رؤية VISION 2030
للمملكة العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA

وزارة التعليم
Ministry of Education

الفيزياء النووية

باشراف كلاً من :

الأستاذ: حيدر الصندل و مدير المدرسة الأستاذ: عبدالرحمن الزهراني

مقدمة

درست سابقا أن النواة تحتوي على بروتونات ونيوترونات ، حيث أن البروتونات جسيمات موجبة الشحنة وكتلة الواحد منها = 1.67252 × 10 27- كجم أو 1.00727663 وحدة كتل ذرية (و. ك. ذ) ويرمز لها بالرمز (P) ، اما النيوترونات فهي جسيمات غير مشحونة كتلة الواحد منها = 1.67482 × 10 27- كجم أو 1.0086654 وحدة كتل ذرية (و.ك.ذ) ويرمز لها بالرمز (n) ، ويسمى عدد البروتونات بالعدد الذري للعنصر ويكتب عادة يسار رمز العنصر من الاسفل أما مجموع عدد البروتونات والنيوترونات فيسمى عدد الكتلة ويكتب عادة يسار رمز العنصر إلى أعلى ومثال ذلك ذرة الحديد التي لها العدد الذري 26 وعدد الكتلة 56 أي يوجد داخل نواة الحديد 26 بروتون و 30 نيوترونات (لاحظ أن عدد النيوترونات = عدد الكتلة – عدد البروتونات) ، وفي مثل هذه الحالة نرمز للحديد بالرمز Fe 5626 ، ولكن ماهي التحولات أو التغيرات الطبيعية التي يمكن أن تحدث للنواة وماهي الظروف التي تجعل مثل هذه التحولات تتم ؟

إن التغيرات الطبيعية التي يمكن أن تحدث للنواة هي واحد أو أكثر مما يلي :

تحلل ألفا (إشعاع ألفا) وينتج عنه جسيمات ألفا (α) .

تحول نيوترون إلى بروتون وينتج عنه (إشعاع بيتا السالب)(β^-)

تحول بروتون إلى نيوترون وينتج عنه(إشعاع بيتا الموجب) (β^+)

التقاط النواة للإلكترون القريب منها وينتج عنه (إشعاع سيني)

إصدار النواة المثارة لأشعة جاما (γ)

كما أن هناك تغيرا غير طبيعي يحدث بفعل الإنسان وهو انشطار النواة نتيجة قذفها بجسيم.

ولاشك أنك تسأل متى يحدث أي من هذه التحولات أو التغيرات داخل النواة ؟

فإليك نبذة مختصرة عن كل منها

أولا : إشعاع ألفا (α ++ ^{42}He)

إشعاع ألفا α وهو إشعاع استطاع رزرفورد أن يحرفه عن مساره باستخدام مجال مغناطيسي ، وهو عبارة عن تيار من جسيمات موجبة الشحنة (أثقل من الإلكترون بحوالي 7000 مرة تقريبا) .

وتبين من التجارب أن قدرة إشعاع ألفا على الاختراق (النفاذ) من خلال المواد ضغيفة فمثلا يمكن إيقاف إشعاع ألفا وامتصاصه بسهولة باستخدام صفيحة رقيقة من الألمنيوم لا تزيد سماكتها على 0.5 ملم. كما تبين أن إشعاع ألفا يؤين ذرات الهواء عند مروره فيه.

وتمكن رذرفورد وتلاميذه إن يثبتوا أن إشعاع ألفا عبارة عن أيونات غاز الهليوم($^{42}He^{++}$) ، أي أنه يحتوي على بروتونين و نيوترونين .

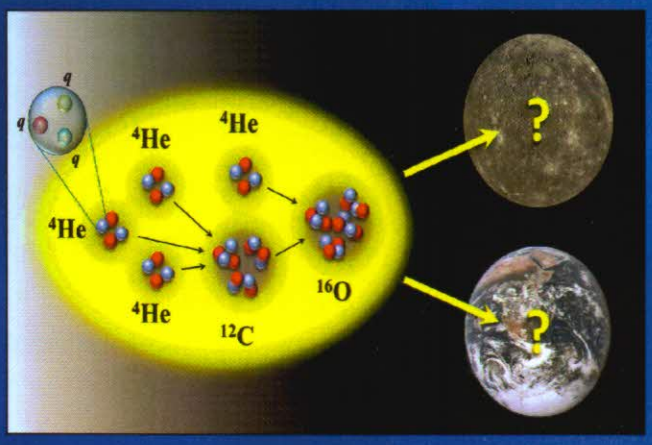
وقد لوحظ انبعاث جسيمات ألفا غالبا من النويات ذات العدد الكتلي الكبير . كما يحدث لنواة اليورانيوم 238 وكذلك نواة الراديوم .

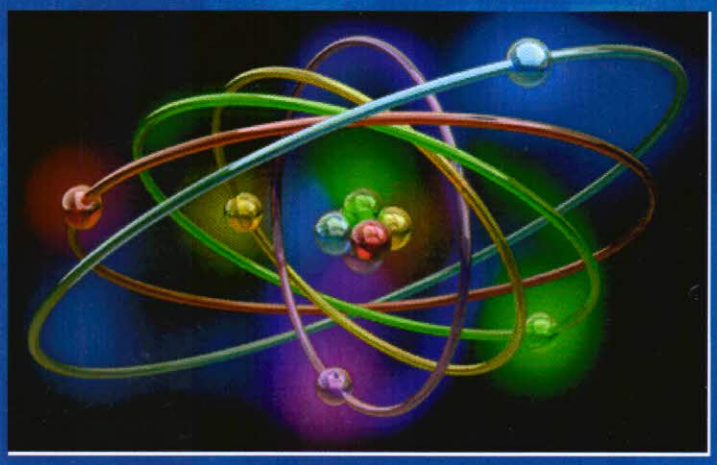
س: ما مقدار التغير الذي يحدث لكل من عدد الكتلة والعدد الذري بالنسبة لنواة تشع جسيم ألفا ؟

س : ماذا يحدث لجسيمات ألفا (α) عند دخولها المجال الكهربائي أو المغناطيسي ؟

ثانيا : إشعاع بيتا

إشعاع بيتا وتسمى أحيانا جسيمات بيتا السالبة (β^-) وهي عبارة عن شحنات سالبة (إلكترونات) . وقدرة نفاذ جسيمات بيتا أكبر (100مرة) من قدرة نفاذ جسيمات ألفا حيث يلزم صفيحة من الألمنيوم سماكتها 5 ملم لإيقاف معظم إشعاع جسيمات بيتا . وقد لوحظ أن النويات غيرالمستقرة نظرا لأن نسبة النيوترونات إلى البروتونات كبيرة تكون باعثة لجسيمات بيتا (β^-) حيث يتحول نيوترون إلى بروتون و إلكترون (الإلكترون يمثل جسيم (β^-) الصادر من النواة) ويؤدي هذا التحول إلى زيادة عدد البروتونات (العدد الذري) بمقدار واحد وثبات عدد الكتلة وهذا يعني أن إشعاع النواة لجسيم بيتا (β^-) يجعلها تتحول من عنصر إلى عنصر آخر ، ومن ذلك ما يحدث لنواة الثوريوم 234 حيث يتحول إلى عنصر البروتاكتينيوم نتيجة تحول نيوترون إلى بروتون.





ثالثا : إشعاع بيتا (β 0-1e+)

إشعاع بيتا (β_+) ويسمى أحيانا جسيمات بيتا الموجبة (β_+) وهي عبارة عن شحنات موجبة (بوزترونات) . حيث البوزترون جسيم له كتلة الإلكترون وشحنة البروتون ، وماذكر عن جسيمات (β_-) ينطبق على جسيمات (β_+) إلا في تأثرها بالمجالين الكهربي و المغناطيسي حيث تنحر جسيمات (β_-) في اتجاه مضاد للاتجاه الذي تنحرف فيه جسيمات (β_+) . وقد لوحظ أن النويات التي تكون باعثة لجسيمات (β_+) هي تلك التي يكون فيها عدد البروتونات كبيرا بالنسبة لعدد النيوترونات مما يجعلها غير مستقرة فيؤدي ذلك إلى تحول بروتون أو أكثرإلى نيوترون مما يجعل عدد البروتونات يقل (العدد الذري) مع بقاء عدد الكتلة ثابتا ، وهذا يعني أن العنصر الذي يشع جسيمات (β_+) يتحول إلى عنصر آخر ، ويصاحب تحول البروتون إلى نيوترون إشعاع النواة لجسيم (β_+) وهو عبارة عن جسيم يحمل شحنة البروتون الذي تحول إلى نيوترون ، ومن أمثلة ذلك ما يحدث لنواة النيتروجين ($^{14}_{7}N$) .

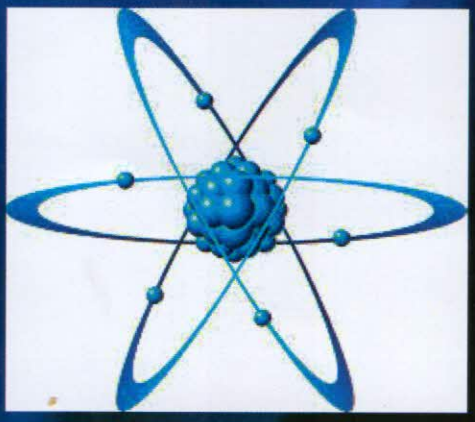
وجدير بالذكر أن الأنوية التي يكون فيها عدد البروتونات كبير بالنسبة إلى عدد النيوترونات هي عناصر قليلة جدا .

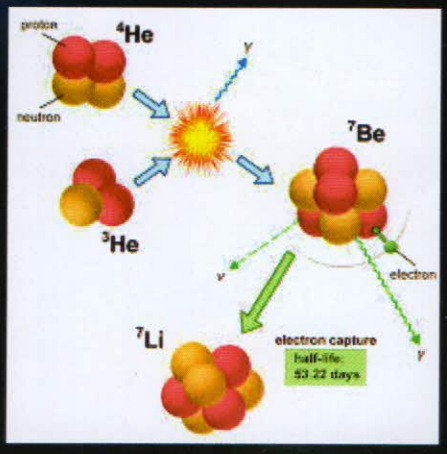
س : بماذا تعلل كون انحراف جسيمات ألفا (α) بواسطة المجال الكهربائي أو المغناطيسي أصغر من انحراف جسيمات بيتا (β) ؟

رابعا : الالتقاط الإلكتروني (الأسر الإلكتروني)

الالتقاط الالكتروني هو أن تقوم النواة بأسر (التقاط) إلكترون من مجال داخلي للذرة ويرافق هذه العملية انتقال إلكترون من مستوى الطاقة الخارجي إلى مستوى الطاقة الداخي للذرة ، وهو المستوى الذي أسرت منه النواة الإلكترون ويؤدي هذا إلى تخلص الإلكترون من طاقة تساوي الفرق بين طاقتي المستويين الذين انتقل بينهما ، وغالبا ما تكون كبيرة (لأن الإلكترون انتقل من مستوى خارجي إلى مستوى داخلي) وتنبعث من هذه الطاقة على هيئة إشعاع سيني .

أما الإلكترون الذي التقطته النواة فإنه يتحد مع بروتون ويتحول البروتون إلى نيوترون أي أن العدد الذري للنواة ينقص بمقدار واحد بينما يظل عدد الكتلة ثابتا ، وهذا يعني أن نواة العنصر التي يحدث لها أسر إلكتروني تتحول إلى نواة عنصر آخر كما يحدث لنواة البوتاسيوم.





خامسا : أشعة جاما (γ)

إشعاع جاما (γ) عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية (لاتتأثر بالمجالين الكهربائي و المغناطيسي وتسير بسرعة الضوء) طاقتها عالية جدا ، مما يجعل لها قدرة نفاذ أكبر بكثير من قدرة نفاذ كل من جسيمات ألفا وجسيمات بيتا ، ولذلك فهي تشكل خطرا على الكائنات الحية ، إذ يستطيع إشعاع جاما اختراق جدار من الخرسانة سمكه 10 سم .

وقدرة أشعة جاما على تأيين الذرات التي تنفذ منها ضعيفة جدا ، ويمكن لأي نواة مثارة أن تصدر أشعة جاما (γ) ولا يحدث عند ذلك أي تغير في عدد البروتونات أو النيوترونات ومثالا على ذلك نواة التكتينيوم المثارة : $Te\ 9943 \rightarrow Te\ 9943 + \gamma$

ويرمز عادة للنواة المثارة بالرمز (Te) وهو يعني أن النواة في حالة خاصة من الطاقة .

اكتشاف النيوترون :

إن اكتشاف النيوترون غير مفاهيم العلماء حول تركيب النواة ، حيث كان يعتقد أن نواة الذرة تحتوي على عدد من البروتونات كتلتها تساوي الكتلة الذرية للعنصر ، وعدد كاف من الإلكترونات لتحيط بها وتعادل شحنتها شحنة البروتونات ، إلا أن مطياف الكتلة وضع أكثر من علامة استفهام حول ذلك الاعتقاد ، حيث لاحظ العلماء أن مقدار الكتلة الذي يسجله مطياف الكتلة لأنوية العناصر يصل إلى ضعف كتلة هذه الأنوية (أو أكثر) التي نحصل عليه بطريقة حسابية (على أساس أن كتلة مكونات النواة حسابيا = كتلة البروتون الواحد × العدد الذري للعنصر) ولثقتهم بدقة حساباتهم وكذلك بدقة مطياف الكتلة فقد افترض العلماء وجود جسيمات متعادلة داخل النواة ، بالإضافة إلى البروتونات.وتمكن بعد ذلك شادويك من إثبات وجودها عمليا . شادويك أجرى تجربته عام (1932م) واكتشف من خلالها النيوترون ومنح على ذلك جائزة نوبل .

وتتلخص تجربة شادويك أنه قام بقذف هدف من البيريليوم بجسيمات ألفا (α) ونتج عن ذلك جسيمات لها قدرة نفاذ عالية ، إذا سلطت هذه الجسيمات بحيث تسقط على لوح من البرافين فإنها تسبب في جعله يطلق بروتونات بسرعة عالية ، واستطاع شادويك أن يثبت أن الجسيمات المنطلقة من البيريليوم هي عبارة عن جسيمات غير مشحونة (لا تتأثر بالمجال الكهربائي أو المغناطيسي) ، كتلتها تساوي كتلة البروتون تقريبا سماها النيوترونات .

وحيث أن النيوترون جسيم غير مشحون (متعادل كهربائيا) فهو يستخدم كقذيفة ممتازة لتحطيم النواة لأنه لا يتنافر معها ، ولهذا السبب أيضا فإنه لا يسبب تأين المادة التي ينفذ من خلالها .

وجدير بالذكر أن استخدام لوح البرافين في تجربة شادويك كان لتبطئة سرعة النيوترونات المتحررة ، حيث تم تصادم النيوترون بذرة الهيدروجين (بروتون) المساوية له في الكتلة فيسكن النيوترون ويتحرر البروتون (تصادم مرن بين جسمين متساويين في الكتلة أحدهما ساكن) .

الاستقرار النووي (طاقة الربط النووية)

تحتوي نواة الذرة على النيوترونات والبروتونات والسؤال الذي ربما ورد إلى ذهنك أثناء دراستك للكهرباء الساكنة هو : ما الذي يجعل البروتونات الموجبة الشحنة داخل النواة (حيز صغير) دون تتنافر ؟

إن هذا السؤال هو من الأسئلة التي حيرت العلماء لفترة طويلة ، ولوضع أجابة لهذا السؤال افترض العلماء وجود طاقة ربط نووية تحفظ البروتونات داخل النواة دون أن تتنافر .

وبتعبيرآخر هناك قوى نووية داخل النواة ، وقد دلت التجارب العديدة على أن القوى النووية التي تعمل على تماسك النواة أكبر بحوالي أربعين مرة من القوى الكهربائية التي تعمل على تنافر البروتونات داخل النواة (حسب قانون كولوم) وذلك عندما تكون المسافة بين بروتونين 10 15- متر تقريبا أو أقل ، أي أن القوى النووية قصيرة المدى بمعنى أن فعلها يقتصر على مسافات قصيرة جدا لا تتعدى قطر النواة ، وإليها يعزى تماسك النواة في الذرة .

ويمكننا أن نقارن بين القوى النووية والقوى الكهربائية على الشكل التالي :

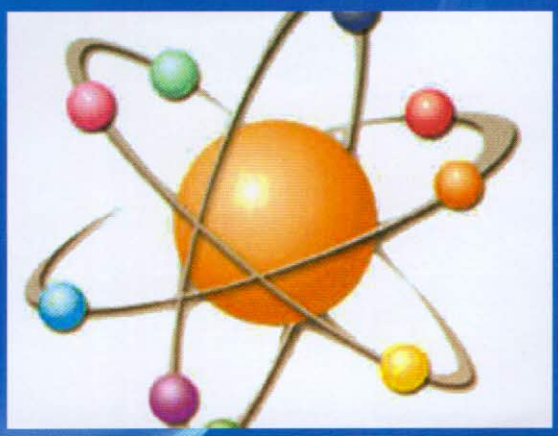
1- إذا كانت المسافة بين بروتونين $\geq$ 10 15- متر فإن قوى التماسك النووية أكبر قوى التنافر الكهربائية .

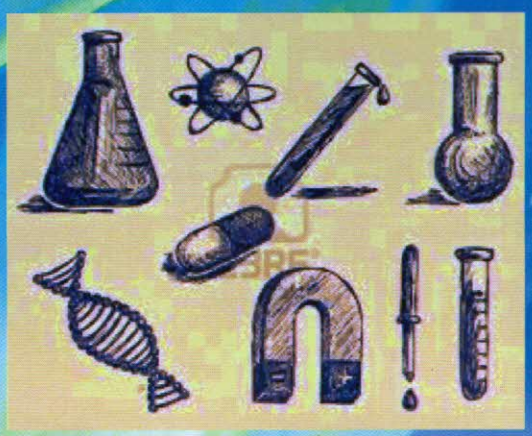
2- إذا كانت المسافة بين بروتونين $>$ 10 15- متر فإن قوى التماسك النووية تساوي صفرا .

ولعل هذا يفسر عدم وجود نواة لأي عنصر قطرها أكبر من 10 15- متر حيث في حالة وجود مثل هذه النواة فإنها تنشطر كما في بعض العناصر الصناعية التي لاتلبث أن تتفكك في زمن قصير جدا ، ومما يجدر الإشارة إليه أن قوى التماسك داخل النواة لا تعتمد على ماهية الجسم داخل النواة بل تحدث بين بروتونين أو نيوترنين أو بروتون ونيوترون .

الآن وبعد معرفتنا للطاقة النووية (طاقة الربط النووي) وطبيعة عملها يأتي السؤال المهم من اين تأتي هذه الطاقة ؟

لقد أتت إجابة هذا السؤال من خلال مطياف الكتلة حيث وجد العلماء أن كتلة نواة أي عنصر بطريقة حسابية هي دائما أكبر من كتلة نواة العنصر باستخدام مطياف الكتلة.





التفاعلات النووية

الإشعاعات النووية هي جزء من التفاعلات النووية ، فالإشعاعات النووية هي نتيجة لعدم استقرار النواة ، واستقرار النواة ليس أمرا مطلقا ، فهناك نواة مستقرة قد تتحول إلى نواة غير مستقرة نتيجة لامتصاصها طاقة أو ارتطامها بجسيم ، فتتفكك النواة لتعطى إشعاعات كهرومغناطيسية أو جسيمية .وبشكل عام يوجد أربعة أنواع من التفاعلات النووية :

الاضمحلال: وفيه تتحول النواة غير المستقرة بطبيعتها إلى نواة أكثر استقرارا نتيجة النشاط الإشعاعي الذي هو عبارة عن إصدار جسيمات ألفا أو إصدار جسيمات بيتا و أشعة جاما.

الانحلال : إذا قذفت النواة بدقائق ألفا أو البروتونات أو النيوترونات أصبحت نواة غير مستقرة مما يجعلها تصدر بروتونا أو نيوترونا أو جسيم ألفا من أجل أن تتحول إلى نواة أكثر استقرارا .

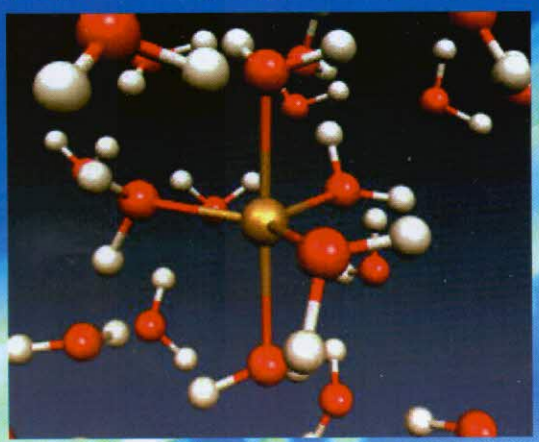
الانشطار : تنشطر النوى الثقيلة جدا عند قذفها بجسيم مثل النيوترون لتعطى نوى متوسطة أكثر ثباتا وتسمى العملية بالانشطار النووي .

الاندماج (الالتحام) : تندمج نوى خفيفة لتولد نواة أثقل .

إلا أن هناك نوعان رئيسيان للتفاعلات النووية هما الأكثر حدوثا وهما (الانشطار النووي – الاندماج النووي) وهذه نبذة عن كل منهما :

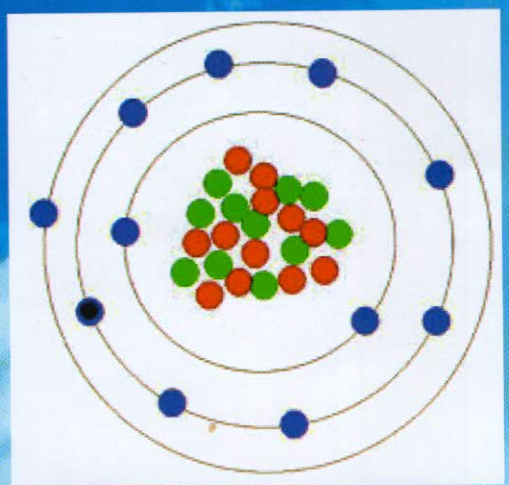
الانشطار النووي :

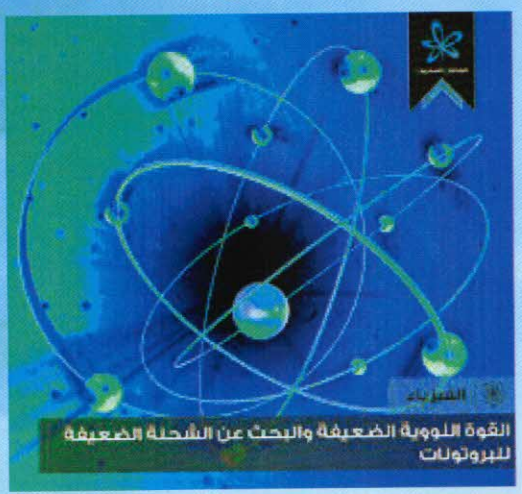
تعتبر مصادر الطاقة النووية أحد الخيارات المهمة المطروحة أمام العالم اليوم وذلك بسبب كمية الطاقة الهائلة التي يمكن أن نحصل عليها من الوقود النووي القليل الذي يستهلك ، إلا أن الخطر الذي يرافق إنتاج مثل هذه الطاقة .ولعلك تذكر التسرب النووي الذي حدث من المفاعل النووي (تشيرنوبل) في روسيا عام ١٤٠٦هـ والذي خلف تلوثا للبيئة بالإشعاعات النووية ونتج عن ذلك إصابة الكثير من السكان بأمراض مختلفة .



والتفاعل النووي الذي يحدث في مثل هذه الحالة هو الانشطار النووي حيث تقذف ذرات العنصر المستخدم كوقود نووي مثل نظير اليورانيوم u 23592 بقذائف من النيوترونات فتنشطر النواة إلى نواتين أو أكثر ويرافق هذا الانشطار انبعاث قدر كبير من الطاقة وعدد من النيوترونات الحرة . وهذه النيوترونات التي تحرر تصطدم بذرات أخرى من ذرات الوقود النووي فتنشطر هي الأخرى فيستمر التفاعل (الانشطار) وبشكل متزايد ، ولهذا يسمى مثل هذا التفاعل بالتفاعل المتسلسل شكل (12-3) ، وعملية التسلسل في التفاعل تجعل مقدار الطاقة الناتجة عن التفاعل تصل لحد هائل لا يمكن السيطرة عليه مما يؤدي إلى انفجار المفاعل النووي وهذا مايحدث في القنبلة النووية ، أما في المفاعلات النووية المستخدمة لتوليد الكهرباء أو تحريك السفن الضخمة أو غيرها فإنه لابد أن يحتوى المفاعل النووي على وسائل للسيطرة على سرعة التفاعل ، وذلك لجعل الانشطار يحدث بمعدل ثابت عندما يصل مقدار الطاقة إلى حد معين ، والوسيلة المستخدمة في الغالب هي امتصاص جزء من النيوترونات الناتجة من الانشطار ومنعها من الاصطدام بذرات اليورانيوم ، وبهذا نجعل عملية الانشطار تحدث بعملية منتظمة وليست متزايدة ، ومن أجل امتصاص النيوترونات تستخدم عدة طرق من أهمها وضع قضبان ماصة للنيوترونات من مواد مناسبة مثل الكادميوم وهذه القضبان تتحرك تلقائيا إلى داخل المفاعل النووي بمجرد وصول درجة الحرارة داخله إلى حد معين وتقوم بامتصاص كمية من النيوترونات مما يؤدي إلى توقف نمو التفاعل .

وجدير بالذكر أن الطاقة الناتجة يمكن حسابها بمقارنة طاقة الربط النووية للنواة قبل انشطارها ومجموع طاقة الربط النووية للنواتين الناتجتين ، حيث نلاحظ أن هناك فرقا بين الطاقتين هو الطاقة التي نحصل عليها من عملية الانشطار أو بمعنى أخر إن الطاقة لكل نيو كلون في النواة الثقيلة هي أكبر من الطاقة لكل نيو كلون في النواة الخفيفة .





للتقريب فإن عملية الانشطار النووي المتسلسل تشبه احتراق قطعة من الخشب حيث إن احتراق قطعة الخشب هو عبارة عن اتحاد بين الأكسجين ومادة الخشب وعلى الرغم من توفر الأكسجين فإن التفاعل بينهما لا يحدث عند درجة حرارة الغرفة ولكن يبدأ بواسطة مساعد خارجي مثل شعلة صغيرة من النار ، وبمجرد أن يبدأ التفاعل فإنه ينتج من الحرارة ما يكفي لأن يظل التفاعل (الاحتراق) مستمرا حتى تنتهي قطعة الخشب ، وحتى لا تشتعل النار في جميع الخشب مرة واحدة فإن هناك عدة وسائل لجعل الخشب يحترق بشكل تدريجي مثل تقليل الأكسجين أو تبريد الخشب عن طريق رشه بالماء أو وضع الخشب على دفعات .

طريقة عمل قضبان الكادميوم للسيطرة على سرعة التفاعل :

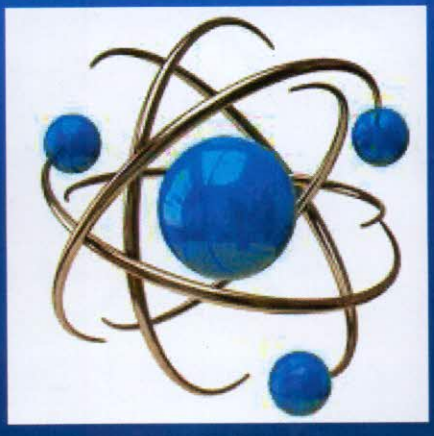
تكون قضبان الكادميوم عادة متصلة بمحركات تعمل تلقائيا عند وصول درجة حرارة التفاعل إلى درجة معينة ويكون للمحرك حركتان إحداهما دفع القضبان إلى داخل المفاعل عند وصول درجة حرارة المفاعل إلى درجة حرارة قصوى وذلك لمنع استمرار تزايد الحرارة ومن ثم انفجار المفاعل ، أما الحركة الثانية فهي سحب القضبان من داخل المفاعل وذلك عند انخفاض درجة حرارة المفاعل وإلى درجة حرارة دنيا ، وذلك لمنع استمرارا انخفاض درجة حرارة المفاعل ، ومن ثم انخفاض الطاقة التي يولدها .

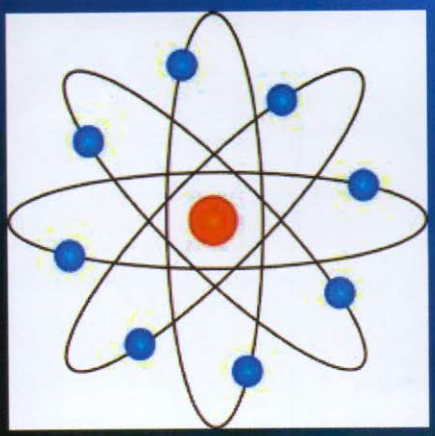
مثال لتفاعل انشطاري :

عند قذف نواة نظير اليورانيوم بنيوترون مسرع فإن نواة اليورانيوم تنشطر إلى نواتين ، ولكن النواتين الناتجتين ليستا محددتين بحيث يمكن التنبؤ بهما فهناك عدة احتمالات للمواد الناتجة منها وهي كما يلي :

الاندماج (الانصهار) النووي :

الاندماج النووي عملية معاكسة للانشطار النووي تماما ، حيث أنه في عملية الاندماج النووي تتحد نواتان خفيفتان لتكونا نواة جديدة . إلا أن عملية الاندماج ليست ممكنة في جميع العناصر ، حيث تحدث في العناصر التي يكون فيها مجموع طاقة الربط للنواتين قبل الاندماج أكبر من طاقة الربط للنواة الناتجة من الاندماج فيتم بذلك الاستفادة من الفرق في الطاقة .

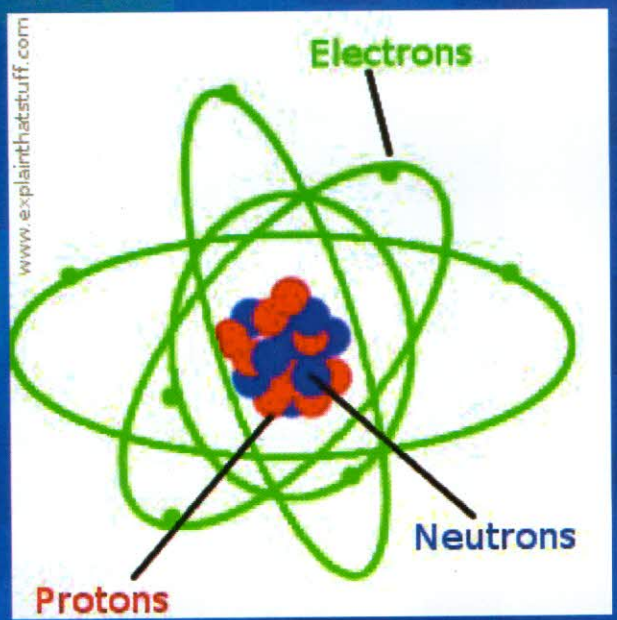




ويعتبر الاندماج النووي أقل خطرا من الانشطار النووي بسبب عدم وجود الإشعاعات النووية في هذا التفاعل ، إلا أن إرادة الله جعلت الاندماج النووي أكثر صعوبة حيث تعمل الشحنة التي تحملها كل نواة على منع الاندماج عكس ما يحدث في عملية الانشطار .

ومن أجل حدوث الاندماج النووي لابد من توفر طاقة كبيرة من أجل التغلب على قوة التنافر الكهربائي بين النواتين وتقريبهما من بعضهما ليتاح لقوى الترابط النووية أن تعمل ، وهذه الطاقة اللازمة لبدء التفاعل لا يمكن الحصول عليها بطريقة تقليدية حيث تصل إلى 10 10 درجة كالفن ، ولذلك يستعان بالتفاعل الانشطاري لكي يحدث التفاعل الاندماجي كما في القنبلة الهيدروجينية ، حيث يوضع بها قنبلة صغيرة انشطارية تكفي الطاقة الناتجة عنها لحدوث تفاعل اندماجي بين ذرات نظير الهيدروجين والتي هي من مكونات القنبلة الهيدروجينية ، وجدير بالذكر أن الطاقة الناتجة عن اندماج نواتين هي أكبر كثير من الطاقة اللازمة لإحداث هذا الاندماج .

وحتى وقت الحاضر لا تواجد استفادة من التفاعل الاندماجي للأغراض السلمية للسبب الذي ذكرناه سابقا ، إلا أن الأبحاث تجري بشكل جاد في إيجاد السبل المناسبة لإنتاج الطاقة والتحكم بها بواسطة التفاعل الاندماجي و ولعلك قد قرأت سابقا أن مثل هذا النوع من التفاعل هو الذي يمد سطح الأرض بما تحتاج إليه من الطاقة حيث يحدث مثل هذا التفاعل على سطح الشمس بين ذرات نظير الهيدروجين h .

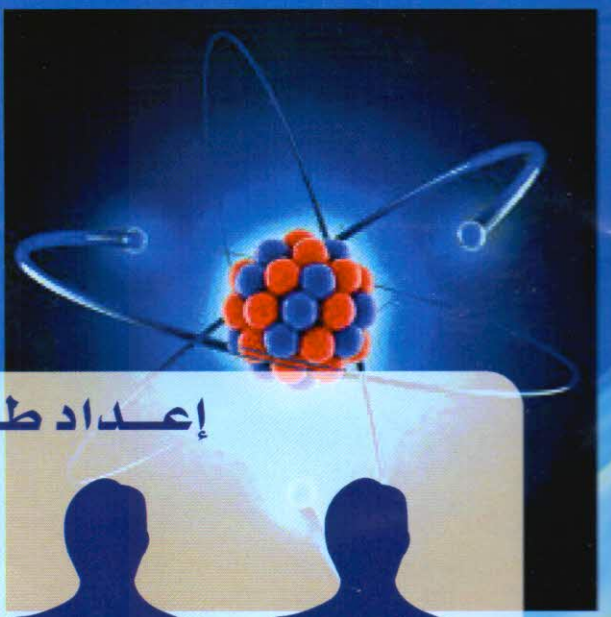


الخاتـمـة

نحمد الله سبحانه وتعالى الذى وفقنا لما قدمناه، فها نحن قد وصلنا الى الختام.

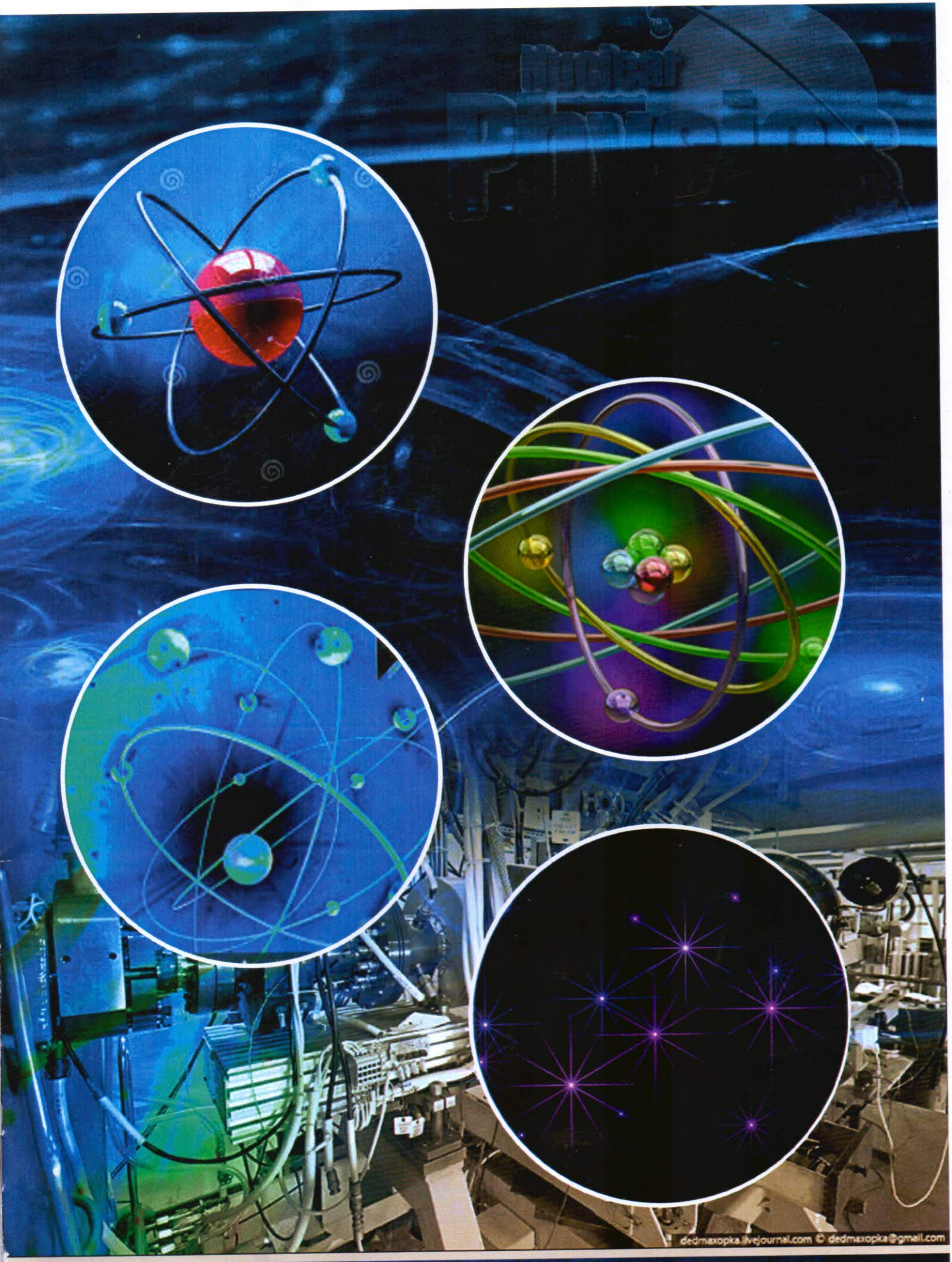
فنضع قطراتنا الاخيره بعد المشوار الذى خضناه بين تفكر وتعقل في الفيزياء النووية لتقديم ما قدمناه، فقد كانت رحلة ممتعه و جاهده للارتقاء بدرجات الفكر والعقل، ولم يكن هذا بالجهد القليل و لانستطيع ان ندعي فيه الكمال، ولكن لنا عذرنا اننا بذلنا فيه عصرة جهدنا، فان وفقنا الله في اصابة ما هدفنا اليه، فلإن ذاك هدفنا، وان أخطئنا فلقد نلنا شرف المحاوله والتعليم.

وأخيراً بعد أن ابحرنا في هذا المجال الممتع نأمل من الله أن ينال قبولكم وان يلقى الاستحسان منكم، وصل اللهم وسلم تسليماً كثيرا على سيدنا وحبيبنا اشرف خلق الله محمد بن عبدالله وعلى آله وصحبه اجمعين .



إعـداد طـلاب مجموعـة الفـيزياء

عبدالرحمن جمعه — أحـمـد الـعـامـر — عبدالرحمن حسـن — مـحـمـد الشـهـري — إبـراهيـم مـحـمـد


dedmaxopka.livejournal.com © dedmaxopka@gmail.com