القسم الثاني

السلاح النووي

١ - الطاقة النووية

ملاحظة - ليس من الضروري قراءة هذا البند لمتابعة بقية البحث في هذا القسم .

المادة : تتألف المادة ، التي تعودنا ان نتعار عليها بحالاتها الثلاث : الصلابة والسيولة والغازية ، من الجواهر الفردية او الاتومات (واذا شئنا الذرات) المؤلفة بدورها من نواة واليكتر ونات . والصورة الرمزية التي تمثل الاتوم وتجيب على العديد من المسائل الاساسية المطروحة حتى الآن في موضوع الذرة هي أن النواة تمثل مركز جذب تدور حوله الاليكتر ونات في طبقات اليكتر ونية مختلفة كما تدور الكواكب حول الشموس . وتوجد عمليا كتلة الاتوم كلها في نواته ، الا جزءا طفيفا منها فانه موزع على اليكتر وناته .

والاتوم ، او الجوهر الفرد ، ليس هو ذلك الجسيم الذي لا يقبل التقسيم ، كما كان شائعا في اذهان المختصين فسموه بهذا الاسم . فهو كما نرى ينقسم الى نواة او «نوكلون» ، واليكتر ونات تدور حولها . والنواة بدورها ليست بسيطة كذلك ، فهي تتألف من عدد من جزيئات تم حتى الآن اكتشاف العديد منها ، وما يزال البحث جاريا للتقدم نحو المزيد من هذه الاكتشافات ، ونحو تكامل صورة تعطي العلاقات الاساسية لمختلف جزئياتها ، شكلا

ومضمونا ، بين بعضها بعضا . الا ان تطور البحوث وارتقائها دفع بضوء المعرفة الى الاعماق التي تقوم فيها الحدود بين الشكل العادي للمادة المشار اليه اعلاه وبين اشكالها الاخرى التي طالما تحير العلماء بتحديد ماهيتها واختلفوا بتعريف طبيعتها كالاشعاعات على اختلافها وساحات الجذب وغيره .

ان اهم الكيانات المادية القائمة في النواة ، وهي تتشكل من مختلف الجزيئات المشار اليها آنفا هي :

- البر وتون وهو جسيم مشحون بكهربائية موجبة
- النوترون وهو جسيم محايد كهربائيا على العموم (كما يدل عليه اسمه) .
- الميزون ، وعلى الاخص «ميزون بي» الذي يعتقد بانه يربط في النواة البر وتونات والنوترونات بعضها ببعض* ، وبالتالي يكون على الغالب المصدر الاساسي لتلك الطاقة الهائلة التي تتصف بها المادة المحركة بالشكل العاصف الذي يسوق مختلف المواد بتلك السرعة الكاسحة عند الانفجار النووي (قنبلتا هير وشيما وناكازاكي) وٌ الحراري بالنووي (القنبلة الهيدروجينية)**

ويوحد اسما البر وتون والنوترون تحت الاسم اللاتيني «نوكلون» الدال على مكانهما في نواة الاتوم . ولكل بروتون في النواة اليكترون ، يقابله في طبقة اليكترونية حول هذه النواة ، يحمل شحنة سالبة تساوى كميا شحنة البر وتون المقابل الموجبة . فيكون الاتوم بالتالي محايدا كهربائيا في حالاته الاعتيادية : تتوازن الكهربائية الايجابية في بروتونات النواة مع الكهربائية السلبية في اليكترونات الاتوم التي عددها كما قلنا يساوي في الحالات العادية عدد تلك البروتونات . وتساوي كتلة مادة كلٍ من البر وتون والنوترون ١٨٣٦ مرة كتلة الاليكترون . وتتنوع المادة بتنوع تركيبها من النكلونات : كل نوع فيه عدد معين من كل من البروتونات والنوترونات . فالهيدروجين مثلا هو اخف عناصر المادة ، تتألف نواته من بروتون واحد فقط ، ويقابله اليكترون واحد يدور حوله في احدى السويات الاليكترونية بحسب طاقته . وهنالك الدوتريوم ، او الهيدروجين الثاني الذي يولد مع الاوكسجين الماء

---

* عالم الصغائر . شولكين . ترجمة الاستاذ بسام معصراني ص ٦٦ ، ٩٣

** المرجع السابق ١٦٨ - ١٧٨

الثقيل ، وهو سم زعاف . ويتألف الدوتريوم من نواة فيها بروتون واحد ونوترون واحد حولها اليكترون واحد يقابل بروتونها . والاورانيوم ٢٣٨ الحاوي في نواته على ٢٣٨ نكلوناً ، منها ٩٢ بروتوناً ، والباقي وهو ١٤٦ هي نوترونات ، هو من اثقل انواع المادة ، وحوله يدور على العموم هذا البحث .

وتتوضع الاليكترونات حول النواة في طبقات ، والاخيرتان من هذه الطبقات ، لا سيما ابعدهما عن النواة التي تشكل المحيط الخارجي للاتوم ، تحددان الصفات الكيماوية للمادة . وعندما يفقد الاتوم اليكتروناته فانه يقال انه مُتَأَيِّن مرة او مرتين او ثلاث . . . او كليا ، حسب عدد المفقود من اليكتروناته .

ان الجواهر الفردية (الاتومات) لمختلف انواع المادة تنتظم جميعها في اللوحة الدورية لمندلييف . وذلك لانها تتركب جميعها نوويا من ذات الجسيمات التي من اهمها البروتون والنوترون والاليكترون : لو كان مثلا كل جوهر يتركب من جسيمات من نوع خاص يتعلق بنوع المادة التي يعود اليها والتي تختلف عن تلك التي تتركب منها جواهر الفرد الاخرى ، لما امكن ترتيب مختلف انواع المادة في لوحة دورية واحدة ، ولما قامت بينها اية علاقة من العلاقات التي نعرفها . وفي الوهلة الاولى تبدو لنا هذه الجواهر باجمعها بتركيب متشابه في نواها ، التي لا تختلف فيما بين بعضها بعضا الا بعدد البروتونات والنوترونات التي تتركب منها : ذهبت الفرضيات في الابحاث النووية الاولى الى ان النواة في الجوهر الفرد هي مجرد تراكم عدد من البروتونات (من جواهر الهيدروجين) يتعدل بعضها كهربائيا بانضمام عدد مناسب من الاليكترونات اليها لتتحول الى نوترونات . بل ان الفيزياء النووية برهنت على قابلية تحول العناصر المشعة الى عناصر اخرى : في الاشعاع «الفا» مثلا يتحول الجسم المشع الى جسم جديد آخر لانه يخسر من نواته بروتونين ، فيتراجع مكانين في لوحة مندلييف بفقده ذرة الهليوم المشعة بذلك الاشعاع «الفا» . اما في الاشعاع «بتا» المؤلف من اليكترونات تطلقها النواة ، فان نوترونا واحدا في كل جوهر فرد يفقد اليكترونا ، فيتحول الى بروتون ، وبهذا يتقدم عنصر جوهر الفرد المذكور في لوحة مندلييف مكانا واحدا . ذلك لان ترتيب العناصر في هذه اللوحة يتقدم بتزايد عدد البروتونات فيها . ومن المعلوم الثابت اليوم بنتيجة الابحاث النظرية المختلفة ، والاعمال المخبرية ، والارصاد الفلكية الفيزيائية ، ان بعض الاجسام تنشأ بنتيجة تفاعلات نووية مناسبة . فالتفاعل الدوري

النـووي الـذي يحدث في الشمس مثـلا بدءا من اتحـاد نواة هيـدروجينيـة (بروتون) مع نواة الفحم ، وانتهـاءا بانقسـام نواة «الآزوت النظـير - ١٥» الى فحم وهليوم بعد اتحادها بنواة هيدروجينية ، نقول ان هذا التفاعل الدوري النووي يعطينا مثلا على تشكل جسم مادي هو الهليـوم بسلسلة مغلقـة من التفـاعـلات النـوويـة بدأت وانتهت بالفحم* . وقـد تمكن الانسـان ايضـا من تحطيم ذرة بعض الاجسـام المشعـة (الاورانيـوم ٢٣٥ مثـلا) ومن توليـد اجسـام اخـرى ابسـط بتفجـير القنـابـل النـووية ، وفي المفاعلات النووية ايضا . كل هذا صحيح وثابت . ولكن الابحاث الاخيرة للفيزياء النووية تثبت ان جواهر الفرد ليست بتلك البسـاطـة التي صورتهـا بعض الفرضيات الاولى . فالنواة ليست مجرد تراكم بسيط لعدد من البر وتونات والنوترونات ، بل هي نظام مادي معقد يقوم على جملة من الجزيئات المادية التي اكتشف منهـا حتى الآن بضـع عشـرات من الانـواع المختلفـة . وان الـبر وتـون الواحد (او النوترون) هو جملة مادية معقدة ايضا ، وكذلك حال عدد من الجسيمات الاخرى كالميزونات والميونات .

ان التفاعلات النووية الجارية في الشمس وفي النجوم الاخرى ، وما نجريه منها على الارض ، كل هذه التفـاعـلات تحدث في اطـار مادي كوني يتضمن كل انواع المادة المبينة في لوحـة منـدلييف وغـيرها مما لم يذكر فيها . وهذا يعني ان وجود هذه الانواع باجمعها وبنظامها الكـوني القـائم هو الـذي يوفر الظروف اللازمة لحدوث التفاعلات النووية الحالية ، وليست التفـاعـلات النووية هي التي بنت كل عناصر الطبيعة اعتبارا من احدها او بعضها ، اعتبارا من الهيـدروجـين ابسطهـا مثـلا : من البديهي ان التفاعلات النووية تقوم على وجود النوى بمختلف انواعها ، وعندما لا يكون هنالك نوى في الكون فانه لا يمكن ان تقوم التفاعلات النووية . فهذه التفاعلات تقوم في طور محدد من نشوء وارتقاء المادة ، تقوم في الطور الحالي لكـوننـا . مع ملاحظـة ان تقـدم عالم الجـماد في تطوره بطيء جدا تصعب ملاحظته بالطرق والوسائل الاعتيادية .

وقلنـا ان المـادة تتنـوع بحسب تركيبهـا : كل نوع فيـه عدد معـين من الـبر وتـونـات والنـوتـرونـات ، او هو احد الجسيمات المادية الاخرى التي لها كتلة سكون . وقد نشأ وارتقى

كل نوع من انواع المادة عبر طريقه الخاص في العملية الهائلة لتطور الكون ، فتكون ، على العموم ، كل الانواع المادية في طور واحد من اطوار الكون متكافئة فيما بين بعضها بعضاً ببنياتها المعقدة . فاذا اتحدت العناصر الآنفة الذكر ، او تشابهت بالمواد الاولية لبنائها ، فان هذا لا يعني انها تشكل نوعا واحدا يتفرع الى عدد من الاصناف التي ينشأ بعضها من بعض بطرق «ميكانيكية» بسيطة ، وانما تشكل كما قلنا انواعا مختلفة تقوم فيما بينها علاقات وتفاعلات تحركها في ارتقائها ، وتوسع عالمها . ففي المثال اعلاه وجدنا ان تشكل «الهليوم - ٤» في الشمس كان نتيجة سلسلة من التفاعلات النووية المغلقة : بدأت بالفحم ، ومرت ببعض النظائر ، وانتهت بالفحم ، ولم يحدث بصورة مباشرة من تراكم بروتونين ونوترونين . فهذه النكلونات الاربعة في الدورة المذكورة مرت بنوى العناصر التي تتالت في سلسلة التفاعلات النووية المغلقة الآنفة الذكر ليبرز الهليوم في النتيجة ، وكأنها «هضمت» في تلك النوى ، ووقعت في سلسلة تحولات لتخرج اخيرا بشكل اربع نكلونات متماسكة هي نواة الهليوم . وهذا يعني ان هذا النوع الاخير تولد (في تلك السلسلة) من انواع نواها اثقل من نواته بعدد من المرات . ونلاحظ هنا بسهولة الاختلاف الكبير في الجوهر بين سلسلة التفاعلات النووية الآنفة الذكر ، التي خرج الهليوم بنتيجتها ، وبين ظاهرة اشعاع الهليوم (اشعاع الفا) من الاجسام ذات النوى غير المتزنة . فالعملية الاولى هي عملية تكوين ، ولادة ، في ظروف خارجية (في ظروف الشمس) كان لها الاثر الحاسم في اتمامها . . اما الثانية فهي عملية افراز «فضلات» تخل بتوازن النواة ، التي تصدرها على شكل اشعة في ظروف داخلية لا علاقة لها بالمحيط ابدا : لا ينقطع الاشعاع على العموم في كل الظروف التي توجد فيها النواة المشعة . ولكن العمليتين ، مع ذلك ، تعطياننا ، كل منهما ، مثلا على خروج نواة بسيطة من نواة اثقل ، دون ان تكون هذه الاخيرة ، بالضرورة ، قد تكونت من تراكم عدد مناسب من الاولى . وحتى عندما نأخذ بالفرضية الثانية لحدوث التفاعلات النووية في النجوم وهي : فرضية التقاء نواتي هيدروجين (بالتقاء بروتونين) في الظروف القائمة في اعماق الشمس ، وليس بالقرب من سطحها ، لتشكيل الهيدروجين الثقيل (الدوتوريوم) ثم استمرار عمليات التصادم المشابهة وتشكل اجسام اثقل ، اعتبارا من «اللبنة الاولى» البروتون ، نقول حتى في هذا الطريق لا بد لنا من ظروف اعماق الشمس ، وما يحيط هذه الاعماق من تفاعلات نووية لعناصر اثقل قرب سطح الشمس

كالتي رايناها في سلسلة التفاعلات اعلاه ، للحصول على الظروف اللازمة لمثل هذا التفاعل البسيط نسبيا . وسنرى فيما يلي من البحث : ان «الانصهار» الحراري النووي للهيدروجين الثقيل (في القنبلة الهيدروجينية) يحصل في ظروف تفجير نووي انشطاري لعنصر ثقيل جدا ، كالاورانيوم ٢٣٥ ، وهذا في جوهره يشبه تماما التفاعل الآنف الذكر في اعماق الشمس الذي يحدث في ظروف تولدت تحت ضغط التفاعلات النووية الجارية من سطحها حتى مركزها . وفي النتيجة يمكننا ان نستخلص القوانين التالية للمادة الفيزيائية في الكون :

١ . بالاضافة الى جملة سلاسل التطور لمختلف كائنات الكون المادية ، هناك حركة نشوء وارتقاء اعم للمادة التي تقوم بها هذه الكائنات . وهذه الحركة تنقل الكون من طور الى آخر . ولكل طور من هذه الاطوار نظمه وكائناته المادية التي تناسبه ، والتي تنشأ وترتقي فيه عبر سلاسل التطور الآنفة الذكر .

٢ . في طور واحد من اطوار الكون تتكافأ كل اشكال المادة في ظروفها العامة ووظائفها ، فيكون الواحد منها مرة بدءا لعملية مادية ، واخرى نهاية لعملية مختلفة ، اوبدءا ونهاية لسلسلة عمليات مادية مغلقة ، اوغيره . ولا عبرة في هذا لبساطة تركيب كيانه اوتعقدها .

٣ . ان جملة الانظمة التي توجد فيها مادة الكون في طوره الحالي ، وما ينشأ عن هذه الانظمة من كائنات مادية ، هي التي تكون الظروف الضرورية لقيام كل التفاعلات النووية المختلفة .

المادة والطاقة : الطاقة هي كل امكان للمادة لانتاج عمل فيزيائي . ولهذا الامكان ، للطاقة ، اشكال مختلفة ، منها الحركية مثلا والكهربائية والحرارية وغيرها : ان الجسم المتحرك مثلا ينجز عملا برفع جسم آخر الى ارتفاع مناسب بطاقته الحركية . وبصورة عامة ، كل فعل للمادة لا بد من ان ينشأ عن طاقة تولد القوة الفاعلة لها . ومن البديهي ان المادة المجردة عن كل فعل (اورد فعل) ، وبالتالي المجردة عن الطاقة ، هي مادة مجردة عن الوجود الفيزيائي ، اى غير موجودة فيزيائيا : عندما ينعدم كل فعل ورد فعل بشكل مطلق للمادة فان كل حد وشكل لها ينعدم وتنعدم هي معه . وعلى العكس فان الطاقة لا توجد بمعزل عن المادة ، كما لا تصدر القوة الا عن مادة لها طاقة : القوة ومن ورائها الطاقة تعبر عن وجود ، ولا وجود لها وللطاقة الا به ، وهو(الوجود) لا يعني الا الوجود الفيزيائي للمادة .

ان الضوء مثلاً شكل من اشكال المادة ، وليس كما كان يظن مجرد طاقة كهرطيسية . فهو يتجاذب مع الكتل المادية ، فينحرف عن مساره الاصلي عند مروره مثلا قرب كتلة الشمس ، فيبرز اذن بهذا رد فعل .

يعطي الميكانيك الكلاسيكي قانونين مختلفين للمصونية : واحداً للطاقة والآخر للمادة التي يقاس مقدارها بالكتلة : عندما تختفي طاقة تبرز طاقة اخرى تعادلها ، وعندما تختفي كتلة من مادة ما تبرز كتلة تساويها من هذه المادة ، وذلك حسب قانون لافوازيه : «لا شيء يفنى ولا شيء يخلق من لا شيء» وحسب قانون تحول الطاقة ومصونيتها في هذا التحول . اما في الميكانيك النسبي فلا يوجد الا قانون واحد للمصونية ، وهو من اجل «الطاقة الكلية لجملة معزولة» ، على اعتبار تكافؤ الطاقة والكتلة وامكان تحول الواحدة الى الاخرى حسب قانون عطالة الطاقة الذى وضعه انشتين : «كل جملة فيزيائية في حالة السكون لها طاقة ما مقدارها (E) يكون لها في ذات الوقت كتلة عاطلة (mo) تعطى بالعلاقة التالية :

$$m_0 = \frac{E_0}{C^2}$$

على اعتبار ان (c) هي سرعة الضوء * . وقد فسر هذا المبدأ بشكل ادى الى القول بتحول المادة الى طاقة وتحول الطاقة الى مادة : «يفهم الدور الاساسي الذي تلعبه عطالة الطاقة في دراسة الظواهر النووية التي هي موضوع العديد من الابحاث في الفيزياء الحديثة ، فهذه تعرف من الآن فصادعا كيف تجسد الطاقة على شكل قسيمات مادية ، كما تعرف من جهة اخرى طريقة افناء المادة لتطلق مقادير كبيرة من الطاقة المكافئة» * .

ولكن الواقع والبديهي هو : ان المادة لا تفنى ابدا ولا تتحول الى طاقة هي بالتعريف مقدرتها على الفعل (او على الوجود) ، اذ ليس هنالك معنى لتحول الشيء الى مقدرته . . . كما ان الطاقة لا تتحول الى مادة فيزيائية (الى جسم) ، فهي لا بد من ان تكون مقدرة على الفعل لجسم ما ، ولا معنى لتحولها لتصبح جسما آخر اضافياً على هذا الجسم الذي يتجرد عندئذ من طاقته او من وجوده . ولكن المادة الفيزيائية تتحول من حالة

---

* انظر ليشنورو فيتز في الحساب التنسوري ص ١٨٤ - ١٨٦

الى الحـرى فتخضـع في كل حالـة الى قوانين مناسبة تبر ز خلال ظواهر خاصة (تتجلى فيها المادة الفيزيائية في حالتها الجديدة) . وهذا يعني انه في حالة من الحالات عندما تختفي ظواهر وخـواص تقـوم فيهـا المـادة الفيـزيائية ، فانه يجب عندئذ ان نبحث عن هذه المادة في ظواهر وخـواص اخـرى ملائمة لحالتها الجديدة . فالمادة في الضوء مثلا تختلف بظواهرها وخواصها عما هي عليه في الحالات العادية الثلاث : الانجماد ، والسيولة ، والغازية ، فلا تخضع في تلك الحـالـة لذات الاسلوب في المس والمشـاهدة كما تخضع في هذه الحالات العادية . انها لا تتجسـد في الاشعـة الضـوئيـة كما تتجسـد في الحجر . ومع ذلك فان للاشعة الضوئية «كتلة تقيس مقـدار المـادة فيهـا . ففي يوم مشمس يزن حجم من الضـوء مقـداره كيلومتر مكعب جزءا من مائـة مليـون جزء من المليغـرام . امـا هذا الـوزن فيكـون ، في درجـة حرارة عالية نصـادفهـا في مركـز الشمس او في قلب انفجار نووى ، كبيراً نسبياً ، فيبلغ مقدار غرام لكل ليتر من الضوء (او مليون طن لكل كيلومتر مكعب من الضوء) * .

ولا سبيل الى المادة الفيزيائية الا من خلال افعالها وردود افعالها ، الا من خلال الآثار الحـاصلة بافعـالهـا . انهـا اذن في محتـوى كل الحـالات (الاشكـال) القائمة بمختلف انواع افعالها . ولا سبيل الى «ازاحة» الشكل او الظاهرة (ازاحة الافعال التي تقوم عليها الاشكال والظـواهـر ، والتي تقوم بطاقة المادة) «لعزل المادة ولمسها (الاحساس بها) مباشرة بمعزل عن طاقتها . ان من البديهي ، كما سبق وقلنا ، ان كل ازاحة لافعال المادة (لطاقتها) هو ازاحة لها . ندرك ، بعـد هذا ، بسهـولـة ، عدم امكـان القيام باية عملية تعيين للمادة (لكميتها) بدون الاستناد الى رد فعلها (بدون الاستعانة بما ينتج عن طاقتها) . فتكون الكتلة الحاصلة بعملية قياس كمية المادة ، هي في ذات الوقت قياس لطاقة قامت على الفعل الناشيء عنها عملية القياس ، وساهمت بتكوينها كل اجزاء المادة المذكورة بشكل متكافىء : ليكون قياس كمية المادة تاما وصحيحا لا بد من ان تساهم كل اجزائها بافعال القياس ، وان تكون طاقتا جزئين متساويين كميا منها متساويتين . ونجد بسهولة من جهة اخرى ان الطاقة الكلية لكل مادة فيزيائية (وهي مجموع كل طاقاتها المختلفة : الحركية ، والكهربائية ، والنووية وغيرها) تصلح لتقدير كميتها ، وذلك بالاستناد الى مسلمة بسيطة هي : ان كل مقدار من المادة له

---

* الموسوعة بريتانيكا . المجلد السادس ص ٥٧٨ . اصدار ١٩٦٥ .

طاقة كلية يقوم بها وجوده (تحدد وجوده كميا وكيفيا بكل ابعاده) ، وهي لا تتبدل الا بتبدل هذا الوجود كما وكيفا . فنستخلص اذن انه لا بد من ان تكون هنالك علاقة بسيطة (خطية) بين الطاقة الكلية للمادة وبين كل طاقة لها تولد فعلا تشترك به بالتساوى كل اجزاء المادة المتساوية كميا ، كالطاقة الآنفة الذكر التي تقاس بالكتلة . وفي النتيجة نقع على علاقة انشتين التي مرت معنا اعلاه ، والتي يمكن وضعها بالشكل التالي الاعم :

$$E = mC^2$$

ونجد هنا ان الطاقة الكلية (E) للمادة ترتبط بهذه العلاقة البسيطة بطاقة كميتها (m) هي مقياس لكمية المادة نطلق عليه اسم كتلة المادة . فليس هنالك اذن اية غرابة في هذا الامر ، كما هو الحال عندما نجا في بديهيات الاشياء فنقول ان المادة تتحول الى طاقة والطاقة الى مادة ، بتفسير خاطىء للعلاقة المذكورة .

ان الطاقة الكلية للمادة كبيرة جدا كما نرى بعلاقة انشتين الآنفة الذكر . ولكن الانظمة المختلفة التي تقيد المادة في الكون تضع حدوداً لشدة افعالها بطاقاتها الهائلة . فقسم كبير منها يقوم بوظيفة الاربطة في النظم المذكورة ، يقوم بوظيفة السدود على اختلاف اشكالها لتقييدها . وحتى التفاعلات النووية لا تحرر المادة من كل ارتباطاتها لتفعل بكل طاقاتها . ففي هذه التفاعلات يتحرر منها جزء ضئيل فقط من ارتباطاته لتنطلق كل تلك العاصفة الهائلة لافعاله . وظاهرة «نقص الكتلة» في نوى المادة برهان تجريبي على هذا الامر . من المعلوم ان كتلة النواة اصغر من مجموع كتل النوكلونات (البر وتونات والنوترونات) التي تؤلفها . وذلك بسبب ان هذه الجسيمات عندما «تتراص» لتشكل النواة تطلق طاقة هي طاقة مختلف المواد المتحررة منها : هذه المواد كانت اجزاء في بنيات الانظمة السابقة للجسيمات قبل تشكل نظام النواة المذكورة (كانت اربطة في بنيات الانظمة السابقة) اما بعد قيام هذا النظام الاخير (الذي له اربطته الخاصة) فانها اصبحت غير ضرورية وتتحرر لينتج عن تحررها تلك الافعال العاصفة . ان نواة الهيدروجين الثقيل مثلاً (الدوتير يوم) تتألف من جسيمين (بروتون ونوترون) مجموع وزنيهما (٢,٠١٦٦٤) وحدة قياسية ، في الوقت الذى نجد فيه وزنها (٢,٠١٤١٢) . اي ان «نقص الكتلة» بسبب «تراص» النوترون والبر وتون في نواة الهيدروجين الثقيل هو(٠,٠٠٢٥٢) وحدة قياسية . وبتطبيق علاقة انشتين الآنفة الذكر نجد ان الطاقة الكلية لهذه المادة المتحررة تبلغ مقدار

٢,٤ ميغا اليكترون فولط * . ويستفاد من هذه الخاصة في التفجيرات النووية الحرارية حيث تنطلق عاصفة هائلة لافعال المواد المختلفة الاشكال : تموجات حرارية وضوئية ، وتموجات كهرطيسية اخرى ، وغبار ذرى يتحرك بسرعة كبيرة الخ . . عاصفة تحطم كل مادة تحيط بنقطة الانفجار وتسوق شظاياها بسرعات هائلة الى مسافات كبيرة .

ارقام وتعاريف ومبادىء ** : نعطي فيما يلي معلومات ابتدائية في عالم الذرة اوكما يسمونه عالم الصغائر :

- يحوى غرام من الهيدروجين على ٦,٠٢ × ١٠^٢٣ اتوما ، اي من مرتبة المائة الف مليار اتوم . وبالتالي تكون كتلة اتوم الهيدروجين البروتون ومثله النوترون مساوية : ١,٦٧ × ١٠^-٢٤ ، اى من مرتبة جزئين من مليون مليار مليار جزء من الغرام الواحد .

- ان كتلة الاليكترون التي قلنا انها تشكل $\frac{1}{1836}$ كتلة البروتون (اتوم الهيدروجين) هي ٩,١ × ١٠^-٢٨ غرام ، اى من مرتبة واحدة من مليار مليار مليار جزء من الغرام .

- ان قطر اتوم الهيدروجين من مرتبة الأنغستروم ، وهو جزء من مائة مليون جزء من السنتمتر : ١٠^-٨ سم . اما نصف قطر نواة الهيدروجين (البروتون ومثله النوترون) فهو ١,٣ × ١٠^-١٣ سم . اوما يساوى ١,٣ فيرمي (على اسم العالم الايطالي الذري انريكو فيرمي) . وتقاس بهذه الوحدة الابعاد داخل النواة . وهي تساوى جزء من عشرة آلاف مليار جزء من السنتمتر .

- تبلغ كثافة المادة في النكلون ٢ × ١٠^١٤ غرام في السنتمتر المكعب ، اى ما يعادل مائتي مليون طن في السنتمتر المكعب . وهذه طبعا كثافة المادة في نواة الأتوم مهما كان نوعه .

- الدينة هي القوة التي تزيد من سرعة جسم كتلته غرام واحد مقدار سنتمتر واحد في كل ثانية . وعند انتقال هذه القوة مقدار سنتمتر فانها تولد عملا يعادل طاقة تساوى الأرغة .

- عندما يجتاز الاليكترون فرقا في الكمون قدره فولت واحد فانه يكتسب طاقة قدرها اليكترون فولت واحد (ev) . وهذه الوحدة الجديدة للطاقة تعادل ١,٦ × ١٠^-١٢ ارغة ، اى

---

* الموسوعة بريتانيكا . مجلد ١٦ ص اصدار ١٩٦٥

** عالم الصغائر لشولكين . تعريب وزارة الثقافة السورية .

ما يعادل جزئين من الف مليار جزء من الارغة . وهذه وحدة صغيرة جدا للطاقة ، فتستعمل لذلك اضعافها : الكيلو اليكترون فولت (K ev) وتساوي الفا منها ، والميغا اليكترون فولت (Mev) وتساوى مليونا منها .

– هنالك في الاتوم القوى النووية والكهربائية والمغنطيسية والجاذبية . واشد هذه القوى هي القوى النووية في مداها . وعلى سبيل المثال نجد ان القوى النووية على مسافة فيرمي واحد من النواة تساوى ٣٥ مرة القوى الكهربائية للنواة هناك كما تساوى مائة مليار مليار مليار مليار مرة القوى الجاذبية هناك (١٠^٣٨) .

– عندما تلتقط نواة ثقيلة نوترونا فان توازنها المضطرب يختل تماماً وتنشطر الى نواتين بكتلتين متقاربتين بدلاً من ان تقتصر على اشعاع عدد من النوكلونات كما يحدث في النوى الخفيفة . وهذه الظاهرة تسمى الانشطار النووى : ان الاورانيوم ٢٣٥ مثلاً ينشطر الى كريبتون ٨٤ وباريوم ١٣٧ مع انطلاق عدد من البر وتونات .

وبينت الحسابات والقياسات ان كل انشطار لأتوم واحد من الأورانيوم ٢٣٥ يعطي طاقة تساوى على العموم مائتي ميغا اليكترون فولط . ونجد من الناحية النظرية بعد الأخذ بعين الأعتبار الأرقام المناسبة الواردة اعلاه ان انشطار اتومات غرام واحد من الأورانيوم المذكور باجمعها يعطي طاقة تقرب من مائة مليون كيلو جول ، وهذه الطاقة هائلة ثلاثة ارباعها حركية تعصف بالشظائر الناتجة من انقسام النوى .

– لنفرض على سبيل المثال انه انطلق ثلاثة نوترونات بانشطار نواة اتوم من كتلة اورانيوم ٢٣٥ . وان كل واحد من هذه النوترونات الثلاثة اصاب نواة جديدة في المعدن المذكور فانشطرت هذه النواة وانطلق منها ثلاثة نورترونات جديدة اصاب كل واحد منها نواة جديدة وهكذا دواليك . في هذه الحالة يسير عدد النوى المنشطرة حسب سلسلة هندسية : ٣ ، ٩ ، ٢٧ ، ٨١ ، ٢٤٣ ، ٧٢٩ ، الخ . . . ان هذه الظاهرة تدعى التفاعل النووى المتسلسل . وهو يتدفق في شروط مناسبة بسرعة هائلة مطلقا كميات من المواد المختلفة ذات الطاقات العاصفة . وعلى هذه الخاصة تبنى المفاعلات الذرية وتنتج القنابل النووية .

النظائر : ان الاجسام المتشابهة بالخواص الكيماوية ولا تختلف فيما بينها الا بعدد النوترونات في نواتها تدعى النظائر . وقد تبين بعد بحوث طويلة ان لكل الاجسام (المشعة وغير المشعة) نظائرها (ولو من الناحية النظرية ما دام بالامكان نظريا وعمليا زيادة نوترون او

اكثر على نواة اتوم اى جسم من الأجسام المادية) . ان الهيدروجين مثلاً له نظير طبيعي هو الدوتريوم (المثنى) وآخر صنعي هو التريتيوم (المثلث) . فاتوم الهيدروجين يتألف من البروتون في النواة مع اليكترون يدور حوله . وبعبارة اخرى ان البروتون (الذي رأينا انه العنصر الأساسي الذي يدخل في بناء اتوم من اي نوع كان من انواع المادة) هو هيدروجين متأين (فاقد اليكترونه الوحيد الدائر حوله) . اما الد وتريوم فيتألف من بروتون واحد ونوترون واحد في النواة ، واليكترون واحد يدور حول النواة . وهذه المادة هي الهيدروجين الثقيل الذي يتحد بالاوكسجين كالهيدروجين العادى ليشكل الماء الثقيل وهو سم زعاف . فله كما نرى ذات الخواص الكيماوية التي للهيدروجين العادى وان اختلف عنه كليا بخواصه الفيزيائية : من حيث تجمد مائه مثلا ، وغليانه ودرجة حرارته في كثافته العظمى الخ . . . ويستفاد من هذا الاختلاف الفيزيائي لعزل الماء الثقيل عن العادى ، وهو امر غير ممكن بالطرق الكيماوية لاتحاد هذين النوعين بالخواص الكيماوية . ويوجد الدتريوم بنسبة ضئيلة جدا في الهيدروجين العادى ، كما يوجد ماؤه الثقيل العادى بذات النسبة على العموم : للحصول على كيلوغرام واحد من الماء الثقيل يجب معاملة ستة اطنان من الماء العادى مع انفاق كمية ضخمة من الطاقة الكهربائية .

ان اكتشاف النظائر حل مسألة طالما حيرت العلماء ، وهي مسألة قياس الوزن الذرى للاجسام بالنسبة الى الهيدروجين (او البروتون المتأين) ، على اعتبار ان هذا الاخير هو الوحدة القياسية ، لانه يشكل عمليا ابسط عنصر في نوى جميع انواع المادة : رأينا ان نواة اتوم اية مادة تتألف من بروتونات ونوترونات ، وان البروتون والنوترون يتساويان عمليا بالكتلة . وعلى هذا الاساس يجب ان يكون الوزن الذرى لأى نوع من الأجسام عددا صحيحا بالنسبة للهيدروجين (للبروتون) المتخذ كوحدة قياسية . لكن القياسات الدقيقة كانت تعطي دوما كسورا هامة مضافة الى الاعداد الصحيحة في النتائج . ثم تبين السبب فكان وجود النظائر في مختلف انواع المادة (بنسب ضئيلة) . وهذه النظائر تختلف عن المادة الاصلية بثقل نواها المتسبب عن اختلاف عدد نوتروناتها عن ذلك الموجود في النوع الاصلي المذكور ، الامر الذي يدخل تعقيداً في عملية المقارنة مع الهيدروجين (غير الصافي بدوره كما

---

* غلادكوف . طاقة الأتوم ص ١٠٧ ف .

رأينا) ، وبالتالي تظهر تلك الكسور نتيجة المقارنة المذكورة . ان القياسات الدقيقة الحديثة بينت مثلاً ان الاورانيوم الطبيعي (الصافي من الشوائب) هو خليط يحتوى على :

- ٢٨ , ٩٩٪ اورانيوم ٢٣٨
- ٧١٤ , ٠٪ اورانيوم نظير ٢٣٥
- ٠٠٦ , ٠٪ اورانيوم نظير آخر ٢٣٤ .

وهنا نلمس كم هو صعب ومكلف الحصول على الاورانيوم النظير ٢٣٥ (الصالح لصنع القنابل النووية) مباشرة من الاورانيوم الطبيعي بالطرق الفيزيائية .

مفتاح القوى النووية * : منذ اول القرن عرف الفيزيائيون ان هنالك طاقة هائلة مخزونة في النواة ، وكانوا يفتقرون حينذاك الى «المفتاح» لاطلاق افعالها . وفي عام ١٩٣٢ اكتشف الفيزيائي البريطاني السير جيمس شادويك محايدا كهربائيا ، له كتلة تساوى كتلة البروتون ، فكان هو النوترون . وكان من الصعب تبينه واكتشافه مباشرة . فهو اشعاع ذري لا يؤين الاوساط التي يخترقها بسبب محايدته كهربائيا ، ولا يلبث ان يتفسخ الى بروتون وإلكترون وجسيم ثالث يدعى نوترينو (نوترون صغير بالايطالية) ، فعمره الوسطي هو [illegible]رون دقيقة تقريبا . ولم ينتبه العلماء حينذاك الى ان هذا الجسيم الجديد هو المفتاح المطلوب الذى يطلق القوى النووية . الا ان الفيزيائي الالماني فريتز هوترمان اشار الى ان هذا الجزيء ربما كان الوسيلة الى تحرير تلك القوى النووية . فعارضه حينذاك كبار الفيزيائيين من امثال نيل بور وانشتين وريزرفورد وغيرهم . وبسبب عدم تأثر النوترون بالقوى الكهربائية للنواة ، فانه يصلح لأن يكون قذيفة ممتازة لادراكها . وعلى هذا الاساس قام الفيزيائي الأيطالي فيرمي في عام ١٩٣٤ بقذف نوى العناصر ، الواحد تلو الآخر ، بالنوترونات ، الى ان وصل الى الأورانيوم . فحصل بنتيجة هذه العملية الاخيرة على معدن باشعاع اقوى مما كان عليه قبل التجربة . فاستخلص من سلسلة تجاربه تلك فرضية اكتشاف طريقة للحصول على عناصر اثقل من الأورانيوم سماها «ترانس أورانيوم» اوما بعد الأورانيوم . ولكن الكيمائية الالمانية ايدا نوداك نشرت بعد ذلك مقالا اعطت فيه تفسيرا

---

* رجعنا في هذه المعلومات الى بحث «الانسان والأتوم» . فرانك برنابي . لندن ١٩٧١ ، واطلاق واستعمال الطاقة النووية . موريس نميا الاستاذ المحاضر في الكوليج دى فرنس .

جديدا لتجربة فيرمي وهو : ان الاورانيوم عند ابتلاع نُواه قذائف النوترون ينشطر الى عنصرين آخرين ، كل منهما اخف منه . وقد تأيدت هذه الفرضية بتجارب العالمين الالمانيين : اوتوهان وفريدريش شتراسمان ، التي اجرياها عام ١٩٣٨ واستخلصا بنتيجتها ان نواة الاورانيوم عند ابتلاعها نوتروناً فانها في بعض الحالات تنشطر الى نواتي كريبتون وباريوم ، كل منهما اخف من نواة الأورانيوم . وينطلق شيء من الطاقة الكامنة في النواة . ثم تأكدت الفرضية بتجارب الفيزيائية الالمانية ليزا ماينر وشريكها الالماني اوتو فريش . وكان هذان العالمان يعملان في جامعة كوبنهاغن . ولا بد لنا هنا من ان نشير الى الأمرين التاليين :

١ . ان الابحاث النووية هي من الاسرار العسكرية والصناعية التي تحرص الدول حرصا شديدا على عدم افشائها .

٢ . ان في كثير مما يقال حول منجزات هذا الفرع الهام من الفيزياء متأثر بمختلف الدعايات المغرضة التي تبثها الجهات ذات المصلحة ، وعلى الاخص منها تلك التي كانت تعادى المانيا اثناء الحرب العالمية الثانية وفي مقدمة هذه الفئة الصهاينة الذين يحاولون ان يبرزوا علماءهم كرواد وحيدين تقريبا في هذه الساحة . ومثال ذلك العالمان ليزا ماينر واوتو فريتش الأنفا الذكر ، اللذان كانا هاربين من وطنهما المانيا ليعملا في جامعة كوبنهاغن ، فهما قد أعطيا المركز الأول في سلسلة البحوث العلمية التي ادت الى تحرير قوى النواة . ومن البديهي انه في مثل هذه البحوث لا توجد مراكز «شرف» ، لان كل تقدم فيها له اهمية حاسمة في النتيجة .

انّ النوترون ككل الكتل المادية ترتبط سرعته بالطاقة التي تحركه . فنجد مثلا ابطأ حركة له تلك التي سرعتها كتلك الحاصلة بالتهيج الحراري للذرات في الدرجات الاعتيادية للحرارة ، حيث لا تتجاوز طاقته المحركة عندئذ ٠٣ , ٠ او ٠٤ , ٠ اليكترون فولت . وهذه الحالة يمكن ان تحصل بجعل النوترون يصطدم بنوى عناصر اخرى عددا كافيا من المرات . ومثل هذه النوترونات تسمى «حرارية» . وهنالك النوترونات المتحركة بسرعات كبيرة طاقتها المحركة من مرتبة ميغا اليكترون فولت فما فوق . وهذه الجزئيات لا تقسم فقط نوى الأورانيوم ٢٣٥ وانما تحطم ايضاً نوى الأورانيوم ٢٣٨ . ولو ان كل النوترونات المشعة بنتيجة انشطار الاورانيوم (او على لاقل معظمها) لها سرعات طاقاتها المحركة تفوق الميغا اليكترون فولت لاصبح تحرير الطاقة من الأورانيوم ٢٣٨ الموجود بكثرة في الطبيعة امرا في غاية

البساطة ، كتحريرها من الأورانيوم ٢٣٥ النقي النادر الوجود . ولكن طاقة معظم النوترونات المشعة بانشطار النظير ٢٣٥ (الموجود في كتلة الأورانيوم ٢٣٨) هي اصغر بكثير من الميغا اليكترون فولت ، الأمر الذى يمنع هذه النوترونات من ان تسبب انشطار نوى الاورانيوم ٢٣٨ المجاورة . ثم ان البروتونات المشعة ذات الطاقة العالية تفقد طاقتها بالاصطدام بالنوى المجاورة ، فلا تستطيع تحطيم الاورانيوم ٢٣٨ .

ان النوترونات الحرارية ذات الطاقات دون عشر الأليكترون فولت تشطر جيدا نوى النظير ٢٣٥ (تماما مثل النوترونات السريعة) . وتبتلع نوى الاورانيوم ٢٣٨ بنهم كبير اى عدد من النوترونات ذات الطاقة بين ٧ و ١ اليكترون فولت (وهذا ما يسمى مجال امتصاص نوى الاورانيوم للنترونات بالطنين ، بالتناغم) . وبنتيجة هذا الأبتلاع (وهذا هو الهام جدا) ينقلب الأورانيوم ٢٣٨ عبر السلسلة القصيرة التالية من التحولات الى بلوتونيوم : يتحول اولا الى نظير صناعي هو الأورانيوم ٢٣٩ الذى يتفسخ ويتحول نصفه خلال ٢٣ دقيقة الى نبتونيوم ذي الرقم الأتومي ٩٣ والذرى ٢٣٩ ، وهذا بدوره يتحول نصفه الى بلوتونيوم خلال يومين اوثلاثة . وهذا الاخير جسم مشع ومستقر نسبيا : يشع اشعة الفا (هليوم متأين كليا) متحولاً بذلك الى الاورانيوم ٢٣٥ . وطوره يساوى ٢٤ الف سنة تتحول خلالها نصف كميته .

ان الرقم الأتومي للبلوتونيوم هو ٩٤ والذرى ٢٣٩ . وهو ينشطر كالأورانيوم ٢٣٥ بالنوترونات البطيئة والسريعة على السواء . وعلى هذا الاساس يكون لدينا عنصران لتجهيز الوقود النووى ، بالاضافة الى الأورانيوم ٢٣٣ . والذي يميز البلوتونيوم هو اختلافه بالخواص الكيماوية عن زمرة الاورانيوم فيمكن بالتالي فصله عن كتلة الاورانيوم ٢٣٨ المتشكل فيها بالطرق الكيماوية . ثم ان الحصول على النوترونات البطيئة يكون باعتراض اشعاعات النوترونات السريعة الصادرة عن النظير ٢٣٥ (الموجود في الاورانيوم الطبيعي داخل المفاعلات الذرية) بمواد عاكسة ملائمة تصدم هذه النوترونات بنواها عددا من المرات ثم ترتد بعد ان تفقد طاقاتها العالية وتصبح بطيئة نحو نوى الاورانيم ٢٣٨ في المفاعلات المذكورة التي تبتلعها وتتحول في النتيجة الى نوى بلوتونيوم * .

---

* انظر طاقة الاتوم المار ذكره ص ٩٨ - ١٠٢ ف . والموسوعة برتانيكا تحت عنواني الاورانيوم والثوريوم .

احتكار الطاقة النووية : تتصدر اميركا الأحتكار النفطي العالمي وهي في ذات الوقت صاحبة اليد العليا في العالم الرأسمالي في مجالات الطاقة النووية ، لا سيما منها مجال الوقود النووى الذى تحتكره تقريبا في العالم المذكور . والمحتكر في هذا القطاع هي الاحتكارات النفطية . تقول مجلة بيزنس اويل ، لسان حال دوائر الاعمال في الولايات المتحدة وخاصة منها الاحتكار النفطي العالمي ** : «اخذت الاحتكارات النفطية الكبرى تستولي اكثر فاكثر على احتياطات فلزات الاورانيوم غير القليلة ، المادة الخام للطاقة النووية . . » . ونقرأ في التقرير الخارجي للايكونوميست في ١٣/٨/١٩٨٠ العبارة التالية التي تبين سطوة الاحتكارات الاميركية وقوتها ، في مجال الطاقة النووية ، فتتجرأ على تهديد دولة عظمى نووية هي فرنسا بقطع امدادات الوقود النووى عنها : « . . ويقال انّ الاميركان اصدروا تهديدا قويا يتضمن ايقاف شحنات اليورانيوم المخصب بدرجة عالية الى فرنسا من اجل تغذية المفاعلات الذرية هناك ، فيما لو اقدمت هذه الدولة على مخالفة المخطط الاميركي في نشاطها التجارى في هذا المجال (تزويد مفاعلات العراق بالمواد المخصبة بدرجة عالية : من عندنا) . . » . ولا يعني هذا ان الدول العظمى حليفات الولايات المتحدة الاميركية لا تمتلك صناعاتها النووية ، ولكن انتاج كل دولة من هذه الدول في هذا المجال لا يغطي احتياجاتها الداخلية ومتطلباتها في علاقاتها التجارية الخارجية ، فتضطر الى سدحاجاتها المختلفة بالاستيراد من اميركا . يضاف الى هذا قيام العلاقات الاحتكارية الدولية بين هذه الدول وتحكم اميركا بهذه العلاقات ، لا سيما منها تلك التي تخص المجال النووى . .

وتضغط الولايات المتحدة على الدول الاوربية لتكون علاقاتها النووية مع العالم الثالث ، وعلى الاخص منه العالم العربي والعالم الاسلامي ، وفق مشيئتها «فقد ضغطت على فرنسا في عملية اقامة المفاعلات في العراق (وتآمرت مع احتكارييها لتدمير هذه المفاعلات من قبل اسرائيل : من عندنا) ، وضغطت على المانيا الغربية لالغاء عقد مشابه مع البرازيل (الدولة الديكتاتورية السائرة في ركابها : من عندنا) . وهذا الموقف سياسة معلنة لاميركا على اية حال ؛ ومن السهل ان نتصور ان الضغط الاميركي سيكون اقوى

** تقرير دراسات فتح رقم ٧٣ - ايلول ١٩٨٠ ص ٥ .

مائـة مرة اذا ورد احتـمال وصـول الخبرة النووية وتكنولوجيتها الى اي طرف عربي . .»* ثم انـه ليس سرا سعي امـيركا الدائب «للأستيلاء» على الادمغة الفيزيائية ، لا سيما منها تلك المختصة في علم الذرة في كل بلاد العالم ، منذ ما قبل الحرب العالمية الثانية حتى يومنا هذا . وفي نهاية الحرب العالمية الثانية اخذ علماء الذرة الالمان مع انتاجهم الفكرى والمادى ومعداتهم كغنائم حرب ، وهيئت لهم مخططات «لتطبيعهم» واجبارهم على قبول الجنسية الاميركية ، وذلك بالاستفادة من ظروف وطنهم حينذاك وخرابه . **

المـواد المشعـة في القشرة الارضية* : ان معدن الاورانيوم مع الثوريوم (وهو مثله يأتي على رأس سلسلة او عائلة عناصر مشعة ، كل حلقة منها تلد التي تليها ، ومنه يمكن الحصـول على النظـير المشـع الاورانيـوم ٢٣٣ المشـار اليـه فيـما سبق من البحث والهـام في الصنـاعـة النووية) ، نقول ان هذين المعدنين لا يوجدان في الطبيعة الا على شكل مركبات كيماوية مختلفة . ونسبة الاورانيوم في القشرة الارضية كنسبة الرصاص فيها : ٠,٠٠٠٥ من مواد هذه القشـرة ، المؤلفـة اسـاسيـا من صخـور نارية من الغرانيت والبازلت . وفي بعض الغرانيت يوجد نحو ٣٠ غراما من الأورانيوم في كل طن من الصخور . وبصورة عامة يوجد هذا المعـدن هنـا وهنـاك من القشـرة الارضية مبعثرا بكميات صغيرة ، ومختلطا بالعديد من نتـاج تفسخـه بالاشعـاعـات النووية خلال ملايين ومليارات السنين : كالراديوم والبولونيوم والـرصـاص وغـيره ، بالاضـافة الى الشوائب الاخرى الغريبة عن عائلته . وهنالك امكنة شهـيرة بغنـاها بفلزات هذا المعدن؛الكونغو ، وكندا ، واستراليا ، وتشيكوسلوفاكيا . وتقدر كميته في الطبقات الاولى من القشرة الارضية نحو ١٠ ^١٥ طن ، اي مليون مليار طن مضافا الى هذا ما يرقد منه تحت مياه المحيطات ومقداره من مرتبة ١٠ ^١٠ طن ، اي عشرة مليارات طن . ومن مركبـاتـه التي يوجـد بها في الطبيعـة نذكـر : فسفـات الاورانيـوم والكلسيـوم

---

* جريدة المستقبل ١٩ ايار ١٩٧٩ .

** انظـر خبر العـالم الـذرى الالماني ارفين اوبنهايمر في كتابه سجناء العالم الذرى ، مع اخبار علماء آخرين اوربيين سردها هذا العالم في هذا الكتاب الذى سبق ان اشرنا اليه اعلاه .

*** غلادكـوف . طاقـة الاتـوم ، فرانـك برنابي . الانسـان والاتوم ، موريس نميا . الموسوعة بريتانيكا تحت العنوان ذاته .

(الاوتونيت) ، وملح الفاناديوم البوتاسي المهدرج (الكارنوليت ، على اسم الكيمائية الفرنسية ماري ادولف كارنو) . ولكن اهم اكاسيده الموجودة في الطبيعة الاورانيت الفائق الغنى به : اكثر من ٥٠٪ منه اورانيوم طبيعي ، وفي احد انواعه «البشبلند» (او الصمغ المبهر) قد تصل النسبة المذكورة الى ٩٠٪ .

وعرف الاوربيون الثوريوم منذ ثلاثينات القرن الماضي ، وهو يشكل نحو ٠,٠٠٠٨ من القشرة الارضية ، ويستخرج على الاخص من مركبات سلكيات الثوريوم الفوسفوري (رمل المونازيت) . ويوجد منه كميات كبيرة في الهند والبرازيل وسيلان . ونسبة غنى هذه الفلزات تتراوح بين ٥ و٨٪ .

يقول الدكتور المحاضر في الكوليج دي فرنس موريس نميا ، المار ذكره اعلاه : «ان التنقيب عن المواد المشعة قبل الحرب العالمية الثانية كان يحاط بالسرية الكافية ،» اما اليوم فالسرية في هذا الامر اكثر شدة . فمن العبث اذن محاولة تقدير الاحتياطي العالمي لهذه المواد تقديرا صحيحا . .*» . ونضيف نحن الى هذا : ان تقدير قيمة مناجم تلك المعادن المطلوبة في انتاج الطاقة وادوات الدمار الشامل ، وفي طليعتها الاورانيوم ، هو من الاسرار الحربية والصناعية التي يبلغ الحرص على اخفائها اقصى درجاته . الا انه مع ذلك يمكننا في بعض الحالات تكوين فكرة صحيحة ، ولو انها عامة ، عن هذا الموضوع ، وذلك بالاستناد الى الاخبار الموثوقة ، والمعطيات العلمية وغيره . ولنحاول على هذا الاساس تكوين فكرة عن احتياطي الاورانيوم في الوطن العربي . فقد اصبح هذا الاحتياطي ، كما كان وما يزال احتياطي النفط العربي ، في «مرمى نظر» الدول الغربية الصناعية . فقد جاء في مقال نشرته الجريدة الاقتصادية الالمانية «هندلسن بلات» الصادرة في دسلدورف في المانيا الغربية ما يلي حول هذا الموضوع* : «ان ضمان التزود بالأورانيوم الطويل المدى يعتبر من الامور الملحة جدا التي تأتي بالدرجة الاولى لدى دول الغرب الصناعية . والبحث عن احتياطي جديد للطاقة يجري بكثافة كبيرة . ان البلاد العربية - الافريقية استقطبت الانظار في هذا المجال قبل عدة سنوات . . :

---

* تحرير واستعمال الطاقة النووية ص ١٦٣ .

* عن الدستور في ١/ ٨/ ١٩٨٠ .

«ليبيا ، يجري العمل هنا بصورة خاصة في قطاع الحدود من التشاد . . وفي الجزائر فوضت في ايار من العام الماضي مجموعة من الشركات الدولية - كونسورسيوم دولي - بعملية تطوير استخراج اليورانيوم في منطقة حجار في شرقي «تامان راست» عاصمة المنطقة الجنوبية . وتقدر وكالة الطاقة الذرية التابعة لمنظمة التنمية الدولية في باريس ودوائر الطاقة الدولية في فيينا حجم الاحتياطي هناك بمقدار ٥٠٠٠٠ طن من اليورانيوم . الا ان شركة «سوناريم» الجزائرية الحكومية تقدر ان هذا الاحتياطي اكبر بكثير من هذا المقدار . . وسيبدأ استخراج احتياطي اليورانيوم في مطلع الثمانينات . ويتعلق الأمر بالاحتياطي الموجود في الصحراء الغربية التي ستعطي حسب اخبار الصحف المصرية في البداية من ٤٠ الى ٥٠ طنا في السنة لتصل الى ١٠٠ طن من معدن الاورانيوم سنويا . وهنالك تنقيبات في مناطق اخرى من هذا القطر . وتأكد في السودان وجود عناصر مشعة في احتياطي النحاص في منطقة جوفرات في جنوب غرب القطر . ولم تؤد البحوث التجارية من قبل الشركات الاجنبية الى اعطاء احكام مؤكدة عن احتياطي اليورانيوم السوداني . وتوجد دلائل على وجود احتياطي في منطقة رحيبات الموريتانية . . . ووقعت الحكومة هناك عقدا مع مجموعة من شركات دولية من اجل البحث في منطقتين جديدتين تعتبر ان غنيتين باليورانيوم . . . اما المغرب فتمتلك على الاغلب اكبر احتياطي من الفوسفات المحتوى على اليورانيوم في العالم . فحامض الفوسفوريك المستخرج من نوع معين من احجار الفوسفات يحتوي على يورانيوم بتركيز ٠,٠٣٢ - ٠,٠٤٢ . . . » انتهى خبر الصحيفة المذكورة اعلاه .

ان اليورانيوم والثوريوم موجودان في حجر الغرانيت ، المنتشرة كتله الهائلة في مصر والسودان والجزيرة العربية بنسبة : ٠,٠٠١ للثوريوم و٠,٠٠٠٤٪ للاورانيوم . «ولحسن الحظ يرتبط كل من اليورانيوم والثوريوم في الغرانيت الطبيعي بعناصر تشكل اقل من ١٪ من مجموع كتلة الغرانيت : يوجد مثلا في مائة طن من الغرانيت المعادن الثمينة التالية : ٨طن المنيوم ، ٥ طن حديد ، وطن واحد مغنيزيوم . و٩٠ كغ منغنيزا ، و٣٥ كغ كروما ، و٣٠ كغ نيكلا ، و١٥ كغ فاناديوما ، و١٠ كغ نحاسا ، فالثوريوم يوجد بنسبة ٠,٠٠١ في المواد التي يرتبط بها في الكتلة الكلية للغرانيت - اما الاورانيوم فيوجد في تلك المواد بنسبة ٠,٠٠٠٤ وهاتان النسبتان عاليتان ، لذلك سيأتي اليوم الذى سيصبح فيه مجزيا من الناحية الاقتصادية والتقنية استخراج المواد الانشطارية من هذا الحجر مع بعض المواد الاخرى

الثمينة من اجل الصناعة المعدنية الحديثة» * .

ان مجموع احتياطات الطاقة على الكرة الارضية (من البترول والفحم الحجرى وغيره لا يمثل اكثر من ٥٪ من الطاقة المختزنة في الاورانيوم والثوريوم التي نحن في بدايات استخدامها باشكال بدائية تهدر قسما كبيرا منها بالاضافة الى عجزها عن نشر الاستفادة منها في معظم المجالات النافعة .

اغناء المواد الانشطارية ** : لا تحتوى المنتجات المنجمية المستعملة في الصناعة لاستخراج الاورانيوم المعدني (غير المتحد بغيره من الاجسام والخالي من الشوائب) في احسن الحالات اكثر من ١٪ الى ٢٪ من هذا المعدن المطلوب . انه من المفيد اقتصاديا ان تستخدم تلك المنتجات حتى ولو لم يكن فيها الا ١ , ٠٪ اورانيوم . وهنالك معامل خاصة لاغناء تلك المنتجات المنجمية بالمعدن المذكور الذى يجرد بهذا من معظم شوائبه ، فتبلغ نسبته بنتيجة هذه العملية بضع عشرات بالمائة . وبعد هذا تتبع طريقة كيماوية مناسبة للحصول على معدنه الصافي . ويتميز انتاج الاورانيوم بضرورة الحصول عليه نظيفا من الشوائب بشكل مطلق ، اذ تكفي كمية ضئيلة من مادة غريبة كي تجعله غير مفيد في الاستعمالات النووية لانتاج الطاقة اولانتاج المواد اللازمة لصنع القنابل النووية : تبتلع الشوائب الاشعاع النوتروني الذى رأينا اهميته الحاسمة في التفاعلات النووية .

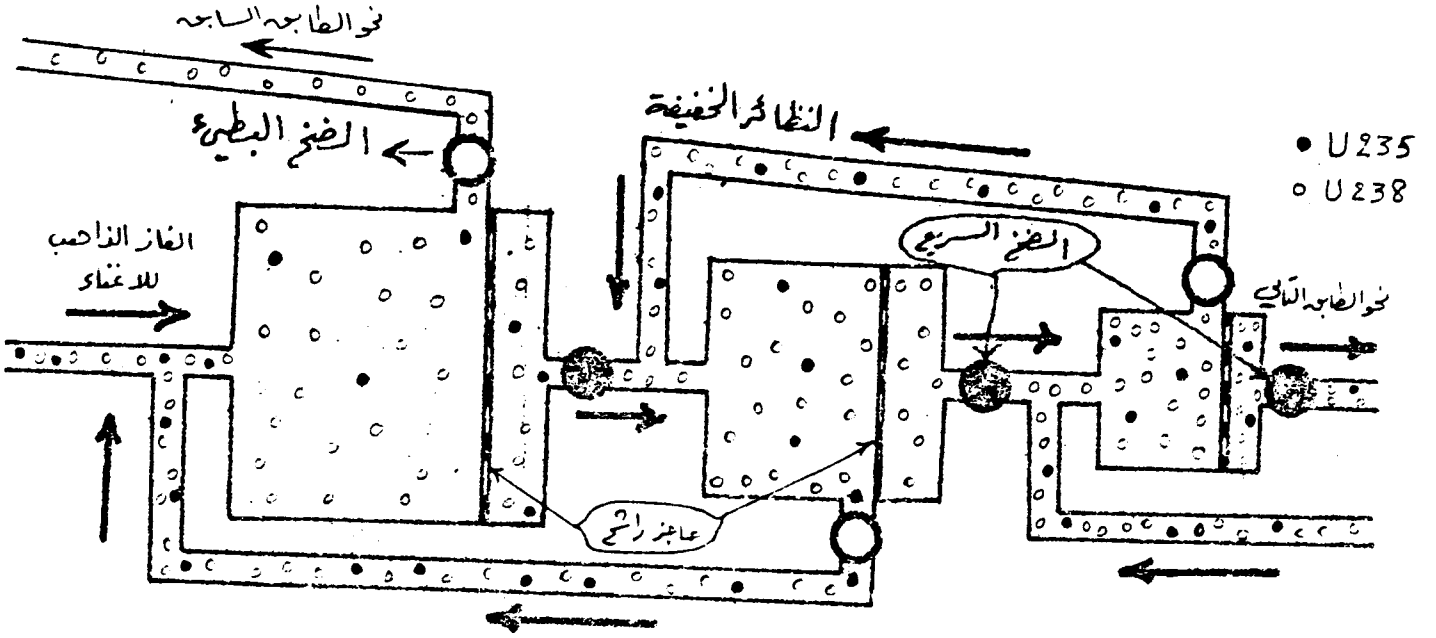
ان الأورانيوم المعدني الصافي خليط من الاورانيوم ٢٣٨ ونظيره الاورانيوم ٢٣٥ والنظير الآخر ٢٣٤ ، وقد مر معنا هذا قبلا . وما يهمنا في الصناعة الذرية هو النظير ٢٣٥ الموجود ، كما رأينا سابقا ، بمقدار ضئيل جدا في اليورانيوم المعدني الذى لا بد من اغنائه الى درجة كافية بنظيره المذكور ليكون صالحا كوقود ذرى في المفاعلات وكمادة اولية لصنع القنابل النووية : درجة الاغناء لصنع القنابل النووية مثلا هي ٩٥٪ اورانيوم ٢٣٥ في الاورانيوم المعدني . ويوجد لهذه الغاية عدد من الطرق نذكر اهمها :

اولا : طريقة الترشيح : تقوم على صنع سادس فلوريد الاورانيوم المعدني ، وهو ملح صلب في الحرارة العادية ، انه سهل التبخر ، فعّال ، وأكّال بشدة ، وشديد

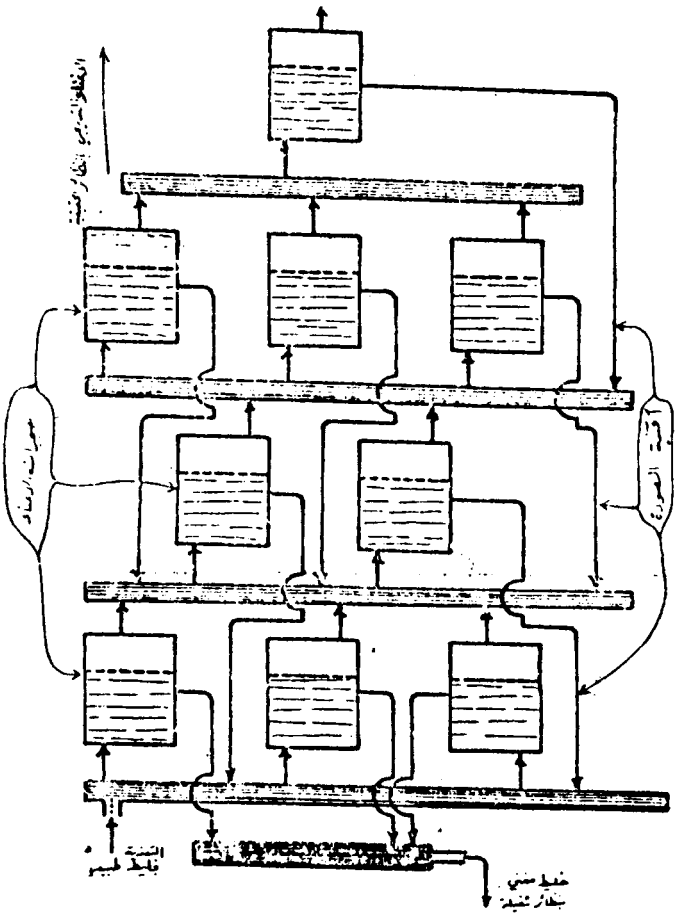
---

* طاقة الاتوم المار ذكره ص ١٥٠ ف .

** غلادكوف ، موريس نميا ، فرانك برنابي ، الموسوعة برتانيكا تحت هذا العنوان .



الشكل ١ : مخطط التدشيح الغازي خلال حواجز راشحة . ويظهر في الشكل المداة طوابعة تدشيح



الشكل ٢ : طريقة الترشيح الغازي سبيتا عندما سلسلة مكونة لستة أعمدة على ثلاث طبقات (متوازية).

السمومية . فيلزم لمعاملته ادوات خاصة مقاومة لفعاليته (مضخات ، انابيب ، مرشحات الخ . .) . ثم ان المنشأة باجمعها يجب ان تكون بعيدة عن الدهون والزيوت . كما يجب ان تجرى عملية الترشيح في ظروف الجفاف المطلق كي لا تسد ثقوب المرشحات بالمساحيق (البودرة) المتشكلة بسهولة عند ظهور اي اثر للرطوبة . وهنالك شروط صناعية اخرى ، بالاضافة الى استعمال اجهزة لا تتأثر بالفلوريد المذكور ، مثل ان تكون الوصلات غير قابلة لتسرب الغاز المترشح فيسبب الاذى للعاملين ، كما يعطل ظروف الترشيح بالاخلال بالضغط داخل الاجهزة . اما ثقوب المرشحات فيجب ان تكون اقطارها من مرتبة واحد بالمائة من الميكرون ، لأن المدى الحر الذى تقطعه الذرة قبل ان تصطدم بغيرها في غاز تحت الضغط الجوى العادى هو عشر الميكرون الخ . . فاذا علمنا ان اتساع حجم الاجهزة يصل الى تغطية مساحة واسعة من الارض ، مع درجة عالية جدا من التعقيد ، ادركنا جيدا الصعوبة العالية والتكاليف الباهظة لهذه العملية .

وتتم عملية الترشيح خلال طبقات عديدة . وللحصول على الأورانيوم ٢٣٥ بدرجة ٩٩٪ يلزمنا نحو اربعة آلاف طبقة . وقد بلغت المنشأة التي اقيمت لتحقيق الاغناء بطريقة «الترشيح الغازي» من الضخامة قدرا لم يشاهد ابدا من قبل في تاريخ الصناعة . فبدأ البناء في «اوك ريدج» (تنسي) ، في منتصف ١٩٤٣ ، وغطى المخطط نحو خمسين فدانا من الابنية المختلفة (لا يحسب فيها الا الطابق الارضي فقط) . وهو يتضمن (المخطط) في اجهزة الانتاج من الحواجز الراشحة ما تصل مساحته الى مئات الفدادين . وتترابط هذه الحواجز بشبكة هائلة من مئات اميال الانابيب ، مع آلاف الصمامات والمفاصل ، مع ما يتبع هذا من لحامات معقدة . وادخلت الاتمتة على المشروع ، الذي بنيت من اجله محطة كهربائية بالغة الضخامة لفرط ما يستهلك الانتاج هنا من كميات ضخمة من الطاقة . ويعمل المشروع حتى الآن في اغناء الاورانيوم . وفي الشكلين (١) و(٢) نعطي مخططين لشكلي عملية اغناء الاورانيوم بطريقة الترشيح الغازى ، مع بعض الشروح عليهما * .

وطريقة الترشيح الغازى ما تزال الطريقة الوحيدة للانتاج الواسع للاورانيوم الغني بالنظير ٢٣٥ . وحتى عام ١٩٧٠ كان في العالم ثمانية مشاريع من هذا النوع : ثلاثة في

---

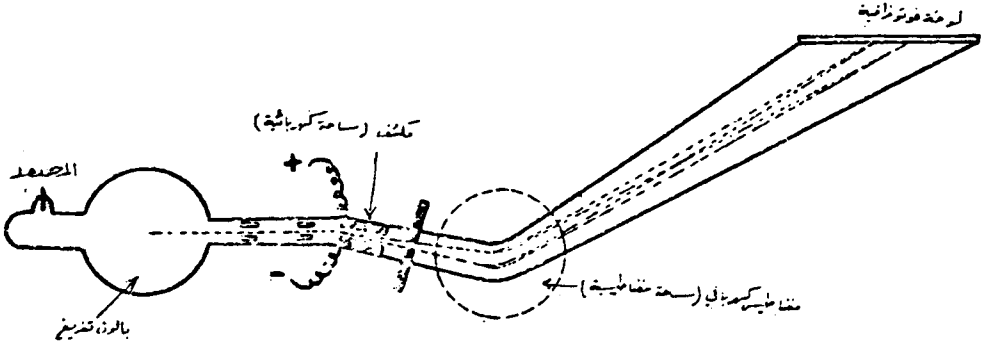
* بحث موريس نميا الآنف الذكر ص ١٧٣ ، ١٧٥ .

الـولايـات المتحـدة ، واثنـان في الاتحـاد السـوفيـاتي ، وواحـد في كل من بريطـانيا وفرنسا والصين . وقد اقيمت جميع هذه المشاريع في اهداف عسكرية ، الا انها تعمل حاليا لانتاج الأورانيـوم الغني من اجـل الحصـول على الطـاقـة في المفـاعلات . ودرجة الأغناء في العادة ليست عالية ، فهي اقل من ٤٪ .

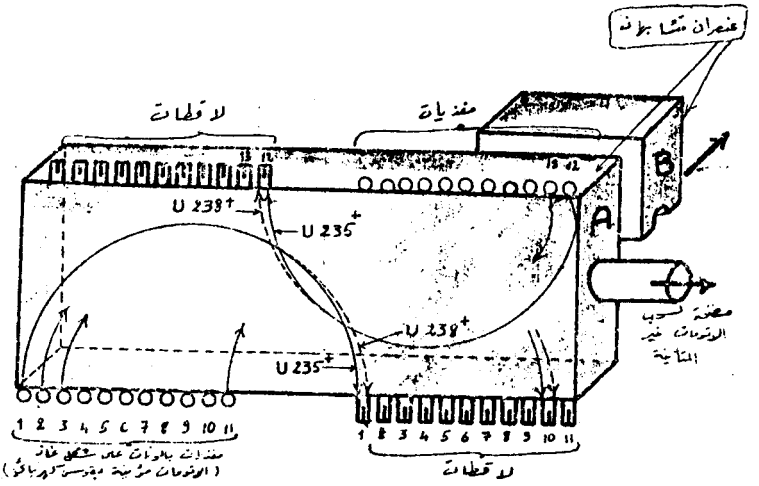
ثانيـا : الطـريقة الكهرطيسية : ومبدأها بسيط يقوم على ظاهرة اتباع الايونات طرقا مختلفـة في السـاحـات الكهـربائية والمغنطيسية (انظر الشكل ٣ ، تجربة جوزيف تومسون في فصل الجسيمات المتأينة) . ولننظر الى الخطوط العامة للعملية :

- يدخـل المـزيج الغازى الذى يراد فصل عنصريه الواحد عن الآخر في حجم صغير حيث يُؤين بتفريغ كهربائي .
- تجتاز الايونات شقين متتاليين ، حيث تسرع حركتها بساحة كهربائية .
- مع اهمال الاثر الحرارى ، تحصل الايونات الآنفة الذكر جميعها على الطاقة الحركية ذاتها بالساحة الكهربائية المذكورة . وتتعين هذه الطاقة بشحنة الايون وبمقدار جهد الساحة المسرعة . ثم ان سرعة الايونات الخفيفة هي اكبر بمقدار ضئيل من سرعة الثقيلة ، وذلك لان الطـاقـة الحـركيـة (المتساوية في كل الايونات الخفيفة والثقيلة) تتناسب مع مربع السرعة والكتلة ، الامر الذى يولد ذلك الفرق الطفيف في سرعتي النوعين المتقاربين في الكتلة .
- ان جداء الكتلة بالسرعة (اندفاع الايون) ، وهو اصغر في الايونات الخفيفة منه في الثقيلة ، يؤثر في الانحراف المغناطيسي للايونات عند مرورها في ساحة مغناطيسية مناسبة .
- عنـد خروج الايـونـات من الشق الثـاني ، الـذى ذكـرناه اعلاه ، تدخل في ساحة مغنـاطيسيـة حيث تتبـع مسـارات على شكـل انصـاف دوائر في مستوى عمودى على اتجاه السـاحـة . وانصـاف اقطار هذه المسارات تتناسب مع اندفاع الايونات السائرة عليها : مع جداء كتلة الايـون بسـرعتـه . فالايونات الخفيفة تكون اذن على انصاف دوائر صغيرة بينما تكون الثقيلة على دوائر اوسع . فتوضع لذلك لاقطات مناسبة لجمع كل من نوعي الايونات على حدة (انظر الشكلين (٤) و(٥) .

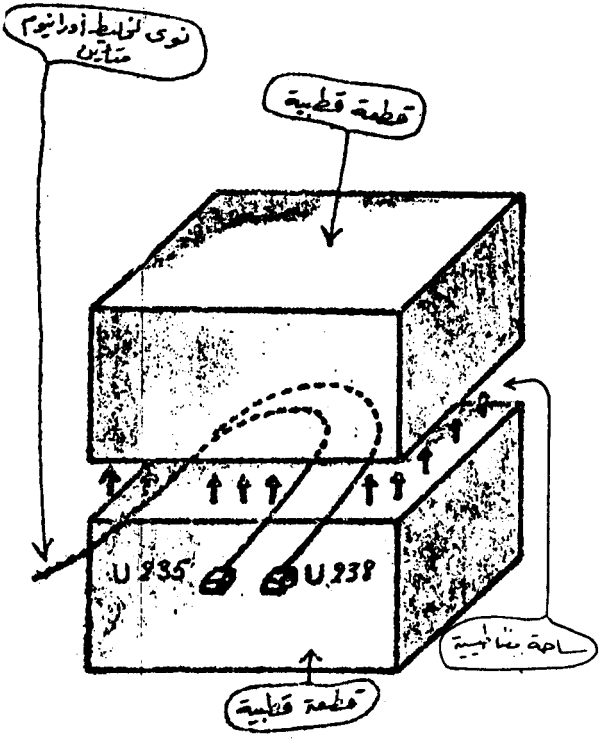
ومشـروع الاغنـاء الكهـرطيسي اقيم في الـولايات المتحدة الاميركية في «اوك ريدج» ايضا . وهو مشروع ضخم يتألف من عدد من الوحدات المستقلة . والمغناطيسات هنا بالغة



الشكل ٣: جهاز توسون لفصل أيونات الغازات بعضها عن بعض.



الشكل ٤ : تستخدم في فصل النظائر بعضها عن بعض.



شكل ٥ : مخطط مبسط لطريقة الإغناء الكهرطيسي.

الضخامة ، كل واحد منها بطول ثلاثين مترا ، ويزن الوف الاطنان من الفولاذ . وفي المشروع منظومة خلخلة قادرة على اخلاء حجوم كبيرة الى درجة خلاء شديد الخلخلة . وبنتيجة الممارسة تبين ان فعالية الطريقة الكهرطيسية تزداد بشكل كبير جدا في حالة زيادة اغناء اورانيوم كان قد اغني من قبل بدلا من اغناء اورانيوم معدني (طبيعي) .

ثالثا : الطريقة الحرارية : انها طريقة اغناء خفيف للاورانيوم ، وهي طريقة بسيطة تقوم على انبوبين قائمين طويلين متمحورين بمحور واحد ينطبق على محور اسطوانة تغلفهما . ويسخن الانبوب الداخلي بتيار ساخن يمر فيه ، بينما يبرد الانبوب الخارجي بتيار ماء يغلفه من الخارج . ويطلق سائل سادس فلوريد الأورانيوم تحت الضغط في الفراغ بين الانبوبين . فالنظير الخفيف يقترب من السطح الساخن للانبوب الداخلي متجها نحو الاعلى (هنا يلاحظ فائدة الطول الكبير للانبوبين المتمحورين المذكورين) ، بينما يقترب الثقيل من السطح البارد ويتجه نحو الاسفل .

ان مجمع الاغناء الحرارى في «اوك ريدج» يتضمن اكثر من الفي عمود ارتفاع كل واحد منها نحو ٥٠ مترا . وقد اقيم بالقرب من المحطة الضخمة للطاقة التي تغذي معمل «الأغناء بالترشيح الغازى» ، وقد مر ذكر هذه المحطة اعلاه .

والخلاصة ، ان مجمع «اوك ريدج» لأغناء الأورانيوم ، وهو من اول واضخم المجمعات في العالم ، ان لم نقل اضخمها ، يقوم على ثلاثة معامل هائلة الضخامة : معمل «الاغناء بالترشيح» ، ومعمل «الاغناء الكهرطيسي» ، ومعمل «الاغناء الحرارى» . ويمكن ان نتصور (وذلك مجرد فرضية تستند الى امور عملية وبديهية في الفيزياء التطبيقية) ان اسلوب اغناء الاورانيوم المعدني (الطبيعي) بالاورانيوم ٢٣٥ يشكل مخططا معقدا يقوم اساسيا على الطرق الثلاث الآنفة الذكر . ويبدأ هذا المخطط مثلا بالطريقة الحرارية ، وهي اضعف طريقة للاغناء . ثم تؤخذ النواتج لزيادة اغنائها بالترشيح ، ثم بعد ذلك بالطريقة الكهرطيسية . وتعاد العملية بعد ذلك اعتبارا من الترشيح ، اومن الطريقة الحرارية ، اومن آخرها التي هي الطريقة الكهرطيسية ، عددا من المرات في كل مرة تستعمل مجاميع جديدة للاغناء بالطرق الثلاث غير التي سبقتها ، التي تكون مشغولة بالعمل حينئذ وتشكل درجة سابقة في العملية العامة المتسلسلة المترابطة الخ . . ويمكن ان يكون لكل درجة اغناء مخطط عملية مناسب . ومن الطبيعي ان تشكل مثل هذه

العمليات ، بكل ابعادها ومراحلها ووسائلها جحوما هائلة الاتساع من العمل لاعطاء مردود كاف للمتطلبات العسكرية والمدنية بسرعة مقبولة .

وقد مر معنا فيما مضى من البحث مبدأ الحصول في المفاعلات النووية على المادة الانشطارية الاخرى ، البلوتونيوم ، المستعملة ايضا في انتاج المفاعلات الذرية ، وصنع القنابل الذرية . كما ذكرنا كذلك امكان استخدام الاورانيوم ٢٣٣ (الحاصل ابتداء من الثوريوم) لذات الاغراض الآنفة الذكر .