

أصول العصر الذري

—:—

« لقد وقف مارد الذرة الجبار الذي أطلقه العلماء
من قممه العتيق فوق أعلى ربوة في هذا الكوكب : ربوة
العلم ، ليعلن بدء العصر الذري للعالم ..
فا هي الحقائق الأساسية لهذا العصر »

أصول العصر الذري

إن الحقائق الأساسية للقوة الذرية ستكون في الغد معرفة شائعة عامة ، ولكن يجب على كل فرد اليوم أن يدري هذه الحقائق دواية دقيقة لأن ذلك قد يزيد في قوة استجلائنا للمستقبل كما يساعدنا في تكوين آرائنا الخاصة عن المسائل الداخلية والسياسية الخارجية بين الشعوب المتباينة التي تقطن هذا الكوكب .

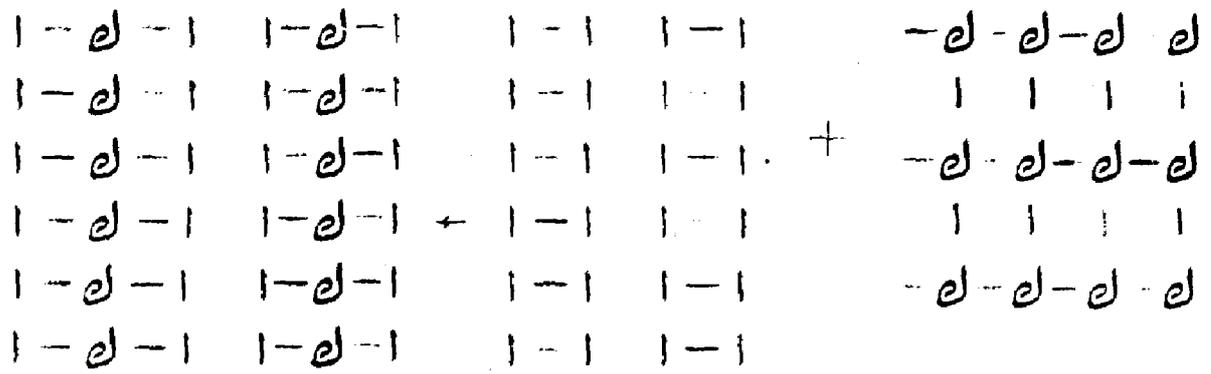
وإن السؤال الأول الذي قد يقبدر الى ذهن القارئ يتعلق بالصفات الخاصة للقوة الذرية . فاحتراق رطل من الفحم يكفي لرفع درجة حرارة سبعمائة رطل من الماء ثماني عشرة درجة فهرنهايتية . ولكن انفجار رطل من اليورانيوم يطلق سراح طاقة إذا حوالت الى حرارة فأنها تنتج ارتفاعاً مساوياً في درجة الحرارة لمقدار من الماء يبلغ وزنه ٢ بليون من الأرتال ١

فما هو الفرق بين العملية الذرية وتفاعلاتنا الكيميائية العادية التي يجعل الأول قوياً الى هذا الحد ؟

والاجابة على هذا التماؤل هو أن عمليتنا الكيميائية العادية تؤثر في ترتيب الذرات التي هي أصغر الوحدات البنائية للمادة ^(١) ولكنها لا تؤثر في شخصياتها . أما التفاعلات الذرية فهي تغير شخصية الذرات نفسها

(١) كان العلماء يمتد الماضي أن القدرة جزء لا يتجزأ ولكن ذلك الاعتقاد كما يعلم القراء قد انقضى افتراضاً تاماً . ويصور العلماء القدرة اليوم بأنها تتكون من نواة في المركز هي سويداء قلبها النابض ، وحوطها توجد جسيمات سالبة التكهرب تسمى الإلكترونات تتحرك في فضاء يحيط بالنواة وتقع هذه الإلكترونات في طبقات : طبقة داخلية تحيط بها أخرى ثم أخرى وهكذا . . . ويبلغ قطر النواة جزءاً من عشرة آلاف جزء من قطر القدرة نفسها . وفي النواة تتركز جل مادة القدرة، فوزنها يساوي تقريباً الوزن الذري إذ أن الإلكترونات التي تدور حول النواة خفيفة الوزن جداً . وتحمل النواة كهربية موجية تماثل وحدات الكهربية السالبة التي تحملها الإلكترونات التي تدور حولها ، وبهذا فان القدرة في مجموعها معادلة كهربائياً .

فاحتراق الفحم يسبب تغيراً في ترتيب ذرات الكربون في الفحم وذرات الاكسجين في الهواء وينتج عن ذلك تكوين مجموعة جديدة تجمع ذرات الكربون والاكسجين معاً. هذه المجموعة الجديدة هي غاز ثاني أكسيد الكربون، ويرمز الكيميائي الى ذرة الكربون بالرمز « ك » والى ذرة الاكسجين بالرمز « ا » وهو يصف احتراق الفحم رمزيًا كالآتي :



غاز ثاني أكسيد الكربون
(نتاج الاحتراق)

الاكسجين في الجو

الفحم

وكما أن تغيراً كيميائياً كالمبين أعلاه يغيّر ترتيب الذرات ليس إلا ، فإن عدد الذرات قبل التفاعل هو نفسه بعد التفاعل فقد كان لدينا ١٢ ذرة كربون و ٢٤ ذرة أكسجين قبل التفاعل ، ولدينا نفس العدد بعد إتمام التفاعل . وإن كل ما حدث هو أن ذرات الكربون قد انفصلت من أماكنها كما انفصلت كل ذرة من الاكسجين عن زميلتها وتكوّن اتحاد جديد من ذرات الكربون والاكسجين : وهذا الاتحاد عبارة عن جزيئات ثاني أكسيد الكربون . ومنذاً الطاقة في هذا التفاعل هو ما بين الذرات المختلفة من قوى وهي طاقة كيميائية ، هذه الطاقة تتحول الى حرارة تستخدم في رفع درجة حرارة الماء مثلاً .

والتفاعلات الذرية شيء خلاف هذا كلية ، إذ أنها تغير الذرات نفسها . وبذا فإن

التفاعلات التي تجري في قنبلة ذرية تنفجر يمكن أن نعبّر عنها بالطريقة الآتية



ومعنى هذا أن اليورانيوم - ٢٣٥ يتحول الى يود ويوتريم وهو عنصر نادر (ويمكن

أيضاً أن يتفلق الى أزواج أخرى من العناصر) هذا التغيير من نوع ذري الى أنواع أخرى مضاد لكل أسس الكيمياء العادية . إنها نتيجة كان علماء الكيمياء في المهور الوصل على

يجاهدون للوصول إليها مدى مدة فزون ، نتيجة تحققت فقط بعد أن امتدعت كل آمالهم وأدت جهوداتهم الضائعة الى ظهور قاعدة كيميائية جديدة وهي « أن العناصر لا يمكن تحويلها من نوع الى نوع » هذه القاعدة صحيحة في العمليات الكيميائية ولكنها ليست كذلك في العمليات الذرية .

وإن شيئاً ما مردت لا يفسر بالطبع لماذا نجد أن التغيرات في الطاقة في التفاعلات الذرية أكثر الى حدٍ بعيد من تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية العادية .

إن معادلة أينشتاين الفاتحة الأهمية $E = mc^2$ والتي معناها أن الطاقة المنطلقة تعادل الكتلة مضروبة في مربع سرعة الضوء : تخبرنا أنه إذا أردنا أن نحصل على الطاقة المطلق سراحها في تفاعل القنبلة الذرية فإن علينا أن نطرح من كتلة اليورانيوم - ٢٣٥ « يو - ٢٣٥ » كتلتي « ي » ، « يت » ثم نضرب الناتج في مربع سرعة الضوء ينتج لدينا مقدار الطاقة التي زريدها . وإن هذه القاعدة مفيدة جداً . ولكنها لا تخبرنا مع ذلك لماذا نجد أن كتلة اليورانيوم - ٢٣٥ أكبر (بمقدار ١ في المائة والذي هو مقدار كبير بالنسبة الى الفروق في الكتلة) من مجموع كتلتي « ي » ، « يت » .

وإنه ليدو جد معقول أن تغييراً ينتج عنه تبديلاً أساسياً الى مدى بعيد في الصفات كتحويل عنصر الى آخر (أو الى عنصرين آخرين) يجب أن يكون مصحوباً بتغييرات كبيرة في الطاقة أكبر منها في حالة تغيير ترتيب ذرات العناصر ليس إلا .

ويسمى تفاعل القنبلة الذرية التي أشرنا إليه تفاعل الفلق $Fission\ Reaction$ وإن الطاقة التي يطلق سراحها في هذا التفاعل لا تتمدى جرةً من الآلاف من الطاقة المخزنة في المادة . وهناك تفاعل ذري آخر تتحول فيه كل المادة الى طاقة أي تنفخ فيه المادة وهو الذي يسمى « تفاعل الزوال التام للمادة » .

اليورانيوم - طاقة

هذا التفاعل يعطي طاقة أعظم بكثير مما ينتج في تفاعل الفلق إذ تفوقها ألف مرة [وحدة الوزن ثابتة بالطبع] ولكن هذا التفاعل الأخير لم يلاحظ بعد في المعمل . وينظر العلماء

اليوم إلى المادة على أنها صورة من صور الطاقة كالطاقة الحرارية أو الطاقة الكهربائية ويسمونها بالطاقة المادية .

وهناك تفاعلات ذرية أخرى تحدث من تلقاء نفسها في الخاصية التي تعرف باسم النشاط الإشعاعي Radioactivity هذه الخاصية تحدث في كثير من العناصر الثقيلة التي توجد في الطبيعة مثل الراديوم والثوريوم ، وكذلك في بعض أشكال العناصر المكونة صناعياً . فالبيوت واليوتريم مثلاً وهي من نتاج فلق اليورانسيوم عبارة عن أصناف إشعاعية لعنصري البيوت واليوتريم الثابتين الماديين اللذين نجدهما في الطبيعة . وتتميز الذرات الإشعاعية بأنها غير ثابتة فهي تشع جزءاً من مادتها (١) وبذا فهي تتغير إلى عناصر أخرى . وفي بعض الأحيان تحدث أن التناقض المنطلقة يصحبها إشعاع يسمى « إشعاع جاما » (٢) الذي تشبه أشعته أشعة إكس ولكنها أقوى منها وأبعد في قوتها الاختراقية .

النظائر وفصلها

وهناك فرق آخر بين التفاعلات الكيميائية العادية وبين التفاعلات الذرية يجدر بنا أن نبينه وهو فرق يتعلق بخصوصية النظائر Isotopes فالنظائر هي أشكال من نفس العنصر وهي تسلك في التفاعلات الكيميائية العادية مملكاً مشابهاً جداً حتى أن عملية فصل مخلوط من نظيرين لعنصر ما ظلّ سؤالاً حائراً على علماء العلماء لآمد طويل . وتختلف نظائر العنصر الواحد في وزنها الذري أي في وزن ذراتها . فالأكسجين مثلاً له ثلاثة نظائر أو أصناف تزن ذرة أحدها ١٦ والنائي وزن ذرته ١٧ والثالث وزنه الذري ١٨ . ولأن النظائر ليست إلا أشكالاً لنفس العنصر فإن لها نفس الرمز الكيميائي فإذا

(١) بين الجسيمات التي تنطلق من الذرات الإشعاعية جسيمات ألفا وهذه تحمل كهربية موجبة ووزن جسيم ألفا أربعة أمثال وزن ذرة الهيدروجين التي هي أخف الذرات جميعاً . وتنتج الذرات الإشعاعية أيضاً جسيمات بيتا وهذه تحمل كهربية سالبة وتسمى بالالكترونات . أما وزنها فأخف كثيراً من جسيمات ألفا إذ وزن الالكترون جزءاً من ثمانية عشر ألفاً من الأجزاء من وزن ذرة الهيدروجين والكهرباء التي يحملها جسيم ألفا ضعف كمية الكهرباء التي يحملها جسيم بيتا من حيث المقدار ولكنها مخالفة لها في النوع كما قدمنا .

(٢) أشعة « جاما » هي أشعة تشبه أشعة النور ولكنها تختلف عنها في قصر موجتها .

أردنا ان نتمرق بيها فانا نضع الى جوار رمز العنصر عدداً يبين الكثرة التقريبية لدرجة النظير فاليورانيوم - ٢٣٥²³⁵ لنا نظير لعنصر اليورانيوم وزن ذرته ٢٣٥ وهناك نظير آخر لليورانيوم أثقل في وزنه وهو اليورانيوم - ٢٣٨ U - 238 ولا يلزم في التفاعلات الكيميائية العادية تحديد نوع النظير الذي يتفاعل لأن جميع نظائر العنصر متشابهة في سلوكها في هذه الحالة كما بينا . فاحتراق نظير لعنصر الكربون معاه لاحتراق النظير الآخر الى حدٍ بعيدٍ حتى أنه يمكننا أن نتحدث في الحالتين عن احتراق الكربون ليس إلا .

ولكن ليست هذه هي الحالة في التفاعلات الذرية فنظائر العنصر الواحد تختلف في سلوكها في العمليات الذرية كما تتباين العناصر المختلفة في سلوكها في التفاعلات الكيميائية العادية . وبذا فنحن نجد مثلاً أنه من الصعب جداً إحداث تفاعل القنبلة الذرية في اليورانيوم - ٢٣٨ في حين أنه من السهل إحداثه في يو - ٢٣٥ وبذا فان النظير الأول لا يمكن أن يستخدم في القنابل الذرية .

من هذا ندرك توجاه الأهمية والصعوبة في عملية فصل النظائر فنحن إذا أردنا مادة فائقة النشاط في تفاعلاتها فيلزم مادة انتقاء نظير خاص لأحد العناصر . واليورانيوم - ٢٣٥ يتوافر فيه هذا النشاط . ومع ذلك فان استخلاص هذا النظير من النظائر الأخرى لنفس العنصر عملية جد شاقة لأنها تسلك جميعاً سلوكاً متشابهاً في الأحوال العادية .

وقد يتبادر الى الذهن لدى هذه النقطة سؤال من حق القارىء أن يسأله، وهو: لماذا ظلت التفاعلات الذرية خافية لم تستكشف كل هذا الأمد الطويل ما دامت تطلق هذه المقادير الهائلة من الطاقة؟ ولماذا لا نلصقها في حياتنا اليومية؟

إذا نحن أردنا أن نحرق الفحم فان علينا أن نرفع درجة حرارته أولاً عدة مئات من الدرجات حتى يصل الى درجة الاشتعال التي يبدأ عندها الاحتراق .

ومن الطبيعي أن العمليات الذرية التي تعطي مقادير أعظم وأعظم من الطاقة لا بد من أن تحتاج في توليدها الى كمية من التسخين الأولى أكثر مما يحتاجه الفحم . ومثل هذه الدرجات الحرارية المرتفعة التي تلزم لبدء مثل تلك العمليات لا يمكن أن تتحقق فوق كوكبنا هواردنا

جدّ المحدودة . ولكنها تتوافر في مراكز النجوم ومنها شمسنا (١) وان مورد الاشعاع الشمسي هو الطاقة الذرية . وحيث أن كل طاقتنا الأرضية مستمدة كلية من الاشعاع الشمسي فيمكننا أن نقول إن الطاقة الذرية تكون أساس حياتنا وموارد طاقتنا .

وهناك مادة يلزمها لكي تشتعل مقدار من التسخين البدائي أقل بكثير مما يلزم للنفخ . تلك المادة هي الفسفور فان عوداً من النقاب يلهب لدى قليل من الحك . . وقد ظلت النار في عالم الجهول ولم تستكشف لمدة طويلة لأنه لا يوجد في الطبيعة فسفور حر منفرد وحتى اذا كان قد وجد فلا بد أنه قد اشتعل بطريقة ما قبل أن يتمكن الانسان من أن يضع يده عليه بأمد طويل .

وهناك جسيم ذري متعادل غير مكهرب يسمى « النيوترون » « Neutron » ويطلقون عليه أيضاً العنصر الصفري « Zero element » هذا النيوترون يتفاعل مع العناصر في درجات الحرارة العادية تفاعلاً ذرياً تنشأ عنه طاقة تنطلق : ومع ذلك فلا يوجد تحت الأحوال العادية نيوترونات في الطبيعة . ولم يستكشف هذا الجسيم الذري المتعادل إلا من عدة سنين مضت ، فقد كشفه العالم الطبيعي الانجليزي شادويك Chadwick في سنة ١٩٣٢ . وان السبب في ندرة النيوترونات هو نفس السبب في ندرة الفسفور ، فان أي نيوترونات يحتمل أن تتكوّن مصداقة تتفاعل تواءم مع ذرات عناصر أخرى وتستقر في نواياها .

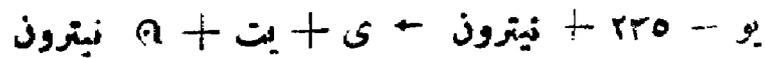
وإذن فذلك هو السبب الذي من أجله لم نعرف إلا قليلاً عن التفاعلات الذرية حتى الى وقت حديث حين نجحنا من عدة سنين ليس إلا في توليد النيوترونات على نطاق واسع . فالتفاعلات الذرية التي لا تستخدم فيها النيوترونات تحتاج الى درجات حرارة هائلة الارتفاع لبدئها . وفي الناحية الأخرى نجد أن النيوترونات يبلغ من نشاطها التفاعلي أنها تربط نفسها الى الذرات الأخرى وبذا تختفي وعمى وجودها المنفرد .

وقبل سنة ١٩٣٩ كان معظم علماء الطبيعيات يصدقون ، بناءً على الحقائق التي سردهاها أن استخدام الطاقة الذرية (ويقصد هنا الطاقة النووية « Nuclear energy » لأن التغيرات

(١) تبلغ درجة حرارة الغلاف الشمسي الخارجي ستة آلاف درجة سنتراد في حين أن الجزء الداخلي للشمس تقدر درجة حرارته بين ثلاثين وستين مليون درجة سنتراد .

التي تحدث في العمليات الذرية تؤثر في نواة الذرة) على نطاق واسع لن يتأتى إلا في المستقبل البعيد ، فالنيوترونات التي نبحوا في إنتاجها بعد صعوبة كبرى كانت تتمتع جميعها بمجرد توليدها ، كما أن التفاعلات الذرية التي لم تستخدم فيها النيوترونات لم يكن في الإمكان إحداثها صناعياً إلا باستخدام عدد قليل من الدقائق التي تنتج من المواد ذات النشاط الإشعاعي^(١) أو التي كانت تولد صناعياً في آلات معقدة كالسيكلترون Cyclotron أو مولد فان دي جراف « Van de Graff Generator »

وفي سنة ١٩٣٩ اكتشف طلمان ألمانيان هما « هان وسترايمان » تفاعلاً ذرياً سببها النيوترونات في درجة الحرارة العادية ، وقد امتص النيوترون الذي سبب في بدء التفاعل أثناء العملية كما هو الحال في العمليات الأخرى التي يسببها ، ولكن الفرق الواضح هنا هو أن هذا التفاعل الذري أنتج أيضاً نيوترونات . وواضح أنه إذا كان عدد النيوترونات المنتجة في التفاعل أكبر من عدد النيوترونات الممتصة فيه فإنه يدخل من الممكن ، ليس فقط حفظ التفاعل مستمراً في درجات الحرارة العادية بل يمكن أيضاً الحصول على مورد هنيئ من النيوترونات .. وإن ما كشفه هان وسترايمان هو عملية الفلق Fission process وقد ذكرتها من قبل . وفيما يلي المعادلة الكاملة لهذا التفاعل الذري



وتبين ٩ عدد النيوترونات الناتجة من عملية فلق واحدة ويطلق على ي ، بت دقائق الفلق لأنهما هما الدقائق التي انفلق إليها اليورانيوم - ٢٣٥ . وايس اليود واليوتريم العنصرين الوحيدين الذي يمكن لليورانيوم - ٢٣٥ أن ينفلق إليهما فهناك أزواج كثيرة أخرى من العناصر يمكن أن ينفلق إليها

(١) من هذه الدقائق الناتجة من المواد المشعة جسيمات ألفا ، ذرات تطلق هذه الجسيمات مثلاً على غاز الآزوت يحدث تفاعل ذري ينتج منه غاز الأكسجين وقد أجرى هذا التفاعل العالم الإنجليزي « اللورد رذرفورد » أستاذ الطبيعيات بجامعة كامبردج . وما حدث في هذا التفاعل هو أن جسيم ألفا دخل في تكوين نواة ذرة الآزوت وفي نفس الوقت خرج من النواة جسيم موجب التكهرب هو البروتون ، وبدا تحول نواة الآزوت إلى نواة الأكسجين

والمقطة ذات الأهمية في التفاعل الأعلى هو أن n أكبر من واحد صحيح وهو في

الحقيقة ٢

هذه الحقيقة يمكن الاستفادة منها في طريقتين إذا كان لدينا كتلة من يو - ٢٣٥ أو أي

مادة أخرى قابلة للفتق - أي مادة يمكن أن تفتق حين تمتص نيوترونًا.

القنبلة الذرية \otimes فإذا نحن أعطينا كتلة من يو - ٢٣٥ أو أي مادة قابلة للفتق

فيمكننا أن نضيف إليها نيوترونًا. هذا النيوترون سيتفاعل مع اليورانيوم - ٢٣٥ منتجًا

اثنين من النيوترونات فإذا ترك هذان النيوترونان ليتفاعلا مع اليورانيوم - ٢٣٥ فسينتجان

أربعة نيوترونات في الجيل الثاني. وهذه بتفاعلها جميعًا مع اليورانيوم - ٢٣٥ تنتج ثمانية

في الجيل الثالث وستة عشر في الجيل الرابع وحوالي ألف نيوترون في الجيل العاشر ومليون

نيوترون في الجيل العشرين وبلليون في الجيل الثلاثين : الخ . فالعمليات التي تسببها نيوترونات

الجيل الأول مستهية فيترونت الجيل التالي . كما أن عدد سكان كل جيل من هذه النيوترونات

يبلغ ضعف عددها في الجيل السابق ^(١) هذه الحوادث المتتالية ستستمر إما إلى أن يستهلك

كل اليورانيوم - ٢٣٥ وتحل محله « دقائق الفتق » والنيوترونات أو إلى أن تتناثر القنبلة .

الجهاز الذي وصفته الآن ليس إلا قنبلة : القنبلة الذرية .

ولدقائق الفتق في تفاعل القنبلة الذرية سرعة هائلة تنتمي إلى درجة حرارة تبلغ حوالي

تربليون درجة ، كما أن الطاقة المتولدة حين يفتق رطل من اليورانيوم - ٢٣٥ تكفي لرفع

درجة حرارة كرة من الهواء يبلغ قطرها حوالي نصف ميل إلى درجة حرارة الماء المغلي ،

وبالطبع فإن التدمير المتسبب عن مثل هذا الانفجار قد يمتد في مساحة أكبر من هذه .

وإن دائرة الحياة لأجيال النيوترون في قنبلة ذرية لا تزيد كثيرًا عن جزء من بليون من

(١) يطلق على هذه التفاعلات المتتالية اسم « التفاعل المتسلسل » إذ هو كما رأينا عبارة عن سلسلة

من التفاعلات تلي الواحدة منها الأخرى بحيث يكفي أن يحدث التفاعل الأول لحدوث جميع التفاعلات

الأخرى الواحدة منها تلو الآخر . وقد شبه الدكتور علي مصطفي مشرفه باشا هذا النوع من التفاعلات بما

يحدث عندما تضع أحجار « الدومينو » على تضد كل حجر منها في وضع رأسي وتكون الأحجار متقاربة

وفي خط مستقيم ، فإذا دفننا الحجر القائم في أول الصف بحيث يتقلب على الحجر المجاور له انقلب هذا على

الذي يليه وهكذا ، فتقع الحجارة كلها على التضد في زمن وجيز .

الناحية وكل العملية التي وصفناها يمكن أن تنتهي في جزء من المليون من الثانية . وأعظم صعوبة في تكوين القنبلة هو أن تحفظ كتلة اليورانيوم - ٢٣٥ رشحاً عن الطاقة الهائلة الناشئة ولا تتناثر قبيل أن تمتص كل النيوترونات أو أغلبها باليورانيوم .

﴿ مُولّد النيوترونات Neutron Generator ﴾ إن الطريقة الثانية التي يمكن بها الاستفادة من كتلة مادة قابلة للفلق هو أن ندع عدد النيوترونات الناتجة في تفاعل الفلوق يزداد حتى يصل إلى مستوى خاص حال نسبياً نكون قد حددناه من قبل ثم نوقف زيادة النيوترونات فجأة لدى الوصول الى ذلك المستوى .

أما كيف يمكن إيقاف الزيادة فان ذلك يتأتى بأن ندخل منلاً في جهازنا مادة يمكننا أن تمتص حوالي نصف مجموع النيوترونات المنتجة في التفاعل . فإذا نحن فعلنا هذا فان النصف ليس إلا من عدد النيوترونات المولدة في جيل متعقب الفلوق في اليورانيوم - ٢٣٥ في الجيل اللاحق .

وحيث أن عدد النيوترونات الناتجة في أي جيل عبارة عن ضعف عدد مرات الفلوق فانه بعد إدخال هذه المادة الجديدة سيكون عدد النيوترونات الناتجة في كل جيل مساوياً لما ينتج في غيره من الأجيال اللاحقة ... أي أن التفاعل سيستمر بسرعة ثابتة قد تكون مرتفعة أو منخفضة متوقفة في ذلك على المستوى الذي أوقف عنده استمرار زيادة النيوترونات .

فإذا نحن أجرينا التفاعل المتسلسل بهذه الطريقة حصلنا على نتيجتين :

أولاً : إن عمليات الفلوق التي تتمضي بسرعة ثابتة ستنتج لنا كمية معينة من الحرارة يمكن أن توجه لأغراض مفيدة .

ثانياً : ستتوافر لدينا النيوترونات لامتناسها بأي طريقة نختارها لإيقاف التضاعف الزائد .

وإن النتيجة الثانية لتباغ في أهميتها مبلغ النتيجة الأولى . فمعظم ذرات العناصر تندو إشعاعية حين تمتص نواة الذرة نيوتروناً . وبذا فيمكن صنع أنواع متباينة من الذرات الإشعاعية Radioactive لأن التفاعل المتسلسل يمكن تنظيمه بامتناسها النيوترونات الزائدة

بذرات أي عنصر من العناصر المعروفة والتي يبلغ عددها ٩٢... فالنتيجة الثانية توضح لنا القيمة الهائلة للنيوترونات فإنه يمكننا أن نسبب عملية ذرية بكل فيترون ونكون منلاً ذرة إشعاعية من أي ذرة ونيترون . وهذا سبب آخر يدفعنا الى تجنب ضياع اليورانيوم - ٢٣٥ في قنبلة ، فإن كل النيوترونات التي يمكن لليورانيوم - ٢٣٥ أن ينتجها تفقد بعد الانفجار ولا يستفاد منها .

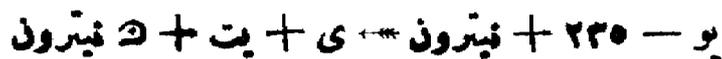
﴿ معمل البلوتونيوم ﴾ رأينا فيما سبق أنه لكي نصنع قنبلة ذرية أو نثني مولداً للنيترون ، يجب أن نمتلك كمية كبيرة من مادة قابلة للفتق ومن الممكن بالطبع تحضير اليورانيوم - ٢٣٥ في حالة نقية بفصل نظيري اليورانيوم . ومع ذلك إذا كانت هذه هي الطريقة الوحيدة لإنتاج المادة القابلة للفتق لأجل مولد النيترون فلا شك أن النيوترونات ستظل مرتفعة التكاليف لأن عملية فصل النظائر عملية شاقة جد صعبة .

ولكن إذا شئنا أن نستخدم اليورانيوم الطبيعي وهو المخلوط من اليورانيوم - ٢٣٥ واليورانيوم - ٢٣٨ فإن العملية بأجمعها يمكن تقليل نفقاتها الى حدٍ بعيد .

هذا يمكن حقيقة إذا استخدم اليورانيوم - ٢٣٨ كإداة لمنع الزيادة في عدد النيوترونات ولن يكون لدينا في هذه الحالة مولد للنيترون نحسب بل مولد للنيترون ومستمك للنيترون في آن واحد . فاليورانيوم - ٢٣٥ هو مورد النيوترونات ، والنظير الآخر هو المادة الماصة . وقد يبدو أن ما نخبه لا يمدو الطاقة التي يولدها التفاعل .

ولكن - وهذه هي الورقة الراجعة كما يقول هواة اللعب بالورق - فانا نجد أن نتاج التفاعل بين اليورانيوم - ٢٣٨ والنيترون هو مادة جديدة «اليورانيوم - ٢٣٩» والتي تتحول نتيجة لنشاطها الإشعاعي الذاتي الى عنصر جديد يسمى «البلوتونيوم» . Plutonium . هذا البلوتونيوم مادة قابلة للفتق أيضاً فيمكن استخدامها تبعاً لذلك إما في قنبلة ذرية أو في مولد آخر للنيترون .

وان معمل البلوتونيوم الذي وصفناه هو حقاً معمل غير عادي فهو يصنع البلوتونيوم ولكنه خلال ذلك يولد لنا أيضاً طاقة كبيرة . هذه الطاقة هي المتولدة في العملية الآتية:



ويعتبر البلوتونيوم الذي يصنع في معامل البلوتونيوم بولاية واشنطن ، أول عنصر جديد صنعه الانسان في مقادير هائلة كبيرة . وتكاليف الحصول على البلوتونيوم في المعمل أرخص بكثير من تكاليف الحصول على اليورانيوم - ٢٣٥ التي بعملية فصل النظائر ... وفي خلال عدد من السنين ليس بالكثير يمكن حمل كمية هائلة لا حد لها من البلوتونيوم تكفي لصنع عدد فائق من القنابل الذرية أو لأغراض سلمية تفيد المجتمع البشري . . وهنا هل الانسان أن يختار !

وقد يفكر البعض في أنه وقد أمكننا أن نجعل اليورانيوم الطبيعي يتفاعل تفاعلاً متسلسلاً فقد يكون من الامكان تفجيره ولكن ذلك لا يتأتى لأن النيوترونات الناتجة من التفاعل لا تتضاعف بسرعة كافية في اليورانيوم الطبيعي ذلك لأن اليورانيوم - ٢٣٨ ينظم التفاعل المتسلسل أو ثومايكياً أي أنه يمتص جزءاً كبيراً من النيوترونات حتى إن سكان الأجيال المتعاقبة لا تكاد تزداد .



وبعد، فإن رحلتنا في عالم الطبيعة الذرية قد أتت بنا الى عدد من المرات يمكن أن نرى منها طرقاً أخرى تؤدي الى تحقيق تفاعلات ذرية جديدة . وقد أشرفت قبل ذلك الى ذلك التفاعل الذري الذي تفتى فيه المادة وتتحول كلية الى طاقة والذي يسمونه « Annihilation Reaction » وهو كما ذكرت ينتج من الطاقة ما يفوق ألف مرة ما ينتج في تفاعل الفلق .

وهناك تفاعل ذري آخر هو التفاعل بين نظائر الايدروجين وهذا يعطي هو الآخر طاقة هائلة أعظم بكثير مما ينتج في تفاعل الفلق .

فما هو أمر هذه التفاعلات الجديدة ؟ وفي الاجابة على هذا التماؤل أقول إنه ليس هناك الكثير منها الآن فبينما نرى أننا يمكننا أن نستخدم تفاعل الفلق على نطاق واسع لخير البشرية أو شرها ، فليس هناك ما يدمو في الوقت الحاضر الى أن نصدق أن أي تفاعل ذري آخر يمكن أن يستفاد منه استفادة كلية في المستقبل القريب .

وبقترح البعض أن نحاول استخدام تفاعل الفلق في إنتاج درجات حرارة عالية نسبياً بها أو قل نفعل بها — إن صح هذا التعبير — تفاعلات أخرى ، تماماً ، كما نستخدم نار الفوسفور في إشعال النار في مواد أخرى ... ويقول البعض أن الجو أو البخار يمكن إشعالها بواسطة قنابل الفلق . ولا يوجد الآن من الأسباب ما يجعلنا نخاف هذا ، وإني أصدق أن إشعال الجو ليس إلا محض تصور . وأما من ناحية تفاعل الزوال التام للمادة « Annihilation Reaction » فلم يلاحظ بعد في المعمل كما أشرت آنفاً . ولكن يجب أن نحترس من المبالغة في التحفظ ولا نكون كأولئك القوم المحافظين الذين هزأوا بالفكرة التي بينت ما يتوقع وما يمكن أن يؤديه تفاعل متسلسل لليورانيوم .

وقد يكون من العدل أن نصدق أن اكتشافات أخرى ربما تكون بيولوجية لها قوة متساوية تجاه الخير والشر قد يمكن أن تتم قبل أن يأتي الزمن الذي نلینا أن نواجه فيه تفاعلات ذرية تختلف اختلافاً أساسياً في طبيعتها عن تفاعل الفلق .

