يحدث التفاعل النووي عندما يتفاعل جسيم مقذوف بنواة منتجا جسيم منبعث ونواة مختلفة باقية وواضح أن ما نقوم به هو تغيير لمميزات النواة الأصل.

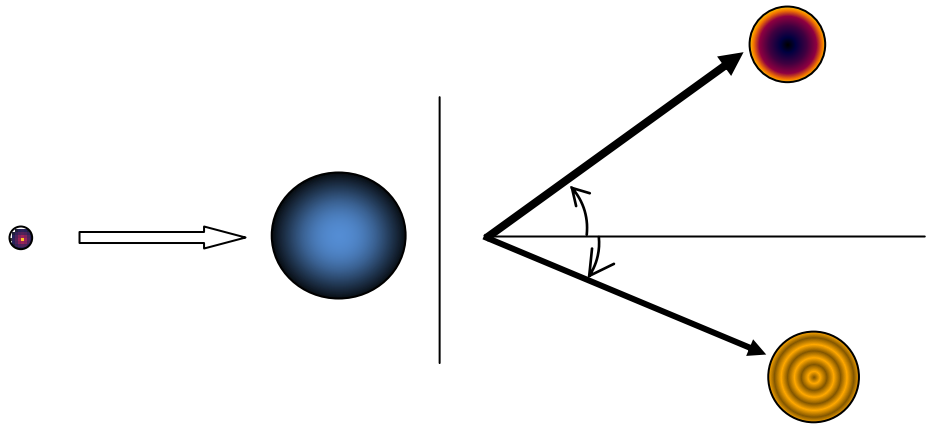
دراسة التفاعلات النووية تعطينا معلومات حول الحالات المتهيجة للانوية. إذن التفاعل النووي يكون عندما يتفاعل جسيم مقذوف x مع نواة هدف X منتجا جسيم منبعث y ونواة مخـتلفة Y.

1.6 معادلة التفاعل النووي:

يمكن التعبير على أي تفاعل نووي كما يلي:

بإختصار $X(x,y)Y$

و يحدث التفاعل النووي كما في الشكل (1.6)



الشكل (1.6): التفاعل النووي

2.6 الجسيمات المقذوفة

بعض الجسيمات المقذوفة:

الجسيمات القاذفة

particule		Notation
neutron	n	${}_0^1 n$
Proton	p	${}_1^1 H$
Deutéron	d	${}_1^2 H$
tritérium	t	${}_1^3 H$
Heluim3	h	${}_2^3 H_e$
Heluim4	α	${}_2^4 H_e$

مثال: ${}_7^{14}N + {}_2^4He \rightarrow {}_1^1H + {}_8^{17}O$

${}_7^{14}N(\propto, P){}_8^{17}O$

مناقشة بعض الحالات :

عادة ما يكون x, y نكليون أو نوى خفيفة أو فوتونات

- إذا كان x هو y فالتفاعل تفاعل تشتت و X هو Y
- يكون التشتت مرن إذا كان مجموع الطاقة الحركية لـ Yو y يساوي الطاقة الحركية لـX
- يكون التشتت غير مرن إذا كان مجموع الطاقة الحركية لـYوy أقل من الطاقة الحركية لـ x وتنتج إذن نواة راسبة Y متهيجة

- إذا كانت x هي فوتون يسمى التفاعل تفاعل فوتو نووي
- إذا كانت y هي فوتون يسمى التفاعل النووي بالأسر الإشعاعي

في التفاعل النووي تكون الشحنة الكهربائية وعدد النكليونات محفوظة إذا كانت كتلة المتفاعلات أكبر من كتلة النواتج يحدث التفاعل. إذا كانت كتلة المتفاعلات أقل من كتلة النواتج لا يحدث التفاعل إلا إذا كان الجسيم القاذف يملك سرعة كبيرة .

3.5 معـــادلة الطـــــــــــاقة المتحررة للتفاعل النووي:

من الشكل (1.6) نجد:

- **إنحفاظ الطاقة:**

$$K_x + M_x c^2 + M_x c^2 = K_y + M_y c^2 + K_y + M_y c^2 \quad (1.6)$$

$$\left(K_y + K_Y\right) - K_x = (M_x + M_X)c^2 - \left(M_y + M_Y\right)c^2 \quad (2.6)$$

$$\varphi = \left(K_y + K_Y\right) - K_x \quad (3.6)$$

$$\varphi = (M_x + M_X)c^2 - \left(M_y + M_Y\right)c^2 \quad (4.6)$$

- **إنحفاظ الـــــــدفع:**

$$P_x = P_y cos\theta + P_Y cos\varphi \quad \mathbf{(5.6)}$$

$$0 = P_y sin\theta + P_Y sin\varphi \quad (6.6)$$

$$P_x^2 - 2P_xP_ycos\theta + P_y^2 = P_Y^2 \qquad (7.6)$$

$$2M_xK_x - 2(2M_xK_x)^{1/2}(2M_yK_y)^{1/2}cos\theta + 2(2M_yK_y) = 2M_YK_Y \qquad (8.6)$$

نحسب K_Y من المعادلة (8.6) وذلك بتعويضها في المعادلة (3.6) نجد:

$$\varphi = K_y\left(1+\frac{M_y}{M_Y}\right) - K_x\left(1+\frac{M_x}{M_Y}\right)2\frac{(M_XM_yK_xK_y)^{1/2}}{M_Y}\cos\theta \qquad (9.4)$$

$\varphi > 0$ ستحرر طاقة من التفاعل –ناشر للحرارة-

$\varphi < 0$ يحتاج التفاعل إلى طاقة كي يحدث

4.6 طاقة العتبة:

$$K_{th} = \frac{-\varphi(M_y+M_Y)}{M_Y+M_y-M_x} \qquad (10.6)$$

$$K_{th} = \frac{-\varphi(M_x+M_X)}{M_x} \qquad (11.6)$$

5.6 التمارين المقترحة

<u>التمرين الاول</u>: عند استخدام ديترونات طاقتها 5Mev في التفاعل $^{14}_{7}N\ (d,p)\ ^{15}_{7}N$ انبعث بروتون بزاوية قدرها 90^0 وطاقة 12.124Mev مع العلم ان النواة $^{14}_{7}N$ ساكنة

- احسب مقدار طاقة التفاعل Q
- احسب كتلة النواة $^{14}_{7}N$

$M(^{15}_{7}N)=15.000108u$, $m(^{1}_{1}H)=1.007276u$, $M(^{2}_{1}H)= 2.014101u$

<u>التمرين الثاني</u>: لدينا التفاعل التالي

$$^{1}_{0}n + {}^{10}_{5}B \longrightarrow {}^{7}_{3}Li + {}^{4}_{2}He$$

يحدث هذا التفاعل حتى في حالة اصطدام نيترونات بطيئة جدا بذرة بوزون في حالة سكون.

افرض ان Kx = 0 وان سرعة جسيمات الفا α كانت $9.3 .10^6$ m/s

- احسب الطاقة الحركية لنواة الليثيوم
- احسب مقدار طاقة التفاعل Q
- احسب كتلة النواة $^{10}_{5}B$

$M(\alpha)=4.002603u$, $M(^{7}_{3}Li)=7.016004u$, $M(^{1}_{0}n)=1.008665u$, $1u=1.66 .10^{-27}$ Kg

<u>التمرين الثالث</u>: لدينا التفاعل التالي

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

$m(^1_1H)=1.007276u$, $M(^3_1H)=3.0160492675u$,
$M(^3_2He)=3.0160293097u$, $M(^1_0n)=1.008665u$
احسب طاقة العتبة للبروتون علما ان $Q= - 0.764$ Mev

التمرين الرابع: اصطدم فوتون طاقته 6Mev مباشرة مع نواة ^4_2He طاقتها 2Mev لهما نفس الاتجاه وأنتجا ديترونين.

- اذا كان للديترونين نفس زاوية التبعثر بين ان لهما نفس الطاقة.
- احسب الطاقة الحركية لكل من الديترونين.

$M(^2_1H)=$ 2.014101u , $M(\alpha)=4.002603u$

للمفاعلات النووية فوائد عديدة إذا أحسن استخدامها في نفع الإنسان و رفاهيته ومن هذه المنافع العظيمة توليد الطاقة النووية وتحويلها إلى طاقة كهربائية بواسطة ما يعرف بمحطات القوى الكهربائية ويمكن الحصول عليها بواسطة المحطات الحرارية التي تعمل بالوقود العادي ليس لها حوادث تذكر بالمقارنة بما يحدث للمفاعلات النووية القديمة وتسرب الإشعاعات إلى الأماكن القريبة منها و الأخطار الناتجة عن النفايات النووية من هذه المحطات و أثارها الضارة على البيئة.

إن للأرض موارد محدودة من النفط والفحم وهذه الموارد ستستخدم خلال 63-95 سنة حيث تقدر الكميات المؤكدة من احتياطي النفط بالعالم بحدود (1.4-2.1) ترليون برميل. الفترة (63-95) سنة حسبت على أساس الاستهلاك الفعلي للنفط حاليا مع زيادة بحدود 1% - 2% سنويا حيث متوسط الاستهلاك السنوي بحدود 80 مليون برميل نفط.

لغرض المقارنة فان طن واحد من اليورانيوم يعطي طاقة تعادل الطاقة الناتجة من ملايين الأطنان من الفحم أو ملايين البراميل من النفط الآثار الجانبية لحرق الفحم والنفط يؤدي إلى تلوث البيئة بينما مفاعل نووي مصمم بشكل جيد ويعمل تحت رقابة وإشراف جيدين لا يؤدي إلى إطلاق أي تلوث في الجو.

1.7 الانشطار النووي

الانشطار هو عملية تنقسم فيها النواة الثقيلة عند قذفها بنيترون الى شطرين (وهي الحالة الأكثر حدوث) أو أكثر مع انبعاث النيترونات، هذه الأجزاء متمثلة في عناصر تقع وسط الجدول الدوري وليس الى عناصر انتقالية عن اليورانيوم كما كان يعتقد فرمي.

اليورانيوم ^{238}U هو من بين الثلاثة نوى الثقيلة قابلة للانشطار هي ^{238}U و ^{239}Pu أما الطاقة الحرارية لنيترونات فهي بحدود 0.025 إلكترون فولت.

وبشكل عام تعطى معادلة الانشطار النووي كالتالي :

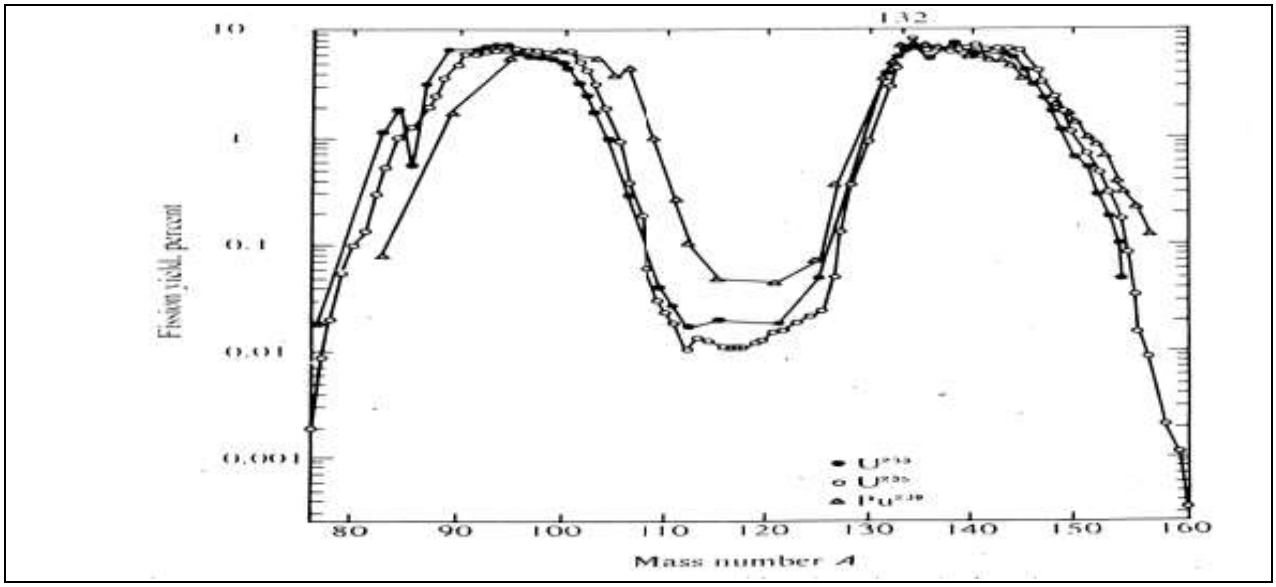
$$n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{236}_{92}U \rightarrow N_1 + N_2 + \text{neutrons}$$

إن الأجزاء النووية الناتجة من انشطار النواة الثقيلة(^{235}U) تدعى بشظايا الانشطار أو نواتج الانشطار Fission fragment، ولقد لوحظ إن الشظايا الناتجة من الانشطار تكون لها نصف كتلة اليورانيوم تقريبا لكنهما، نادرا ما يكونان متساويان.

وهذه الشظايا تتحلل بدورها إلى عناصر أخرى مما يعني إمكانية إنتاج عناصر جديدة بهذه الطريقة، فمثلا نجد ان نواتج التفاعل النووي تحلل كما يلي:

$$^{144}_{56}Ba \xrightarrow{\beta^-} {}^{144}_{57}La \xrightarrow{\beta^-} {}^{144}_{58}Ce \xrightarrow{\beta^-} {}^{144}_{59}Pr \xrightarrow{\beta^-} {}^{144}_{60}Nd$$

$$^{89}_{36}Kr \xrightarrow{\beta^-} {}^{89}_{37}Rb \xrightarrow{\beta^-} {}^{89}_{38}Sr \xrightarrow{\beta^-} {}^{89}_{39}Y$$



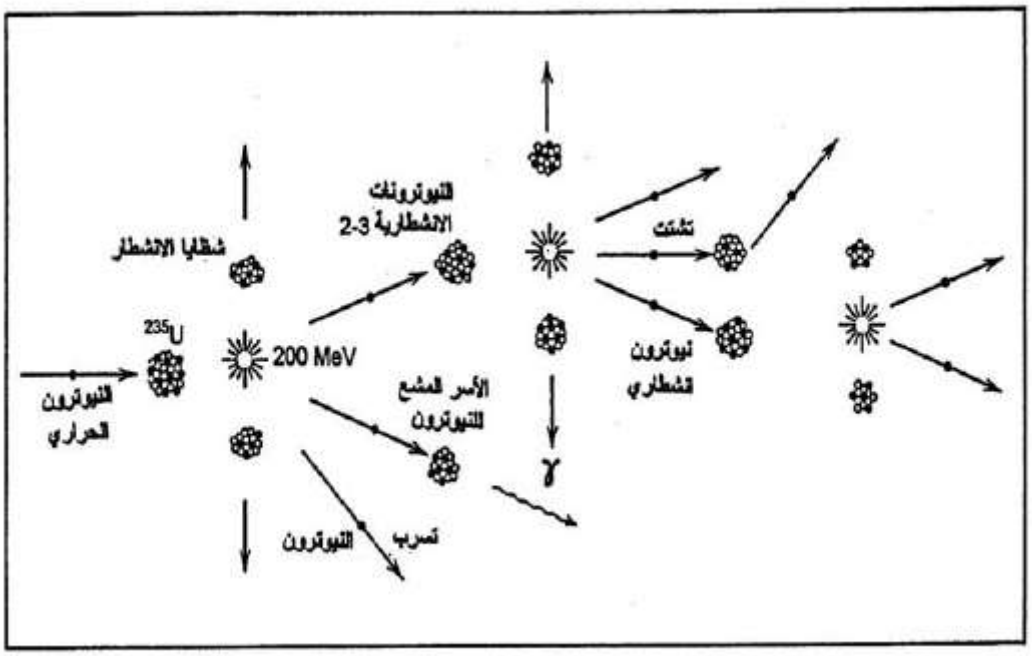
الشكل (1.7): منحنيات كتل نواتج انشطار نوى^{233}U و^{235}U و ^{239}Pu بواسطة النيترونات البطيئة.

يوضح لنا هذا الشكل توزيع الشظايا الانشطار الناتجة من انشطار ^{233}U و^{235}U و ^{239}Pu تبعا لكتل كل منها، بحيث يشير البيان إلى احتمال الحصول على مثل هذه الشظايا المتساوية الكتل أمر ضعيف الذي يمكن أن يحدث مرة واحدة لكل 10^4 تفاعل انشطار. كذلك فإننا نستطيع ملاحظة ان الشظايا ذات الكتل من 90 الى 100 ومن 135 الى 145 تمثل موقع الصدارة من حيث ارجحية الحصول عليها من الانشطار ^{235}U ، بحيث تكون الطاقة الحركية لشظايا الانشطار كبيرة جدا بحدود 200 إلكترون فولت لكل انشطار.

1.1.7التفاعل النووي المتسلسل

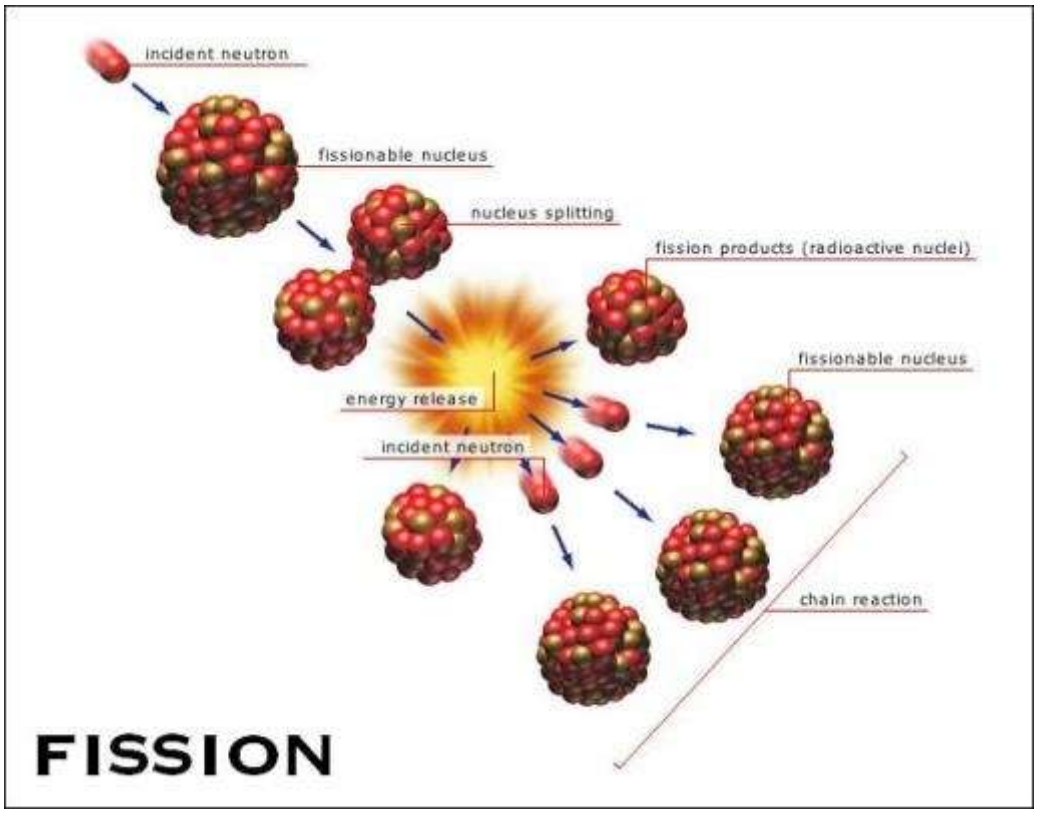
- تتحرر عند انشطار النوى طاقة هائلة، حوالي 200 إلكترون فولت لكل نواة منشطرة. و كذا يصاحب هذا انشطار انطلاق نيترونات إضافية معدل هذه النيترونات الناتجة هو من 2.5 الى3 نيترون لكل تفاعل انشطاري أي في حال انشطار نواة واحدة.

ولتوضيح أهمية ذلك، لنفترض أننا بدأنا بقصف نواة ^{235}U بنترون فتنشطر هذه النواة معطيه نيترونين، لنفترض أن كلا منهما ينفذ الى نواة من انوية اليورانيوم ويسبب انشطارها. فتحرران أربعة نيترونات جديدة، وهذه النيترونات تسبب انشطار أربعة انويه وانبعاث ثمانية نيترونات، وفي الجيل التالي نجد ستة عشر نيترونا ثم اثنان وثلاثون وهكذا . . . ، أي أن كل من كمية النيترونات المتحررة وكمية الأنوية المنشطرة تزداد باستمرار وهو موضح في الشكل رقم (2.7).



الشكل (2.7): التفاعلات الانشطارية النووية لنواة ^{235}U

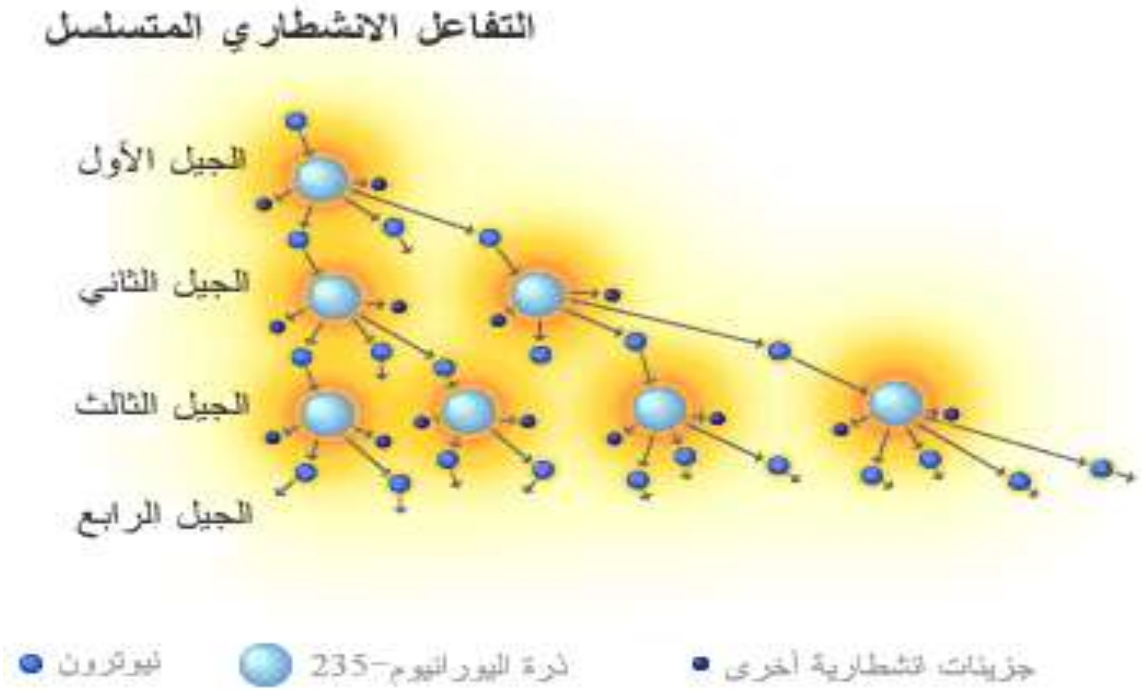
وهذه الانشطارات يرافقها بالطبع طاقة هائلة من الممكن أن تسبب كارثة أن لم تتم السيطرة عليها، وهذا النوع من التفاعلات يسمى بالتفاعلات المتسلسلة Chain réactions، وهذا موضح في الشكل التالي:



الشكل (3.7): شكل يوضح التفاعل المتسلسل.

2.1.7 معامل التضاعف

لكن من جهة أخرى لا تقع كافة النيترونات الثانوية أو الإضافية في اسر انويه المادة الانشطارية، ففي الأجهزة التي يجري ضمنها التفاعل المتسلسل هناك دوما مواد أخرى بالإضافة إلى المادة الانشطارية بعضها ينقل الحرارة من منطقة جريان التفاعل إلى خارجها (حوامل الحرارية)، و أخرى تهدئ النيترونات (المهدئات) وثالثة عبارة عن مواد إنشائية كالحواجز و أغلفة الوقاية . . .الخ، وهكذا فان نمو التفاعل المتسلسل لا يتحدد من عدد النيترونات الثانوية فحسب بل ومن درجة الاستفادة من هذه النيترونات للانشطار اللاحق الشكل(4.7).



الشكل (4.7): يوضح التفاعل الانشطاري المتسلسل بواسطة النيترونات المستفاد منها.

وسنطلق اسم معامل المضاعفة على نسبة عدد النيترونات المتكونة في الجيل الحالي على عدد النيترونات الجيل السابق,

$$\mathbf{K}=\frac{\boldsymbol{number\ of\ neutrons\ in\ the\ present\ generation}}{\boldsymbol{number\ of\ neutrons\ in\ the\ previous\ generation}}$$

يحدد معامل التضاعف K سرعة نمو التفاعل المتسلسل. و لحساب هذه السرعة نرمز للمجال الزمني الوسطي الفاصل بين لحظة الانشطار و لحظة الامتصاص نوى المادة الانشطارية للنيترونات الثانوية بالرمز ζ ليكن N عدد النيترونات في الجيل المدروس (الحالي)، ففي الجيل الموالي يصبح عددها KN، وبما أن تغير عدد النيترونات هو KN-N = $\Delta N=N(K-1)$ يجري خلال الزمن ζ فان سرعة التنامي للتفاعل المتسلسل هي:

$$\frac{\mathbf{dN}}{\mathbf{dt}}=\frac{\boldsymbol{N(K-1)}}{\boldsymbol{\zeta}}$$

بالمكاملة نجد $N = N_0 e^{-\frac{(K-1)t}{\zeta}}$

حيث N عدد النيترونات المتكونة خلال عملية الانشطار، في اللحظة N_0,t عددها في اللحظة الابتدائية فاذا كان:

• K > 1 تتزايد N بمرور الزمن ويدعى بالنظام فوق الحرج supereritical system وهو ما يحدث في القنابل الذرية.

• K = 1 يبقى عدد النيترونات على الحالة، ويسمى تفاعل متسلسل عندئذ "مستديما ذاتيا " أو يدعى بنظام الحرج cristical system وهو ما يحدث في المفاعلات.

• K < 1 فان عدد النيترونات يتناقص، وبالتالي عدد الانشطارات يتناقص بمرور الوقت ويسمى التفاعل عندئذ متخامد أو بالنظام دون الحرج suberitical system وبالطبع التفاعل سينتهي بعد فترة، ويستخدم هذا النوع من المفاعلات لأغراض البحث العلمي.

3.1.7 مستقبل المفاعلات الانشطارية

إن أعمار المفاعلات الانشطارية بين 20 الى 30 عاما ثم تصبح غير صالحة للاستعمال إلى الأبد وتصبح أجزاء المفاعل جميعها ملوثة بالأشعة وكذلك المنطقة المحيطة، فهي تصاحب أخطار مضرة للحياة حيث هذا النوع من المفاعلات يحتاج إلى الماء في عمله، لقد بينت الدراسات ان مياه الشواطئ التي بنيت عليها المفاعلات الانشطارية تتلوث إشعاعي مما يعني انتقال الاشعاعات إلى الأسماك والكائنات الحية وبالتالي إلى الإنسان، وهناك تلوثا حراريا للبيئة مما يؤدي إلى تغير في المناخ الذي يؤثر على نوعية المحاصيل وارتفاع منسوب مياه البحار ونقصان كمية الأكسجين، ويجب أن لا ننسى ان للمفاعلات الانشطارية نواتج وفضلات لها نصف عمري طويل قد يصل إلى مئات ملايين السنين.

ضف إلى ذلك أن المفاعلات قد تكون عرضة للتخريب المتعمد كما حدث للمفاعل النووي العراقي الذي ضربه الكيان الصهيوني. أو مما يحيط الآن بالبرنامج النووي الإيراني.

4.1.7 مفاعلات التشظي

تعتبر هذه المفاعلات من المفاعلات المستقبلية التي يمكن أن تستخدم النيترونات المتولدة من اصطدام البروتونات الفائقة الطاقة بأحد العناصر الثقيلة مثل الرصاص في توليد الطاقة الكهربائية وفي تحويل المخلفات المشعة المتولدة في المفاعلات النووية التقليدية إلى أخرى اقل خطرا في مفاعلات نووية غير حرجة، حيث تستخدم في هذه المفاعلات مسرعات لتعجيل البروتونات وجعلها تصطدم مع هدف مبرد يحوي عنصر الرصاص أو عنصر أخر ثقيل لتوليد نيترونات سريعة بعملية التشظي.

2.7 التفاعلات الاندماجية

عند اقتراب بروتونان ونيترونان من بعضهما البعض لتكوين نواة الهليوم سيكون هناك ضياع في الكتلة، فقدان الكتلة هنا يؤدي الى تحرير كمية كبيرة من الطاقة.

ان بناء نوى كبيرة بربط نوى صغيرة ببعضها البعض يسمى اندماج نووي، احد ابسط تفاعلات اندماج النووي هو انتاج الديتريوم $^{2}_{1}\mathrm{D}$ من نيترون وبروتون حسب المعادلة التالية:

$$^{1}_{1}H + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{2}_{1}H + \gamma$$

الطاقة المتحررة من هذا التفاعل:

$$1.007825+1.008665=2.016490\ \text{Uma}$$

$$2.014102u<2.016490\ \text{Uma}$$

إذا يمكننا القول أن طاقة الربط لكل نكليون بعد التفاعل تكون أكبر من قبل التفاعل. وبالعودة إلى مخطط طاقة ربط نكليون بدلالة العدد الكتلي A نلاحظ أن طاقة الربط للنكليون الواحد تزداد بزيادة العدد الكتلي إلى غاية A يساوي 60 وعليه فإن الاندماج النووي لنواتين لإنتاج نواة ثالثة عددها الكتلي أقل من 60 يمكن أن يحدث وأن عملية الاندماج تسير عكس عملية الانشطار.

الشمس عبارة عن مفاعل نووي اندماجي حيث يعتقد العلماء أن الطاقة تنتج من سلسلة من التفاعلات الاندماج تسمى دورة بروتون-بروتون.

$$^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + \beta^{+} + \nu$$

$$^{1}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + \gamma$$

$$^{3}_{2}He + ^{3}_{2}He \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H$$

هذه السلسلة يمكن ان تتلخص بالمعادلة التالية:

$$4^{1}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + 2\beta^{+} + 2\nu + 2\gamma$$

لاحظ اننا بحاجة الى نواتين من $^{3}_{2}He$ وهذا يفسر لنا حصولنا على $2\beta^{+}, 2\nu$

1.2.7 المفاعلات الاندماجية

إن كل من المفاعلات الناتجة من الاندماج النووي تعد من المفاعلات المستقبلية حيث نلاحظ أن المفاعلات الاندماجية تتميز بأنها تستخدم وقودا رخيصا. فالديتريوم يوجد بنسبة ذرة واحدة بين كل 6500 ذرة هيدروجين. إن النواتج النهائية للتفاعلات الاندماجية ما هي إلا نظائر الهيليوم والهيدروجين وليس هناك إنتاج لأي عنصر ثقيل. إضافة إلى ذلك ليس هنالك مجالا لحدوث الحوادث الفجائية لان المفاعلات الاندماجية تنهي نفسها بنفسها. لان التفاعل النووي الاندماجي هو عملية يتم فيها اندماج نواتيين خفيفتين ليكونا نواة واحدة اثقل منهما.

1.1.2.7 مفاعل أيتر الاندماجي ITER

لقد تم احراز تقدم هائل في بحوث اندماج التي تجرى على يد علماء من جميع انحاء العالم على مدى العقود الماضية، وتستعد الجماعة المهتمة بشؤون طاقة الاندماج لاتخاذ الخطوة التالية، حيث اتمت تصميم تجارب المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي (ITER) ونبعت فكرة مشروع هذا المفاعل في مؤتمر القمة للدول العظمى في جنيف.

2.1.2.7 مبدا عمل مفاعل ITER

يقوم هذا الجهاز على مفهوم التوكوماك، وهو عبارة عن وعاء على شكل الطارة (الانبوبة الحلقية) محاط بحلقات يتولد عنها مجال مغناطيسي شديد، حيث يمكن بواسطة هذا المجال خلق الظروف الملائمة لعملية اندماج النووي، والحلقات تكون جميعها مصنوعة من مواد لها القدرة الكبيرة على التوصيل الكهربائي.

ويتم تسخين مخلوط الوقود الذي يتكون من التريتيوم و الديتريوم نظيري الهيدروجين، حيث تكون درجة الحرارة هذا الوقود الى مئة مليون درجة، وتؤدي درجات الحرارة العالية إلى اندماج بعض جسيمات الوقود منتجة ذرة الهيليوم، كما يتولد نيترون واحد عن كل تفاعل اندماج نووي. وتنتقل معظم الطاقة المولدة من تفاعل اندماج الى الجدار عن طريق النيترونات، وفي داخل هذا المفاعل تتفاعل النيترونات مع طبقة رقيقة من ذرات الليثيوم حيث يتم انتاج وقود التريتيوم، ويتم التخلص من الحرارة الناتجة عن ابطاء حركة النيترونات بواسطة مائع التبريد.

إن الطاقة الناتجة عن تفاعل البلازما أكثر من الطاقة اللازمة لإحداث هذا التفاعل، فانه ينبغي ان تكون البلازما ساخنة لدرجة حرارة عالية و لمدة زمنية طويلة.

3.1.2.7 مفاعل ITER على طريق طاقة الاندماج

إن مشروع هذا المفاعل ليس غاية في حد ذاته، انه جسر نحو المحطة الأولى التي توضح إمكانية إنتاج الطاقة الكهربائية على نطاق كبير. إن الهدف بعيد المدى للبحث والتطوير في مجال الاندماج النووي هو الوصول إلى نماذج أولية لمحطات طاقة الاندماج والتي تبرهن أمان التشغيل والتواؤم البيئي، وتنطوي الإستراتجية اللازمة للوصول إلى هذه الأهداف بعيدة المدى على عدد من العناصر المختلفة، و أولها هي إقامة مشروع (ITER)، ثم يليه إنشاء مفاعل يطلق عليه DEMO الذي يبرهن هذا المشروع على إمكان التوليد واسع النطاق لطاقة الاندماج، وعلى الاكتفاء الذاتي لوقود التريتيوم. ويتوقع أن يكون مشروع (DEMO) جاهزا للتشغيل خلال 30-35 عام من بداية اعمال الانشاء في مفاعل (ITER) الذي يقود هذا المشروع إلى تكنولوجيا الاندماج إلى عصرها الصناعي ويفتح السبيل نحو أول محطة تجارية لطاقة الاندماج النووي.

والهدف بعيد المدى من بحوث الاندماج هو تسخير هذه العملية للمساعدة في تلبية الاحتياجات المستقبلية للطاقة. إن هناك احتمالات جيدة لتوفير الطاقة الآمنة والمحمية بيئيا على نطاق واسع بهذه الطريقة التي تتميز بوفرة مصادر الوقود.

وفي الأخير نذكر إن الوقود الذي يعول عليه مفاعلات الاندماج المستقبلية يتميز بعدة فوائد على تفاعلات ديتريوم-تريتيوم، فهي تنتج نيترونات قليلة وبعضها لا ينتج على الإطلاق، ومن الممكن تحويل نواتج الاندماج المشحونة إلى كهرباء بدون الحاجة إلى دورة حرارية.

يمكن الربط بين منظومتي الانشطار والاندماج بشكل له مردود ايجابي وتعتبر الفكرة الأولى، أما الفكرة الثانية تعتمد على استخدام المعجلات لتوليد الوقود الذي تستخدمه منظومة الانشطار. في بعض الأحيان تكون هاتان الفكرتان متطابقتين حيث كلاهما يحتاج إلى منظومة ثانوية مساعدة حيث تكون في الأولى المفاعل الاندماجي وفي الثانية تكون منظومة لتوليد المادة الانشطارية.

من الواضح انه ليس بإمكان إعطاء الصورة المتوقعة لاستغلال واستهلاك الطاقة للعشرة أو العشرين سنة القادمة، إن اختيار طريق معين لا يعتمد بصورة مجردة على التكنولوجيا وتطورها و طرحت تساؤلات تخص ربط الطاقة النووية بالمستقبل واستخداماتها، كما نمت وتطورت المفاعلات النووية التي بواسطتها نحصل على الطاقة.

إن المفاعلات النووية تعتبر في غاية التعقيد وليس هنالك مجالا لحدوث خطأ سواء كان ناتجا عن السهو أو الخلل.

3.6 التمارين المقترحة

التمرين الثاني: احسب كمية الطاقة المتحررة للتفاعل ا اندماجي النووي الاتي:

$$^{7}_{3}\mathrm{Li}+^{1}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He}+^{4}_{2}\mathrm{He}$$

التمرين الثالث: احسب كمية الطاقة المتحررة من تفاعل ا اندماج لسلسلة البروتون-البروتون المعطى في الشكل:

$$4(^{1}_{1}\mathrm{H}) \longrightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He}+2(\beta^{+})+2\nu$$

التمرين الرابع: لتكن Δm نقص الكتلة للنكليد $^{A}_{Z}X$ ، نعرف $f=\frac{\Delta m}{A}$ بانها نسبة التغليف (وهي تعطي فكرة عن الطاقة المتوسطة التي تربط نكليونات النواة) عندما تكون A كبيرة نسبيا فان العلاقة التالية محققة : $10^{4} f=-16+\frac{AX_0}{11}$ $X_0=1uma$

اذا كان انشطار نواة اليورانيوم $^{235}\mathrm{U}$ حسب التفاعل التالي : $^{235}\mathrm{U}+^{1}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{90}\mathrm{X}+^{143}\mathrm{Y}+^{3}$

1- احسب النقص في الكتلة لكل من $^{235}\mathrm{U}$, $^{90}\mathrm{X}$, $^{143}\mathrm{Y}$

2- احسب الطاقة المتحررة عن الانشطار.

التمرين الخامس: ماهي مزايا ومساوئ استعمال الماء العادي كمهدئ في المفاعلات النووية.

التمرين السادس: يقضي العلماء وقت معتبرا في البحث عن اماكن صالحة لإقامة مفاعلات نووية عليها، لماذا؟

التمرين السابع: كم هي كتلة اليورانيوم 235 التي يجب ان تخضع الانشطار كل يوم لتجهيز 3000MW من القدرة الحرارية.

التمرين الثامن: كم هي كتلة اليورانيوم 235 التي انشطرت في القنبلة الذرية الاولى التي كانت طاقتها تكافئ 20 كيلو طن من المادة المتفجرة TNT

حيث: $1KTon(TNT)=5*10^{12}$ Joule

- كم كانت كتلة اليورانيوم التي تحولت الى طاقة.

المراجع

***كتب باللغة العربية**

[1] د. مكي الحسني، مدخل الى الفيزياء النووية، ديوان المطبوعات الجامعية المساحة المركزية – بن عكنون الجزائر (05-91).

[2] د. مناف عبد الحسن، الفيزياء النووية، دار صفاء للنشر و التوزيع – عمان، الطبعة الاولى 2008م-1429ه

[3] د. محمد حبيب بركات، د. مصطفى عبد السلام نصر، اسس الفيزياء النووية، دار الفكر للطباعة والنشر و التوزيع – عمان، الطبعة الاولى 2000م -1421ه

[4] أ. د محمد فاروق احمد، أ. د احمد بن محمد السريع، مبادئ الاشعاعات المؤينة و الوقاية منها، سلسلة من النشرات المتخصصة تصدرها اللجنة الدائمة للوقاية من الاشعاعات بجامعة الملك سعود – المملكة العربية السعودية،.2007م-1428ه

[5] د. احمد الناغي، د. محمد نبيل يس البكرى، الفيزياء النووية، دار الفكر العربي– القاهرة، 2008م-1429ه

[6] أ. ن كليموف، ترجمة الدكتور مجدي مصطفى امام، الفيزياء النووية و المفاعلات النووية، دار (مير) للطباعة و النشر – الاتحاد السوفياتي موسكو، 1980م

[7]أ. د محمد فاروق احمد، د. احمد سريع، اسس الفيزياء الاشعاعية، سلسلة من النشرات المتخصصة تصدرها اللجنة الدائمة للوقاية من الاشعاعات بجامعة الملك سعود المملكة العربية السعودية،2007 م.

[8] أ.د.محمد فاروق أحمد - أ.د.أحمد بن محمد السريع، مبادئ الإشعاعات المؤينة و الوقاية منها، الطبعة الثانية، جامعة الملك سعود، 2007، المملكة العربية السعودية.

[9] نزيه حيدر رزيق قرفول، مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية سلسلة العلوم الاساسية، المجلد 28 ، العدد 20061،2006 .

[10] أ.د.أحمد سريع, د.محمد فاروق أحمد, أسس الفيزياء الإشعاعية , سلسلة من النشرات المتخصصة تصدرها اللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاعات بجامعة الملك سعود المملكة العربية السعودية,2007م.

[11] د.غازي ياسين القيسي, أساسيات الفيزياء الحديثة, الطبعة الأولى , دار المسيرة, الأردن,2007.

[12] د.محمد قاسم محمد الفخار, الإشعاع و مصادره و تأثيراته البيولوجية,ايتراك للنشر و التوزيع , القاهرة- مصر, 2006.

[13] د.فوزي عبد الكريم أكرم, د.محمد قاسم محمد فخار, الفيزياء النووية و الإشعاعية, دار الكتب الوطنية بنغازي- ليبيا.

[14] أ.د.بن محمد سريع,أ.د. محمد فاروق احمد, مبادئ الإشعاعات المؤينة و الوقائية منها, الطبعة الثانية, جامعة الملك سعود,2007 , المملكة العربية السعودية .

[15] المهندس أزاد خسر و غفور , استخدامات الأشعة في البحوث و الطب و الصناعة و الحياة العامة, مديرية التقييس و السيطرة, العراق.

[16] محمد حبيب بركات, اساسيات الفيزياء النووية, الطبعة الاولى 2008-1428, دار الفكر ناشرون وموزعون, المملكة الاردنية الهاشمية-عمان-ساحة الجامع الحسيني-سوق البتراء-عمارة الحجيري.

[17] ماير هوف ترجمة عاصم عبد الكريم عزوز, مبادئ الفيزياء النووية, الجمهورية العراقية جامعة الموصل, مكتبة العامة لامانة عمان الكبرى 1993.
[18] عبد الكريم معيرش، المبادئ العامة للفيزياء النووية، ديوان المطبوعات الجامعية، بن عكنون – الجزائر، 2011.

***كتب باللغة الأجنبية**

[19] Physique nucléaire, Blanc D, Masson Paris 1980.
[20]Physique nucléaire et applications : Cours et exercices corrigés, Claude Le Sech, Christian Ngô. Collection: Sciences Sup, Dunod 2010.
[21]Luc Valentin, Noyaux et particules - Modèles et symétries, Hermann, 1997.
[22]A.de Shalit & H. Feshbach, Theoretical Nuclear Physics, 2 vol. , John Wiley & Sons, 1974. Volume 1: Nuclear Structure; volume 2 : Nuclear Reactions.
[23] Michel Gibier, Michel Spiro et Daniel Vigand, la Lumière des neutrinos-seuil-1995.
[24] Physique Subatomique PHQ 636, David Senechal, Département de physique Faculté des sciences, Université de Sherbrooke 30 Décembre 2008.
[25] A. R. Edmonds, Angular Momentum in Quantum Mechanics, 3rd printing Princeton University Press, Princeton, New Jersey (1974).
[26] L. I.Schiff, Quantum Mechanics, 3rd ed., McGraw-Hill, New York (1968).
[27] J.M. Blattand, V. F. Weisskopf, Theoretical Nuclear Physics, John Wiley and Sons, New York (1952).
[28] J. D. Walecka, Lectures on Electron Scattering, ANL-83-50, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois (1984).
[29] J. D. Walecka, Theoretical Nuclear and Subnuclear Physics, Oxford University Press, New York (1988).

View publication stats