المحاضرة 5/ مادة الفيزياء النووية

الفصل الثالث/ النشاط الاشعاعي / ج 3 / تحلل بيتا وكاما

كلية التربية للعلوم الصرفة – ابن الهيثم

قسم الفيزياء / العام الدراسي 2024-2025

المرحلة الرابعة / شعبة ج صباحي

أ.م.د. عدي طارق صبحي

❖ انماط الاضمحلال بانبعاث بيتا :

1. بالنسبة للشحنة : تحلل بيتا السالبة $\boldsymbol{\beta^-} - \boldsymbol{docy}$ وتحلل بيتا الموجبة $\boldsymbol{\beta^+}$

2. بالنسبة لمحصلة $\overrightarrow{\boldsymbol{S_\beta}}, \overrightarrow{\boldsymbol{S_\nu}}$ فاذا كان :

A. $\overrightarrow{\mathbf{S_\beta}} + \overrightarrow{\mathbf{S_\nu}} = \mathbf{0}$ اي ان اتجاه الزخم البرمي لجسيمة بيتا معاكس لاتجاه الزخم البرمي للنيوترينو فمحصلتهما تساوي صفر ، ويسمى التحلل في هذه الحالة بتحلل فيرمي (Fermi decay) .

B. اذا كان $\overrightarrow{\mathbf{S_\beta}} + \overrightarrow{\mathbf{S_\nu}} = \mathbf{1}$ اي ان اتجاه الزخم البرمي لجسيمة بيتا بنفس اتجاه الزخم البرمي للنيوترينو ، فيسمى التحلل في هذه الحالة بتحلل كامو- تلر G.T (Gamow –Teller) .

3. بالنسبة لقيمة $\overrightarrow{L_\beta}$ الزخم الزاوي المداري لجسيم بيتا والنيوترينو فتحدد الانتقالات كما يلي :

A. إذا كان $L_\beta = 0$ فالتحلل يسمى بالتحلل المسموح allowed .

B. إذا كان $L_\beta = 1$ فالتحلل يسمى بالتحلل غير المسموح الاول 1^{st} forbidden.

C. إذا كان $L_\beta = 2$ فالتحلل يسمى بالتحلل غير المسموح الثاني 2^{nd} forbidden.

كما ان الزخم الكلي يساوي $\overrightarrow{J_\beta} = \overrightarrow{L_\beta} + \overrightarrow{S_\beta}$ ومنه ممكن استخراج $\overrightarrow{S_\beta} = \overrightarrow{J_\beta} - \overrightarrow{L_\beta}$

ومن قانون حفظ الزخم الزاوي فان $\overrightarrow{J_p} = \overrightarrow{J_D} + \overrightarrow{J_\beta}$ ← او $\overrightarrow{J_\beta} = \overrightarrow{J_p} - \overrightarrow{J_D}$

كذلك فانه ومن حفظ التماثل فان $\pi_\beta = (-1)^{L_\beta}$ ← $\pi_\beta = \pi_p.\pi_D$ →

❖ كيفية حل مسائل تصنيف تحلل بيتا

1- نحدد قيمة الزخم الزاوي المداري L_β بضرب تناظر النواة الام وتناظر النواة البنت

$$\pi_\beta = \pi_p.\pi_D \rightarrow \quad \pi_\beta = (-1)^{L_\beta}$$

2- نجد قيمة الزخم الكلي لبيتا (J_β) من المعادلة $|J_p - J_D| \leq J_\beta \leq J_p + J_D$

3- نحدد قيمة الزخم البرمي او البرم الذاتي $\overrightarrow{S_\beta}$ من المعادلة $\overrightarrow{S_\beta} = \overrightarrow{J_\beta} - \overrightarrow{L_\beta}$

فاذا كانت تساوي صفر (فهو تحلل فيرمي) واذا كانت تساوي واحد (فهو تحلل G.T)

❖ كيفية حل مسائل تصنيف تحلل بيتا :

1-نحدد قيمة L_β بضرب تناظر النواة الام وتناظر النواة البنت :

$$\pi_p.\pi_D = (-1)^{L_\beta} \rightarrow L_\beta = \cdots$$

Ex/ $\begin{matrix} 7^- \\ 1^+ \end{matrix}$ $\begin{matrix} \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \end{matrix}$ $\rightarrow \pi_p.\pi_D = -.+=-= (-1)^{L_\beta} \rightarrow L_\beta = 1, 3, 5, \ldots.$

ملاحظة :-كمثال 7^- تعني J^π اي ان (J تساوي 7) و (π هي الاشارة السالبة)

$\begin{matrix} \frac{1}{2}^+ \\ \frac{1}{2}^+ \end{matrix}$ $\begin{matrix} \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \end{matrix}$ $\rightarrow \pi_p.\pi_D = +.+=+= (-1)^{L_\beta} \rightarrow L_\beta = 0, 2, 4, \ldots.$

ملاحظة الرقم 4 يهمل لانه غير موجود ضمن القيم المعرفة للزخم الزاوي المداري L_β

2- نجد قيمة الزخم الكلي لبيتا (J_β) من المعادلة $|J_p-J_D| \le J_\beta \le J_p+J_D$

$$|\frac{1}{2}-\frac{1}{2}| \le J_\beta \le \frac{1}{2}+\frac{1}{2}$$

$$J_\beta = 0 \to 1 \quad , \quad \therefore \quad J_\beta = 0,1$$

3- نحدد قيمة $\overrightarrow{S_\beta}$ فاذا كانت تساوي صفر (فهو تحلل فيرمي) واذا كانت تساوي 1 (فهو تحلل G.T)

$S_\beta = J_\beta - L_\beta \to S_\beta = 0 - 0 \to S_\beta = 0$ ممكن Fermi

$S_\beta = J_\beta - L_\beta \to S_\beta = 0 - 2 \to S_\beta = -2$ غير ممكن

$S_\beta = J_\beta - L_\beta \to S_\beta = 1 - 0 \to S_\beta = 1$ ممكن G.T

$S_\beta = J_\beta - L_\beta \to S_\beta = 1 - 2 \to S_\beta = -1$ غير ممكن

اذن الانحلال الاكثر احتمالا allowed Fermi +allowed G.T (mixed)

مثال / صنف تحلل بيتا للانحلال الاتي :

$$^{14}_{8}O_6(o^+) \rightarrow {}^{14}_{7}N_7(O^+) + \beta^+ + \nu$$

$$\pi_p.\pi_D = +.+=+= (-)^{L_\beta} \rightarrow L_\beta = 0,2$$

$$|J_p - J_D| \leq J \leq (J_p + J_D)$$

$$|0-0| \leq J_\beta \leq (0+0) \rightarrow J_\beta = 0$$

الاكثر احتمالا

$$J_\beta = L_\beta + S_\beta \rightarrow S_\beta = J_\beta - L_\beta \rightarrow S_\beta = 0 - 0 \rightarrow S_\beta = 0$$ ممكن Fermi

$$S_\beta = J_\beta - L_\beta \rightarrow S_\beta = 0 - 2 \rightarrow S_\beta = -2$$ غير ممكن

اذن التحلل من نوع Fermi ، allowed

مثال/ $n(2^+) \rightarrow p(1^+) + \beta^+ + \nu$

$\pi_p . \pi_D = (+).(+) = +\, = (-1)^{L_\beta} \Longrightarrow L_\beta = 0, 2$

$|2 - 1| \leq J_\beta \leq (2 + 1) \rightarrow J_\beta = 1, 2, 3$

$S_\beta = J_\beta - L_\beta \rightarrow S_\beta = 1 - 0 \rightarrow S_\beta = 1$ G.T ممكن , $S_\beta = J_\beta - L_\beta \rightarrow S_\beta = 1 - 2 \rightarrow S_\beta = -1$ غير ممكن

$S_\beta = J_\beta - L_\beta \rightarrow S_\beta = 2 - 0 \rightarrow S_\beta = 2$ غير ممكن

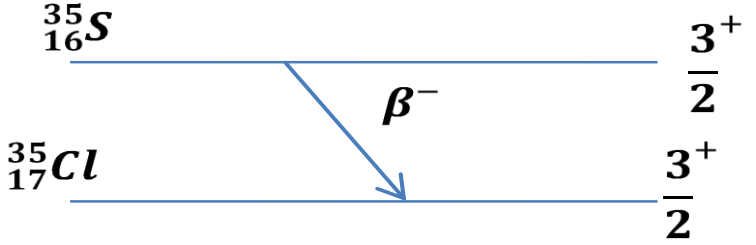
$S_\beta = J_\beta - L_\beta \rightarrow S_\beta = 2 - 2 \rightarrow S_\beta = 0$ 2nd forbidden الثاني لكن التحلل من نوع غير المسموح Fermi

$S_\beta = J_\beta - L_\beta \rightarrow S_\beta = 3 - 0 \rightarrow S_\beta = 3$ غير ممكن

$S_\beta = J_\beta - L_\beta \rightarrow S_\beta = 3 - 2 \rightarrow S_\beta = 1$ G.T ممكن 2nd forbidden الثاني لكن التحلل من نوع غير المسموح G.T

اذن الانحلال الاكثر احتمالا allowed Fermi +allowed G.T (mixed)

مثالا /



$\pi_p . \pi_D = +.+= += (-)^{L_\beta} \rightarrow L_\beta = 0, 2$

$\left|\frac{3}{2} - \frac{3}{2}\right| \leq J_\beta \leq \left(\frac{3}{2} + \frac{3}{2}\right) \rightarrow J_\beta = 0, 1, 2, 3$

$J_\beta = L_\beta + S_\beta \rightarrow S_\beta = J_\beta - L_\beta = 0\text{-}0=0$ ممكن allowed –F

$= 0 - 2 = -2$ غير ممكن

$= 1 - 0 = 1$ ممكن allowed G.T

$= 1 - 2 = -1$ غير ممكن

$= 2 - 0 = 2$ غير ممكن

$= 2 - 2 = 0$ لكن التحلل من نوع غير المسموح الثاني 2nd forbidden Fermi

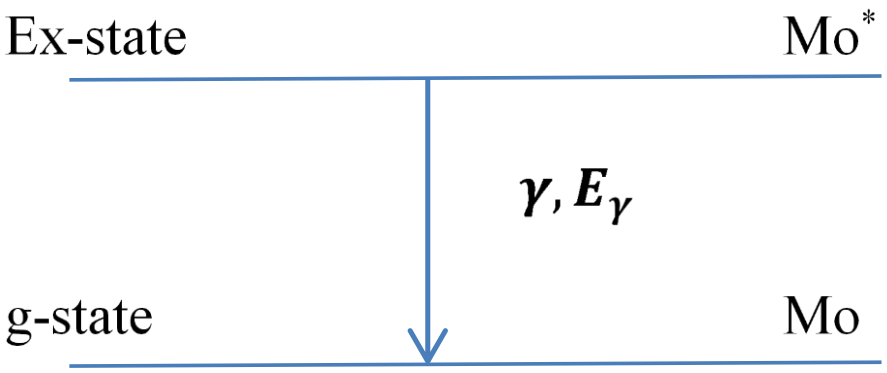
$= 3 - 0 = 3$ غير ممكن

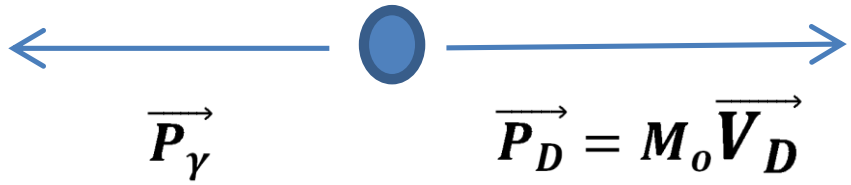
$= 3 - 2 = 1$ لكن التحلل من نوع غير المسموح الثاني 2nd forbidden G.T

ثالثاً : التحلل بانبعاث اشعة كاما Gamma Decay :

ان التحلل بانبعاث اشعة كاما هو عملية انبعاث اشعة كهرومغناطيسية من النواة عند انتقالها من حالة متهيجة الى حالة اخرى اقل تهيجا او الى الحالة الارضية .

فاذا افترضنا ان نواة متهيجة كتلتها السكونية M_o^* تبعث اشعة كاما وتتحول الى المستوى الارضي لتكون النواة الوليدة والتي كتلتها M_o كما في الشكل المجاور:





وبتطبيق قانون حفظ الزخم الخطي نجد ان :

$$0= \overrightarrow{P_\gamma} - \overrightarrow{P_D} \rightarrow \overrightarrow{P_\gamma} = \overrightarrow{P_D} \quad \ldots\ldots..(1)$$

حيث :

$\overrightarrow{P_\gamma}$: زخم فوتون اشعة كاما

$\overrightarrow{P_D}$: زخم النواة الوليدة (المرتدة) في حالتها النهائية وتساوي $M_o V_D$

حيث $\overrightarrow{V_D}$: سرعة النواة المرتدة .

ومن قانون حفظ الطاقة نجد ان :

$$931.5\ Mo^* = 931.5\ Mo + E_\gamma + T_D \quad \ldots\ldots\ldots\ldots..(2)$$

حيث :

E_γ : طاقة اشعة كاما المنبعثة .

T_D : الطاقة الحركية للنواة المرتدة في حالتها النهائية وتساوي $\frac{1}{2} MoV_D^2$

ويعبر عن طاقة اضمحلال $\boldsymbol{\gamma}$ بالمقدار $(\boldsymbol{Q_\gamma})$ وتحسب من المعادلتين (3) و(4):

$$\boldsymbol{Q_\gamma = E_\gamma + T_D} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

$$\boldsymbol{Q_\gamma = 931.5(M_o^* - M_o)} \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

وحيث ان :

$$\boldsymbol{P_\gamma = P_D} \quad , \boldsymbol{T_D = \frac{P_D^2}{2M_o}}$$

$$\therefore \boldsymbol{T_D = \frac{P_D^2}{2M_o} = \frac{P_\gamma^2 C^2}{2M_o C^2} = \frac{E_\gamma^2}{2M_o C^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5) \quad \text{اذن}$$

ملاحظة / اعتبرنا هنا ان $\boldsymbol{E_\gamma = P_\gamma C}$ لان الكتلة السكونية لفوتونات أشعة كاما تساوي صفراً ، وبذلك نحصل على العلاقة الاتية :

$E^2=P^2C^2+ \boldsymbol{m_\gamma^2 c^4} \rightarrow E=Pc$

ملاحظة/ يمكن اهمال T_D من المعادلة (3) لصغر قيمتها وكما موضح في المثال الاتي:

نفرض ان E_γ =2MeV و M_o=50 amu ، فانه يمكن حساب طاقة الارتداد للنواة T_D من العلاقة (5) وكالاتي :

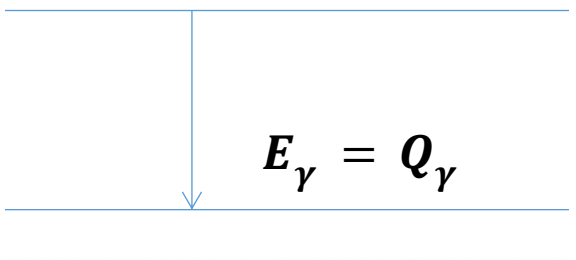
$$T_D = \frac{E_\gamma^2}{2\times 50\times 931.5} = 43\ e.v$$

وهي كمية قليلة تهمل عادة للاغراض العملية وعند قيم طاقات كاما الواطئة اما لقيم عالية لطاقة اشعة كاما فيؤخذ الارتداد بنظر الاعتبار . لذلك ومن المعادلات (3) ، (4) نحصل على :

$$Q_\gamma = E_\gamma = 931.5(M_o^* - M_o) \quad \ldots\ldots\ldots(6)$$

وحيث ان $931.5M_o^*$ تمثل طاقة المستوى الابتدائي E_i

$931.5\ M_o$ تمثل طاقة المستوى النهائية E_f



$$\therefore Q_\gamma = E_\gamma = E_i - E_f$$

❖ عزوم متعددات الاقطاب النووية Nuclear multipole moments :

تمتلك النواة بسبب شحنتها الموجبة وعدم كرويتها وترتيبها بكيفيات معينة عزوم كهربائية متعددة الاقطاب Electric multiple moments وتتوقف مرتبة العزم الكهربائي على قيمة الزخم الزاوي المداري L ، وتساوي 2^L (اي عدد الاقطاب) فاذا كان :

L=1 → $2^L=2^1=2$ → 2 poles → electric dipole moment (E1)

L=2 → $2^L=2^2=4$ → 4 poles → electric quadrapole moment (E2)

L=3 → $2^L=2^3=8$ → 8 poles → electric octapole moment (E3)

وبسبب اهتزاز الشحنات تنبعث اشعة كهرومغناطيسية تسمى اشعة متعدد الاقطاب الكهربائية.

كما وقد يحدث ان تدور الشحنات في مسارات مغلقة loops ، وينتج عن ذلك عزوم متعددات الاقطاب المغناطيسية magnetic multiple moments وتتوقف مرتبة هذه العزوم أيضاً على قيمة L ، فاذا كان :

$L=1 \rightarrow 2^L=2^1=2 \rightarrow$ 2 poles $\rightarrow$ magnetic dipole moment =(M1)

$L=2 \rightarrow 2^L=2^2=4 \rightarrow$ 4 poles $\rightarrow$ magnetic quadrapole moment =(M2)

$L=3 \rightarrow 2^L=2^3=8 \rightarrow$ 8 poles $\rightarrow$ magnetic octapole moment =(M3)

والاشعة الناتجة عن ذلك تسمى اشعة متعدد الاقطاب المغناطيسية .

ملاحظة مهمة: ان احتمالية انبعاث اشعة متعددة الاقطاب الكهربائية تكون اكبر من احتمالية انبعاث اشعة متعددة الاقطاب المغناطيسية ولنفس القيمة لـ (L) . اي ان :

بشكل عام ML > EL ولنفس القيمة لـ (L)

$E1 > M1 \ , E2 > M2 , E3 > M3$

وأيضاً :

شدة E1 < شدة E2 < شدة E3 , شدة M1 < شدة M2 < شدة M3

ملاحظة/ بالنسبة لاحتمالات كاما (γ) يؤخذ بنظر الاعتبار فقط تلك الانتقالات التي لها قيم (L) واطئة .

قد يكون الانتقال مزيجا من E2 , M1 او E3 , M2 اما في حالة E1 , M2 فان الانتقال يكون في الاغلب E1 مع نسبة صغيرة جدا من M2 وذلك لان :

$E1 > E2$

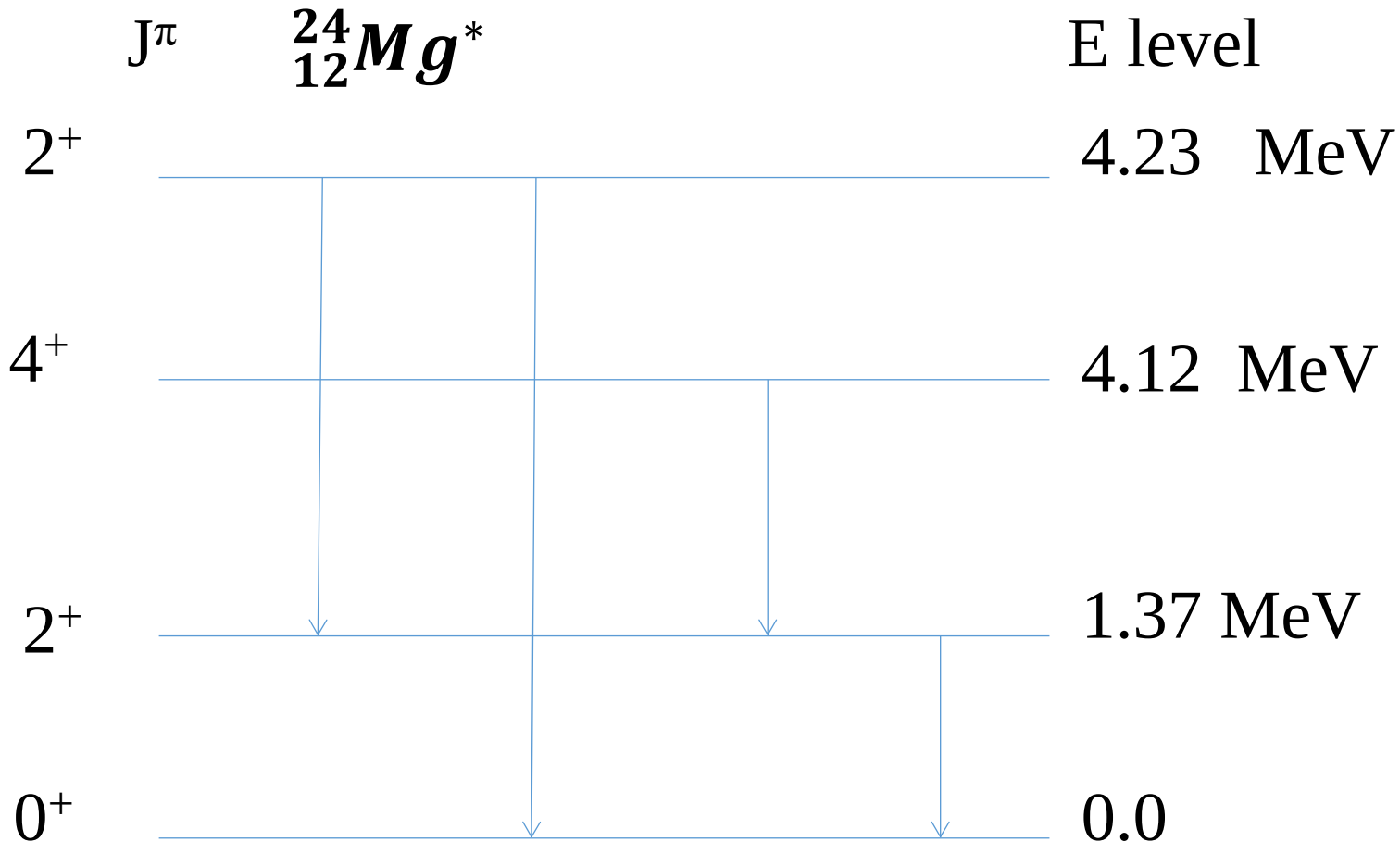
$E2 > M2 \rightarrow E1 >> M2$

❖ النواة المتهيجة Excited nucleus ، ومستويات الطاقة energy level والحالات المتهيجة excited states :

نفرض ان $^{A}_{Z}X$ نواة في المستوى الارضي ground state

$^{A}_{Z}X^{*}$ نواة متهيجة (اي انها نواة في مستوى طاقة أعلى من المستوى الارضي) .

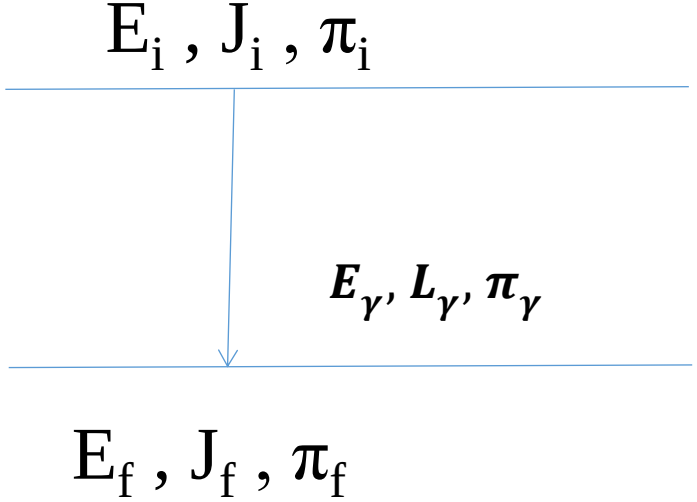
ان مستويات الطاقة لنواة معينة هي الحالات المتهيجة للنواة (ولكل نواة مستويات طاقة خاصة بها) ولكل مستوى من مستويات الطاقة له طاقة معينة وزخم زاوي معين J ، وتماثل محدد π ، والشكل ادناه يوضح بعض مستويات الطاقة للنواة $(^{24}_{12}Mg)$.


Jπ
$^{24}_{12}Mg^{*}$
E level
2^+
4.23 MeV
4^+
4.12 MeV
2^+
1.37 MeV
0^+
0.0

❖ قواعد الانتقاء (الاختيار) لانبعاث اشعة كاما $\gamma - decay$: selection rules for

هي الشروط الواجب تحققها لكي تنبعث اشعة كاما وهي تشمل :

1- قانون حفظ الطاقة :



لانبعاث اشعة كاما يجب ان تنتقل النواة من مستو عالي الطاقة الى مستو واطئ الطاقة ، وطاقة اشعة كاما E_γ تساوي تقريبا الفرق بين طاقتي المستويين لان الطاقة الحركية للنواة البنت قليلة وتهمل عادة مقارنة بـ (E_γ).

$$Q_\gamma = E_i - E_f = 931.5(M^* - M) = E_\gamma + T_M = E_\gamma$$

2- قانون حفظ الزخم الزاوي :

إذا كان الزخم الزاوي للنواة الام هو J_i ، وللنواة البنت هو J_f والزخم الزاوي المداري للفوتون $\boldsymbol{L_\gamma}$ ، فان :

$$\overrightarrow{J_i} = \overrightarrow{J_f} + \overrightarrow{L_\gamma}$$

حيث ان $\boldsymbol{L_\gamma}$ تأخذ القيم :

$$|J_i - J_f| \leq \boldsymbol{L_\gamma} \leq J_i + J_f$$

3- قانون حفظ التماثل (parity):

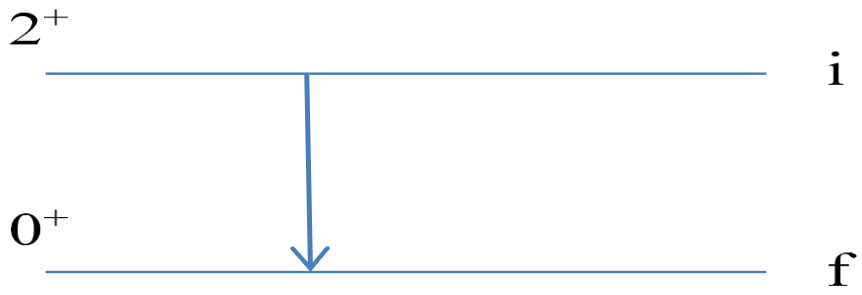
1) $\pi_i \cdot \pi_f = (-1)^L$ for electric radiation (EL)

2) $\pi_i \cdot \pi_f = (-1)^{L+1}$ for magnetic radiation (ML)

امثلة

مثال 1/ حدد الانتقالات الاكثر احتمالا لانبعاث اشعة كاما للانبعاثات الاتية :

1)



الحل/

$J_i=2$, $\pi_i=+$

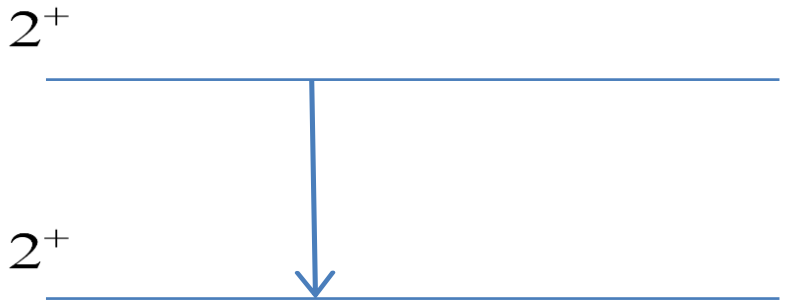
$J_f=0$, $\pi_f=+$

$|2-0| \leq \boldsymbol{L_\gamma} \leq (2+0) \rightarrow \boldsymbol{L_\gamma} = 2$

$\boldsymbol{\pi_\gamma} = \pi_i \, . \, \pi_f = (-1)^L$

$= +.+ = (-1)^L \rightarrow L=2 \rightarrow$ E2 transition

2)



$J_i=2$, $\pi_i=+$

$J_f=2$, $\pi_f=+$

$|J_i-J_f| \leq L \leq (J_i+J_f) \rightarrow |2-2| \leq L \leq (2+2) \rightarrow \boldsymbol{L} = 0 , 1 , 2 , 3 , 4$

$\boldsymbol{\pi_\gamma} = \pi_i \cdot \pi_f = (-1)^L \rightarrow L=2,4$ بالنسبة للاشعاع الكهربائي

E2 , E4 → E2

$\boldsymbol{\pi_\gamma} = \pi_i \cdot \pi_f = (-1)^{L+1} \rightarrow L=1,3$ بالنسبة للاشعاع المغناطيسي

M1 , M3 → M1

ملاحظة لايوجد لدينا L=0 ولذلك تهمل بالحسابات

اذن الانتقال هو مزيج من E2+M1

❖ التحول الداخلي Internal Conversion :

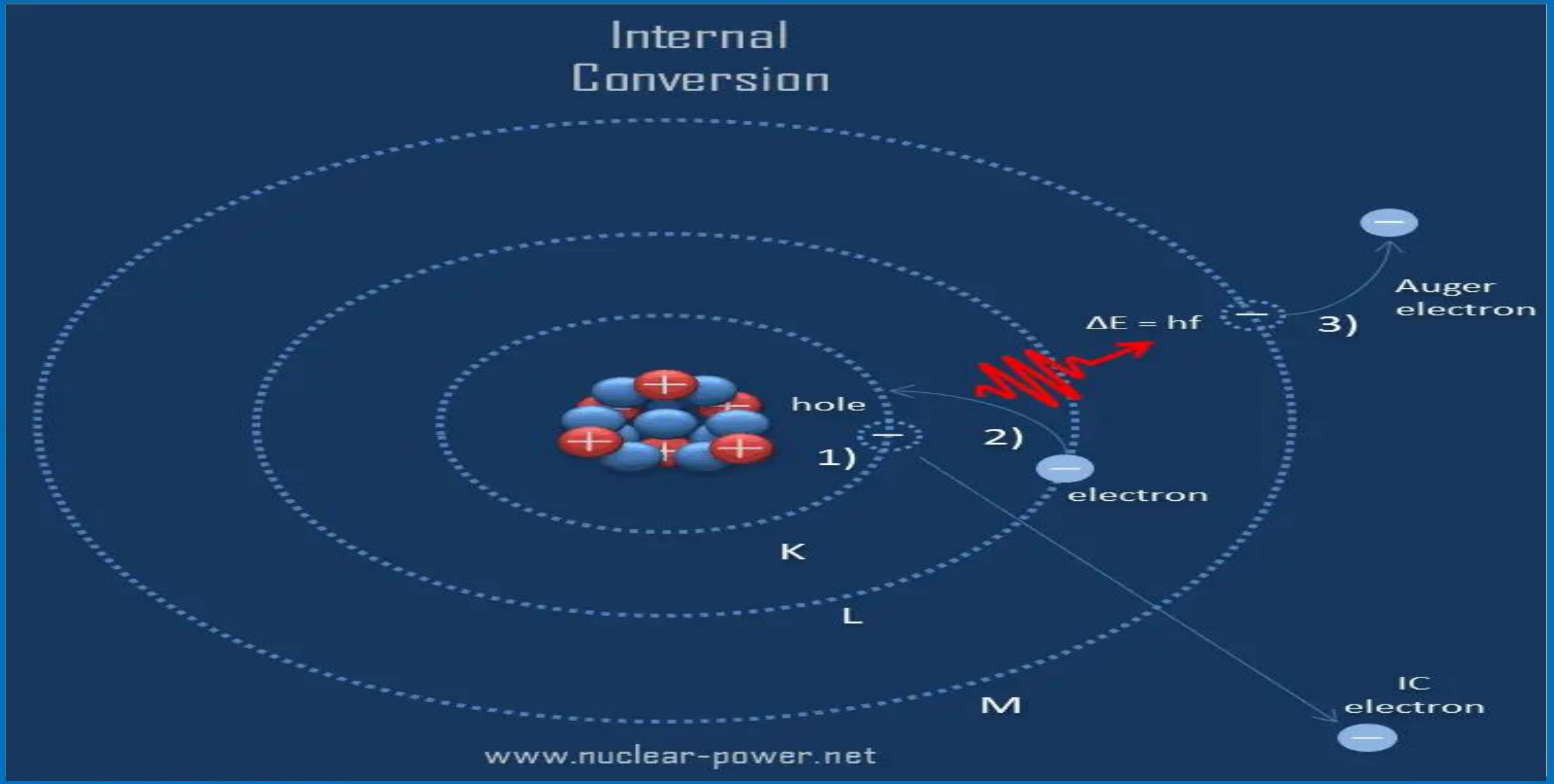
كما اوضحنا سابقا فان النواة المثارة تفقد طاقتها ببعث اشعة كاما ، لكن في بعض الحالات يكون فقدان هذه الطاقة بطريقة غير انبعاث اشعة كاما ، ولكن باعطاء جزء من هذه الطاقة الى احد الالكترونات في المدار الذري الخارجي (K مثلا او L أو M) ، ليسبب بعدها انبعاث الالكترون من مداره وتتحول النواة نفسها الى مستوى طاقة ادنى ويسمى الالكترون المقذوف بالكترون التحول (Conversion electron) كما وتسمى العملية بالتحول الداخلي Internal conversion وتحسب الطاقة الحركية للالكترون المتحرر من المعادلة التالية :

$$T_e = \boldsymbol{E_\gamma} - B_e = E_i - E_f - B_e$$

حيث $\boldsymbol{E_\gamma}$: طاقة اشعة كاما الخارجة من النواة

B_e :طاقة ترابط الالكترونات

ان انطلاق هذه الالكترونات يترك فراغا في المدار الذي كان فيه ، فاذا انطلق الالكترون من المدار k مثلا ، فهناك الكترون من المدار L سوف يهبط الى المدار K ليملأ الفراغ مؤديا لانبعاث اشعة سينية طاقتها تساوي الفرق بين طاقتي الالكترون في المدار L , K


Internal
Conversion
ΔE = hf
Auger
electron
3)
hole
2)
1)
electron
K
L
M
IC
electron
www.nuclear-power.net

❖ المتسلسلات النشطة اشعاعياً :

وهي نوى ثقيلة تنحل الى نوى وليدة هي بدورها نوى مشعة تنحل الى نوى اخرى نشطة اشعاعيا ، حيث تستمر هذه العملية لعدة اجيال حتى تستقر في النهاية الى نواة مستقرة ، حيث تنحل هذه النوى بانبعاث جسيمات ألفا وبيتا وكاما ، ففي انحلال الفا يتغير A باربع وحدات ويتغير Z بوحدتين ، وفي انحلال بيتا لا يتغير A على الاطلاق اما Z فيتغير بزيادة او نقصان وحدة واحدة حسب نوع الانحلال لبيتا. اما انحلال كاما فلا يتغير A, Z.

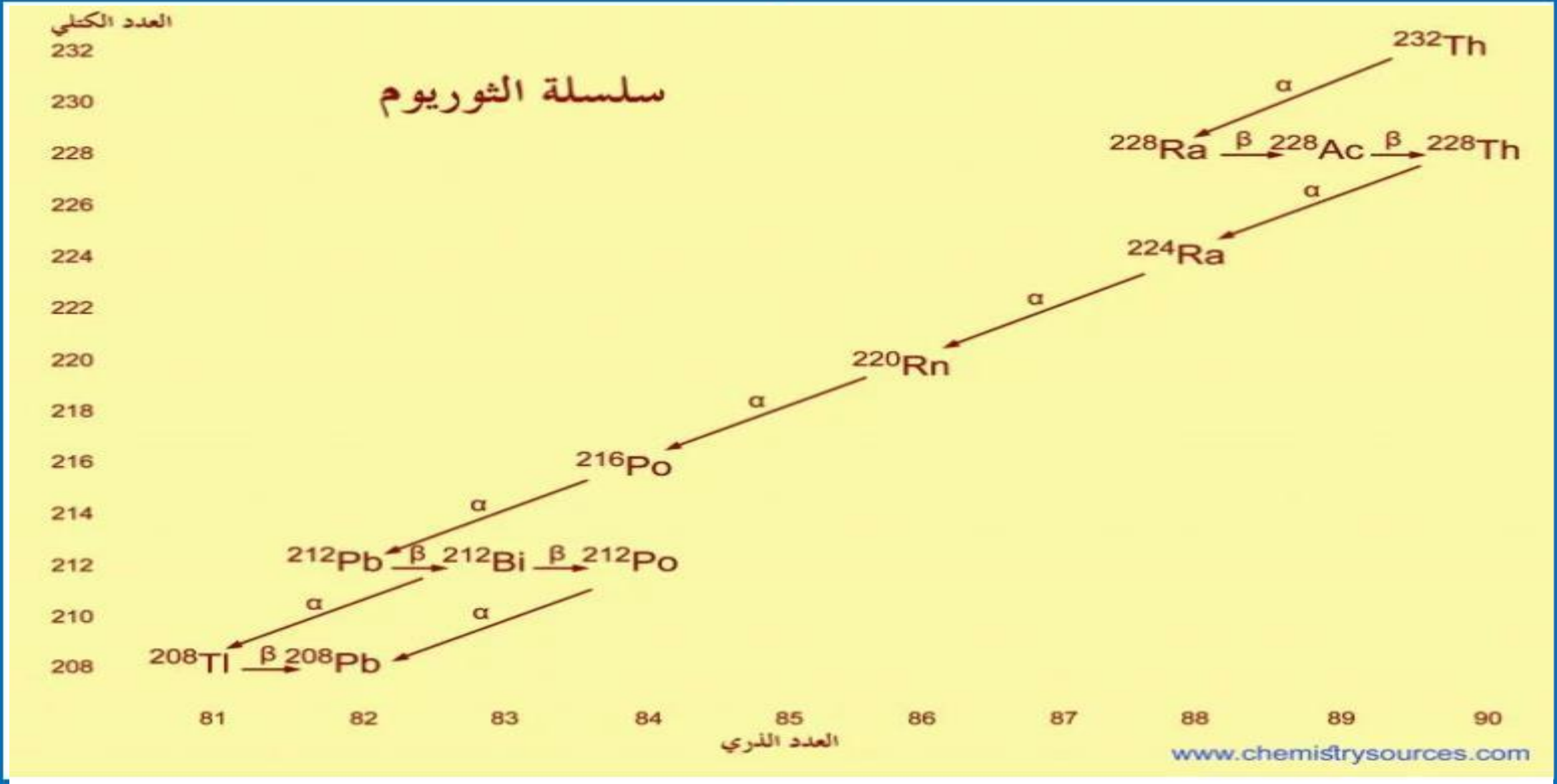
ان جميع العناصر المشعة الثقيلة يمكن ان تتوزع على اربع سلاسل انحلال مستقلة بعضها عن بعض وتكون ذات اعداد كتلية هي 4n , 4n+1 , 4n+2 , 4n+3 ، حيث n عدد صحيح ويبين الجدول ادناه بعض مميزات سلاسل انحلال العناصر الثقيلة .

السلسلة	رمزها	العنصر الاطول عمرا	عمر النص (سنة)	النواة النهائية (المستقرة)
الثوريوم	4n	$^{232}_{90}Th$	14.1×10^{9} Y	الرصاص $^{208}_{82}Pb$
النبتونيوم	4n+1	$^{237}_{93}Np$	2.14×10^{6} Y	البزموث $^{209}_{83}Bi$
اليورانيوم	4n+2	$^{238}_{92}U$	4.47×10^{9} Y	الرصاص $^{206}_{82}Pb$
الاكتينيوم	4n+3	$^{235}_{92}U$	7.04×10^{8} Y	الرصاص $^{207}_{82}Pb$

ملاحظة/ ان سلسلة النبتونيوم (4n+1) لا يمكن ان تكون موجودة في الطبيعة ، وذلك لان العمر النصفي للعنصر الاطول عمرا فيها هو فقط 2.14×10^{6} سنة . ومن الممكن انتاج هذه السلسلة صناعيا بتشعيع $^{238}_{92}U$ بواسطة النيوترونات البطيئة حسب التفاعل الاتي :

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{92}U^{*} \rightarrow ^{239}_{93}Np^{*} + \beta^{-}$$

سلسلة اليورانيوم
U-238
4.5x10^8y
α
Th-234
24.1 d
β
Pa-234
6.7 h
β
U-234
2.5x10^5y
α
Th-230
8x10^4y
α
Ra-226
1601y
α
Rn-222
3.8d
α
Po-218
3.05m
α
Pb-214
26.8m
β
Bi-214
19.8m
β
Po-214
0.16ms
α
Pb-210
22y
β
Bi-210
5.0d
β
Po-210
138.4d
α
Pb-206
مستقر
www.chemistrysources.com


سلسلة الثوريوم
العدد الكتلي
232
230
228
226
224
222
220
218
216
214
212
210
208
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
العدد الذري
232Th
α
228Ra
β
228Ac
β
228Th
α
224Ra
α
220Rn
α
216Po
α
212Pb
β
212Bi
β
212Po
α
α
208Tl
β
208Pb
www.chemistrysources.com

واجب رقم 4

س1/ حدد الانتقال الأكثر احتمالا لانبعاث أشعة كاما ($\frac{1}{2}^{+} \rightarrow \frac{1}{2}^{-}$)؟ ارسم مخطط الانتقال ؟

س2/ صنف انحلال بيتا $(\frac{5}{2}^{+}) \rightarrow \left(\frac{1}{2}^{+}\right)$ ادعم اجابتك بالرسم ؟

الى هنا ننتهي من محاضرة هذا

اليوم وان شاء الله التقيكم

بالمحاضرة القادمة