

البروفسور اتوهان

رئيس معهد الأبحاث العلمية بألمانيا
الحائز على جائزة نوبل للكيمياء

يقدم

استخدام الطائرات

تقريب

الدكتور عفاف صبرى
المدرس بجامعة فؤاد الأول

استخدام
الطاقة الذرية

تأليف

البرفسور أوتوهان
رئيس معاهد الأبحاث العلمية بالمانيا
الحائز لجائزة نوبل ١٩٤٤

تعريب

دكتور عفاف صبرى
المدرس بجامعة فؤاد الاول

ظهر هذا الكتاب باللغة الألمانية سنة ١٩٥١ في سلسلة كتب
مناقشات وتقارير المتحف الألماني

التي ظهرت في ألمانيا في مدى ١٨ سنة ، من ١٩٢٩ الى ١٩٤٣
وبعد الحرب من ١٩٤٨ الى ١٩٥١ ، وكان آخرها هذا الكتاب

مناقشات وتقارير المتحف الألماني

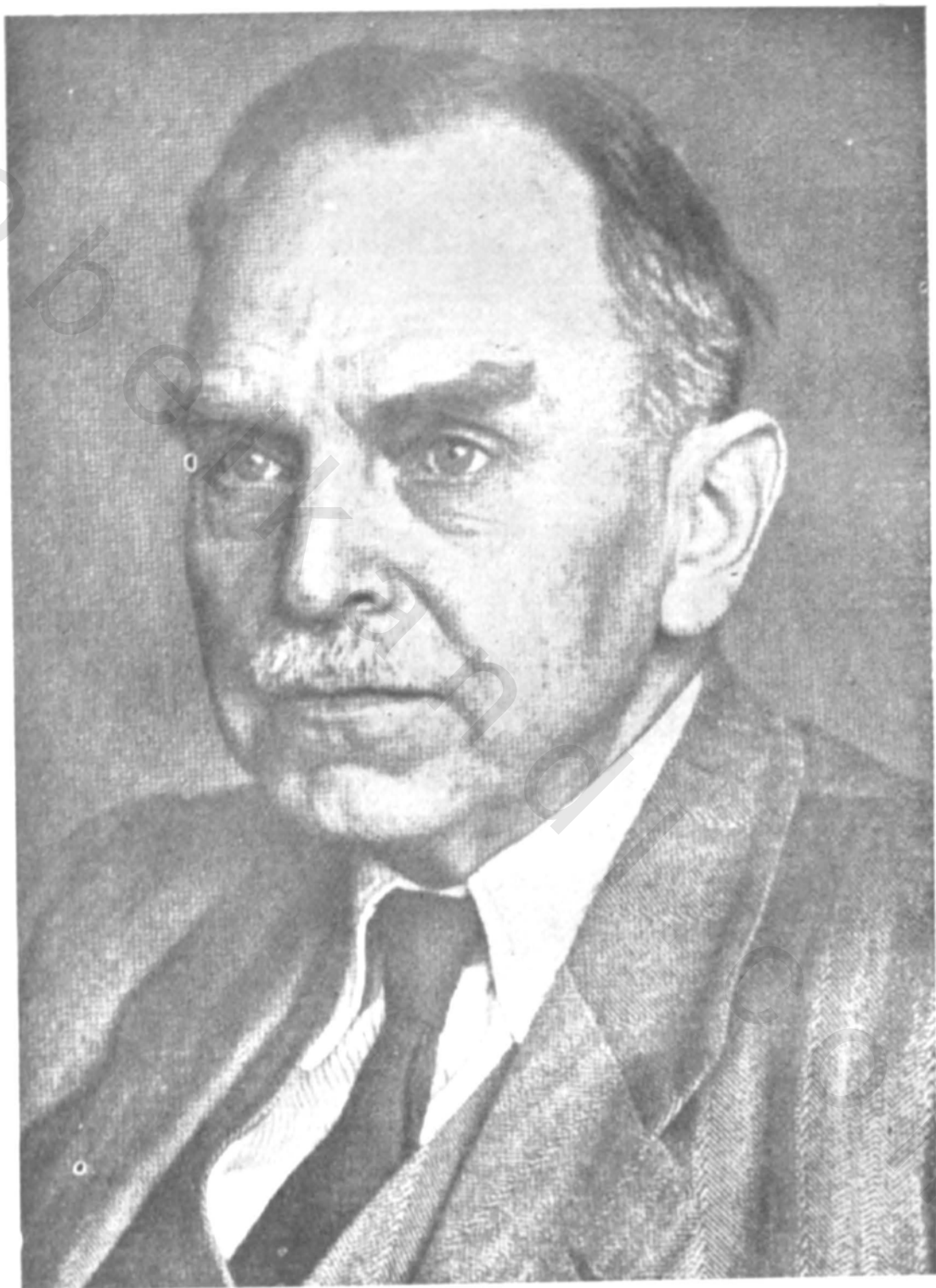
إخراج الأستاذ الدكتور زرتن Soerensen (أوسبرج)

والأستاذ الدكتور تسينك Zenneck (ميونخ)

ولد الأستاذ أوتوهان (Otto Hahn) في ٨ من مارس ١٨٧٩
بمدينة فرنكفورت • درس الكيمياء منذ ١٨٩٧ في ماربورج
وميونخ • حصل على الدكتوراه ١٩٠١ وقام بالتدريس
في برلين ١٩٠٧ • أصبح سنة ١٩١١ عضواً في معهد القيصر
ولهلم للكيمياء و ١٩٢٨ مديراً له • تولى منذ ١٩٤٦ رئاسة
معهد القيصر ولهلم لطلب العلم (تسمى الآن معهد ماكس
بلانك) •

الناشر للنسخة الأصلية الألمانية

R. Oldenbourg, Munich



صورة «١»
البروفسور أوتوهان

obeikandi.com

مقدمة المعرّب

تشرفت بمقابلة الأستاذ هان في بلدة جتنجن في أثناء قيامي بالأبحاث في معهد ماكس بلانك للطبيعة وحصلت منه على اذن ترجمة هذا الكتاب الى اللغة العربية كما حصلت قبلا على الاذن نفسه من الناشر .

والأستاذ هان ، الرئيس الحالي لمعهد ماكس بلانك للأبحاث العلمية في ألمانيا والحائز لجائزة نوبل للكمياء ١٩٤٤ هو أول من اكتشف مع مساعدة ستراسمان قبيل الحرب العالمية الأخيرة تحطيم ذرة اليورانيوم ٢٣٥ بتأثير النيوترونات البطيئة .

وقد كان هذا الاكتشاف فاتحة لنوع جديد وهائل من الطاقة تتضاءل بالنسبة اليه جميع مصادر الطاقة المعروفة حتى الآن . وستكشف الأيام المقبلة الانقلاب الذي أحدثه هذا الاكتشاف سواء في الأغراض التدميرية أو في الأغراض التعميرية .

ومما تجب الإشارة اليه أن العالم الكبير قد وجه اهتمامه واهتمام مساعديه في أثناء الحرب الأخيرة الى الاستفادة من الطاقة التي فك عقالها في الأغراض غير التدميرية فقط .

ويحدثنا الأستاذ هان في هذا الكتاب عن تطور الأبحاث النووية في ألمانيا ابان الحرب وكيف تطورت في أمريكا الى اتاج القنابل الذرية ثم ينتقل الى التجارب الحالية في أمريكا واتاج القنبلة الايدروجينية ، كما خصص جزءا لمناقشة استخدام الطاقة الذرية في المستقبل في الأغراض النعميرية واتهى الى الحديث عن التطبيقات الجديدة في علوم الطب والكيميا وعلم الحياة وعلم المعادن •

القاهرة - يناير ١٩٥٢

استخدام الطاقة الذرية

بقلم اتوهان (معاهد ماكس بلانك ، جتنجن)

تقف الانسانية اليوم في بداءة تطور قوة طبيعية جديدة .
فنحن مدينون لأشعة الشمس الساقطة على كوكبنا بمعدل
ثابت تقريبا منذ ملايين السنين كأساس لمصادر الطاقة
المستخدمة حتى الآن ، سواء أكانت موارد العالم الهائلة
من الفحم والبتروول أو خشب الغابات أو مساقط المياه
والأنهار أو قوة الرياح .

والآن أمكن التوصل لأول مرة الى الاستفادة من الطاقة
الكامنة بداخل ذرات عناصر الأرض الكيموية .

وسوف يكون الحديث هنا حول هذه الطاقة ، ولذا
يستحسن اعطاء صورة عن التطور الذى أدى الى امكان
الاستفادة من هذه الطاقة عمليا .

ان الأمر الذى يهمنا هنا يتعلق بنويات ذرات العناصر
الكيموية .

تتكون ذرة كل عنصر من نواة مشحونة بشحنة كهربية
موجبة . ومن سحابة من الكهارب السالبة (الالكترونات)
تحيط بها تجعل الذرة بأجمعها متعادلة الشحنة . ويمكن

تصور الصغر الدقيق لنواة الذرة بالنسبة الى الذرة بمجموعها اذا علمنا أن قطر النواة يساوى واحد الى عشرة آلاف من قطر الذرة ، وهذا يساوى واحد الى مائة مليون من السنتيمتر ! وبذا تكون النواة بالنسبة الى الذرة ك رأس الدبوس بالنسبة الى منزل متوسط الحجم .

تتكون نويات جميع العناصر الكيميائية عدا الايدروجين^(١) من نوعين من الجسيمات ، الأول عبارة عن جسيم موجب الشحنة ويسمى (بروتون) ووزنه ١ والثانى جسيم عديم الشحنة يسمى (نيوترون) وله الوزن نفسه . ويحدد عدد البروتونات فى النواة (حاملى الشحنة الموجبة) الخصائص الكيميائية للعنصر . وبذا يمكن ترتيب العناصر حسب عدد بروتوناتها مبتدئين بالايديروجين ذى البروتون الواحد « شحنة النواة ١ » ثم الهليوم ذو البروتونين « شحنة النواة ٢ » وهلم جرا الى اليورانيوم ذو ٩٢ بروتون « شحنة النواة ٩٢ » .

لا تلعب النيوترونات دورا فى طبيعة العنصر وعددها بالاضافة الى عدد البروتونات فى النواة يعطينا الوزن الذرى للعنصر ، لذا كانت الأوزان الذرية ، باستثناء الايدروجين الذى لا يحوى نيوترون ، أكبر دائما من شحنة النواة . فمثلا

(١) تتكون نواة ذرة الايدروجين من جسيم واحد فقط هو البروتون الموجب الشحنة .

يحتوي العنصر الثاني في الترتيب الدوري للعناصر «الهليوم» نيوترونان علاوة على البروتونين وبذا يكون وزنه الذري ٤ وكلما ارتفعنا في سلسلة العناصر زادت النسبة المئوية للنيوترونات في النواة . فالكالور مثلاً تحوى نواة ذرته ١٧ بروتون و ٢٠ نيوترون واليورانيوم ٩٢ بروتون ، ١٤٦ نيوترون . وإذا قل أو زاد عدد النيوترونات لعنصر كيميائي ، فهذا لن يغير من خصائصه الكيميائية . وفي الواقع قد يكون بجانب العدد المحدد من البروتونات للعنصر أعداداً مختلفة من النيوترونات وبذلك توجد عناصر مشابهة تحوى نفس عدد البروتونات ولكن بسبب اختلاف عدد نيوترونها تختلف في وزنها الذري (عدد البروتونات + عدد النيوترونات) وتسمى هذه نظائر العنصر . فمثلاً يوجد خلاف الأيدروجين العادى بكمية ضئيلة جداً ما يسمى بالأيديروجين الثقيل وهذا يحوى نيوتروناً زائداً (تتكون نواته من بروتون ونيوترون) . وأغلب العناصر مكونة من مزيج من النظائر ، فاليورانيوم مثلاً ذو الوزن الذري ٢٣٨ أى ٩٢ بروتون + ١٤٦ نيوترون ، له نظير نادر ذو الوزن الذري ٢٣٥ فقط (٩٢ بروتون + ١٤٣ نيوترون) .

إذا تغير شيء في تكوين أو شحنة نواة الذرة (أى في عدد البروتونات بها) حصلنا على تحول للذرة وتغير للعنصر . وأولى الأمثلة لذلك التحول شوهدت في المواد ذات النشاط

الاشعاعى الموجودة فى الطبيعة : اليورانيوم والثوريوم والرادىوم .. ويحدث فى اليورانيوم أو الثوريوم تحول ذاتى بطىء الى عناصر أخرى فى سلسلة تنتهى بعنصر الرصاص المعروف من زمن بأنه غير مشع •

وقد أمكن اليوم جعل الجزء الأكبر من العناصر الكيومية عناصر ذات نشاط اشعاعى بطرق صناعية ، وكذلك أمكننا أن نتج صناعيا عناصر غير موجودة فى الطبيعة ومد الترتيب الدورى للعناصر الى ما بعد عنصر اليورانيوم الذى كان يعتبر نهاية هذا الترتيب الدورى •

وكان العالم الانجليزى المشهور رثر فورد (١٩١٩) هو أول من أنتج عنصرا صناعيا فقد أطلق أشعة الفا () وهى المكونة من نويات هليوم متحركة بسرعة) من مستحضر ذو نشاط اشعاعى قوى خلال غاز النيتروجين فتحول بعض النيتروجين الى العنصر المجاور الأعلى وهو الأكسجين (امتصت نواة النيتروجين نواة الهليوم وطردت بدلها بروتونا متحولة الى ذرة أكسجين) وكان هذا هو أول تحول عنصر الى آخر صناعيا •

وفى سنة ١٩٣٢ تمكن شادويك من استخلاص النيوترون وامكان استخدامه • اذا استخدم النيوترون بدلا من نواة الهليوم فى تجربة رثر فورد السابقة امتص التتروجين النيوترون

متحولا الى « نظير » تتروجين غير ثابت • ويجب أن نذكر هنا أن النظير « غير الثابت » هو عنصر ذو نشاط اشعاعى •
كان جولوت كورى وزوجه أول من أنتج عنصرا ذو نشاط اشعاعى صناعيا وذلك بعد ما اكتشف شادويك النيوترون بسنتين •

والعنصر ذو النشاط الاشعاعى يكتسب هذه الخاصية لأن فواته الغير ثابتة تشع كهربا (الكترون) (الكهارب هي التى تكون السحابة المحيطة بالنواة وهى من الصغر بحيث يهمل وزنها بالنسبة الى وزن البروتون أو النيوترون) فمثلا التروجين النظير ذو النشاط الاشعاعى يتحول الى أكسجين بأن يتحول أحد النيوترونات الى بروتون والكترون ، والأخير ينطلق من النواة كأشعة (بيتا) •

عند استخدام النيوترونات فى التجارب السابقة لتحضير العناصر ذات النشاط الاشعاعى صناعيا باطلاقها على العنصر يجب أن نسترجع الى الذهن أن النواة تكون جزءا غاية فى الصغر بالنسبة الى الذرة ولذا كان من الواضح أن النيوترونات التى تصيب الهدف لا تعدو نسبة ضئيلة جدا اذا قورنت بتلك التى تخفق فى الاصابة • ولذا كان ما يمكن الحصول عليه من العناصر ذات النشاط الاشعاعى المحضرة كمية لا يمكن رؤيتها أو وزنها بل يمكن فقط الاستدلال عليها بوساطة أجهزة طبيعية حساسة للكهارب (أشعة بيتا) المنطلقة من نويات ذرات تلك العناصر •

اقسام اليورانيوم

كان العالم الايطالى فرمى Fermi أول من استغل ميزة استخدام النيوترونات المتعادلة . فقد أطلق هذه على جميع عناصر الترتيب الدورى حتى العنصر الأعلى اليورانيوم وكذلك هنا وجد تحولا . وقد تأيد له فى هذا الوقت أن من اليورانيوم ذى الشحنة ٩٢ يتكون عنصر جديد أو أكثر من عنصر غير معروفة فى الطبيعة . وكانت هذه النتيجة الأخيرة موضع شك .

أعاد المؤلف بمعاونة الأستاذة مايتز Meitner ومتأخرا مع الدكتور شتراسمان Strassmann تجارب فرمى فأيدها وتوصل الى اكتشاف نظائر أخرى للعناصر .

وقد حصل على تقدم آخر ببناء مصادر صناعية للأشعاع وآلات الجهد العالى ، وأخيرا السيكلترون الذى نشأ وتطور فى أمريكا . وكل هذه تنتج اما بروتونات أو نويات هليوم ذات سرعة كبيرة وبكميات هائلة . ومن هذه أمكن أيضا الحصول على نيوترونات بكمية كبيرة . واستخدمت هذه المصادر فاكشفت حتى نهاية ١٩٣٨ عدة مئات من التفاعلات النووية للذرات المختلفة .

والى ذلك الحين كان الأمر ما زال متعلقا بكميات ضئيلة لا يمكن رؤيتها أو وزنها بل أمكن فقط ملاحظة التفاعل

بوساطة أجهزة قياس طبيعية معينة تسمح بالاستدلال على
نتائجه المشعة ، أى بطريقة معينة تجعله مرئيا .

ماذا يعنى هذا التفاعل النووي الصناعى ؟ يمكن الإشارة
الى ذلك بأن فى الأمثلة الكثيرة للتحويلات المشاهدة للعناصر
تكون نتائج التفاعل مجاورة مباشرة للعنصر . وهذه اما أن
تكون نظائر للعنصر نفسه أو أن تكون عناصر لا تختلف
عنه الا بوضع أو وضعين على الأكثر فى الترتيب الدورى
للعناصر .

وقد توصلنا ، شتراسمان وأنا ، ضد رغبتنا فى خريف
١٩٣٨ الى نتيجة مخالفة لجميع آراء العالم الطبيعى فى هذا
الوقت . فقد اكتشفنا أثناء اطلاق النيوترونات على عنصر
اليورانيوم ، نظائر لعنصر الباريوم ؟؟ وهذا خلاف ما اعتقدناه
أنه عنصر فوق اليورانيوم . ولما كان عنصر الباريوم يأتى فى
الوضع ٥٦ من الترتيب الدورى للعناصر واليورانيوم فى
الوضع ٩٢ اعتقدنا اذ ذاك أن هناك خطأ من ناحيتنا على
اعتبار أن حدوث تفتت تام لليورانيوم غير ممكن مطلقا .
ولكن إعادة تجاربنا أيدت لنا هذا الكشف أى أن ذرة
اليورانيوم تحطمت بتأثير النيوترونات الى جزئين متساويين
تقريبا ، جزء منها هو عنصر الباريوم ..

مفاجأة جديدة غير متوقعة !!

وسريعا أمكن تعيين الرفيق الآخر للانفجار : غاز

الكريبتون الخامل • شحنتا النواة لهذين العنصرين ٥٦ ، ٣٦
يكونا العدد ٩٢ وهو شحنة نواة اليورانيوم •

وبسرعة أعيد العمل وأكدت نتائجها حسب طرق طبيعية
في معامل الطبيعة النووية في أوروبا وأمريكا بدهشة كبيرة •
وبتتابع سريع اكتشف بوساطتنا وبوساطة باحثين آخرين
كثير من التفاعلات الانقسامية المختلفة التي تنقسم فيها ذرة
اليورانيوم الى ذرتين مجموع شحنتيهما دائما ٩٢ •

تمكن العالم الطبيعي ، أولا ليد مايتنر وفريش Frisch
وكذلك جوليوت Joliot بمجرد نشرنا الأول من توضيح
وكذلك تأكيد أن عمليات الانقسام هذه تكون مصحوبة
بانبعاث طاقة أكبر بمليون مرة من طاقة احتراق كمية معادلة
من الفحم •

التفاعل المسلسل

كان اكتشاف جوليوت ومساعديه (مستقلا عن البحوث
الأمريكان) ذا أهمية خاصة • وذلك أنه يصحب الانقسام
النوي انطلاق عدة نيوترونات زائدة حرة • وقد أشرنا ،
الدكتور شتراسمان وأنا ، قبل هذا بمدة قصيرة ، الى هذا
الامكان ولكن لم نحققه عمليا • وتتعلق أهمية هذه
النيوترونات الزائدة الحرة في امكان استخدامها في عملية
انقسام جديدة • واذا أمكننا التحكم في هذه النيوترونات

الزائدة الحرة فمنعنا انتشارها الى الخارج أو امتصاصها بنويات أخرى بل جعلناها تصيب ثمانية ذرات يورانيوم أخرى ، ظهرت عندئذ انقسامات جديدة وتجت نيوترونات زائدة تالية بالانقسامات المتتالية . اذا زادت هذه الانقسامات الى اللانهاية تكون ما يسمى بالتفاعل المسلسل . تزداد تبعاً الطاقة الحرة الناتجة عن كل انقسام وستكلم الآن عن امكان الالتقاء منها عملياً .

لم يكن هذا التفاعل المسلسل حتى ذلك الحين الا نظرية كان هناك طريق طويل لتحقيقها عملياً ولا يمكننا الا أن نشير الى أن هذا التفاعل أكثر تعقيداً مما قد يبدو . فبدون نظام خاص أو زيادة خاصة لا يمكن لليورانيوم الموجود في الطبيعة أن يعطينا هذا التفاعل المسلسل أو تلك الطاقة الهائلة .

والسبب في ذلك أن اليورانيوم الموجود في الطبيعة يتكون من نظيرين مختلفين في الوزن الذري وفي تأثير النيوترونات عليها : اليورانيوم ذو الوزن الذري ٢٣٨ والآخر الذي يكون فقط ٠.٧٪ ذو الوزن الذري ٢٣٥ .

النظير النادر ٢٣٥ هو المسئول الوحيد عن عملية الانقسام . أما اليورانيوم ٢٣٨ ذو النسبة الكبيرة فيمتص النيوترون عندما يكون ذو سرعة معينة مكوناً نظير صناعي لليورانيوم ذو الوزن الذري ٢٣٩ . يتحول هذا النظير ذو شحنة النواة ٩٢ الى العنصر المجاور الأعلى أى ذو شحنة

النواة ٩٣ وذلك باشعاع أشعة بيتا (كهرب سالب) . لم تتمكن
في هذا الوقت بواسطة منابع الاشعاع الضعيفة التي لدينا
من البرهنة على وجود هذه المادة . وقد اكتشفت بعد ذلك
في أمريكا وسميت نبتونيوم .

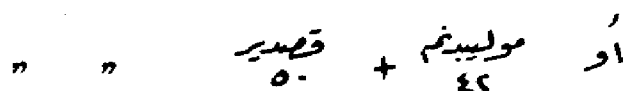
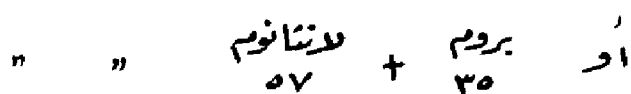
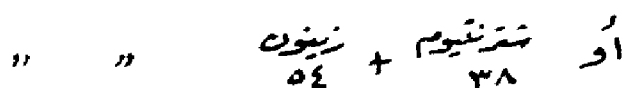
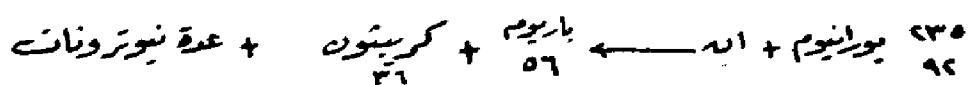
وبذا نلاحظ أثناء اطلاق النيوترونات على اليورانيوم
الموجود في الطبيعة (المزيج من اليورانيوم ٢٣٨ واليورانيوم
٢٣٥) عمليتين مختلفتين تمام الاختلاف .

أولا : انقسام اليورانيوم ٢٣٥ بواسطة النيوترونات
البطيئة ، ويكون هذا بالتالى منبعاً لنيوترونات جديدة وبذا
يبدأ الانقسام المسلسل المصحوب باطلاق طاقة كبيرة .

ثانيا : امتصاص النيوترون ذى السرعة العالية نوعاً
باليورانيوم ٢٣٨ وذلك بدون اعطاء نيوترونات زائدة وبدون
اطلاق طاقة خاصة .

العملية الأولى يمكن أن تؤدي الى تفاعل مساسل ،
أما الثانية فلا .

هذان التفاعلان مبيانان بالتفصيل فى شكل ١ ، ٢ ومبين فى
الشكل الأول (انفجار اليورانيوم ٢٣٥) عدد قليل من
الانقسامات الحادثة فى الواقع .



و کثیر غیر لها

مجموع العددين الدوريتين يساوي دائماً العدد الدوري لليورانيوم أي ٩٤

شکل (۱)

انقسام اليورانيوم ۲۳۵



شکل (۲)

امتصاص النيوترونات باليورانيوم ٢٣٨

وخلاصة ما يحدث هو أن النيوترونات المستخدمة تبدأ الانقسام باصابتها اليورانيوم ٢٣٥ مطلقه نيوترونات ذات سرعة كبيرة وهذه تنخفض سريعا نتيجة لتصادمها ولكن قبل أن تنخفض الى السرعة الحرارية ذات التأثير الخاص في تتابع الانقسام باليورانيوم ٢٣٥ ، تمتص باليورانيوم ٢٣٨ عند (سرعة الرنين) وبذلك تعتبر ضائعة بالنسبة الى عملية الانقسام وهكذا يتوقف التفاعل المسلسل .

حارق اليورانيوم

يمتص اليورانيوم ٢٣٨ الموجود بنسبة وافرة في اليورانيوم العادى الموجود فى الطبيعة ، النيوترونات الناتجة من انقسام اليورانيوم ٢٣٥ الموجود بنسبة قليلة وذلك قبل أن تتمكن هذه من أن تؤثر فى نويات يورانيوم ٢٣٥ أخرى بالانقسام . لاعاقه هذا الامتصاص يخلط اليورانيوم بكميات كبيرة من مادة لها صفة تبطئ النيوترونات وليس لامتصاصها . مثل هذه المواد هى أولا الماء الثقيل أى الماء ذو نظير الايدروجين ذو الوزن الذرى ٢ وكذلك أيضا الجرافيت المطحون جيدا .

تنخفض طاقة النيوترونات السريعة الى ما تحت (طاقة الرنين) الحرجة التى يحدث عندها الامتصاص وذلك بوساطة الاصطدامات العديدة مع هذه العناصر ذات الوزن الذرى المنخفض وبذلك تصبح قادرة وتحت التصرف لانقسامات تالية .

تعمل احدى الآلات الملائمة لهذا الغرض كما يلى تقريبا : قضبان من اليورانيوم بها طبقات من المادة العائقة وتكون هذه مركبة تركيبا شبكيا بحيث تحاط كل طبقة من اليورانيوم بطبقة من المادة العائقة . تدخل النيوترونات المبطئة الموجودة فى المادة العائقة طبقات اليورانيوم المجاورة وتنتيجة لسرعتها

الحرارية الصغيرة تمكنت من التأثير على اليورانيوم ٢٣٥ فتتوالى انقساماته بدلا من امتصاصها باليورانيوم ٢٣٨ وبذلك يبقى التفاعل مستمرا •

كانت أبحاث العلماء الطبيعيين في أمريكا وألمانيا سنة ١٩٤٢ تقريبا متساوية في الازدهار • قد علم بنوع أخص أيضا في ألمانيا أنه يمكن التوصل الى منابع طاقة وحرارة تستخدم في الأغراض السلمية وكذلك الى قنبلة ذات قوة تدمير هائلة • ولكن انتاج القنبلة كان ممكنا بنوع من الشك وللحصول على القنبلة يلزم فصل نظير اليورانيوم النادر ٢٣٥ من كمية كبيرة من اليورانيوم الطبيعي وذلك حتى يمكن استغلال جميع النيوترونات المتكونة من الانقسام في تتابع يؤدي الى تفاعل مسلسل • وقد كان فصل كميات كبيرة من اليورانيوم ٢٣٥ النادر عن اليورانيوم ٢٣٨ الأكثر منه ١٤٠ مرة مستحيلا في ألمانيا أثناء الحرب نتيجة لقلّة الاستعدادات الفنية •

وظهرت طريقة أخرى للحصول على القنبلة • وذلك بعدما اكتشف أن البتونيوم وهو الذي يتكون من امتصاص اليورانيوم ٢٣٨ للنيوترونات كما سبق ذكره ونواة ذرته تحتوى على ٩٣ بروتونا يتحول الى عنصر آخر أعلى تحتوى ذرته على ٩٤ بروتونا وذلك باطلاق أشعة بيتا (الكترون سالب) وقد سماه مكتشفوه الأمريكان « بلوتونيوم » •

هذا البلوتونيوم ، ذو الوزن الذرى ٢٣٩ ، يتكون باستمرار فى الحارق وهو مادة ثابتة تشع جسيمات (الفا) وتضمحل الى نصف قوتها فى ٢٤٠٠٠ سنة .

واذا وصلت الكمية المتجمعة من هذا العنصر الجديد الى بضعة كيلو جرامات أصبح مادة مفرقة يكفى لانتفجارها تعرضها للجو العادى . وهو فى ذلك يشابه اليورانيوم ٢٣٥ المنفصل عن اليورانيوم ٢٣٨

بينما اقتضت أبحاث العلماء الألمان الطبيعيين أثناء الحرب على انشاء آلة لاستخدام طاقة انقسام اليورانيوم، انكب العلماء الأمريكان وركزوا كل جهودهم بما وضع تحت تصرفهم من استعدادات هائلة أتفق عليها أكثر من ٢٠٠٠ مليون دولار لأن ينتجوا قبل كل شئ القنبلة الذرية . وقد سلكوا فى ذلك الطريقين الموصلين للحصول على هذا الانتفجار أى انتاج كمية وافرة من عنصر البلوتونيوم الجديد والحصول على نظير اليورانيوم ٢٣٥ النادر من اليورانيوم الموجود فى الطبيعة بكمية وافرة .

ولييان عظم المشروعين الذين نفذا سنبحت كلا منها على حدة .

الحصول على البلوتونيوم

سبق أن ذكرنا أنه يمكن الحصول على البلوتونيوم بإطلاق النيوترونات على اليورانيوم ٢٣٨ الذى يتحول أولا

الى نبتونيوم ثم الى بلوتونيوم ويتم هذا التحويل بوساطة
حارقات ضخمة •

ويجب أن يتوافر لهذه الحارقات تفاعل منتظم يمكن
السيطرة عليه سيطرة تامة والا توقفت عملية الانقسام
أو اندفعت الى الانفجار : فالنيوترونات الناتجة من الانقسام
يصير ابطاؤها باستخدام الماء الثقيل أو ما يماثله فيتمها لها بهذا
الابطاء توالى الانقسام ولكن يجب السيطرة عليها بحيث
يستخدم نيوترون واحد فقط من النيوترونات الناتجة عن
عملية الانقسام في الانقسام التالى وهكذا ، أما باقى
النيوترونات الزائدة فيجب أن يعمل على امتصاصها • ويجب
الوصول الى هذا الوضع بمنتهى الدقة ؛ فإن انطلاق عدد
أكبر من النيوترونات يعنى اندفاع التفاعل الى الانفجار كما
أن انطلاق عدد أقل يعنى توقف سلسلة التفاعل •

ولذلك يحتوى الحارق ، فى سبيل الأمان ، على قضبان
من الكادميوم لها خاصية امتصاص النيوترونات الزائدة
واشعاعها ثمانية ولكن فى دقائق بدلا من جزء من الثانية •
وبتنظيم هذه القضبان أمكن السيطرة على عدد النيوترونات
الى الحد المطلوب •

ويلزم الحارق الكبير نحوا من ١٠ر٠٠٠ كيلو جراما من
أنقى أنواع اليورانيوم وكمية أكبر من أنقى أنواع الجرافيت
الذى يستعمل كما ذكرنا لابطاء النيوترونات • ويلزم الحارق

أيضا آلة خاصة لفصل البلوتونيوم الناتج كلما تجمع .
وتكون ادارة آلة الفصل هذه بعيدة عن الحارق لتجنب خطر
الاشعاعات المتولدة . ذلك أن اشعاع نتائج الانقسام الصناعية
النشطة المتكونة باستمرار في الحارق ذو قوة هائلة بحيث أنه
لا يمكن للمرء أن يقترب من الآلة بدون تعريض حياته للخطر .

وتتعلق صعوبة الوقاية من خطر الاشعاع حول الحارق
كذلك بأشعة جاما النافذة والنيوترونات التي تنبعث منه
باستمرار . تحتاج أشعة جاما الى معدن ثقيل كالحديد
أو الرصاص لامتصاصها ، أما النيوترونات فتحتاج
لامتصاصها الى مواد أخف تحتوى على الايدروجين .

ويحتاج حارق متواضع (حوالى متر مكعب) حسب
ما ذكر شادويك الى ١٠٠ طن من المواد الواقية . والآن ما هي
الاستعدادات الواجب اتخاذها لأمان استخدام الحارق ؟

ذكر مصدر بريطاني هذه المعلومات عن الحارق المتواضع
في هارويل (بالنسبة الى الحارقات الكبرى في الولايات
المتحدة) .

١ - جهاز البناء تجهيزا صحيا كاملا .

٢ - غرف لتغيير الملابس وأخذ حمام رشاش قبل وبعد
الخروج من الأمكنة الحارة (أى ذات الاشعاع القوى)
في البناء .

٣ - توجد أمام كل معمل مكانس خاصة لتنظيف الأقدام ومجففات هواء ساخن للأيدي •

٤ - توجد بجميع الغرف أجهزة لاختبار الجسم والملابس تكشف عن تلوثها بمواد الاشعاع •

٥ - يوجد جهاز اختبار أوتوماتيكي يجب أن يمر به كل من يغادر البناء للتأكد من خلوه من مواد الاشعاع •

٦ - توجد في ممرات البناء أبواب تفتح وتغلق من تلقاء نفسها بواسطة عيون كهروضوئية لتفادي خطر نشر التلوث باستعمال مقابضها •

٧ - ولما كانت الأتربة المتكونة في الحارق (تنائج الانقسام) تحوى نشاطا اشعاعيا اتخذت الوسائل بتجديد الهواء بسرعة كبرى ٣٦٠٠٠٠ ر.ق.م. عندما مكعبا في الدقيقة وبذلك يتبدل الهواء داخل البناء تبديلا تاما ١٢٠ مرة في الدقيقة الواحدة •

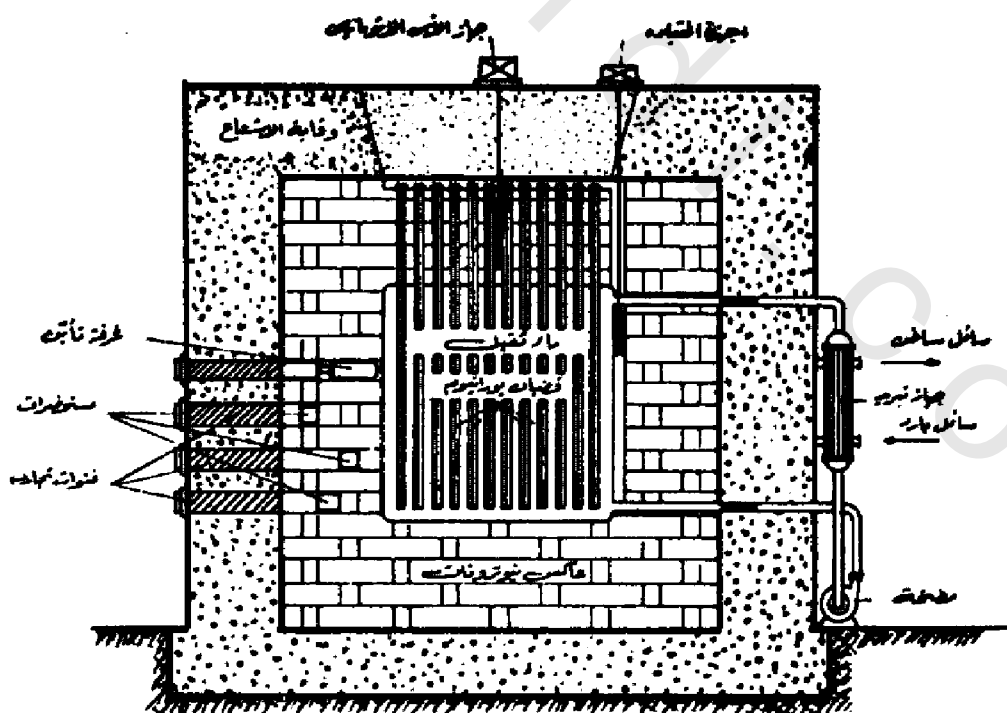
٨ - يرشح الهواء الخارج بواسطة أجهزة ترسيب معينة كما يرشح الماء المستعمل بأجهزة خاصة بحيث يصير عديم الضرر للأماكن المجاورة •

٩ - تستخدم غرف محاطة بالخراسان خاصة بالمواد المستعملة العالية الاشعاع •

١٠ - يدار العمل في الحارق بآلات وضعت في أماكن بعيدة عزلت بحوائط من صفائح الرصاص •

وفي الواقع أن العمل الذي قام به العلماء الطبيعيون والكيميون الأمريكيون والانجليز في مدى سنوات قلائل في أن يعينوا الخصائص الكيموية للعنصر الجديد البلوتونيوم من جزء من المليلجرام منه يعد عملا ذا قيمة مدهشة . وقد ساعدتهم هذه المعلومات في وضع التصميم الصحيح لبناء الأجهزة الضخمة للحصول على عدة كيلو جرامات من هذه المادة التي تم تحضيرها فعلا .

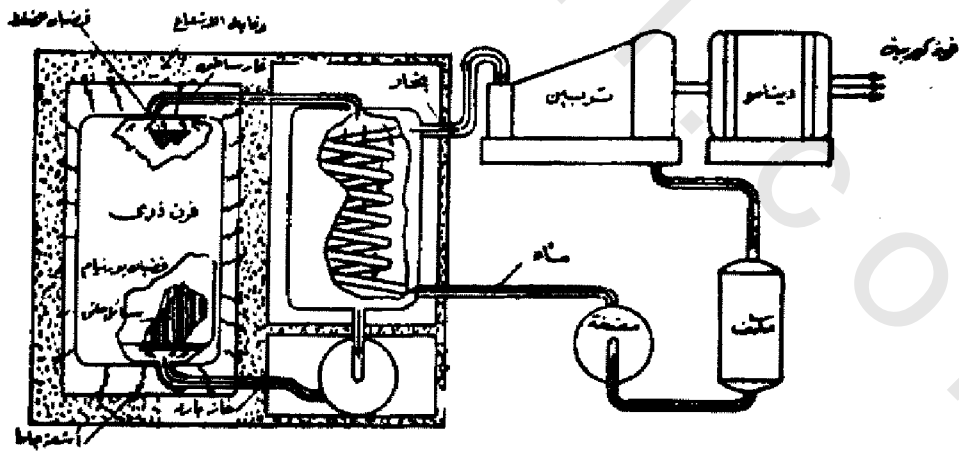
والبلوتونيوم ذو تأثير سام قوى على الجسم ولذا يجب اتخاذ احتياطات خاصة أثناء تداوله اما خطورته الاشعاعية التي تنجم عن انبعاث أشعة (الفا) فهينة خصوصا اذا كان بكميات غير كبيرة وذلك لأنها تمتص تماما بقطعة من الورق السميك أو صفائح معدنية رقيقة .



شكل (٣)

يبين شكل ٣ الحارق الفرنسى الذى أقيم فى شاتيلون سنة ١٩٤٨ والمسمى (زوى) • وفيه استخدم الماء الثقيل لتخفيض سرعة (عاققة) النيوترونات الناتجة عن عملية الانقسام • ووضعت قضبان الكادميوم ، الماء (فى الشكل سوداء تامة) بحيث يمكن رفعها وغمسها فى الماء لضبط عدد النيوترونات اللازمة لعملية الانقسام المسيطر عليها • يرى فى الجهة اليسرى من الشكل قنوات لآلات القياس ولادخال العنصر المشع •

وهذا الحارق صغير جدا للحصول على البلوتونيوم بكميات قابلة للوزن ويستخدم فقط لانتاج عناصر ذات نشاط اشعاعى صناعية سوف تتكلم عنها فيما بعد • وقد تعدد الفرنسيون فى اعطاء أبعاد خاطئة لهذا الحارق كما يرى فى الشكل •



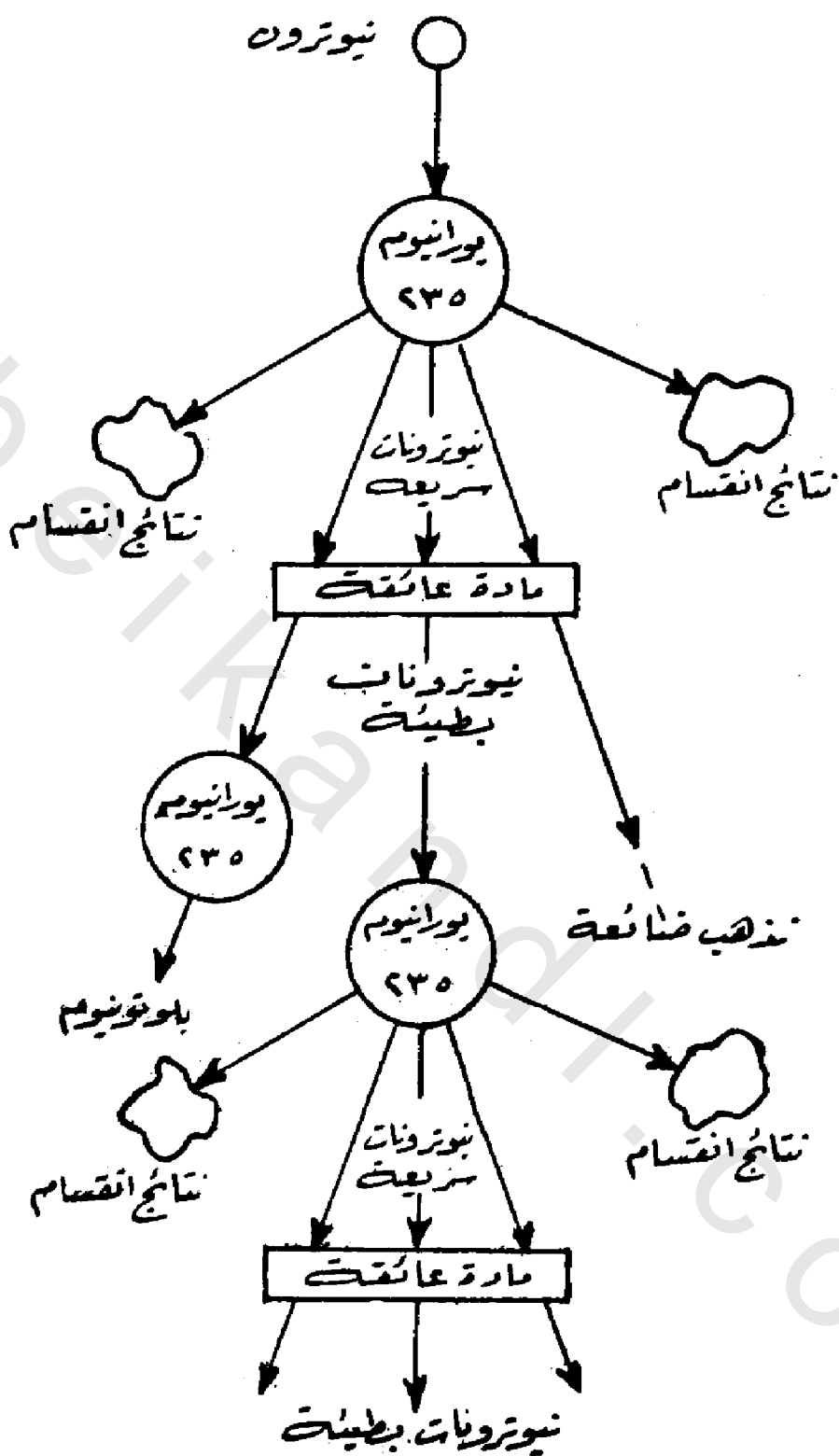
شكل (٤)

وبين شكل ٤ آلة تجربة أمريكية تستخدم الجرافيت بدل الماء الثقيل . أما الآلة الحقيقية الكثيرة التعقيد بجميع أجهزة الأمن الأتوماتيكية فلم تنشر طبعا بعد . ويشير الشكل الى امكان الارتفاع بالحرارة المتولدة بتحويلها الى تيار كهربائي مستقبلا .

وبين شكل ٥ تفاصيل التفاعل المسلسل المسيطر عليه في حارق اليورانيوم . يجب أن يتصور الشخص استطالة هذا الشكل (لكن ليس زيادته في العرض) الى ما لا نهاية .

وبينما اليورانيوم الطبيعي وهو مزيج اليورانيوم ٢٣٥ واليورانيوم ٢٣٨ يخضع في الحارق لسيطرتنا بواسطة استخدام قضبان الكادميوم التي نستطيع بها أن نوقف التفاعل المسلسل اذا ما ازدادت نسبة النيوترونات الحرة الى حد يهدد بالانفجار . نجد أن البلوتونيوم الذي تفصله من الحارق يصبح من تلقاء نفسه مادة متفجرة اذا زادت كتلته عن كمية معينة . فاذا ما وصل المتجمع منه الى هذه الكمية الحرجة تكفى بضعة النيوترونات السابحة في الجو لأن تكون الشرارة الأولى لتفاعل مسلسل غير مسيطر عليه يؤدي حتما الى الانفجار .

وهذه الكمية الحرجة نصل اليها عندما تبدأ كفة النيوترونات المتبقية بالمادة في الرجحان عن تلك التي تفقد في



التفاعل السلسل في حارو اليورانيوم

شكل (٥)

الخارج^(١) وهذه الدرجة الحرجة تبلغ من الحساسية بحيث أن أقل زيادة مهما كانت تافهة تؤدي الى الانفجار .

وحتى الآن لم يدع سر الكمية الحرجة والرأى أنها تتراوح بين ١٠ ، ٣٠ كيلو جراما ويمكن اذا قسمت كتلة من البلوتونيوم تزيد قليلا عن الكمية الحرجة الى نصفى كرة ووضع النصفان فى ماسورة أن يكون لدينا (قبلة ذرية) نستطيع تفجيرها اذا قربنا النصفين الى بعضهما . وقد لوحظ أن هذا الانفجار يكون أشد تأثيرا كلما ازدادت السرعة التى يقرب بها النصفان . فالتقريب البطيء يؤدي الى تطاير جزء كبير من البلوتونيوم نتيجة الحرارة الهائلة المنبعثة قبل أن يتم الانقسام النهائى .

(١) نسبة النيوترونات التى تبقى داخل كتلة ما الى تلك التى تفقد من السطح تزداد كلما كبرت الكتلة فلو فرضنا ان هناك ١٠ نيوترونات فى سم^٢ من الكتلة وان كل سم^٢ من سطح الكتلة يفقد نيوترونا واعتبرنا المكعبات ذات الاضلاع ٣،٢،١ سم على الترتيب لكان :

١ - الكتلة ذات الحجم ١ سم^٢ تفقد ٦ = ١ x ٦ نيوترونات ويتبقى ١٠ - ٦ = ٤ أى بنسبة ٤٠ ٪

٢ - الكتلة ذات الحجم ٨ سم^٢ تفقد ٦ x ٤ = ٢٤ نيوترونا ويتبقى ٨٠ - ٢٤ = ٥٦ أى بنسبة ٧٠ ٪

٣ - الكتلة ذات الحجم ٢٧ سم^٢ تفقد ٦ x ٩ = ٥٤ نيوترونا ويتبقى ٢٧٠ - ٥٤ = ٢١٦ أى بنسبة ٨٠ ٪

فصل اليورانيوم ٢٣٥

لا يحتاج هنا الى حارق ولا يوجد خطر اشعاع خاص
أثناء الفصل . فالعمليات المستعملة لفصل هذا اليورانيوم
النادر من اليورانيوم ٢٣٨ المماثل له في الخواص الكيموية ،
عمليات طبيعية بحتة (فصل النظائر) . وبسبب فرق الوزن
البسيط ٢٣٥ الى ٢٣٨ كانت العملية بالنسبة لليورانيوم
صعبة باهظة التكاليف بجميع الطرق المعروفة حتى الآن .

وأهم الطرق المستعملة للفصل :

١ - الفصل بالانتشار الغازي : وفي هذه الحالة استلزم
٥٠٠٠ خطوة من خطوات الفصل للحصول على يورانيوم ٢٣٥
نقى مما استدعى عمل آلاف المضخات وعدة كيلو مترات من
حوائط الفصل .

٢ - الفصل الكهرومغناطيسى فى السبكروسكوب
الكتلى : وهذه استدعت بناء آلات ضخمة (كالترون) وحتى
اندلاع الحرب الأخيرة كانت كمية اليورانيوم ٢٣٥ النقى
التي حصل عليها بأكبر الآلات لا تعدو جزءا من المليجرام !!
فى حين كان من اللازم الحصول على عدة كيلو جرامات .

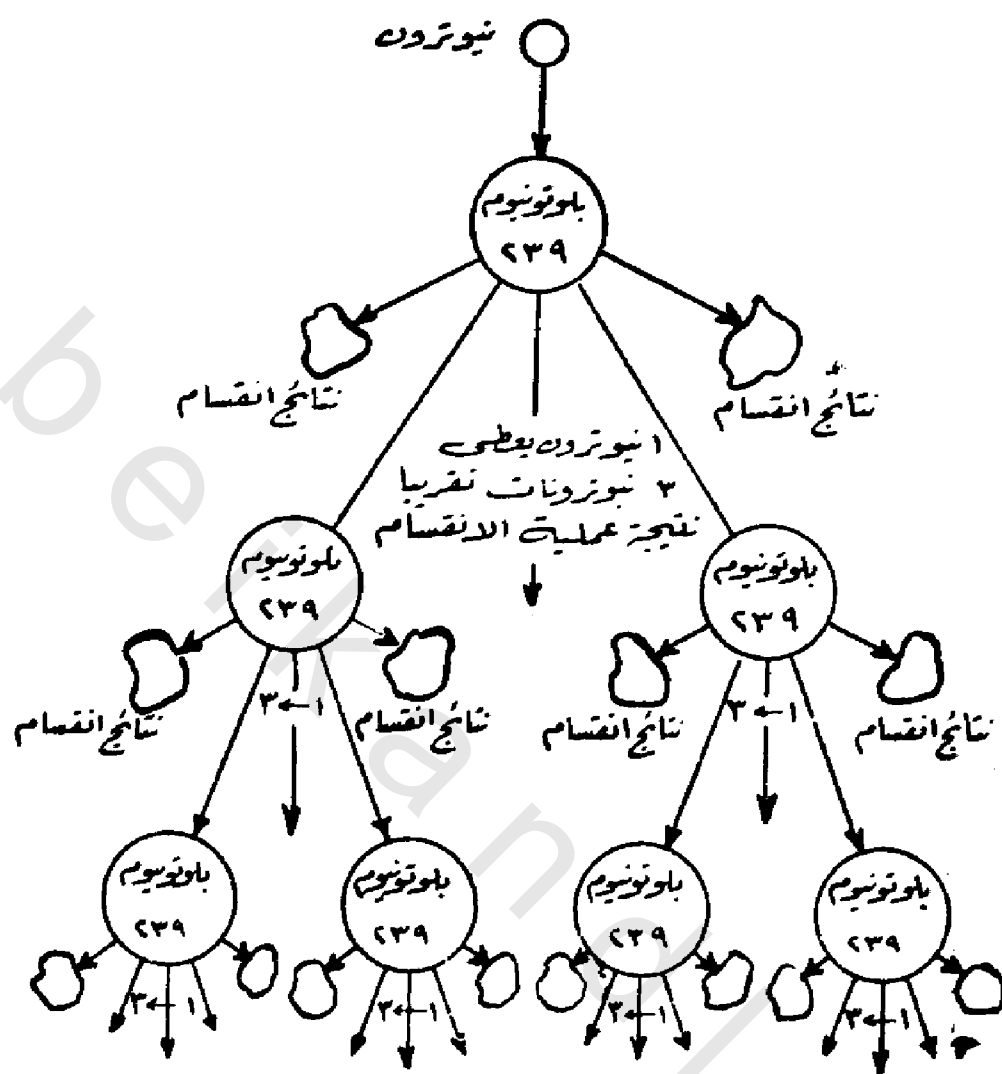
قد كان من الضرورى عمل كميات ضخمة من أسلاك
النحاس كى تلف حول المغناطيس الكبير الذى ينحرف تحت
تأثير مجاله النظيران ٢٣٥ ، ٢٣٨ انحرافا مختلفا يمكن من

فصلهما • ولما كانت الكمية الموجودة من النحاس في أمريكا لا تكفى استعيض عنه بموصل جيد آخر للكهرباء هو الفضة فوضع تحت التصرف ٢٧ مليون رطل فضة قيمتها ٤٠٠ مليون دولار وقد بلغ طول الملف السنكى الفضى ١٤٤٠ كيلو متر •

واليورانيوم ٢٣٥ له نفس خواص البلوتونيوم أى أنه بالامكان تفجيرُه من تلقاء نفسه متى زادت كميته عن « كمية حرجة » وذلك بتعرضه للجو العادى فتبدأ بعض النيوترونات السابحة في الهواء عملية « الانقسام المسلسل » غير المسيطر عليه الذى يؤدى حتما الى الانفجار ويبين شكل ٦ تفصيل ما يحدث في مثل هذا التفاعل • يجب أن يزداد هذا الشكل ليس فقط في الطول بل أيضا في العرض الى ما لا نهاية •

تبين الصور ٢ ، ٣ ، ٤ تجارب القنبلة الذرية التى أجريت في جزر بيكينى في المحيط الهادى سنة ١٩٤٦ فالصورة ٢ تبين انفجارا فوق الماء وبه سحابة الدخان عند ارتفاع ٢٠٠٠٠ متر والصورة ٣ تبين انفجارا تحت سطح الماء •

ويمكن تصور مدى الانفجار اذا علمنا كما أخبرنا مرافق لهذه التجارب أن حوالى ٢ مليون طن من الماء قذف بها في عمود قطره ٦٠٠ متر وبارتفاع كيلومترين تقريبا •



التفاعل المسلسل الانفجاري
في القنبلة الذرية
شكل (٦)

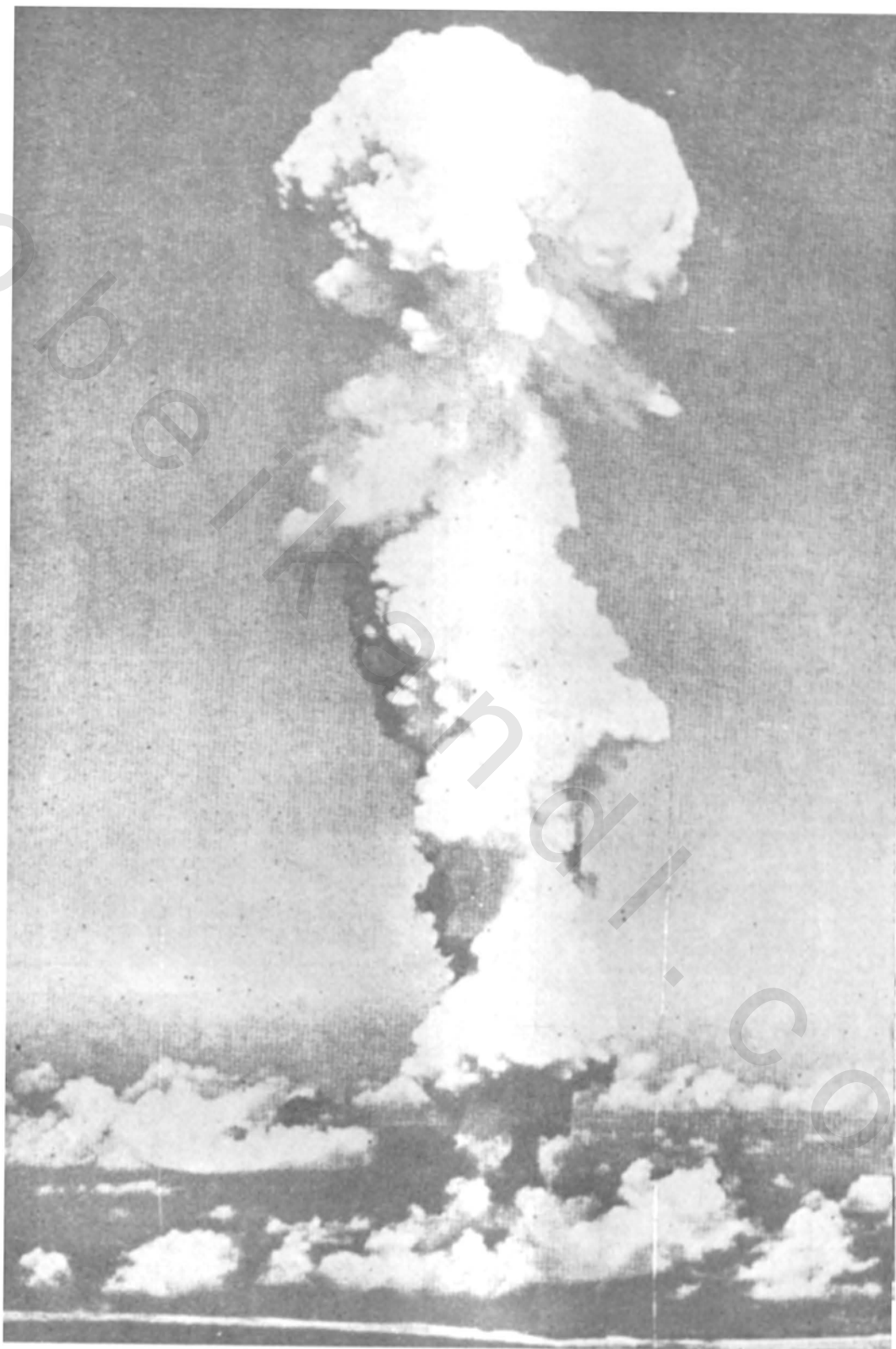


صورة ((٢))

بيكني : التجربة تحت سطح الماء . بعد الانفجار مباشرة



صورة (٣)
بيكني : التجربة تحت سطح الماء . بعد الانفجار بفتر ة قصيرة



صورة ((٤))
جزائر بيكيني : انفجار فوق الماء

قنبلة الايدروجين

اذا رجعنا بالذاكرة الى أثر القنبلة الذرية التى أقيمت على
هيروشيما وتلك التى أصابت نجازاكي فى أغسطس سنة ١٩٤٥
أو لو راجعنا الصور ٢ ، ٣ ، ٤ للتجارب الذرية التى أجريت
فى بيكينى سنة ١٩٤٦ لعلبنا الظن بأن الانسان قد توصل الى
استخدام الطاقة الذرية للأغراض التدميرية بصورة تكفى لئلا
يتطلع الى ما قد يفوقها قوة وارهابا . ولكن واقع الحال قد
بدد هذه الظنون . فقد أمر الرئيس ترومان ببناء وانشاء
القنبلة الايدروجينية رسميا وذلك لخلق وسيلة ضغط جديدة
لاستتباب السلم العالمى . والآن ماذا يعنى بالقنبلة
الايدروجينية ؟

هناك أحداث مشابهة تحدث فى الشمس حيث يتكون غاز
الهليوم من الايدروجين ببطء وبوجود الفحم كعامل مساعد ،
وفى درجة حرارة يجب أن تبلغ ٢٠ مليون مئوية . يحدث
هذا التركيب كما ذكرنا ببطء فلا يؤدي الى الانفجار . وهو
يجرى فى الشمس منذ آلاف الملايين من السنين فیهىء لها
احتفاظها بدرجة حرارتها التى هى مصدر الحياة لأرضنا .
فتكون الهليوم من الايدروجين الخفيف هو أساس
القنبلة الايدروجينية فهو بذلك يختلف تماما عن قنبلة
اليورانيوم التى تعتمد على تحطيم عنصر اليورانيوم الى
عناصر خفيفة .

وللأسف لا يمكننا أن تقلد هذا التركيب النووي البطيء الذي يحدث في باطن الشمس فلنأخذ من مادة تستطيع أن تقاوم درجة حرارة ٢٠ مليون مئوية اللازمة ولا الضغط الهائل المائل وكل ما باستطاعتنا تحقيقه هو الحصول على تفاعل يشابه ذلك الاحتراق الطبيعي الذي يحدث داخل الشمس ولكنه يختلف عنه بأنه ليس بطيئاً بل على شكل انفجار لا يمكن السيطرة عليه .

بجانب الأيدروجين العادي ذو الوزن ١ يوجد بكميات ضئيلة أيدروجين ثقيل ذو الوزن الذري ٢ (ويسمى ديتوريوم) . وبإمكاننا أن نتج من ذرتين من هذا الأيدروجين الثقيل أيدروجين ذا وزن ذري ٣ (ويسمى تريتيوم) حسب المعادلة .



(العدد العلوي يرمز إلى الوزن الذري للنواة والسفلي يرمز إلى شحنة النواة أو عدد البروتونات بها) وقد أمكن حديثاً الحصول على كميات كبيرة من التريتيوم في الحارقات الأمريكية الكبرى ومن هذا التريتيوم يكون التفاعل :



أي أنه يعطينا نواة هليوم (${}^3_2\text{He}$) ونيوترونين . وهذا التفاعل لا يحدث إلا في درجة حرارة ٢٠ مليون مئوية ويكون مصحوباً بانطلاق طاقة هائلة وإذا بدأ استمر غير مقيد مؤدياً إلى الانفجار . أي أننا إذا رفعنا درجة حرارة التريتيوم إلى الحد اللازم حدث الاحتراق الانفجاري الذي يتكون أثناءه

الهليوم • وهذه الدرجة العالية من الحرارة توجد داخل قنبلة اليورانيوم •

أى انه أصبح بالامكان تفجير التريتيوم بواسطة قنبلة اليورانيوم وبذلك تزداد قوة الانفجار عدة مرات •

ومثل هذا الانفجار المشترك يعنى القنبلة الايدروجينية التى يمكن تشبيهها بحافطة مليئة بالتريتيوم تفجر بواسطة قنبلة يورانيوم تؤثر كعود الثقاب •

استخدام الطاقة النووية مستقبلا

في آلات القوى والحرارة

أخوف أم أمل؟ أتدمير أم تعمير؟ ذلك هو السؤال الذي يتبادله الناس الآن • ومن الطبيعي أن يسيطر الخوف من المستقبل وقد علم المرء الشيء الكثير عن استخدام هذه القوة الرهيبة في أغراض التدمير وما سمع الا قليلا عن استغلالها في التعمير والانشاء •

ان بالامكان الانتفاع بهذه الطاقة في توليد تيار حرارى أو كهربى ، كما أصبح من الممكن أن نحصل صناعيا على جميع العناصر الكيموية تقريبا في صورة عنصر مشع • وهذه العناصر المشعة لها مجالها الواسع في الأبحاث الطبية والفنية وعلم الحياة •

وستحدث أولا عن الانتفاع من الطاقة :

لقد سبق أن ذكرنا أن الطاقة المنبعثة من الانقسام الذرى تزيد عن مليون مرة لأقوى تفاعل كيمائى والآن نشرح ذلك بحساب الأرقام •

تسمى الطاقة التى يكتسبها الكترون بتحركه خلال فرق جهد ١ فولت بالكترون فولت ويرمز لها شج ولما كانت هذه الطاقة صغيرة جدا أخذت الوحدة مليوناً منها وعبر عنها

مشج • وهذه الوحدة مشج تماثل 1.6×10^{12} وات ثانية وموضحة بالكميات الحرارية 3.8×10^7 كيلو سعر والطاقة المتولدة من انقسام ذرة اليورانيوم 235 أو البلوتونيوم تعادل 200 مشج تقريبا • ولما كان الكيلوجرام من تلك المادة يحوى 2.5×10^{24} ذرة انطلقت أثناء احتراقها المسيطر عليه أو انفجارها غير المسيطر عليه طاقة تساوى $2.5 \times 10^{24} \times 5 = 1.25 \times 10^{25}$ مشج.

وحيث أن 1 مشج $= 3.8 \times 10^7$ كيلو سعر تكون الحرارة المنبعثة من تدمير تام لكيلو جرام بلوتونيوم أو يورانيوم 235 حوالى 2.0×10^9 كيلو سعر أو 2.3×10^9 كيلو وات ساعة (عشرين ألف مليون كيلو سعر 000) • ولما كانت القيمة الحرارية لفحم جيد تبلغ 800 كيلو سعر لكل كيلو جرام أصبح من الواضح أن الطاقة الناتجة من تدمير كيلو جرام من البلوتونيوم أو اليورانيوم 235 أكبر بمقدار $\frac{2.0 \times 10^9}{8000}$ أى 250 مليون مرة مما يعطيه كيلو مماثل من أجود أنواع الفحم •

ويمكن أن ندرك أى منبع هائل للحرارة يمثلها حارق اليورانيوم • وفعلًا كانت مسألة ضبط حرارة التفاعل مشكلة عويصة حتى فى الحارقات الصغيرة •

وفى الحارق الأمريكى فى هانفورد بشمال غرب الولايات المتحدة (الذى أنتج البلوتونيوم الذى صنع منه القنبلة التى

أقيت على نجازاكي سنة ١٩٤٥) يجب ألا تتعدى درجة الحرارة به ١٠٠ مئوية وللتخلص من كميات الحرارة الهائلة استخدم نهر كولومبيا للتبريد فكانت كمية الحرارة التي تكتسبها مياهه باستمرار كافية لتدفئة مدينة يبلغ عدد سكانها ٥٠٠٠٠٠ نسمة •

والآن ما هي الصعوبات التي تقف في طريق استخدام هذه الطاقة في توليد الكهرباء ؟

ان درجة الحرارة اللازمة لتحويل هذه الطاقة تتراوح بين ٦٠٠ ، ٨٠٠ مئوية ولما كان اليورانيوم المستخدم يغطي بطبقات من الألومنيوم لفصله عن الجرافيت وكانت درجة انصهار الألومونيوم ٣٥٠ مئوية فقط اتضحت الصعوبة الأولى التي يجب أن تغلب عليها •

كما أنه يجب أن نعلم أن نتائج الانقسام (الرماد) المتكونة في الحارق لها قوة اشعاع تعادل مليون مرة قوة اشعاع الراديوم وهذا يعنى احاطة الحارق بحواجز الوقاية المعترف بها • ويجب أن تنظف قضبان اليورانيوم مما يتكون فيها من رماد أو تغييرها والا توقف التفاعل الانقسامي وبالتالي عمل الحارق •

وعندما تتمكن من التغلب على هذه الصعوبات يصبح الحارق الذي يحوى ١٠٠ كيلو جرام يورانيوم وكمية معادلة

من الجرافيت مماثلا في قوته لمحطة توليد كهربا قدرتها ١٠٠٠ر٠٠٠ كيلو وات • ونستطيع استخدام هذا المصدر الضخم للقوى عدة سنوات دون الاحتياج الى اضافة أى مواد جديدة • وفى مثل هذا الحارق يحترق ١٠٠ جم يورانيوم ٢٣٥ يوميا • ويتكون فى نفس الوقت كمية مماثلة من البلوتونيوم • والطاقة الهائلة المنبعثة من احتراق هذه الكمية لا تمثل سوى ١ر٠٪ من وزنها أما الباقي فيتحول الى نتائج اقسام مشعة (رماد) تماثل قوة اشعاع مائة طن من عنصر الراديوم •

ومن الملاحظ أنه يمكن للبلوتونيوم المتكون من اليورانيوم ٢٣٨ أن يحل محل اليورانيوم ٢٣٥ المحترق وبذا تعوض آلة القوة مادة احتراقها من تلقاء نفسها وهذا ينتهى فقط عندما يستهلك أيضا جميع اليورانيوم ٢٣٨ الموجود بنسبة كبيرة •

ومن الناحية العملية قد يكون من الممكن استخدام الآلات الذرية فى المناطق التى لا يوجد بها فحم أو بترول (المناطق القطبية والصحارى) كما يمكن التفكير باستخدامها فى تسير عابرات المحيط والسفن الحربية أما السفن الصغيرة والطائرات والعربات فيستحيل تسيرها بالطاقة الذرية نتيجة لخطر الاشعاع الذى يستلزم حوافظ ضخمة واقية •

وقد أصبح معروفا أن الولايات المتحدة تستعد الآن لبناء أولى محطات توليد الكهربا من الطاقة الذرية ولو أنه لم

تنشر بعد الوسائل التي ستمكن من التغلب على صعوبات التحويل الاقتصادي للحرارة الى تيار كهربائي • وحتى لو استخدمت الحرارة رأسا بدلا من تحويلها الى تيار كهربائي فأمامنا عدة سنوات قبل أن تستطيع محطات القوى الذرية منافسة محطات الفحم أو البترول •

ويعنى كل ذلك الآن أننا لن نستطيع في المستقبل القريب الاستفادة من القوى الذرية سوى الحصول على أسلحة مهلكة •

استخدام العناصر ذات النشاط الاشعاعي

الصناعية الناتجة من تفتت النويات

بينما تنتج الحارقات الضخمة لليورانيوم الموجودة في الولايات المتحدة وربما في روسيا عنصر البلوتونيوم بكميات هائلة تعد بالكيلو جرامات ، لا تنتج الحارقات الصغيرة في الدول الأخرى الا ملليجرامات أو جرامات من هذا العنصر المتفجر . ومع كل فهي تعطينا عدة عناصر صناعية ذات نشاط اشعاعي كما أنها في نفس الوقت تكون منبعاً هاماً للنيوترونات . ويزداد باطراد استخدام هذه العناصر ذات النشاط الاشعاعي الصناعية في فروع الطب والكيمياء وفن المعادن . وهذه العناصر يمكن الاستدلال عليها باشعاعها مهما بلغت ضالة كميتها وهذا ما رفع من قيمتها كمواد كاشفة بالغة الحساسية .

والحارقات الصغيرة يمكن تشغيلها كالكبيرة باليورانيوم والجرافيت النقي (كالألّتين الانجليزيتين « جليب » Gleep و « بيبو » Bepo ومعظم الآلات الأمريكية) . كما يمكن فيها استخدام الماء الثقيل الأكثر ملاءمة من الجرافيت في ابطاء سرعة النيوترونات مما يساعد على تصغير الأبعاد اللازمة للحارق .

ولكن الماء الثقيل فاحش الثمن كما أنه غير متوافر بكميات كافية في مناطق مختلفة ، (يستخدم الماء الثقيل في آلة « زوى » Zoé المنشأة بفرنسا ١٩٤٨) انظر شكل ٣) وحارق « زيب » Zep بنهر تشوك بكندا كما كان يستخدم بالحارق الذى كان بألمانيا أثناء الحرب الأخيرة) •

وهذه الحارقات الصغيرة ، علاوة على قلة كلفتها نسبيا وقلة خطورتها ، تعد منابع مثالية لانتاج عدد كبير من العناصر ذات النشاط الاشعاعى الصناعية • وهذه اما أن تكون :

أولا : نتائج الانقسام نفسها •

ثانيا : عناصر أخرى يمكن جعلها « نشطة » بتعريضها للنيوترونات المنبعثة من الحارق وذلك بوضعها فى قنوات خاصة داخل أو خارج الحارق (انظر شكل ٣) •

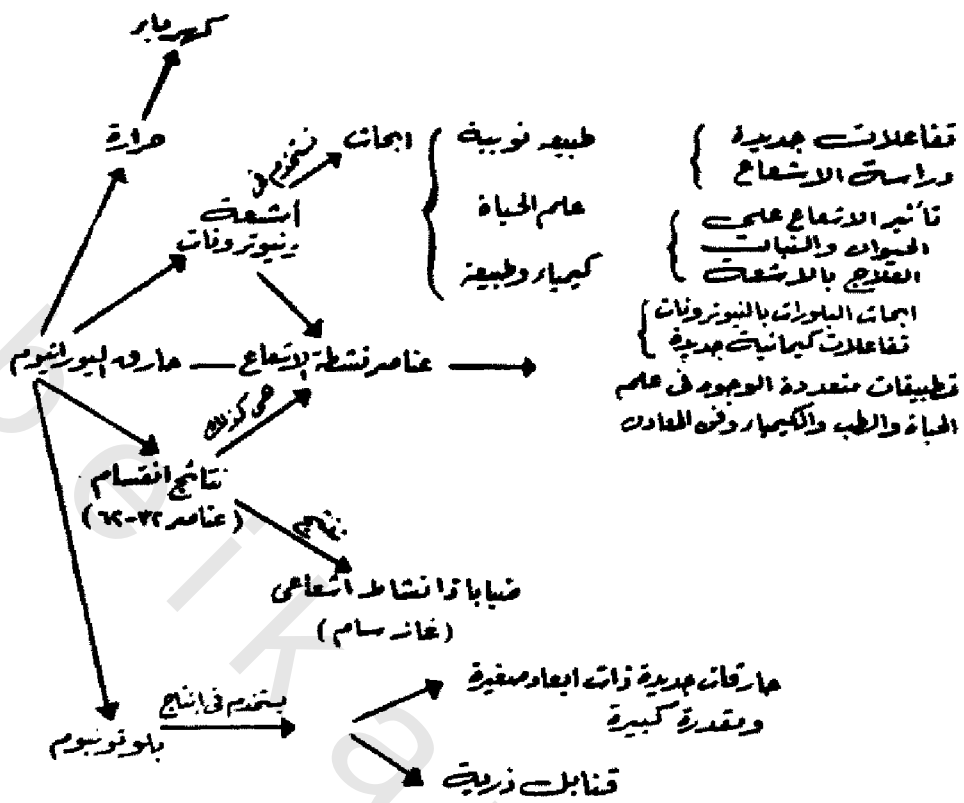
فاذا أدخلنا صفيحة رقيقة من اليورانيوم أو جزءا من مسحوقه فى احدى هذه القنوات بالحارق تم الانقسام بواسطة النيوترونات وحصلنا على نتائج الانقسام المتعددة (كان هذا هو العمل الرئيسى لمعهد القيصر ولهم للكيميا الذى كان يديره المؤلف أثناء الحرب الأخيرة) التى وصل عددها الى أكثر من ١٠٠ عنصر نشط فى سنة ١٩٤٤ •• كما أصدر الأمريكان بمعاونة الكنديين والبريطانيين ، كشفا أكبر قليلا عام ١٩٤٦ عن نتائج الانقسام فى حارقاتهم التى زادت قوتها أكثر من ألف مرة عن حارقتنا •

وتختلف العناصر النشطة التي نحصل عليها تبعا للمدة التي عرضت فيها صفيحة اليورانيوم فإذا كانت قصيرة حصلنا على عناصر ذات نشاط اشعاعي قوى جدا ولكنها قصيرة العمر اذ تضمحل بسرعة . أما اذا عرضت صفائح اليورانيوم مدة طويلة حصلنا على جانب تلك العناصر القصيرة العمر على عناصر ذات نشاط اشعاعي ثابت عمليا . وهكذا تستطيع ستيمترات قليلة اذا عرضت لمدة كافية في الحارق أن تفوق في قوتها الاشعاعية الدائمة مائة جرام من الراديوم .

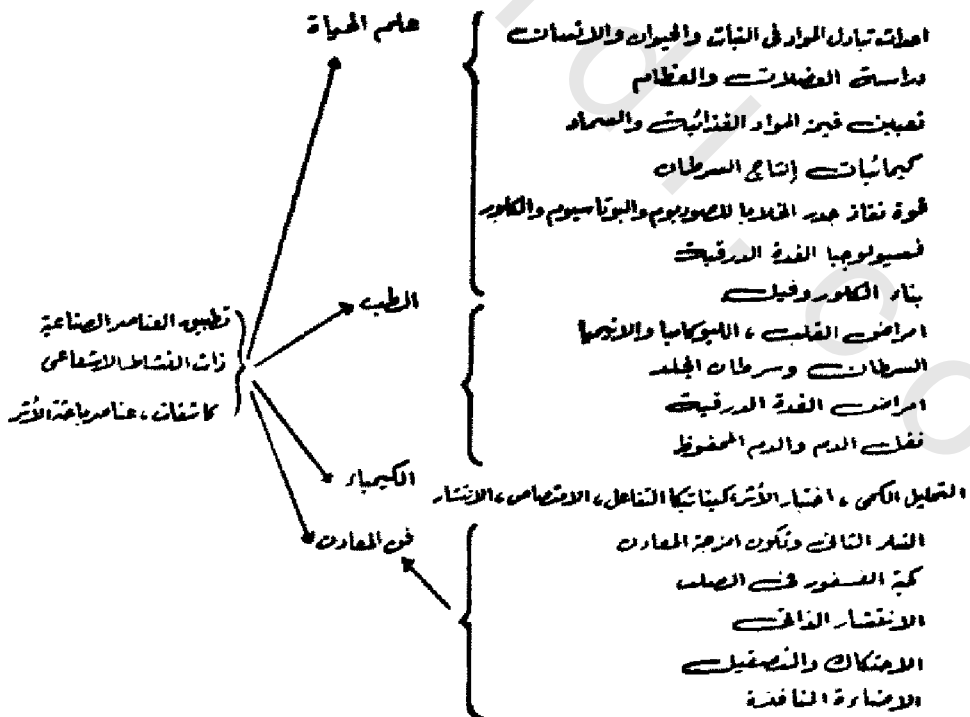
ومثل هذه المستحضرات تصبح ملائمة جدا كمصدر لأشعة بيتا وألفا خصوصا اذا استعملت بعد اضمحلال العناصر القصيرة العمر ذات النشاط العالي الخطر .

وبينما نحصل على نظائر عناصر عديدة تزيد عن المائة (كالباريوم والزنك والكبريت الخ ..) اذا ما وضعنا اليورانيوم في قنوات الحارق وذلك نتيجة لانقسامه .. فاننا لا نحصل الا على نظير نشط اذا وضعنا عنصرا كيميائيا آخر كالليود أو الحديد أو الذهب .. الخ . ومثل هذه العناصر النشطة أهمية كبرى ، ككاشفات ذات حساسية خارقة .

والآن قبل أن ندخل في تفاصيل الكاشفات هذه نبين تخطيطيا في شكل ٨٤٧ ما يمكن أن يقدمه حارق كبير من الحارقات التي يحصل فيها على البلوتونيوم لأغراض حربية .



شكل (٧)



شكل (٨)

يشير السهم العمودي الى أعلى في شكل ٧ الى تحويل حرارة التفاعل الى تيار كهربى المأمول انجازه فى المستقبل .
ويشير السهم الى أسفل الى الحصول على قنابل وحارقات ذات أبعاد صغيرة من تكون البلوتونيوم . يمكن الحصول على مثل هذه الحارقات ذات الأبعاد الصغيرة بأن يخلط اليورانيوم العادى مع البلوتونيوم السهل الانقسام أو اليورانيوم ٢٣٥ كمادة احتراق زائدة .

يشير السهم المتجه الى اليمين الى اشعاع جاما القوى لعدد كامل من نتائج التفقت المتكونة باستمرار فى الحارق وكذلك الى النيوترونات العديدة المصاحبة للانقسام والزائفة الى الخارج . وأشعة جاما هذه ذات أهمية كبيرة للأبحاث البحتة كما هو مبين ببعض الاشارات الى الطبيعة النووية وعلم الحياة والكيمياء الطبيعية (سهم رفيع يميناً الى أعلا) . أما النيوترونات فاستخدمت فى تنشيط عدد كبير من العناصر الكيميائية العادية صناعيا التى تجد عندئذ استخداما متعدد الوجوه ككاشفات (شكل ٨) .

يبين السهم ، يميناً الى أسفل ، نتائج الانقسام العديدة التى تكلمنا على عدد كبير منها قبلاً ، والتى يسبب اشعاعها خطر الآلة ويمكن أن تستخدم ككاشفات اذا كان نشاطها ضئيلاً . يبين السهم الرفيع يميناً الى أسفل أجزاء نتائج التفقت كعناصر الزينون النشط ونظير الكريبتون واليود التى تكون لها خاصية (الغاز السام) اذا كانت موجودة بكمية كبيرة (فى القنبلة الذرية مثلاً) بالرغم من أن هذه العناصر لا تمثل بنفسها غازات سامة .

استخدام العناصر النشطة الصناعية ككاشفات

العنصر المنشط يصبح ذا نشاط اشعاعى قوى مكن من الاستدلال على أية كمية منه مهما تناهت فى الصغر . فقد أصبح بالامكان أن نكشف عن مصير أى عنصر فى الانسان أو الحيوان أو النبات وعن نظام توزيعه وامتصاصه وافراده فى جميع الأنسجة بل الخلايا . (فيمكن الاستدلال مثلا على الحديد فى كرة واحدة من كريات الدم الحمراء . فإذا علمنا أن المليمتر المكعب من الدم يحوى نحو ٥ ملايين كرة وأن الكرة تحوى جزءا من ألف فقط من الحديد أمكننا أن نتصور الدقة المتناهية التى تتوافر لدينا باستعمال العناصر المنشطة فى الكشف) .

وقد أجريت فعلا تجارب عديدة على العناصر التى تدخل فى تركيبها كالصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والفسفور والكبريت .

والآن نتكلم عن استخدام هذه الكاشفات بالتفصيل فى علوم الحياة والطب وكذا فى الكيمياء وفن المعادن .
علم الحياة :

ما زالت التغيرات التى تحدث بالمادة فى الانسان والحيوان والنبات مجالا لأبحاث ناجحة فى علم الحياة . وقد

أدخلت الآن في دراسات بحث الأثر تلك العناصر الهامة المرتبطة بتأدية الحياة كالصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والفوسفور والكبريت وكذلك الجديد والكربون على شكل عناصر ذات نشاط اشعاعى .

ويحتاج الحصول على كربون نشط الى تعريضه لمدة طويلة لمصدر اشعاع فهو من العناصر « الثابتة » النشاط (لا يفقد نصف قوته الاشعاعية الا بعد ٦٠٠٠ سنة) . ولما كان الكربون هو أهم العناصر التى يتكون منها الكائن الحى كان الاحتياج الى الكربون المنشط اشعاعيا كبيرا جدا فى الولايات المتحدة بحيث أصبح غير متوفر تقريبا خارجها .

وتستخدم العناصر النشطة ذات العمر القصير نسبيا (أى تلك التى تفقد نصف قوتها الاشعاعية فى مدة قصيرة) فى التغييرات التى لا يتطلب دراستها وقتا طويلا . وقد أدخل هففى Hevesy ومساعدوه الفوسفور النشط الاشعاع فى عدة أبحاث منذ بضعة سنوات . فالفسفور ذو النشاط الاشعاعى علاوة على سهولة الحصول عليه يعد المصدر المثالى لأشعة بيتا (يفقد نصف قوته الاشعاعية فى ١٤ يوما) . ولما كان الفسفور يدخل فى تركيب العظام والأسنان أمكن باستخدام الفسفور المشع دراسة كل التغييرات الحيوية التى يتم بها تركيب تلك الأنسجة وما قد يطرأ عليها من تبديل فى أطوار الحياة .

والصوديوم ذو النشاط الاشعاعى يسهل الحصول عليه جدا (يفقد نصف قوته الاشعاعية في ١٤ر٨ ثانية فقط)
ويستخدم في دراسة دورة هذا العنصر الحيوى الهام في الجسم كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) استبدل بعض الصوديوم به بصوديوم ذى نشاط اشعاعى فاذا أخذ الانسان جرعة ماء تحوى بعضا منه أمكن تتبع أدوار امتصاص الملح من المعدة والأمعاء الى الدم أولا فأولا بواسطة أنبوبة تعداد « جيجر ملر » وقد أمكن بهذه الطريقة أن يستدل على أن ملح الطعام يصل الى أطراف أصابع اليد بعد دقائق معدودة من أخذ جرعة منه .

وبينما تتم دورة الصوديوم في الجسم السليم بسرعة — بعد ساعتين — فانها تتأخر في بعض الحالات المرضية التي تصيب الدورة الدموية . ومن الممكن في بعض الحالات « الغفرينا » الاستدلال على موضع توقف الدورة الدموية في وقت مبكر مما سيساعد حتما على سرعة اجراء العلاج اللازم أو بتر الجزء المصاب .

وقد أجريت سلسلة كبيرة من الأبحاث بواسطة اليسود النشاط الاشعاع . فمن المعروف أن اليود يدخل في تركيب هرمون الغدة الدرقية كما أن حالات مرضية معينة لهذه الغدة تنجم عن نقص في اليود في الغذاء . ومن الممكن تعيين سرعة تحول اليود في هذه الغدة الى الهرمون الخاص باستخدام

اليود المشع وذلك بواسطة أنابيب « جيغر ملر » Geiger Moeller التي تهدينا ضربات عدادها الى مصير المادة النشطة ،
والى الكمية الموجودة فى الجزء المختبر •

ويمكن باجراء تجارب مماثلة بالحديد المشع أن نعرف
أى مركبات الحديد أكثر ملاءمة لجسم الانسان ، وباستخدام
الأسمدة المشعة أيا أكثر صلاحية لنمو النبات •

ولعل أهم هذه الأبحاث اطلاقا هى تلك التى تجرى الآن
لمعرفة كيف يستطيع النبات أن يحول غاز الكربون والماء الى
مواد سكرية ونشوية باستخدام طاقة أشعة الشمس ؟؟ ان
الطريق للوصول الى هذا الكشف العظيم ما زال طويلا ولكننا
نتعشم أن نصل يوما ما • ويستخدم الكربون المشع الآن
لاجراء هذه التجارب والوصول الى المعادلات الوسطى التى
يتحول بها الماء والهواء الى الغذاء الرئيسى •

واذا تم نمو النبات فى جو من ثانى أكسيد الكربون
النشط أصبحت جميع أجزائه ذات نشاط اشعاعى ويسكن
باتباع هذه الطريقة على نبات الخشخاش مثلا أن نحصل على
« مورفين » مشع يمكننا اذا أجرينا به التجارب على الانسان
أن نصل الى تفاصيل امتصاصه وتوزيعه فى أجزاء الجسم
المختلفة بكل دقة • واذا أطعمنا الحيوانات طعاما ذا نشاط
اشعاعى ، حوت الهرمونات التى تستخلص منها بعد ذبحها
(كالانسولين) نشاطا اشعاعيا وهذا يهين لنا اجراء التجارب
على مثل هذه المواد الحيوية وتتبع دورتها بكل دقة •

واجراء مثل هذه التجارب على الانسان لا خطر منها
فأشعة بيتا التى يطلقها الكربون النشط سهلة الامتصاص
وعديمة الضرر ولكن ما زالت التفاصيل الفنية لاجراء هذه
التجارب معقدة وهى لا تجرى تقريبا الا فى الولايات المتحدة
حيث يتوافر عنصر الكربون ذو النشاط الاشعاعى الباهظ
الثلثين •

الطب :

تعتمد التجارب هنا على « الألفة النوعية » لبعض خلايا
الجسم أو أنسجته للعنصر أو المادة المستخدمة • فبينما يتركز
تأثير المورفين على الجهاز العصبى نجد أن الغدة الدرقية هى
التي تسيطر وحدها على تنظيم دورة اليود وإنتاج الهرمون
الذى يحتويه • فتلك الخاصية الطبيعية للغدة الدرقية فى
امتصاص اليود دون أعضاء الجسم الأخرى تتيح لنا فرصة
علاج حالات سرطان الغدة الدرقية باستخدام عنصر اليود
المشح •

كما تعتمد التجارب أيضا على اختلاف تأثير الخلايا المتنوعة
بأشعة بيتا وجاما المنطلقة من العناصر ذات النشاط الاشعاعى
المستخدمة • ويجب أن نعود بالذاكرة هنا الى أن أهمية
استخدام الراديووم فى علاج السرطان تعود الى اختلاف تأثير
الخلايا السرطانية عن خلايا الجسم بأشعته ، فبينما تهلك
الخلايا السرطانية فى مدة معينة لا تكاد تضار خلايا الجسم
الأخرى •

ومن المهم أن نتذكر أن هناك اختلافا في تأثير الجسم بأشعة بيتا وجاما فبينما تفوق أشعة بيتا أشعة جاما في تأثيرها الموضوعي إلا أنها تقل كثيرا عنها في قوة نفاذها ولذلك كانت أكثر ملائمة في علاج حالات السرطان السطحية كسرطان الجلد .

ومن العناصر التي يقتصر اشعاعها على أشعة بيتا فقط ، نظائر الكالسيوم والفسفور والفضة والكبريت ومن العناصر التي تشع نظائرها (المشعة) أشعة جاما علاوة على أشعة بيتا الصوديوم والبوتاسيوم واللاتيمون .

وقد استخدم الفسفور كدواء مثالي لعلاج سرطان الجلد فبخلو اشعاعه من أشعة جاما النافذة أمكن تركيز تأثيره على الجزء المصاب .

وتأتي أهمية الفسفور المنشط الكبرى في علاج حالات الـ Ploicythæmia التي تزداد فيها عدد كرات الدم الحمراء زيادة كبيرة . فلما كانت كرات الدم تتكون في نخاع العظم الذي يمتص بطبيعته الفسفور من الدم أمكن باستخدام الفسفور المنشط أن نسيطر على مصدر انتاج كرات الدم الحمراء . ولقد دلت التجارب على أن الأشعة المنطلقة تؤدي فعلا الى هبوط في انتاج الكرات الحمراء وبذلك استخدم الفسفور المنشط بنجاح في علاج هذه الحالات .

وما زالت نتائج استخدام الفسفور المنشط في حالات

ازدياد كرات الدم البيضاء Leukæmia موضع شك وهى
لا تبعث على الرضاء •

من المعلوم أن الحديد يدخل فى تركيب الهيموجلوبين
الذى يكون المادة الرئيسية لكرات الدم الحمراء •
فبإعطائنا الحديد المنشط لفرد ما يمكننا أن نكسب كرات
دمه الحمراء نشاطا اشعاعيا • ولو أخذت عينة من هذا الدم
المنشط كان بإمكاننا تتبعها إذا حقنت فى دم شخص آخر
وذلك بواسطة أنابيب الكشف (جيجر مللر) ويمكننا بهذه
الطريقة أن نستدل على كمية الدم فى الدورة الدموية • فلو
فرض أن كمية الدم المنشط التى حقنت كانت ١٠ سم^٢ فلن
تمضى دقائق حتى تمتزج بالدم العادى فبأخذ عينة أخرى بعد
ذلك يمكننا بسهولة وبدقة متناهية أن نقدر نسبة الدم
المنشط بواسطة أنابيب جيجر مللر فلو كان ١ : ٨٥٥ مثلا
أمكننا أن نعين كمية الدم فى الدورة بأنها ٨٥٥٠ سم^٢ •

وقد أمكننا أيضا أن نصل الى معرفة مدة صلاحية الدم
المحفوظ (المستخدم فى عملية نقل الدم) وذلك بحقن عينات
مشعة مضى على حفظها أوقات مختلفة وتتبع مصيرها بواسطة
أنابيب جيجر مللر • وقد اتضح أن مدة الصلاحية هى ثلاثة
أسابيع •

هذه أمثلة لاستخدام النشاط الاشعاعى فى فروع الطب
وما زلنا فى أول الطريق ولكن الطريق قد مهد لأبحاث أخرى
يجريها الاختصاصيون •

الكيمياء :

هنا تستغل الحساسية المرهفة التي يمكن الكشف بها عن المواد المشعة في الكشف عن أى أثر مهما بلغ من الصغر .
فقد استطعنا بهذه الطريقة أن نكشف عن وجود « آثار » لبعض المعادن في عمليات ترسيب كانت الاختبارات الكيموية العادية تؤكد عدم وجودها .

كما أن اختلاف تأثير بعض المعادن لمصدر الاشعاع بالنيوترونات عن معادن أخرى يهيئ لنا وسيلة سهلة دقيقة في الكشف عنها . فالفضة مثلا تتحول الى نظير ذى نشاط اشعاعى لو عرضت لمدة دقائق لمصدر اشعاع نيوترونات متواضع بينما لا يتأثر الألومونيوم فى مثل هذه المدة .

وفى حالات الترسيب الكيموية لمركب يختلف مقدار ما « يعلق » بالراسب من مواد المحلول تبعا لاختلاف الطريقة المستعملة . وتختلف تبعا لذلك درجة « نقاوة » المركب المرسب . ويمكن باستخدام العناصر المشعة فى جميع الطرق أن نستدل على أوفقها وكذلك ما قد يساعد على التقليل من عدم نقاوة المستحضر . فان دقة الكشف التى تهيئها أنابيب جيجر مللر تفوق كثيرا ما يمكن أن تبينه تجارب الفحص الكيمائى العادية .

كان من المهم أيضا فصل الكميات الضئيلة من الرصاص المحتوية بالشهب (نتيجة اضمحلال اليورانيوم والثوريوم)

وذلك في الأبحاث القديمة المتعلقة بأعمارها • والآن يمكن حل هذه المسألة الهامة باستخدام نظير الرصاص النشط •

والى عهد قريب كان هناك في جدول العناصر المسلسل بعض العناصر « المجهولة » التي لم توجد بالطبيعة بعد ، وترتيبها في السلسلة ٤٣ ، ٦١ ، ٨٥ ، ٨٧ ، ٩٣ ، ٩٤ ، ٩٥ ، ٩٦ • وقد تهيأ لنا الآن أن نسبق الطبيعة فننتج بعض تلك العناصر المجهولة صناعياً • فتم لنا الآن الحصول على العنصر ٤٣ الذي أطلق عليه اسم (تكتونيوم) والعنصر ٩٣ (نبتونيوم) والعنصر ٩٤ (بلوتونيوم) وهذا العنصر هو بالذات ما يكون القنبلة الذرية • لقد أصبحت هذه العناصر تحت التصرف بالجرامات •• بل وبالكيلو جرامات في الولايات المتحدة •

علم المعادن :

تضاف بعض العناصر الى المعادن أو بعض المعادن لبعضها لزيادة صلابتها أو مرونتها أو الحصول على خليط له بعض المزايا الخاصة • وهذا المزج له أهميته الكبرى في الصناعة •

كان الخليط يفحص ميكروسكوبياً أو تجرى عليه تجارب طبيعية لفحص صلاحيته أما الآن باستخدام عنصر نشط في هذا المزيج أمكننا بتعريض لوح فوتوغرافي لصفحة رقيقة من المزيج أن نحصل على صورة تبين لنا بكل دقة درجة انتظام توزيع حبات المعدن في المزيج فالتسويد المنتظم يدل على اتساق التوزيع بينما سوء التوزيع يعطى ظلاً من البقع في الصورة •

فى عملىة صناعة الصلب التى هى من أهم الصناعات بلا جدال يؤثر وجود الفسفور ولو بكميات ضئيلة على خواص الصلب المنتج فلو أضيف الفسفور المنشط الى الحديد المصهور وأجريت عليه بعد ذلك عملىة التنقية من الفسفور أمكن أن يعين مقدار آثار الفسفور المتبقية وذلك بدقة متناهية لا تتأتى لنا بالوسائل الكىموية التحلىلية العادية .

وقد أصبح فى الامكان الآن اختبار أجزاء الآلات الصناعىة الضخمة بأن نسلط عليها مواد مشعة ونعرض ظلالها على لوح فوتوغرافى فتبين لنا الصورة الفجوات أو العيوب المختلفة فى الآلة .

وفى كثير من الآلات يحدث احتكاك مستمر بين أجزائها يؤدى الى تطاير « تراب » معدنى غير مرئى . ويستخدم فى الحد من أثر هذا الاحتكاك « الزيت » ولا شك أن أمان استعمال هذه الآلات ومدة استهلاكها تعتمد الى حد كبير على صلاحية الزيت المستعمل وعلى اكتشاف أى تغير فى حمايته لأجزاء الآلة المعرضة للاحتكاك . فلو طلى سطح هذه الآلات بمعدن مشع أمكن بفحص عينة من الزيت أن تقدر بدقة درجة الاحتكاك وذلك بالكشف عن التراب « المشع » الذى علق به . كما يمكننا لو استعملنا زيتا مشعا أن نفحص سطح الأجزاء المعرضة للاحتكاك بعد مسحها جيدا بالبنازين فنجد أنه التصق بالمعدن طبقة رقيقة غير مرئية من الزيت لم يكشف عن وجودها قبل ذلك .

تتبن ما قدمنا من الأمثلة اتساع المجال أمام استخدام
العناصر النشطة الاشعاع في فروع العلم والصناعة وهو دليل
على ما يمكن أن يقدمه استخدام الطاقة الكامنة داخل الذرة
للإنسانية المسألة من فوائد • وذلك الى جانب تلك الحرارة
الهائلة الناتجة مباشرة والتي تأمل مستقبلا في أن نستطيع
تحويلها الى طاقة كهربية •

ملاحظات ختامية

كان محور الأبحاث التي أدت الى اكتشاف الطاقة الذرية يدور حول امكان تحويل العناصر الى بعضها • ويبدو أننا كنا نترسم خطوات الكيمييين القدماء في تحويل المعادن الى أخرى • ولكن هدف هؤلاء كان منحصرًا في انتاج الذهب من المعادن البخسة • ومن المحتّم أن يلقى علينا هذا السؤال : هل نجحنا في ذلك ؟ ؟

ان عينة من الذهب الصناعى المعروضة الآن في متحف شيكاغو للعلوم والصناعات بالولايات المتحدة تجيب على هذا السؤال •

ولم يكن هناك من داع لأن يستحوذ الذعر بقلوب الشركات المتسلطة على موارد الذهب بالعالم فان تكاليف الذهب الصناعى فاحشة وتفق كثيرا تكاليف استخراج الذهب الطبيعى • ولم يتمكن من الحصول عليه الا فى الولايات المتحدة لمواردها الهائلة (الأستاذ دمبستر) Dempster^(١) وليس للذهب الصناعى من أهمية الآن الا من الوجهة العلمية فقط •

(١) استخدمت نيوترونات ذات طاقة كبيرة لطرد بروتون من نواة الزئبق شحنته (٨٠) منتجا الذهب بشحنة نواة (٧٩) •

وربما يبدو غريبا أن أهمية أكبر كثيرا تتعلق بتحويل الذهب الى معدن بخس (الزئبق)^(١) فالزئبق الذى يحصل عليه بهذه الطريقة هو نظير الزئبق النقى (وزن ذرى ١٩٨) بينما الزئبق الطبيعى يمثل خليطا معقدا من نظائر الزئبق . ويستخدم هذا الزئبق ذو النظير الواحد الآن كمستحضر مثالى فى علم الضوء لقياس طول الموجة بدقة . لقد كان هدفنا أن نحول الزئبق ذهباً فأصبح هدفنا الآن تحويل الذهب الى زئبق .

وقد كان ذلك حالنا لدى محاولتنا تحطيم ذرة اليورانيوم ٢٣٥ لنحصل على العناصر النشطة فإذا بنا نحصل على البلوتونيوم من اليورانيوم ٢٣٨ ، فلما اكتشفنا ما لهذا العنصر من خاصية متفجرة اذا تجمعت منه كمية خاصة تحول اهتمامنا الى هذا الكشف والى تحضير القنبلة الذرية .

يتحدث العالم اليوم عن القنبلة الذرية وقد سيطر عليه الخوف من الحرب . ونحن نريد الآن وقبل قوات الأوان أن ينحصر اهتمامنا الرئيسى فى محاولتنا الأولى ؛ أى إنتاج العناصر ذات النشاط الاشعاعى واطلاق الطاقة الكهربائية الكبرى واستخدامها فى الأغراض السلمية لتقدم وخير الانسانية . نريد أن ينتصر جانب الخير باستخدام التفاعل المسلسل المسيطر عليه على جانب الشر فى تلك التفاعلات غير المسيطر عليها المؤدية الى الانفجار والدمار .

(١) استخدمت نيوترونات بطيئة فتمتص نواة الذهب شحنة (٧٩) نيوترونا فيتحول الى ذهب ذى نشاط اشعاعى وهذا يتحول الى نظير الزئبق النقى .