

الاستخدامات السلمية للطاقة النووية

البحث الفائز بالمركز الأول بمسابقة أكاديمية البحث العلمي
والتكنولوجيا عام ٢٠٠٧

إعداد

محمد محروس درويش عريف

رشيد - بحيرة

جمهورية مصر العربية

ي

رجع الفضل لبعض فلاسفة الإغريق القدماء لكونهم أول من قدم مفهوم الذرات في نظرية المادة، ويجب أن نستدرك أن ذرات القدماء ليست بالتأكيد نفس الأشياء التي نتحدث عنها في وقتنا هذا كذرات، فيجب أن نفهم بدقة حقيقة ما قصده الفلاسفة الإغريق بمعنى هذا اللفظ، ولكن المسألة الرئيسية التي كانت تعنيهم ما إذا كانت المادة تنفقت نهائياً أم لا، فكل ما نفعله أن نأخذ قطعة كبيرة من مادة ثم نعيد تقسيمها مرة بعد أخرى أصغر فأصغر وبالضرورة يصل هذا التقسيم إلى نهاية، لنجد شيئاً لا يمكن أن ينقسم، وتلك هي الذرة، ونعني الذرة في حقيقتها كلفظ يعني «غير قابل للانقسام»، وقد اعتقد الذريون الإغريق بأن المواد مبنية بالفعل من ذرات، وفي أغلب الظن قد شعروا بأن الملامح المتباينة للمادة يمكن أن تشرح بشكل ما بدلالة تشكيلات مختلفة للذرات وحركتها، ونحن اليوم نعتقد بشئ مماثل ولكنه مشوب بالغموض، لكن يوجد بالتأكيد فرق شاسع بين نظريتنا العددية والكمية وبين التخمينات الغامضة للقدماء.

البداية:

بحلول عام ١٨٠٣ ظهرت نظرية عن الذرات تدعمها التجارب على يد الكيميائي الإنجليزي جون دالتون، وكانت هذه النظرية أول ظهور حقيقي للذرات، لقد تمت معرفة كيفية ترتيب الإلكترونات والشحنات الموجبة والكتل داخل الذرات لأول مرة عام ١٩١٦ على يد الفيزيائي النيوزيلاندي أرنست رذرفورد Ernest Rutherford عندما سلط أشعة α منبعثة من الراديوم على شريحة رقيقة من الذهب، ووضح من هذه التجربة تناقض تام مع نموذج طومسون الذري، ومن أجل تفسير تلك النتائج والملاحظات افترض رذرفورد ما يسمى بالذرة النووية Nuclear atom أو النموذج النووي للذرة، وطبقاً لهذا النموذج فإن الذرة لا بد وأن تحوى قلباً ضئيلاً ثقيلًا جداً ويحوى معظم كتلة الذرة ويحمل الشحنة الموجبة، وتدور الإلكترونات على مسافات شاسعة حول النواة، في عام ١٩١٩ كانت أول مشاهد تحول طبيعة الأنوية المستقرة حينما قام الفيزيائي رذرفورد بقذف النيتروجين بمجسيمات α المنبعثة من مصدر مشع لتنتج نواة الأكسجين وبروتون.

ويعتبر بداية ظهور الطاقة النووية عام ١٩٣٢ باكتشاف الفيزيائي الإنجليزي شادويك Chadwick النيوترون، كانت أول خطوة هي التي قام بها الفيزيائي الإيطالي انريكو فيرمي Enrico Fermi حينما سلط النيوترونات على العناصر المختلفة، ولكن كانت نتائج الاستطارة scattering مع اليورانيوم محيرة للغاية، ولكن من استطاع فك هذا اللغز كان كلا من الكيميائي الألماني أوتوهان Otto Hahn والفيزيائية النمساوية ليزا ميتا حينما اكتشفا وجود الباريوم والكريبتون في النواتج فبين لهما أن اليورانيوم انشطر إلى باريوم و كريبتون مصحوباً بطاقة هائلة، وبعد هذه التجربة ثبت بما لا يدع مجالاً للشك مصداقية نظرية النسبية وخاصة معادلة الطاقة الشهيرة، وربما كان هذا هو السبب وراء تحمس أينشتين الشديد لصنع أول قنبلة نووية.

في ٢ أغسطس عام ١٩٣٩ وقع ألبرت أينشتين ومعه ثلاثة من العلماء الألمان هم ليوبيلارد و أوجين واجنر و ادوارد تيلر، خطاباً موجهاً للرئيس الأمريكي فرانكلين روزفلت يحظره فيه بضرورة تصنيع السلاح النووي لحسم المواجهة مع ألمانيا، وبعد اندلاع الحرب العالمية الثانية في أول سبتمبر من نفس العام، تسلم الرئيس الأمريكي في ١١ أكتوبر رسالة أينشتين، فأمر بتشكيل لجنة استشارية لليورانيوم، فوافقت اللجنة على ضرورة تصنيع السلاح النووي، ويخطى سريعة وسرية تامة سارت البحوث تحت اسم مشروع التعدين أو ما سمي بمشروع مانهاتن Manhattan Project.

٢ ديسمبر عام ١٩٤٢ كان هذا تاريخ ميلاد الطاقة النووية من اليورانيوم حينما تم إجراء أول تجربة نووية متحكم فيها، وفي ١٦ يوليو ١٩٤٥ بصحراء نيومكسيكو تم تفجير أول قنبلة نووية بنجاح، وكللت هذه الأبحاث بكارثة مروعة في يومي ٦ و ٩ أغسطس من نفس العام بإلقاء القنبلتان الباقيتان على مدينتي هيروشيما ونجازاكي لتحصداً أرواح أكثر من ٢٥٠ ألف ياباني.

بعد إلقاء هاتين القنبلتين أدرك العالم مدى بشاعة استخدام هذه الطاقة عسكرياً، ليس هذا فقط، بل قاد عدد كبير من علماء العالم حملة واسعة ضد استخدام هذا السلاح البشع ومن المدهش حقاً أن من كان على رأس هذه الحملة كان أينشتاين نفسه الذي كان السبب الرئيسي وراء تصنيع هذا السلاح، وفي عام ١٩٥٣ تقدم الرئيس الأمريكي دوايت أيزنهاور للجمعية العامة للأمم المتحدة ببرنامج الذرة من أجل السلام، واقترح إنشاء الوكالة الدولية للطاقة الذرية لتحقيق هذا الهدف لتنسيق التعاون بين الدول التي تمتلك تلك التقنية النووية وباقي دول العالم.

ثم توالى انتشار استخدام الطاقة النووية في جميع المجالات وتشابكت معها كشابك الخيوط وساهمت بشكل ملحوظ في تقدم العلوم المختلفة، لكننا نستطيع أن نجمل هذه التطبيقات في ثلاثة محاور رئيسية:



١- تطبيقات مبنية على إنتاج واستخدام النظائر المشعة.

٢- تطبيقات مبنية على الانشطار النووي.

٣- بحوث ودراسات الاندماج النووي.

أولاً: تطبيقات مبنية على إنتاج واستخدام النظائر المشعة

كان لاكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي الاصطناعي عام ١٩٣٤ على يد الفيزيائي الفرنسي فريدريك جوليو وزوجته إيرين كوري مفعول السحر في نمو وازدهار تطبيقات النظائر المشعة حيث كانت تنتج في بادئ الأمر عن طريق معجلات السيكلوترون Cyclotron الذي اخترعه الفيزيائي الأمريكي أرنست لورانس Ernest Lawrence عام ١٩٣١، وكانت حينها باهظة الثمن وتنتج بكميات ضئيلة، مما أهلها للحصول على جائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٣٥، وكان نتيجة لذلك أن وصل عدد النظائر المشعة حتى عام ١٩٨٨ إلى ١٣٠٠ نظير، ويتم استخدام النظير في تطبيق معين طبقاً لخواص معينة لهذا النظير تتلاءم مع استخدامه ويعتبر الكوبلت - ٦٠ و الكربون - ١٤ و الكاليفورنيوم - ٢٥٢ من أهم النظائر المشعة وأكثرها استخداماً، ومن التطبيقات التي تقوم على النظائر المشعة:

١- في الزراعة:

- (التخلص من الحشرات الضارة):

لقد كان لاستخدام المبيدات الحشرية بشكل عشوائي للقضاء على الحشرات الضارة مثل ذبابة الفاكهة و ذبابة البطيخ و دودة القطن أضراراً جسيمة أثرت على جودة التربة، وأدت إلى تلوث الماء والهواء والتربة مما يؤثر بشكل مباشر على صحة الإنسان والحيوان والنبات أيضاً، كما أدت إلى القضاء على بعض أنواع الحشرات النافعة مثل دودة القز ونحل العسل وموت بعض الحيوانات والطيور النافعة بسبب التسمم الذي أصابها، مما دفع العلماء إلى التفكير في حلول بديلة نظيفة بيئياً، كانت إحدى هذه الحلول الجيدة هي استخدام الحشرات العقيمة، ويتم الحصول على هذه الحشرات من خلال تعريض ذكورها في طور الشرنقة المتأخر لجرعات محددة من

الإشعاع كافية لجعلها عقيمة، ويكون هذا الإشعاع عبارة عن أشعة جاما الصادرة من الكوبلت - ٦٠ أو السيزيوم - ١٣٧، ثم يتم إطلاقها بإعداد هائلة في المناطق المنكوبة ل يتم زواجها مع الإناث لتضع بيضاً غير مخصب لتقل عملية الإنجاب تدريجياً حتى تنعدم، ويعتمد هذا البرنامج على دراسات خاصة بحياة الحشرة الضارة بالنظائر المشعة أيضاً لمعرفة أسلوب حياتها، وقد نجحت هذه الطريقة في القضاء على ذبابة فاكهة البحر الأبيض المتوسط وذبابة البطيخ باليابان، وكذلك حشرات المخازن التي تسبب خسارة كبيرة في الحاصل الزراعي أثناء نقلها وتخزينها، وساعدت هذه التقنية على توفير ملايين الدولارات.

- سرعة نمو النباتات:

بينت الدراسات أن تعريض بذور النباتات لجرعات محددة من الإشعاع يؤدي إلى سرعة نمو النبات، وسرعة التزهير والنضج، ليس هذا فقط بل تم إنتاج نباتات تتميز بكثرة الإنتاج، وزيادة حجم الثمار.

- ترشيد استخدام الأسمدة:

أصبح استخدام الأسمدة في الآونة الأخيرة من أهم متطلبات الزراعة لزيادة خصوبة التربة و لتحقيق الكثافة النباتية العالية للرقعة الزراعية لسد احتياجات الإنسان في ظل الزيادة السكانية المستمرة، ولما كان استخدام تلك الأسمدة مكلف جداً أصبح من الضروري ترشيد استخدامها بحيث لا تتعدى الكمية التي يحتاجها النبات فقط، وقد تحقق هذا المطلب باستخدام الفسفور - ٣٢ المشع الذي استطاع العلماء من خلاله تقدير كمية السماد التي يحتاجها النبات وكمية السماد المفقودة، يقوم هذا النظر بإطلاق جسيمات بيتا بطاقة مقدارها ١,٧ MeV، فعند امتصاص النبات لسماد يحتوي على هذا النظير المشع يمكن معه حساب كمية السماد الممتصة بقياس كمية الإشعاع الصادر من النبات في أوقات ومواقع مختلفة، الأمر الذي تم معه توفير ملايين الدولارات التي كانت مهددة.

- وراثة الطرق الغزائية للنبات:

كان تتبع مسار الأملاح المعدنية في النبات قديماً من الأشياء المستحيلة عملياً، لكن بعد توافر النظائر المشعة أمكن ذلك باستخدام الكربون - ١٤ المشع وذلك لمعرفة مدى استفادة النبات من هذه الأملاح، وانتقال و تكوين المواد العضوية فيه، وذلك باستخدام أملاح مركبة من جزيئات الكربون المشعة يمتصها النبات، ومن خلال ذلك أتضح أن النبات لا يتغذى على الأملاح من جذوره فقط بل من الساق والأوراق والأزهار وحتى من الثمار أيضاً، أدى ذلك إلى ابتكار الأسمدة السائلة التي ترش على النبات، والتي تمتصها النباتات بشكل أفضل من الأسمدة العادية.

- إنتاج سلالات نباتية جديدة محسنة وراثياً:

إن الهدر المستمر في الحاصل الزراعي نتيجة إصابتها بالآفات كانت دائماً مشكلة تؤرق الحكومات بشكل عام والمزارعين بشكل خاص، ووضعت الخطط والبرامج من أجل تقليل هذا الهدر ولكن كانت دائماً النتائج قليلة الجدوى، ولكن استطاع العلماء مع النظائر المشعة إنتاج سلالات نباتية جديدة مقاومة للأمراض وتمتاز بالإنتاجية العالية فيما يسمى بعملية التطفير Mutation وذلك بإحداث تغيرات وراثية في جينات النباتات نتيجة تعريضها لأشعة جاما أو النيوترونات، ومن بعض النتائج المبشرة الحصول على نوع جديد من الأرز مقاوم للأمراض في الجر وفرنسا، وزراعة قمح يتميز بكثافة سنبله في ألمانيا وتشيكوسلوفاكيا، وفي الولايات المتحدة الأمريكية تم إنتاج ثمار بلا بذور، وبنجر عالي السكر بعد تعريضه للإشعاع النووي.

- إِبَاوَة الآفَات والحشائش:

تعد الآفات الزراعية أشد الأضرار التي تلحق بالمحاصيل الزراعية، لذا ترصد الحكومات وهيئات البحث العلمي برامج وميزانيات هائلة للتخلص من هذه الآفات، وكثيراً ما تنتهي المعركة لصالح تلك الآفات، لكن كانت هذه الأبحاث التي تتعامل مع الآفات بطرق إشعاعية هي الرائدة في هذا المجال، فلقد تمت تنقية بذور النباتات من الحشرات والآفات بعد تعريضها لجرعات إشعاعية من أشعة جاما الصادرة عن الكوبلت - ٦٠ أو النيوترونات أو أشعة بيتا الصادرة عن فسفور - ٣٢ أو سيزيوم - ١٣٥.

٢- في الصناعة:

- (التصوير الإشعاعي):

من الخواص المميزة للإشعاع النووي قدرته الفائقة على اختراق الأجسام المختلفة، ويتوقف مدى اختراقه لجسم معين على معامل امتصاص هذه المادة لهذا الإشعاع، لذا فإن لكل مادة بصمة معينة لا اختراقها بالأشعة، فمثلاً إذا كان لدينا جسم معين غير شفاف تستطيع الأشعة النووية بكل سهولة تصوير ما بداخل هذا الجسم إذا احتوى على مواد أخرى أو فراغات داخله، ومن طرق التصوير الإشعاعي التصوير بأشعة جاما حيث تستطيع الكشف عن عيوب عملية اللحام في خطوط الأنابيب وعيوب تصنيع المسبوكات وخاصة المستخدمة في صناعة الصواريخ وفي الطائرات والغواصات وسفن الفضاء، وتعتمد هذه الطريقة على تسليط أشعة جاما على العينة المفحوصة وتستقبل الأشعة بعد اختراقها للعينة على فيلم، وحيث أن امتصاص أشعة جاما يزداد بزيادة كثافة العينة المفحوصة فإننا نستطيع وبسهولة الكشف عن أي فراغات أو رواسب في العينة المفحوصة حيث تظهر هذه العيوب والفراغات على الفيلم كمواضع داكنة داخل العينة ويشبه الفيلم هنا الصور المأخوذة بأشعة اكس، وهناك طريقة أخرى تعتمد على امتصاص النيوترونات الصادرة عن الكاليفورنيوم - ٢٥٢، وعلى العكس فإن النيوترونات يزداد امتصاصها بانخفاض كثافة المواد المخترقة لها مثل المركبات العضوية والعناصر الخفيفة و البلاستيك والماء لذا فإن طريقة التصوير بالنيوترونات تهدف إلى كشف المواد الخفيفة داخل العناصر الثقيلة وفي فحص الدوائر الإلكترونية المطبوعة.

- (المعالجة الإشعاعية للمطاط):

تسمى المعالجة الإشعاعية للمطاط الطبيعي بالفلكنة الإشعاعية للمطاط والتي تكسب المنتج مرونة وشفافية عالية بالإضافة إلى خلوه من مادة النيتروزامين المسرطنة وأكاسيد الكبريت و الزنك و انخفاض نسبة السمية فيه، وتعتبر هذه الخواص هامة جداً للاستخدامات الطبية، وعملية الفلكنة الإشعاعية بديل عن عملية الفلكنة التقليدية بالكبريت والتي ينتج عنها بقايا لمادة داي ثاي أكرياميت شديدة السمية والتي لها تأثيرات مسرطنة.

- (تزيف الجواهرات):

من اللامسات السحرية للإشعاع النووي قدرته الفائقة على تزيف الجواهرات والأحجار الكريمة الصناعية بحيث لا يمكن معها التفريق بينها وبين الأحجار الكريمة الطبيعية، وفي هذه التقنية يتم تعريض هذه الأحجار إلى جرعات محددة من الإشعاع النووي الصادر عن النظائر المشعة أو المفاعلات النووية حيث تظهر بألوان طبيعية براق لا تتأثر بالعوامل الطبيعية على مدى طويل من السنين، وما

يحدث في هذه العملية هو اختصار لزمن تعرض هذه الأحجار للإشعاع الطبيعي، فمثلاً يمكن تحويل الياقوت الأصفر إلى أزرق أكثر جمالاً بقذفه بالنيوترونات أو بأشعة جاما الصادرة عن الكوبلت - ٦٠.

- إزالة الكبريت من الغاز الطبيعي و الفهم:

يحتوى الغاز الطبيعي على كميات كبيرة من سلفات الكبريت التي يجب إزالتها قبل نقل الغاز لمنع تآكل خطوط الأنابيب، ويتم ذلك باستخدام طرق تقليدية، حالياً توجد دراسات لتطبيق الإشعاع في تنقية الغاز الطبيعي من الكبريت، إلا أن هذه الدراسات أوضحت أنه ليس من الملائم اقتصادياً استخدام هذه التقنية عندما تكون نسبة الكبريت عالية في الغاز، إلا أنه يمكن استخدامها في التنقية النهائية في الدولة المستقبلة للغاز، وبالنسبة للفحم فإن الأمر يختلف حيث أثبتت هذه الطريقة فاعلية وجدوى اقتصادية عالية، فبعد التشعيع الجامي بالكوبلت - ٦٠ أمكن تخفيض الكبريت بنسبة ٨٠% لفحم يحتوى على نسبة ٢-٣ % كبريت.

- معالجة الأخشاب البلاستيكية:

أمكن تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للأخشاب المعالجة بالبلاستيك، حيث أصبح أكثر مقاومة للخدش والحرق وتتضمن عملية المعالجة تغطية سطح الخشب بطبقة رقيقة من البلاستيك ثم تعريض السطح لأشعة جاما فيتغير التركيب الجزيئي للبلاستيك معطياً خواصاً أفضل رغم عدم تغير مظهره الخشبي.

- تحسين خصائص المواد البلاستيكية:

أن المواد الأساسية للبلاستيك مثل البولي إيثيلين هي عبارة عن مواد متبلرة تتكون من عدد من السلاسل المتوازية، وعند تعريض البولي إيثيلين لأشعة جاما تتصل هذه السلاسل مع بعضها البعض فتصبح المادة الناتجة بعد التشعيع أكثر عزلاً للحرارة وأكثر مقاومة للتيار الكهربائي مما يجعلها أكثر ملائمة للاستخدام في عزل الأسلاك الكهربائية.

- القياس والمعايرة:

يمكن استخدام النظائر المشعة في كثير من القياسات في خطوط الإنتاج، فعلى سبيل المثال يمكن قياس سمك الورق أو رقائق البلاستيك أثناء عملية الإنتاج بتعريضها لأشعة بيتا، وتستقبل الأشعة على كاشف، فإذا تغير سمك الورقة يتغير تبعاً لذلك شدة إشعاع بيتا الساقطة على الكاشف، وبالتالي يمكن التحكم آلياً في تعديل الخلل، كما يمكن استخدام الإشعاع في مراقبة خطوط التعبئة للمشروبات وخاصة إذا كانت العبوات غير شفافة بحيث تتم مراقبة مستوى التعبئة المطلوب في العبوة، كما يمكن قياس طبقة الطلاء أو الجلفنة أو المستحلب في كساء القطع المعدنية أو اللدائن، أو تعيين نسب مكونات السبائك وقياس مدى تآكل التروس وآلات القطع والسيور وغيرها.

- صناعة السيارات:

يمكن استخدام النظائر المشعة لمعرفة مدى تآكل جدران اسطوانات محرك السيارة وذلك بإضافة كمية بسيطة من النظير المشع إلى سبيكة الحديد المصنوع منها المحرك وبعد فترة من التشغيل يتم قياس نسبة الإشعاع في زيت المحرك التي تدل على مدى تآكل الأسطوانة مهما كانت بسيطة.

- في الصناعات البترولية:

تستخدم النظائر المشعة في قياس سرعة تدفق البترول في خطوط الأنابيب وذلك بحقن النظير في إحدى الأنابيب ثم تتبع مرور النظير داخل الأنبوب، كما يمكن أيضاً تعيين مستوى سطح نواتج تكرير البترول داخل الخزانات المغلقة وتمييز الفواصل بين المنتجات البترولية داخل الأنابيب وتحديد أماكن التلف في أنابيب البترول.

- البطاريات النووية:

تتميز البطاريات النووية بعمرها الطويل وحسن أدائها لمدة تصل إلى ٨٠ عاماً، ويرجع هذا إلى طول فترة عمر النصف للنظير المشع، وترجع تقنية عمل هذه البطاريات على المزدوجات الحرارية، فلدى سقوط أشعة بيتا الصادرة عن البلوتونيوم بطاقة ٥,٥ MeV على إحدى هذه المزدوجات فإنها تولد تياراً كهربياً صغيراً، ولقد صنعت بطاريات متماثلة ويستخدم فيها عنصر الاسترانسيوم - ٩٠ الذي يصدر إلكترونات وتسمى بطارية كولمان، ليس هذا فقط بل هناك أيضاً بطاريات السيزيوم - ١٢٧، البولونيوم - ٢١٠، السيزيوم - ١٤٤، البلوتونيوم - ٢٣٨، والكوريوم - ٢٤٤، وتمتاز هذه البطاريات بعدم تأثرها بالمجال المغناطيسي ولا درجات الحرارة ولا الضغط مما يؤهلها للعمل الشاق في الفضاء وقيعان الخيطات وتحت جليد القطبين، ولقد انحصر استخدام هذا النوع من البطاريات في التطبيقات التي لا يمكن فيها استبدال البطاريات الجافة مثل مركبات الفضاء والأقمار الصناعية وتنظيم ضربات القلب نظراً لتكلفتها العالية، ومن الجدير بالذكر أن هذا النوع من مصادر الطاقة تم استخدامه في رحلات أبوللو وفي رحلات المشتري وأورانوس بلغت طاقة النظير المشع المستخدمة ٤٧٥ واط.

٣- في مجال الإنتاج الحيواني:

- القضاء على الدودة الحلزونية:

ظهرت هذه الحشرة في الولايات المتحدة الأمريكية وعدة دول أخرى وكان التخلص منها يعد إنجاز هام لاستخدام التكنولوجيا النووية، تضع أنثى هذه الحشرة بيضها داخل الجروح المفتوحة للحيوانات وفي سرية بطن الحيوانات حديثة الولادة قبل أن يلتئم موضع الجرح السري مثل الجمال والأبقار والأغنام، وتسبب هذه اليرقات التهابات وتقيحات مستمرة في هذه الجروح مما يتسبب في نفوق هذه الحيوانات مما يؤدي إلى خسارة تقدر بحوالي ٣٨٠ مليون دولار سنوياً، وقد تم القضاء على هذه الحشرة باستخدام طريقة الحشرة العقيمة عن طريق تشجيع ذكور هذه الحشرة بأشعة جاما الصادرة من الكوبلت - ٦٠ بجرعة مقدارها ٢٥٠٠ رونتجن، ولقد قامت الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٥٨ بإطلاق ٥٠ مليون حشرة عقيمة أسبوعياً، حتى بلغ إجمالي ما تم إطلاقه حوالي ٢ مليار حشرة، ليتم القضاء عليها نهائياً عام ١٩٦٠.

٤- في حفظ الأغذية:

تتعرض المحاصيل الزراعية و المنتجات الغذائية إلى التلف أثناء تخزينها بسبب احتوائها على ميكروبات وفطريات وخاصة إذا طالت مدة تخزينها أو كانت مخزنة في المناطق الحارة أو عالية الرطوبة، وعلى مدى ٢٥ عاماً قامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية بدراسة إمكانية معالجة المنتجات الغذائية إشعاعياً للقضاء على هذه الميكروبات الضارة وزيادة مدة تخزينها دون تعرضها للتلف أو الإضرار بصحة الإنسان والحيوان، وأتضح من هذه الدراسات إمكانية معالجة هذه المنتجات باستخدام أشعة جاما الصادرة عن الكوبلت - ٦٠، وتعتبر هذه التقنية رخيصة وسهلة الاستخدام، ويشجع استخدام هذه الطريقة في حفظ الحبوب والفاكهة والبطاطس والبصل والخضر واللحوم والأسماك في أكثر من ٤٠ دولة، وتمتاز هذه الطريقة بطول فترة التخزين، ولم ترصد الدراسات أي مخلفات إشعاعية في المواد

الغذائية، إلا أنه يحدث تغير في طعم بعض المواد مثل اللحوم والفواكه والخضار، ويرجع ذلك إلى تغير التركيب الكيميائي للمادة الغذائية والذي قد يكون له آثار صحية ضارة، ويمكن تقليل هذا التأثير بإجراء التشعيع تحت درجة حرارة منخفضة، كما أثبتت الدراسات عدم وجود أي من المشكلات الميكروبيولوجية المرتبطة بتشعيع الأغذية، أيضاً عدم تكون طفورات للكائنات الدقيقة نتيجة التعرض للإشعاع، كما تستخدم هذه الأغذية بنجاح في تغذية مرضى نقص المناعة، قدرتها العالية على التخلص من الكائنات الدقيقة الممرضة في الأغذية، ورغم كل هذه المميزات إلا أن قبول فكرة التشعيع لدى جميع المستهلكين لا تزال غير مستحبة ويرجع هذا إلى عدم وضوح الرؤية للفرق بين التلوث الإشعاعي الضار للأغذية وبين المعالجة الإشعاعية للأغذية، وغياب الوعي بالنسبة لأمان التشعيع الغذائي وقد أكد مؤتمر تشعيع الأغذية في مارس ١٩٦٦ على القيام بحملات توعية جماهيرية ووضع برامج تدريبية خاصة عن تشعيع الأغذية في مراحل تعليمية مختلفة.

٥ - في الطب:

تلعب الإشعاعات النووية دوراً كبيراً في الطب، وتستخدم في التشخيص وفي العلاج أيضاً، وتوجد في المستشفيات قسم خاص بالطب النووي يستخدم لعلاج الأمراض السرطانية وكثيراً ما يطلب الطبيب من المريض إجراء تصوير PET (الصورة توضح جهاز



أشعة PET) لتشخيص الحالة المرضية للمريض، هذا القسم بالكامل يعتمد على المواد المشعة والتي تسمى بالطب النووي nuclear medicine ويستخدم فيه المواد المشعة لتصوير الأعضاء الداخلية لجسم الإنسان وأنواع أخرى تستخدم للعلاج.

يعود الفضل في نشأة الطب النووي إلى الفيزيائي ارنست لورانس باختراعه للسيكلوترون عام ١٩٢٨ والذي استخدمه لتوليد النظائر المشعة الذي استخدمها أخاه جون لورانس في علاج الأورام

السرطانية والقضاء عليها ومن الجدير بالذكر أن والدته أصيبت بالسرطان عام ١٩٣٧ وقد قرر لها الأطباء أن تموت خلال أيام ولكن قرر جون وأخيه ارنست أخذ والدتهم إلى إحدى المصحات التي سمحت لهم علاجها بالإشعاع وبالفعل كتب لوالدتهم أن تعيش ١٥ عاماً، هذا ويعتمد العلاج بالنظائر المشعة على تأثير الخلايا بالإشعاع المؤين مثل أشعة جاما وبيتا وألفا، وحيث أن الخلايا الحية تنقسم بمعدلات مختلفة فإن الخلايا التي تنقسم بمعدلات عالية تتأثر أكثر بالأشعة من الخلايا التي تنقسم بمعدلات طبيعية، وبالتالي فإن الخلايا التي تنقسم بصورة سريعة لا تملك الوقت الكافي لإصلاح الضرر في DNA وبالتالي فإنها تموت فوراً، وهو ما ينطبق على الخلايا السرطانية، حيث يتم العلاج بتثبيت المواد المشعة في صورة أسلاك رفيعة بجوار المناطق المصابة، ولكن في المناطق العميقة يتم تسليط الإشعاع عليها بتركيزات عالية، وبالنسبة لسرطان المخ فإن الأطباء لا تستعمل نظير مشع سبق وجوده أصلاً بل يستحدثون النظير في الورم نفسه، وذلك بحقن المريض بمحلول البورون ثم يمدد المريض على سطح المفاعل الذري ويوضع رأسه فوق ثقب ضيق في درع المفاعل ثم يتم تسليط النيوترونات على الورم فيمتصه البورون في الورم أسرع من الخلايا السليمة فيؤدي إلى شطر ذراته وإطلاق أشعة جاما التي تدمر الخلايا السرطانية، كما يستخدم الكربون - ١١ في تحديد أماكن الأورام بالمخ ودراسة الأماكن المختلفة بالمخ أثناء أدائه لوظائفه المختلفة حيث يصدر هذا النظير بوزيترونات التي تتحد مع الكتلونات المخ وتصدر أشعة جاما التي يتم استقبالها بواسطة كاميرات

خاصة لتغطية تصوير جميع أجزاء المخ، وتعتبر سيدة الغناء العربي أم كلثوم أول سيدة مصرية تعالج باليود المشع لعلاج تضخم غدتها الدرقية مما أدى إلى جحوظ عيناها.

ويستخدم الفسفور - ٣٢ في علاج مرض الدم المسمى بولي سيثيميا والذي يتميز بكثرة إنتاج كرات الدم حيث يتركز الفسفور في النخاع مما يبطئ من تكوين كرات الدم، ويشترط للنظائر المستخدمة في العلاج أن يتم ترسيبها في الأورام السرطانية أو يمكن زراعتها فيها جراحياً، وأن يؤثر الإشعاع فقط على الأورام السرطانية، أما النظائر المستخدمة في التشخيص فيشترط لها أن تطلق إشعاعات جاما ذات طاقات مناسبة تتراوح ما بين ٠,٢ و ٠,١ MeV، وأن لا تشع هذه النظائر أي إشعاعات أخرى غير جاما، وأن تكون ذي نصف عمر مناسب يتراوح ما بين ٤ و ٤٨ ساعة، ومن مجالات التشخيص بالنظائر تحديد شكل وموضع العنصر المصاب تحديد العمليات التي يقوم بها العضو، قياس سريان الدم، تحديد أماكن العناصر النادرة في الجسم، هذا ويستخدم اليود - ١٢٣ لفحص الكلى والكبد وبيان مدى سلامة كل منهما، ويستخدم السيلينيوم - ٧٥ لمسح الأدرنالين، ويتم رسم صورة للهيكل العظمي ومسح المخ وفحص المعدة أثناء تأدية عملها باستخدام التكنييوم - ٩٩، ويمكن تشخيص أمراض القلب باستخدام الثاليوم - ٢٠١.

وتكمن المشكلة في هذا النوع من العلاج إلى تعرض الخلايا السليمة التي تنقسم بسرعة في جسم الإنسان إلى الموت بسبب تواجد تلك الإشعاعات مثل خلايا الشعر وخلايا المعدة، خلايا الجلد، وخلايا الأوعية الدموية ولهذا نجد أن المرضى الذين يعالجون إشعاعياً يحدث لهم تساقط للشعر ويصابوا بالصلع.

٦- في الكشف عن الثروات الطبيعية

- (الكشف عن الثروات المعدنية):

يستخدم الكاليفورنيوم - ٢٥٢ في البحوث الجيولوجية للكشف عن المعادن مثل الذهب والحديد والنحاس بطريقة تسمى التحليل التنشيطي، حيث يوضع المصدر المشع في نفق ضيق وعميق في الأرض لعدة ساعات ثم يرفع ليستبدل بكشاف ليسجل الإشعاعات الصادرة عن التربة، الذي من خلاله يستطيع الجيولوجيون معرفة نوع العناصر المكونة للتربة وكمية وجودها دون اللجوء إلى أخذ عينات من التربة وفحصها في المعامل.

- (الكشف عن المياه الجوفية):

أمكن استخدام النظائر في الكشف عن أماكن تواجد المياه الجوفية وسرعة تدفق أنهارها وحركة الرسوبيات وتقدير أعمار المياه وعمق وسمك خزانات المياه الجوفية، ويتم ذلك باستخدام النظائر المشعة الطبيعية الموجودة داخل المياه مثل الأكسجين - ١٨ والكربون - ١٤ والتريتيوم.

٧- التأريخ الزمني:

في عام ١٩٤٧ توصل الكيميائي الأمريكي ويلارد لبي الحائز على جائزة نوبل إلى طريقة لاستخدام الكربون - ١٤ في تحديد عمر الحفريات والمومياءات التي ماتت من آلاف السنين، ينشأ الكربون - ١٤ نتيجة تصادم الأشعة الكونية مع نيتروجين الهواء الجوي، وتظل نسبته في الهواء الجوي ثابتة، وفي جميع الكائنات الحية حتى إذا ماتت انقطع موردها من الكربون وتبدأ نسبته في التناقص تدريجياً بمرور الزمن نتيجة إشعاعه وبالتالي تقل شدة إشعاعه، وبقياس شدة الإشعاع في عينه معينة نستطيع وبسهولة معرفة تاريخ موتها بدقة

± ٥٠ عام، وتستخدم هذه الطريقة لمعرفة الأعمار حتى ٢٨ ألف سنة حيث أن عمر النصف للكربون - ١٤ المشع ٥٦٧٠ سنة، ويستخدم لقياس الأعمار الأعلى من ذلك اليورانيوم حيث أن عمر النصف لليورانيوم حوالي ٤,٥ مليار سنة، ومن الجدير بالذكر أن سلسلة التحلل اليورانيوم تنتهي بالرصاصة وبقياس نسبة اليورانيوم والرصاص في العينة يمكن معرفة تاريخ نشأتها، وتستخدم هذه التقنية في حساب الأعمار الجيولوجية السحيقة كحساب عمر الأرض وأعمار الصخور والمومياءات والحفريات التي عاشت من ملايين السنين مثل الديناصورات وتتبع انفصال القارات وأعمار النيازك التي تسقط على الأرض، أيضاً من النظائر المستخدمة في هذا المجال الروبيديوم - ٨٧، البوتاسيوم - ٤٠، وتستخدم طريقة التنشيط الإشعاعي بالنيوترونات للتحقق من أصالة الرسوم القديمة وذلك بتقدير نسبة الزنك والكروم في أصباغها.

٨ - معالجة مياه الصرف الصحي:

لقد تركز الاهتمام منذ سنوات طويلة على التخلص من الصرف الصحي بواسطة غمر الأراضي أو الحرق أو إلقائها في المحيطات والبحار، إلا أنها تعتبر حالياً ممارسات ذات مضار بيئية بالغة، لذا فإن الوسيلة الفعالة للإفادة من مخلفات الصرف الصحي وهو الجزء المتبقي بعد فصل السوائل هو التطهير بالإشعاع، حيث يتم فصل الرواسب الصلبة من مياه الصرف الصحي ثم تعرض لجرعات إشعاعية جامية صادرة عن الكوبلت - ٦٠ تتراوح بين ٢ و ٦ كيلو جراى، وهى كافية للقضاء على الطفيليات الميكروبية التي تلوث الصرف الصحي، وتصبح هذه الرواسب المعالجة عبارة عن أسمدة غنية بالمواد العضوية التي تفيد التربة.

٩ - تطهير النفايات:

تعلق هذه النفايات بما يعرف بالنفايات الطبية الحيوية Biomedical Waste التي يكون مصدرها المستشفيات وعيادات الأطباء ومعامل الأبحاث بالإضافة إلى نفايات المطارات والموانئ، وتمثل هذه النفايات مخاطر جسيمة للصحة العامة حيث تحتوى على نفايات التشريح مثل الأنسجة الآدمية وبقايا الأطعمة والمواد البلاستيكية والمعدنية والزجاجية، وبالتالي فإن حرق مثل هذه النفايات يؤدي إلى أضرار بيئية جسيمة، لذا كان تطهيرها إشعاعياً الحل الأمثل للقضاء على التلوث الميكروبيولوجي التي تسببه بعد إلقائها في أماكن تخزينها.

١٠ - الكشف عن الجرائم:

تعد الطرق النووية المستخدمة في الكشف عن الجريمة من أقوى الأدلة القضائية وأكثرها حسماً، وبعد التحليل التشخيصي بالنيوترونات من أكثر الطرق براعة في تحليل عناصر بالغة الصغر حيث أمكن أخذ عينات بدرجة بارود من أيدي المشتبه فيهم وهى تكون في مستوى الميكروجرام لتنشيطهم إشعاعياً بواسطة الأنثيمون - ١٢٢ والباريوم - ١٣٩ للكشف عن تركيب المواد الداخلة في صناعة البارود ومقارنتها بالعينات المأخوذة من مسرح الجريمة، ويسمى هذا الدليل بالبصمة الذرية، ومن عيوب هذه الطريقة أنها لا تغطى جميع العناصر حيث أن هناك من العناصر التي لا يمكن تنشيطها إشعاعياً، كما يمكن أن تفيد هذه الطريقة في الكشف عن مصادر المخدرات، أيضاً من الطرق المستخدمة في هذا المجال طريقة التحليل التشخيصي اللاتلافي وتستخدم في تعيين مستوى تركيز بعض العناصر وتشمل الأطعمة ومستحضرات التجميل و التربة والأوراق والأنسجة الحيوية وخاصة في جرائم التسمم، لقد كشفت لنا البصمة الذرية على كميات غير عادية من الزرنيخ في شعر نابليون بونابرت مما يدل على موته مسموماً، ولقد تم التأكد من الشائعات التي وردت عن موت ملك السويد إيريك الرابع عشر مسموماً من أكثر من أربع مائة عام.

١١ - التعقيم الإشعاعي:

إن بعض المنتجات يصعب تعقيمها بالحرارة أو البخار وقد يترك تعقيمها بالكيماويات رواسب غير مرغوبة، مثل التعقيم بغاز أكسيد الإيثيلين القابل للانفجار شديد السمية، لهذا يفضل التعقيم بأشعة جاما الصادرة عن الكوبلت - ٦٠ حيث يمتاز التعقيم الإشعاعي بعدم ارتفاع درجة حرارة المنتج لهذا يستخدم في تعقيم المواد البلاستيكية، كما لقدرته على اختراق المواد تجعل من الممكن تعقيم المواد المغلفة وبالتالي تظل هذه المنتجات معقمة مدة تغليفها كما أن التعقيم الإشعاعي لا تجعل المادة المعقمة ذات نشاط إشعاعي، ويعتبر التعقيم الإشعاعي هاماً للمنتجات الطبية مثل الحقن وملابس الجراحين والخيوط وأنايب القسطرة والمشارط وغيرها، ليس هذا فقط بل يمتد التعقيم الإشعاعي للمنتجات الغذائية المعلبة ومنتجات الألبان.

ثانياً: تطبيقات مبنية على الانشطار النووي

١ - توليد الكهرباء:

كان لزيادة الطلب العالمي على الطاقة ونقص موارد الطاقة الأحفورية إلى التفكير في حلول بديلة للطاقة، كانت إحدى تلك الحلول استغلال الطاقة الناتجة عن الانشطار النووي في توليد الكهرباء ويتطلب ذلك إجراء التفاعل الانشطاري بصورة متحكم فيها ويتم ذلك من خلال المفاعلات النووية الحرارية على أن يراعى في استخدامها جميع عوامل الأمان، ويتركب المفاعل النووي من عدة أجزاء هي: الوقود - المهدئ - المبرد أو المبادل الحراري - قضبان التحكم - قضبان الأمان - العاكس النيوتروني - الدرع الواقي، والمفاعل النووي بالإضافة إلى التوربينات (كما في الشكل التالي) والمبادلات الحرارية وباقي الأجهزة والمعدات وغرف التحكم تشكل ما يسمى بال محطة النووية Nuclear Power Station.



يتكون وقود المفاعل النووي من مادة قابلة للانشطار النووي وهي تنحصر في ثلاثة نظائر يورانيوم-٢٣٥، بلوتونيوم-٢٣٩، يورانيوم-٢٣٨، ويتواجد اليورانيوم في الطبيعة كخليط من النظيرين بنسبة ٠,٧١ % لليورانيوم-٢٣٥ وهو ما يطلق عليه اليورانيوم الطبيعي، ويعتمد استخدام أي نظير منهما على تقنية تشغيل المفاعل، لكن معظم المفاعلات النووية تستخدم النظير ٢٣٥ على عدة صور، إما يورانيوم عالي التخصيب Highly Enriched Uranium بنسبة ٩٠ % وهو خاص بتشغيل المفاعلات ذات الحجم الصغير كالتسيير الغواصات وحاملات الطائرات، أو يستخدم يورانيوم منخفض التخصيب Low Enriched Uranium بنسبة

٣-٥ %، أو اليورانيوم الطبيعي، ويوضع الوقود على هيئة أقراص مصنوعة من الصلب المقاوم للصدأ أو الزركونيوم بطول ١ سم وقطر ٠,٨ سم، وتوضع هذه الأقراص في قضبان تسمى بقضبان الوقود Fuel Assemblies يصل طولها إلى خمسة أمتار ويفصل بينهما بوسائل فصل للسماح لوسيط التبريد بالتدفق حول هذه الحزم لاستخلاص الحرارة، أما المهدئ فهو مادة تبطن من سرعة نيوترونات الانشطار لتقلل من فرص اقتناصها باليورانيوم-٢٣٨، وأكثر المواد استخداماً هي الماء العادي والماء الثقيل والجرافيت وثاني أكسيد الكربون.

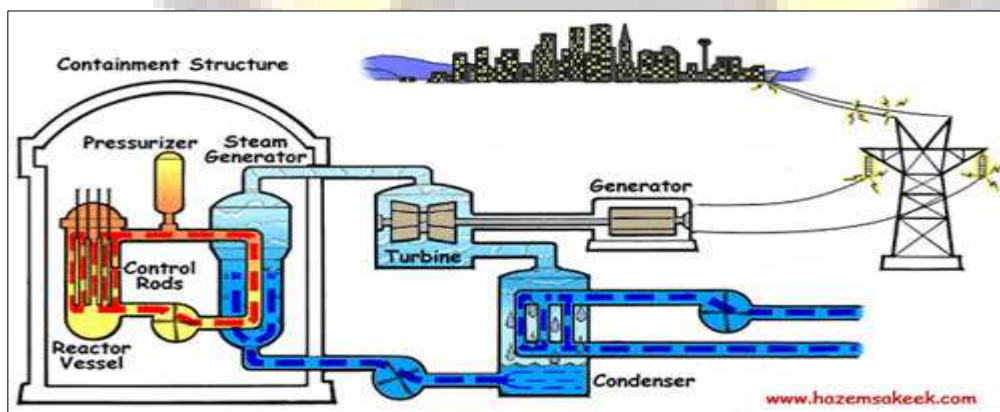
المبرد أو المبادل الحراري هي مادة تقوم بتبريد قلب المفاعل وحفظها عند الحد الأدنى للأمان، وفي نفس الوقت تقوم بنقل الحرارة إلى خارج المفاعل لتوظيفها في توليد البخار اللازم لإدارة التوربينات لتوليد الكهرباء، ويقوم المهدئ عادة بوظيفة المبرد أيضاً، وفي بعض الأنواع يستخدم مصهور الصوديوم كمبرد، وقضبان التحكم هي قضبان مصنوعة من مواد شرهة لامتصاص النيوترونات مثل الكادميوم أو البورون، وهي تتواجد في فتحات داخل المفاعل بحيث تعتمد سرعة التفاعل المطلوبة على مقدار إسقاطها داخل المفاعل ليتوقف التفاعل تماماً عند سقوطها كاملة في قلب المفاعل، أما قضبان الأمان فهي كقضبان التحكم ولكنها تعلق خارج المفاعل بواسطة مغناطيسيات كهربية، ولدى ظهور بواذر خطر يقطع التيار الكهربائي عنها فتسقط القضبان داخل المفاعل لتوقف التفاعل نهائياً.

العاكس النيوتروني هو طبقة تغلف قلب المفاعل وتصنع من مادة لها القدرة على انعكاس النيوترونات إلى داخل المفاعل وعدم تسربها إلى خارج المفاعل وتصنع عادة من البريليوم، أما الدرع الواقي فهو غلاف من الصلب سمكه ١٥ سم يحيط به جدار أسمنتي سميك وهو من نوع خاص قادر على امتصاص الإشعاع المتسرب من المفاعل، ويشترط أن يكون الدرع الواقي من القوة بحيث لا يمكن أن تؤثر فيه العوامل الخارجية، ويقال أن الدرع المبنية على أسس سليمة لا تؤثر فيها إلا القنابل النووية.

ونتيجة للتطورات المستمرة للمفاعلات النووية ظهرت عدة أنواع لهذه المفاعلات من أهمها:

١ - مفاعلات الماء العادي (المضغوط) Pressurized Water Reactors ويستعمل الماء العادي كمبرد ومهدئ تحت

ضغط يصل أحياناً إلى ١٦٠ ضغط جوى ولا يسمح للماء بالغليان داخل دورة التبريد، وللحفاظ على المبرد تحت هذا الضغط يبرد الوقود داخل وعاء يسمى بوعاء الضغط كما في الصورة.



٢ - مفاعلات الماء العادي (الغلي) Boiling Water Reactors يمر فيها الماء خلال دورة واحدة من قلب المفاعل إلى

توربينات التوليد ويسمح فيها للماء بالغليان، ويجب أن تكون دورة التبريد بما فيها التوربينات مغلقة تماماً لعدم تسرب الإشعاعات منها.

٣- مفاعلات الماء الثقيل Heavy Water Reactor أو المفاعل الثقيل Canadian Deuterium-Uranium

المعروفة باسم كاندو CANDU وهي مفاعلات تستخدم الماء الثقيل الذي يحتوي على نظير الهيدروجين التريتيوم كمهدئ ومبرد في أن واحد في دورة أولية والماء العادي كناقل للحرارة عبر مبادل حراري لإدارة التوربينات، ويمتاز الماء الثقيل بنسبة عالية من التهدئة للنيوترونات جعلت في الإمكان استخدام اليورانيوم الطبيعي بدلاً من المخصب.

٤- مفاعلات التبريد الغازي Gas Cooled Reactors وهي مفاعلات تستخدم اليورانيوم الطبيعي كوقود وثاني أكسيد

الكربون أو الهيليوم كمبرد وتستخدم مثل هذه الأنواع أحياناً في تصنيع البلوتونيوم الذي يستخدم في الأغراض العسكرية.

٥- مفاعلات الجرانيت (المبردة بالماء) ويستخدم في هذا النوع الجرافيت كمهدئ للنيوترونات والماء العادي كمبرد، ومن الجدير

بالذكر أن أول محطة نووية بنيت في الاتحاد السوفيتي عام ١٩٥٤ بقدره ٥ ميجاوات كانت من هذا الطراز، أيضاً المفاعل النووي تشيرنوبل كان من هذا النوع أيضاً.

٦- المفاعلات (المولدة السريعة) Fast Breeder Reactors يمتاز هذا النوع بأنه ينتج وقوداً نووياً أكثر مما يستهلك،

حيث يتم فيها تحويل اليورانيوم-٢٣٨ إلى بلوتونيوم داخل المفاعل والذي يستخدم بدوره كوقود إضافي ويستخدم في هذا النوع النيوترونات السريعة بدون استخدام مهدئ، وهذا النوع من المفاعلات يستغل ٨٠ % أو أكثر من الطاقة الكامنة في الوقود النووي بينما الأنواع الأخرى تستغل ٢-٣ % فقط.

٢- تحلية ماء البحر:

أيضاً من تطبيقات الانشطار تحلية المياه والتي تعد إحدى النواتج الثانوية للمفاعلات توليد القدرة الكهربائية، حيث يتم استثمار بخار الماء ذي الحرارة المنخفضة والذي لا يستغل في التوليد في أغراض تقطير المياه المالحة للحصول على المياه العذبة.

٣- الطاقة النووية كقوة دفع:

تستخدم لأغراض الدفع للمركبات التي لا يمكن تزويدها المستمر بالوقود أو تحتاج إلى قوة دفع جبارة مفاعلات نووية صغيرة الحجم وذلك مثل الغواصات وحاملات الطائرات التي تظل في المياه لعدة شهور أو سنوات، أيضاً كاسحات الجليد والسفن التجارية العملاقة ومركبات الفضاء والأقمار الصناعية.

٤- إنتاج النظائر المشعة:

يمكن توليد النظائر المشعة في قلب المفاعلات النووية حيث يتوفر لها أنواع مختلفة من الإشعاع كالنيوترونات وألفا وبيتا وبوفرة عالية للأهمية الكبيرة للنظائر كما أشرنا سابقاً.

ثالثاً: بحوث ودراسات الاندماج النووي

على عكس الانشطار النووي تماماً فإن الاندماج النووي يعمل على تجميع أنوية الذرات تحت مظلة نواة واحدة وذرة واحدة، وينتج عن هذا الاندماج طاقة تفوق بمئات المرات طاقة الانشطار النووي، ويحدث الاندماج بين نظائر الهيدروجين التريتيوم والديوتيريوم لتنتج ذرة الهيليوم، والسبب في تفضيل ذرة الهيدروجين للاندماج، أن ذرة الهيدروجين تحظى بأقل تنافر كولومي يحدث عند حدوث الاندماج وبالتالي أقل كمية من الطاقة اللازمة لبدء الاندماج، هذه الطاقة يجب أن لا تقل درجة حرارتها عن مائة مليون درجة مئوية وهي أضعاف درجة حرارة باطن الشمس، أي أننا يلزمنا شمساً صناعية على سطح الأرض لإجراء هذا الاندماج، وتكمن الصعوبة في

عدم الوصول للاندماج إلى عدة أسباب: أولها توليد درجة حرارة كافية لبدء التفاعل، وثانياً بناء وعاء يضم بين جنباته تفاعلاً يحدث عند درجة حرارة تتعدى ملايين الدرجات المتوالية وجميع المواد المعروفة تتبخر عند هذه الحرارة الشديدة، وثالثاً استخلاص الحرارة الناتجة من التفاعل.

حتى الآن لم يتم الاندماج النووي إلا من خلال تفجير قنبلة انشطارية حيث تتاح لأنوية الديوتريوم والتريتيوم درجة الحرارة والوقت الكافيين لبدء التفاعل، ويشترط بدء التفاعل عدة عوامل: ألا تقل درجة الحرارة عن مائة مليون درجة مئوية، أن تصل كثافة خليط المتفاعلات إلى حوالي 10^{14} جسيم لكل سنتيمتر مكعب، ألا تقل مدة حجز الخليط عن ثانية واحدة، ويتمثل فشل هذه الدراسات في عدم الوصول إلى هذه العوامل مجتمعة.

بدأ أول مشروع لبحوث الاندماج بدأ في أوائل الخمسينات في جامعة برنستون بالولايات المتحدة الأمريكية ويعتمد على حجز البلازما داخل وعاء مغناطيسي بهدف الوصول إلى المائة مليون درجة مئوية، وعلى نفس الدرب ولكن في القطب الآخر بروسيا كان العلماء الروس صمموا جهاز التوكاماك TOKAMAK وهو يمثل اختصاراً للجملة الروسية الغرفة المغناطيسية الحلقيّة الذي صممه أندريه زخاروف، حيث يتم صنع هذا الجهاز على هيئة أسطوانية أو حلقيّة، وعند تشغيل هذه المغناطيسيات فائقة القوة فإن البلازما المشحونة تندفع إلى داخل الوعاء وتنحصر في مركز الوعاء بعيداً عن الجدران ثم تقذف بالنيوترونات لرفع درجة حرارتها إلى القدر المطلوب لحدوث الاندماج.

من التقنيات الجيدة التي تهدف لبدء الاندماج هي تقنية تعتمد على طاقة أشعة الليزر حيث تلخص هذه الطريقة في وضع خليط من الديوتريوم والتريتيوم في قرص صغير من الزجاج يحاط من جميع جوانبه بمصادر قوية لأشعة الليزر، وعند بدء التشغيل تخرج دفعات قوية من الطاقة نحو القرص الزجاجي لرفع درجة حرارته إلى عدة ملايين من الدرجات المتوالية في جزء من مليون من الثانية لتضغط ما به من خليط بقوة هائلة، وعلى الرغم من ذلك لم تنجح المحاولات في الوصول إلى درجة الحرارة اللازمة لبدء التفاعل.

وهناك نوع آخر من الدراسات يسمى ببحوث الاندماج البارد وقد سارت في اتجاهين: الأول يعتمد على تقريب نوى الهيدروجين من بعضها بدلاً من تسخينها بواسطة خلية كهربية تكون فيها مادة قطب الكاثود من البلاديوم وقطب الأنود من البلاتين، وعند مرور التيار الكهربائي في الخلية تتجه أيونات الهيدروجين نحو الكاثود وعند توزيع الهيدروجين في شبكة البلاديوم تكون المسافة بين نوى الهيدروجين ضمن القوة النووية فيحدث الاندماج.

أما الاتجاه الثاني فيسمى بالاندماج النووي بالميونات، يبدأ الاندماج عندما يحل الميون السالب محل إلكترون ذرة التريتيوم وتتكون ذرة جديدة تسمى بالميوترتيوم التي تتحد مع نواة ذرة ديوتريوم لتكون هليوم - ٥، بعد ذلك تنحل ذرة هليوم - ٥ إلى هليوم عادي ونيوترون ذو طاقة عالية، ومن مميزات هذا التفاعل أنه يتطلب درجة حرارة لا تتعدى ٩٠٠ درجة مئوية وهي من السهل توفيرها.



دور الوكالة الدولية للطاقة الذرية في تحقيق السلام النووي

منذ تأسيس الوكالة الدولية للطاقة الذرية عام ١٩٥٧ وهي تركز نفسها لتحقيق رؤية الطاقة الذرية للاستخدامات السلمية وتعزيزها من ناحية، والحيلولة دون انتشار الأسلحة النووية بغية القضاء عليها في نهاية المطاف من ناحية أخرى، بالإضافة إلى الاستفادة من التقنيات النووية الآمنة في التطبيقات التي فيها منفعة للبشرية، هذا ويتلخص دور الوكالة الدولية للطاقة الذرية في ثلاثة محاور رئيسية:

١- التقنية النووية. ٢- السلامة النووية و الأمن النووي. ٣- التحقق من الأسلحة النووية.

ويركز برنامج التقنية النووية والتعاون النووي على الاستفادة من التقدم الذي تحقق في مجال العلوم لتلبية احتياجات الدول الأعضاء في مجالات أساسية مثل صحة الإنسان، والإنتاجية الزراعية، وإدارة الموارد المائية، والتعويض البيئي، والطاقة، بينما يهتم برنامج السلامة النووية بمراقبة تنفيذ التعليمات الصارمة الخاصة بنقل المواد النووية وتشغيل المفاعلات ونقل وتخزين والتخلص من النفايات النووية، بينما يركز برنامج التحقق من الأسلحة النووية على التفتيش الدوري والمفاجئ على المخططات النووية والمراقبة المستمرة لها وخاصة مصانع الوقود وتخصيب اليورانيوم للتأكد من أن عمليات التخصيب تجري في حدود النسب المطلوبة للوقود النووي في الأغراض السلمية، والتعرف على أي أعمال أو أنشطة نووية سرية غير معلنة.



المراجع

- ١- الاستخدامات السلمية للطاقة النووية - مساهمة الوكالة الدولية للطاقة الذرية - د/ محمد البرادعي - مركز الإمارات للدراسات والبحوث الإستراتيجية - ٢٠٠٣.
- ٢- الإشعاع في حياتنا اليومية - د/ محمد مصطفى عبد الباقي.
- ٣- الطاقة الذرية واستخداماتها - د/ أحمد شريف عودة - مركز النشر العلمي - جامعة الملك عبد العزيز - جدة - ١٩٨٧.
- ٤- تكنولوجيا الإشعاع للاستخدامات الطبية والصناعية والبيئية - د/ محمد عزت عبد العزيز - شركة الكترولومتري - ١٩٩٨.
- ٥- فيزياء الإشعاع قياساته وتطبيقاته العملية - د/ محمد شحادة الدغمة - معهد الإنماء العربي - ١٩٩٨.
- ٦- الطاقة التقليدية والنووية في مصر والعالم - د/ محمود سرى طه - الهيئة المصرية العامة للكتاب - ١٩٨٦.
- ٧- الثقافة النووية للقرن ٢١ - د/ ممدوح عبد الغفور حسن - دار الفكر العربي - ٢٠٠٠.
- ٨- الطاقة ومصادرها المختلفة - د/ أحمد مدحت سلام - مركز الأهرام للترجمة والنشر - ١٩٨٨.
- ٩- الطريق النووي في نصف قرن ما له وما عليه - د/ شدى سلمان الدركزلى - الدار العربية للعلوم - ١٩٩٧.
- ١٠- الفيزياء الكمية - مقرر بيركلى في الفيزياء - ايفيند ويكمان - ترجمة: د/ خليل محمد إبراهيم عبده، محمد عبد الله سرى - مراجعة: محمد عبد المقصود النادي - دار ماكجروهيل للنشر - ١٩٧١.
- ١١- مجلة العلم - دار التحرير للطبع والنشر:

- عدد ٣٣٩ ديسمبر ٢٠٠٤ - قصة الذرة - د/ محمد مصطفى عبد الباقي.
- عدد ٣٧٠ يوليو ٢٠٠٧ - الطاقة النووية نعمة أم نقمة - د/ حسنية موسى.
- عدد ٢٨٦ يوليو ٢٠٠٠ - التكنولوجيا النووية - د/ محمد مصطفى عبد الباقي.
- عدد ٣١٦ يناير ٢٠٠٣ - النظائر المشعة - د/ حسنية موسى.

١٢- الموقع التعليمي للفيزياء www.hasemsakeek.com

