فيزياء نووية

- 481 فيز

الخواص النووية :(2)
نصف القطر النووي - مكونات النواة – كتلة و وفرة النوى- طاقة الترابط النووي- الاستقرار النووي.
القوى النووية :
الديترون – خواص القوى النووية – نموذج القوة التبادلية.

التحلل الاشعاعي النووي :(2)
قانون التحلل الاشعاعي- نمو نشاط النواة الابنة و الاتزان الاشعاعي – التحلل الاشعاعي التسلسلي- وحدات قياس الاشعاع –تطبيقات.
الاشعاعات:
السلاسل الاشعاعية الطبيعية – التحلل الاشعاعي لجسيمات α –التحلل الاشعاعي لجسيمات β والاسر الالكتروني

التحلل الاشعاعي γ والتحول الداخلي (1).

النماذج النووية : النموذج القشري – نموذج قطرة السائل – نموذج غاز فيرمي

النموذج البصري – النموذج الشامل – الحركة الدورانية والاهتزازية.(1)

التفاعلات االنووية : (2)

انواع التفاعلات – قوانين الحفظ- طاقة التفاعل – عتبة التفاعل – الحاجز الكولومي –مقاطع التفاعل – تفاعلات النواة المركبة – التفاعلات المباشرة – التفاعلات الرنينية .

الانشطار النووي: (1)
عملية الانشطار – الطاقة المحررة – الانشطار التلقائي و الحثي – طاقة التنشيط – خواص الانشطار – التفاعلات الانشطارية التسلسلية – المفاعل النووي والتفاعلات الانشطارية المتحكم فيها .

الاندماج النووي: (1)
بعض التفاعلات الاندماجية الاساسية –خواص الاندماج – التفاعلات الاندماجية في الشمس والنجوم. المفاعل النووي الاندماجي و متطلباته العملية

الفيزياء النووية التطبيقية : (1)
مصادر الاشعاع (وحدات وتعاريف)- مصادر الالكترونات السريعة – مصادر الجسيمات المشحونة الثقيلة – مصادر الاشعاع الكهرومغناطيسي- مصادر النيترونات.

تفاعلات الاشعاع(1) ، تفاعلات الجسيمات المشحونة الثقيلة ، تفاعلات الالكترونات السريعة(طبيعة التفاعل – قدرة الايقاف –فقد الطاقة – مدى الجسيم – منحنيات النقل و الامتصاص).

تفاعلات اشعة جاما: (2) (ميكانيكية التفاعل –علاقة كلاين نيشينا للمقطع العرضي التفاضلي للتشتت – توهين اشعة جاما)تفاعلات النيترونات (الخواص العامة – تفاعلات النيترونات السريعة – المقاطع العرضية للنيترونات)

مراجعة المقرر (1)

٥-تحديد الجدول الزمني لمهام التقويم التي يتم تقييم الطلبة وفقها خلال الفصل الدراسي			
رقم التقييم	طبيعة مهمة التقييم (مثلا:مقالة، أو اختبار قصير، أو مشروع جماعي، أو اختبار فصلي..الخ	الأسبوع المستحق	نسبة الدرجة إلى درجة التقييم النهائي
١	الحضور- التمارين- المشاركة الصفية	من الأسبوع ٢	١٠
٢	المشاريع البحثية والمقالات والامتحانات القصيرة	من الأسبوع ٤	١٠
٣	الاختبارات الفصلية	من الأسبوع ٦	٢٠
٤	اختبار نهائي	من الأسبوع ١٦	٦٠

المراجع

- الفيزياء النووية (1،2) د. محمد شحادة الدغمة
  د.علي محمد جمعة

الفيزياء النووية د. احمد الناغي

طريقة التواصل

e-mail : fssaleh@pnu.edu.sa

http://481physics.wikispaces.com/

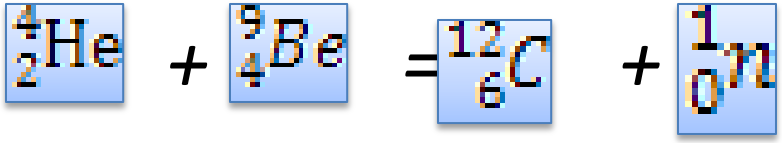
الخواص النووية

كتلة النواة ومكوناتها

- **نموذج الالكترون – بروتون**
- طاقة حركة الالكترونات تتراوح بين 2-3 م ا ف تقريبا
- نصف قطر النواة ‹‹ $\lambda_e = 3.57 \times 10^{-13}$ m
- عندما تكون طاقة البروتون 3 م أ ف و باعتبار ان كتلة البروتون 1.672×10^{-27}kg فان
- $\lambda_p = 0.16 \times 10^{-15}$m
- وهذا يتفق مع نصف القطر النووي .

نموذج البروتون نيترون

- اكتشف شادويك النيترون عام 1932 م



اقترح هايزنبرج 1932 م ان تحوي جميع العناصر النيترونات

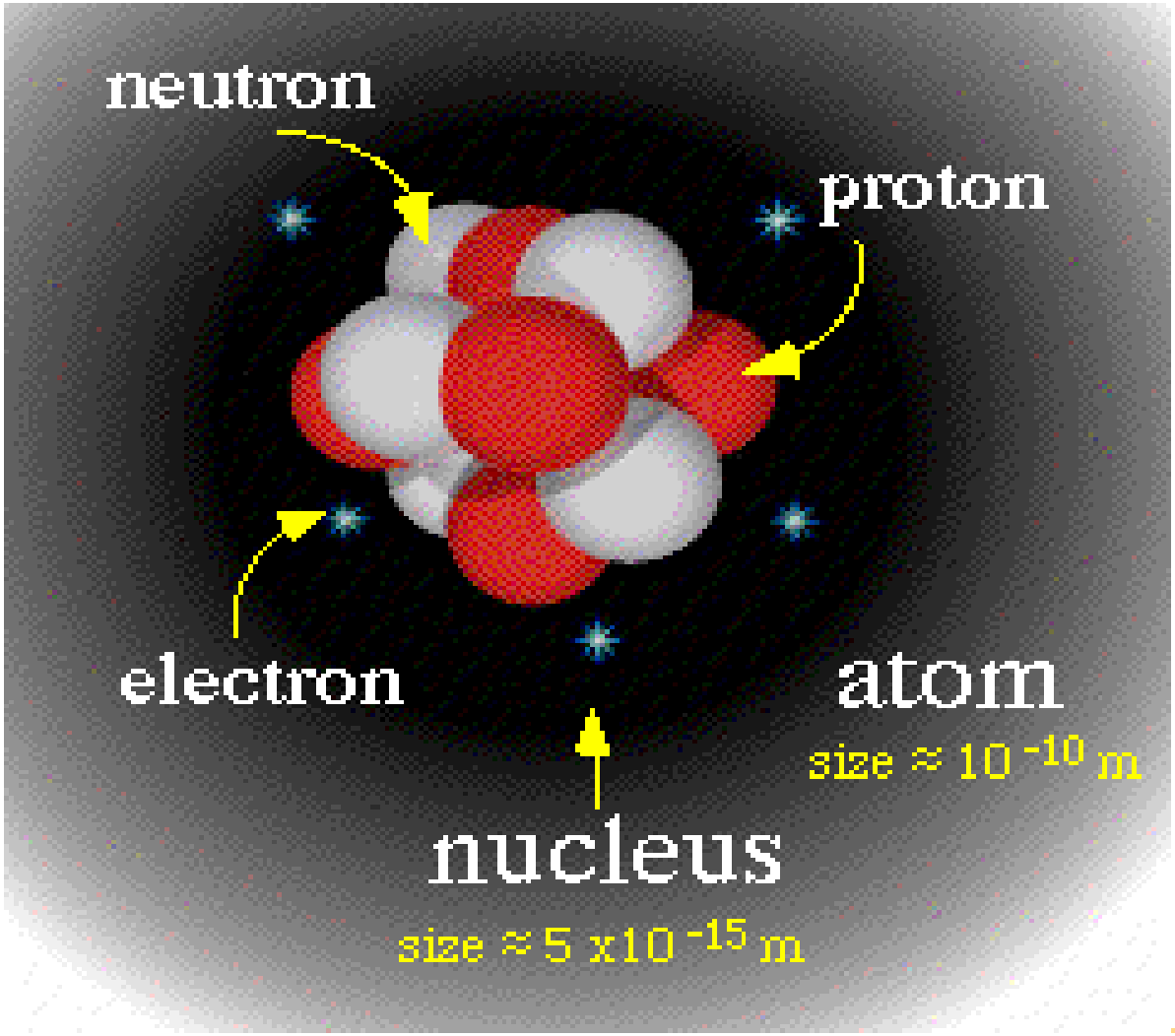
$$A = Z + N$$

$$m_p = 1.00727 \ , \ m_n = 1.008665 \ a.m.u$$

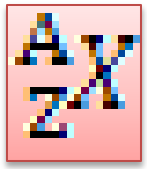
1 a.m.u. =931.4 MeV

نصف قطر البروتون = نصف قطر النيترون = 1 فيرمي = ؟

Nuclear Structure



تركيب النواة

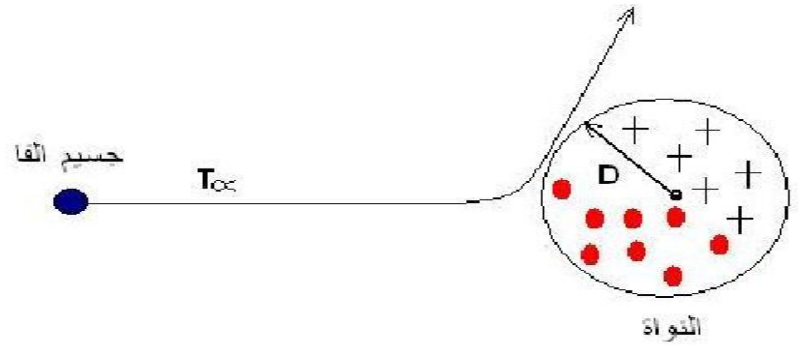
- تتركز النواة في جسم صغير ذي شحنة موجبة تسمى نواة الذرة Nucleus
- تحتوي النواة على بروتونات (P) و نيوترونات (N) وتسمى البروتونات أو النيوترونات بالنيوكلونات
- يرمز لأي عناصر بـ 
- حيث Z هو العدد الذري ويساوي عدد البروتونات (P) بالنواة وكذلك يساوي عدد الإلكترونات (e) بالذرة المتعادلة كهربيا
- و A هو العدد الكتلي ويساوي مجموع عدد النيوترونات والبروتونات (A=N+Z)

طرق تعيين نصف قطر النواة

- الطريقة النووية :
- تشتت جسيمات α
- اعمار النصف لمشعات α
- تشتت النيترونات السريعة عن الانوية
- الطريقة الكهرومغناطيسية
- بفرض أن النواة تأخذ الشكل الكروي
- ∴ يزداد حجمها بزيادة عدد النيكليونات
  - $V \alpha A$

2- حجم النواة :

- أجريت تجارب عديدة مشابهة لتجربة راذرفورد لقياس حجم النواة حيث تكون النواة هدفا وتسقط عليها حسيمات الفا فى تصادم رأسى مرن .



- وتكون D اقصر مسافة تصلها جسيمات الفا عند سطح النواة تحسب من العلاقة التالية :

$$D = \frac{2\,Z\,e^2}{T_\alpha}$$

- حيث T_α طاقة جسيم الفا الساقط .

من التجارب العديدة ثبت ان حجم النواة يتناسب طرديا مع عدد الجسيمات المكونة للنواة أى مع عدد الكتلة A ومنها يكون نصف قطر النواة على الصورة التالية :

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}}$$

R_0 يسمى ثابت نصف القطر .

$$R_0 = 1.4 Fermi = 1.4 x 10^{-13} cm$$

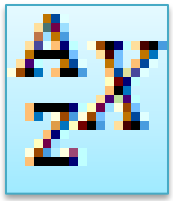
كتلة النواة و شحنتها:

- يوجد في مركز الذرة تماماً ـ كما أوضح رذرفورد عام 1911 م ـ نواة موجبة الشحنة،وعلى الرغم من أنها لا تشكل إلا نحو 10^{-13} بالمائة من حجم الذرة إلا أن بها 99.9 بالمائة من كتلة الذرة .
- تتركب النواة من بروتونات *[p]* موجبة الشحنة ونيوترونات *[n]* متعادلة الشحنة . وقد أطلق على هذه الجسيمات نيوكليوتيدات لأنها تسكن داخل النواة .
- وتبلغ كتلتي هذين الجسيمين :

$$m_p = 1.673 \times 10^{-27} Kg = 1.0072 amu$$

$$m_n = 1.675 \times 10^{-27} Kg = 1.0087 amu$$

و الجدير بالذكر أن لكل ذرة عدد ذري Z يحدد عدد البروتونات و العدد الكتلي A ويحدد عدد النيوترونات N و البروتونات { مجموعها } ويشار للعدد الذري والكتلي في رمز العنصر كالتالي :



و النواة تحمل الشحنة الموجبة أما كتلتها فهي عبارة عن مجموع كتل البروتونات و النيوترونات كما هو مبين في المعادلة التالية :

$$M = Z\, m_p + N\, m_n$$

باعتبار ان النواة كروية

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

$$A \alpha \frac{4}{3} R^3$$

$$R \alpha A^{1/3}$$

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

$$V \alpha A$$

الكتلة التقريبية للنواة $= A / N_o$

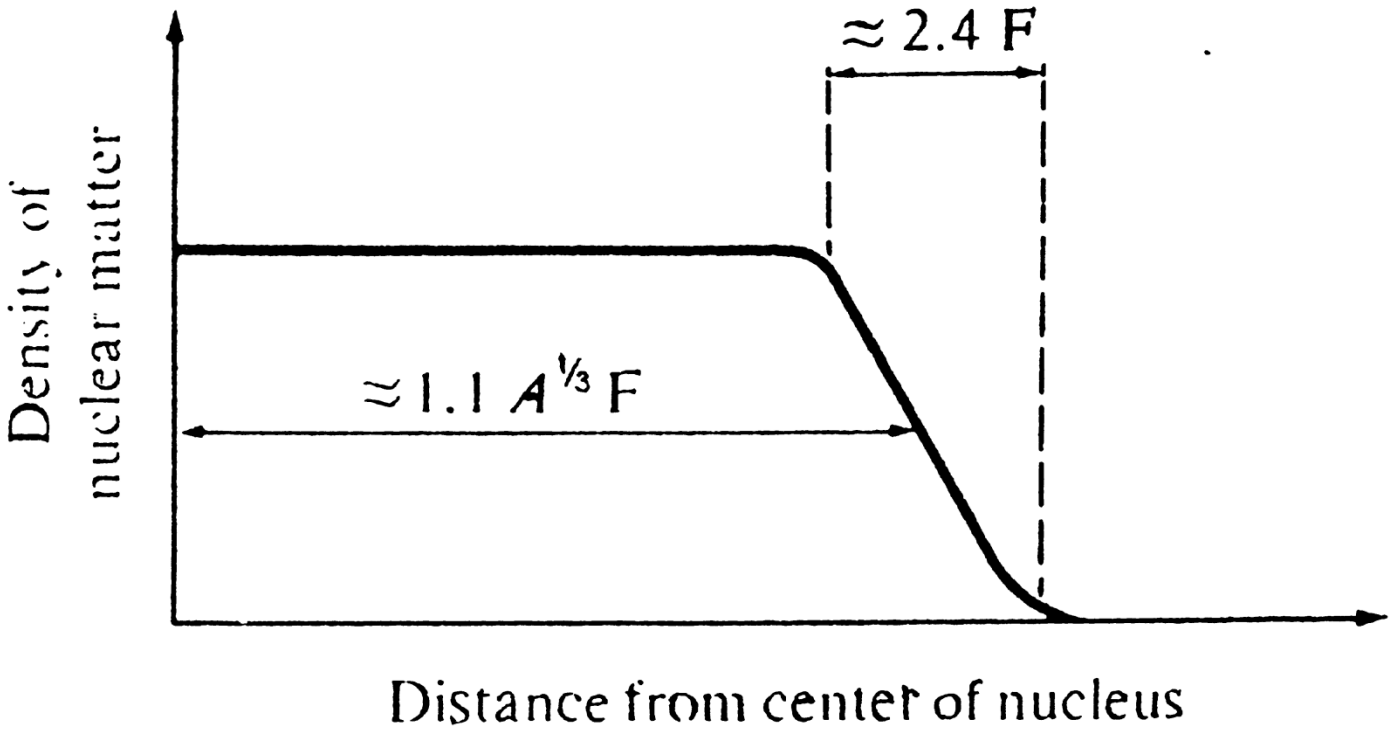
N_o عدد افوجادرو

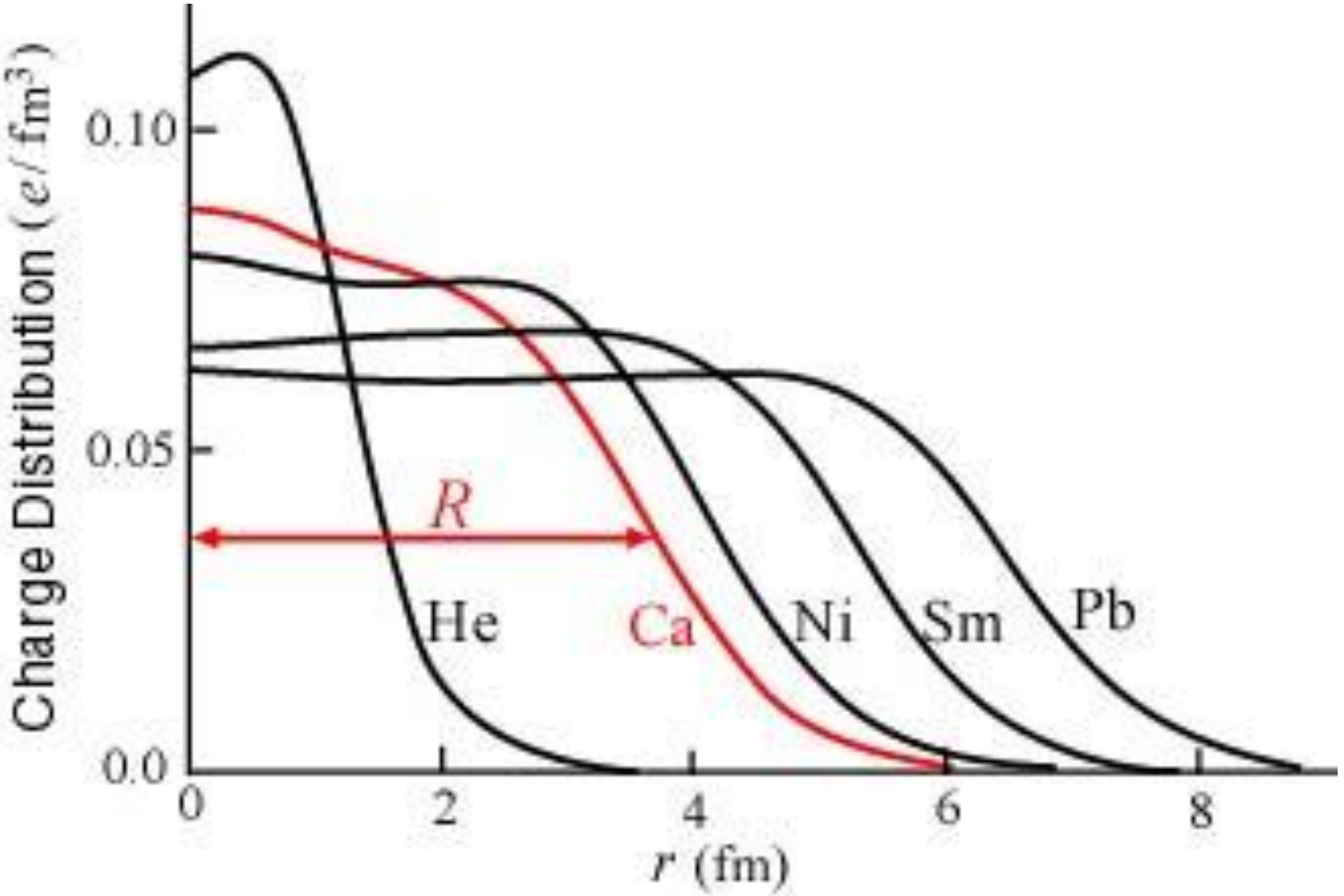
حجم النواة وكثافتها

- يمكن تقدير الحيز الذي تشغله النواة (حجمها) وذلك بتقدير نصف قطرها

النواة	الذرة
حجم النواة في حدود 10^{-12} cm	حجم الذرة في حدود 10^{-8} cm
حجم النواة يتغير تبعا لعدد النويات الموجودة فيه	حجم الذرة ثابت

الكثافة النووية تغير الكثافة النووية مع المسافة




Charge Distribution (e/ fm^3)
0.10
0.05
0.0
0
2
4
6
8
r (fm)
R
He
Ca
Ni
Sm
Pb

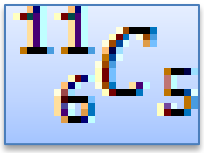
تعريفات

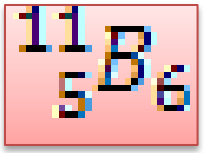
- النيوكلايد : تطلق على العنصر النووي ذي العدد Z وعدد الكتلة A .
- **النظائر** (ايزوتوب): **:** تعرف النظائر بأنها العناصر التي تحمل نفس العدد الذري Zوتختلف في العدد الكتلي A .وقد أكتشف حتى الآن حوالي 1000 نظير مشع و غير مشع لعناصر الجدول الدوري .
- **الأيزونات : ** هي تلك العناصر التي تمتلك نفس العدد من النيوترونات .

- **الأيزوبارات :** هي تلك العناصر التي تمتلك نفس العدد الكتلي .
- **الأيزومر :** هي تلك العناصر التي في حالة مثارة وتمتلك نصف عمر طويل نسبياً .
- **النيوكلونات :** هي عبارة عن الدقائق النووية { البروتونات + النيوترونات } .
- **الميزونات :** هي جسيمات لها خواص فيزيائية وتقع كتلتها بين كتلة الإلكترون و البروتون , ومن أنواعها ميزونات **μ** و ميزونات **π** .
- **البوزيترون :** هو جسيم مضاد للإلكترون ويحمل نفس خواص الإلكترون ولكنه موجب الشحنة .
- **الفوتون :** هو وحدة كمية في الإشعاع الكهرومغناطيسي و يظهر على شكل ضوء أو أشعة ***X*** أو أشعة **γ** .

النوى المرآتية :

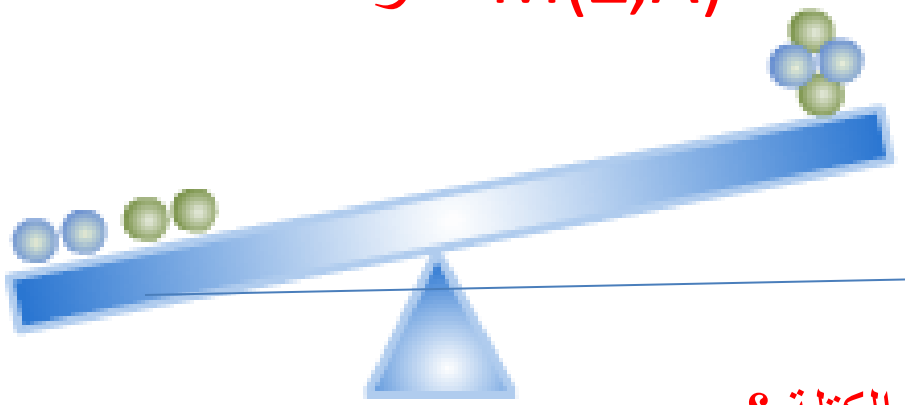
- $A_1 = A_2$
- $Z_1 = N_2$
- $N_1 = Z_2$





طاقة الترابط النووي

- هناك فرق في الكتلة قدره (Δm) بين كتلة مكونات النواة وهي في حالتها الحرة وبين كتلة النواة نفسها
- النواة M(Z,A)



- Δm
- $Zm_p+(A-Z)m_n$
- اين ذهب فرق الكتلة ؟

- استقرار الكثير من النوى دليل على وجود قوة نووية تعاكس القوى الكهربية التنافرية .
- تعمل هذه القوة على المحافظة على النواة كوحدة مستقرة .
- الكتلة التي نقصت (Δm) قد تحولت الى طاقة ترابط نووي .
- **طاقة الترابط النووى**
- الطاقة التي تفقد عند تكوين النواة من مكوناتها الاساسية (بروتونات و نيوترونات)
- الطاقة اللازمة لتفكيك النواة الى مكوناتها الاساسية .
- $\Delta E = \Delta m\ C^2$

$$\Delta m = [(Z\, m_p + N\, m_n) - M(Z,A)]$$

$$B = [(Z\, m_p + N\, m_n) - M(Z,A)]\, c^2$$

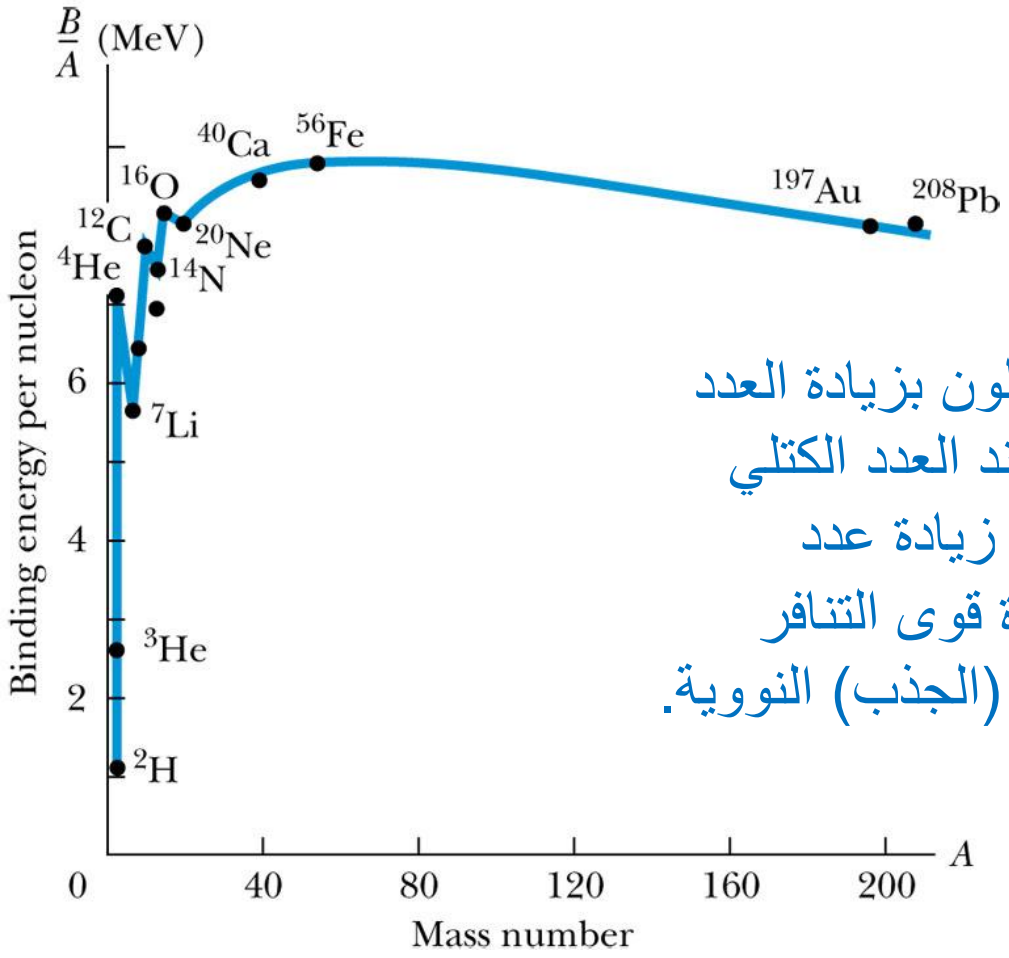
وبدلا من استخدام كتل الانوية تستخدم كتل الذرات

$$B = [(Z\, m_H + N\, m_n) -]\, c^2$$

$$B = [(Z\, m_H + N\, m_n) -] \times 931.5\ \text{MeV}$$

طاقة الترابط تأخذ قيم سالبة

طاقة الترابط النووي لكل نيوكليون



اقليم الديوتيريوم

اقليم اليورانيوم

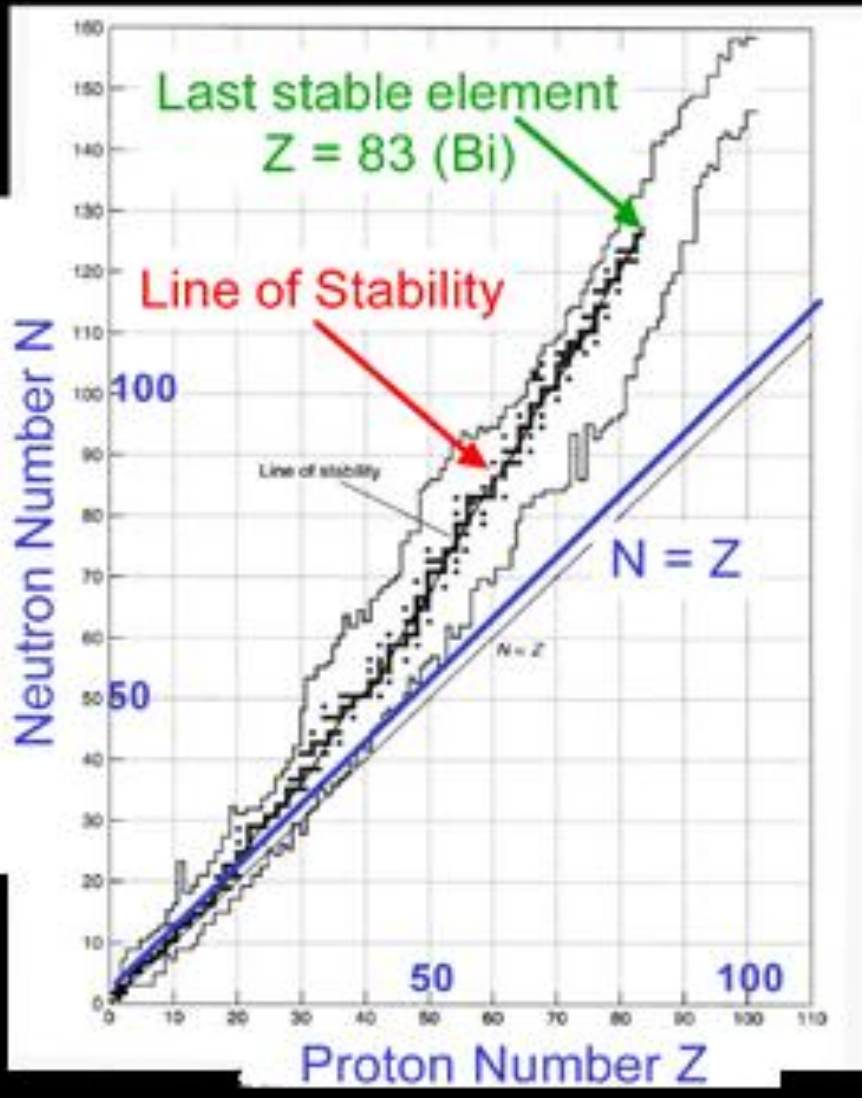
تزيد قيمة الطاقة الرابطة لكل نيوكلون بزيادة العدد الكتلي (A)، اكبر قيمة لها تكون عند العدد الكتلي 60، ثم تقل بزيادة A وذلك بسبب زيادة عدد البروتونات والنيوترونات أي زيادة قوى التنافر الكهربية التي تعاكس قوى الترابط (الجذب) النووية.

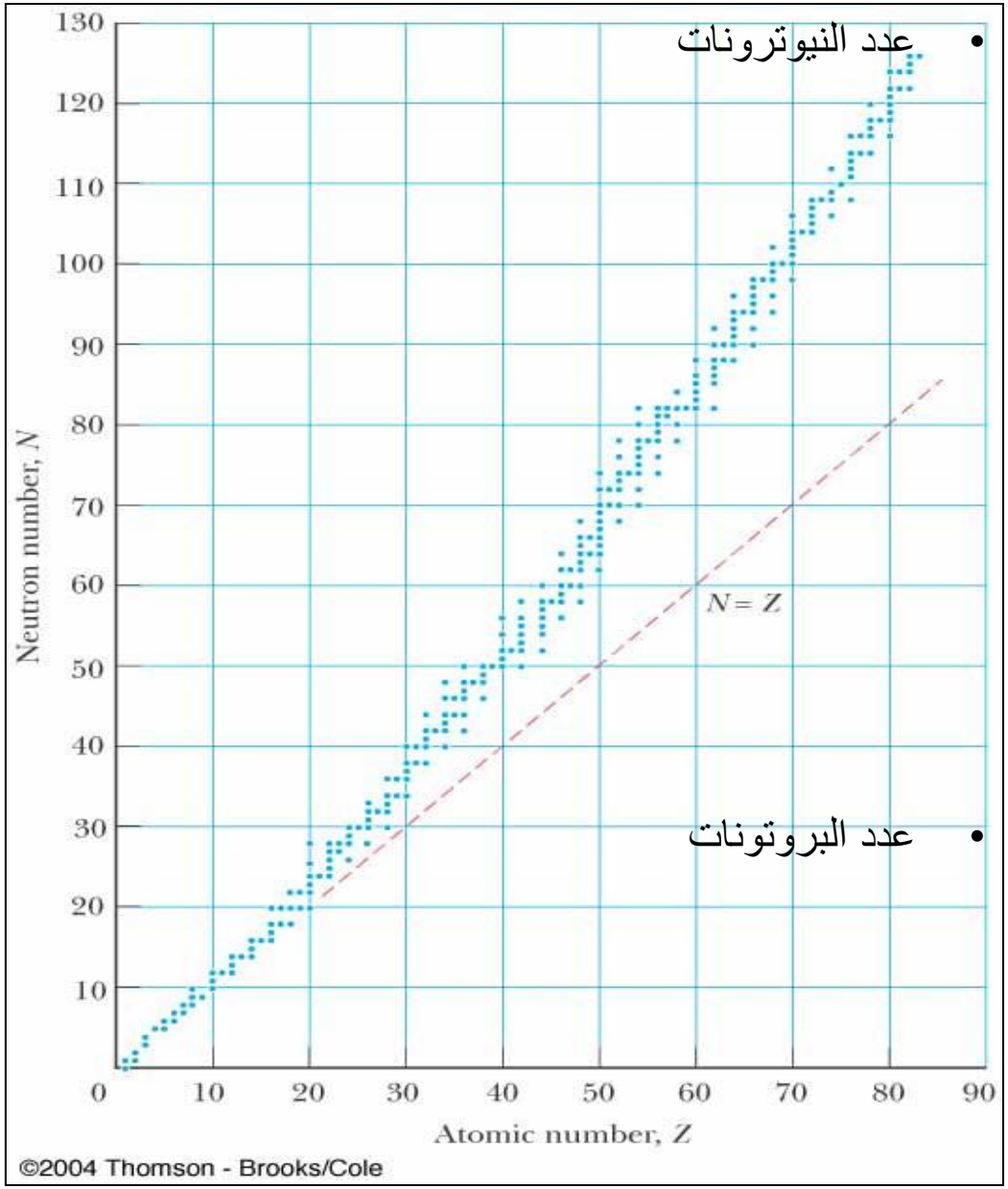
استقرار النوى

266 stable

N = Z

N > Z for larger Z




عدد النيوترونات
عدد البروتونات
Neutron number, N
Atomic number, Z
N = Z
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
©2004 Thomson - Brooks/Cole

القوى النووية

- توجد الانوية في حالة الاستقرار –باستثناء الانوية الثقيلة المشعة-
- هناك قوى ترابط نووي تعمل على ربط مكونات النواة مع بعضها البعض ، تبلغ بضعة ملايين من MeV .
- بفرض ان R = 5 Fermi

$$\lambda = \frac{\hbar}{P}$$

- باستعمال مبدأ دي بروجلي

$$T = \frac{P^2}{2m}$$

باعتبار ان R= λ

T=30 MeV

خصائص القوى النووية
تتميز بالخصائص التالية

1. تجاذبية بين النيوكليونات p-p , p-n ,p-n
2. اكبر من القوى الكهربية
3. ذات مدى قصير
4. تعمل بين النيوكليونات المتقاربة
5. لها خاصية التشبع ${}_{2}^{4}He$ مستقرة بينما ${}_{3}^{5}Li$ ${}_{2}^{5}He$ غير مستقرة

- تميل النيوكليونات الى تكوين قشور مغلقة و التفاعلات بين هذه القشور ضعيفة : عدم وجود $^{8}_{4}Be$ والتي تتكون من نواتي $^{4}_{2}He$

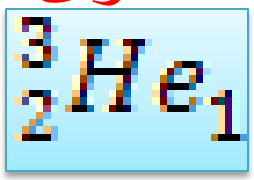
- الانوية التي تحتوي على 4 نيوكليونات انوية مشبعة
- لاتعتمد القوى النووية على الشحنة الكهربية اي أن

$$F_{n-n} = F_{n-p} = F_{p-p}$$

القوى النووية ذات طابع خاص

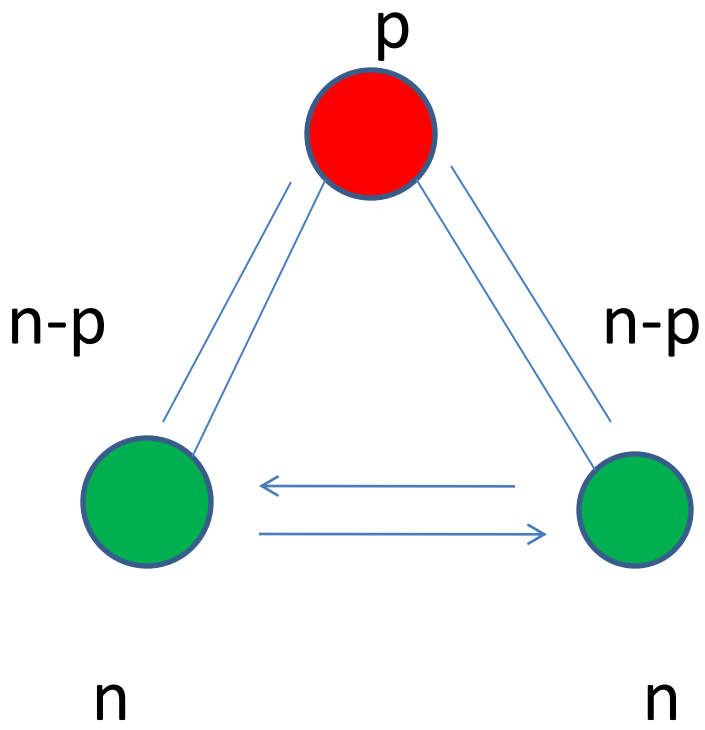
صفاتها

1. تتميز النواة بشكل كروي وهو الذي يزودنا بافضل نسبة بين الحجم ومساحة السطح ⟵ الاستغلال الامثل لقوة التجاذب النووي ذات المدى القصير .
2. لا يمكن ضغط المادة النووية اي ان الكثافة النووية لها مقدار ثابت $R = r_o A^{1/3}$
3. تميل الشحنة الكهربية في النواة الى التوزع بانتظام تقريبا خلالها
4. يمكن دراسة عدم اعتماد القوى النووية غلى الشحنة من خلال دراسة النوى المرأتية



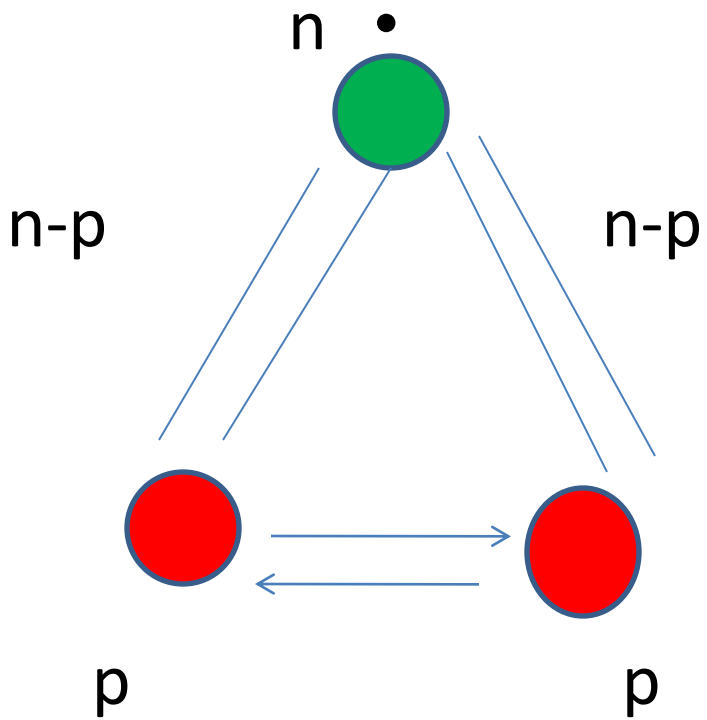
نوى مرأتية

التريتيوم



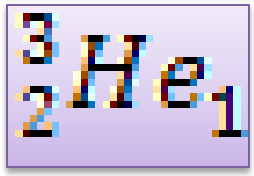
$^{3}_{1}He_{2}$

الهيليوم



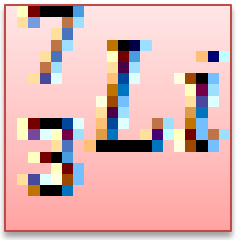
$^{3}_{2}He_{1}$

طاقة الترابط

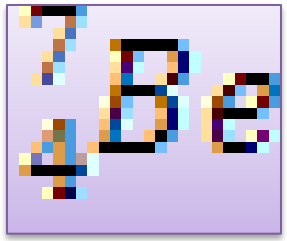
- 8.48 م.ا.ف
- 7.72 م .ا.ف
- طاقة الجهد الكهربي  = 0.72 م .ا .ف

- باضافتها الى طاقة طاقة ترابط الهيليوم نحصل على
- 7.72 +0.72 =8.44 م .ا .ف ≈ 8.48 م.ا.ف طاقة ترابط التريتيوم

هناك مثال آخر

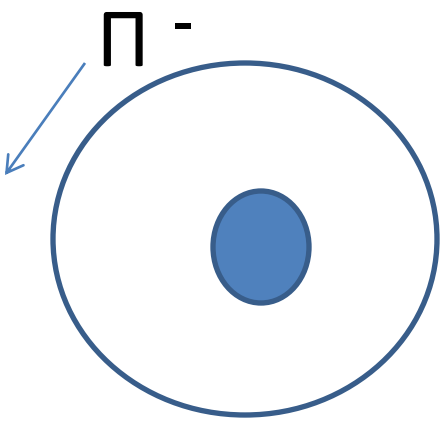


الليثيوم

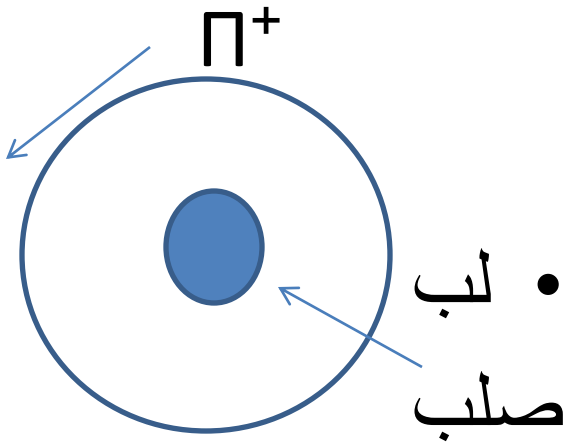


والبريليوم

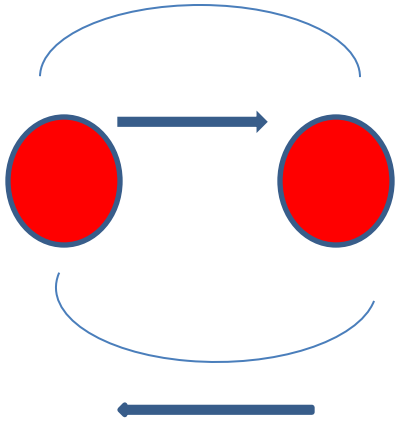
منشأها نموذج القوى التبادلية



تركيب النيترون



تركيب البروتون

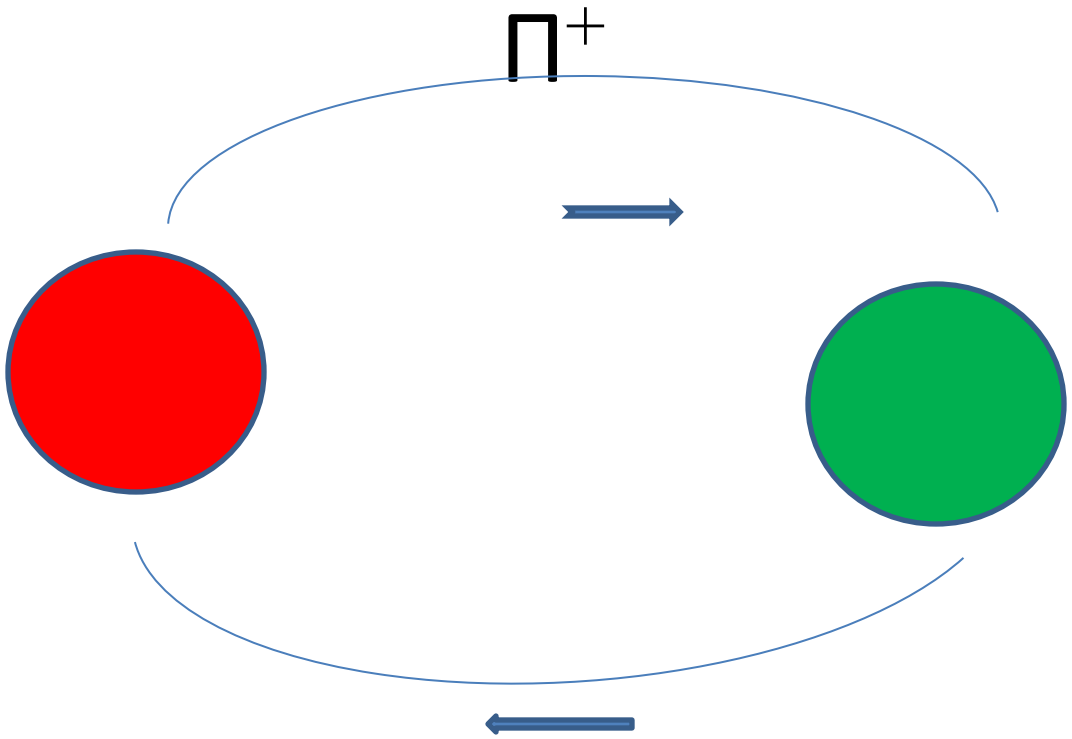


Π^o

Π^o

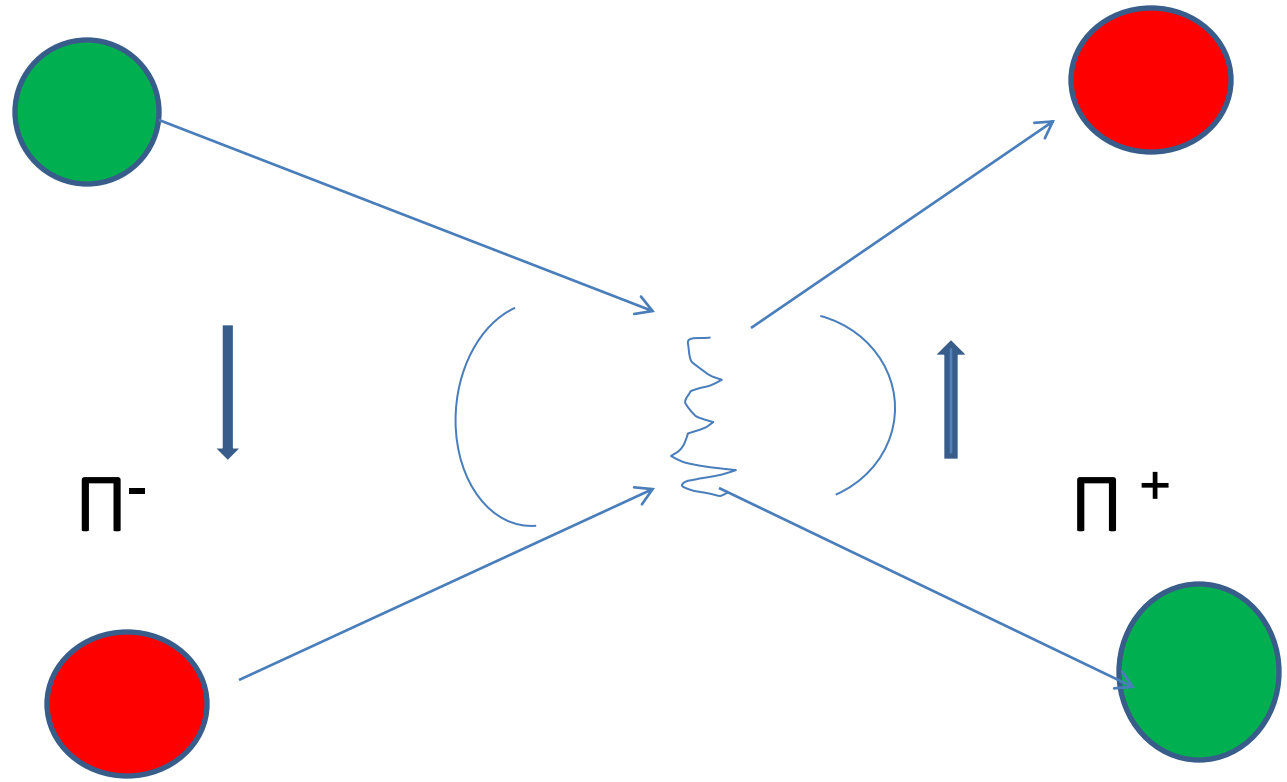
- تصور النيكليون على انه يطلق ويمتص بايون Π وهمي طول الوقت .
- يمكن اعتبار هذا البايون حقيقي خلال فترة عدم التأكد Δt والتي تعطي بدلالة قانون عدم التأكد

$$\Delta E.\Delta t = \hbar$$



p ⟶ n + Π^+ ⟶ p البروتون

n ⟶ p+ Π^- ⟶ n النيترون



- تبادل الشحنات عند تصادم النيكليونات عند الطاقات العالية

لحساب كتلة البايون نستخدم مبدأعدم التاكد

$$\Delta p\ \Delta X=\hbar$$

نصف قطر النواة $\Delta X=1.5$ fermi

$$\Delta p=m_{\Pi}C$$

$$m_{\Pi}C.\ r\approx \hbar$$

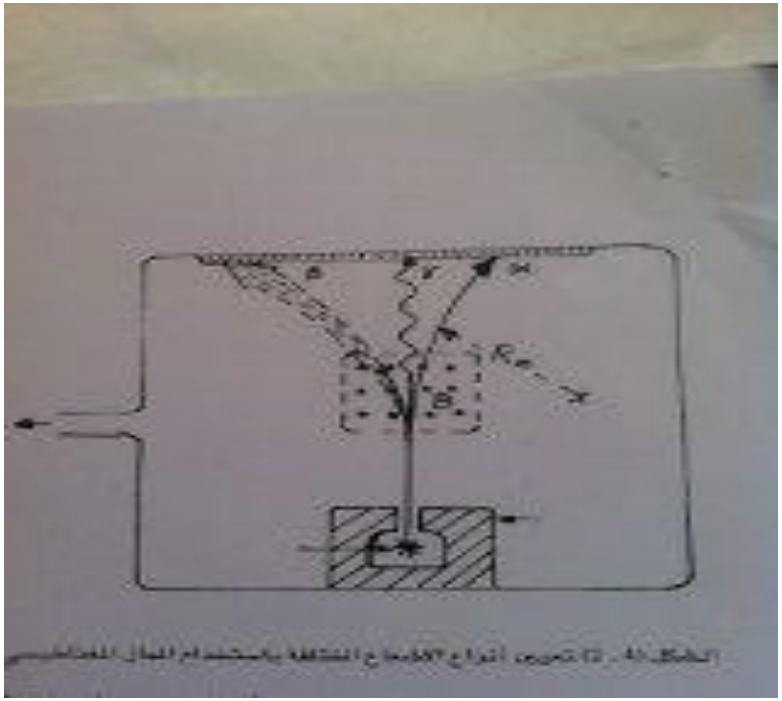
$$m_{\Pi}\approx \hbar/C.r$$

$$= 132\ MeV$$

عمليا 139م .ا.ف

التحلل الاشعاعي النووي

- انواع الاشعاعات:
- اشعة α
- اشعة β
- اشعة γ
-



قوانين الانحلال الاشعاعي

- نفرض ان لدينا عدد من الانوية N
- بعد مرور زمن dt فان عدد من الانوية قدره dN قد تحلل

$$dN \ \alpha \ -N\ dt$$

$$dN = -\lambda\ N\ dt$$

- λ ثابت الانحلال
- A الفاعلية الاشعاعية
- $|\ A\ | = \left|\frac{dN}{dt}\right|$

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

$$A=\lambda N$$

اذا كان لدينا كتلة من المادة قدرها m ووزنها الجزيئي M
فان عدد الانوية بها N يعطى بالعلاقة :

$$N = \frac{m}{M} N_A$$

$$A = \lambda \, m \, N_A / M$$

$$\frac{dN}{N} = -\lambda\, dt$$

وبأخذ التكامل

$$\int_{No}^{N} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_{0}^{t} dt$$

حيث N_o عدد الانوية عند الزمن $t=0$

N عدد الانوية عند الزمن t

$$ln\frac{N}{No} = -\lambda t$$

$$N = Noe^{-\lambda t}$$

$$\lambda N = \lambda Noe^{-\lambda t}$$

$$A = A_o e^{-\lambda t}$$

A الفاعلية الاشعاعية

- **عمر النصف ($t_{½}$)**

- الزمن اللازم كي تقل الفاعلية الى نصف قيمتها
- اي انه عندما $t = t_{½}$ فان

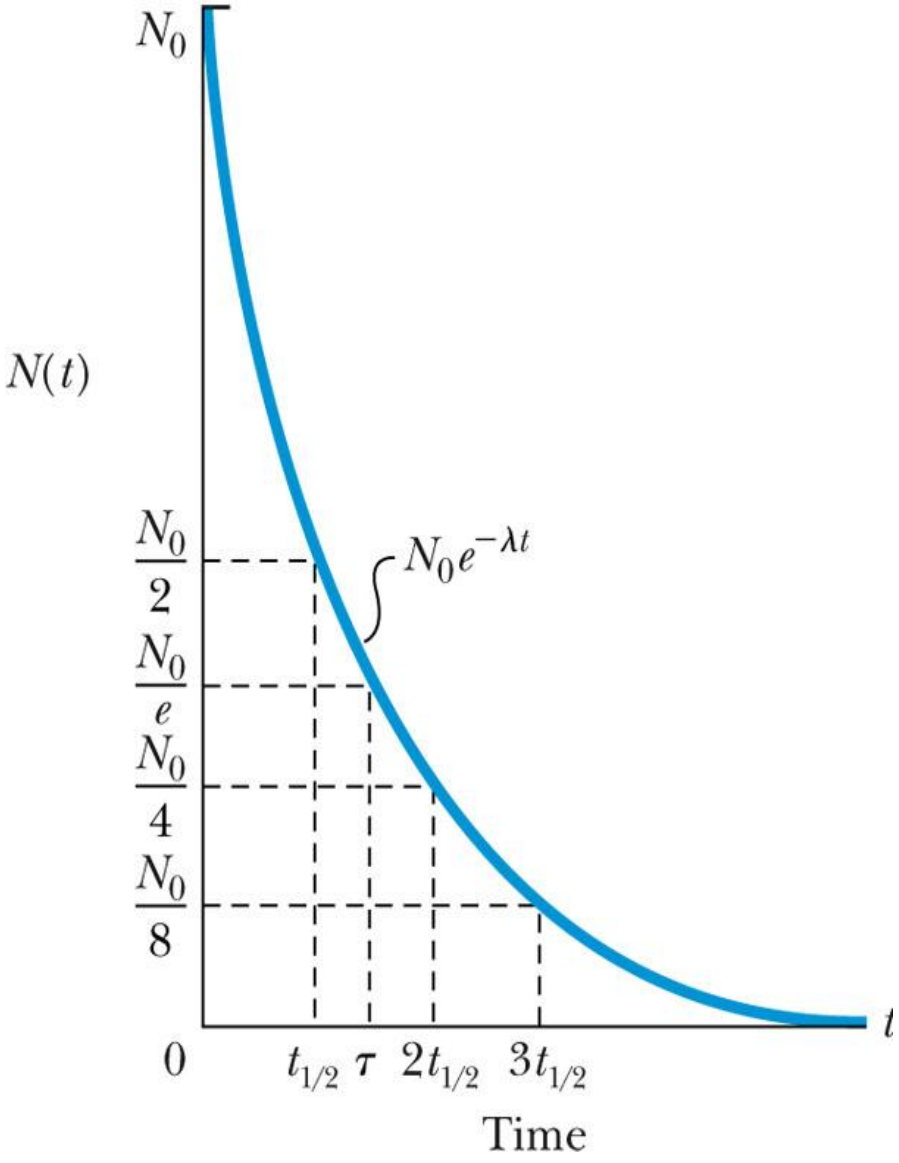
$$N = \frac{No}{2}$$

$$\frac{1}{2} No = No e^{-\lambda t_{½}}$$

$$ln \frac{1}{2} = -\lambda t_{½} = -0.693$$

$$t_{½} = \frac{0.693}{\lambda}$$

$$A = A_o \, e^{\frac{0.693}{t_{½}}}$$


N_0
$N(t)$
$\frac{N_0}{2}$
$\frac{N_0}{e}$
$\frac{N_0}{4}$
$\frac{N_0}{8}$
$N_0 e^{-\lambda t}$
t
0
$t_{1/2}$
τ
$2t_{1/2}$
$3t_{1/2}$
Time

متوسط العمر (τ)

- وحدات قياس الفاعلية الاشعاعية:
- **الكوري**
- $1\ Ci=3.7x10^{10}\ dis/s$
- $1m\ Ci=3.7x10^{7}\ dis/s$
- $1\mu\ Ci=3.7x10^{4}\ dis/s$
- **بيكريل**
- $1Bq=1\ dis/s$
- $1Ci=3.7x10^{10}\ Bq$

الاتزان الاشعاعي

- عندما $\tau_1 >> \tau_2$ يحدث الاتزان الدائم او الوراثي
- عندما $\tau_1 > \tau_2$ يحدث الاتزان العابر
- (واجب على الطالبات لدراسة الفرق بين الحالتين)
-

- An archeologist finds a piece of wood in an excavated house which he knows to be of great antiquity . He brings the wood to to examine. It weights 50 grams and shows C-14 activity of 320 disintegration per minute. Estimate the length of time which has elapsed since this wood was part of a living tree, assuming that living plants show a C-14 activity of 12 disintegrations per minute per gram . The half-life of C-14 is 5730 year.

- Assuming that the living tree , just before it died , had N_o radioactive atom . Hence its activity A_o was
  - $A_o = \lambda N_o$ (1)
- After the tree died, its radioactivity decreased exponentially with time . That is
- $$A = \left|\frac{dN}{dt}\right| = \lambda N = \lambda N_o e^{-\lambda t} \qquad (2)$$
- Dividing Eq.(2) by Eq.(1), we get
- $$\frac{A}{A_o} = e^{-\lambda t} \qquad (3)$$
- A_o =12 disintegrations / min./gram
- A= $\frac{320}{50}$ disintegrations / min./gram,

$$\lambda \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{5730\ year}$$

- From Eq. (3) we obtain

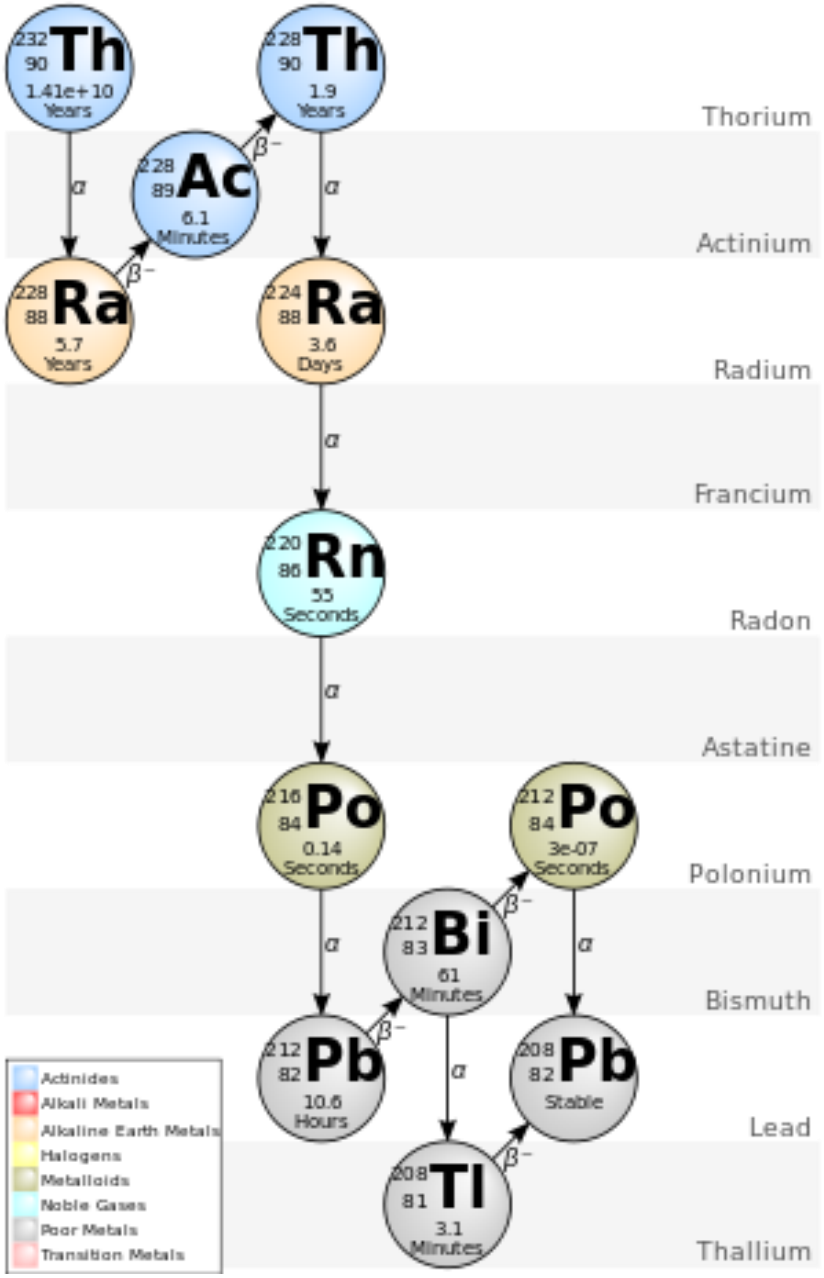
$$t = \frac{\ln\left(\frac{Ao}{A}\right)}{\lambda} = \frac{\ln\left(\frac{50x12}{320}\right)}{0.693} x5730\ years$$

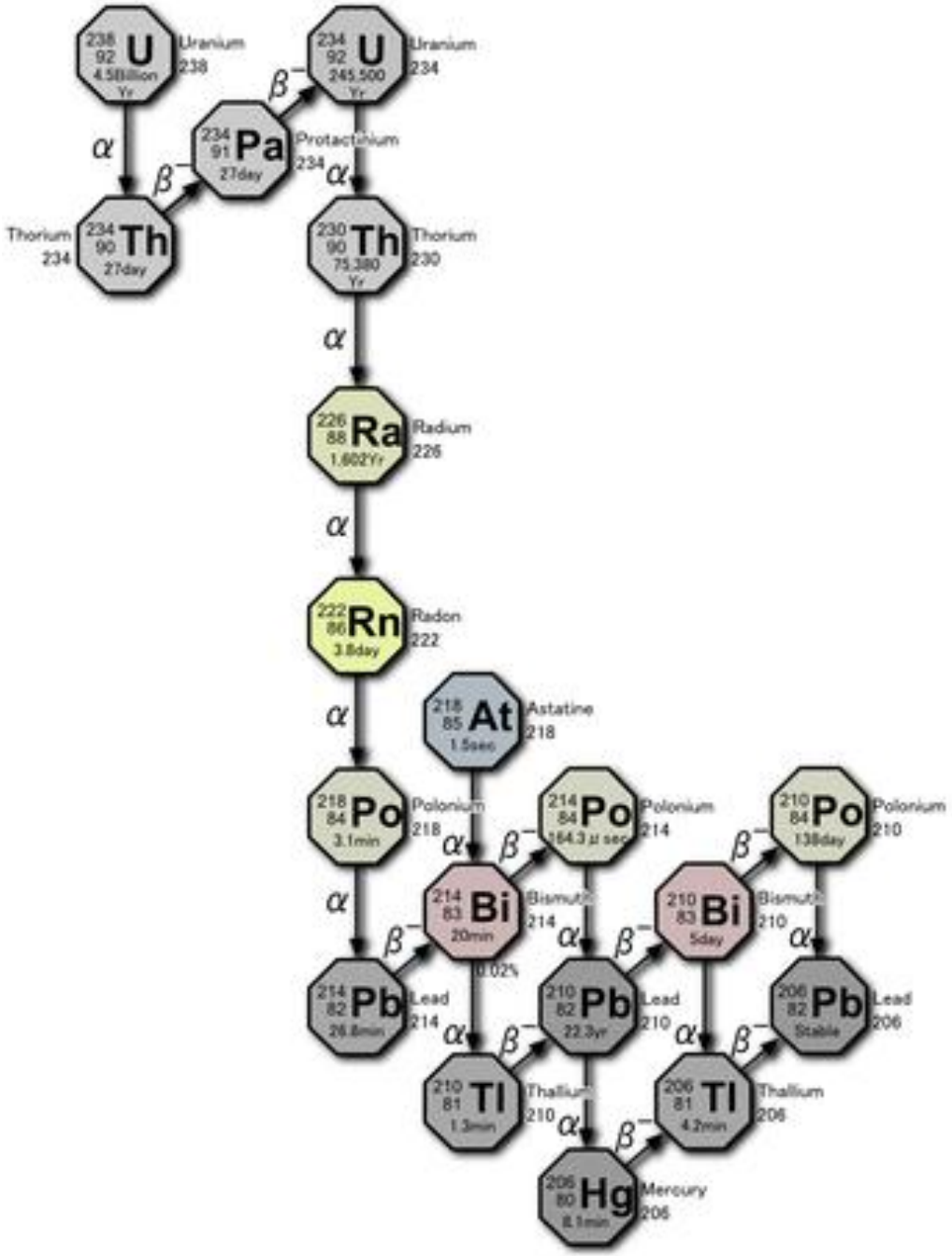
- t = 5170 year
- This means that the wood has been dead for 5170 year .

السلاسل الاشعاعية الطبيعية

- مجموعة الثوريوم $A=4n$
- مجموعة اليورانيوم $A=4n+2$
- مجموعة الاكتينيوم $A= 4n+3$
- *مجموعة النبتونيوم* $A= 4n+1$
-

مجموعة الثوريوم $A=4n$

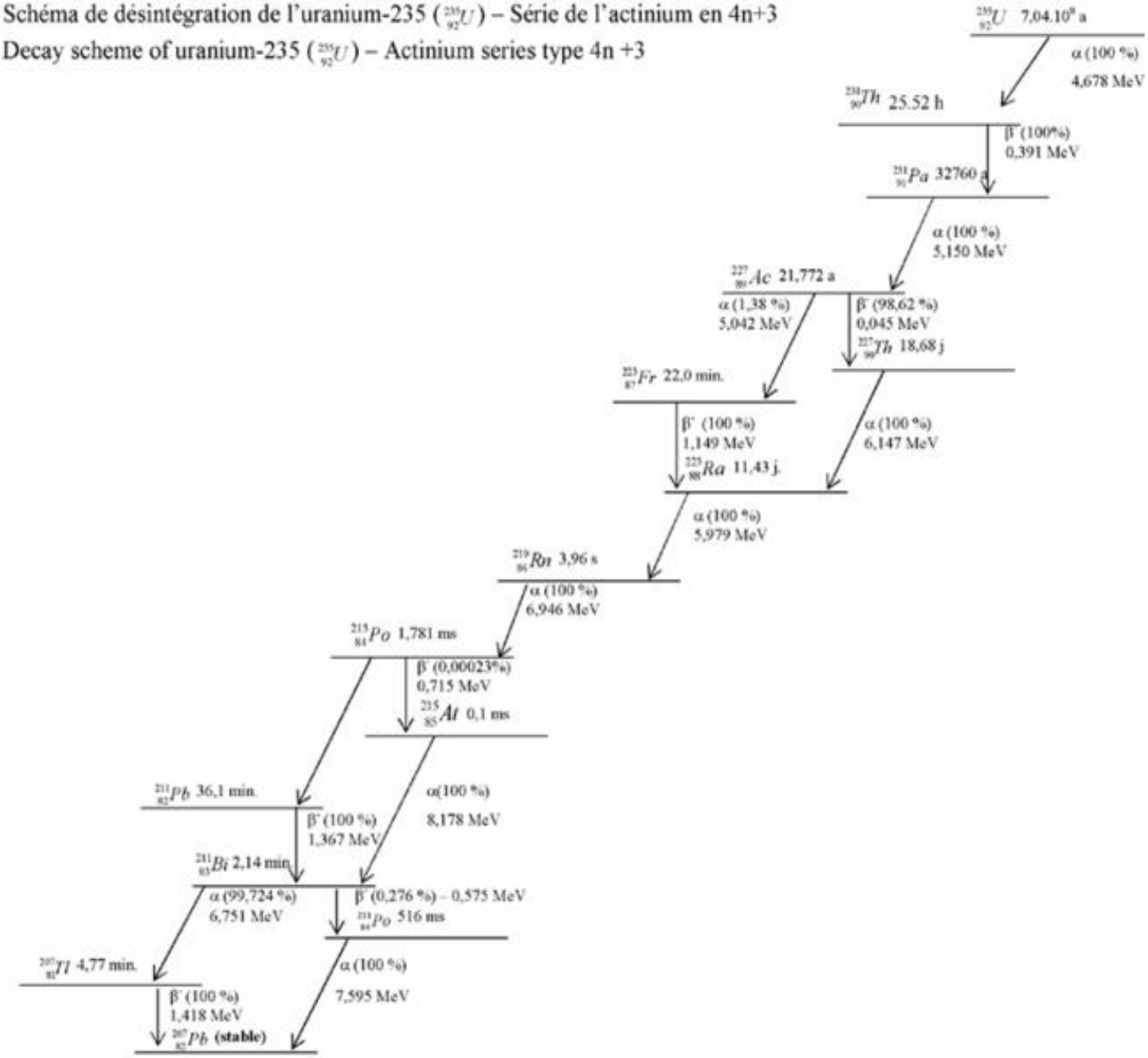




مجموعة اليورانيوم $A=4n+2$

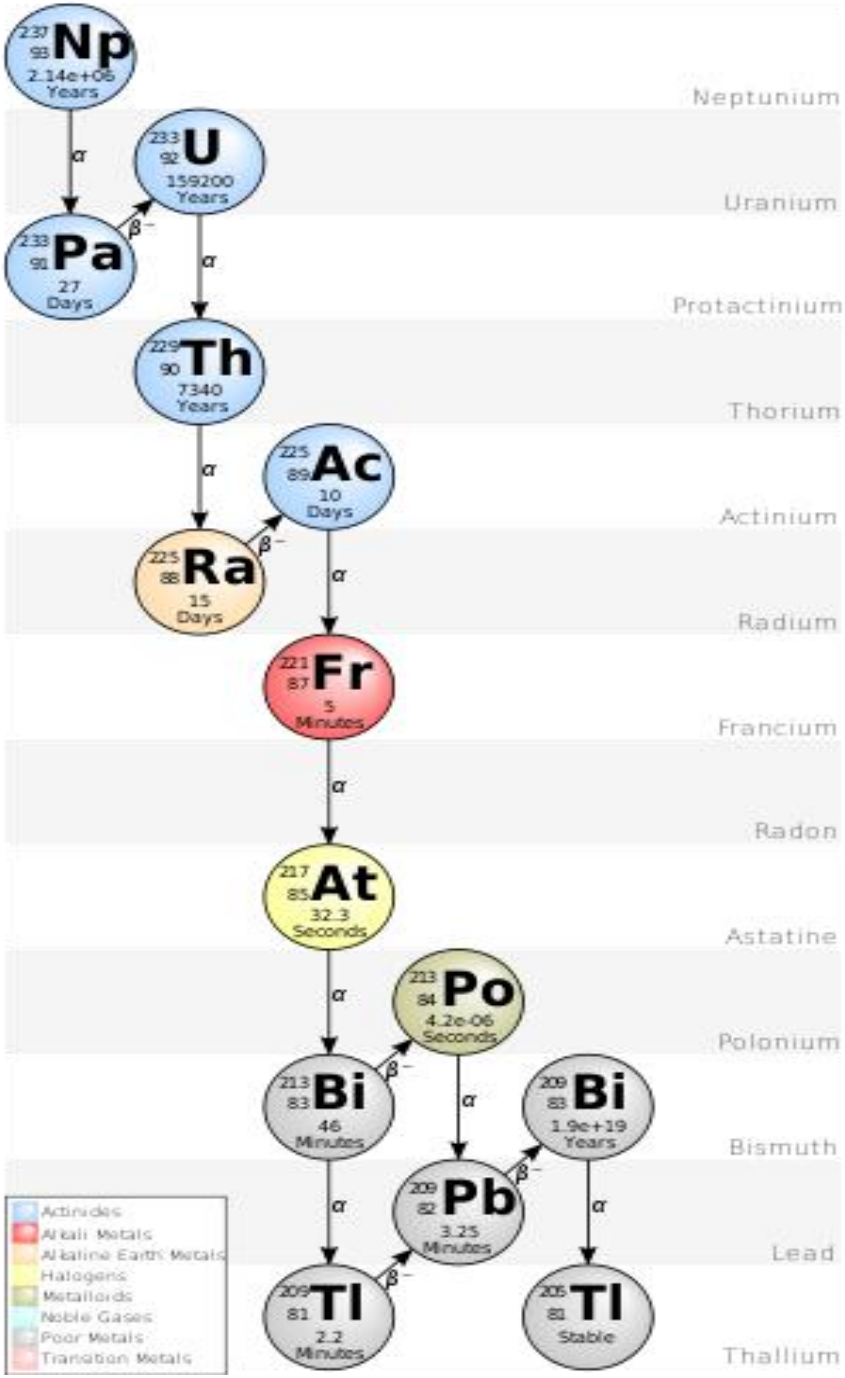
Schéma de désintégration de l'uranium-235 ($^{235}_{92}U$) – Série de l'actinium en 4n+3

Decay scheme of uranium-235 ($^{235}_{92}U$) – Actinium series type 4n +3



مجموعة الاكتينيوم

$A = 4n+3$



مجموعة النبتونيوم

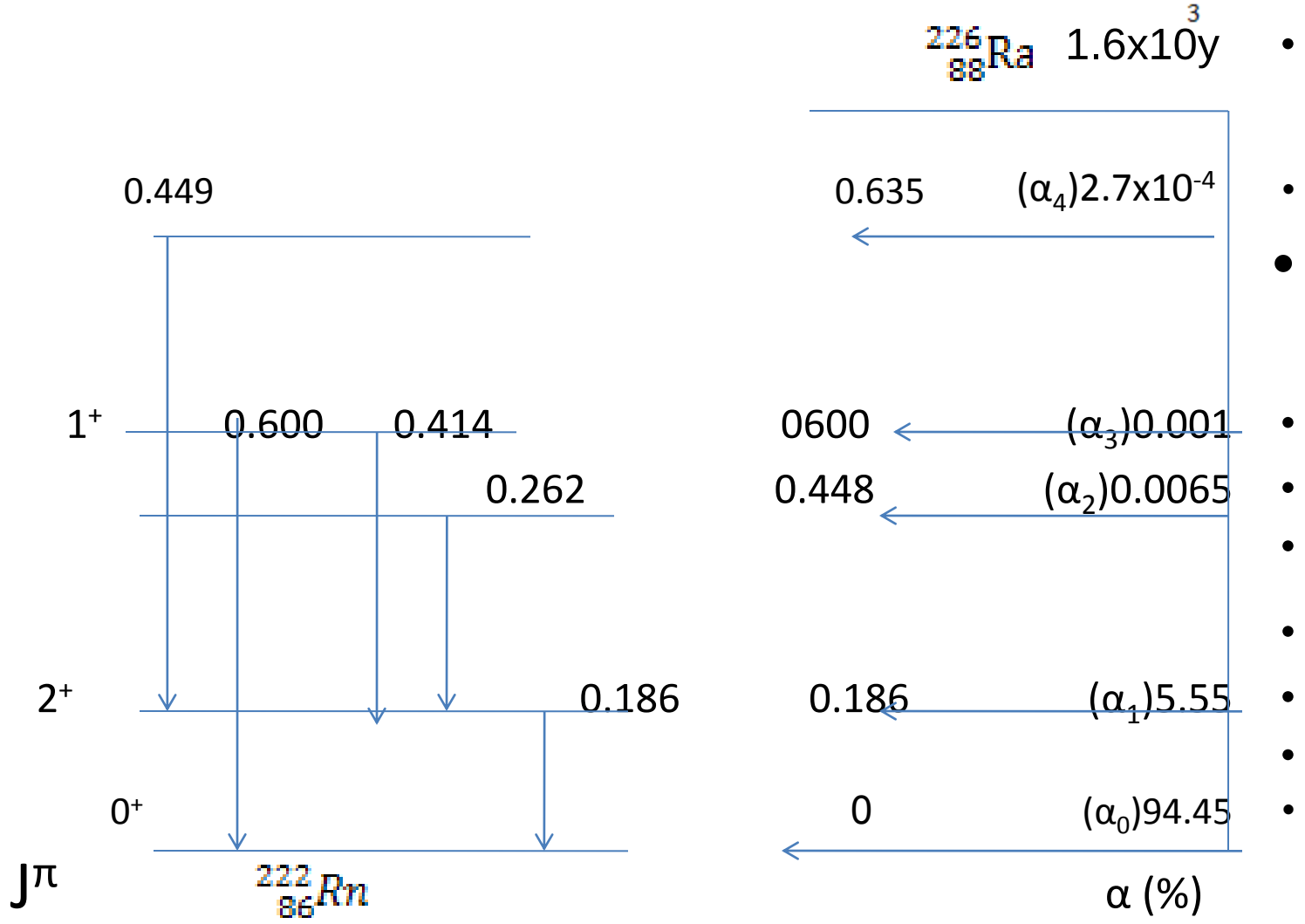
$A = 4n+1$

تحلل الفا ($^{4}_{2}He$):

$$^{A}_{Z}X\left(\text{الوالدة}\right) \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y\left(\text{الوليدة}\right) + {}^{4}_{2}He$$

$$^{226}_{88}Ra\left(\text{الوالدة}\right) \longrightarrow {}^{222}_{86}Rn\left(\text{الوليدة}\right) + {}^{4}_{2}He + Q$$

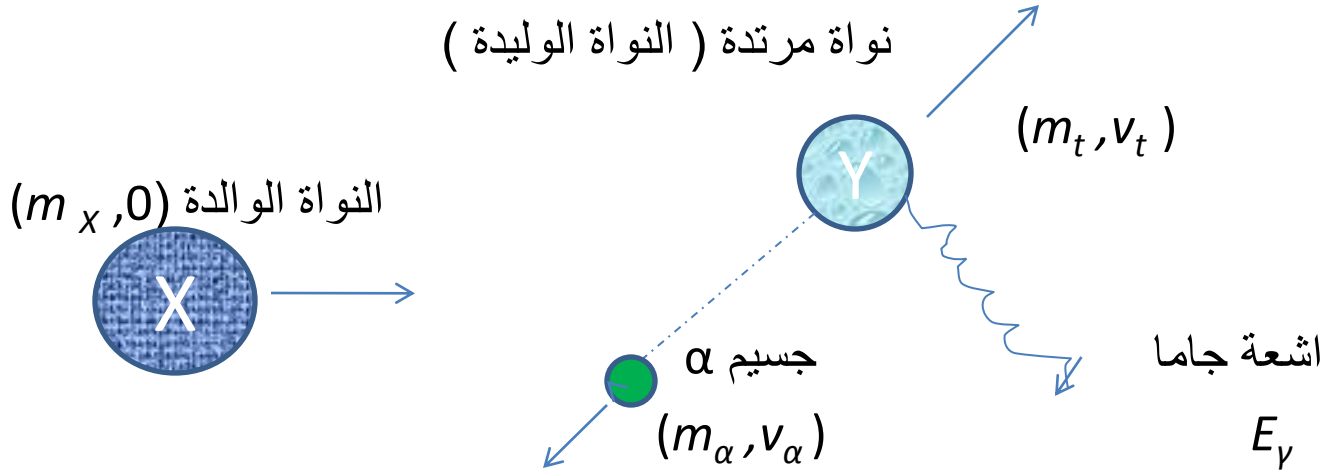
تحلل الفا



α_0 = 4.784 MeV α_1=4.601 MeV α_2=4.343 MeV

α_3= 4.194 MeV α_4= 4.163 MeV

آلية التفاعل $X \longrightarrow Y + \alpha + Q$



ب - بعد التحلل

أ - قبل التحلل

$X \longrightarrow Y + \alpha + Q$ هي طاقة التفاعل Q

تظهر على شكل طاقة حركة لنواتج التفاعل $Q = T + E_\gamma$

$$T = T_\alpha + T_t$$

حيث T_t طاقة حركة النواة المرتدة Y

T_α طاقة حركة جسيمات α

بتطبيق قوانين حفظ الطاقة و الزخم

- حفظ كمية الحركة يعني ان كلا من جسيم α و النواة المرتدة سوف يتحرك باتجاه مضاد للاخر

$$m_\alpha \ v_\alpha \ = \ m_t \ v_t$$

حيث m_α , v_α سرعة و كتلة جسيم α

m_t, v_t سرعة و كتلة النواة المرتدة

- حفظ الطاقة

$$T \ = \ T_\alpha \ + \ T_t$$

T طاقة الحركة الكلية (للنواة المرتدة و جسيم α)

$$T = \frac{1}{2} m_\alpha v_\alpha^2 + \frac{1}{2} m_t v_t^2$$

- $$T_\alpha = T\frac{m_t}{m_\alpha + m_t}$$

$$T_t = T\frac{m_\alpha}{m_\alpha + m_t}$$

- و لتعيين كلا من T_α ,T_t فانه يجب تعيين T
- و لتعيين T يجب تعيين Q و التي يمكن تعيينها من فرق الكتل بين المكونات و النواتج اي ان
- $$Q = [m_X - (m_Y + m_\alpha)]C^2$$
- *يمكن استبدال الكتل بزيادة الكتلة*
- $$Q = [\Delta m_X - (\Delta m_Y + \Delta m_\alpha)]$$

حالات خاصة :

- اذا كانت جسيمات α تنطلق مباشرة الى مستوى الاستقرار الارضي للنواة الوليدة فان. $E_\gamma = 0$

$$Q = E_\gamma + T$$

$$Q = T \qquad (E_\gamma = 0)$$

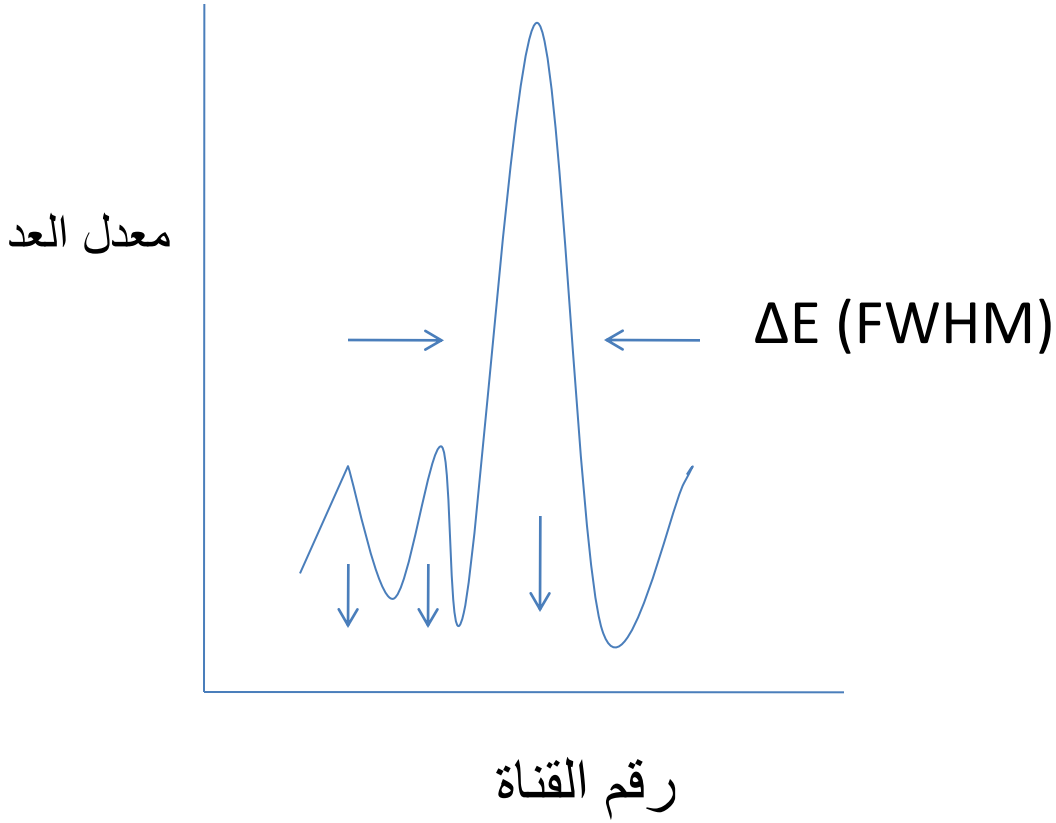
- في معظم الحالات m_t (كتلة النواة المرتدة) >> m_α

$$T_\alpha = T \frac{m_t}{m_t}$$

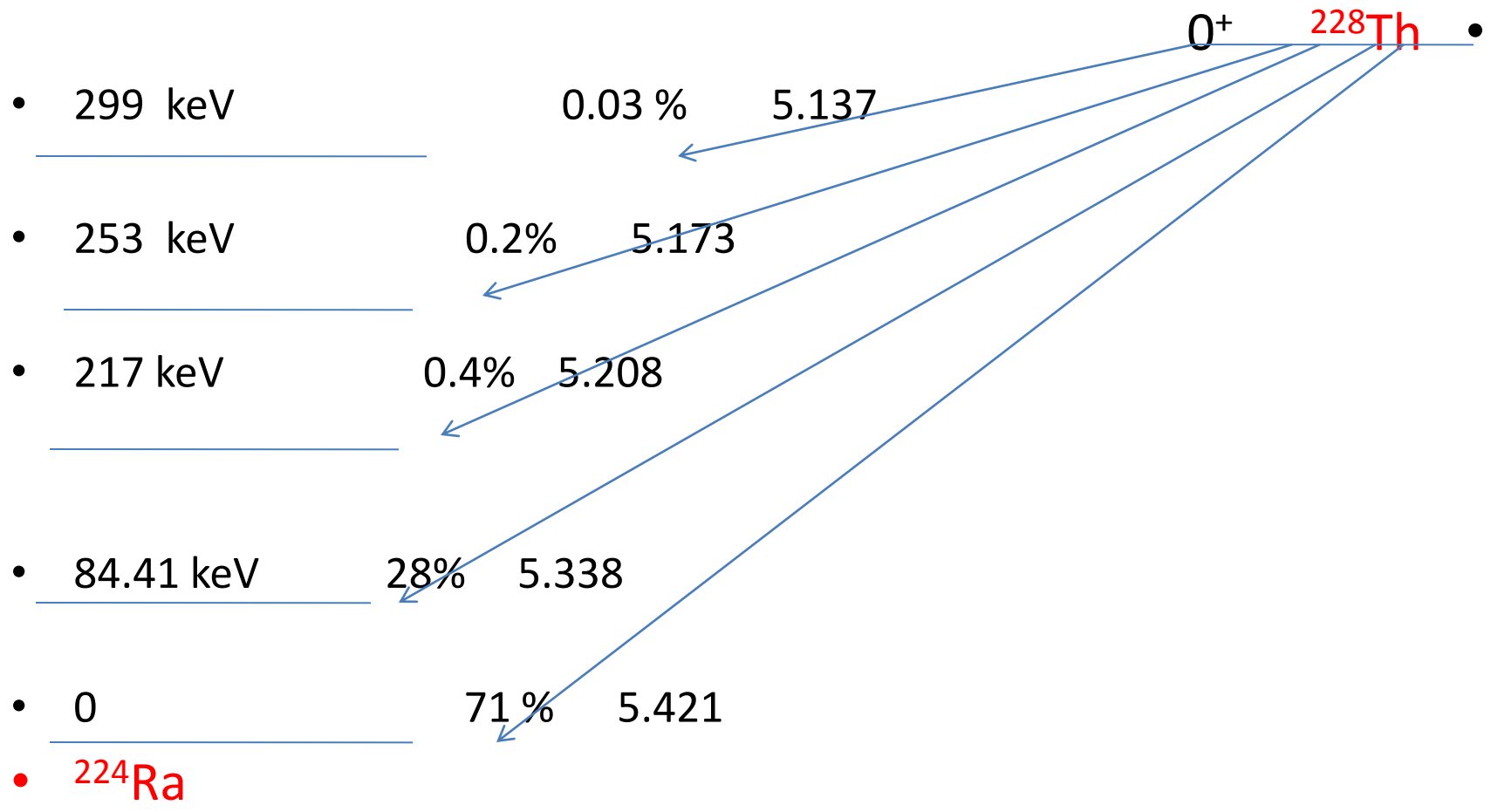
$$T_\alpha = T$$

اي ان معظم طاقة الجركة ستحملها جسيمات α

طيف اشعة الفا



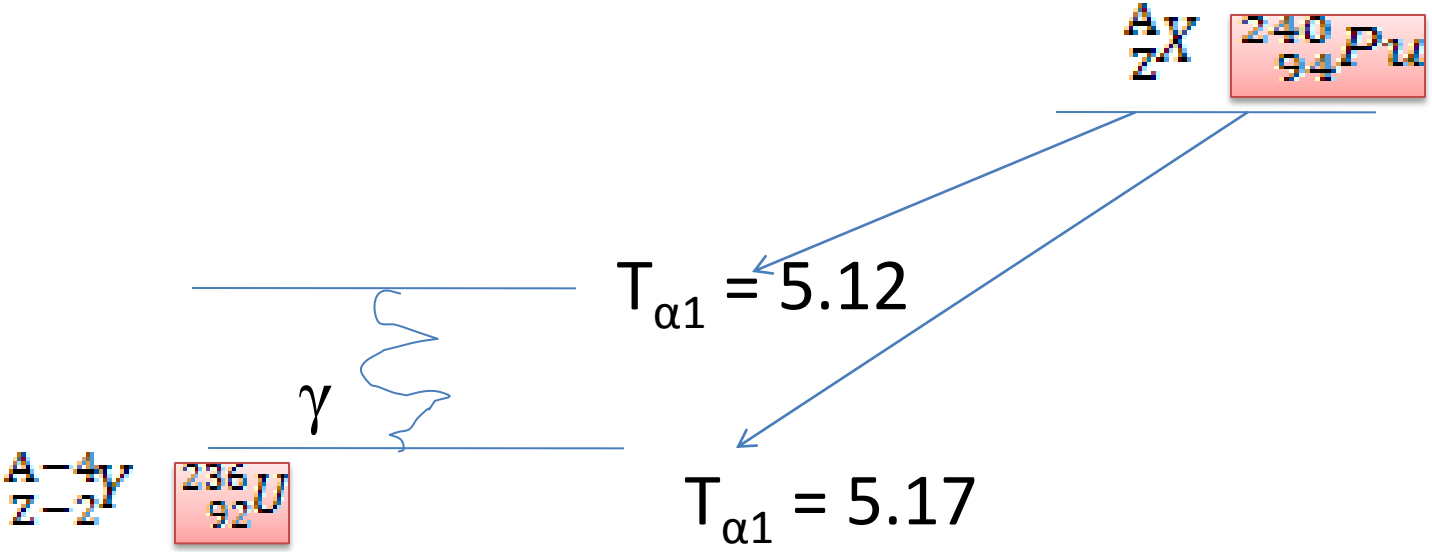
مخطط اضمحلال



- طاقات جسيمات α المنبعثة تتراوح بين 4-10 م أ ف
- هناك علاقة عكسية بين طافة جسيمات α وعمر النصف للنواة المنحلة
- علاقة طردية بين شدة المجموعة و طاقة المجموعة .

مثال

- ينحل $^{240}_{94}Pu$ بعمر نصف قدره 6760 سنة باعثا مجموعتين من جسيمات α و بطاقات 5.17 ، 5.12 م أ ف ماهي طاقة الانحلال لكل مجموعة وكذلك طاقة اشعة جاما



- $h\upsilon = \gamma = 5.17\text{-}5.12 = 0.05$ MeV

$$T_\alpha = \frac{A-4}{A}|Q_\alpha|$$

$$Q_\alpha = \frac{A}{A-4}T_\alpha$$

$$Q_{\alpha 1} = \frac{240}{236}x5.17 = 5.25\ MeV$$

$$Q_{\alpha 2} = \frac{240}{236}x5.12 = 5.20\ MeV$$

$h\upsilon = Q_{\alpha 1} - Q_{\alpha 2}$

- $h\upsilon = 5.25-5.20 = 0.05$ MeV
- 0.045 MeV عمليا تساوي

تحلل بيتا

- اشعة بيتا هي عبارة عن الالكترونات(e^-) او البوزيترونات (e^+)
- اضمحلال(β^-)

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

$$^{12}_{5}B \rightarrow {}^{12}_{6}C + \beta^-$$

- اضمحلال(β^+)

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

$$^{12}_{7}N \rightarrow {}^{12}_{6}C + \beta^+$$

- **هل يوجد الالكترون داخل النواة ؟**
- **كيف يمكن تفسير هذا التفاعل ؟**

تحلل بيتا

- اضمحلال β^-

$$n \longrightarrow p + e^- + \bar{\nu}$$

- اضمحلال β^+

$$p \longrightarrow n + e^+ + \upsilon$$

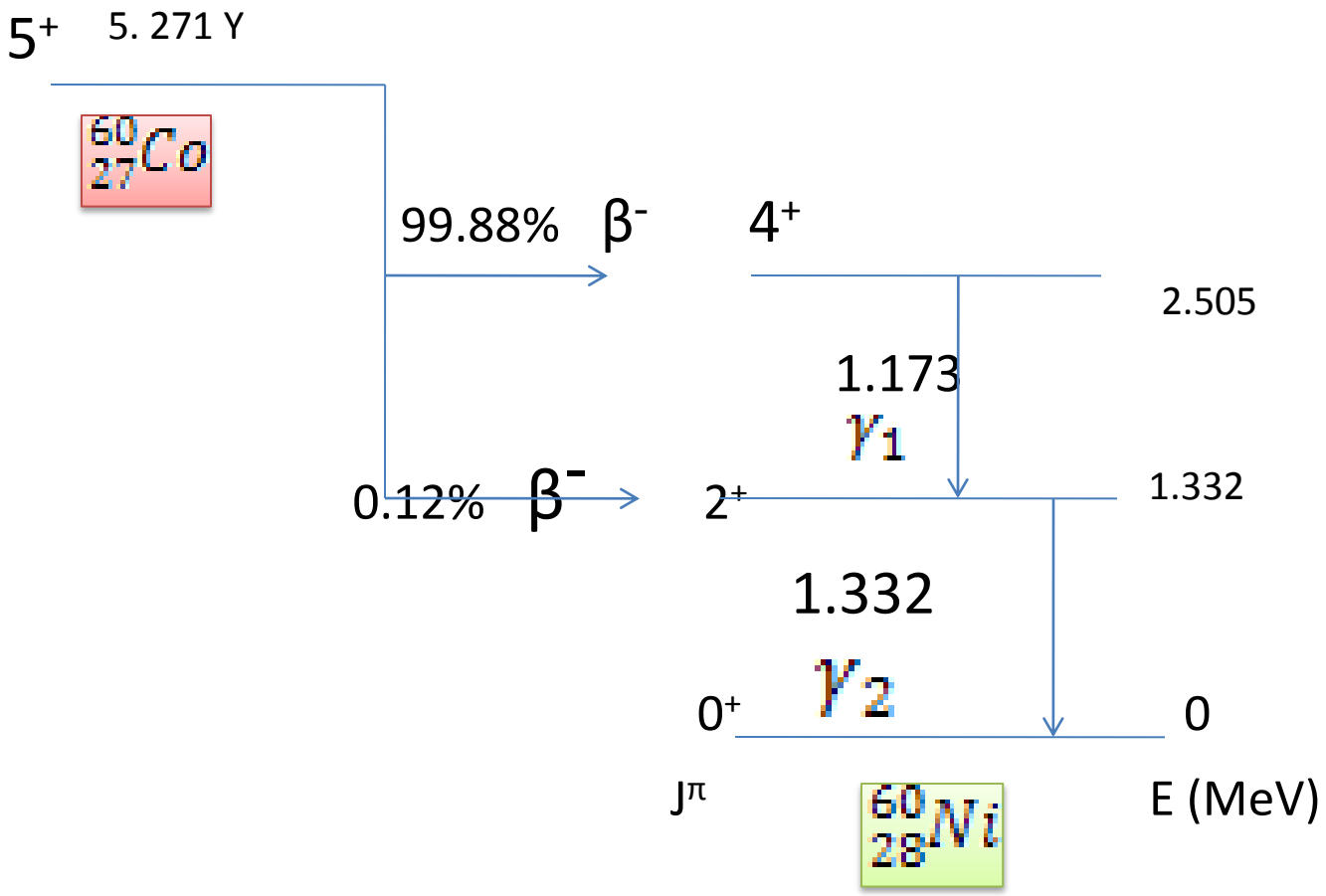
- الأسر الالكتروني

$$p + e^- \longrightarrow n + \nu$$

β- تحلل

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + \bar{\nu} \quad + \beta^- $$

$$ {}^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni \quad + \quad \beta^- \quad + \quad \bar{\nu} $$


5+
5. 271 Y
60 27 Co
99.88%
β-
4+
2.505
1.173
γ1
0.12%
β-
2+
1.332
1.332
γ2
0+
0
Jπ
60 28 Ni
E (MeV)

يمكن حساب طاقة الانحلال Q:

- النواة الوالدة ساكنة قبل بدء التحلل
- طاقة حركتها = صفر
- الطاقة الابتدائية = طاقة كتلة السكون لها mc^2 =
- بعد التحول ستنطلق كل من جسيمات β^- ، υ بطاقة حركة T_β $T\upsilon$

من قانون حفظ الطاقة :

$$m_p c^2 = m_d c^2 + T_d + T_e + T\upsilon$$

من التعريف $Q = T_d - T\upsilon - T_\beta$

$$= (m_p - m_d - m_e) c^2$$

- وعادة تعطى الكتل الذرية وليس النووية وبالتالي فان

$$m_p = M(Z) - Z\, m_e$$

$$m_d = M(Z+1) - (Z+1)m_e$$

ومنها

$$Q = \{ M(Z) - M(Z+1) \}\, c^2$$

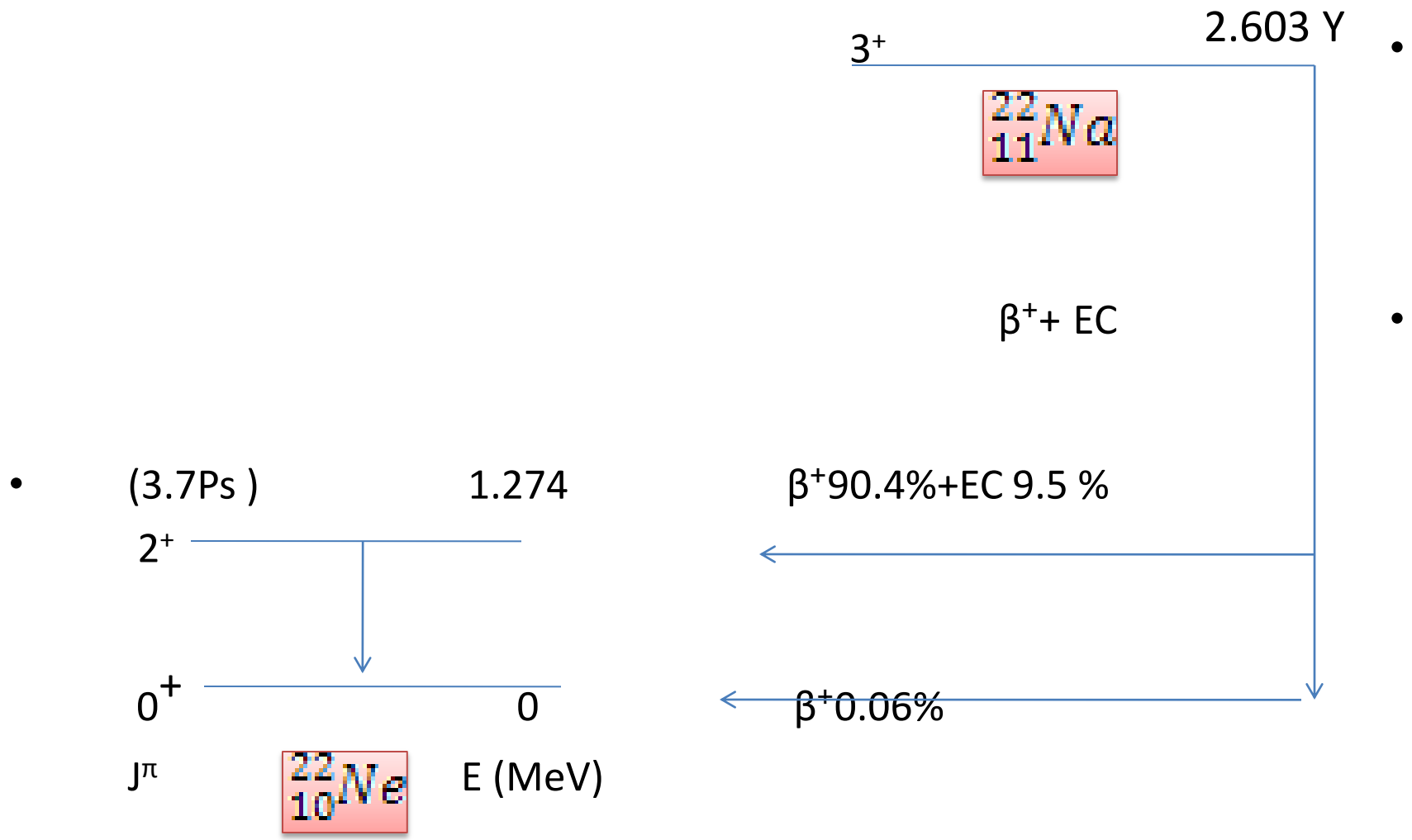
$M(Z), M(Z+1)$ كتل ذرات كل من النواة الوالدة و المولودة

- اذا كانت الكتل معطاة بزيادة الكتلة مقدرة بوحدة م أ ف فان
- $Q = \Delta M(Z) - \Delta M(Z+1)$ MeV
- **اي ان Q تساوي كتلة الذرة الوالدة مطروحا منها كتلة الذرة المولودة**

تحلل β^+

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + \beta^+ + \upsilon $$

$$ {}^{22}_{11}Na \rightarrow {}^{22}_{10}Ne + \beta^+ + \upsilon $$


2.603 Y
3+
22 11 Na
β+ + EC
(3.7Ps)
1.274
β+90.4%+EC 9.5 %
2+
0+
0
β+0.06%
Jπ
22 10 Ne
E (MeV)

- $Q = T_d - T_\upsilon - T_{\beta+}$
- $= (m_p - m_d - m_e) c^2$
- بدلالة الكتل الذرية بدلا من النووية
- $m_p = M(Z) - Z\, m_e$
- $m_d = M(Z-1) - (Z-1)m_e$

ومنها

- $Q = \{ M(Z) - M(Z-1) - 2m_e \} c^2$

اذا اعطيت الكتل بدلالة زيادة الكتلة (Δ) بوحدة م أ ف فانه يمكن حساب Q من فرق الكتل

- $Q = \Delta M(Z) - \Delta M(Z-1) - 1.02$ MeV
- $m_e c^2 = 0.51$ MeV $2m_e c^2 = 1.02$ MeV

الأسر الألكتروني (EC)

يؤسر الالكترون من مداره بواسطة النواة و تتحول كتلته الى طاقة و تتعادل شحنته مع البروتون وهو متلازم مع β^+

$$ {}^{A}_{Z}X + e^- \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + \bar{\nu} $$

يلاحظ انه يشبه تفاعل β^+

$$ {}^{22}_{11}Na \xrightarrow{EC} {}^{22}_{10}Ne + \bar{\nu} $$

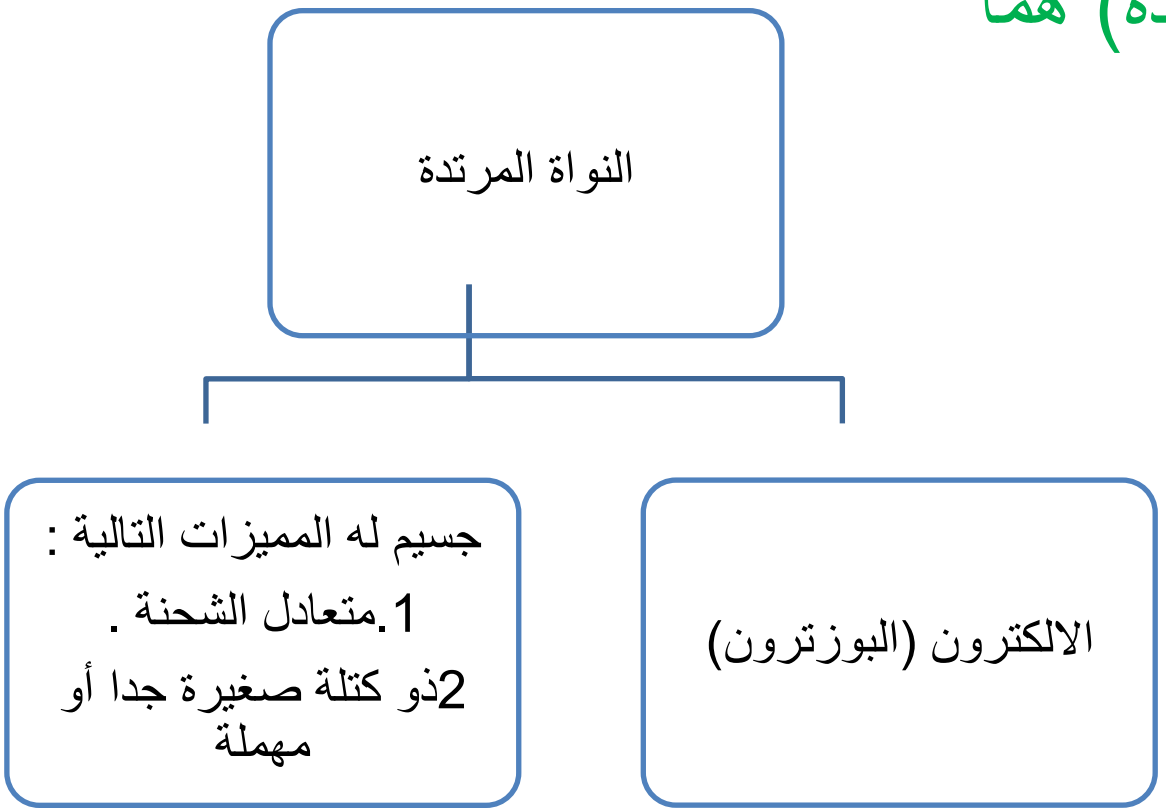
القيمة Q لهذا التفاعل تختلف عن Q في حالة β^+

$$ Q = \{ M(Z) - M(Z-1) \} c^2 $$

$$ Q = \Delta M(Z) - \Delta M(Z-1) \quad MeV $$

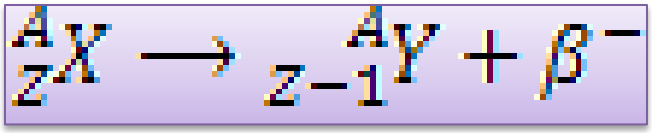
افتراض النيوترينو(نظرية انحلال β)

- في عملية انحلال β ينبعث جسيمان بالاضافة للنواة المرتدة (الوليدة) هما



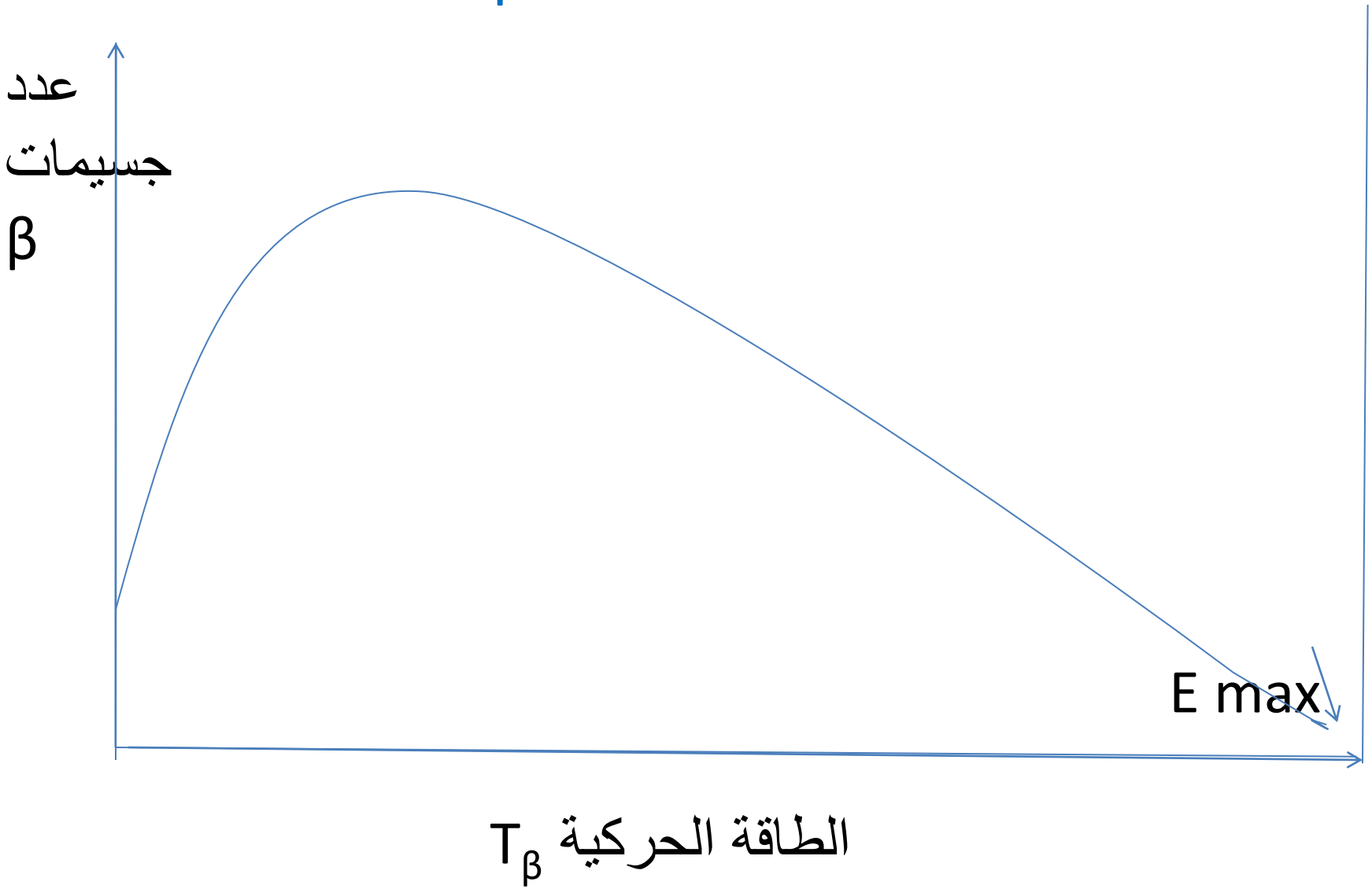
مبدأ حفظ الزخم

اللف لكل نيوكليون =½ اللف لجسيم β =½



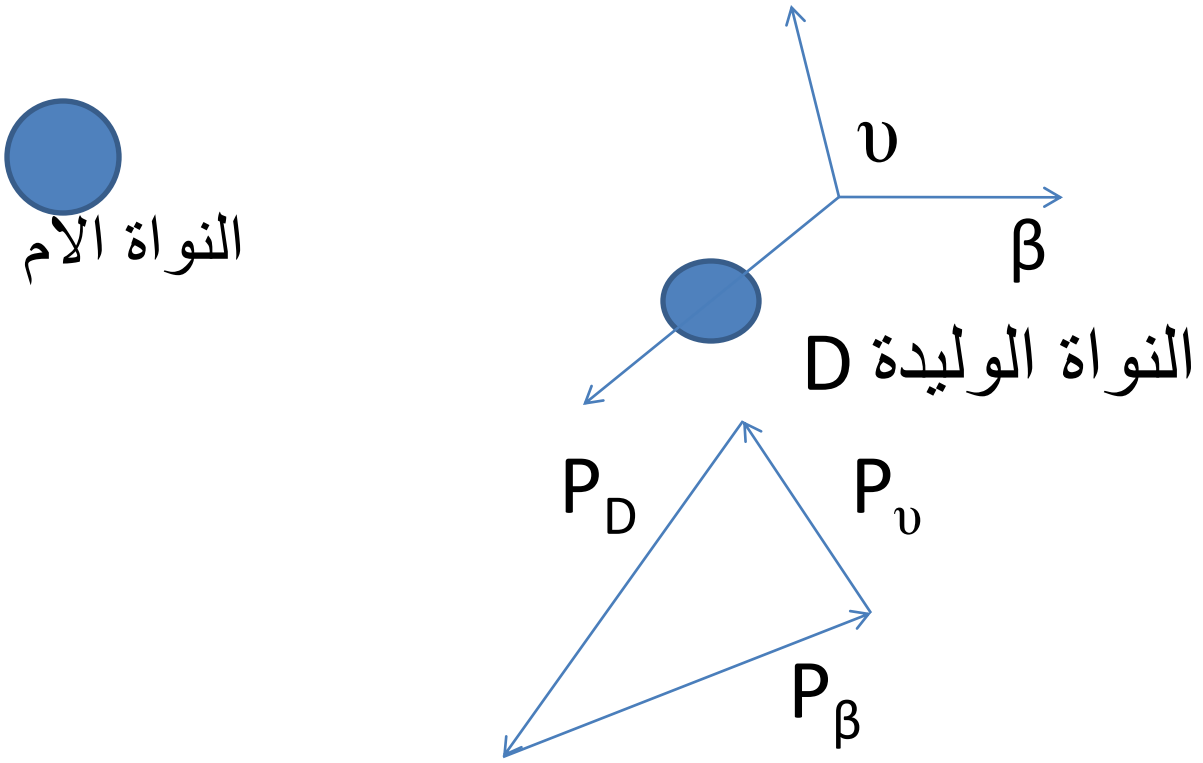
قبل للاضمحلال	بعد الاضمحلال
عدد A نيوكليون (النواة الام)	لايزال هناك عدد A نيوكليون (النواة الوليدة)+ جسيم β
الزخم الزاوي للمجموعة A = عدد صحيح (عدد صحيح)	الزخم الزاوي للمجموعة A = عدد صحيح +½ (نصف عدد صحيح)
الزخم الزاوي للمجموعة A = نصف عدد صحيح (نصف عدد صحيح)	الزخم الزاوي للمجموعة A = نصف عدد صحيح +½ (عدد صحيح)

طيف جسيمات β



افتراض النيوترينو υ

- حفظ الطاقة وتفسير الطيف المستمر لجسيمات β
- تحقيق قانون الزخم الزاوي
- **صفاته**
- جسيم يتقاسم الطاقة مع اشعة β
- غير مشحون
- كتلة سكونه = صفر
- يتفاعل بضعف مع المادة
- زخمه الزاوي = ½
- يوجد له جسيم مضاد
- يفرق بينهما من خلال برمهما υ يدور حول نفسه باتجاه عقارب الساعة



- مجموع الزخوم الخطية ممثلا بمثلث و مساويا للصفر

التحلل بانبعاث اشعة γ

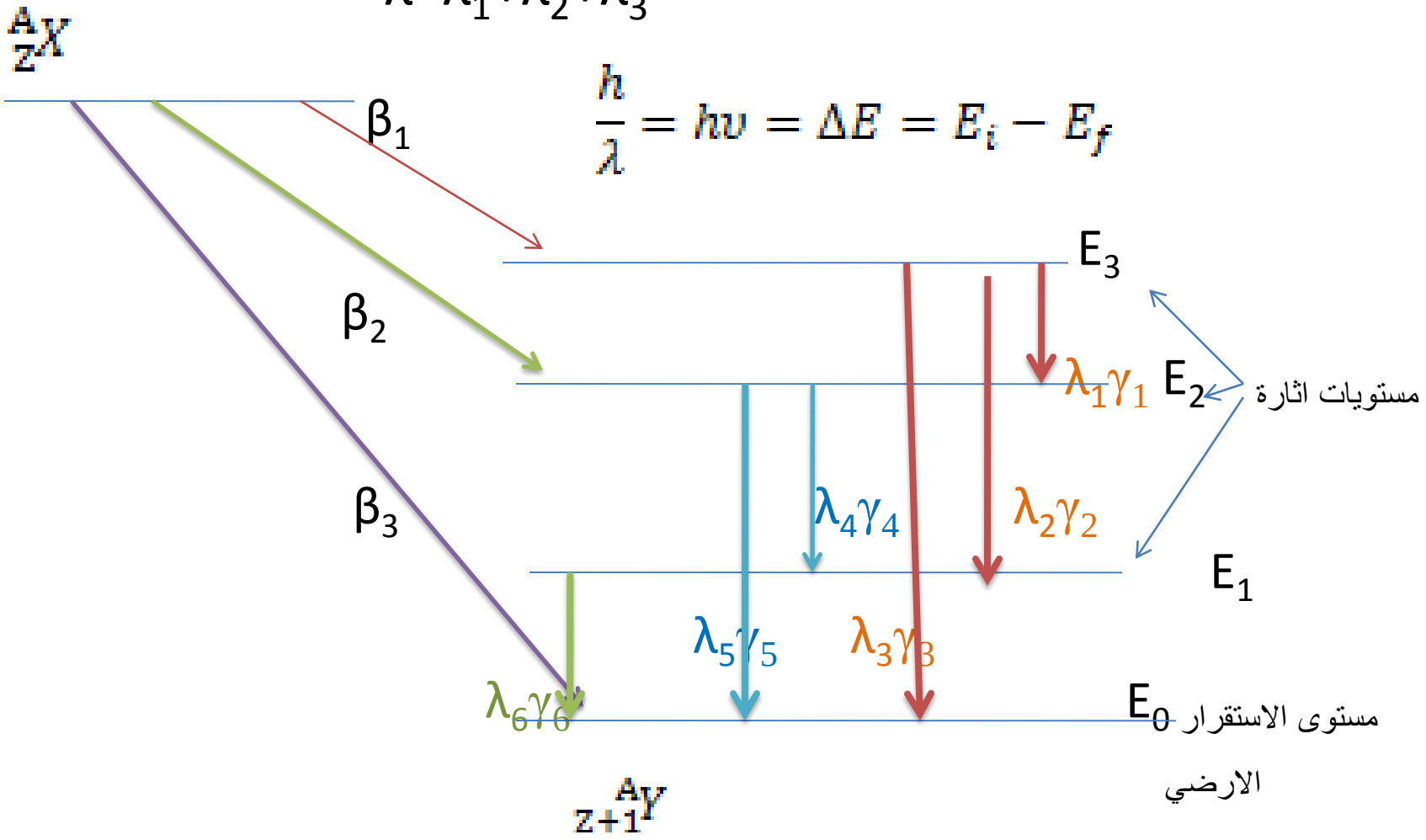
- **مميزاتها** :
- اشعة كهرومغناطيسية
- ليس لها شحنة ، وبالتالي لا تنحرف بالمجال المغناطيسي او الكهربي.
- وحدتها الفوتون(فوتون جاما)
- يعتمد طول موجتها (λ) على طاقة اثارة النواة التي تنطلق منها (النواة الام).و هي في حدود الفيرمي .
- لها قابلية اختراق كبيرة للمواد .
- تعتمد طاقة اشعة جاما على المستوى الذي تنتقل اليه النواة المنحلة نتيجة لبعثها α أو β.
- لكل فوتون طاقة معينة تحدد من العلاقة :
- $E=h\upsilon$
- حيث E طاقتها ، h ثابت بلانك ، υ ترددها

طرق انبعاث اشعة γ

1. انبعاث اشعة جاما
2. التحول الداخلي (النوى الثقيلة المثارة)

طيف اشعة جاما

- $\lambda=\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3$



التحول الداخلي

- في عملية التحول الداخلي تستطيع النواة ان تعطي طاقتها مباشرة الى الكترون مداري ، حيث يتفاعل المجال المغناطيسي للنواة مع الالكترونات الذرية مما ينتج عنه انتقال الطاقة من هذا المجال الى الالكترون المداري .
- وبالتالي تفقد النواة طاقتها التي تعطى الى الالكترون وينتج عن ذلك انطلاق الالكترون (K,L,..) الى الخارج بطاقة حركة T تساوي
- $T = E_{exc} - E_{B.E}$
- حيث
- E_{exc} طاقة اثارة النواة (طاقة اشعاع γ)
- $E_{B.E}$ طاقة ترابط الالكترون في مداره

- اذا خرج الالكترون من المدار K فانه يسمى الكترون تحول K ، واذا خرج من المدار L يسمى الكترون تحول L .. وهكذا
- يزداد احتمال انطلاق الالكترونات من المدارات الداخلية عنها للخارجية لقربها من النواة .
- ينافس التحول الداخلي انطلاق اشعة γ من النواة .
- غالبا ما يترافق التفاعلان معا ولكن كل منهما مستقل عن الآخر .
- ثابت الانحلال الكلي (λ_{Tot})

- $\lambda_{Tot} = \lambda + \lambda_e$

- λ ثابت الانحلال عن طريق اطلاق اشعاع γ
- λ_e ثابت الانحلال عن طريق التحول الداخلي

- $\lambda_e = \lambda_K + \lambda_L + \lambda_M + \ldots$

التحول الداخلي

- معامل التحول هو النسبة بين ثابت انحلال التحول الداخلي وثابت انحلال γ

$$\alpha = \frac{\lambda_e}{\lambda}$$

- اي انه النسبة بين معدل انطلاق الكترونات التحول الداخلي (او عددها N_e) ومعدل انطلاق اشعة γ (او عدد الفوتونات N_γ)

$$\alpha = \frac{N_e}{N_\gamma}$$

$$\alpha_K = \frac{\lambda_{eK}}{\lambda} = \frac{N_{eK}}{N_\gamma}$$

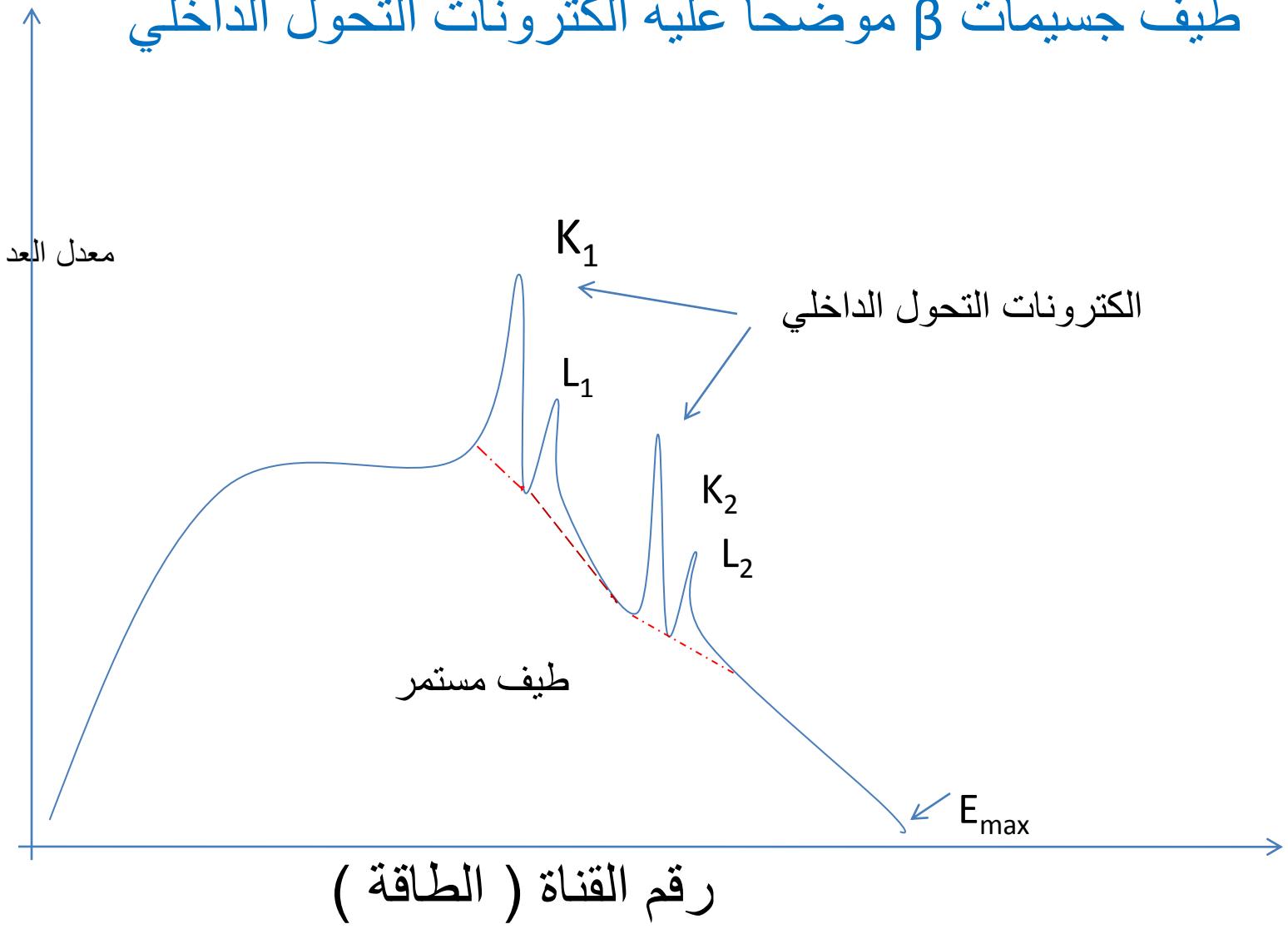
$$\alpha_l = \frac{N_{el}}{N_\gamma}$$

$$\alpha_M = \frac{N_{eM}}{N_\gamma}$$

- $\alpha = \alpha_k + \alpha_L + \alpha_M + ...$

- $h\upsilon_k = I_k - I_L$ (طاقة اشعة x الصادرة)

طيف جسيمات β موضحا عليه الكترونات التحول الداخلي



امتصاص اشعة جاما

- $dI \ \alpha -I\, dx$
- $dI = -\mu I\, dx$

$$\therefore \frac{dI}{I} = -\mu\, dx$$

- μ معامل الامتصاص الخطي

- بوضع الشروط $I=I_0$ عندما $x=0$

$$\int_{I_0}^{I} \frac{dI}{I} = -\mu \int_{0}^{x} dx$$

- $\ln I - \ln I_0 = -\mu x$

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\mu x$$

- $I = I_0\, e^{-\mu x}$

النماذج النووية
الصيغة التجريبية لنموذج قطرة السائل

- الفرضيات الاساسية للنموذج :
- تتكون النواة من مادة غير قابلة للانضغاط

- لا تعتمد القوى النووية على الشحنة الكهربية اي ان القوى النووية متساوية لجميع النيوكليونات

p-p=p-n=n-n

- القوى النووية تتشبع

اهمية النموذج :

- يستطيع هذا النموذج ان يفسر عملية الانشطار النووي
- حساب كتلة النواة
- تقدير نصف قطر النواة

النماذج النووية

الصيغة التجريبية نموذج قطرة السائل

- $B(A,Z)=aA - bA^{2/3} - \frac{CZ(Z-1)}{A^{1/3}} - \frac{d(N-Z)^2}{A} \pm \frac{e}{A} + \xi$

- الحد الاول يمثل الحجم
- الحد الثاني يمثل النيوكليونات الخارجية و يتناسب مع مساحة السطح $4\pi R^2$
- الحد الثالث يمثل طاقة كولوم
- الحد الرابع طاقة اللاتناظر
- الحد الخامس يمثل طاقة الازدواج
- الحد السادس يمثل تأثير القشرة
- **الاشارات السالبة للحدود تعني انها تعمل على انقاص طاقة الترابط**

الحد الاول حد الحجم (aA)

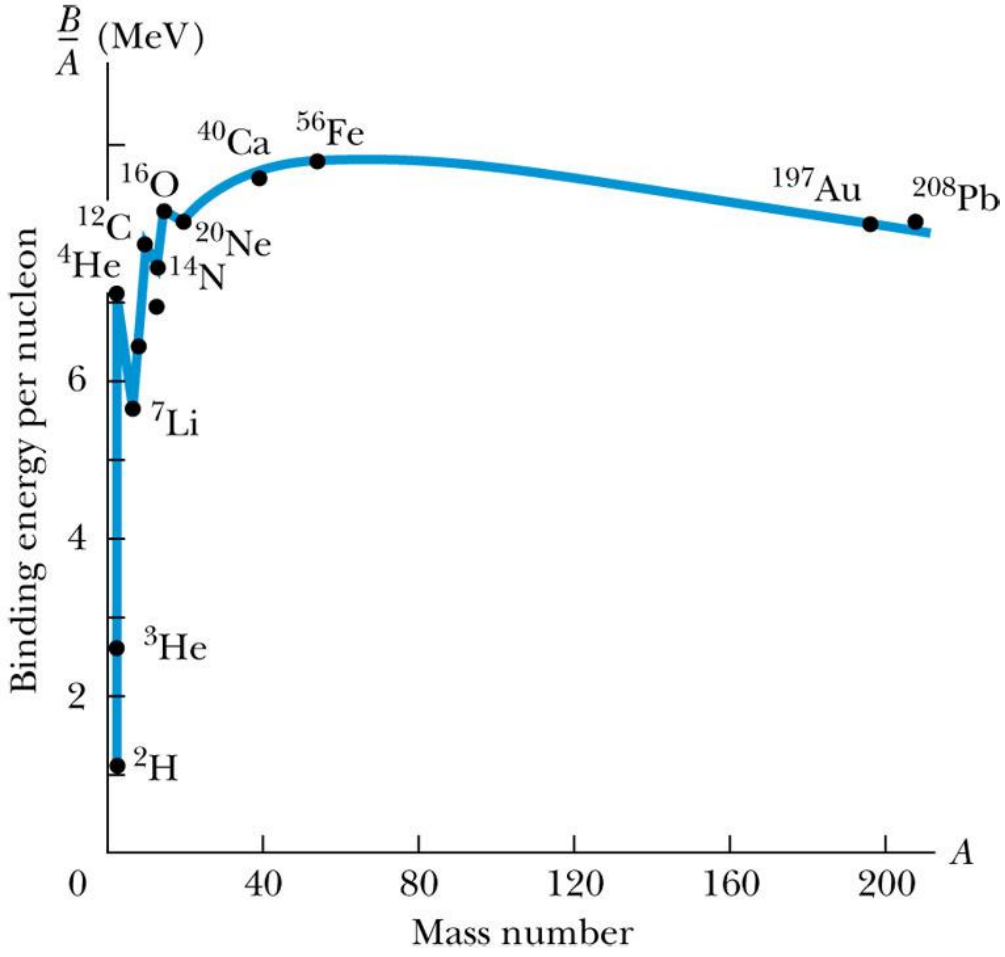
- القوى النووية تتشبع .

يتفاعل النيوكليون مع النيوكليونات التي حوله فقط

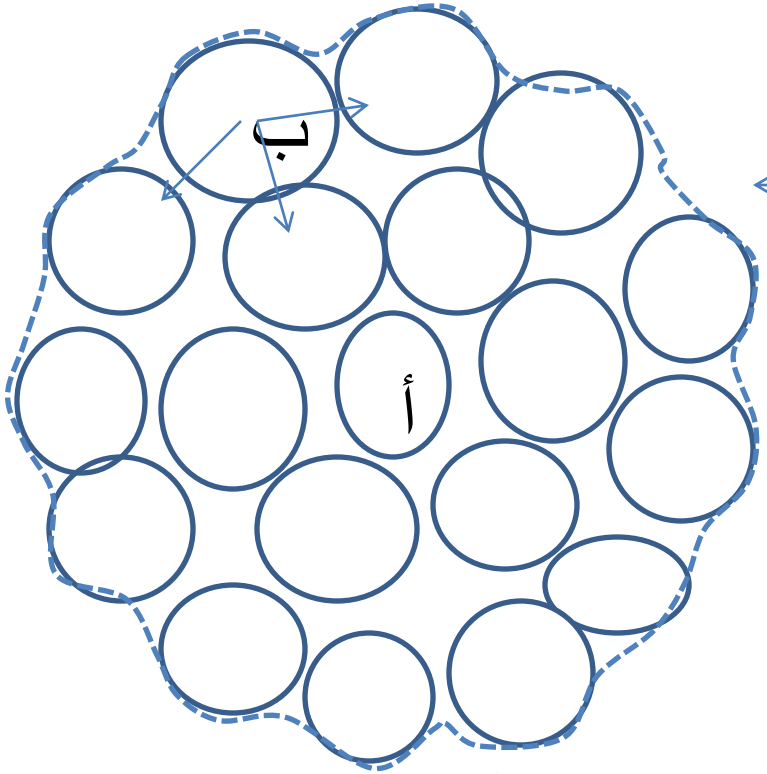
طاقة الترابط تتناسب مع A

اي تزداد بزيادة A

اشارة هذا الحد موجبة و بالتالي يمثل طاقة الترابط النووي الكلية للنواة .


$\frac{B}{A}$ (MeV)
Binding energy per nucleon
6
4
2
0
^{2}H
^{3}He
^{4}He
^{7}Li
^{12}C
^{14}N
^{16}O
^{20}Ne
^{40}Ca
^{56}Fe
^{197}Au
^{208}Pb
40
80
120
160
200
A
Mass number

الحد الثاني $b\,A^{2/3}$- حد التوتر السطحي



- غشاء التوتر السطحي

$E_s = sk$

$= 4\pi R^2 k$

$= 4\pi\, k(r_o A^{1/3})^2$

$= (4\,\pi\, k\, r_o^2)\, A^{2/3}$

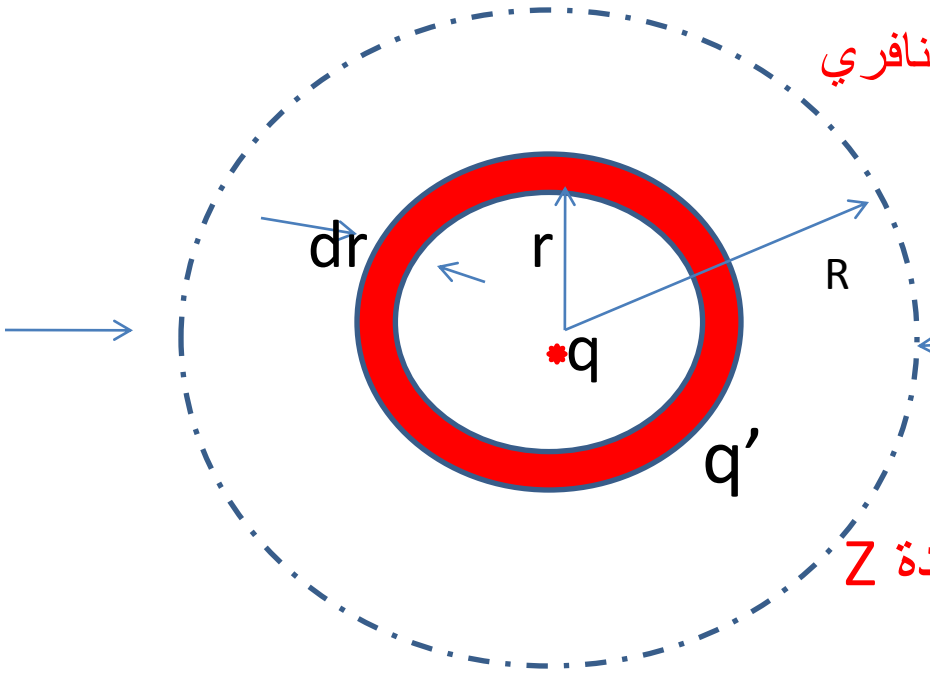
$= b\, A^{2/3}$

للنواة $b=17.8MeV$, $k = 1.5x10^{17}\ N/m$

هل يمكن تفسير النقص الكبير في طاقة الترابط النووي/نيوكليون عند عدد الكتلة الصغير؟

الحد الثالث تأثير كولوم

$$\frac{CZ(Z-1)}{A^{1/3}}$$



- هذا الحد يمثل التأثيرالكهروستاتيكي التنافري بين البروتونات .
- القوى الكهربية طويلة المدى

اي بروتون يتنافر مع جميع البروتونات داخل النواة .

- تزداد قوة التنافر الكولومي بزيادة Z للنواة و بالتالي بزيادة A ،

ومن ثم تنخفض طاقة الترابط النووي كلما زادتA (شكل طاقة الترابط)

- يمكن حسابها بين البروتونات :

1. بفرض ان النواة كرة مشحونة بانتظام بشحنة قدرها Ze
2. تعطى كثافة الشحنة σ

$$\text{كثافة الشحنة} = \frac{\text{الشحنة}}{\text{الحجم}}$$

$$\sigma = \frac{Ze}{\frac{4}{3}\pi R^3}$$

3. هناك شريحة سمكها dr تقع على بعد r من مركز النواة وتقع خارج كرية نصف قطرها r
4. تحوي هذه الكرية شحنة قدرها $q = \frac{4}{3}\pi r^3 \sigma$ عند مركز النواة
5. الشريحة تحمل شحنة قدرها $q' = 4\pi r^2 dr\sigma$
6. الطاقة الكهربية الناتجة = $\int \frac{1}{\text{المسافة بينهما}} * \text{الثانية الشحنة} * \text{الاولى الشحنة}$

$$E = \int_0^R \frac{4}{3}\pi r^3 \sigma . 4\pi r^2 \sigma \frac{dr}{r}$$

$$E = \frac{16}{15}\pi^2 \sigma^2 R^5$$

- بالتعويض عن قيمة σ

$$E = \frac{3}{5}\frac{Z^2 e^2}{R}$$

- هذا التعبير يحوي كمية زائدة ، اذ اعتبرنا ان كل بروتون قد وزعت شحنته على السطح الكلي للنواة ؛ وهذا غير ممكن ← نحتاج الى تصحيح ؛
- تطرح قيمة الطاقة الذاتية للبروتون الواحد
-

$$E' = \frac{3}{5}\frac{e^2}{R} \qquad (Z = 1)$$

$$E' = \frac{3}{5} Z \frac{e^2}{R}$$

- التصحيح الناتج من جميع البروتونات

- وبالتالي طاقة كولوم المصححة

$$E_C = \frac{3}{5}\frac{Z^2 e^2}{R} - \frac{3}{5} Z \frac{e^2}{R}$$

- $$E_C = \frac{3}{5}\frac{e^2}{R} Z(Z-1) - \frac{CZ(Z-1)}{A^{1/3}}$$

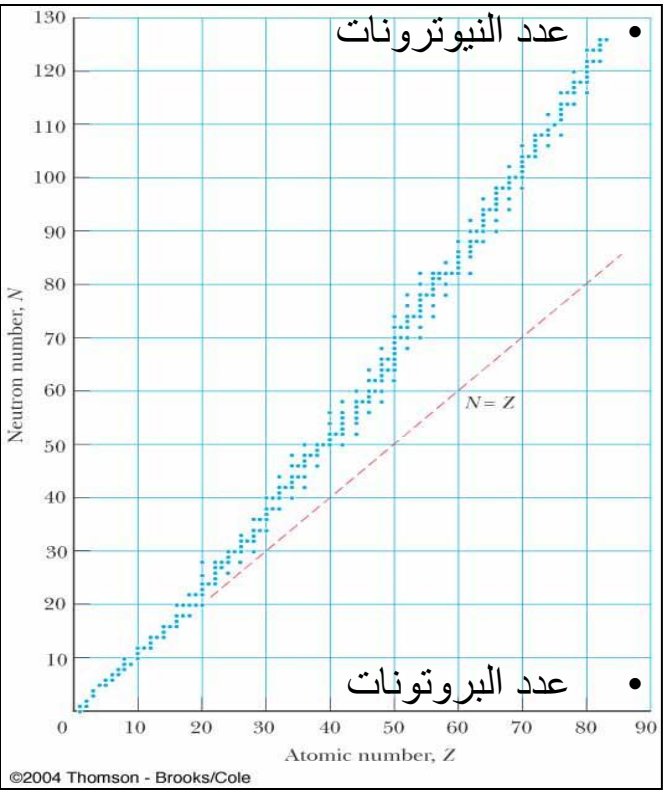
$$C = \frac{3}{5}\frac{e^2}{r_0}$$

- r_0 = (1.2-1.4) F , C (0.72-0.62) MeV
- اشارة الحد سالبة

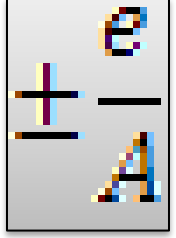
$$\frac{d(N-Z)^2}{A}$$

الحد الرابع حد التماثل

- يمثل هذا الحد العلاقة بين عدد البروتونات Z وعدد النيوترونات N في النواة
- الانوية المستقرة يتساوى عندها عددالبروتونات مع عدد النيترونات(الخفيفة A<40).



- A>40 يزداد عدد النيترونات عن عدد البروتونات (1.6)
- الانوية (زوجي - زوجي) مستقرة
- على يمين الخط غنية بالبروتونات ← تطلق β^+
- على يسار الخط غنية بالنيترونات تطلق→ β^-
- حد التماثل =0 عندما Z=N
- اشارة الحد سالبة
- في المقام تنقص قيمة الحد بزيادة A
- تأثير هذا الحد على طاقة الترابط النووي يتناسب عكسيا مع عدد الكتلة A



الحد الخامس حد التزاوج

- اكثر الانوية استقرار التي تحتوي على عدد زوجي من البروتونات أو النيترونات

نوع النواة	عدد الانوية
زوجي – زوجي	201
زوجي – فردي	69
فردي – زوجي	61
فردي – فردي	5

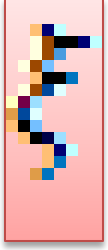
- تقترن الازواج المتشابهة من النيوكليونات

= 0 اذا كانت A فردية

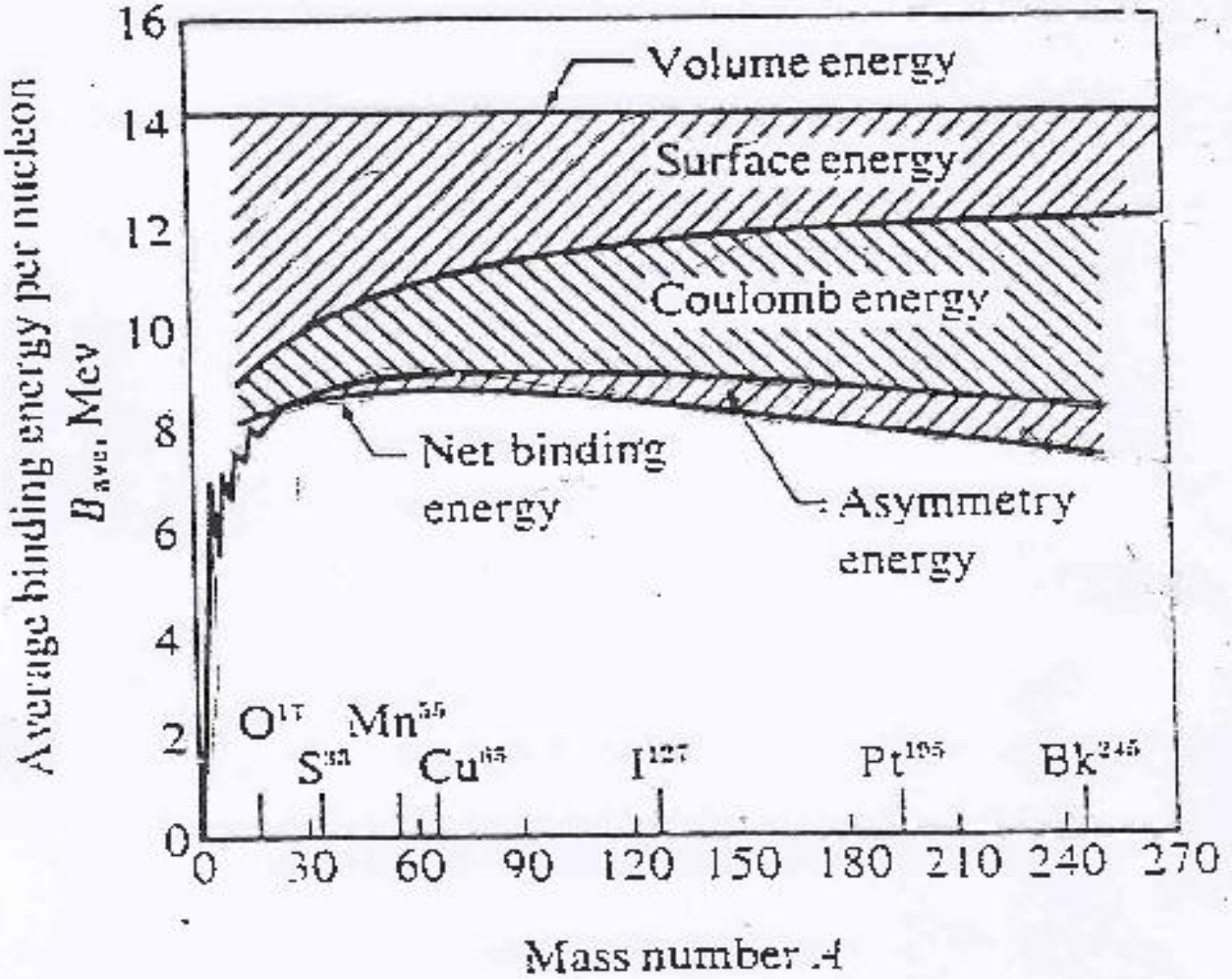
e = + اذا كانت A زوجية ، زوجي – زوجي(**زيادة طاقة الترابط**)

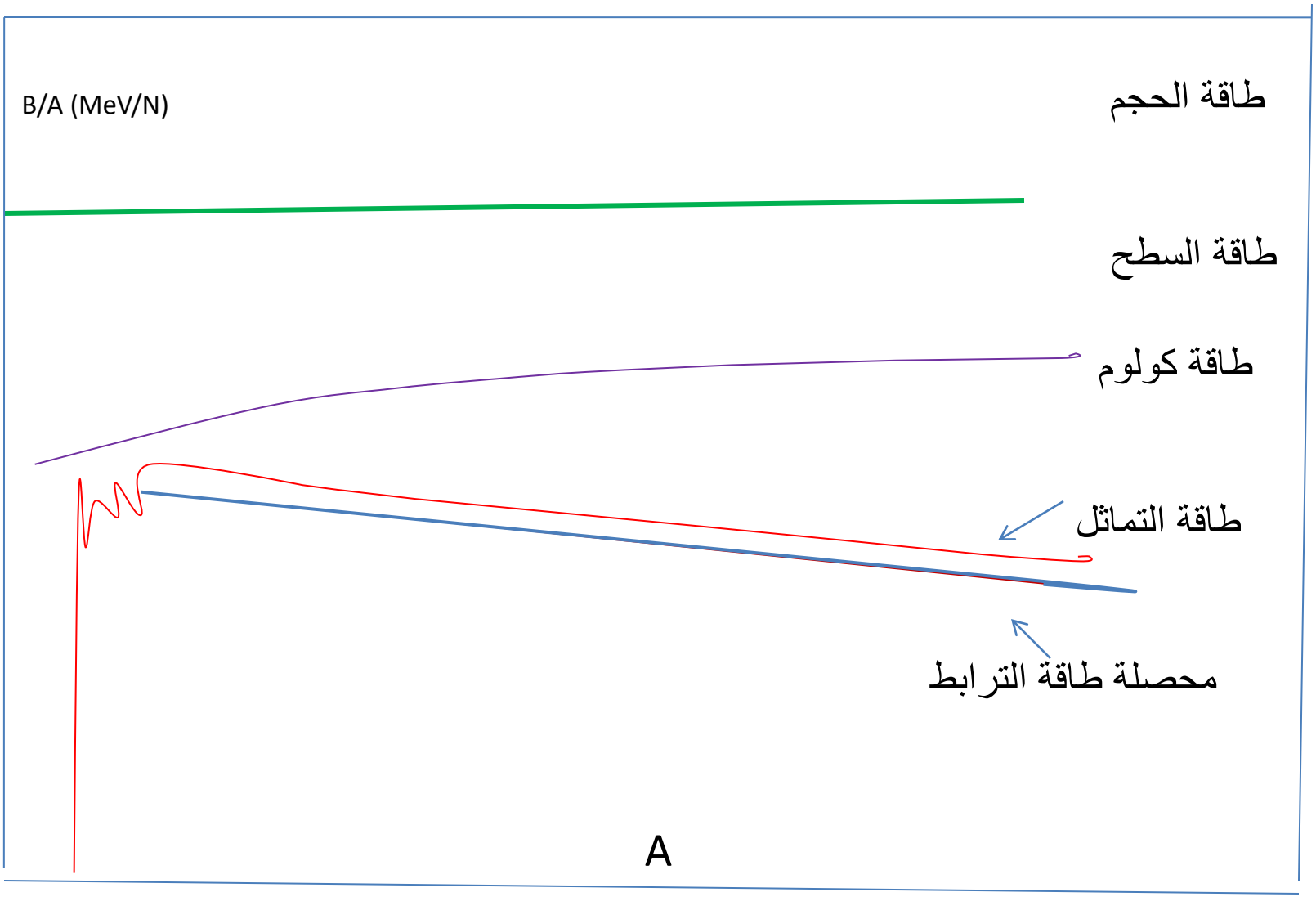
= - اذا كانت A زوجية ، فردي – فردي

الحد الاخير حد القشرة



- حد تصحيحي خاص بالاعداد السحرية
- عندما تقترب عدد البروتونات او النيترونات من الاعداد السحرية فان تصبح موجبة
- قيمتها صغيرة بمكن اهمالها .


Average binding energy per nucleon
B_{ave}, Mev
16
14
12
10
8
6
4
2
0
Volume energy
Surface energy
Coulomb energy
Net binding energy
Asymmetry energy
O^{17}
Mn^{55}
S^{33}
Cu^{65}
I^{127}
Pt^{195}
Bk^{245}
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
Mass number A


B/A (MeV/N)
طاقة الحجم
طاقة السطح
طاقة كولوم
طاقة التماثل
محصلة طاقة الترابط
A

نموذج غاز فيرمي

- يعالج هذا النموذج النواة من وجهة نظر احصائية ، كنظام من جسيمات تتحرك بحرية كما في حالة الغاز (وفق فروض نظرية الحركة في الغازات)
- تتحرك النيوكليونات في نطاق الجهد النووي .
- هناك فرق في شكل الجهد

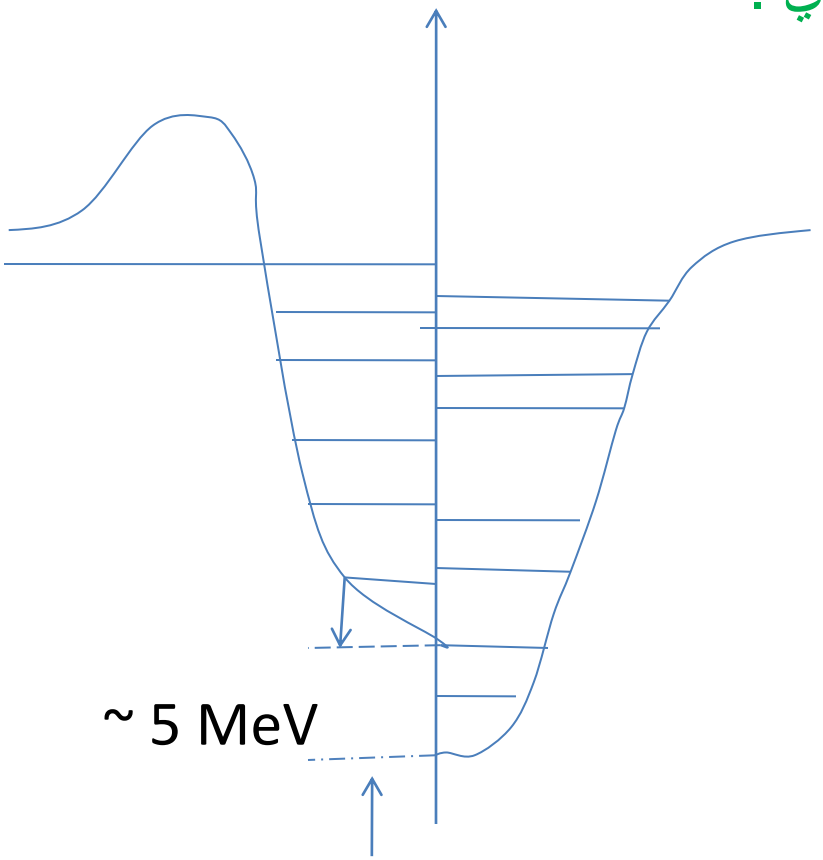
بالنسبة للبروتونات

والنيترونات

البروتون : حافة الجهد يحرسها

مرتفع(حاجز كولوم)

النيترون : الحافة مستوية



- يعطي معلومات مفيدة عن الانوية عند مستويات اثارة عالية
- يغفل الخصائص الدورانية والانعكاسية للانوية
- القوى بين النيوكليونات معدومة
- تبدأ النيوكليونات في ملء مستويات الطاقة في البئر من الاسفل حتى يمتليء ثم الى الاعلى .. وهكذا (لا توجد فراغات في المستويات وفق مبدأ باولي)
- اعلى مستوى يدعى بمستوى فيرمي E_f
- امتلاء جميع مستويات الطاقة من النواة ، في **حالة استقرارها الدنيا** و تمثل النواة في هذه الحالة غازا عند درجة الصفر المطلق
- **في حالة اثارتها :**النيوكليونات تبدأ في احتلال مستويات طاقة اعلى من مستوى فيرمي ، اي ان درجة حرارة النواة اكبر من الصفر المطلق
- **درجة حرارة النواة هي مقياس لعدد النيوكليونات المتواجدة اعلى من مستوى فيرمي**
- تقل المسافة الفاصلة بين كل مستوى والذي يليه عندما تزداد الطاقة

النموذج القشري

- فشل نموذج قطرة السائل في تفسير :
- السبب في استقرار النوى
- ماهية القوة النووية التي تربط بين النيوكليونات داخل النواة
- **الذرة**
- توزع الالكترونات في المدارات حسب $2n^2$ حيث .... n =1,2,
- الاعداد السحرية الذرية Z = 2, 10, 18, 36 , 54
- He ,Ne ,Ar ,Kr ,Ze
- **النواة**
- تكون النواة مستقرة عندما

- N=2,8,20,28,50,82,126
- Z=2,8,20,28,50,82

- الاعداد السحرية النووية:
- التركيب القشري او تركيب المستويات :
- تكون فيها الانوية عالية الاستقرار عندما يكون عدد البروتونات **أو** عدد النيترونات من الاعداد السحرية

- الزخم الزاوي الكلي للنواة j يتكون من :
- البرم النووي للبروتونات s =½ħ
- البرم النووي للنيترونات s =½ħ
- الزخم الزاوي المداري للنويات نتيجة حركتها في النواة l .

اقترحت فكرة القشور النووية

الحقائق التجريبية :

1 . العناصر المحتوية على اعداد سحرية لها نظائر بروتونية (ايزوتوب)و نيترونية (ايزوتون) كثيرة نسبة الى العناصر المجاورة لها في الجدول الدوري

ايزتون:
- Sn Z=50 له 10 نظائر مستقرة
- In Z=49 له 2 نظير مستقر
- Sb Z=51 له 2 نظير مستقر

- N=20 له 5 نظائر مستقرة
- N=19 لا يوجد له نظير مستقر
- N=21 له نظير واحد مستقر

2. طاقة الانفصال النيتروني عالية للنوى التي فيها عدد النيترونات (N) سحري

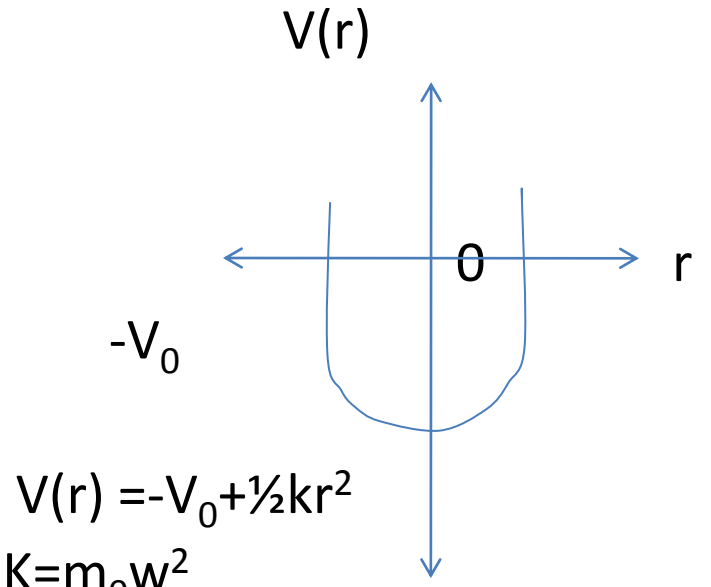
3. النوى السحرية تحتاج الى طاقة اكبر لاستثارتها من اي نواة عادية .

4. المقطع العرضي(احتمالية حدوث تفاعل نووي) للاسر الالكتروني صغير بالنسبة للانوية السحرية.لان المستويات مغلقة اي عدم وجود فراغات .

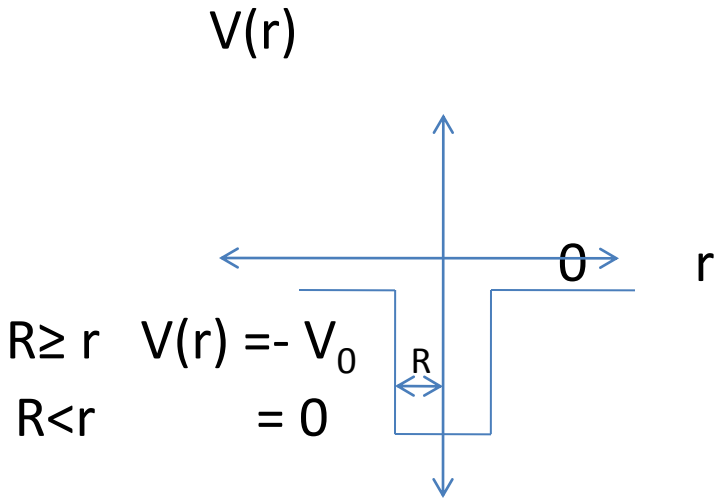
نظرية نموذج القشرة

- يعتمد النموذج على **فرضيتين اساسيتين** (مهما كان شكل الجهد أو القوة النووية ، فهي قوة جذب قوية وتأثيرها (مداها) قصير)

1. كل نوية تتحرك بطلاقة و حرية في مجال القوة المعبر عنه بالجهد
2. تطبيق مبدأ الاستبعاد(الانتقاء) لباولي



جهد المتذبذب التوافقي



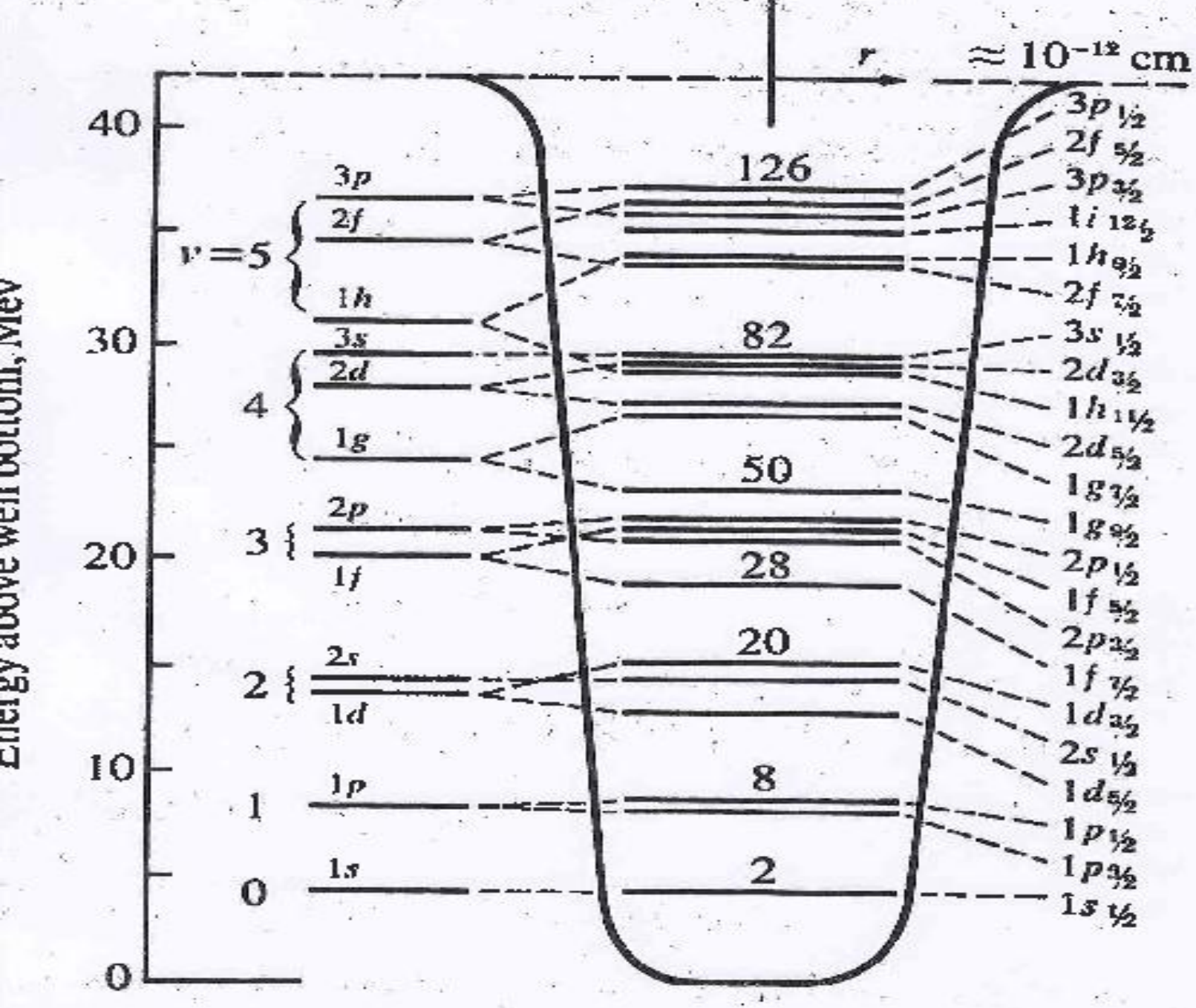
جهد البئر المربع (نواة كروية)

- وذلك بحل معادلة شرودنجر و اخذ الجزء القطري و الذي يتعلق بالجهد

$$\frac{d^2}{dr^2}(rR)+\frac{2M}{\hbar^2}\left[E-V(r)-\frac{l(l+1)\hbar^2}{2Mr^2}\right](rR)=0$$

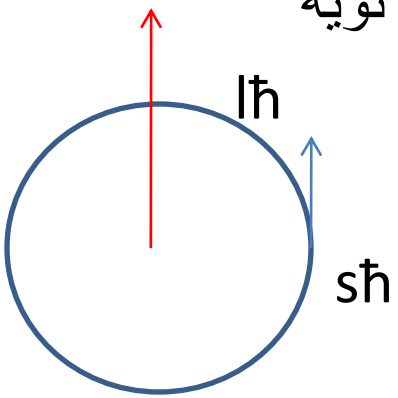
- **الذرية**
- تعرف الحالة ب n , l , s , j
- **النووية**
- تعرف الحالة n , l

- l=0,1,2,3,4,5
- s,p,d,f,g,h
- 2p
- n=2 l=1

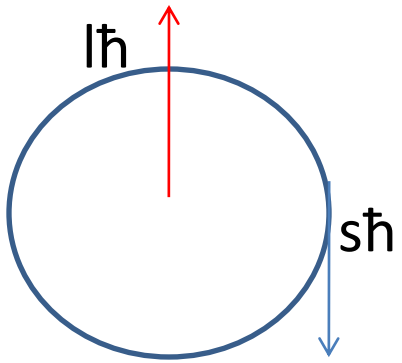

Energy above well bottom, Mev
r
≈ 10⁻¹² cm
40
30
20
10
0
v = 5
4
3
2
1
0
3p
2f
1h
3s
2d
1g
2p
1f
2s
1d
1p
1s
126
82
50
28
20
8
2
3p ½
2f 5/2
3p 3/2
1i 13/2
1h 9/2
2f 7/2
3s ½
2d 3/2
1h 11/2
2d 5/2
1g 7/2
1g 9/2
2p ½
1f 5/2
2p 3/2
1f 7/2
1d 3/2
2s ½
1d 5/2
1p ½
1p 3/2
1s ½

نموذج البرم – المداري الازدواجي

- الازدواج القوي او التعامل الشديد بين
- زخم البرم الزاوي l و الزخم الزاوي S المداري لكل نوية



j=l+½



j=l-½

$2p_{½}=2p_{1-½}$

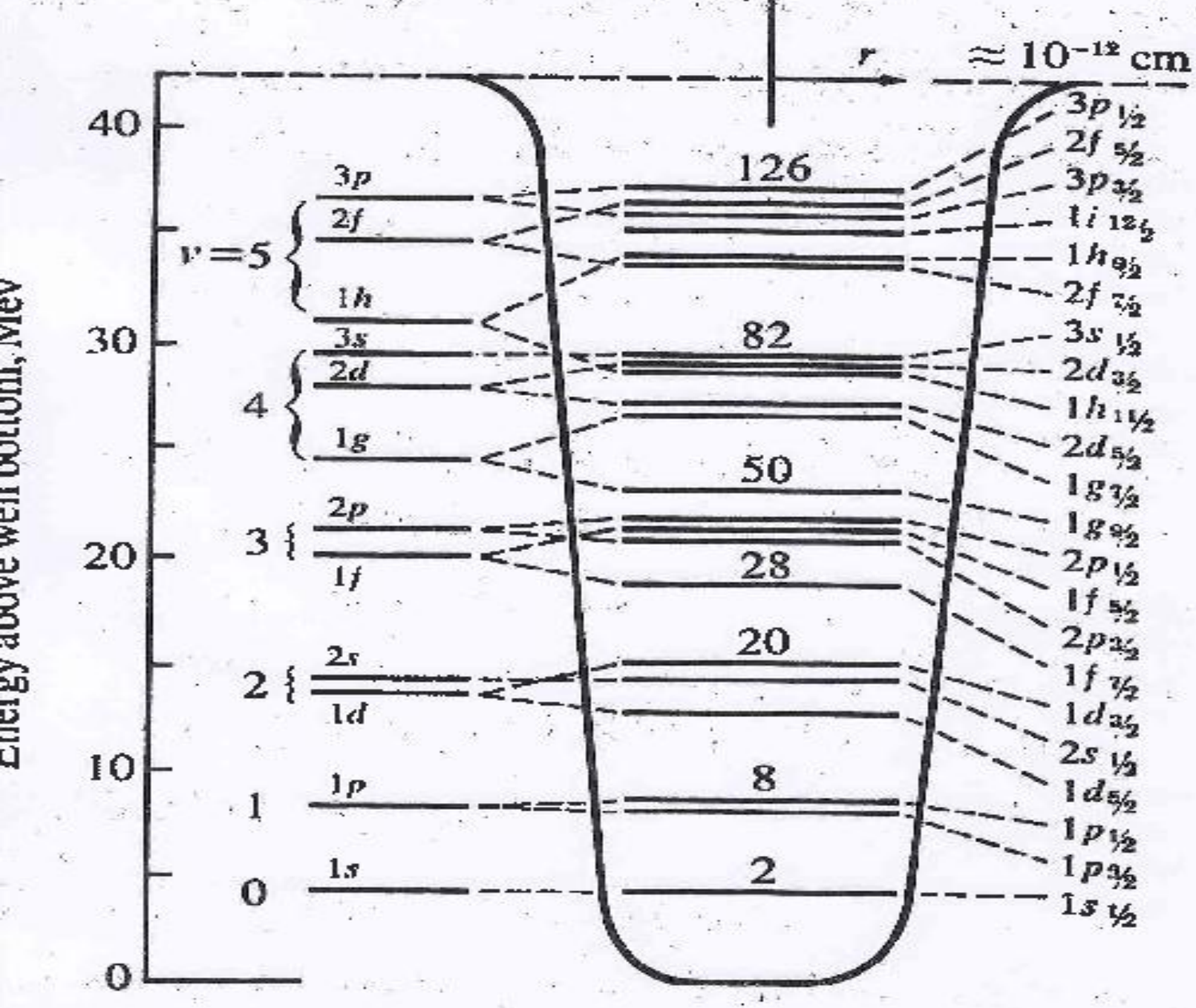
الحالة 2p

$2p_{3/2}=2p_{1+½}$

nl_j

اي انه يحدث انقسام المستوى الى مستويين فرعيين

ومنه امكن استنتاج الاعداد السحرية


Energy above well bottom, Mev
r
≈ 10⁻¹² cm
40
30
20
10
0
v = 5
4
3
2
1
0
3p
2f
1h
3s
2d
1g
2p
1f
2s
1d
1p
1s
126
82
50
28
20
8
2
3p ½
2f 5/2
3p 3/2
1i 13/2
1h 9/2
2f 7/2
3s ½
2d 3/2
1h 11/2
2d 5/2
1g 7/2
1g 9/2
2p ½
1f 5/2
2p 3/2
1f 7/2
1d 3/2
2s ½
1d 5/2
1p ½
1p 3/2
1s ½

- يمكن تقدير قيمة p , j (الندية) لكل نواة في الحالة الارضية وذلك باعتبار الفرضين:
- 1. المستويات المملوءة

يجمع العزم المداري الزاوي $\bar{l}$ وبرم العزم الزاوي $\bar{s}$ بحيث العزم الزاوي الكلي $\bar{j}$ يساوي صفر

$$\Sigma\ \bar{j}=0$$

- 2.المستويات غير المملوءة :
- تشكل النويات المتماثلة ازواجا
- من ذلك نحصل على القاعدتين :

- **القاعدة الاولى :**
- العزم الزاوي الكلي لاي نواة في الحالة الارضية
- 1.النواة زوجي – زوجي
- فان العزم الزاوي الكلي = صفر

$\Sigma j_p=0$ $\Sigma j_n=0$

J_n ، j_p العزم الزاوي الكلي للنيترونات و البروتونات على الترتيب

القاعدة الثانية

أ. نيترونات زوجية

بروتونات فردية

$$\Sigma j_n = 0$$

العزم الزاوي الكلي للنواة يعتمد على آخر بروتون فردي j_p

- ب . بروتونات زوجية
- نيترونات فردية
- $\Sigma j_n = 0$

اي ان برم النواة يعتمد على آخر نيترون فيها J_n

ج .بروتونات فردية

نيترونات فردية

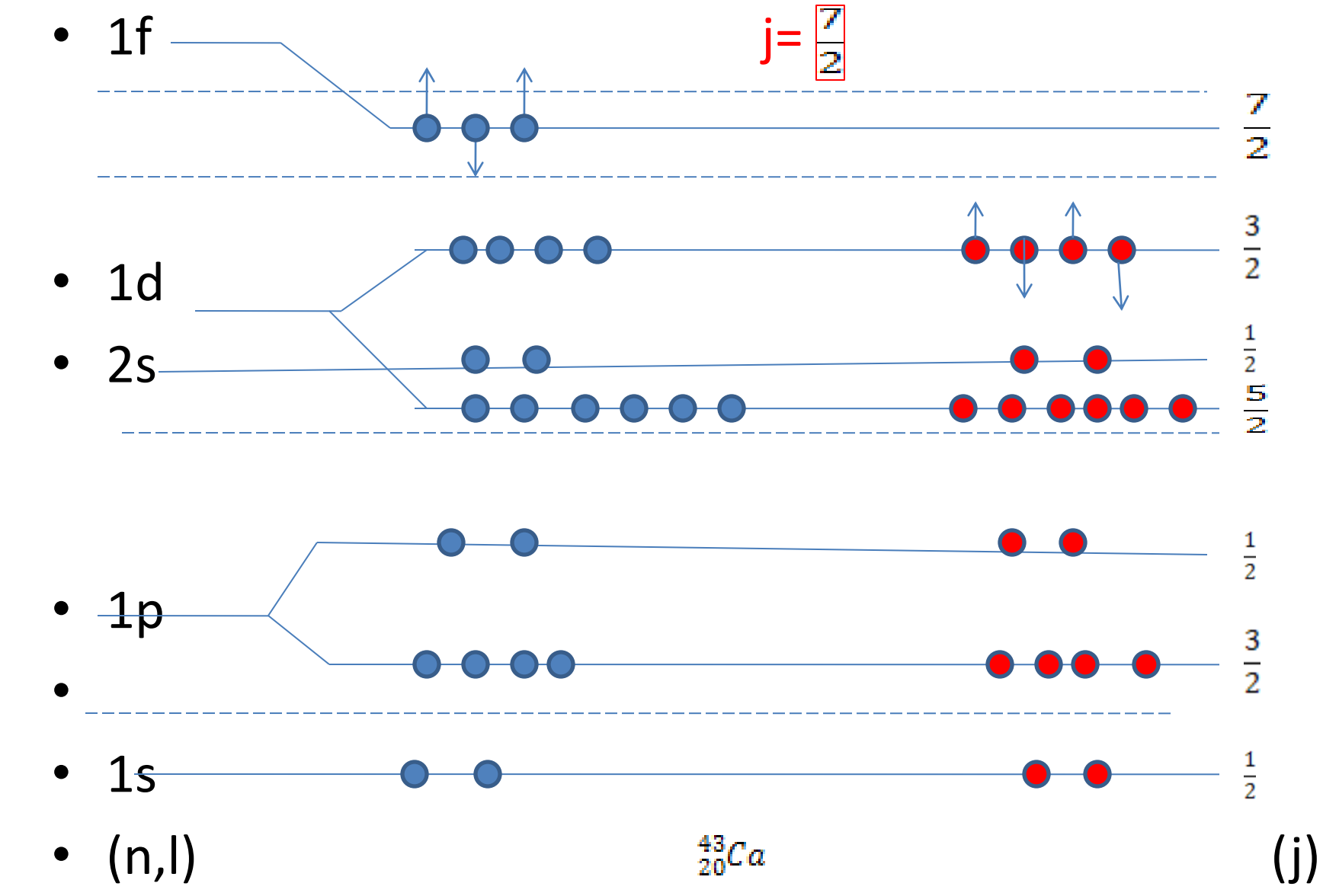
$\Sigma j_p \neq 0$ $\Sigma j_n \neq 0$

$|j_n - j_p| \rightarrow j_n + j_p$

تحسب الندية (التماثل) من $P=(-1)^l$

- عدد النيوكليونات في كل مستوى حسب القاعدة (2j+1)

- وضحي شكل مستويات الطاقة لنواة عنصر الكالسيوم $^{43}_{20}Ca$ و توزيع النويات فيها وبرم النواة وتماثلها في الحالة الاستقرار(الارضية)
- وفي حالة الاثارة
- **الحل**
- تحتوي نواة الكالسيوم على 20 بروتون (زوجي)
- وعلى 43-20 =23 نيترون (فردي)
- تملأ المستويات بالبروتونات و النيترونات حسب المعادلة (2j+1)
- في المستويات المملوؤة تكون فيمة البرم كما يلي
- $\Sigma j_p=0$ $\Sigma j_n=0$
- الحالة الارضية لنواة الكالسيوم تحسب من برم اخر بروتون او نيترون منفرد فيها


1f
j= 7/2
1d
2s
1p
1s
(n,l)
$^{43}_{20}Ca$
(j)
7/2
3/2
1/2
5/2
1/2
3/2
1/2

j= $\frac{7}{2}$

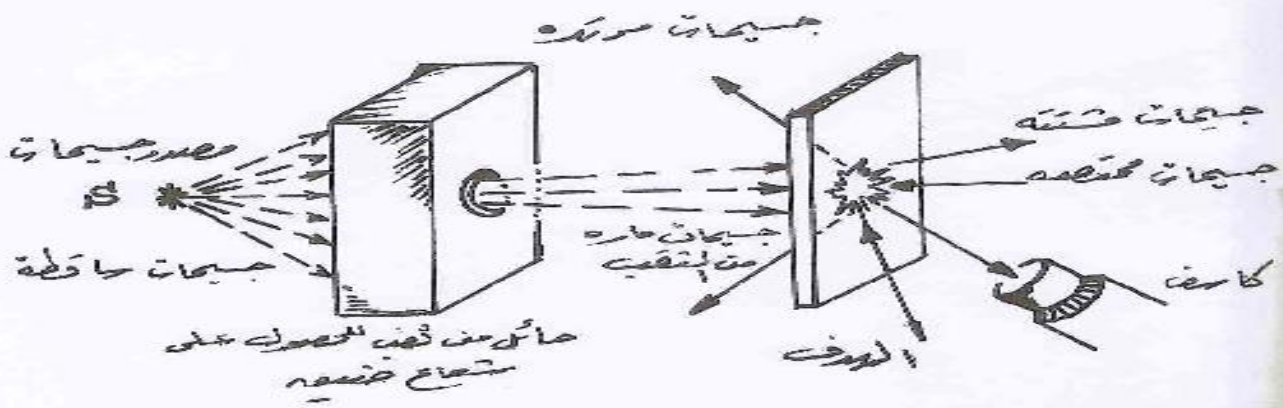
P= $(-1)^{l} = (-1)^{3} = -$

J= $(\frac{7}{2})^{-}$

النموذج الشامل

- استطاع النموذج القشري استنتاج الاعداد السحرية ، والعزوم الزاوية .
- فشل في تفسير الظواهر النووية المتعلقة بالعزوم الكهربية الرباعية
- الانوية البعيدة عن القشرة المقفلة تتمتع بعزم كهربي رباعي كبير وهذا يعني ان هذه الانوية غير كروية.

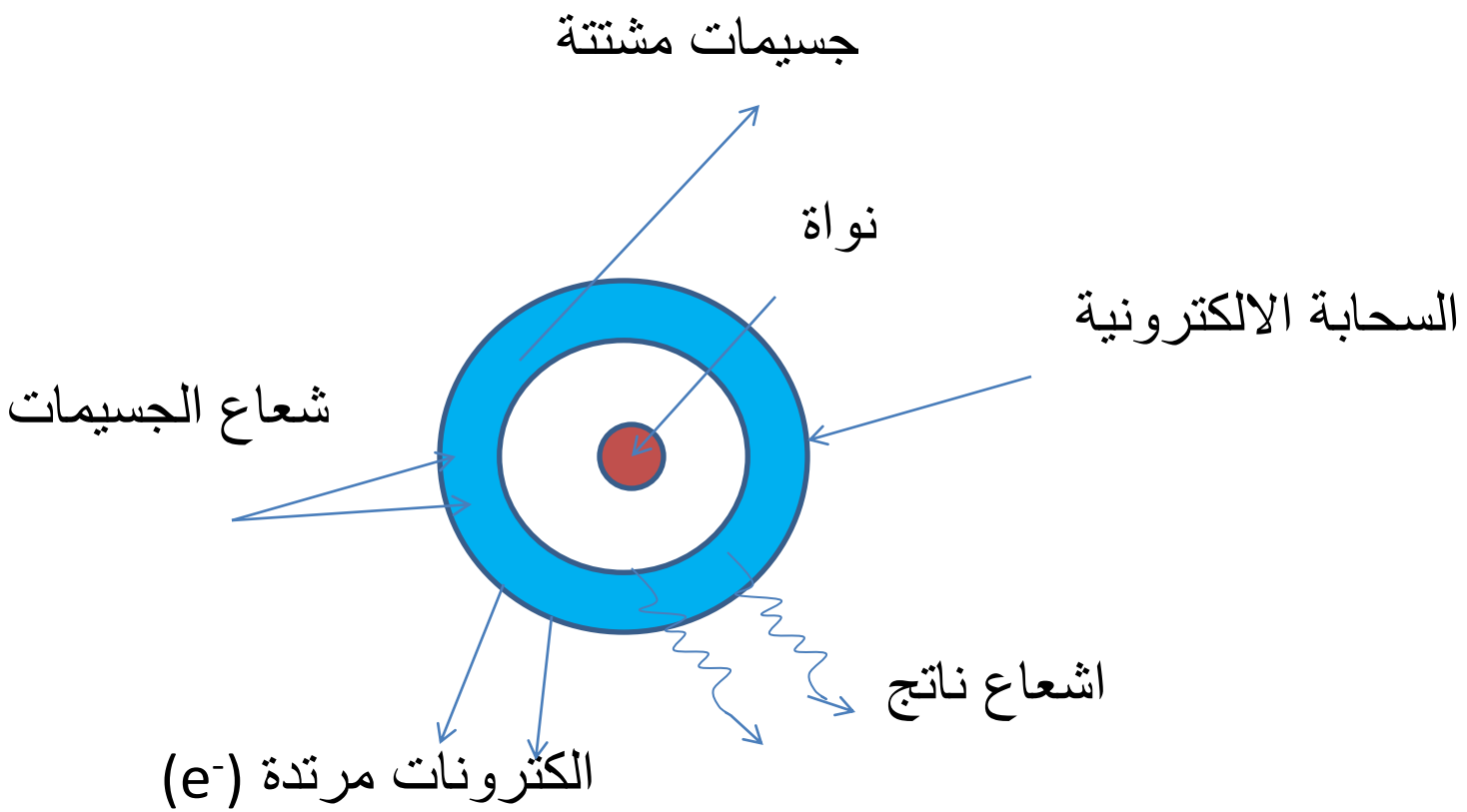
التفاعلات النووية



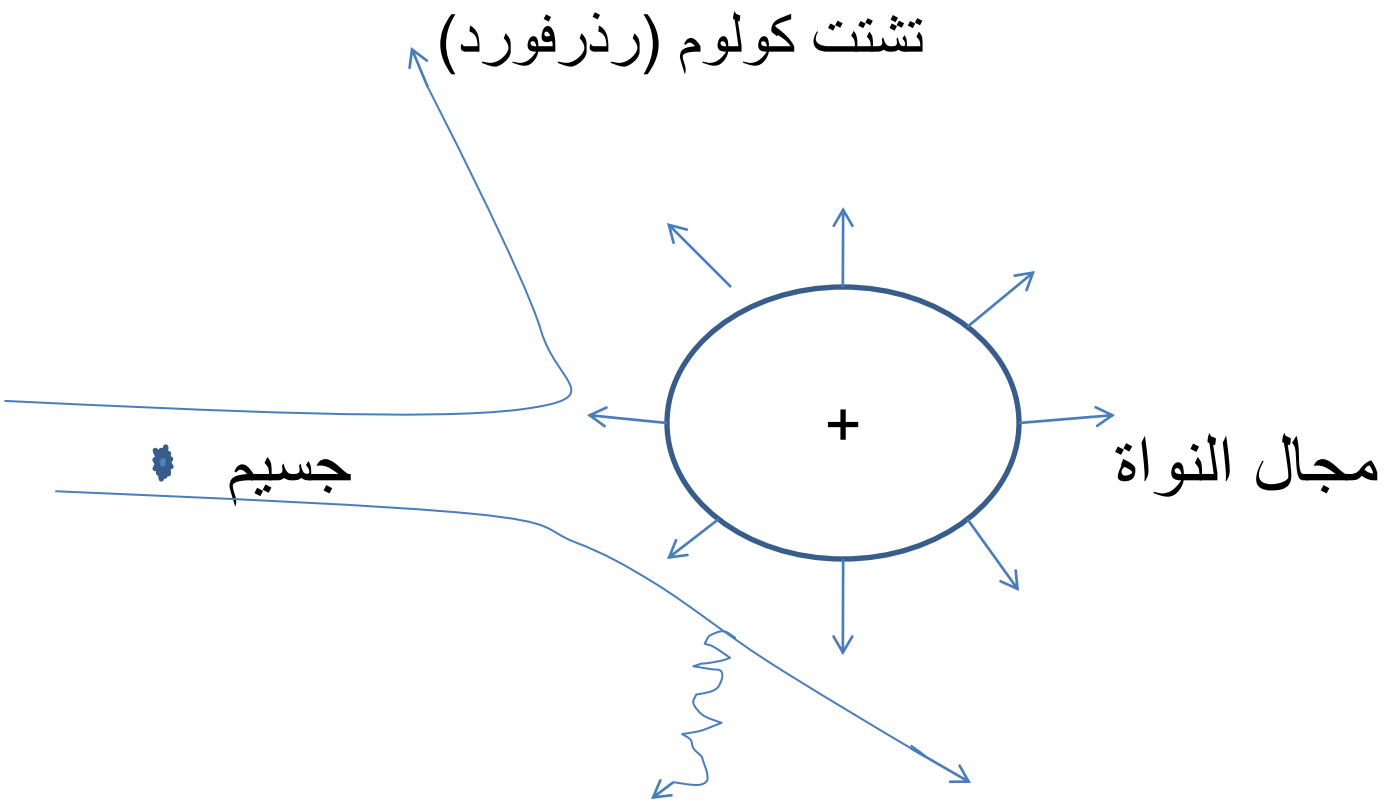
الشكل (1.7) تصادم شعاع من الجسيمات مع شريحة من مادة ما .

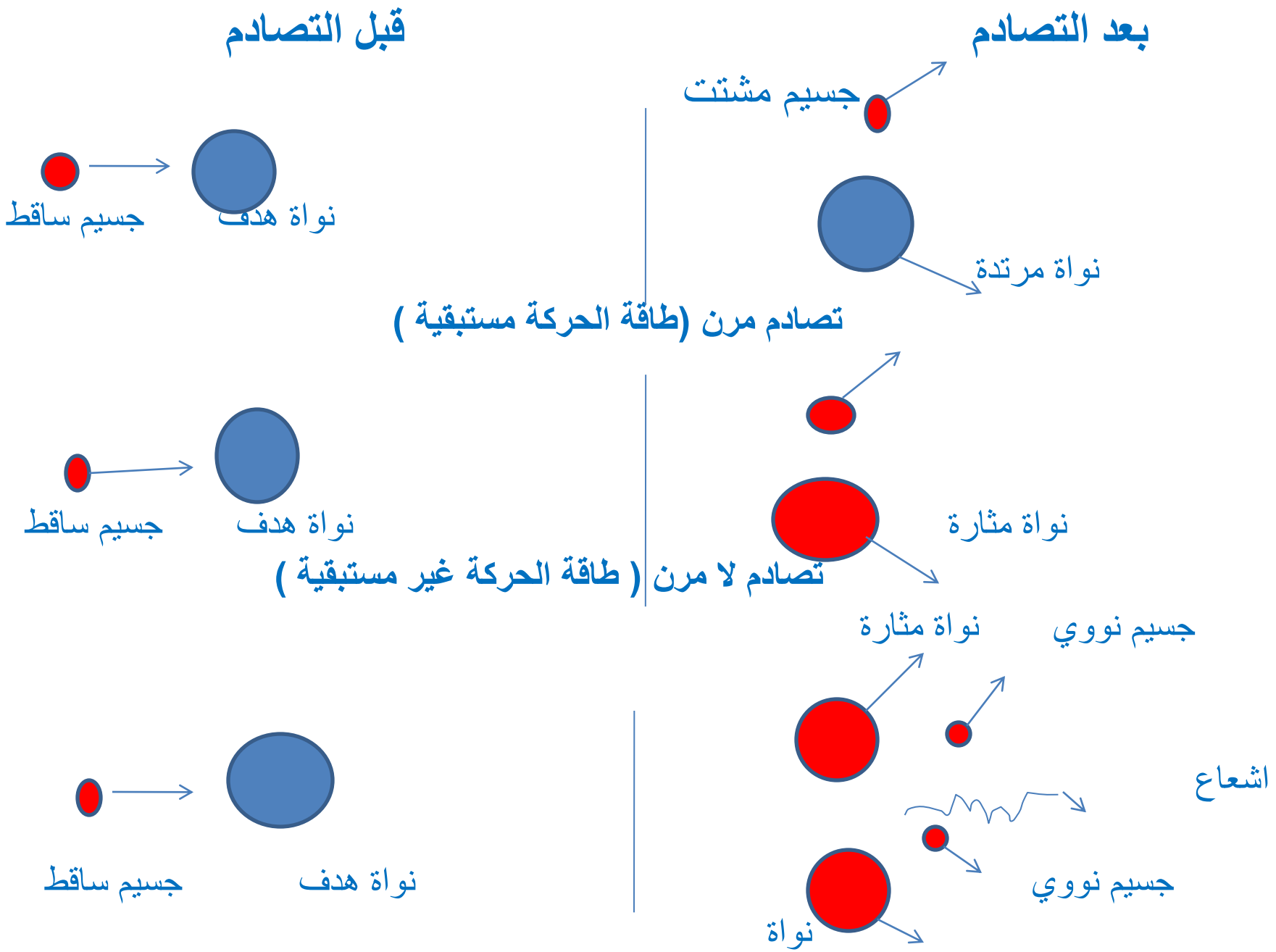
- اذا كانت الجسيمات مشحونة:

1. تتفاعل مع سحابة الالكترونات حول النواة



- قد تصل بعض الجسيمات الى مجال النواة وينتج عدة امور منها:

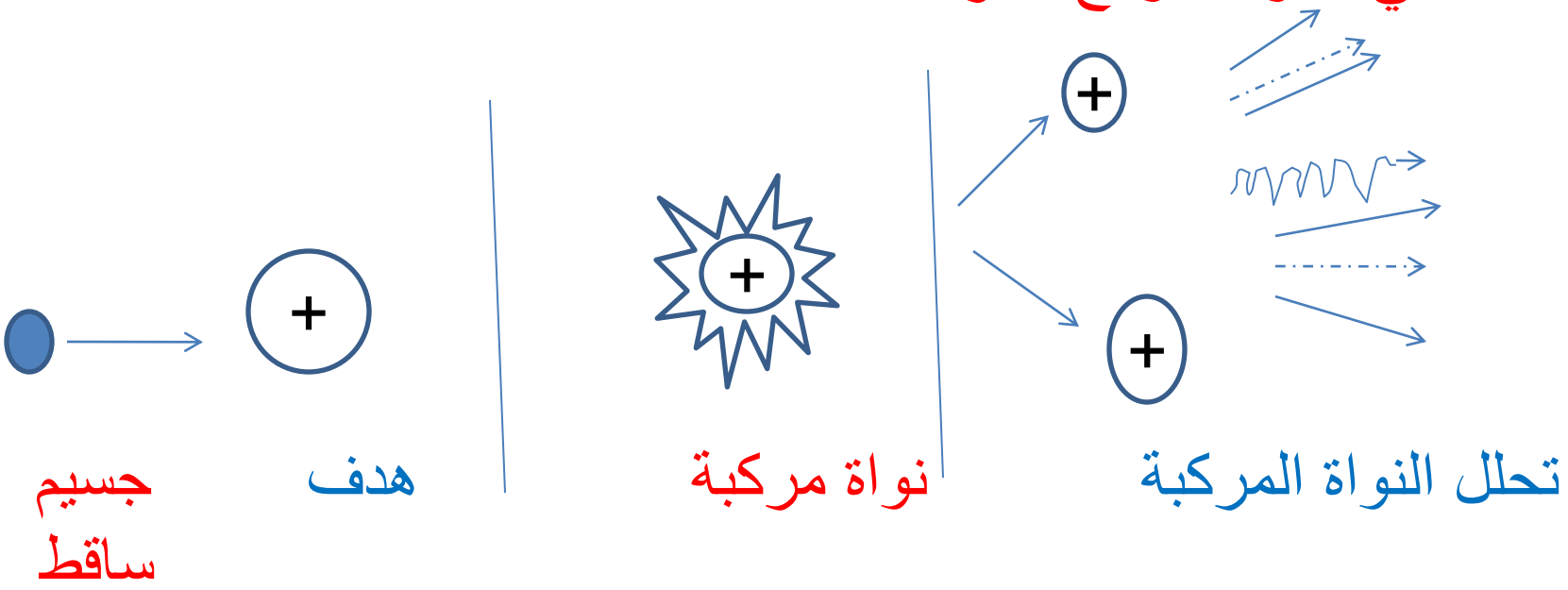



قبل التصادم
بعد التصادم
جسيم ساقط
نواة هدف
جسيم مشتت
نواة مرتدة
تصادم مرن (طاقة الحركة مستبقية)
جسيم ساقط
نواة هدف
نواة مثارة
تصادم لا مرن (طاقة الحركة غير مستبقية)
نواة مثارة
جسيم نووي
جسيم ساقط
نواة هدف
اشعاع
جسيم نووي
نواة

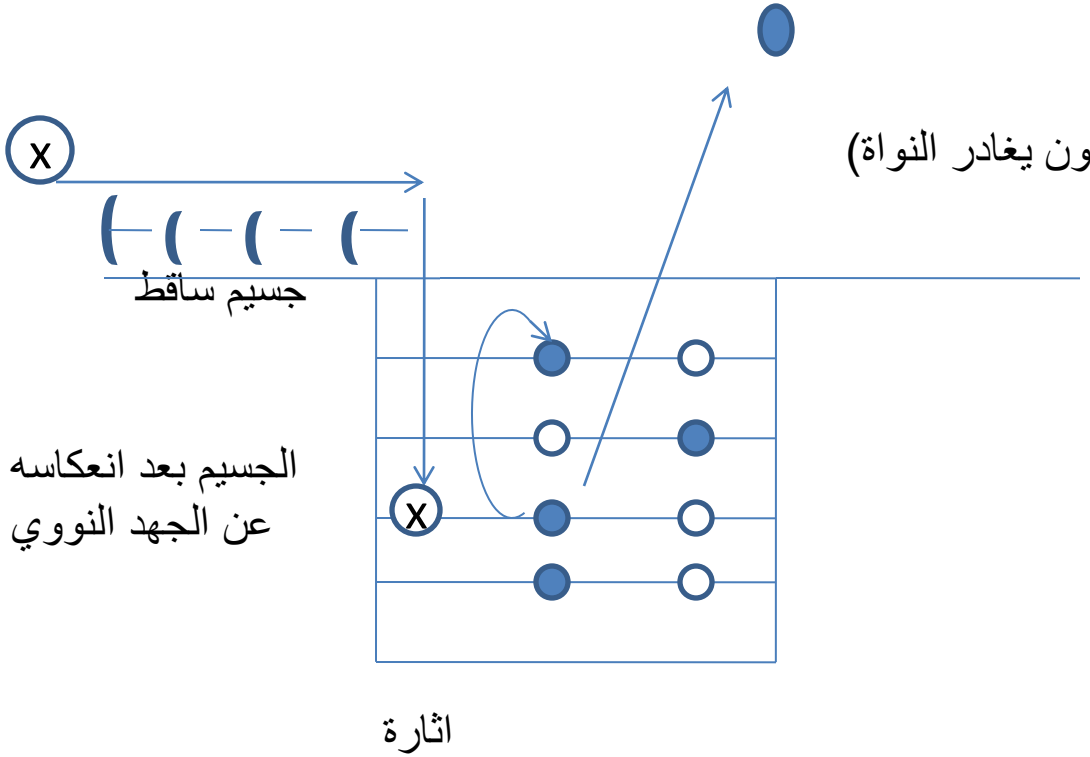
- **تفاعل نووي**

آلية التفاعلات النووية

- 1.في ضوء نموذج قطرة السائل



- 2. في ضوء نموذج قطرة السائل
- 3. النظرية الموحدة



قوانين الحفظ وتعيين طاقة التفاعل

- هناك قوانين حفظ ثابتة لا تتغير في جميع التفاعلات

1. الطاقة
2. كمية التحرك الزاوية
3. كمية التحرك الخطية
4. الشحنة الكهربية

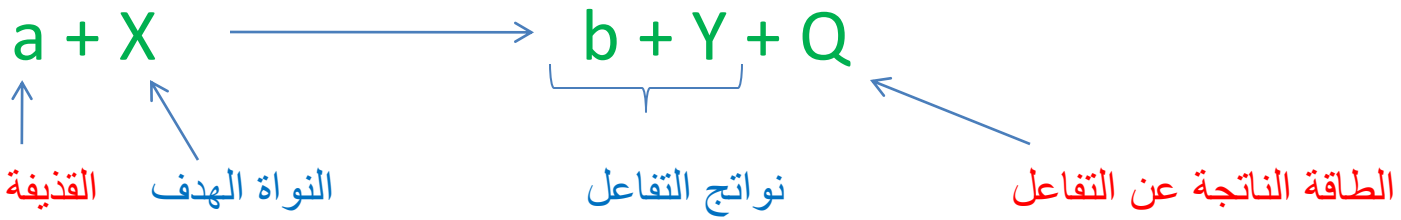
قبل و بعد التصادم

قوانين محفوظة في بعض التفاعلات

1. التماثل (الانعكاسية)
2. عدد النيوكليونات ثابتا في الطاقات المنخفضة.

أما عند الطاقات العالية قد لا يظل هذا العدد ثابتا حيث تخرج ميزوناتتعمل على الاخلال بمبدأ عدد النيوكليونات

- يمكن كتابة التفاعل النووي على الصورة العامة:



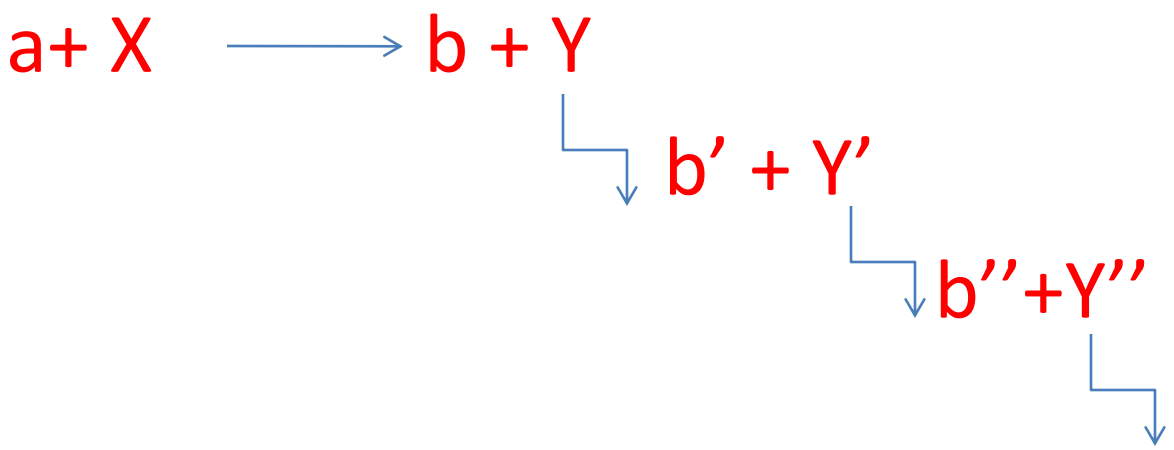
X(a, b)Y

نواتج التفاعل (b, Y) قد تكون اي جسيمات

1. متقاربتان في الكتلة (انشطار نووي)
2. b اشعة γ (تفاعل الاسر الشعاعي)

$$^{4}_{2}He + ^{9}_{4}Be \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$$

$$^{9}_{4}Be\,(\,^{4}_{2}He, ^{1}_{0}n)\,^{12}_{6}C$$

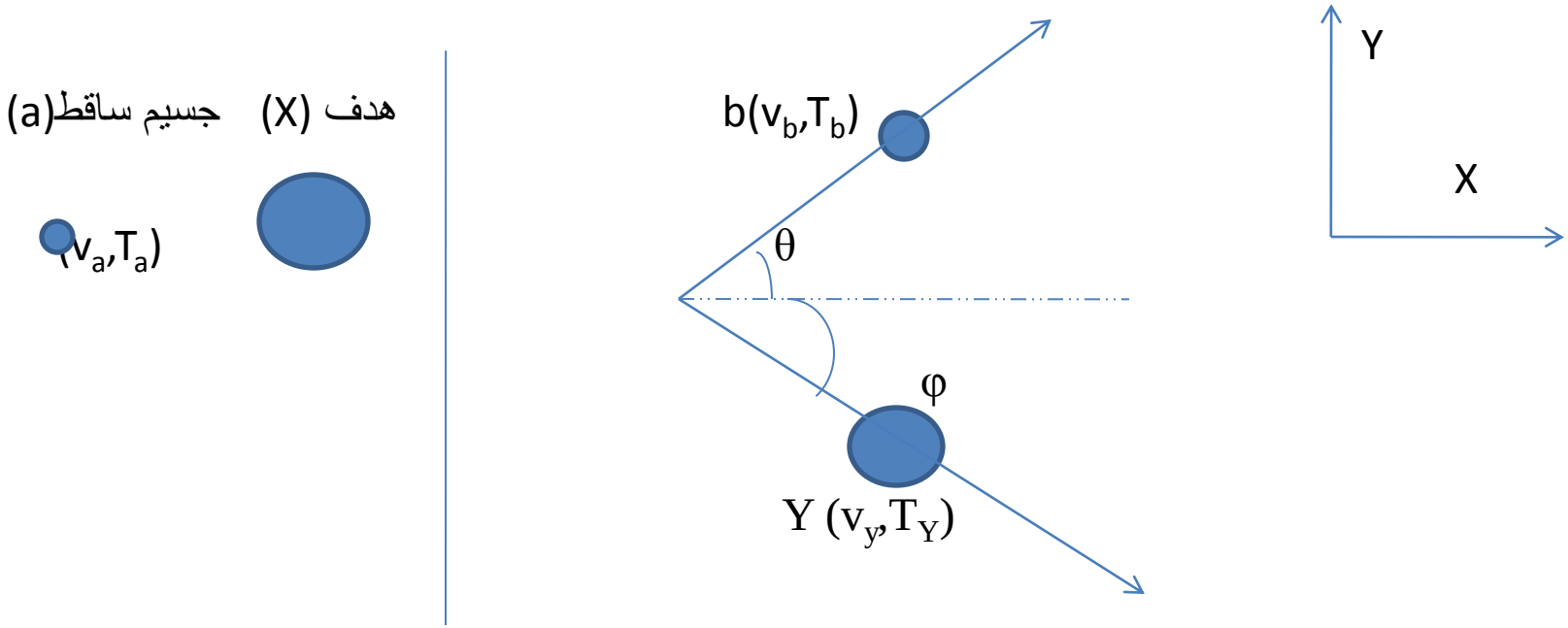


لتعيين قيمة Q :

يجب ملاحظة أن

1. اذا كانت Q موجبة (تفاعل طارد للطاقة)
2. اذا كانت Q سالبة (تفاعل ماص للطاقة)

اولا التفاعل في نظام المعمل



قبل التصادم

بعد التصادم

حفظ الطاقة

- الطاقة الكلية قبل التصادم = الطاقة الكلية بعد التصادم
- الطاقة الكلية = طاقة حركة + طاقة كتلة سكون

$$T_a + m_a C^2 + m_x C^2 = T_b + m_b C^2 + T_Y + m_Y C^2$$

الفرق في الطاقة الحركية

$$Q = T_b + T_Y - T_a$$

الفرق في كتل السكون

$$Q = [(m_a + m_x) - m_b + m_Y)]C^2$$

لكي يحدث التفاعل النووي فلابد ان يخرج الجسيمان (b , Y) بطاقة حركة موجبة .

$$T_b + T_Y \geq 0$$

$$T_a + Q \geq 0$$

حفظ كمية التحرك

- في اتجاه X
- $M_a v_a = m_b v_b \cos\theta + m_Y v_Y \cos\varphi$
- في اتجاه Y
- $0 = m_b v_b \sin\theta - m_Y v_Y \sin\varphi$
- بتربيع المعادلتين و الجمع و الاختصار وحذف T_Y

$$Q = \left(1 + \frac{m_b}{m_Y}\right) T_b - \left(1 - \frac{m_a}{m_Y}\right) T_a - \frac{2}{m_Y} (m_a m_b T_a T_b)^{\frac{1}{2}} \cos\vartheta$$

- حالات خاصة :

1. اذا كانت طاقة الجسيم الساقط $T_a = 0$ (كيف يكون ذلك ؟)

$$Q = T_b \frac{m_Y + m_b}{m_Y}$$

$$Q = \left(1 + \frac{m_b}{m_Y}\right) T_b - \left(1 - \frac{m_a}{m_Y}\right) T_a - \frac{2}{m_Y} (m_a m_b T_a T_b)^{\frac{1}{2}} \cos\vartheta$$

- عندما $m_Y = \infty$ فان

$$Q = (1 + \frac{m_b}{m_Y}) T_b - T_a$$

- عندما $\theta = 90°$ فان

$$Q = (1 + \frac{m_b}{m_Y}) T_b - (1 - \frac{m_a}{m_Y}) T_a$$

- استنتجت Q في الحالة الكلاسيكية .
- يلاحظ ان

1. Q لا تعتمد على كتلة النواة الهدف (m_X)
2. Q لا تعتمد على طاقة حركة النواة الناتجة (T_Y) .

طاقة التفاعل Q

Q موجبة Q> 0	Q سالبة Q< 0
طاقة نووية متحررة من التفاعل	طاقة نووية ممتصة أو مستهلكة من التفاعل
تفاعل محرر لطاقة أو حرارة	تفاعل ماص لطاقة أو حرارة
الطاقة الحركية الكلية النهائية بعد التفاعل>الطاقة الحركية الكلية الابتدائية قبل التفاعل	الطاقة الحركية للجسيم الساقط < |Q|

طاقة التفاعل Q

Q موجبة $Q > 0$	Q سالبة $Q < 0$
طاقة نووية متحررة من التفاعل	طاقة نووية ممتصة أو مستهلكة من التفاعل
تفاعل **محرر** لطاقة أو حرارة	تفاعل **ماص** لطاقة أو حرارة
الطاقة الحركية الكلية النهائية بعد التفاعل < الطاقة الحركية الكلية الابتدائية قبل التفاعل	الطاقة الحركية للجسيم الساقط > $\|Q\|$

- **طاقة العتبة :** هي اقل طاقة حركية للجسيم الساقط و الذي يبدأ تفاعلا من النوع الماص للطاقة

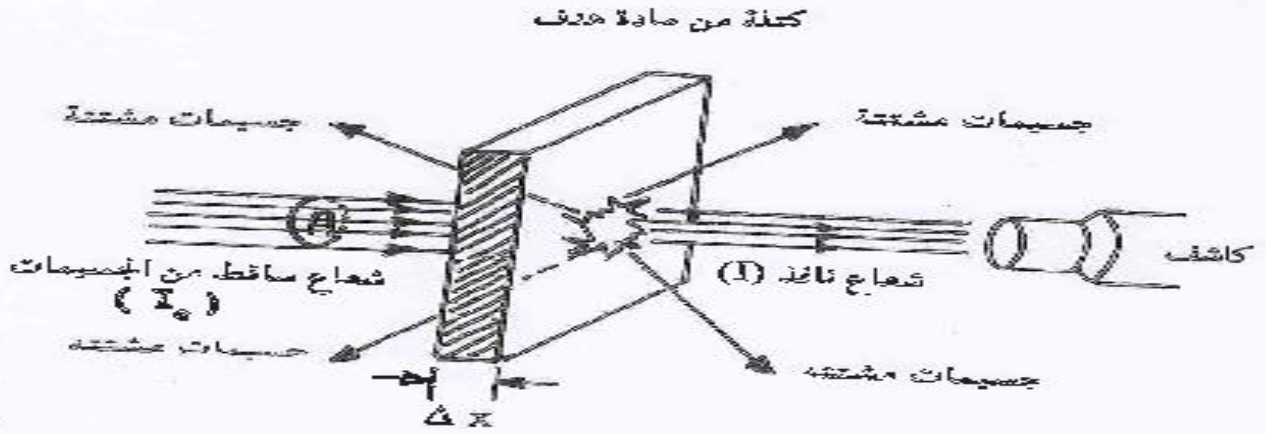
مساحة مقطع التفاعل

- يحدث التفاعل النووي مع نواة معينة مستقلة عن غيرها
- التفاعل يحدث مع نواة هدف
- النواة تمثل هدف
- لو فرضنا ان نصف قطر النواة (R)
- مساحة الهدف (النواة) = πR^2
- $S= \pi R^2 = \pi(R_0 A^{⅓})^{½}$
- عندما $A=200$

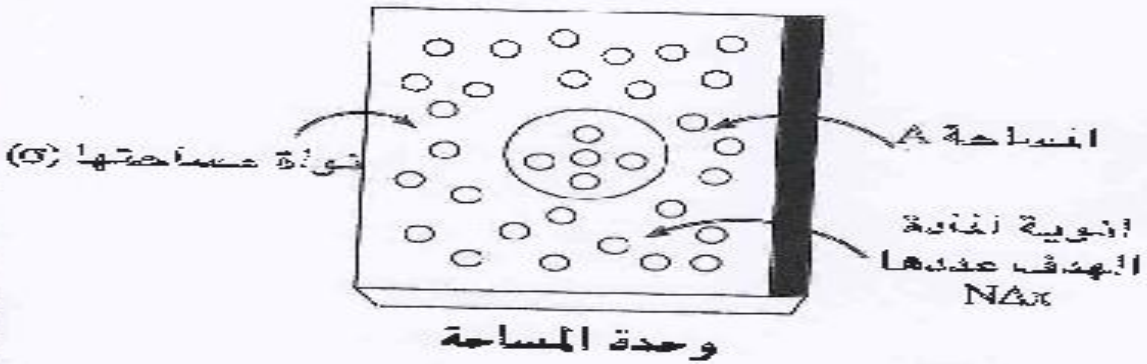
- $S= \pi(1.2*10^{-15}*200^{⅓})^{½}$
- $= 1.24* 10^{-28}\ m^2$
- $1b = 10^{-28}\ m^2$

- احتمال التصادم (التفاعل) يتناسب مع المساحة (مساحة مقطع النواة عند مركزها) مساحة المقطع الهندسي لتفاعل معين
- في حالة النيترونات الحرارية
- وسقوطها على نواة يورانيوم
- الطول المصاحب للنيترون ($\lambda_n=h/p$) هو الذي يحدد احتمال التفاعل
- لان الطول الموجي المصاحب للنيترون اكبر بكثير من نصف قطر النواة
- مساحة نواة σ ذات نصف قطر نووي R لامتصاص نيترون طوله الموجي λ هي :

- $\Sigma=\pi(R+\lambda/2\pi)$
- عندما $R<<\lambda$ فان $\sigma>>\pi R^2$
- $\sigma \sim \lambda^2/4\pi$
- في حالة نيترون حراري $\sigma = 10^5 b$



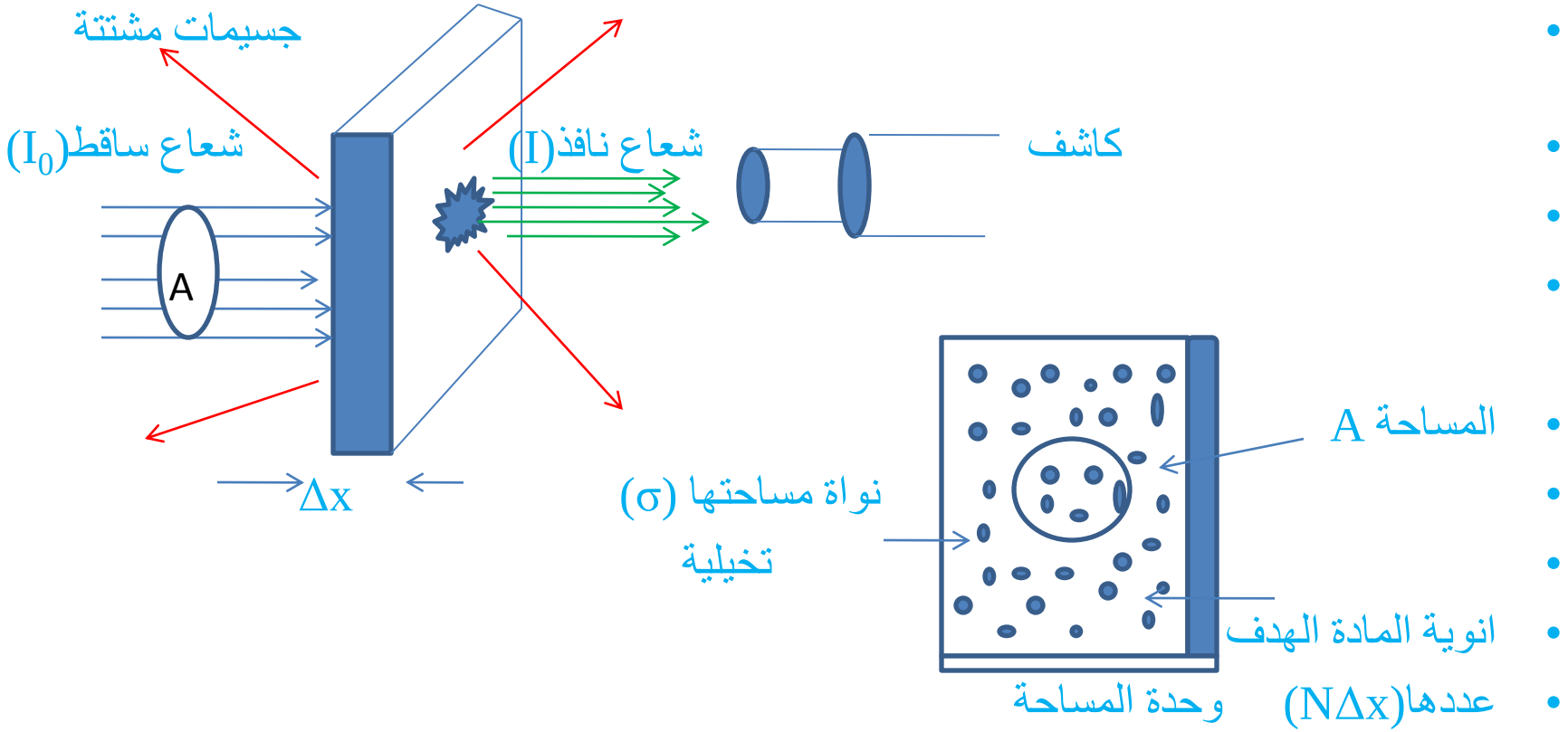
أ – هندسية التجربة



ب – المادة الهدف كما تُرى للشعاع

الشكل (9.7) تعيين مساحة مقطع تفاعل نووي معين عملياً .

- الشريحة ذات السمك (Δx) تحتوي على عدد(N) نواة /م^2
- الهدف يحتوي على $(N.\Delta x)$ نواة /م^3



- يحدث التفاعل عندما يصدم الشعاع الساقط الهدف
- يمكننا ان نتصور بالنسبة للشعاع الساقط ان النواة الهدف تمثل مساحة معينة (σ) (**تخيلية**) مساحة مقطع التفاعل
- لايحدث التفاعل الا اذا صدم الشعاع الساقط هذه المساحة
- (σ) احتمال حدوث تفاعل معين مع نواة معينه.

عدد الجسيمات التي ستغادر الشعاع dI

$$dI \alpha -I$$

اذا كان سمك الهدف dx

$$dI \alpha - N\, dx$$

$$=- \sigma\, I\, N\, dx$$

يمكن حساب I وهو عدد الجسيمات النافذة من الشريحة ذات السمك x

$$\int_{I_0}^{I} \frac{dI}{I} = -\sigma N \int_{0}^{x} dx$$

$$I = I_0 \quad e^{-\sigma N x}$$

سمك الشريحة

عدد الانوية في وحدة الحجوم

مساحة مقطع التفاعل

الشعاع النافذ

الشعاع الساقط

Σ مساحة المقطع المشاهد $= N\sigma$

$$I = I_0 \quad e^{-\mu x}$$

μ معامل الامتصاص (m^{-1})

$$\sigma_{tot} = \sigma_{ela} + \sigma_{inel} + \sigma_{ab} + \ldots$$

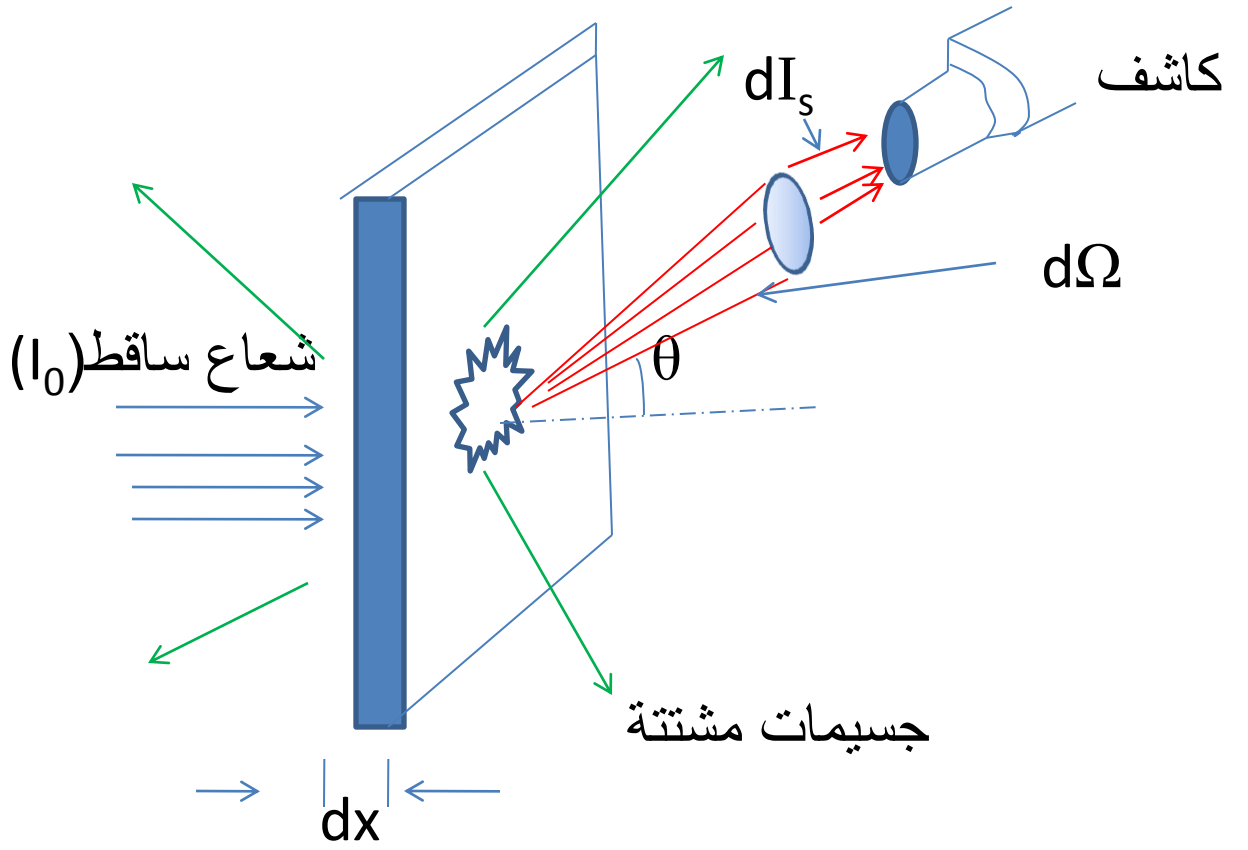
$$= \Sigma_i \sigma_i$$

مساحة المقطع الجزئي

$$\frac{I}{I_0} = Nx\sigma$$

$$\sigma = \frac{I}{I_0 \, Nx}$$

مساحة المقطع التفاضلي



-
-
-
-

مساحة المقطع التفاضلي $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ تساوي مساحة المقطع لكل وحدة زاوية مجسمة

dI_s هو عدد الجسيمات الواقعة في الزاوية المجسمة $d\Omega$

$$dI_s = \frac{d\sigma}{d\Omega} I N dx d\Omega$$

$$\sigma_{tot} = \int_{\Omega} \frac{d\sigma}{d\Omega} d\Omega$$

$$d\Omega = \sin\theta \, d\theta \, d\varphi$$

$$\Omega = \int_{\Omega} d\Omega = \int_0^{\pi} \sin\theta \, d\theta \int_0^{2\pi} d\phi$$

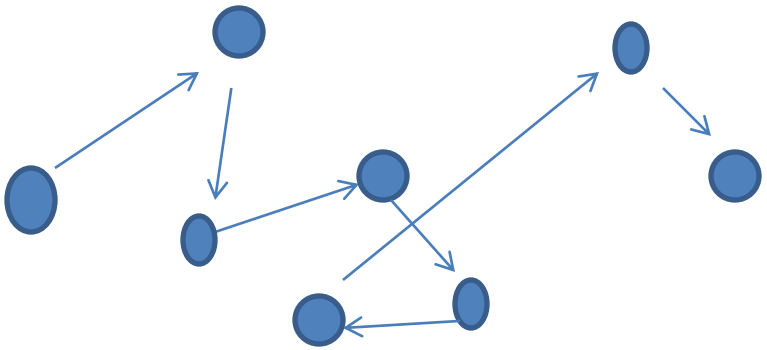
$$\Omega = 4\pi \quad \bullet$$

متوسط المسار الحر λ

- هو متوسط المسافة المقطوعة بين التصادمات المتتالية التي يعملها الجسيم مع الانوية

$$\lambda = \frac{\text{طول المسار الكلي الذي يقطعه الجسيم}}{\text{العدد الكلي التصادمات الحادثة}}$$

- اذا كان سمك الشريحة dx عدد الجسيمات التي اخترقت الشريحة I (النافذة)
- اذن المسافة الكلية التي اخترقتها جميع الجسيمات(I.dx)
- بفرض ان العدد الكلي للتصادمات =عدد الجسيمات التي غادرت الشعاع (dI)



- $dI = -\sigma I N dx$

$$\lambda \frac{I dx}{\sigma I N dx}$$

$$\lambda = \frac{I\ dx}{\sigma\ I\ N\ dx} = \frac{1}{\sigma\ N} = \frac{1}{Z} = \frac{1}{\mu}$$

- وحدة λ (مسافة)

معدل التفاعل

- هو عدد التفاعلات التي تحدث في وحدة الزمن
- I_0 شدة الشعاع الساقط (جسيم / وحدة المساحات في الثانية)
- عدد التفاعلات التي تحدث / وحدة المساحات = (عدد الجسيمات / وحدة المساحات)* احتمال التفاعل
- احتمال التفاعل = $N \sigma \Delta x$
- N نواة / وحدة الحجوم
- σ مساحة مقطع التفاعل
- Δx سمك الشريحة
- A سمك الشريحة
- عدد التفاعلات الكلي = (عدد الجسيمات/وحدة المساحات)*$N \sigma \Delta x A$

$$A\,\Delta x\,N\,\sigma\,I_0 = A\,\Delta x\,N\,\sigma * \left(\frac{\frac{\text{عدد الجسيمات}}{\text{وحدة المساحات}}}{\text{الزمن}}\right) = \frac{\text{عدد التفاعلات الكلي}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{الفيض} = \phi = \left(\frac{\frac{\text{عدد الجسيمات}}{\text{وحدة المساحات}}}{\text{الزمن}}\right) = I_0$$

$$A\,\Delta x\,N\,\sigma\,\varphi = \frac{\text{عدد التفاعلات الكلي}}{\text{الزمن}}$$

$$s \text{ معدل التفاعل} = \frac{\text{عدد التفاعلات الكلي}}{\text{الزمن}}$$

$$S = \varphi\, N\, \sigma\, A\, \Delta x$$

$A\,\Delta x = V$ حجم المادة الهدف

$$S = \varphi\, N\, \sigma\, V$$

$n = NV$ عدد الانوية الكلية الموجودة في مادة الهدف

$$S = \varphi\, n\, \sigma$$

$$\mu = N\sigma$$

$$S = \varphi\, \mu V, \quad s = \varphi \Sigma V$$

$$\lambda = \frac{1}{\mu} \qquad S = \frac{\phi V}{\lambda}$$

تكون وتحلل النواة المركبة

- عند تكون النواة المركبة تبدأ مباشرة في التحلل (واطلاق p, n, γ,α , d)
- انطلاق γ ابطأ من انطلاق الجسيمات النووية.
- اذا كانت طاقة اثارة النواة> طاقة ترابط الجسيم داخل النواة
- فان
- احتمال انطلاق الجسيم > احتمال انطلاق اشعة γ
- يحدث غالبا انطلاق النيترونات ويفضل على البروتونات ، اشعة γ.

لماذا ؟

$$\sigma(\alpha, n), \sigma(\alpha, 2n) > \sigma(\alpha, pn), \sigma(\alpha, 2p)$$

اذا قذفت نواة بجسيم ذي طاقة معينة فان الطاقة تتوزع على جميع نيوكليونات النواة.

فمثلا

- نواة مركبة

- فلو كانت جسيمات α طاقتها 25 م أ ف (في نظام المعمل) فان
- طاقة حركة ايونات الهيليوم في نظام مركز الكتل =25.55 MeV
- طاقة التفاعل Q (حسب فرق الكتل) = 4.48 MeV
- طاقة اثارة نواة $^{69}_{31}Ga^{*}$ هي :
  - 4.48+23.55=28.08 MeV
- النواة ستصبح مشوهة --- بعض النيوكليونات ستنتقل الى مستويات اثارة عليا.

طاقة الاثارة تظهر على عدة صور

طاقات اهتزاز

طاقات دوران

- يمكن معالجة مستويات الاثارة احصائيا
- وتبعا لنموذج فيرمي يمكن ايجاد درجة الحرارة النواة المثارة

$$E = aT^2$$

طاقة الاثارة ستوزع على جميع النيوكليونات

$$\frac{28}{69} = 0.4\ MeV$$

- متوسط طاقة ربط النيوكليون = 7.0 MeV

سائل	نواة
الطاقة الكامنة للتبخير	طاقة الترابط النووي

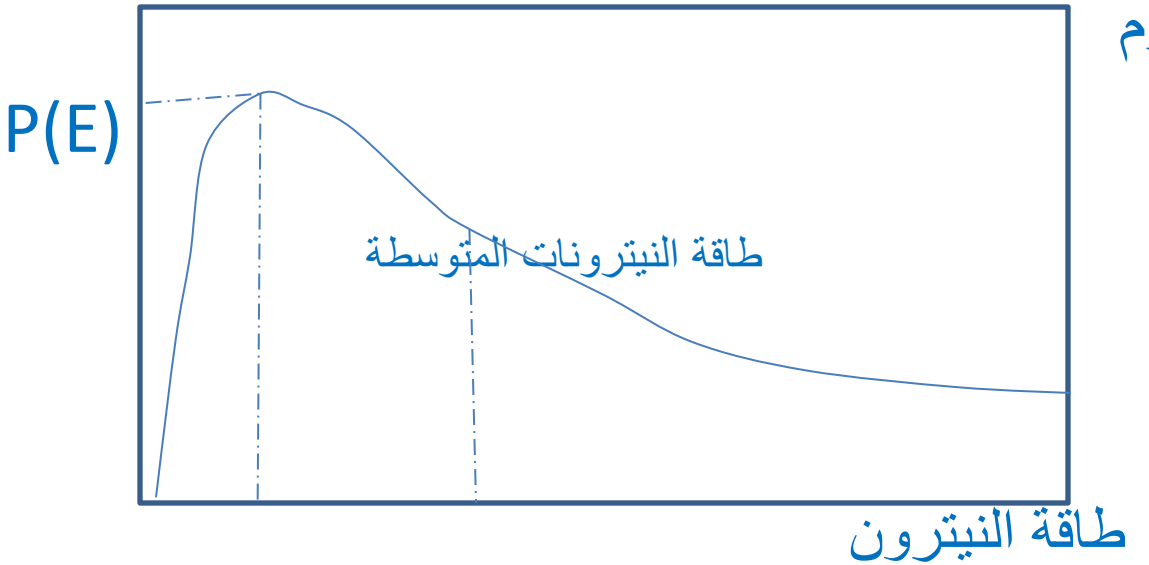
زمن انطلاق اشعة $\gamma \approx 10^{-12}$ ثانية

الفترة الزمنية لتركيز الطاقة على نيوكليون معين $\approx 10^{-20}$ ثانية

- ولصعوبة تركيز طاقة كبيرة على نيوكليون معين ، فان هذا النيوكليون المتبخر سنطلق بطاقة حركة صغيرة
- وجد عمليا بالنسبة للنيترونات
- $P(E) = E\, e^{-E/T}$

الاحتمال — طاقة النيترون — درجة حرارة النواة المركبة

يمكن تطبيق هذة المعادلة للجسيمات المشحونة بعد اضافة تصحيح مناسب لحاجز كولوم



$$^{4}_{2}He + ^{65}_{29}Cu \longrightarrow ^{69}_{31}Ga^{*}$$

- النواة $^{69}_{31}Ga^{*}$ مثارة بطاقة
- E =28 - (طاقة ترابط النيترون المنطلق + طاقة حركته)
- =28-(4+7) ≈ 17 MeV

- وهذه طاقة كافية لانطلاق المزيد من الجسيمات ← انخفاض في طاقة اثارة النواة الام .....
- الى ان تصبح غير كافية لانطلاق جسيمات
- تنطلق طاقة الاثارة على شكل اشعة γ ..... الى ان تهدأ النواة وتبرد الى درجة حرارة الغرفة (مستوى الاستقرار الارضي)

- تفاعلات النواة المركبة تتم على مرحلتين :

1. يمتص الجسيم الضارب بواسطة نواة الهدف ، وتتكون النواة المركبة
2. تنحل النواة المركبة عن طريق طرد جسيم أو اشعة γ (γ,α,p,d,n) وتنتج النواة المتبقية .

طريقة انحلال النواة المركبة لا يعتمد على طريقة تكونها . ولكن يعتمد على خواص النواة نفسها (الطاقة ، كمية التحرك الزاوية)

الخطوتين منفصلتين عن بعضهما

كمية الطاقة يجب ان تتركز في احد النيوكليونات او في مجموعة منها و التي تكفي لفصلها عن النوزاة المركبة .تسمى بطاقة التفتت.

- هناك كثير من التجارب التي اثبتت أن النواة المركبة $^{64}_{30}Zn^{*}$ تتكون باكثر من طريقة (دليل على أن الانحلال لا يعتمد على التكوين)

$$^{1}_{1}H + ^{63}_{29}Cu \rightarrow (^{64}_{30}Zn)^{*} \rightarrow ^{63}_{30}Zn + ^{1}_{0}n$$

$$^{1}_{1}H + ^{63}_{29}Cu \rightarrow (^{64}_{30}Zn)^{*} \rightarrow ^{62}_{30}Zn + ^{1}_{0}n + ^{1}_{0}n$$

$$^{1}_{1}H + ^{63}_{29}Cu \rightarrow (^{64}_{30}Zn)^{*} \rightarrow ^{62}_{29}Cu + ^{1}_{0}n + ^{1}_{1}H$$

- أو
-

$$^{4}_{2}He + {}^{60}_{28}Ni \rightarrow ({}^{64}_{30}\mathrm{Zn})^{*} \rightarrow {}^{63}_{30}Zn + {}^{1}_{0}n$$

$$^{4}_{2}He + {}^{60}_{28}Ni \rightarrow ({}^{64}_{30}\mathrm{Zn})^{*} \rightarrow {}^{62}_{30}Zn + {}^{1}_{0}n + {}^{1}_{0}n$$

$$^{4}_{2}He + {}^{60}_{28}Ni \rightarrow ({}^{64}_{30}\mathrm{Zn})^{*} \rightarrow {}^{62}_{29}Cu + {}^{1}_{0}n + {}^{1}_{1}H$$

$$^{7}_{3}Li + p \rightarrow ({}^{8}_{4}\mathrm{Be})^{*} \rightarrow 2\,{}^{4}_{2}He$$

التفاعلات الرنينية

- هي نوع من انواع تفاعلات النواة المركبة **ولكن** لها شروط

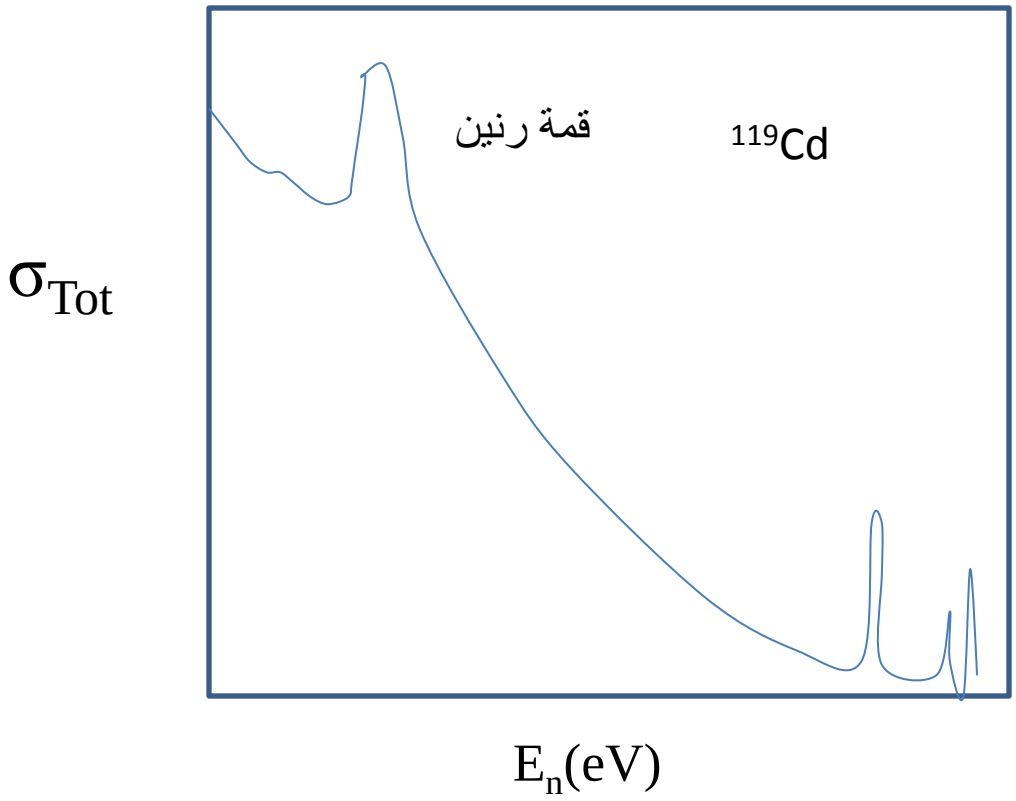
1. تسقط القذيفة بطاقة منخفضة ومحددة.
2. مستويات طاقة اثارة النواة المركبة الناتجة منفصلة جيدا عن بعضها البعض .
3. يثار كل مستوى من مستويات النواة المركبة على حدة
4. تعتمد مساحة النقطع النووي على طاقة القذيفة.

أي أنه :

تفاعلا معينا يتم **فقط** عندما تسقط الجسيمات بطاقة معينة .

بالعودة الى النموذج القشري فان مستويات الطاقة للنواة تكون منفصلة جيدا عن بعضها البعض عند الطاقات المنخفضة.

- تستخدم قذائف ذات طاقات منخفضة (نيترونات حرارية)


σ_{Tot}
قمة رنين
^{119}Cd
$E_n(eV)$

طاقة ربط النيترون≈7 م أ ف

طاقات الاثارة ستكون في حدود 7 م ا ف

∴ فور تكون النواة المركبة تتحلل بعدة طرق اطلاق (γ,n)

- لكل مستوى عمر نصف خاص به τ (أي أنه يعيش فترة زمنية معينة قبل ان يحدث له الانحلال)
- يعطى نصف العمر الكلي τ بالعلاقة

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_\gamma} + \frac{1}{\tau_n}$$

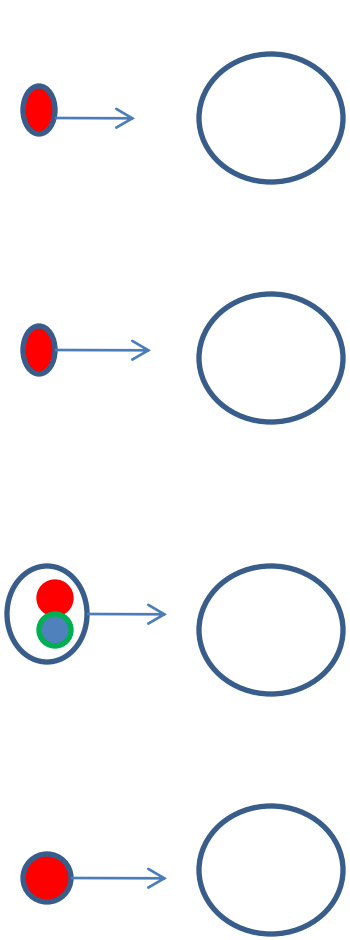
- لكل مستوى نووي اتساع خاص بالطاقة Γ
- من مبدأ اللاتحديد فان

$$\Delta E \,.\tau \approx \hbar$$

$$\Gamma \,.\ \tau \approx \ \hbar$$

$$\Gamma = \ \hbar / \tau$$

التفاعلات المباشرة (طاقة الجسيم الساقط 10-20 م ا ف)



قبل التصادم

- تشتت لا مرن (p,p’)
- تفاعل الطرد (p,n),(n,p)
- تفاعل الانتزاع (d,p),(d,n)
- تفاعل الالتقاط (p,d),(p,α)

بعد التصادم

طاقة الترابط النووي (d) =2.2 م أ ف (تركيب نووي ضعيف الترابط)