمر النصف عمليا**

يمكن تحديد ثابت التفكك λ للعديد من النظائر المشعة باستخدام القانون $\boxed{A(t) = A_0\, e^{-\lambda t}}$ والذي يمكن كتابته بالشكل التالي

$$ln\frac{A(t)}{A_{(o)}} = -\lambda t$$

***التفكك الاشعاعي المتتابع**

عند تفكك نواة الام الى نواة وليدة فأنه قد تكون النواة الوليدة نشطة اشعاعيا . عندئذ تتفكك النواة الوليدة الى نواة تعرف باسم **النواة الحفيدة** وهكذا تستمر العملية الى ان تصل في نهاية النواة المستقرة وتعرف هذه العملية بالتفكك الاشعاعي المشع . مثل نواة الراديوم $^{226}_{88}Ra$ عندما تتفكك نواة الراديوم عمرها النصفي $t_{1/2} = 1.6 \times 10^3 year$ الى رادون $^{226}_{86}Ra$ والرادون عمره النصفي $t_{1/2} = 3.8\; day$ تفكك الى بولونيوم

$$^{226}Ra \rightarrow {}^{222}R \rightarrow {}^{218}Po$$

والبولونيوم عمره النصفي $t_{1/2} = 3.05\ minute$ تتفكك الى نواة الرصاص ^{206}Pb وتستقر

***السلاسل الاشعاعية الطبيعية**

تتميز نوى جميع النظائر ذات العدد الذري الاكبر من 82 بانها جميعا غير مستقرة اشعاعيا ، وذلك بسبب زيادة عدد البروتونات في النواة مما يجعل قوة التنافر الكهروستاتيكية . ويؤدي هذا بدوره الى تفكك بعض تلك النظائر من خلال تفكك الفا و اصدار جسيمات الفا ونتيجة لاصدار هذه الجسيمات تزداد نسبة النيترونات الى البروتونات في النواة مما يؤدي الى استيفاء شروط تفكك بيتا في بعض هذه النوى الوليدة وحدود هذا التفكك مع اصدار الكترونات (جسيمات بيتا) . وتوجد في الطبيعة ثلاثة مجموعات تعرف بالسلالسل الاشاعية الطبيعية وهي

❶ سلسة الثوريوم ^{232}Th
❷ سلسلة يورانيوم / راديوم
❸ سلسة الاكتينيوم

وكانت هناك مجموعة رابعة هي سلسلة نبتينيوم وهي لاتوجد في الطبيعة نظرا لان العمر النصفي لأطول عناصرهار عمرا هو $t_{1/2} = 2.2 \times 10^6 year$ وهو اقل بكثير من عمر الارض الذي يقدار حوالي ب ٣ مليار سنة والمعروف باسم سلاسل التفكك للعناصر الثقيلة

اسم السلسلة	النواة النهائية المستقرة للمجموعة	النواة الام للسلسة وعمرها النصفي بالسنوات year	
سلسلة الثوريوم	^{208}Pb	1.39×10^{10}	ثوريوم232
اليورانيوم /راديوم	^{208}Pb	1.47×10^{9}	يورانيوم 238
سلسلة اكتينيوم	^{208}Pb	8.12×10^{6}	يورانيوم 235
سلسلة نبتينيوم	^{208}Pb		نبتينيوم 237

بالاضافة للسلاسل الاشعاعية الطبيعة توجد في الطبيعة بعض النظائر المشعة الاخرى مثل البوتاسيوم $^{40}_{19}K$ والسيريوم $^{147}_{62}Sm$ وغيرها .

وتتميز هذه النظائر بأن جميعها نشطة بالنسبة لاصدار جسيمات بيتا واعمارها كبيرة جدا اكثر من (10^9سنة) .

***النشاط الاشعاعي المستحدث**

بالاضاة الى النظائر المشعة الطبيعية تمكن العلماء الى انتاج ما يزيد عن (1300)نظير مشع صناعي . وتنتج هذه النظائر الاخيرة عن طريق قذف النظائر المستقرة بانواع مختلفة من

الجسيمات النووية مثل النيترونات وتستخدم لهذا الغرض المفاعلات النوووية كمصدر للنيترونات او معجلات الايونات كمصدر للجسيمات المشحونة مثل جسيمة الفا او البروتونات او حتى الايونات الثقيلة وكذلك كمصدر لإشعاعات كاما مثلا لإنتاج الكوبلت CO^{60} وهو نظير نشط له استخدامات عديدة في مجالات مختلفة تحظر عينة من الكوبلت CO^{59} المستقرة ويتم تشعيع هذه العينة بالنيترونات داخل المفاعل النووي

$$^{59}_{22}CO + n \rightarrow ^{60}_{27}CO + \gamma$$

ويعرف هذا التفاعل بتفاعل الاسر النيتروني الاشعاعي حيث يتم اسر النيترون وتتكون بذلك نواة نظير جديدة مع صدور فوتونات كاما وعمر النصف للكوبلت المشع 5.27 year وتتحول الى عنصر اخر ويتفكك الى النيكل Ni^{60} مُصَدراً جسيم بيتا السالبة

$$^{60}_{27}CO \rightarrow ^{60}_{28}Ni + \beta^- + \upsilon^-$$

يمكن استخدام هذه الطريقة للحصول على عناصر جيدة اثقل من اليورانيوم وهي المعروفة باسم عناصر ما وراء اليورانيوم وهذه العناصر غير موجودة في الطبيعة لان عمرها النصفي صغير

$$^{238}_{92}U + n \rightarrow ^{239}_{92}U + \gamma$$

$$^{239}_{92}U \rightarrow ^{239}_{93}NP + \beta^- + \upsilon^-$$

لذا ينتج نظير البلوتنيوم PU داخل المفاعلات بكميات كبيرة ويستخدم هذا النظير في انتاد الاسحلة النووية والطاقة

$$^{239}_{93}NP \rightarrow ^{239}_{94}PU + \beta^- + \upsilon^-$$

وكذلك يتم العديد من العناصر الثقيلة كالامريشيوم Am والكوريوم Cm نسبة الى ماري كوري وفرنيوم Fm والكرفونيوم Cf .

وتجدر الاشارة الى ان النظائر المصنعة باستخدام التشعيع النيتروني تتفكك مصُدرة الكترونات وذلك لزيادة نسبة النيترونات الى البروتونات . بالاضافة لتشعيع النيتروني في انتاج النظائر المشعة فأنه يمكن انتاج العديد من النظائر المشعة باستخدام الجسيمات المشحونة كالبروتونات وجسيمات الفا والايونات الثقيلة ولهذا الغرض تعجل هذه الجسيمات المشحونة بواسطة المعجلات النووية حتى طاقات مناسبة ثم تقذف بها النظائر المستقرة فتتكون بذلك النظائر المشعة

$$^{231}_{15}P + ^{2}_{1}d \rightarrow ^{32}_{15}P + ^{1}_{1}P$$

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}H \rightarrow ^{17}_{9}X + ^{1}_{0}n$$

امثلة توضيحية اخرى

$$^{238}_{92}U + ^{16}_{8}O \rightarrow ^{250}_{100}X + 4^{1}_{0}n$$

$$^{50}_{20}X + ^{10}_{5}Y \rightarrow ^{55}_{25}X + 5^{1}_{0}n$$

وعموما تستخدم العناصر الثقيلة او الايونات الثقيلة .

1 سلسلة اليورانيوم $^{238}_{92}$U Uranium *series*

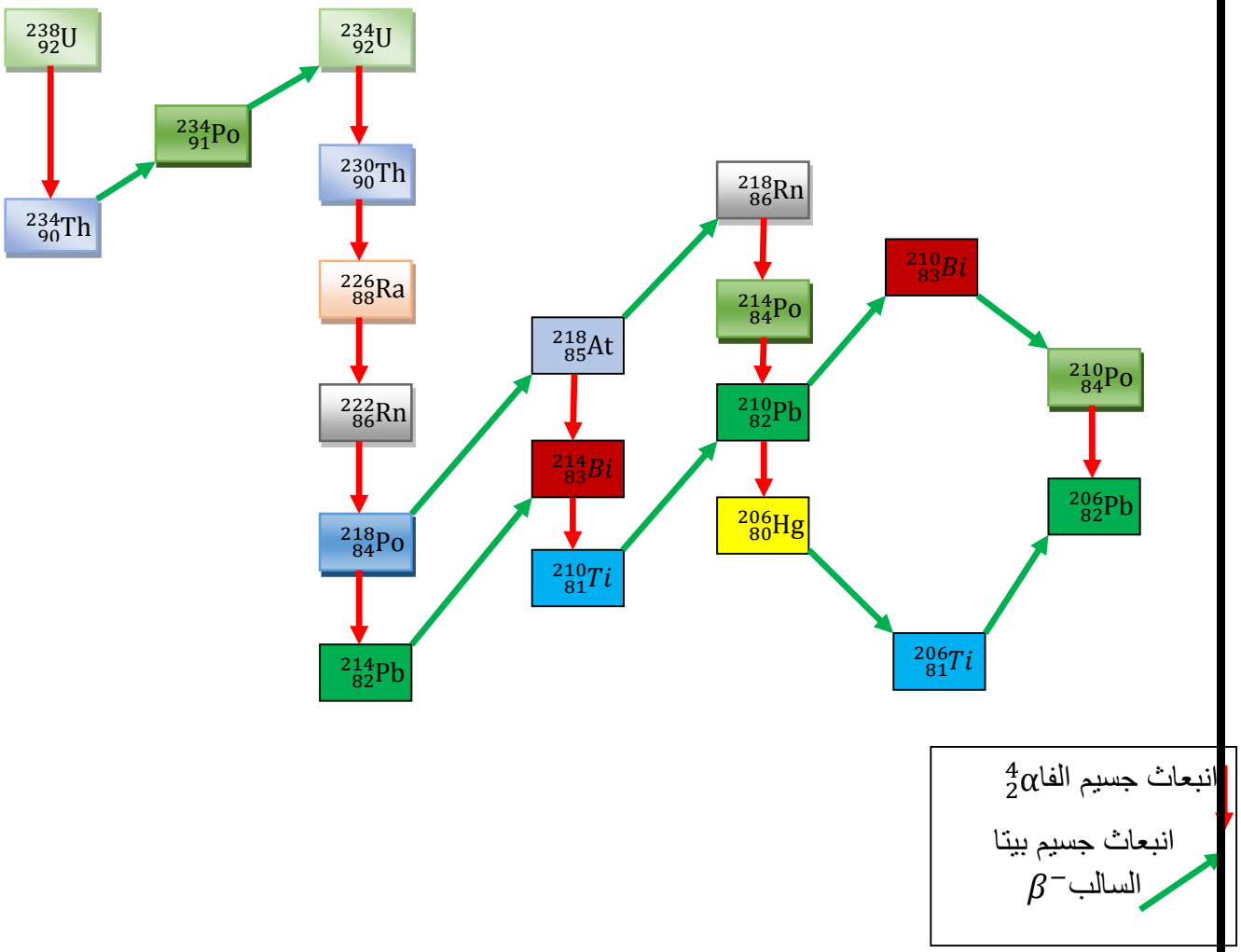
في هذه السلسلة تكون النواة الأم هي $^{238}_{92}\mathbf{U}$ وتبدأ هذه النواة بفقدان جسيم الفا واحد وينج عنها عنصر الثوريوم $^{234}_{90}\mathbf{Th}$ إضافة الى جسيم الفا. كما كي التفاعل الأتي.

$$^{A=238}_{Z=92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{A-4=234}_{Z-2=90}\mathrm{Th} + {}^{4}_{2}\alpha$$

وفي حالة انبعاث جسيم بيتا السالب β^- سوف يزاد العدد الذري بمقدار 2 وينتج عنصر يورانيوم $^{234}_{92}U$ وهذا الأخير بدورة سوف يبعث الفا وينتج نضير أخر للثوريوم $^{230}_{90}Th$ والذي يبعث جسيم الفا ويتحول عنصر الراديوم $^{226}_{88}$Ra

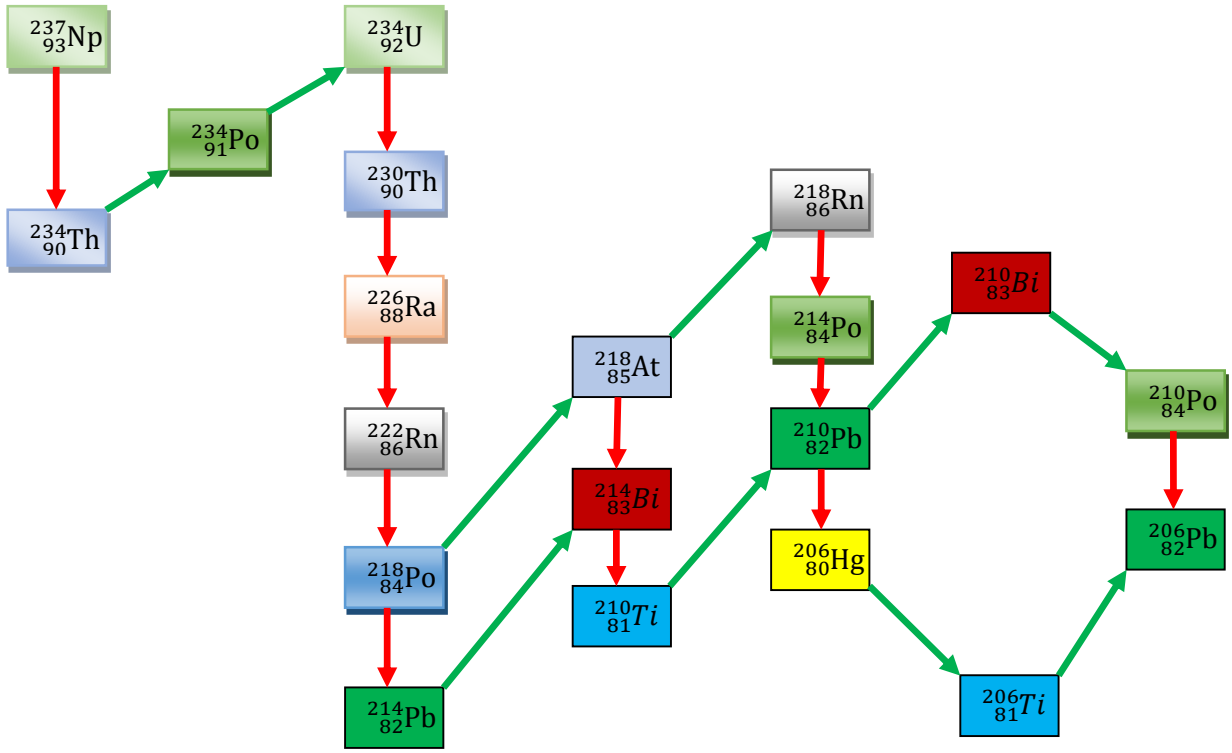
ان المحصلة النهائية لهذه الانبعاثات اي بعد انبعاث5α و$4\beta^-$ يكون الناتج هو عنصر الرصاص المستقر $^{206}_{82}Pb$ الكثير من هذه العناصر توجد في هذة السلسة منها .

$^{218}_{84}$Po, $^{214}_{83}Bi$,, $^{210}_{83}Bi$, $^{206}_{80}Hg$



2- سلسلة الثوريوم : في هذه السلسلة النواة الام هي $^{232}_{90}\mathbf{Th}$ تنتهي هذه السلسلة بمجموعة من عمليات التحول المشابهة لسلسلة يورانيوم ويكون الناتج النهائي لها هو $^{208}_{82}Pb$ وكما مبين في الشكل نفس سلسلة اليورانيوم لكن يبدأ التفكك من 90 و234 $^{232}_{90}\mathbf{Th}$

3- سلسلة النبتونيوم



اسئلة

Q1/ جد عمر النصف اذا كان ثابت التفكك يساوي $0.944\ sec^{-1}$.

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{0.944} = 0.7341\ \text{sec}$$

2Q// وجد أن عنصر الثوريوم يبعث جسيم الفا يوصف بالمعادلة

$$\log\lambda = 56.13 - \frac{105.07 \times 10^7}{\mathrm{v}_\alpha}$$

حيث λثابت التحلل v_α سرعة جسيم الفا .فأذا كانت الطاقة الحركية لجسيم α 7.33 ميكا الكترون فولت .جد عمر النصفي للنظير $^{224}\mathrm{Th}$.

الحل:

بما أنه $1amu = 1.67 \times 10^{-27} kg$

$$k_\alpha = \frac{1}{2}\mathrm{m}_\alpha \mathrm{v}_\alpha^2$$

$$7.33 \times 1.6 \times 10^{-13} = \frac{1}{2} \times 4 \times 1.67 \times 10^{-27} \mathrm{v}_\alpha^2$$

$$v_\alpha = 1.874 \times 10^7 \mathrm{m} sec^{-1}$$

بتعويضها في العلاقة المعطاة في السؤال

$$\log\lambda = 56.13 - \frac{105.07 \times 10^7}{1.874 \times 10^7}$$

$$\log\lambda = -0.0571 \rightarrow \lambda = \mathrm{e}^{-0.0571} = 0.944 \mathrm{sec}^{-1}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{0.944} = 0.7341 \text{ sec}$$

3Q// ينحل عنصر الراديوم الى الرادون وجسيم الفا بموجب التفاعل النووي الآتي

$$^{226}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow \alpha + {}^{222}_{86}\mathrm{Rn}$$

ويرتبط ثابت انحلال Ra مع طاقة التحلل Q_α بموجب العلاقة

$$\ln\lambda = \frac{102.66}{\sqrt{\mathrm{Q}_\alpha}} - 55.57$$

احسب (a)عمر النصفي $\mathrm{T}_{1/2}$ لعنصر Ra على أن λ بوحدة sec^{-1} وQ_α , k_α بوحدة MeV وR_α بوحدة cm .

الحل :

(a) لغرض حساب طاقة التحلل الفا Q_α نجد أن

$$Q_\alpha = \left[M_{(Ra)} - M_{(\alpha)} - M_{(Rn)}\right]931.5\ MeV$$

بتعويض الكتل أعلاه نحصل على

$$Q_\alpha = [226.025402 - 222.017571 - 4.00260325]931.5$$

$$Q_\alpha = 4.87\ MeV$$

وبالرجوع في المعادلة المعطاة في السؤال وتعويض قيمة Q_α منها نجد أن

$$\ln \lambda = \frac{102.66}{\sqrt{4.87}} - 55.57 = -9.05$$

بأخذ *exp* للطرفين

$$\lambda = e^{-9.05} = 1.1746 \times 10^{-4} sec^{-1}$$

ومن العلاقة

$$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{1.1746 \times 10^{-4}}$$

Q4// ماذا تتوقع العناصر أن تكون العناصر الآتية مشعة أم مستقرة ؟

$$(1)^{60}_{27}Co \quad (2)^{222}_{86}R_n \quad (3)^{3}_{1}H \quad (4)^{40}_{20}Ca$$

الحل :

(*1*)العنصر $^{60}_{27}Co$ يحتوي على *27* بروتون و *33* نيرون وكلهما *N=Z* عدد فردي لذا يمكن اعتباره عنصر مشع .

(*2*) العنصر $^{222}_{86}R_n$ العدد الذري *Z=86* وكما هو معلوم أن أي عنصر *Z>83* يكون عنصر مشع .

(*3*) العنصر $^{3}_{1}H$ يحتوي على بروتون واحد و *2*نيرون وبما أن النسبة $\frac{n}{\rho} = 2$ لذا فهي خارج خط الاستقرارية لهذه يعتبر العنصر $^{3}_{1}H$ عنصر مشع .

(*4*)العنصر $^{40}_{20}Ca$ يحتوي *N=20* و *P=20* وهو أحد الأعداد السحرية وهو ايضاً مزدوج السحرية *double Mayic* لذا فأن هذا العنصر مستقر .

عمر النصف هو الزمن اللازم لتحلل نصف عدد انوية الذرات للعنصر المشع .

$$T_{1/2} = \frac{t}{n}$$

n هو عدد الانحلات او مرات التكرار

5Q/ احسب عمر النصف لعينة (1g) بعد مرور ساعتين اصبحت كتلتها (1/4 g) .

بما ان اصبحت كتلتها اذن عدد التكرارات 2

$$T_{1/2} = \frac{t}{\mathrm{n}} = \frac{2\ hours}{2} = 1\ hours$$

$$1g \ \overset{1}{\rightarrow}\ 0.5 \ \overset{1}{\rightarrow}\ 0.25$$
$$n = 2 \quad n = 3$$

6Q/ عينة من عنصر مشع عمر النصف لها يومين كم يتبقى من العنصر المشع بعد مرور 14 يوما .

$$\mathrm{n} = \frac{t}{T_{1/2}} = \frac{14}{2} = 7$$

7Q/ عينة من عنصر مشع تبقى منها $\frac{1}{64}$ بعد مرور 15 اوجد عمرها النصفي .

نلاحظ ان القيمة المتبقية 1/64 اذن يمر بستة تحللات او تكرارات

$$T_{1/2} = \frac{t}{\mathrm{n}} = \frac{15}{5} = 3\ day$$

$$1 \ \overset{1}{\underset{n}{\rightarrow}}\frac{1}{2} \ \overset{2}{\underset{n}{\rightarrow}}\frac{1}{4} \ \overset{3}{\underset{n}{\rightarrow}}\frac{1}{8} \ \overset{4}{\underset{n}{\rightarrow}}\frac{1}{16} \ \overset{5}{\underset{n}{\rightarrow}}\frac{1}{32} \ \overset{6}{\underset{n}{\rightarrow}}\frac{1}{64}$$

8Q/ عينة من عنصر مشع تحتوي على 3600 نواة تبقى منها 450 نواة بعد مرور ساعة على تحضيرها اوجد عمر النصف لها .

$$T_{1/2} = \frac{t}{\mathrm{n}}$$

$$3600 \ \overset{1}{\underset{n}{\rightarrow}}1800 \ \overset{2}{\underset{n}{\rightarrow}}900 \ \overset{3}{\underset{n}{\rightarrow}}450$$

اذن مرة بثلاثة تكرارات n=3

$$T_{1/2} = \frac{60\ \mathrm{Minute}}{3} = 20\ \mathrm{Minute}$$

9Q/ اذا علمت ان عمر النصف لعنصر البوتاسيوم 12.5 سنة وكان لدينا 20 gm منه كم يتبقى منه بعد مرور 50 سنة .

$$T_{1/2} = 12.5\ year\ , \qquad t\ = 50 year$$

$$\mathrm{n} = \frac{t}{T_{1/2}} = \frac{50}{12.5} = 4$$

اذن المادة المتبقية بعد مرور 50 سنة

$$\begin{matrix} n & n & n & n \\ 20 \rightarrow 10 & \rightarrow 5 & \rightarrow 2.5 & \rightarrow 1.25 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{matrix}$$

10Q/ وجدت بقايا باخرة سنة 1980 احسب عمر العينة وتاريخ صنع الباخرة اذا علمت ان عدد الاضمحلالات في العينة 44Bq وعدد التفككات للعينة الحديثة 105Bq .

$$A_{\mathrm{o}} = 105\ Bq$$

$$A\ (t) = 44\ Bq$$

$$A\ (t) = A_{\mathrm{o}}\ e^{-\lambda t} \qquad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

عمر النصف لعنصر الكاربون $T_{1/2} = 5731$

$$ln \frac{A_{\mathrm{o}}}{A\ (t)} = -\lambda t$$

$$-ln \frac{A\ (t)}{A_{\mathrm{o}}} = -\lambda t$$

$$t = \frac{1}{\lambda} ln \frac{A_{\mathrm{o}}}{A\ (t)}$$

$$t = \frac{t_{\frac{1}{2}}}{ln 2}\ \frac{A_{\mathrm{o}}}{A\ (t)}$$

$$t = \frac{5731}{ln 2}\ \frac{105}{44} = 7141\ year$$

$t = 1980 - 7141 = -5161\ year$ عمر السفينة

الاشارة السالبة يعني قبل الميلاد

الفصل الثالث

تفاعل الاشعاع مع المادة

مقدمة :

نعرض في هذا الفصل التفاعل المتبادل بين الاشعاعات والمادة والمقصود بكلمة الاشعاعات هنا هو جميع انواع الاشعاعات كالجسيمات المشحونة الثقيلة والخفيفة واشعاعات كاما والاشعة السسنية والنيترونات .

~~~~~~

- **التفاعل المتبادل بين الجسيمات المشحونة والمادة**

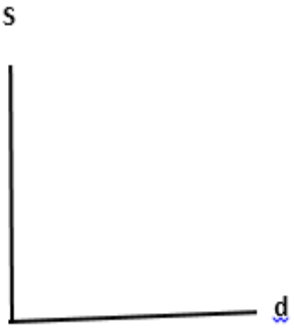
*انتقال الطاقة بين جسيمات المادة

عند سقوط الجسيمات المشحونة الثقيلة على المادة تنتقل طاقة هذه الجسيمات الى المادة بالتدريج الى ان تتوقف الجسيمات الساقطة . ويتم هذا الانتقال اساسا عن المادة التي تمر خلالها الجسيمات وينتج عن هذه التصادمات بين الجسيمات المشحونة الساقطة والالكترونات اثارة لهذه الذرات او تأينها . وهكذا يحدث تأين ابتدائي لذرات المادة هو ذلك التأين الناتج عن الجسيمات الثقيلة ذاتها . ويمثل هذا التأين الابتدائي حوالي (30%) منن اجمالي التأين الناتج عن توقف الجسيم المشحون في المادة واما النسبة الباقية حوالي (70%) من اجمالي التأين فتعرف بالتأين الثانوي وهو ناتج عن الالكترونات التأين الابتدائي التي تنطلق بسرعات عالية نسبية فتؤدي بدورها الى تأين المادة وتسمى الكترونات الثانوية باسم **الكترونات δ (دلتا)** .
~~~~~~

وهكذا تفقد الجسيمات المشحونة الثقيلة طاقتها بالتدريج مع تغلغلها داخل المادة وتقل بتالي سرعتها الى ان تصبح قريبة من سرعة الالكترونات المدار K لذرة الجسيم الساقط . فيحدث عندئذٍ تبادل بين الالكترونات المدرارية لذرات المادة و الكترونات التأين الناتجة عن الجسيم الساقط . وقد يصل عدد هذه التبادلات الى **الف مرة** قبل ان يتحول الجسيم الساقط الى ذرة متعادلة .

وهكذا يتكون نتيجة لتأين الذرة الواحدة **زوج (الكتروني – ايوني)** ويمكن قياس العدد الكلي n للازواج الكترونية – الايونية الناتجة عن كل من التأين الابتدائي والثانوي وذلك باستخدام الطرق التجريبية المختلفة وبمعرفة كل من طاقة الجسيمات المشحونة الساقطة (E) وعدد الازواج n فأنه يمكن حساب القيمة المتوسطة (w) للطاقة اللازمة لتكوين زوج (الكتروني – ايوني) واحد من العلاقة التالية $\boldsymbol{w = \frac{E}{n}}$

لقد وجد ان قيمة (w) اللازمة لتكوين زوج واحد تعتمد اعتمادا واضحا على نوع المادة ولكنها لا تعتمد على طاقة الجسيمات الساقطة وعلى طبيعة هذه الجسيمات . ان قيمة (w) تكون صغيرة جدا فهي تساوي **35 eV** بالنسبة للهواء في الظروف المعيارية (القياسية) من ضغط ودرجة حرارة وهذا يعني ان الجسيمات الساقطة تتعرض لعدد كبير للغاية من التصادمات قبل ان تتوقف . وعند كل تصادم فأن الجسيمات الساقطة لا تغير اتجاه مسارها وهذا هو السبب في اثر الجسيمات المشحونة الثقيلة في المادة يكون عبارة عن خط مستقيم .



*** مدى الجسيمات المشحونة الثقيلة**

مدى الجسيم المشحون في مادة ما هو عبارة عن طول المسافة المستقيمة التي يقطعها الجسيم في اتجاه سقوطه .

*** التأين النوعي وقدرة الايقاف**

يعرف التأين النوعي S : عدد الازواج الكترونية – الايونية خلال ملي متر واحد 1mm من الاثر في الهواء الجوي عند درجة حرارة ($15\ ^oC$) وضغط (760mmHg يعني واحد جو) وتصل قيمة S بالنسبة لجسيمات الفا α عدة الاف زوج لكل ملي متر من الاثر وذلك عندما تكون طاقة جسيمات الفا في حدود عدة ميكا الكترون فولت وعند رسم العلاقة بين التأين النوعي S لجسيم واحد من جسيمات الفا وبين المسافة من مصدر هذا الجسيم نحصل على العلاقة كما موضح في الشكل ويبين هذا الشكل ان التأين النوعي يكون صغيرا عندما يكون جسيم الفا مازالت طاقته كبيرة ويزداد التأين النوعي بالتدريج الى ان يصل الى اقصى قيمة له عندما يصبح جسيم الفا في نهاية الاثر أي عندما تصبح طاقته صغيرة جدا .

* **قدرة الايقاف** $\left(\frac{-dE}{dX}\right)$ **:-** هي عبارة عن معدل فقد الجسيم المعين ذي الطاقة المعينة لطاقته داخل المادة . والاشارة السالبة تعني فقد الطاقة كلما زادت مسافة التغلغل في المادة

$$\left(\frac{-dE}{dX}\right) = \text{w.S}$$

استنادا على هذه العلاقة يمكن تعريف قدرة الايقاف على انها كمية الطاقة التي يفقدها الجسيم في ملي متر واحد من الاثر اذن قدرة الايقاف تعتمد على كل من نوع الجسيم وطاقته ونوع المادة . ولقد تمكن العالم هانزبيتي من اشتقاق العلاقة الرياضية لقدرة الايقاف المتوسط لكل واحد سنتيمتر $1cm$ من المادة

$$\frac{-dE}{dX} = \left(\frac{4\pi e^4 z^2}{m_o v^2}\right) ZN \left[ln\left(\frac{2m_o v}{\text{I}}\right) - ln\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) - \frac{v^2}{c^2}\right]$$

z شحنة و v سرعة و Z عدد الذرات في المادة و N عدد الذرات في سنتيمتر المكعب الواحد و I متوسط جهد التأين .

فأذا كانت طاقة الجسيمات الثقيلة الساقطة صغيرة تكون سرعتها صغيرة بالنسبة لسرعة الضوء $v<<c$

$$\frac{-dE}{dX} = \left(\frac{4\pi e^4 z^2}{m_o v^2}\right) ZN\ ln\left(\frac{2m_o v}{\text{I}}\right)$$

$$\frac{-dE}{dX} = \left(\frac{4\pi e^4 z^2}{m_o v^2}\right) NB$$

$$B = Zln\left(\frac{2m_o v}{\text{I}}\right) \quad \text{حيث}$$

و تجدر الاشارة الى ان العلاقتين الاخيرتين لا تصلحان للاستخدام عند الطاقات الصغيرة جدا حيث يحدث تبادل الكترونات بين المادة والجسيم كذلك فأن القيمة الواردة في العلاقتين يجب تحديدها تجريبيا .

وفي الاغراض العلمية يفضل اتخاذ قيمة فيزيائية اخرى تعرف باسم قدرة **الايقاف النسبية** .

وقدرة الايقاف النسبية لمادة ما هي عبارة عن نسبة بين مدى الجسيمات المعينة في الهواء عند ظروف قياسية ومدى نفس الجسيمات في المادة .

$$RSP = \frac{\left(\frac{-dE}{dX}\right)_{air}}{\left(\frac{-dE}{dX}\right)_{abs}} = \frac{N_{air}\, B_{air}}{N_{abs}\, B_{abs}}$$

وعندما تكون المادة في شكل مركب كيميائي لغدة عناصر فأنه يجب ايضاح ان طاقة الروابط الكيميائية بين العناصر المختلفة تعتبر مهملة ولا تشكل أي اثر على قدرة الايقاف للمادة المكونة من عدة عناصر . عندما تكون المادة الممتصة في شكل مركب كيميائي تعتبر قدرة الايقاف المركب مساوية لمجموع قدرات الايقاف في كل مادة على حدى مع اخذ في الاعتبار نسب المواد في المركب أي قدرة الايقاف المادة المركبة

$$\left(\frac{-dE}{dX}\right)_{comp} = \left(\frac{N_1}{N_o}\right)\left(\frac{-dE}{dX}\right)_1 + \left(\frac{N_2}{N_o}\right)\left(\frac{-dE}{dX}\right)_2 + \cdots \ldots \ldots$$

ايضا يمكن ايجاد العلاقة بين قدرة الايقاف لجسيمات الفا والبروتونات في المادة

$$\left[\frac{\left(\frac{-dE}{dX}\right)_{\alpha(4E)}}{\left(\frac{-dE}{dX}\right)_{P(E)}}\right] = 4$$

وتعني هذه العلاقة ان قدرة الايقاف لجسيمات الفا اكبر اربعة اضعاف من قدرة الايقاف للبروتونات التي طاقتها تساوي ربع طاقة جسيمات الفا وذلك عند استخدام المادة نفسها فمن المعروف ان مدى جسيمات الفا في الهواء يساوي (3.5cm) اذا كانت طاقتها (5MeV) اما مدى البروتونات (14cm) عند نفس الظروف

$$E_P = \frac{E_\alpha}{4} = \frac{5}{4} = 1.4$$

$$R_P = 3.5 \times 4 = 14cm$$

❶ التفاعل المتبادل بين الالكترونات والمادة :-

*** انتقال الطاقة من الالكترون للمادة :** عندما تكون طاقة الالكترونات الساقطة اقل من نصف ميكا الكترون فولت (0.5MeV) تفقد هذه الالكترونات طاقتها عن طريق اثارة الكترونات المدارية لذرات المادة او تأين هذه الذرات بنفس اسلوب انتقال الطاقة من الجسيم الثقيل الى المادة . وتبلغ نسبة التأين الابتدائي في حالة الالكترونات (20%) والباقي ناتج عن التأين الثانوي . ونظرا لان كتلة الالكترون صغيرة للغاية بالمقارنة بسرعة و الجسيم الثقيل الذي يكون له نفس الطاقة . وهذا يعني ان زمن بقاء الالكترون بالقرب من ذرة معينة من ذرات المادة يكون صغيرا للغاية مما يؤدي الى انخفاض التأين النوعي S .

فأذا كان التأين النوعي لجسيمات الفا يبلغ عدة الاف في بداية الاثر ويتضاعف عند نهايته فيلاحظ ان التأين النوعي للالكترونات لا يتعدى عشرة في بداية الاثر و يصل حوالي المئة عند نهايته .

وطبقا لقوانين بقاء الطاقة والزخم فأنه عند عند تصادم الجسيم الثقيل مع الالكترون ، المادة تنتقل بنسبة ضئيلة جدا من طاقة الجسيم الى الالكترون لا تتجاوز $\frac{4m_o}{M}$

حيث ان M كتلة الجسيم الثقيل و m_o الكتلة السكونية للالكترون .

اما عند تصادم الكترون الساقط مع الكترون المادة فيمكن ان تصل قيمة الطاقة المنتقلة من الالكترون الساقط الى الكترون المادة نصف طاقة الكترون الساقط في التصادم الواحد . أي انه في حالة الكترونات هناك احتمال لانتقال كمية كبيرة من طاقة الكترون في التصادم الواحد الى حد الكترونات المدارية . ويؤدي هذا الى زيادة التبعثر في حالة الكترونات بحيث يكون عادة اكبر بكثير من التبعثر في حالة الجسيمات الثقيلة . و بالاضافة الى ذلك فأنه نظرا لصغر كتلة الالكترون فأن التصادمات بين الالكترون الساقط والكترونات و نوى المادة قد تؤدي الى انكسار مسار الكترون الساقط لذا يكون اثر الكترون الساقط في المادة عبارة عن خطٍ منكسر . وعند زيادة طاقة الالكترونات الساقطة فأنه بالاضافة الى فقد الطاقة عن طريق التصادمات غير المرنة يمكن ان تفقد الكترونات الساقطة طاقتها في صورة اشعاعات تعرف باسم **اشعاعات الانكباح** .

**** فقد الطاقة بالتصادمات غير المرنة :**

لات تختلف نظريات انتقال الطاقة في حالة الالكترونات عن طريق التصادمات غير المرنة (الاثارة و التأين) عن مثيلتها بالنسبة للجسيمات المشحونة الثقيلة . ويمكن الحصول على القيمة النظرية لقدرة الايقاف للكترونات عندما تكون طاقتها صغيرة بالمقارنة بطاقة السكون لها وذلك من العلاقة الاتية

عندما تكون $E < m_o c^2$

$$\frac{-dE}{dX} = \left(\frac{4\pi e^4}{m_o v^2}\right) ZN \left[ln\left(\frac{m_o v^2}{2\mathrm{I}}\right) + 0.15\right]$$

اما اذا كانت طاقة الالكترونات كبيرة $E > m_o c^2$ تكون القيمة النظرية لقدرة الايقاف

$$\frac{-dE}{dX} = \left(\frac{2\pi e^4}{m_o c^2}\right) ZN \left[ln\left(\frac{m_o c^2}{2\mathrm{I}}\right) + 0.15\right]$$

***** فقد الطاقة بالاشعاع :**

طبقا لقواني الكهروديناميكية فأنه عند تعجيل جسيم مشحون فأن هذا الجسيم يصدر اشعاعات كهرومغناطيسية تتناسب شدتها مع مربع العجلة (التسارع) وعند مرور الكترون بالقرب من

النواة شحنتها (Z) فأن مساره ينحرف وهذا الانحراف هو بمثابة التعجيل . وينتج هن هذا التعجيل اشعاعات كهرومغناطيسية تعرف **اشعاعات الانكباح .**

تؤدي الى فقد الالكترون لجزء من طاقته وطيف اشعاعات الانكباح طيفا مستمر .

ولحساب الطاقة التي يفقدها الكترون في شكل اشعاع انكباح على وحدة الطول من مسار داخل المادة تستخدم العلاقة الاتية

$$\left(\frac{-dE}{dX}\right)_{rad} = \left(\frac{4Z(Z+1)e^4NE}{137m_oc^2}\right)\left[ln183\,Z^{-\frac{1}{2}} + 0.125\right]$$

هذه العلاقة تمثل قدرة الايقاف عن طريق الاشعاع

اذا كانت طاقة الالكترونات كبيرة $E \gg m_oc^2$. اما اذ كانت طاقة الالكترونات صغيرة $E \ll m_oc^2$ فأنه يمكن اهمال فقد الطاقة عن طريق الاشعاع

$$\left(\frac{-dE}{dX}\right)_{total} = \left(\frac{-dE}{dX}\right)_{inet} + \left(\frac{-dE}{dX}\right)_{rad}$$

$\left(\frac{-dE}{dX}\right)_{inet}$ قدرة الايقاف عن طريق التصادمات غير المرنة

$\left(\frac{-dE}{dX}\right)_{rad}$ قدرة الايقاف عن طريق الاشعاع

****** امتصاص الكترونات :**

لاحظنا ان سلوك الكترونات عندما تسقط على المادة يختلف اختلافا كبيرا عن سلوك الجسيمات الثقيلة

عند سقوط حزمة متوازية من الكترونات ذا طاقة واحدة على المادة واذا كان سمك هذه المادة غير كافي للامتصاص هذه الكترونات فأن الكترونات تخرج من الجانب الاخر للمادة بطاقات مختلفة اختلافا كبيرا أي ان التبعثر الناتج في طاقات الالكترونات يكون كبيرا للغاية بمقارنته بنظيريه في حالة الجسيمات الثقيلة .

*** قانون الامتصاص :**

لما كانت اطياف بيتا الصادرة عن جميع النظائر المشعة هي اطياف مستمرة ، نظرا لما يحدث من تشتت للكترونات في المادة فأنه ينتج عن هذين العاملين حدوث امتصاص لهذه الجسيمات داخل المادة **بطريقة اسية** . ولقد وجد عملياً ان قانون الامتصاص لجسيمات بيتا يمكن كتابته بالتقريب المناسب بصورة الاتية

$$\mathrm{N} = N_{\mathrm{o}}\, e^{-\mu x} \ldots\ldots (1)$$

N_{o} عدد جسيمات بيتا الساقطة

N عدد الجسيمات بعد اختراق سمك من المادة الماصة مقداره (x)

μ معامل الامتصاص الخطي وهو يعتمد اساسا على نوع المادة الماصة ويزيد بزيادة عددها الذري وحدته cm^{-1} .

وعند قسمة معامل الامتصاص الخطي على كثافة المادة نحصل على عامل μ_{m} يعرف معامل الامتصاص الكتلي

$$\mu_{\mathrm{m}} = \frac{\mu}{\rho} \quad \overset{\text{وحدته}}{\longrightarrow} \quad \frac{cm^2}{gm}$$

وهذا المعامل الاخير يختلف اختلافا طفيفا . باختلاف النسبة $\frac{Z}{A}$ للمادة الماصة . وعند استخدام معامل الامتصاص الكتلي في معادلة رقم (1) يجب التعبير عن السمك (x) بوحدة جديدة x_{m} تعبر عن السمك الكتلي

$$x_{\mathrm{m}} = x\rho \quad \overset{\text{وحدته}}{\longrightarrow} \frac{gm}{cm^2}$$

*** السمك النصفي $x_{\frac{1}{2}}$:**

يستخدم مصطلح السمك النصفي او طبقة السمك النصفي استخداما واسعاً عند حساب امتصاص الالكترونات **و السمك النصفي عبارة عن السمك المعين من المادة الذي يحدث خلاله امتصاص نصف عدد الجسيمات الساقطة ويخترق النصف الاخر** ، أي انه ذلك السمك الذي يؤدي الى خفض الشدة الاشعاعية او عدد الجسيمات التي تخترقه الى النصف .

$$\mathrm{N} = \frac{1}{2} N_{\mathrm{o}}$$

باستخدام معادلة رقم (*1*)

$$x_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\mu}$$

بالنسبة لـــ x_{m} $\qquad x_{\mathrm{m}} = \frac{\ln 2}{\mu_{\mathrm{m}}}$

❶ التفاعل المتبادل بين اشعاعات كَاما والمادة

* انتقال الطاقة من اشعاعات كاما الى المادة :

تختلف اساليب انتقال الطاقة من اشعاعات كاما الى المادة اختلافا جوهريا عن تلك الاساليب التي تنتقل بها الجسيمات المشحونة الى المادة . فعندما يسقط فوتون كاما على المادة فأنه سيمكن ان يفقد طاقته ويمنحها للمادة احدى العمليات الثلاثة الرئيسية التالية :

❶ **التأثير الكهروضوئي :** وخلاله يفقد فوتون كاما كل طاقته بالكامل ويمنحها لاحد الالكترونات شديدة الارتباط بنواة ذرة من ذرات المادة (أي الكترونات القريبة من النواة)

❷ **تأثير كومبتن :** وخلاله يفقد فوتون كاما جزء من طاقته ويمنحها لاحد الكترونات الحرة (الالكترونات ضعيفة الارتباط بالذرة) وبتالي ينحرف هذا الفوتون عن مساره .

❸ **انتاج الزوج :** ويمكن ان يحدث عندما يقترب الفوتون اقترابا كبيرا من نواة الذرة ويتفاعل مع المجال الكهربائي الشديد لها . وخلال هذا التفاعل يفقد فوتون كاما طاقته بالكامل منتجا زوج (الكترون وبوزترون) وبتالي يُفنى (يختفي) هذا الفوتون .

** توهين اشعاعات كَاما في المادة :

عند سقوط حزمة متوازية من اشعاعات كاما او اشعة سينية (X) على المادة الممتصة يخرج الفوتون الذي يتفاعل مع احد ذرات المادة بأي من العمليات الثلاثة من الحزمة وذلك بسبب امتصاص طاقته بالكامل وفنائه او بسبب تشتته او بسبب انحرافه عن مساره بذبلك يكون عدد الفوتونات (dN) التي تخرج من الحزمة متناسبا طرديا مع عدد الفوتونات الساقطة (N_o) ومع سمك المادة الممتصة (dx)

$$dN = -\mu\, N_o\, dx$$

الاشارة السالبة تدل على تناقص عدد الفوتونات التي تخترق المادة .

μ معامل التوهين الخطي

$$dI = -\mu\, I_o\, dx$$

I_o شدة الاشعاعات الساقطة

I شدة الاشعاعات التي اخترقت المادة بسمك dx

*****التفاعل المتبادل بين النيترونات والمادة :**

انواع النيترونات :

1- نيترونات حرارية ونيترونات بطيئة :

النيترونات الحرارية هي النيترونات التي تقل طاقتها الحركية عن حوالي (1eV) . في حين النيترونات البطيئة هي التي تتراوح طاقتها بين (1eV- 0.1 keV).

2- نيترونات بينية الطاقة :هي النيترونات التي تتراوح طاقتها بين (0.1keV – 20keV) .

3- النيترونات السريعة : هي النيترونات التي تتراوح طاقتها بين MeV(10 – 0.2) .

4- النيترونات عالية الطاقة : هي النيترونات التي تزيد طاقتها بين (10MeV) .

ونظرا لعد وجود شحنة للنيترون فأنه يتميز بخصائص تختلف كثيرا عن خصائص الجسيمات المشحونة . ومن هذه الخصائص انه لا يمكن تعجيله ولا يمكن ان يؤين النيترون ذرات المادة ولا يحدث عنه أي تفاعلات كهروستاتيكية مع النواة او مع الالكترونات لذا فأنه ان لم يتفاعل النيترون تفاعلا نوويا مع نوى الذرات تكون المادة بالنسبة لهذا النيترون كالفراغ مما يجعل له قدرة كبيرة على اختراق المادة . ويتفكك النيترون تلقائيا بعد خروجه من النواة الى بروتون وجسيم بيتا ونيترينو مضاد وعمر النصف لنيترون 15 دقيقة .

*مصادر النيترونات

لا توجد في الطبيعة نظائر طبيعية مشعة للنيترونات ولكن امكن في السنوات الاخيرة انتاج نظير كالفونيوم $^{252}_{98}CF$ الذي يعتبر حتى الان النظير الصناعي الوحيد للنيترونات بعمر نصف يبلغ (2.56 year) وقد استخدمت التفاعلات النووية المختلفة خاصة تفاعل جسيم الفا نيترون على العناصر على العناصر الخفيفة كمصدر للنيترونات منذ الثلاثينات وحتى الان تعتبر هذه التفاعلات مع تفاعلات الانشطار والاندماج النووي هي المصادر الوحيدة للنيترونات **نذكر بعض من هذه المصادر**

1- مصدر كالفونيوم CF: يتم انتاج $^{252}_{98}CF$ في الوقت الحالي في المفاعلات النووية ويتفكك نظير الكالفونيوم $^{252}_{98}CF$ تلقائيا مُصدرا جسيم الفا α احيانا وقد يتفكك مُصدرا نيتروناً طبقاً للمعادلة

$$^{252}_{98}CF \longrightarrow {}^{251}_{98}CF + {}^{1}_{0}n$$

ويبلغ معدل انبعاث النيترون $\left(2.3 \times 10^6 \frac{netron}{sec}\right)$ لكل $1\mu g$ من كالفونيوم $^{252}_{98}CF$ وتنطلق النيترونات من كالفونيوم $^{252}_{98}CF$ بطاقات تتراوح بين $(1-6)MeV$.

2- مصدر الراديوم – بيريليوم : يعتبر هذا المصدر من ارخص مصادر النيترونات وتنتج النيترونات في هذا المصدر عند قذف نواة البيريليوم **^{9}Be** بجسيم الفا فينطلق نيترون طبقاً للتفاعل التالي

$$\alpha + {}^{9}_{4}Be \longrightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n + 5.76MeV$$

ويستخدم نظير الراديوم ^{226}Ra كمصدر لجسيمات الفا واحياناً يستخدم البولونيوم او الرادون بدلاً منه . عدد النيترونات المنبعثة في الثانية الواحدة حوالي 10^{6} نيترون سريع في الثانية .

3- مصدر (بولونيوم –بيريليوم) أو (الامريشيوم – بيريليوم): يستخدم في الوقت نظير البيريليوم ^{210}Po الذي يبلغ عمره النصفي (138 day) ويعتبر مصدرا لجسيمات الفا بدلا من الراديوم ^{226}Ra لتحضير مصادر النيترونات مع البيريليوم Be . الا انه نظرا للعمر النصفي القصير نسبياً لنظير البولونيوم ^{210}Po فقد حل مصدر الامريشيوم ^{241}Am محل الراديوم والبولونيوم وابتت الان مصادر الامريشيوم بيرليوم هي المصادر المتداولة في معظم التطبيقات الصناعية .

4- مصدر النيترونات الفوتوني : يتخلص عمل مبدأ هذا المصدر على قذف بعض النوى بالفوتونات فينتج عن ذلك انبعاث النيترونات

$$\gamma + {}^{9}_{4}Be \longrightarrow \underset{(2\alpha)}{{}^{8}_{4}X} + n - 1.67MeV$$

$$\gamma + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{1}_{1}H + n - 2.23MeV$$

الاشارة السالبة (-) تعني ان لا تقل طاقة كاما عن الطاقات المذكورة في التفاعلات اعلاه .

5- معجلات الجسيمات المشحونة مكصادر للنيترونات : يمكن الحصول على نيترونات ذات طاقة محددة وذلك بقذف بعض النوى الخفيفة بالجسيمات المشحونة والمعجلة

$${}^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{1}_{0}n + 3.29MeV$$

$${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{2}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + 176\ MeV$$

$${}^{2}_{1}H + {}^{12}_{6}C \longrightarrow {}^{13}_{7}N + {}^{1}_{0}n - 0.26MeV$$

$${}^{2}_{1}H + {}^{9}_{4}B \longrightarrow {}^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n + 4.35MeV$$

$${}^{1}_{1}H + {}^{7}_{3}Li \longrightarrow {}^{7}_{4}Be + {}^{1}_{0}n - 1.65MeV$$

ولهذا الغرض يتم تعجيل الديتريونات لطاقة تصل الى (15KeV) ويقذف بها الهدف فتنبعث النيترونات بطاقات (14.MeV) ويمكن الحصول من مثل هذا المصدر على تدفق نيتروني تصل شدته الى حوالي $(10^{10} - 10^{12})\ \frac{nutron}{\sec cm^{2}}$.

6- المفاعلات النووية : اقوى مصادر للنيترونات على الاطلاق حيث يمكن ان تتراوح كثافة النيترونات $(10^{13} - 10^{19}) \frac{nutron}{\sec cm^2}$ وتنتج النيترونات في المفاعلات عن انشطار نوى اليورانيوم والبولونيوم نتيجة حدوث التفاعلات المتسلسلة داخل المفاعل . ان طيف النيترونات داخل المفاعل يتراوح مابين النيترونات الحرارية والسريعة .

*** التفاعل المتبادل بين النيترونات والمادة :**

يختلف التفاعل بين النيترونات والمادة اختلافا كاملا بالمقارنة بتفاعل الجسيمات المشحونة او اشعاعات كاما . فالنيترونات تفقد طاقتها نتيجة تفاعلها مع النواة فقط . ويعتبر التشتت المرن وغير المرن اهم السُبل التي يفقد فيها النيترون طاقته .

ويعتبر **التشتت المرن** على النوى الخفيفة اهم وسيلة لفقد طاقة النيترونات

اما **التشتت غير المرن** على النوى المتوسط والثقيلة فلا يلعب دورا هاما في فقد طاقة النيترونات الا بالنسبة لطاقات كبيرة .

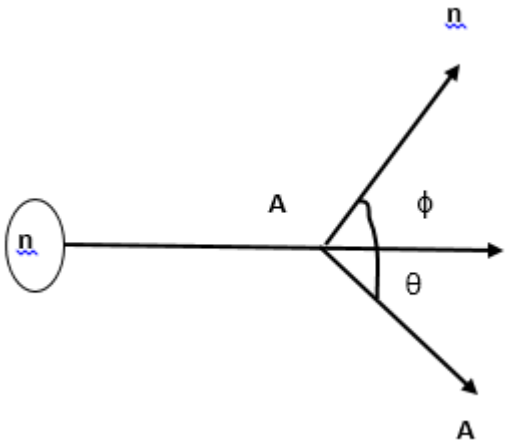
***التشتت المرن للنيترونات :**

عند سقوط طاقة (E_o) على نواة عددها الكتلي (A) ينحرف النيترون عند مساره ويفقد جزء من طاقته بفعل القوة النووية . فأذا لم تتغير الطاقة الداخلية للنواة يسمى هذا التشتت بالتشتت المرن او الاستطارة المرنة وباستخدام قانون بقاء الطاقة والزخم يمكن ايجاد طاقة النيترون بعد التشتت

$$E = E_o \frac{(A^2 + 2cos\Phi + 1)}{(A+1)^2}$$

حيث ان

E طاقة النيترون بعد التشتت .



Φ هي زاوية التشتت في مجموعة احداثيات مركز الثقل وهي مرتبطة بزاوية التشتت θ .

$$cos\theta = \frac{(1 + Acos\Phi)}{(A^2 + 2cos\Phi + 1)}$$

***التشتت غير المرن للنيترونات :**

عند حدوث تشتتت غير مرن للنيترون تنتقل النواة التي حدث عليها التشتت من الحالة الارضية الى الحالة المثارة ولا يحدث هذا النوع من التشتت الا اذا كانت طاقة النيترون مساوية او اكبر من قيمة حدية معينة .

الفصل الرابع

التفاعلات النووية

ان النوى غير المستقرة تنحل تلقائيا مغيرة بذلك هيكلها النووي بدون أي تأثير خارجي كذلك من الممكن احداث تغير في هيكل النوى وذلك عند قصفها بجسيمات ذات طاقة واطئة ومثل

هذا التصادم الذي تتغير فيه سلوكية ونوع الجسم الساقط هذا يعرف بالتفاعل النووي من الممكن **تقسيم التفاعلات النووية الى قسمين**

القسم الاول : يشمل تفاعلات الطاقات العالية ففي هذا التفاعل تستخدم الجسيمات المقذوفة من المعجلات .

اما القسم الثاني : فهو تفاعلات ذات طاقة واطئة ففي هذه التفاعلات يكون للجسيم طاقة لا تزيد على عدد من ميكا الكترون فولت وقد تصل الى 20MeV .

ان جميع التفاعلات ذات طاقة واطئة لها خواص مشتركة هي :

1. ان جسيم المقذوف عبارة عن جسيمات خفيفة مثل جسيمات البروتونات والنيترونات واشعة كَاما.
2. لا تتولد جسيمات غريبة مثل الميزونات .
3. هذه التفاعلات عادة يصاحبها انبعاث واحد فقط من الجسيمات الخفيفة .

ان لكل تفاعل نووي معادلة تفاعل يمكن كتابتها بصورة عامة كما يلي

$$a + \mathrm{X} \longrightarrow b + \mathrm{Y}$$

حيث(a) تمثل الجسيمة الساقطة التي تتعامل مع نواة الهدف (X) وينتج عنها تفاعلا نوويا . ناتج هذا التفاعل يكون عبارة عن نواة مرتدة (Y) وجسيمة ناتجة عن هذا التفاعل (b) ويمكن كتابة هذه المعادلة بشكل مختصر

$$\mathrm{X}\ (a,b)\ \mathrm{Y}$$

في بعض التفاعلات تكون النوى الناتجة نوى مستقرة لكن هناك تفاعلات نووية تكون فيها النواة الناتجة غير مستقرة او نواة نشطة اشعاعيا

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n$$

او بطريقة اخرى

$$^{27}_{13}Al(\alpha\ ,n)^{30}_{15}P$$

ان نواة الفسفور $^{30}_{15}P$ غير مستقرة تنحل بعمر نصف قدره (2.5min) الى نواة مستقرة هي نظير السيليكون

$$^{30}_{15}P \longrightarrow ^{30}_{14}si + \beta^{+}$$

بعض التفاعلات النووية ذات طاقة واطئة التي يطلق عليها الانحلال الفوتوني في هذا النوع اشعة كاما تمتص من قبل النواة .

$$^{25}_{12}mg + \gamma \longrightarrow ^{1}_{1}H + ^{24}_{11}Na$$

ويمكن ان تكتب كالاتي $^{25}_{12}mg\ (\gamma, P)\ ^{24}_{11}Na$

وبعد عمر نصف معين يتحول $^{24}_{11}Na$ الى نظير المنغنيسيوم ويبعث جسيمة

$$^{24}_{11}Na \longrightarrow ^{12}_{12}mg + \beta^-$$

مثال على الانوية المستقرة

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}H \longrightarrow ^{1}_{1}H + ^{17}_{8}O$$

$$^{14}_{7}N(\alpha\ , P)\ ^{17}_{8}O$$

*** طاقة التفاعل :-**

اثبتت جميع تجارب التفاعلات النووية ان هناك طاقة تتحرر من التفاعل النووي يطلق عليها طاقة التفاعل (Q) ولحساب هذه الطاقة او العلاقة بين قيمة طاقة الانحلال وطاقات الجسيمات الداخلية والخارجة من التفاعل نعتبر في كل تفاعل نووي ان الطاقات والزخوم محفوظة لنفرض تفاعل نووي

$$\mathrm{X}\ (a, b\ )\ \mathrm{Y}$$

حيث ان (a) الجسيم المقذوف (X) نواة الهدف

(b) الجسيم الخارج من التفاعل . و (Y) النواة الناتجة من التفاعل

الجسيم المقذوف (a) له طاقة سكون m_aC^2 وطاقة حركية للجسيم المقذوف K_a يسقط على هدف ساكن له طاقة سكون M_XC^2 حيث ينتج من هذا التفاعل جسيم له طاقة سكون M_bC^2 وطاقة حركية K_b ونواة مرتدة لها طاقة سكونية M_YC^2 وطاقة حركية K_Y .

ملاحظة / الطاقة الحركية لنواة الهدف تساوي صفر $K_X=0$

❶ **قانون حفظ الطاقة :** ينص على ان الطاقة الكلية الاولية قبل التفاعل او التصادم (E_i) والتي هي عبارة عن مجموع طاقات السكون والطاقات الحركية مساوية الى الطاقة الكلية النهائية بعد التفاعل (E_f)

$$\boldsymbol{E_i = E_f}$$

$$\frac{1}{2}m_av_a^2 + m_aC^2 + 0 + M_XC^2 = \frac{1}{2}m_bv_b^2 + m_bC^2 + \frac{1}{2}m_Yv_Y^2 + M_YC^2$$

$$(m_a + M_X - m_b - M_Y)C^2 = \frac{1}{2}(m_bv_b^2 + m_Yv_Y^2 - m_av_a^2) = Q$$

Q هي طاقة التفاعل

$$\big(M_i - M_f\big)C^2 = \big(K_f - K_i\big) = Q \dots\dots\dots\dots (*)$$

$$Q = \big(M_iC^2 - M_fC^2\big)$$

$$Q = (K_f - K_i)$$

من خلال المعادلة (*) يمكن حساب الطاقة النووية المتحررة من أي تفاعل من خلال معرفة الطاقات الحركية او فرق طاقات السكون للجسيمات الموجودة في معادلة التفاعلات النووية للطاقات الواطئة .

❷ **قانون حفظ الزخم :** يمكن حساب قيمة (Q)باستخدام قانون الزخم الخطي ، أي تفاعل نووي يجب ان ينطبق عليه شروط قانون حفظ الطاقة وقانون حفظ الزخم

شكل

من خلال تحليل الزخوم ومساوات المركبات الافقية وكذلك الرأسية(العمودية) قبل وبعد التفاعل

$$m_a v_a = m_b v_b cos\Phi + M_Y v_Y cos\theta \dots\dots (X1)$$

$$0 = m_b v_b sin\Phi + M_Y v_Y sin\theta \dots\dots\dots\dots (X2)$$

نرتب ونربع المعادلة *X1* نحصل على

$$(m_a v_a - m_b v_b cos\Phi)^2 = (M_Y v_Y cos\theta)^2 \dots\dots (X3)$$

نرتب ونربع المعادلة *X2* نحصل على

$$(-m_b v_b sin\Phi)^2 = (M_Y v_Y sin\theta)^2 \dots\dots\dots\dots (X4)$$

نفك التربيع للمعادلة *X3* نحصل على

$$m_a^2 v_a^2 + 2m_a v_a \ m_b v_b cos\Phi + m_b^2 v_b^2 cos^2\Phi = M_Y^2 v_Y^2 cos^2\theta \dots\dots (X5)$$

نفك التربيع للمعادلة X4 نحصل على

$$m_b^2 v_b^2 \ sin^2\Phi = M_Y^2 v_Y^2 \ sin^2\theta \dots\dots\dots (X6)$$

نجمع المعادلتين الاخيرتين X5 وX6 وجعل الحد $sin^2 + cos^2 = 1$ نحصل على

$$m_a^2 v_a^2 - 2m_a v_a \ m_b v_b cos\Phi + m_b^2 v_b^2 = M_Y^2 v_Y^2 \dots\dots\dots (1)$$

من قانون حفظ الطاقة

$$Q = (M_i - M_f)C^2 = (M_X + m_a - M_Y) \dots\dots\dots (2)$$

$$Q = (K_f - K_i) = \frac{1}{2} m_Y v_Y^2 + \frac{1}{2} m_b v_b^2 - \frac{1}{2} m_a v_a^2 \dots\dots (3)$$

نضرب ونقسم المعادلة *(1)* بـــ *2*

توضيح

هكذا يعني $\frac{2}{2}m_a^2v_a^2 = 2m_a\left(\frac{1}{2}m_av_a^2\right)$

الحد الداخل القوس اصبح يمثل الطاقة الحركية K_a

و هكذا بالنسبة لبقية الحدود

اذن نحصل

$$2m_aK_a + 2m_bK_b - 2m_av_a\ 2m_bv_bcos\Phi = 2m_YK_Y \dots\dots.. (4)$$

من المعادلة (3) نحصل على

$$K_Y = Q - K_b + K_a \Longrightarrow 2m_YK_Y = (Q - K_b + K_a)2m_Y \dots\dots\dots (5)$$

نعوض معادلة (5) في معادلة (4)

$$\frac{m_a}{m_Y}K_a + \frac{m_b}{m_Y}K_b - \frac{2m_av_a\ m_bv_b}{m_Y}cos\Phi + K_b - K_a = Q$$

توضيح الحد $\frac{2m_av_a\ m_bv_b}{m_Y}$ نربعه وناخذ له جذرحتى ينتج لدينا طاقة حركية K والحدود المتشابهه تجمع $\frac{m_a}{m_Y}K_a$ يجمع مع K_b و الحد $\frac{m_a}{m_Y}K_a$ يجمع مع K_a ثم ناخذ عامل مشترك

اذن بعد التوضيح نحصل على .

$$Q = K_b\left(1 + \frac{m_b}{m_Y}\right) - K_a\left(1 - \frac{m_a}{m_Y}\right) - \frac{2}{m_Y}(m_am_bK_aK_b)^{\frac{1}{2}}cos\Phi \dots\dots (6)$$

اذن معادلة (6) لا تعتمد على كتلة نواة الهدف m_X ولا على الطاقة الحركية K_Y لنواة الناتجة

معادلة (6) تعني حساب الطاقة المتحررة من التفاعل واي تفاعل يجب ان يتحقق شرطين هما حفظ الطاقة وحفظ الزخم .

ان قيمة Q اما ان تكون موجبة او سالبة

فأذا كانت Q موجبة أي ان Q>0 او $K_i > K_f$ فذا يعني ان هناك طاقة نووية متحررة من التفاعل ويطلق على هذا التفاعل المحرر للطاقة (الباعث للطاقة او الحرارة)

اما اذا كانت (Qسالبة) أي ان Q<0 او $K_f > K_i$ فذا يعني ان هناك طاقة نووية ممتصة ومستهلكة من التفاعل ويطلق على هذا النوع بالتفاعل (التفاعل الماص للطاقة او الحرارة)

لذا ففي حالة التفاعل الماص تحتاج الى طاقة K_a اكبر من قيمة Q أي ان $K_a > Q$

لايجاد العلاقة بين K_b و Φ

نضرب المعادلة (6) بـــ (m_Y) نحصل على

$$m_Y Q = K_b(m_Y + m_b) - K_a(m_Y - m_a) - 2(m_a m_b K_a K_b)^{1/2} cos\Phi$$

او

$$K_b(m_Y + m_b) - 2(m_a m_b K_a)^{\frac{1}{2}} cos\Phi (K_b)^{\frac{1}{2}} - K_a(m_Y - m_a) - m_Y Q = 0$$

لحل هذه المعادلة بالنسبة K_b نفرض ان $K_b = X^2$

$$X^2(m_Y + m_b) - 2(m_a m_b K_a)^{\frac{1}{2}} cos\Phi X - K_a(m_Y - m_a) - m_Y Q = 0$$

هذه المعادلة تعتبر من الدرجة الثانية نحلها بطريقة الدستور

توضيح نفرض ان

$$(m_Y + m_b) = a$$

$$(m_a m_b K_a)^{\frac{1}{2}} cos\Phi = b$$

$$(K_a + m_Y Q) = c$$

$$K_a = m_Y - m_{ba}$$

$$\therefore (m_Y Q + m_Y - m_a) = c$$

الان نطبق قانون الدستور بكلِ بساطةٍ

$$(K_b)^{\frac{1}{2}} = \frac{(m_a m_b K_a)^{\frac{1}{2}} cos\Phi \pm \left(m_a m_b K_a cos^2\Phi + (m_Y + m_b)(m_Y Q + m_Y - m_a)\right)^{1/2}}{(m_Y + m_b)}$$

(7).....

هذا التعبير الرياضي موضح في الشكل (*1*) للتفاعل النووي $^3H(P\,,n)\,^3He$ وقيمة Q لهذا التفاعل سالبة وتساوي (-763.75 MeV) .

يمكن تطبيق معادلة رقم (7) مجموعة اخرى من التفاعلات النووية $^{14}C(P\,,n)\,^{14}N$

ملاحظات *notes*

❶ يوجد حد ادنى لقيمة (K_a) بحيث طاقة الجسيم الساقط اذا ككانت اصغر من الحد المطلق فمن المستحيل حدوث التفاعل . وهذا يحدث فقط عندما تكون $(Q<0)$ ولذلك يسمى هذا الحد من الطاقة بالطاقة الحرجة K_{Th} .

$$K_{Th} = \frac{M_Y + m_b}{M_Y + m_b - m_a} \qquad (-Q) \dots\dots\dots\dots (8)$$

الحالة الحرجة هذه تحدث دائما عندما تكون $(\Phi = 0)$ ولذلك فأن $(\theta = 0)$ ومن ثم تتحرك كتل النواتج (Y,b) في اتجاهٍ مشتركٍ ولا يوجد فقد في الطاقة .

اما اذا كانت $(Q>0)$ فلا يوجد هناك حالة حرجة للتفاعل .

❷ حالة القيمة المزدوجة : في قيم (K_b) تحدث مع الطاقات الساقطة (K_{Th}) والحد الاعلى

$$K_a = (-Q) \qquad \frac{M_Y}{M_Y - m_a} \dots\dots\dots\dots (9)$$

وهذا يحدث فقط عندما تكون $(Q<0)$ وهذا مهم فقط للتفاعلات التي تتضمن انوية متقاربة في الكتل .

باستخدام المعادلتين (8) و (9) مع التقريب

$$\acute{K}_a - K_{Th} \cong E_{TH} \frac{m_a m_b}{M_Y(M_Y - m_a)}$$

❸ يوجد ايضا قيمة عظمى للزاوية والتي عندها يحدث سلوك القيم المزدوجة

$$cos^2\Phi_m = \frac{(M_Y + m_b)[M_Y Q + (M_Y - m_a)/2a]}{m_a m_b\, K_a}$$

وعند تقارب K_a و $\acute{K}_a$ فان سلوك القيم المزدوجة يحدث بين $(\Phi = 0\ )$ و$(\Phi = 90)$

وعندما تقترب K_{Th} من K_a فأن هذا يعني Φ_m تقترب من الصفر $\Phi_m = 0$.

❹ التفاعلات النووية ذات قيمة (Q>0)

ليس لها قيمة حرجة لطاقة الجسيم الساقط ولا يوجد بها سلوك القيم المزدوجة .

مثال : في التفاعل النووي

$$^{11}B(d\,,\alpha\,)\,^{9}Be$$

او

$$^{11}B + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{4}He + {}^{9}Be$$

سقط ديتريون بطاقة حركية (1.51MeV) بينما انطلقت جسيمات الفا بطاقة حركية (6.37MeV) وخرجت بزاوية مقدارها (90^o) جد 1- طاقة التفاعل Q -2 الطاقة الحرجة لهذا التفاعل . علماً ان الطاقات

$$^{11}B = 11.0093\,u\,, d = 2.01355u\,, Be = 9.012182u, \alpha = 4.0015\,u$$

Solution:

$$Q = K_b\left(1 + \frac{m_b}{m_Y}\right) - K_a\left(1 - \frac{m_a}{m_Y}\right) - \frac{2}{m_Y}(m_a m_b K_a K_b)^{\frac{1}{2}} cos\Phi$$

$$cos90 = 0$$

اذن الحد $\frac{2}{m_Y}(m_a m_b K_a K_b)^{\frac{1}{2}} cos\Phi$ يصبح صفرا

$$Q = 6.37MeV\left(1 + \frac{4.0015}{9.012182}\right) - 1.51MeV\left(1 - \frac{2.01355}{9.012182}\right)$$

$$Q = 8.025\ MeV$$

$$K_{Th} = \frac{M_Y + m_b}{M_Y + m_b - m_a}$$

$$K_{Th} = \frac{9.012182 + 4.0015}{9.012182 + 4.0015 - 2.01355}$$

$$K_{Th} = 1.1829$$

*** اليات التفاعلات النووية**

يمكن تقسيم التفاعلات النووية من حيث كيفية (الية – ميكانيكية) الحدوث التفاعل الى قسمين رئيسين : **1- تفاعلات النواة المركبة . 2- التفاعلات النووية المباشرة**

❶ **التفاعلات النووية ذات النواة المركبة :**

من خلال مراقبة نواتج التفاعلات النووية المختلفة مع تغير مدخلاتها من انوية الهدف والجسيم الساقط وكذلك الطاقة الحركية وجد ان هناك العديد من التفاعلات المشتركة في المدخلات ولكن النواتج مختلفة مما جعل العالم (نيلز بور) يقترح في عام 1936 نظرية النواة المركبة لتفسير كيفية حدوث التفاعلات وتقديم تفسير للنواتج المتباينة للتفاعلات المشتركة في المدخلات

$$X + a \longrightarrow \ \mathrm{Y} + \mathrm{b}$$

$$\mathrm{X}(a,b)\mathrm{Y}$$

وقد اعتمد نيلز بور على فرضيتين لتفسير مايحدث في التفاعل النووي

1- عندما يقترب المقذوف من نواة الهدف يندمج في مكوناتها لتكوين نواة مركبة غير مستقرة .

2- تضحمل النواة المركبة بعد فترة وجيزة من الزمن وذلك باصدار جسيم او جسيمات او اشعاعات وتتحول بعد ذلك الى النواة الناتجة في نهاية التفاعل .

س/ كم تبلغ الفترة الزمنية بين تكوين النواة المركبة وعملية الاضمحلال ؟.

الجواب : متوسط الفترة الزمنية حوالي فيمتو ثانية (10^{-15} fm) . هذه الفترة بعيدة جدا عن قدرة الانسان على التقاطها علاوة ان معظم الاجهزة النووية قد لا تستطيع التقاطها .

س/ متى تكونت النواة المركبة ؟

الجواب : نفرض ان الجسيم الساقط هو النيترون ذو طاقة (1MeV) وسقط على نواة كبيرة الحجم ذات نصف قطر (10^{-14}m) جد الزمن المستغرق التي يستغرقها النيترون في عبوره النواة

$$d = 2R = 2R_o A^{1/3} = 2 \times 10^{-14}$$

$$E_{\mathrm{k}} = \frac{1}{2}\mathrm{mv}^2 \Rightarrow 1 \times 1.6 \times 10^{-13} = \frac{1}{2} \times 1.67 \times 10^{-27} \times \mathrm{v}^2$$

$$V = 1.4 \times 10^7 m/sec$$

$t = \frac{d}{V} = \frac{2 \times 10^{-14}}{1.4 \times 10^7} = 1.4 \times 10^{-21}\ sec$ زمن عبور الجسيم للنواة

هذا هو الزمن المستغرق لعبور النواة يسمى الزمن النووي الطبيعي .

ملاحظة : نلاحظ ان زمن الاضمحلال يحدث بعد فترة صغيرة جدا في مقاييسنا ولكنها طويلة جدا اذا ما قورنت بزمن عبور الجسيم للنواة الهدف (الزمن النووي الطبيعي) وهكذا فأن النواة المتكونة بهذه الطريقة (النواة المركبة) وبعد هذه الفترة الزمنية الطويلة جدا قد نُسيت كيفية التكوين واصبحت ذات سمات اخرى طبقاً للظروف البيئية الفيزيائية المحيط بها ومن ثم فأن

النواتج عن هذه النواة ليست بالضرورة ان تكون واحدة في جميع الحالات أي بغض النظر عن الطريقة التي تكونت بها تلك النواة المركبة .

مثال : عند قذف نواة الالمنيوم بالبروتونات المعجلة تكون نواة مركبة .

$$^{27}_{13}AL + ^{1}_{1}P \longrightarrow \begin{Bmatrix} ^{24}_{12}Mg + ^{4}_{2}He \\ ^{27}_{14}Si + ^{1}_{0}n \\ ^{27}_{13}li + \gamma \end{Bmatrix}$$

ملاحظة حسب ظهور الجسيم نزن المعادلة .

س/ ما هو سبب اثارة نواة الهدف بعد دخول جسيم القذيفة ؟

الجواب : نفترض ان انوية الهدف جميعها مستقرة قبل اصطدام القذيفة بها ، الاستقرار يعني ان طاقة الترابط النووي كافية وتمنع تحلل النواة في المستقبل القريب او البعيد يعني (λ=0) و $t_{\frac{1}{2}} = \infty$. عند دخول القذيفة للنواة يتزايد مقدار الطاقة الداخلية للنواة المركبة الناتجة بمقدار يتكون من جزئيين :

1. الطاقة الحركية للجسيم الساقط .
2. طاقة ربط النواة للقذيفة .

هذا المقدار من الزيادة في الطاقة الداخلية للنواة كافي في جميع حالات الاثارة لنواة الجديدة وان كان هذا يحدث عند اندماج نيترون مع نواة فأنه بالاحرى يحدث عند دخول بروتون اليها .

مثال : احسب طاقة الاثارة الناتجة من تفاعل نيترون ذو طاقة حركية (1MeV) مع نواة نظير الالمنيوم $^{27}_{13}Al$. وهل يؤثر ذلك في طبيعة نواتج التفاعل

$$^{1}_{0}n + ^{27}_{13}AL \longrightarrow ^{28}_{13}AL^{*}$$

علماً ان الكتل الذرية للالمنيوم 26.9908 amu اما النيترون 1.00898amu اما الالمنيوم المثار الناتج 27.99077 amu

Solution:

$$\Delta m = 7.72MeV$$

هذا المقدار من الطاقة يمثل مقدار وطاقة الربط للقذيفة (النيترون) في النواة الجديدة وهو في نفس الوقت يمثل الجزء الاول من طاقة الاثارة اما الجزء الثاني فهو مقدار الطاقة الحركية للنيترون قبل اصطدامه بنواة الهدف .

بلا شك ان مصدر طاقة الاثارة هو النيترون الذي اصطدم بنواة الهدف وحيث ان النيترون متعادل الشحنة فأنه يصطدم بمكونات النواة بواسطة الكتلة لانه ليس له مجال كهربائي ونظرا لتقارب الكتل المتصادمة يتم نقل اكبر مقدار من الطاقة او يتم اعادة توزيع الطاقة الزائدة

بصورة عشوائية (أي غير متساوية) وهكذا نجد ان بعض النيكلونات يكتسب مزيدا من الطاقة اكثر من غيرها فأذا وصل او زاد مقدار الطاقة المكتسبة عن القيمة الحرجة **تمسى طاقة الفصل** فأن بقاء النيكلون المكتسبة لهذه الطاقة في النواة ينعدم أي ينطلق بعيدا مغادرا النواة المركبة هذه العملية تمثل **تحلل النواة المركبة** .

ملاحظة : متوسط طاقة الفصل للنيكلون الواحد تساوي (8MeV) .

- **زمن العبور (أي زمن اختراق) Transit Time**

زمن عبور النيترون للنواة تقريبا حوالي (10^{-12}sec) ويحدث اضمحلال لنواة بعد (10^{-15}sec) أي ان الاضمحلال يحدث بعد فترة زمنية تكافئ مليون مرة من زمن اختراق النيترون للنواة في هذه الزمنية الصغيرة جدا بمقاسينا والطويلة جدا بمقياس الزمن النووي الطبيعي .

- **حالة شبه الاستقرار** لا تعني ان النواة المركبة مستقرة ولكن يحدث تحولات داخلية مستقرة من اعادة توزيع الطاقة الزائدة على مكوناتها وبتالي فأن نيكلونات النواة المركبة لا تمتلك جميعها نفس مقدار الطاقة ولذلك

A) تسمى مستويات الطاقة التي تؤدي الى اصدار (انبعاث) نيكلون او اكثر من النواة المركبة **بمستويات الطاقة الافتراضية** .

B) تسمى مستويات الطاقة التي تؤدي الى انبعاث اشعة كاما **بالمستويات المرتبطة** .

اشعة كَاما لا تنطلق الا بعد انبعاث الجسيمات أي انها تكون المرحلة الاخيرة من عمر النواة المركبة وهكذا نستنتج ان :-

1) عدد المستويات الافتراضية كبير جداً .

2) احتمال حدوث التفاعل النووي بين الجسيم القذيفة والنواة الهدف يعتمد على مجموع طاقتي القذيفة والنواة المركبة علاوة على طبيعتهما الفيزيائية وحيث ان قيمة احتمالية لها حد ادنى وحد اقصى من الطاقة فأن اقصى حدوث التفاعل النووي يكافئ حدوث الرنين النووي .

3) احتمال تَكون النواة المركبة يتزايد كلما اقترب مجموع طاقتي القذيفة والنواة الهدف من طاقة الاثارة لاحد المستويات الافتراضية فأذا تساوى مجموع الطاقة مع مقدار طاقة المستوى الافتراضي يحدث رنين نووي ويصل احتمال تكون النواة المركبة الى ذروتهِ أي ان المقطع العرضي للتفاعل يكون اكبر مايمكن وعلى خلاف ذلك كلما ابتعد مجموع الطاقة عن طاقة احد المستويات الافتراضية أي كلما انخفض وتضائل احتمال حدوث التفاعل وتكون النواة المركبة.

4) سواء كانت النواة المثارة عند مستوى الطاقة الافتراضي او مرتبطة فأنها سوف تضمحل بعد فترة زمنية .

مسائل عن الفصل الثالث والرابع

س/ اذا كانت قدرة الايقاف (فقدان الطاقة) للبروتونات بطاقة (10MeV) خلال الهواء هي $\left(50\frac{KeV}{cm}\right)$ ما هي قدرة الايقاف لجسيمات الفا α ذات طاقة (40MeV) .

Solution:

$$\frac{E_\alpha}{E_P}=\frac{40}{10}$$

$$\frac{E_\alpha}{E_P}=\frac{4}{1}=4$$

$$V_\alpha = V_P$$

$$\frac{\left(\frac{dE}{dX}\right)_\alpha}{\left(\frac{dE}{dX}\right)_P}=\frac{Z\ e_\alpha^2}{Z\ e_P^2}=\frac{2^2}{1^2}=4$$

$$\left(\frac{dE}{dX}\right)_\alpha = 4\ \left(\frac{dE}{dX}\right)_P$$

$$\left(\frac{dE}{dX}\right)_\alpha = 4\times 50\frac{KeV}{cm}=200\frac{KeV}{cm}$$

س/ افترض ان معادلة قدرة الايقاف للكترونات غير النسبية وللبروتونات هي متطابقة فما هي الطاقة التي تكون فيها قدرة الايقاف للكترونات مساوية لتلك التي لبروتون طاقته (10MeV)

Solution:

$$\left(\frac{dE}{dX}\right)_\alpha = \left(\frac{dE}{dX}\right)_e \qquad \text{افترض (فرضية)}$$

$$V_P = V_e \qquad \text{السرعة}$$

$$\frac{E_P}{E_e}=\frac{m_P}{m_e}$$

$$\frac{10\ MeV}{E_e}=\frac{931.5 \quad \text{كتلة وحدة ذرية}}{0.511}$$

$$E_e = \quad \text{MeV}$$

س/ فوتون طاقته (350 KeV) يعاني استطارة كومبتن من قبل الكترون حر فأذا كانت طاقة الحركية للكترون مرتد هي (200KeV) فما هو الطول الموجي للفوتون المستطار .

$$E = h\upsilon$$

$$E = h\frac{c}{\lambda} \Longrightarrow \lambda = \frac{hc}{E} = \qquad\qquad m$$

الفصل الخامس

التفاعلات النووية المباشرة

الزمن النووي : هو زمن عبور القذيفة نواة الهدف ، لاحظنا ان عمر النواة المركبة اطول بكثير من الزمن النووي الطبيعي ولذلك تختلف نتائج التفاعل المختلفة اذا كانت طاقة القذيفة عالية جدا فأن زمن حدوث التفاعل مع مكونات النواة يتضائل وهذا يؤثر على طبيعة نتائج التفاعل . من ناحية اخرى اذا كانت القذيفة مكونة من عدة نيكلونات وان طاقة الترابط النووي لها صغيرة فأن احتمال تفكك القذيفة نتيجة التفاعل تتزايد مما يؤثر ايضا على نواتج التفاعل

ويمكن تقسيم التفاعلات النووية المباشرة

(1) التشتت غير المرن .

(2) تشتت تبادل الشحنات .

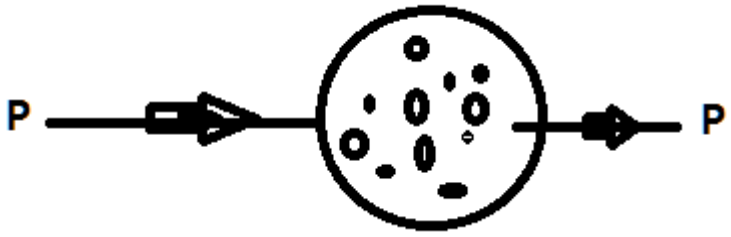
(3) تفاعلات الالتقاط .

(4) تفاعلات الانخلاع .

(5) تفاعلات تنتج عن دوران وتذبذب نواة الهدف .

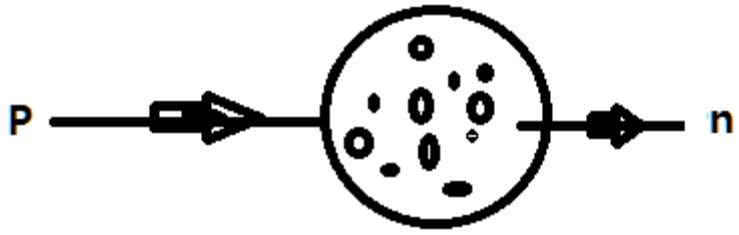
(1) التشتت غير المرن (n,n) – (P,P)

يحدث هذا النوع من التشتت اذا كانت قذيفة النيكلون ذو طاقة عالية جدا وعند اصطدامه لاحد مكونات النواة يفقد جزء من طاقته وينطلق بالجزء المتبقي . احتمال حدوث هذا النوع من التفاعلات النووية يتزايد كلما زادت طاقة القذيفة عن (50MeV) والشكل التالي يوضح



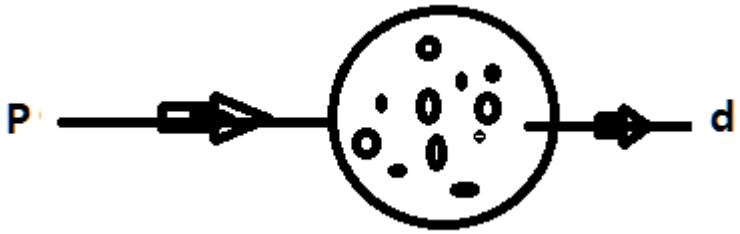
(2) تشتت تبادل الشحنات (تطاير تبادل الشحنات) (n,P) (P,n)

في هذا النوع من التفاعلات لا يخرج الجسيم الساقط ولكن بدلا من ذلك يخرج جسيم اخر من النواة فأذا سقط نيترون خرج بروتون واذا سقط بروتون خرج نيترون وكأن النيكلون الساقط قد تبادل احد الميزونات مع النواة وخرج بخصائص جديدة .



(3) تفاعلات الالتقاط (P,d) (n,d)

في هذا النوع من التفاعلات يلتقط النيكلون الساقط على النواة نيكلون مغاير له من سطح النواة ويخرجان معاً كنواة ديترون . تحدث عملية الالتقاط غالبا على سطح النواة طاقة ترابط النيكلون الملتقط اقل من (2.226 MeV) .



(4) تفاعلات الانخلاع (d,n) (d,P)

على نقيض (عكس) تفاعلات الالتقاط فأن الجسيم الساقط الديترون (P,n) وحيث ان طاقة الترابط النووي له ضعيفة فأن اصطدام الديترون (d) بنواة الهدف يجعله يفقد احد مكوناته بينما يستمر النيكلون الاخر في طريقة مناتج للتفاعل وهذا يعني ان طاقة ترابط احد نيكلونات الديترون مع نواة الهدف تكون (2.226MeV) وهي طاقة الترابط في نواة القذيفة

(5) تفاعلات تذبذب ودوران نواة الهدف

في هذا النوع من التفاعلات لا يخترق الجسيم الساقط النواة بل اقترب منها فقط ونيجة لذبلك يحدث رد فعل في نواة الهدف . يبل حدوث ذبذبة او دوران فمثلا عندما يقترب بروتون او جسيم الفا من النواة ولكن معامل التصادم اكبر من نصف قطر نواة الهدف او ان البروتون ذو

طاقة قليلة ومعامل التصادم اقل من نصف قطر نواة الهدف في هذه الحالات يتفاعل المجال الكهربائي للجسيم الساقط مع المجال الكهربائي لنواة الهدف مما يدفعها بعيدا عن موضعها الاصلي ثم تعود اليه بعد ابتعاد القذيفة او يحدث للنواة الهدف دوران تحت تأثير عدم تجانس المجال الكهربائي في المسافة الفاصلة بينهما وبين القذ١يفة مع تغير الموضع الفراغي لعدم التجانس هذا مع تحرك القذيفة في طريقها مبتعدة عن نواة الهدف .

*** المقطع العرضي للتفاعلات النووية (مساحة المقطع العرضي للتفاعلات النووية)**

التفاعل هو كل فعل ينتج عنه شئ ما ولذلك فأن التفاعلات النووية هي الافعال التي تحدث داخل نواة الذرة وينتج عنها تغيرات داخل النواة ذاتها قد يكون في عدد مكوناتها من البروتونات والنيترونات نتيجة انبعاث بعضها كجسيمات (بروتون ونيترون وجسيم الفا وجيم بيتا وحتى اشعة كهرومغناطيسية اشعة كاما) .

ويحدث التفاعل غالبا بين النواة وجسيم اخر منطلق ناحيتها او نواة اخرى كما يحدث في عملية الاندماج النووي او اشعة كاما يتبعه تحول للنواة . التفاعلات النووية كظاهرة فيزياوية تعقد مجموعة من المتغيرات تتطلب دراسات متعمقة للوقوف على هذه المتغيرات ومعرفة مدى الارتباط بينها وبتالي يمكن توقع حدوث النتيجة بعد ضبط قيم المتغيرات للتفاعل المطلوب وهذا مايحدث بالفعل في التفاعلات النووية المستخدمة في انتاج النظائر المشعة صناعيا .

التفاعل النووي يحدث في الفراغ الذي تشغله النواة ولذلك فأن التحليل الاولى للتفاعل النووي عند سقوط جسيم صوب النواة يؤدي الى حدوث التفاعل النووي اذا كان مسار الجسيم ضمن المقطع العرضي الهندسي للنواة (مسقط النواة كروية الشكل) على اتجاه سقوط جسيم

ملاحظة Note :

اذا زاد معامل التصادم عن نصف قطر النواة لا يحدث تصادم معها وخاصة اذا كانت غير مشحونة .

نحن لا نرى الانوية الذرية ولكن نطلق الجسيمات اتجاهها وهكذا يكون تصادم الجسيم الساقط مع نواة الهدف خاضعا للاحتمال مثال على ذلك اذا كان لدينا فرخ(قصاصات ورق صغيرة) من الورق مربع او مستطيل ورسمنا بداخله دائرة كالمضللة كما موضح في الشكل

عند القاءنا بقطع معدنية باتجاه فرخ الورق فأن احتمال ان تسقط كل قطعة في الدائرة يساوي مساحة الدائرة على مساحة فرخ الورقة

$$\text{احتمال سقوط كل قطعة في الدائرة} = \frac{\text{مساحة الدائرة}}{\text{مساحة فرخ الورقة}}$$

و مهما دققنا التصويب ستضل هذه النسبة ثابتة في كل حالة واذا قسمنا الدائرة الواحدة الى مجموعة من الدوائر الصغيرة فأن احتمال التصادم يساوي

$$\text{احتمال التصادم} = \frac{\text{مجموع مساحة الدوائر}}{\text{المساحة الكلية لفرخ الورق}}$$

والان يمكن تمثيل شريحة الهدف بفرخ الورق والانوية المكونة لها مجموعة الدوائر المرسومة على فرخ الورق كما يراها الجسيم الساقط وحيث ان ذرات العنصر الواحد متماثلة فأن انوية النظير الواحد تكون ايضا متماثلة الحجم (عدد البروتونات والنيترونات فيها متساوي) ونفترض ان نصف قطر كل نواة يساوي (R) فأن المقطع العرضي الهندسي لكل نواة في الهدف σ

$$\sigma = \pi R^2 \text{ مساحة المقطع العرضي الهندسي لكل نواة من الهدف}$$

فأن كانت مساحة شريحة الهدف تساوي (S) وعدد الانوية المكونة لها وعدد الانوية المكونة في الطبقة الواحدة N_s أي سمك الشريحة في الذرة الواحدة فأن (S) نسبة المساحة المشغولة بالانوية تساوي

$$S = \frac{N_s}{S}$$

نظرا لصغر حجم الانوية قياسا لحجم الذرات فأن المسافة الفراغية بين انوية الذرات المجاورة تكون كبيرة جدا وهذا يعني ان شريحة الهدف المكونة من عدة طبقات من الذرات ينطبق عليها نفس المفهوم فأذا كانت (N) تساوي عدد الانوية في Cm^3 وt سمك الشريحة وحدته cm

$$\therefore \frac{N_s}{S} = \frac{N\,t}{S}$$

$$\frac{\sigma N_s}{S} = \frac{\sigma N\,t}{S}$$

تنطلق الجسيمات الساقطة على شريحة الهدف في شكل سُبل ذو سرعة خطية v . فأذا كانت كثافة الجسيمات في وحدة الحجم من هذا السيل تساوي (n)

فأن عدد الجسيمات التي تسقط على سنتيمتر المربع الواحد $1cm^2$ من الهدف في الثانية الواحدة يساوي عدد الجسيمات التي يحتويها متوازي المستطيلات مساحة مقطعة واحد سنتيمتر $1cm$.

ملاحظة للفهم والتوضيح (وحدة n) هي
$n = \frac{partical}{cm^3}$

عدد التصادمات المحتمل (N_C) في كل سنتيمتر مربع cm^2 في الثانية من شريحة الهدف **يساوي عدد الجسيمات الساقطة على السنتيمتر المربع لكل ثانية في احتمال اصطدام جسيم مع نواة الهدف**

$$N_C = n\ v\ \sigma\ N_t$$

t سمك الشريحة

$$\sigma = \frac{N_C}{n\ v\ \ N_t}$$

في التفاعلات النووية يوجد نوعان من التصادم

اولاً : التصادم المرن :- يحتفظ كل من الجسيم الساقط ونواة الهدف بحالته .

ثانياً : التصادم غير المرن :- يؤدي الى تحولات داخل نواة الهدف .

مثال للتوضيح : For Example
نرمز للمقطع العرضي للتفاعل المتضمن جسيم الفا α كقذيفة ينتج عنه بروتون P بالرمز $\sigma(\alpha, P)$ بينما $\sigma(P, \alpha)$ تمثل رمز المقطع العرضي للتفاعل يكون البروتون هو الجسيم الساقط وجسيم الفا α هو الناتج .

<u>* معادلة برايت و وكَنر</u>

التفاعلات النووية تحدث بين الجسيمات دون الذرية . ينطلق الجسيم (القذيفة) اتجاه الهدف بقدر من الطاقة (صغير او كبيرة) . ونظرا للصغر المتناهي لمقدار (كتلة النواة او الجسيم الساقط) مقارنة بالاجسام المادية من حولنا ، يجعل التحديد الكامل لموضع الجسيم المتحرك في الفراغ اتجاه النواة يشبه شئ من التصور ويجعل الظاهرة قابلة لتطبيق مبدأ اللادقة لهايزنبرك $\Delta P\ \Delta x \geq \hbar$.

وهذا يعطي احتمال توزيع الانتشار الفراغي للجسيم الساقط صيغة شرعية اذا زاد احتمال تواجد الجسيم في حيز فراغي اكبر مما تشغله كتلة الجسيم كلاسيكيا يصبح لمفهوم الموجة

المصاحبة لحركة الجسيم واقع فيزيائي ويتم التعبير عن حركة الجسيم المتحرك بدلالة **الطول الموجي دبرولي**

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE}}$$

في حالة السرعات المنخفضة لا يؤخذ تأثير السرعة على تغير مقدار الكتلة اما اذا كانت طاقة حركة الجسيم كبيرة جدا وتقترب سرعته من سرعة الضوء لابد ان تحسب قيمة الكتلة بدلالة الكتلة السكونية

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

وفي جميع الحالات (سرعة الجسيمات دون الذرية كبيرة او صغيرة) يمكن تطبيق **مبادئ ميكانيك الكم** وهو ما تم استخدامه بواسطة **برايت و وكَنر** من اجل حساب المقطع العرضي للتفاعلات النووية و تم التوصيل الى الصيغة التالية

$$\sigma(a,b) = \frac{\lambda^2}{4\pi} = \frac{\Gamma_a \, \Gamma_b}{(E_o - E)^2 + \left(\frac{\Gamma}{2}\right)^2}$$

$\sigma(a,b)$ هو المقطع العرضي و λ الطول الموجي المصاحب لحركة الجسيم الساقط

E_o الطاقة المكافئة لحدوث اكبر احتمال للتفاعل النووي أي طاقة الذروة (طاقة الرنين النووي) .

E الطاقة الحركية للجسيم الساقط .

الحد $\frac{\lambda^2}{4\pi}$ احتمال تكون النواة المركبة .

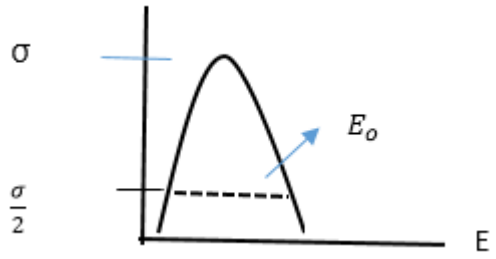
و الحد $\frac{1}{(E_o - E)^2 + \left(\frac{\Gamma}{2}\right)^2}$ يمثل احتمال حدوث الرنين النووي .

اما الحد $\Gamma_a \, \Gamma_b$ يمثل احتمال حدوث اضمحلال النواة ينتج من خلاله الجسيم b .

س/ كيف يتم اختبار صحة معادلة برايت و وكَنر ؟؟؟؟؟

الجواب :

1- كل المعادلات الموضوعة يمكن اختبار صحتها من خلال التطبيق العملي و مطابقة النتائج بما هو متوقع ، مايمكن قياسه عمليا هو الطاقة الحركية للجسيم الساقط وبتالي يمكن حساب **الطول الموجي** ومن خلال مراقبة تأثير الطاقة الحركية للجسيم الساقط على احتمال حدوث التفاعل نحصل على المنحني الأتي



2- يتغير مقدار المقطع العرضي مع زيادة مقدار الطاقة الحركية للجسيم الساقط في مدى محدود حول (E_o) .

3- عند بعض الطاقات لا يوجد احتمال للتفاعل $\boldsymbol{\sigma = 0}$ يصل التفاعل المقطع العرضي قمته ، قيمة عظمى عند طاقة واحدة محددة تسمى طاقة الرنين (E_o) يتناقص حولها احتمال حدوث التفاعل حتى يصل الى الصفر على الجانبين يؤخذ عرض مستوى الايثار الكلي (Γ) كمقدار من الطاقة في مدى محدد حول (E_o) **يشترط ان يكون المقطع العرضي مساويا او اكبر من نصف القيمة العظمى له عند E_o** ن من خلال مراقبة احتمال حدوث التفاعل مع تغير الطاقة الحركية للجسيم الساقط يمكن الحصول على القيم والمتغيرات التالية :

١- σ_o القيمة العظمى للمقطع العرضي .
٢- E_o طاقة الرنين النووي .
٣- Γ عرض مستوى الاثارة الكلي .
٤- λ حساب الطول الموجي للجسيم الساقط .

4- من خلال مراقبة نواتج التفاعل النووي الذي يحدث حول E_o يمكن الحصول على عرض المستويات الجزئية وهي تمثل احتمال انطلاق الجسيمات مثل b عند تحلل النواة المركبة Γ_b .

النماذج النووية

كما هي الحالة بالنسبة للنماذج الذرية التي اقترحت لتصور التركيب الذري فأنه في حالة النواة فأن هناك نظريات او نماذج نووية تقترح لوصف تركيب او حركة النواة . او تُبنى هذه النماذج على اسس معينة تستخدم النماذج النوووية لوصف او تفسير النتائج العملية المختلفة . ويقاس مدى نجاح النموذج ورسوخه كنظرية بدرجة كبيرة بقدرته على تفسير النتائج العملية المعينة ولحد الان لا توجد نظرية او نموذج نووي واحد شامل ومتكامل لوصف التركيب النووي القوة النووية سنتطرق هنا بالتفصيل الى نموذجين هما نموذج قطرة السائل ونموذج القشرة ونشير باختصار الى بعض النماذج النووية الاخرى .

1- نموذج قطرة السائل :-

اقترح هذا النموذج العالم بور عام *1937* ان الفرضيات الاساسية لهذا النموذج هي :-

A- النواة تتكون من مادة غير قابلة للانضغاط .
B- القوة النووية متساوية لجميع النيكلونات ولا تعمد على كونها بروتونات او نيترونات.
C- القوة النووية تتشبع .

وهذا النموذج مبني على اساس التشابه المتقابل ما بين المادة النووية وقطرة السائل . فالنيكلونات تقابل الجزيئات وتأثيرات حجم قطرة السائل وتبخر السائل وانقسام القطرة الى قطرتين اصغر كذلك الشد السطحي كلها لها ما يقابلها من صفات بالنسبة للنواة .

ان اهم منجزات هذا النموذج هو انه امكن بواسطته اشتقاق معادلة تجريبية لطاقة الترابط النووي وعبر عنها بدلالة مجموع عدد من الحدود او تأثيرات التي نفصلها كما يلي :-

1- **حد الحجم :-** ان قطرة السائل لكي تتبخر يجب تجهيزها بمقدار من الحرارة هذا المقدار هو حاصل ضرب حرارة التبخر Q_V بكتلة الجزيئة M_m في العدد الكلي للجزيئات A ان هذه هي الطاقة اللازمة للتغلب على التفاعلات بين الجزيئات وهي لذلك تساوي طاقة الترابط الكلية للسائل (B)

$$B = Q_V \times M_m A$$

ان Q_V , M_m هي مقادير ثابتة .

وبالنسبة للنواة فأن زيادة عدد النيكلونات (A) سيزيد من حجم النواة وبتالي تزداد طاقة الترابط الكلية للنواة ويُعبر عن حد الحجم في طاقة الترابط النووية بـــــــــــ

$$T_V = a_V A$$

a_V هي ثابت .

2- **حد السطح :-** في قطرة السائل يكون هناك تأثير للشد السطحي أي ان القوة على جزيئة داخل القطرة تكون اكثر من تلك التي تتعرض لها جزيئة على سطح القطرة وبالنسبة للنيكلون داخل النواة فأنه سيكون مترابط اكثر مع بقية النيكلونات المجاورة له وتكون القوة النووية عليه مشبعة **اما النيكلونات الواقعة على السطح فأنه سيكون مترابط بدرجة اقل وكلما زادت مساحة السطح للنواة قلت طاقة ترابط النواة ويعبر عن حد السطح $\mathbf{T_S}$**

$$\mathbf{T_S} \propto 4\pi R^2$$

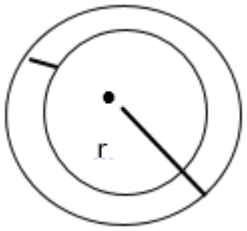
$$\therefore \mathbf{T_S} \propto 4\pi R_o^2 \, A^{\frac{2}{3}}$$

$$\mathbf{T_S} = -a_s \, A^{2/3}$$

a_sثابت يُبين تأثير حد السطح ، والاشارة السالبة تعني ان زيادة سطح النواة تسبب نقصان طاقة الترابط النووي .

3- حد كولوم :- ان البروتونات داخل النواة تتأثر ببعضها بقوة كولوم التنافرية وهي قوة غير مشبعة بمعنى ان كل بروتون يتأثر بالتنافر مع كل البروتونات الاخرى الموجودة في النواة . ان هذا التنافر سيُقلل من طاقة الترابط النووية لحساب طاقة كولوم يجب ان نعرف اولاً كثافة الشحنة النووية لنواة كروية تعطى بالعلاقة

$$\rho = \frac{Ze}{\left(\frac{4}{3}\right)\pi R^2}$$



$\frac{4}{3}\pi r^3\,\rho$ نكامل $4\pi r^2 dr\,\rho$

الشغل اللازم لإضافة طبقة اخرى من الشحنة سمكها (dr) ويُحسب من معرفة الجهد الكهربائي للنواة

$$V = \int_0^R \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}.\frac{4}{3}\pi r^3\rho\,.4\pi r^2 dr\rho\,\frac{1}{r}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\,.\frac{16}{15}\pi^2\rho^2 R^5 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\,.\frac{3}{5}\,\frac{Z^2e^2}{R}$$

ان العلاقة الاخيرة تحتوي على جزء زائد مقداره $\frac{3e^2}{4\pi\varepsilon_o 5R}$ الذي يمثل الطاقة الذاتية لكل بروتون والناتجة عن تعويض Z=1 في المعادلة العامة . ان البروتون لا يمكن ان يتنافر مع نفسه وانما مع بقية البروتونات أي مع (Z-1) اذن يجب ان نطرح المقدار $\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}.\frac{3Ze^2}{5R}$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}.\frac{3Ze^2}{5R} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}.\frac{3Z(Z-1)e^2}{5R}$$

$$T_C = -a_C\frac{Z(Z-1)}{A^{\frac{1}{3}}}$$

$$a_C = \frac{3e^2}{5R_o}\,.\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}$$

T_C يمثل حد طاقة كولوم ، والاشارة السالبة تشير الى نقصان طاقة الترابط نتيجة تنافر البروتونات .

فصل سادس

التفاعلات البايولوجية للإشعاعات المعينة

مقدمة Introduction :

يطلق اسم الاشعاعات المؤينة على جميع الاشعاعات النووية كالجسيمات المشحونة الثقيلة وجسيمات بيتا والاشعاعات الكهرومغناطيسية الصادرة عن الذرة او النواة والنيترونات وغيرها فالجسيمات المشحونة الثقيلة وجسيمات بيتا تقوم بتأين المادة مباشرة عن المرور فيها اما بالنسبة للاشعاعات كاما والسينية فتنتقل طاقتها اولاً الى الكترونات المادة عن طريق العمليات الثلاثة المعروفة او بعضها ثم تقوم هذه الكترونات الثانوية بالتأين وبتالي تنتمي هذه الاشعاعات الى المؤينة وان كان التأين يتم بطربقة غير مباشرة وبالنسبة للنيترونات فتنتقل طاقتها الى المادة اما عن طريق التشتت المرن او غير المرن على نوى ذرات المادة او عن طريق امتصاص النيترونات . جيث ان جميع اجسام الكائنات الحية تحتوي على نسبة عالية من الهيدروجين . فأن طاقة النيترونات تنتقل الى نوى الهيدروجين ثم تقوم هذه الاخيرة بعملية التأين في الجسم اما النيترونات التي تمتص في نوى ذرات الجسم فتؤدي بدورها الى تكوين نوى جديدة وانطلاق اشعاعات كاما التي تؤدي بدورها لتأين ذرات او جزيئات الجسم بذلك تنتمى النيترونات **للأجسام المؤينة** وان كان التأين يتم بطريقة غير مباشرة وسواءً كانت الاشعاعات المؤينة الصادرة عن مصدر خارجي ام عن التلوث الداخلي للجسم بالمواد المشعة فأنها تؤدي الى تأثيرات بايولوجية في جسم الكائن الحي يمكن ان تظهر فيما بعد . **وتنقسم التأثيرات البابولوجية للإشعاعات في الكائنات الحية الى نوعين :**

الاول : يعرف بالتأثيرات الذاتية وهي التأثيرات الناتجة في جسم نفس الكائن الحي الذي تعرض للاشعاعات .

الثاني : يعرف بالتأثيرات الوراثية وهي تأثيرات ناتجة في ذرية الكائن الحي نتيجة للتلف الاشعاعي لأعضاء الشخص المتعرض .

* فسيولوجية الانسان وكيفة دخول المواد المشعة

ان معرفة فسيولوجية الانسان ضرورية لفهم طرق وصول المواد المشعة لأعضاء الجسم وتوزيعها . يتكون جسم الانسان من عدة اعضاء واجهزة يقوم كل منها بوظيفة معينة واهم الاجهزة اللازمة لفهم كيفية توزيع المواد المشعة في الجسم هي **الجهاز الدوري** المسؤول عن ضخ وتوزيع الدم **والجهاز التنفسي** المسؤول عن تزويد الجسم بالاوكسجين والتخلص من ثنائي اوكسيد الكاربون CO_2 وبخار الماء **والجهاز الهضمي** المسؤول عن هضم وامتصاص الغذاء .

الجهاز الدوري / هو عبارة عن دارة من الانابيب ينتقل خلالها الدم من القلب الى جميع اجزاء الجسم ثم يعود من هذه الاجزاء الى القلب الذي يدفع الدم غير المؤكسد الى الرئتين حيث يتخلص من ثنائي اوكسيد الكاربون ويتزود بالاوكسجين ثم يعود الدم المزود بالاوكسجين الى القلب مرة ثاني ليوزعه الى كافة اجزاء واعضاء الجسم .

الجهاز التنفسي / تتلخص عملية التنفس في التخلص من ثنائي اوكسيد الكاربون وبخار الماء والحصول على الاوكسجين اللازم لحرق الغذاء وتغذية الخلايا **ويحتاج الانسان البالغ حوالي عشرين متر مكعب من الهواء في اليوم** يستهلك نصفها تقريبا خلال ساعات العمل الثمانية ، واثناء التنفس يستنشق الانسان مواد غريبة كثيرة في حالة غازية او في شكل غبار عالق في الهواء فأذا كانت هذه المواد في حالة غازية فأنها تمر مع الهواء الى الدم بنسب كبيرة او صغيرة حسب سرعة ذوبانها في الدم واذا كانت هذه المواد في شكل غبار فأنه يمكن ان يترسب جزء منها في الرئتين ويخرج الجزء الاخر مع هواء الزفير وبذلك يتضح ان الجهاز التنفسي يعتبر احد المداخل الرئيسسة لدخول المواد المشعة للاجسام ثم انتقالها للدم ومنه الى اعضاء الجسم المختلفة .

الجهاز الهضمي : عند بلع المواد المشعة تمر مع الطعام عبر القناة الهضمية . فأذاكانت هذه المواد من النوع الذي يذوب في الماء او بفعل الانزيمات المختلفة فأ،ها تمتص مع الغذاء وتصل الى الدم الذي يوزعها على جميع اجزاء الجسم ويمكن ان تتركز المواد المشعة في اعضاء معينة من الجسم