جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

((النشـــاط الإشـــعـــاعـــي))

بحث تخرج مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة بابل

وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في قسم الفيزياء

بحث مقدم من قبل الطالب

محمد عباس عيدان كاظم

بأشراف

م . م سراب جبار موسى

٢٠٢٦ م

١٤٤٧ هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

{يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ}

صدق الله العلي العظيم

سورة المجادلة (11)

الاهداء

((وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِين))

الى خالق الروح وخالق كل شي من العدم الله عزه وجل والى سيد الانبياء نبي الرحمة محمد وال بيت محمد الاطهار عليهم السلام الى صاحب الزمان عجل الله فرجه والى والدي الحبيب وينبوع الحنين الى والدتي العزيز وامان الروح الى اخوتي السند .

شكر وتقدير

يسرني ان اشكر بعد شكر الله عز وجل وكل من علمني حرفا وأسدى لي نصحا. شكري الى رئيسا وأساتذة كلية التربية للعلوم الصرفة _قسم الفيزياء

اقدم امتناني شكري وتقدير وفائق احترامي الى الدكتورة الفاضلة [م . م سراب جبار موسى] المشرفة على هذه البحث لما بذلته من جهود علميه صادقه ودقيقه في تقديم النصح والارشاد المستمر .وكانت بمثابه المنارة التي اضاءت لي الطريق في البحث العلمي بتوجيهاتها السديدة فجزاها الله عني وعن طالب العلم خير الجزاء

الخلاصة

ما وصلنا من البحث عن النشاط الاشعاعي هو خاصية تُظهرها أنواع معينة من المادة تتمثل الى انبعاث الطاقة والجسيمات من ثلاثة اجزاء هي اشعة الف وبيتا وغاما دون ذريه تلقائيه واهم مصادرها هي النظائر المشعة لليورانيوم والثوريوم في جوهرة سمه من سمات النوى الذرية الفردية وتتحلل النواة غير المستقرة تلقائيا او تتحلل الى بنيه اكثر استقرار ويكون الانبعاثات الناتجة عن اكثر اشكال التحلل الاشعاعي اشعه غاما وبيتا وجسيم ألفا. وقد تنبعث شظايا في الاشكال الأقل شيوعا للنشاط الإشعاعي وهي النيترونات والبروتونات. وقد يكون النواة الذرية اذا كانت ثقيلة او غير متوازنة تتفكك من نفسها وتطلق اشعاع وهذه التفكك اسمه النشاط الاشعاعي وكل ما تتفكك النواة تتحول الى عنصر جديد وهذ العنصر يكون لهو عمر نصف خاص به الى الوقت الذي يقل به نشاطه .لذألك يستخدم في الطب في تطبيقات عديد منها كشف السرطان بPET. باستخدام فلور 18 وفي الصناعة وكذلك اهميته في اوسع المجلات الطبية وايضا عن التاريخ مثل الكربون 14 يحدد عمر الآثار العضوية لحد 50الف سنه واليورانيوم يحدد عمر الصخور بمليارات السنين.

النشاط الإشعاعي ظاهرة طبيعية موجود بالأرض من خلقت اكتشاف غير مسار العلم. هو سلاح ذو حدين، لكن البشرية قدرت تحوله من "خطر مجهول" إلى "أداة دقيقة" تخدم الطب والصناعة والزراعة. المستقبل يعتمد على تطوير طرق أأمن وأدق للاستفادة منه، مع التخلص الآمن من النفايات المشعة

ومن اسباب وجود او يحدث النشاط الإشعاعي عندما تكون نواة الذرة غير مستقرة فتطلق طاقه وجسيمات (ألفا .وبيتا. غاما .) لتصبح اكثر استقراراً .

الايه القرانيه	
الاهداء	I
شكر وتقدير	II
الخلاصه	III
الفصل الاول	12-1
1-1المقدمه	1
2-1الانشاط الاشعاعي	2
1- تركيب الذره والنواة	2
1-4 النظائر	3
1-5 طاقه الربط	5-4
1-6 طبيعة القوه النوويه	6
1-7 خواص القوه النوويه	7
1-8انواع القوه النووه	7
1-8-1 القوه النوويه الضعيفه	7
1-8-2 القوه النوويه القوية	8
1-9 أنواع الاشعاعات النووية	8
1-91 جسيمات ألفا	8
1-9-2 جسيمات بيتا	9
1-9-3 أشعة كاما	9
1-10 مصادر الاشعاع	9
1-10-1 مصادر الاشعاع الطبيعي	9
1-1-10-1 الاشعة الكونيه	10

2-1-10-1 النويدات ذات المنشاء الارضي	10
1-10-2 مصادر النشاط الاشعاعي الصناعي	10

1-2-10-1 انتاج الطاقه الكهرو نوويه	11
2-2-10-1 السلاسل المشعة	11
11-1اهدف البحث	11
الفصل الثاني	15-12
1-2 أليةالحدوث النشاط الاشعاعي	12
2-2 التحلل الاشعاعي	12
3-2 أنواع التحلل الاشعاعي	13
1 انحلال ألفا	13
2 انحلال بيتا	13
3انحلال كاما	13
4 التقاط الالكترون	13
4-2 تفاعل الاشعاع مع الماده	14
1-4-2 تفاعل الجسيمات المشحونه الثقيله مع الماده	14
2-4-2 تفاعل الجسيمات الخفيفه. مع الماده	14
3-4-2 تفاعل الجسيمات غير مشحونه مع الماده	14
4-4-2 تفاعل الاشعه الكهرو مغناطيسيه مع الماده	15
تفاعل الكترو ضوئي	15
انتاج الزوج	15

2-5 اختراق الاشعاع في المواد	15
الفصل الثالث	21-16
1-3 المقدمه	16
2-3الاستخدامات الطبيه	16
3-4 الاستخدامات في الصناعه	17
1-3-4 فحص المواد	17
4-3 الاستخدمات في الصناعه	18
5-3الاستخدامات في البحوث العلميه	18
6-3 مزايا النشاط الاشعاعي	19
7-3 عيوب النشاط الاشعاعي	20
المصادر	23-22

الفصل الاول

1-1 المقدمة:

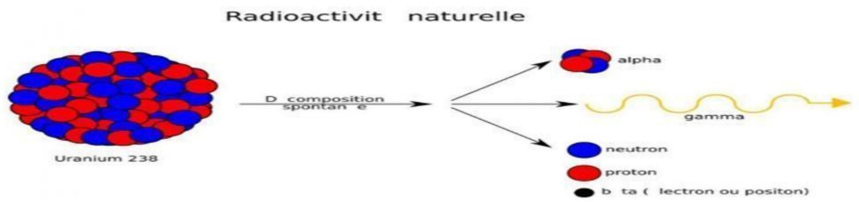
أثناء دراسته لظاهرة الفسفرة (Phosphorescence) سنة 1895، اكتشف العالم هنري بكريل (Henri Becquerel) أن بعض الأملاح تترك أثراً أسود على لوح فوتوغرافي حتى لو حُجب هذا اللوح عن الضوء تماماً، إذ صادف أنها كانت تحتوي على عنصر اليورانيوم. إن هذا الأثر يعني أن المواد تبعث نوعاً جديداً من الأشعة، وأنها ليست أشعة سينية (Ray-X)، لأن المواد لا تحتاج إلى إثارة خارجية. وقد سُميت هذه الظاهرة بالنشاط الإشعاعي (Radioactivity).وفي سنة 1898، استطاعت ماري كوري (Marie Curie) وزوجها بيير كوري (Pierre Curie) عزل عنصرين غير معروفين سابقاً، سُمِّيا بالراديوم (Radium) والبولونيوم (Polonium)، وبعد ذلك تم اكتشاف العديد من العناصر الأخرى.حفزت هذه الاكتشافات الكثير من العلماء على فهم ظاهرة النشاط الإشعاعي، إذ وجدوا أن مصدر الأشعة المنبعثة من المواد يجب أن يكون في عمق الذرة، أي أنها تنبعث من نواة الذرة، وذلك نتيجة لانحلال نوى غير مستقرة.[1]

لم يكن العلماء يعرفون مخاطر هذا الإشعاع في حقبة الاكتشافات الأولى للنشاط الإشعاعي، لكن بعد مدة لوحظت إصابة العديد من عمال المناجم الذين تعرضوا لغاز الرادون (Radon)، الذي ينتج من انحلال نظير اليورانيوم أو الثوريوم، بمرض الرئة القاتل الذي شُخّص لاحقاً على أنه سرطان. بعدها تم تطوير الجهود المبذولة للوقاية من التعرض للإشعاع في أوربا وأمريكا خلال الفترة (1913–1916)، حيث شُكّلت لجان وطنية واستشارية.كما تشكلت لجان دولية مثل اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP)، والمجلس الوطني للوقاية من الإشعاع والقياسات (NCRP) في الولايات المتحدة، إضافة إلى اللجنة العلمية للأمم المتحدة المعنية بآثار الإشعاع الذري (UNSCEAR)، والتي تأسست بمشاركة عشرين دولة من الدول الأعضاء، وتضم مجموعة من العلماء المتخصصين في مجالات الفيزياء الإشعاعية والتأثيرات البيولوجية للإشعاع، حيث تعقد اجتماعات سنوية لدراسة جميع النواحي العلمية والإحصائية المرتبطة بالإشعاعات المؤينة وانتشار المواد المشعة في البيئة وتأثيراتها البيولوجية، وقد عنيت هذه المؤسسات الحكومية بنشر وتنفيذ القوانين والتعليمات الخاصة بالوقاية من الإشعاع[2]

.

1-2النشاط الإشعاعي

تتميز العديد من النظائر سواء الطبيعية أو الصناعية بخاصية تُعرف باسم النشاط الإشعاعي [3]، وهو عملية تحول تلقائي للأنوية المشعة لعنصرٍ ما إلى أنوية ذرات عناصر أخرى أكثر استقراراً عن طريق انبعاث نوع معين من الإشعاع، وقد دلت البحوث على أن الإشعاعات المنبعثة ثلاثة أنواع هي ألفا وبيتا وكاما [4].



1-3تركيب الذرة والنواة

بدأ أول بحث علمي حقيقي يتناول موضوع بنية الذرة في 29 أبريل 1897، عندما أعلن جوزيف جون طومسون اكتشافه جسيمات دون ذرية متناهية الصغر، أطلق عليها اسم الجسيمات. لاحقًا، أُعيد تسمية الجسيمات إلى إلكترونات. في عام 1912، اكتشف الفيزيائي الإنجليزي إرنست رذرفورد، زميل طومسون، وجود نواة مركزية كثيفة للغاية، تُعرف بالنواة، في الجزء الداخلي من الذرة

وتتكون النواة من بروتون ونيوترون ويتكون منها الذرة تدورُ حولَه الإلِكترونات، تتكاثف فيه كتلة الذرة، تَشغَل جزءً غايةً في الصِّغَر من حجم الذرة، ومعظم كتلتها من البُروتونات موجبة الشِحنة والنُّترونات المتعادلة الشِحنة؛ فتكون النواةُ موجبةَ الشِحنة، وشِحنة البروتونات الموجبة تساوي شِحنة الأَلِكترونات السالبة عددًا؛ فتتعادل الذرة كهربياً.[5]

1-4النظائر

تحتوى نواة العنصر الواحد على نفس العدد من البروتونات إلا أنها يمكن أن تحتوي على أعداد مختلفة من النيوترونات ويعني

هذا إن العدد الذري للعنصر الواحد لا يتغير في حين يتغير عدده الكتلي ويقال في هذه الحالة إن للعنصر الواحد عدة نظائر

فمثلا للهيدروجين ثلاثة نظائر هي:

H^1_1هيدروجين وتتكون نواته من برتون واحد ولاتحتوي على نيوترونات و يدور حول النواة

إلكترون واحد

ديتيرويوم H^2_1 وتتكون نواته من بروتون و نيوترون ويدور حول النواة إليكترون واحد

تريتيومH^3_1 وتتكون نواته من بروتون واحد ونيترونين ويدور حول النواة إليكترون واحد

وعموما , يوجد لكل عنصر عدد من النظائر قد تصل أحيان ا إلى أكثر من خمسين نظيرا للعنصر الواحد . وتكون نوى بعض هذه النظائر مستقرة ولا تتفكك في حين تكون نوى النظائر الأخرى قابلة للتفكك وبذلك تكون هذه النوى الأخيرة نشطة إشعاعيا Radioactive وتصدر إشعاعات في شكل جسيمات ألفا أو بيتا أو إشعاعات جاما ويوجد العنصر في الطبيعة في شكل خليط من بعض نظائره وهناك نظائر لا توجد عموما في الطبيعة وإنما يمكن إنتاجها صناعيا باستخدام المفاعلات أو المعجلات النووية

تتشكل معظم المواد من جزيئات، وإن فصل هذه الجزيئات عن بعضها البعض سهل نوعاً ما، إذ تتكون الجزيئات من ذرات ترتبط ببعضها بروابط كيميائية، مما يجعل فصلها أصعب، وكل ذرة تتكوّن من إلكترونات ونواة يرتبطان ببعضهما البعض بقوة كهربائية، وبالتالي يتطلب فصلهما عن بعضهما البعض إكساب الإلكترونات طاقة كبيرة حتى تتمكّن من الإفلات والخروج من مداراتها. وتُعدّ الإلكترونات والنيوكليونات (البرتونات والنيترونات) جسيمات دون ذرية طويلة العمر نسبياً؛ أي أنّ اضمحلالها يستغرق وقتاً طويلاً نسبياً على عكس الجسيمات دون الذرية الأخرى، إذ يتطلب الحصول عليها طاقة عالية جداً وما تلبث إلا فترةً قصيرةً حتى تضمحلّ إلى جسيمات أخرى أكثر استقراراً، وهي التي تشكل نماذج الذرة، حيث تم تطوير نموذج الذرة فيما بعد من خلال اكتشاف العلماء أكثر لمكوناتها.[6]

1-5طاقة الربط

طاقة الربط في علم الفيزياء هي طاقة قوية تربط الجسيمات النووية في النواة بعضها ببعض وهي ذات مدى قصير حيث لا يبدأ الجسيمين بالتجاذب بين بعضهما إلا بعد أن يكونا على بعد 10x4*-15 متر

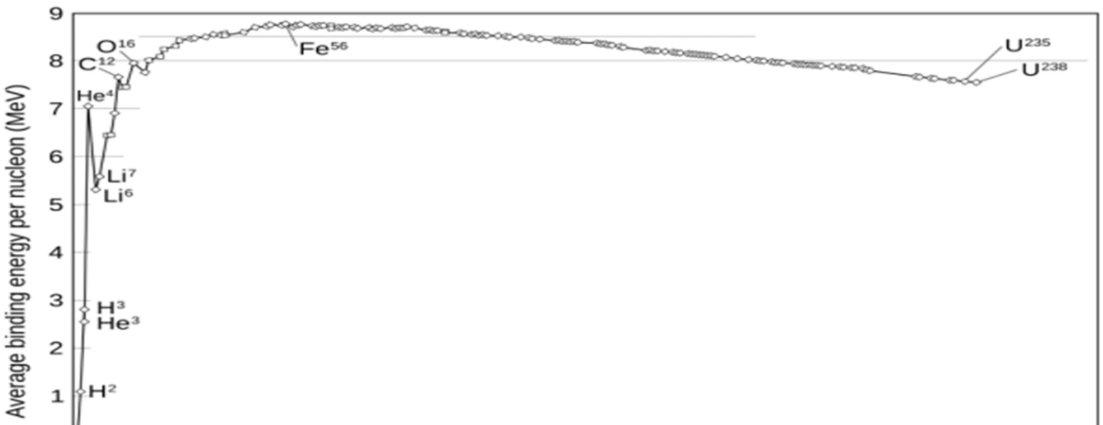
أنجستروم) تقريباً . وتلك الطاقة تزداد بشدة باقتراب البروتونات والنيوترونات في نواة الذرة من بعضهم البعض. قوة ارتباط البروتونات والنيوترونات في نواة الذرة شديدة جدا أشد كثيرا من قوة التجاذب الناشيء عن الثقالة (الجاذبية) ، ومداها قصير جدا جدا كما ذكرنا أعلاه، بعكس قوة الثقالة التي هي بعيدة المدى .[7]

الطاقة الكلية للنواة المترابطة تكون دوماً «أقل» من مجموع الطاقات لكل جسيم نووي على حدة. وهذا الفرق في الطاقة يعرف بانه طاقة الربط. لذا يمكن تعريف طاقة الارتباط بشكل أخر، ألا وهي الطاقة اللازمة لفصل الجسيمات النووية في النواة عن بعضها.

فإذا غادرنا النواة بما فيها من بروتونات ونيوترونات مترابطة ببعضها البعض، ونظرنا إلى الذرة نفسها بتكوينها من نواة وإلكترونات تدور حولها في غلاف من المدارات، نجد أن الالكترونات أيضا ترتبط بالنواة، ذلك لأن الإلكترون سالب الشحنة والنواة تكون موجبة الشحنة . طاقة الارتباط بين الإلكترون والنواة هي طاقة كولوم وهي كهربائية (أو بصفة أدق كهرومغناطيسية) وتسمى قوة كهرومغناطيسيةوهي بعيدة المدى . أما قوة ارتباط البروتونات والنيوترونات في النواة فتسمى قوة نووية وهي قصيرة المدى جدا جدا.

وطاقة ارتباط الإلكترون في الذرة هي الطاقة اللازمة لنزع الإلكترون من مداره.وتقاس طاقة ارتباط الإلكترون بوحدة إلكترون فولت.فطاقة الارتباط لإلكترون في المدار(Z-1)حيث Zهي العدد الذري

هي الرقم الذري. وتبلغ طاقة ارتباط الإلكترون في ذرة الهيدروجين 7,13 كيلو إلكترون فولت.



منحني طاقة الارتباط وتغيرها بتغير العدد الذري للنواة

في الفيزياء النووية تعرف قوة الارتباط بأنها الطاقة التي تتحرر عندما يأتي نوكليون إلى النواة ويلتحم فيها. وتكون تلك الطاقة طبقا لتكافؤ الكتلة والطاقة :

$E=mc^2$

مصحوبة بنقص في الكتلة الكلية، يسمى نقص الكتلة.

أي أنه على سبيل المثال : تتكون نواة الهيليوم من بروتونين ونيوترونين، فيكون عددها الكتلي 4 . هذا الوزن يكون فعليا «أقل قليلا» من4u

للنواة المترابطة عن أوزان الأربعة جسيمات منفردة . يرجع نقص الكتلة هذا إلى ترابط الجسيمات بعضها البعض، حيث

uوحدة كتل ذرية.

يتسبب جزء من قوى التآثر القوي في ربط مكونات نواة الذرة من بروتونات ونيوترونات(نوكليونات) مع بعضها البعض . وتعمل ضدها قوة التنافر التي تسببها الشحنات الموجبة للبروتونات طبقا لقانون كولوم فتضعف قوي التجاذب قليلا.

تبين بالبحث العلمي أن البروتون والنيوترون كل منهما مركب من ثلاثة كواركات مختلفة، وهي جسيمات أولية تفترضها النظرية، وتربطها قوى التآثر القوي وهي أقوى قوة رابطة نعرفها من ضمن أربعة قوى أساسية تتحكم في الطبيعة، وهي قوة نووية ضعيفة وتآثر كهرومغناطيسيوالجاذبية بالإضافة إلى التآثر القوي.

يبين الشكل تغير متوسط قوة الارتباط لكل نيوكليون في النواة بتغير الكتلة الذرية للعناصر . نجد من بينها أن طاقة الارتباط كبيرة في الهيليوم-4 وهو أشد الأنوية الذرية تماسكا، وتعرف أيضا بأنها جسيمات ألفا التي تتكون من بروتونين ونيوترونين . بعده تقل قوة الارتباط نسبيا بنشأة الليثيوم-6 ، ثم تزيد حتى تصل إلى قمة ثانية تمثل طاقة ارتباط نواة الكربون-12 ، وتهبط قليلا بزيادة العدد الذري ثم تزيد حتى تصل إلى نهاية

عظمى ثالثة في الأكسجين-16 . وبعدها تتغير طاقة الارتباط لكل نوكليون في النواة الذرية تغيرا طفيفا حتى نصل إلى أثقل العناصر اليورانيوم. أي أن رابطة البروتون في نواة الهليوم أقوى كثيرا من رابطته في نواة أي عنصرآخر بما فيها اليورانيوم-235 الذي تصنع منه القنبلة الذرية .[8].

1-6طبيعة القوة النووية

هناك عدد من القوى الأساسية المعروفة لدينا والموجودة في الطبيعة مثل قوى الجذب والقوى الكهرومغناطيسية والقوى الضعيفة (انحلال بيتا) وبالإضافة إلى هذه القوى هناك قوى أخرى جديدة ومهمة جداً هي القوة النووية المسؤولة عن ربط مكونات النواة مع بعضها. لقد جرت محاولات عديدة لفهم القوة النووية أو المجال النووي وذلك بعد ظهور فرضية احتواء النواة على البروتونات والنيوترونات (فرضية البروتون – نيترون). [9]

1-7خواص القوة النووية

1.يعتبر المدى المؤثّر بين أي نويتين في القوّة النوويّة صغيرٌ جداً؛ حيث إنّه من الممكن القول بأنّ التأثير يكون فقط في النويّات المتجاورة

2. قوة نووية مشبعة، والمقصود بها أنّ النويّة الواحدة في داخل النواة يمكنها التعامل بقوّة مع عددٍ محدود من النويّات المحيطةِ بها فقط، ولمعرفة هذا الأمر يمكن العودة إلى شكل منحنى الاستقرار الرابط بين العدد الكتلي A وعدل طاقة الربط النوويّة، حيث يمكن القول بأنّ معدل طاقة الربط النوويّة يساوي 8 Mev/nucleon، ومن هنا نعلم بأنّ معدّل طاقة الربط النوويّة يساوي كميّة ثابتة، وبمعنى آخر هو أنّ القوّة النوويّة مشبعة

3. القوة النووية الرابطة بين النويّات داخل النواة لا تعتمد على نوع النويّة أو على الشحنة على الإطلاق؛ لأنّ القوى الرابطة بين البروتنونات والنيوترونات أو بين بروتونين أو نيوترونين متساوية.

1-8انواع القوة النووية

تنقسم القوة النووية من حيث النوع الى قوة نووية قوية وأخرى ضعيفة وسيتم شرح كل منهما

1-8-1القوه النووية الضعيفة

تنتج القوة النووية الضعيفة عن انبعاثات أو امتصاصات بوزونات w,z طبقاً للنموذج القياسي لفيزياء الجسيمات، وتتأثر جميع الفرميونات المعروفة تأثرًا ضعيفاً. والفرميونات هي جُسيمات تملك خاصية اللف المغزلي بعدد كم مغزلي قيمته نصف عدد صحيح. يُمكن أن يكون الفرميون جُسيماً أولياً مثل الإلكترون، ويُمكن أن يكون جُسيماً مُركباً مثل البروتون. وبما أنّ كتلة بوزونات w,z أكبر بكثير من كتلة البروتونات والنيوترونات، فإنّ هذا يخلق مدى قصيراً للقوة النووية الضعيفة. وتعود سبب تسمية هذا التأثر بالضعيف إلى أنّ شدة مجاله على مدى مسافة مُعينة تكون أقل حجماً من تلك التي يصنعها التآثر القوي والتآثر الكهرومغناطيسي

انقسمت قوة التآثر الكهروضوئي إلى قوتي التآثر الكهرومغناطيسي والقوة النووية الضعيفة خلال حقبه الكوارك. يظهر أثر القوة النووية الضعيفة في الطبيعة في ظاهرة الاضمحلال التي تُصيب مُعظم الفرميونات مع مرور الوقت، ومن الأمثلة المُهمة على ذلك اضمحلال بيتا، وكذلك إنتاج الديوتريوم ومن ثمّ الهيليوم من ذرة الهيدروجين ممّا يؤدي إلى حدوث الاندماجات النووية في الشمس. يُمكنّنا هذا الاضمحلال من التأريخ

بالكربون المشع، حيث أنّ النظير كربون-14 يضمحلّ بوساطة القوة النووية الضعيفة إلى النظير نيتروجين-14.

1-8-2 القوه النووية القوية

هي القوة المتبادلة بين نيوكلونين أو أكثر وهي مسؤولة عن ربط البروتونات والنيوترونات في النواة الذرية. تكمن أهمية القوة النووية القوية في المحافظة على استقرار النواة ؛ ويحدث ذلك من خلال التغلب على قوة التنافر الكهربائية التي تنتج داخل النواة نتيجة تشابه شحنات البروتونات , كما أنها تحافظ على الروابط بين (البروتون مع البروتون، والنيوترون مع النيوترون، والبروتون مع النيوترون) بشكلٍ طبيعي بحيث تكون مستقرةً.

وبالإضافة لذلك فإن القوة النووية الكبرى أكبر من قوة الجاذبية بمقدار عشرة مرفوعة إلى القوة 38 وأكبر من القوة الكهرومغناطيسية بمقدار 100 ضعف وهو شيء متوقع ليمكنها من التغلب على قوى التنافر داخل النواة وبالتالي المحافظة على استقرارها .[10]

1-9انواع الاشعاعات النووية

1-9-1 جسيمات ألفا

هي نوى ذرة الهيليوم وتتكون من بروتونين ونيوترونين، إن طيف دقائق ألفا المنبعثة هو طيف غير مستمر أي أنها تنبعث بصورة مفردة وتنطلق من نواة العنصر بطاقة تتميز بها عن غيرها والتي تتراوح بين (4–9) MeV، إن مدى هذه الدقائق في الهواء يتراوح بين (2.5–8) cm، وبذلك فهي تمتلك قابلية واطئة على اختراق المواد [11]

1-9-2 جسيمات بيتا

تنبعث دقائق بيتا من نواة الذرة بطاقة أقل من طاقة دقائق ألفا والتي تتراوح بين (0.02–4) MeV وبشحنة سالبة، حيث يكون طيفها المنبعث مستمراً، ومدى هذه الدقائق في الهواء أكثر بحوالي 1000 مرة من مدى

دقائق ألفا بطاقة مماثلة ويتراوح بين (850cm–150cm) ، إن دقائق بيتا تسبب خطر التعرض للإشعاع بسبب قابليتها على اختراق المواد مقارنة بدقائق ألفا[11]

1-9-3أشعة كاما

هي إشعاع كهرومغناطيسي يتميز بطول موجة قصير جداً من ($3*10^{-9}$ cm) ولغاية أبعاد صغيرة جداً، تنبعث أشعة كاما من نواة الذرة حيث إنها تسير بسرعة الضوء ولا تنحرف في المجالات الكهربائية والمغناطيسية، وتنبعث بطاقات محدودة معينة تقع بين (2 MeV –0.1) ، وبذلك فإن لها قابلية عالية على اختراق المواد أكبر من الجسيمات المشحونة [11]

1-10 مصادر الإشعاع

يمكن تقسيم مصادر الإشعاع التي يتعرض إليها الإنسان إلى مصدرين رئيسين هما:

مصادر طبيعية ومصادر صناعية [12]

1-10-1 مصادر الإشعاع الطبيعي

وهي على نوعين مصادر تنشأ من خارج الأرض (الأشعة الكونية)، ومصادر مشعة في قشرة الأرض، وهذه قد تكون صادرة من العناصر المشعة بصورة طبيعية كالمواد المحلية بنا 12] [

1-10-1-1 الأشعة الكونية

وهي عبارة عن جسيمات وبروتونات تنشأ من خارج الغلاف الجوي للأرض، وإن المصدر الرئيسي لهذه الأشعة هو الشمس والمجرات، تتكون الأشعة الكونية الرئيسية من جسيمات ذات طاقة عالية، (87%) من البروتون، (12%) من دقائق ألفا، و(1%) من الإلكترونات ذات الطاقة العالية. تتفاعل الأشعة الكونية مع الغلاف الجوي عن طريق التفاعلات النووية التي تُشكل النواتج المشعة [13].

1-10-1-2 النويدات ذات المنشأ الأرضي

إن النويدات المشعة طبيعياً ذات المنشأ الأرضي هي بدائية وتكون موجودة بدرجات متفاوتة في جميع عناصر البيئة، وإن نواتج تحللها تسهم في تعرض السكان للإشعاع إما عن طريق التعرض الخارجي للمواد المشعة المترسبة على الأرض أو استنشاق المواد المشعة العالقة في الجو أو عن طريق تناول الغذاء والماء المحتوي على المواد المشعة[12]:

1-10-2 مصادر النشاط الإشعاعي الصناعي

توجد عدة عناصر للإشعاع أضافها الإنسان إلى الطبيعة واستعملها في مجالات عدة منها التفجيرات والحوادث النووية وإنتاج الطاقة الكهرونووية والاستخدامات الطبية[12].

1-10-2-1 إنتاج الطاقة الكهرونووية

يمكن استعمال الطاقة النووية لتوليد الطاقة الكهربائية حيث يتطلب الحصول على الوقود النووي كاليورانيوم مثلاً. إن الوقود النووي المستخدم في المحطات الكهرونووية يحتاج إلى وقود نووي يكون أكثر تخصيباً، وبذلك فإنه يتم تخصيب اليورانيوم الطبيعي للحصول على اليورانيوم المخصب، تكلف هذه العملية آلاف الأطنان من النفايات المشعة بالإضافة لخطورتها السمية [14.13]

1-10-2-2 السلاسل المشعة

إن النوى التي تمتلك عدد ذري أكبر من (82) تتميز بالنشاط الإشعاعي وذلك بسبب زيادة عدد البروتونات في النواة الذي يجعل قوة التنافر الكهروستاتيكية كبيرة حيث يؤدي هذا التنافر إلى تفكك بعض النوى مع إصدار جسيمات ألفا والتي تؤدي لزيادة نسبة النيوترونات إلى البروتونات في النوى الوليدة مما يؤدي إلى تفككها مع إصدار جسيمات بيتا، وهكذا تستمر السلسلة إلى أن تصل في النهاية إلى نواة مستقرة غالباً ما تكون هي نواة الرصاص. توجد في الطبيعة أربع مجموعات من سلاسل الإشعاع الطبيعية وهي سلسلة اليورانيوم وسلسلة الاكتينيوم وسلسلة الثوريوم، وسلسلة رابعة هي سلسلة النبتونيوم.[15 -16]

اسم السلسلة	عنصر نهاية السلسلة	النواة الاطول عمرا في السلسلة وعمرها النصفي	
اليورانيوم	الرصاص 206	اليورانيوم 238	year 10^{9}*4.47
الاكتينيوم	الرصاص 207	اليورانيوم 235	year 10^{8}*8.04
الثوريوم	الرصاص 208	الثوريوم 232	year 10^{10}*1.41
النبتونيوم	البزموث 209	النبتونيوم 237	year 10^{6}*2.2

يبين الجدول (1-1) أهم خصائص هذه السلاسل

1-11هدف البحث

فهم النشاط الاشعاعي من حيث طبيعته والظواهر المرتبطة به وكيف تنبعث الاشعاعات من النوى الغير مستقرة وكذلك التعرف على الاشعاعات النووية وتأثيرها على الانسان والبيئة والتعرف على استخدامات النشاط الاشعاعي في مجالات عدة منها الطب والصناعة والزراعة والطاقة وبيان الطرق الوقائية من مخاطر الاشعاع

الفصل الاول

الفصل الثاني

2-1الية حدوث النشاط الاشعاعي

عبار عن ظاهر فيزيائية يحصل خلالها انبعاث إشعاعي يحدث النشاط الاشعاعي بشكل تلقائي من بعض الأنوية للذرات وذلك لأنها غير مستقرة لسبب ما، فبعض الأنوية غير المستقرة تتحلل بشكل تلقائي أوتضمحل ويتم حدوث هذا عن طريق انبعاث جسيماتمعينة منها أو أشكال من الطاقة الكهَرومغناطيسية، والتحلل الإشعاعي إضافة إلى حدوثه الطبيعي لبعضالعناصر إلا أنه هناك أيضا نظائر للعناصر يتم إنتاجهاصناعيا وتكون نظائر مشعة ويحدث لها التحلل الإشعاعي. لسبب الرئيسي لإشعاع العناصر والذرات هو أنها تحتوي على تركيب يسمح للإلكترونات بالانحصار في داخل النواة، وتتحرك فقط بحسب طاقتها، وكلما كانت الطاقة قليلة، كلما سمح هذا للإلكترون بالحركة في المدار الخارجي للنواة، وكلما زادت طاقة الإلكترون ظل محصوراً في النواة، أي أنهاعلاقة عكسية.

قسم العلماء الأشعة إلى ثلاثة أقسام وهي:)ألفا وكاما وبيتا) أشعة ألفا التي تُعد من أساسيات دراسة هذه الظاهرة، نواة ذرة ذرةالهيليوم، وشحنتها موجبة، حيث تضم نيوترونين وبروتونين، أما أشعة بيتا فهي الإلكترونات وتتميز بأن طاقتها مرتفعة، وعند تعرضها لأي نشاط إشعاعي يصدرعنها طاقة نووية تُحول النيوترون إلى بروتون – تتميزأشعة كاما بأن لها خاصيتين مغناطيسية وكهربائية، أي أنها أشعة كهرومفناطيسية، وتكون على شكل فوتونات سريعة لها نفس سرعة الضوء ولها قدرة على اختراق الأجسام، كما أنً أطوالها الموجية صغيرة، وليس لها أي شحنة.– من أشهر العلماء الذين درسوا هذه الظاهرةأيضا مدام كوري التي درست العناصر المشعة واكتشفت المزيد منها مثل الراديوم والبلوتونيوم.[17]

2-2التحلل الاشعاعي

هو العملية العشوائية التي تفقد فيها النواة طاقتهابانبعاث الإشعاع، وعادة ما يكون هذا الإشعاع علىشكل جسيمات ألفا (نوى الهليوم)، أو جسيمات بيتا(إلكترونات أو بوزيترونات)، أو أشعة جاما (فوتونات عاليةالطاقة)، حيث تتناقص طاقة النواة، مما يجعلها أكثراستقرارًا، وفي جميع عمليات

يستخدم التحليل الإشعاعي مثلاً في تحليل الماء إلىمكوناته من الهدروجين وألاكسجين باستخدام أشعة ألفا تقترن التفاعلات المتعلقة بالتحليل الإشعاعي للماء عادةبتشكل العديد من الأنواع الكيميائيه[18]

2-3أنواع التحلل الاشعاعي

1.انحلال ألفا

يحدث انحلال الفا عندما ينبعث جسيم موجب الشحنة، مطابق لنواة الهليوم 4، تلقائيًا، يتكون هذا الجسيم، المعروف باسم جسيم ألفا، من بروتونين واثنين من النيوترونين، ويحدث تحلل ألفا عادة في النوى الثقيلة مثل اليورانيوم أو البلوتونيوم، ونظرًا لأن جسيم ألفا أكبر نسبيًا من الأشكال الأخرى للانحلال الإشعاعي، فيمكن إيقافه بواسطة ورقة ولا يمكنه اختراق جلد الإنسان، كما ويكوننطاق جسيم ألفا قصير، لذا فإذا تم تناول عنصر تحلل ألفا، قد يلحق ضررًا كبيرًا بالأنسجة[18]

2.انحلال بيتا

تطلق الذرات جسيمات بيتا من خلال عملية تعرف باسم تحلل بيتا، ويحدث تحلل بيتا عندما تحتوي الذرة على عدد كبير جدًا من البروتونات أو عددًا كبيرًا جدًا من النيوترونات في نواتها، ويمكن أن يحدث نوعان من تحلل بيتا، والنوع الأول هو اضمحلال بيتا الإيجابي، حيث يطلق جسيم بيتا موجب الشحنة يسمى البوزيترونوالنيوترينو، والنوع الآخر اضمحلال بيتا السلبي، حيث يطلق جسيم بيتا سالب الشحنة يسمى الإلكترون ومضاد النيترينو، والنيوترينو ومضاد النوترينو عبارة عن جسيمات أولية عالية الطاقه[19]

3.انحلال كاما

هو تحلل فيزيائي لا يتغير نوع العنصر، فالنواة تحتفظ بنفس الأعداد الأصلية من بروتونات ونيوترونات، وكل مافي الأمر أنها تهبط من حالة إثارة إلى حالة أقل إثارة عن طريق إصدار فوتون من أشعة غاما، وتستمر عملية الهبوط من حالة إثارة إلى أخرى مع إصدار فوتون من أشعة غاما في كل مرة حتى تصل إلى الحالة القاعية وتصبح مستقرة. والعنصر لا يتغير في هذه العملية إلاأنه يفقد الطاقة الزائدة.

وهناك التحلل الداخلي، حيث تمتص النواة واحدا من الإلكترونات المدارية الداخلية في الذرة ويتحول أحد البروتونات في النواة إلى نيوترون،[19]

4.التقاط الإلكترون

يحدث التقاط الإلكترون عندما يكون هناك عدد كبير جدًامن البروتونات في النواة، حيث لا تمتلك النواة طاقة كافيةلانبعاث البوزيترون. في هذه الحالة، يتم التقاط أحدالإلكترونات المدارية بواسطة بروتون في النواة، وهذا ينتج نيوترونًا ونيوترين و ينبعث عن طريق تغيير عدد البروتونات.[19]

2-4تفاعل الاشعاع مع المادة

2-4-1.تفاعل الجسيمات المشحونه الثقيلة مع المادة

عندما يتم التصادم بين جسيم ثقيل مشحون بذرة المادة، فإنه يكسبها جزء من طاقته تكفي لإثارتها أو تأينها، وإذاكانت كمية الطاقة المكتسبة أكبر من طاقة التأين فإن الإلكترون المتحرر ينطلق بطاقة حركية تساوي الفرق بين الطاقتين.[20]

2-4-2.تفاعل الجسيمات الخفيفه مع المادة

عندما تكون طاقة الإلكترونات أو البوزيترونات صغيرة تفقد هذه الإلكترونات طاقتها في إثارة أو تأين ذرات المادة. نظراً لصغر كتلة الإلكترون تكون سرعته عالية نسبياً بالنسبة لسرعة جسيمات ألفا التي لها الطاقة نفسها. وهذا يؤدي إلى انخفاض احتمال التأين لأن زمن وجود الإلكترون بالقرب من الذرة صغير جداً.[20]

2-4-3تفاعل الجسيمات غير مشحونه مع المادة

لا يحدث التفاعل مع الإلكترونات، وفي هذا التفاعل تفقدالجسيمات غير المشحونة (النيوترونات) طاقتها بواسطة:التصادم مع الأنوية الخفيفة (التصادم المرن):تتناسب كمية فقد الطاقة عكسياً مع كتلة النواة، فكلما زادت كتلة النواة قلت الطاقة المنتقلة، لذلك يعتبرالهيدروجين أنسب المواد التي تفقد عليها النيوترونات طاقتها، ولذلك يستخدم الهيدروجين أو المواد الغنية به مثلا لبارافين (الشمع) في تهدئة النيوترونات في المفاعلات النووية.[20]

2-4-4تفاعل الاشعه الكهرومغناطيسية مع المادة

تفاعل الكتروضوئي

وتسمى الظاهرة الالكتروضوئي، وفي هذا التفاعل يتفاعلالفوتون (أشعة جاما) مع أحد الإلكترونات المرتبطة بالذرة.فيختفي الفوتون تماما ويظهر الإلكترون الذري منطلق ويسمى الإلكترون الضوئي ويحمل طاقة تساوي الفرقبين طاقة الفوتون الساقط وطاقة ربط الإلكترون بالذرة.

إنتاج الأزواج

عندما يتفاعل الفوتون (أشعة جاما) مع النواة يختفيتماما هذا الفوتون ويظهر بدلاً عنه إلكترون وبوزيترون وتحدث هذه الظاهرة عندما تكون طاقة جاماالساقطة أكبر من 1.022 Mev، وبعد ذلك يفقد كل منالإلكترون والبوزيترون طاقتهما الحركية نتيجةللتصادمات المتتابعة مع الذرات حتى يصلا إلى السكون. ويتفاعل الإلكترون مع البوزيترون ويكونا فوتونين طاقة كلمنهما 0.511Mev (أشعة الفناء).[20]

5-2اختراع الاشعاع في المواد

أعلن دبليو سي رونتجن عن اكتشاف الأشعة فيديسمبر 1895 بعد سبعة أسابيع من العمل الدؤوب الذيدرس خلالها خصائص هذا النوع الجديد من الإشعاعالقادر على اختراق حواجز ذات سماكة ملحوظة. أطلقعليها اسم الأشعة السينية للتأكيد على أن طبيعتها كانتمجهولة آنذاك. أثار نبأ هذا الاكتشاف اهتمامًاجماهيريًا واسعًا، كما حفّز أبحاثًا مكثفة في عدةمجالات. بدأ الأطباء والفيزيائيون في يناير 1896 باستخدام الأشعة السينية على المرضى لفحص ال ثم الرئتين وأعضاء أخرى. [21]

الفصل الثالث

3-1 المقدمة

النشاط الإشعاعي يعد من الظواهر الطبيعية المهمة التي اكتشفها العالم هنري بيكريل في أواخر القرن التاسع عشر، حيث يتمثل في انبعاث إشعاعات من نوى الذرات غير المستقرة على شكل جسيمات أو موجات كهرومغناطيسية. وقد أسهمت هذه الظاهرة في إحداث ثورة علمية كبيرة في مجالات متعددة، لما لها من خصائص فريدة في القدرة على اختراق المواد والتأثير فيها.

ومع تطور العلم والتكنولوجيا، توسعت استخدامات النشاط الإشعاعي لتشمل مجالات حيوية

ورغم فوائده الكبيرة إلا أن استخدامه يتطلب حذرًا شديدًا نظرًا لتأثيراته الخطيرة على صحة الإنسان والبيئة في حال التعرض له بجرعات عالية أو دون ضوابط. لذلك، يتم التعامل معه وفق معايير وإجراءات سلامة دقيقة لضمان الاستفادة منه بأمان ومن اهم الاستخدامات

3-2الاستخدامات في الطب

يستعمل عدد من النظائر المشعة للأغراض العلاج الطبي، وخاصة الأورام السرطانية وبعض الحالات المرضيةالأخرى. إن استخدام الأشعة السينية وأشعة كاما فيالعلاج الطبي أصبح واسع الانتشار بعد فترة مناكتشاف الأشعة السينية واكتشاف الإشعاع، وبواسطةالنظائر المشعة أصبح ممكناً دراسة بعض الأعمالالحيوية في أعضاء مختلفة من الجسم وتحديد حالتهاالصحية وتشخيص أمراضها. إن هذا التقدم فياستخدام الإشعاع في التشخيص والعلاج حدث معظمهبعد الإنتاج الصناعي للمصادر المشعة والمركباتالكيميائية بعد عام 1940 [22]

تخدم المستشفيات والأطباء وأطباء الأسنان مجموعةمتنوعة من المواد والإجراءات النووية لتشخيص ومراقبةوعلاج طيف واسع من العمليات والحالات الطبية لدىالبشر.أنقذت الإجراءات الطبية التي تستخدم الإشعاعآلاف الأرواح من خلال الكشف عن حالات مرضيةوعلاجها، بدءًا من فرط نشاط الغدة الدرقية وصولًا إلىسرطان العظام. [22]

تتضمن أكثر هذه الإجراءات الطبية شيوعًا استخدامالأشعه السينيه ، وهي نوع من الإشعاع قادر علىاختراق الجلد. عند تصوير العظام والأنسجة الأخربالأشعة السينية، تُلقي ظلالًا لأنها أكثر كثافة منالجلد، ويمكن رصد هذه الظلال على فيلم التصوير. وهذاما يسمح للأطباء وأطباء الأسنان باكتشاف الكسورومشاكل

الأسنان.يستخدم الأطباء أيضاً الفوسفور-32 لتشخيص الأورام الخبيثة، وذلك لأن الخلايا السرطانيةتتراكم فيها الفوسفات بكميات أكبر من الخلايا الطبيعية.[22]

بالإضافة إلى ذلك، يُستخدم التكنيتيوم-99م أيضًا مع أجهزة المسح الإشعاع.

- تشخيص الأمراض
- التصوير بالطب النووي
- استخدام النظائر المشعة لتصوير الأعضاء الداخلية
- علاج السرطان
- العلاج الإشعاعي (مثل العلاج بالأشعة السينية)
- العلاج بالنظائر المشعة (مثل اليود المشع لعلاج سرطانالغدة الدرقية)
- علاج الأمراض
- استخدام النظائر المشعة لعلاج أمراض معينة (مثل استخدام الفوسفور المشع لعلاج بعض أنواع السرطان)[22]

4-3الاستخدمات في الصناعة

القيمة الأساسية للنشاط الإشعاعي في الصناعة هي قدرته على توفير معلومات دقيقة وغير تلامسية من داخل الأجسام المغلقة أو العمليات المعقدة. من خلال تسخيرالسلوك المتوقع للانحلال الإشعاعي، نكتسب قدرة لا مثيل لها على رؤية وقياس وتعديل المواد بطرق قد تكون مدمرةأو غير فعالة بخلاف ذلك.

4-3-1 فحص المواد

- استخدام الإشعاع لفحص جودة المواد (مثل فحص اللحامات)هذا أمر بالغ الأهمية لفحص سلامة اللحامات في خطوط الأنابيب، وأوعية الضغط، ومكونات الطائرات، وكشف الشقوق الخفية، والفراغات، أو العيوب التي قدتؤدي إلى فشل كارثي.
- الكشف عن العيوب في المواد
- قياس السماكة هذا أمر بالغ الأهمية لفحص سلامة اللحامات في خطوطالأنابيب، وأوعية الضغط، ومكونات الطائرات، وكشفالشقوق الخفية، والفراغات، أو العيوب التي قد تؤدي إلىفشل كارثي.
- استخدام الإشعاع لقياس سماكة المواد (مثل الأوراق، المعادن) [23]

4-4الاستخدامات في الزراعة

1. تحسين المحاصيل

- استخدام الإشعاع لتحسين جودة المحاصيل وزيادةالإنتاجية

- إنتاج أصناف جديدة من النباتات مقاومة للأمراضوالجفاف

2. مكافحة الآفات

- استخدام الإشعاع لمكافحة الآفات الزراعية مثل تعقيمالذكور

- تقليل استخدام المبيدات الكيميائية

3. حفظ الأغذية

- استخدام الإشعاع لحفظ الأغذية وتقليل الفاقد

- تحسين سلامة الأغذية بتعقيمها

4. دراسات التربة

- استخدام النظائر المشعة لدراسة حركة العناصرالغذائية في التربة[23]

4-5الاستخدمات في البحوث العلمية

- دراسة التفاعلات النووية

- استخدام النظائر المشعة لدراسة التفاعلات النوويةوالفيزياء النووية

- تحليل المواد

- استخدام الإشعاع لتحليل تركيبة المواد ودراسةخواصها

- دراسات البيئة

- استخدام النظائر المشعة لدراسة حركة الملوثات فيالبيئة

- تتبع حركة المياه الجوفية والرسوبيات

- دراسات الطب الحيوي

- استخدام النظائر المشعة لدراسة العمليات الحيويةوالأمراض[24]

4-6مزايا النشاط الاشعاعي

الصحة: يمكن استخدام الإشعاع في العمليات الطبية، وفي العديد من علاجات السرطان وطرق التصويرالتشخيصي.

الطاقة : يسمح لنا الإشعاع بإنتاج الكهرباء عن طريقالطاقة الشمسية والطاقة النووية

البيئة وتغير المناخ: يمكن استخدام الإشعاع لمعالجةمياه الصَّرف الصحي أو لاستيلاد أصناف جديدة منالنباتات القادرة على مقاومة تغيُّر المناخ.

الصناعة والعلوم: باستخدام التِّقنيات النَّووية القائمةعلى الإشعاع، يمكن للعلماء تفحُّص قطع قديمة أو إنتاجمواد ذات خصائص مُميَّزة كما هو الحال في مجالصناعة السَيارات.[24]

4-7عيوب النشاط الاشعاعي

1.تأثيرات صحية

- التعرض للإشعاع يمكن أن يسبب أمراض مثلالسرطان مع تقليل انتاج كريات الدم الحمراء مما يؤثرعن جهاز الحمايه وإضافه الى جهاز الهضمي.والجرعات العاليه قد تلحق ضررا بالأعضاء الحيوية مثلالقلب والأوعية الدموية والدماغ والجلد.

2.تأثيرات جنينية محتملة

كما أن تعريض خلايا النطاف والبويضات للإشعاع قديرفع بشكل طفيف من خطر حدوث عيوب جينية فيالأجيال القادمة.

3.مخاطر أمنية

- إمكانية استخدام المواد المشعة في أسلحة نوويه
-استخدام المواد المشعة في أسلحة إشعاعية
- تلوث المناطق المأهولة بالمواد المشعة
- استخدام المواد المشعة في أغراض غير مشروعة
- خطر صنع أسلحة إشعاعية بدائية

4.تأثير على البيئة

- تراكم المواد المشعة في التربة
- تأثير على نمو النباتات
- تلوث المياه الجوفية والسطحية
- تأثير على الحياة المائية
- تراكم الإشعاع في الحيوانات
- تأثير على سلاسل الغذائية
- تأثيرات محتملة على التغير المناخي
- انتقال المواد المشعة من خلال الغذاء
-تأثير على جودة الهواء
- إطلاق غازات وجسيمات مشعة في الهواء.
- صعوبة تنظيف المناطق الملوثة[25]

المصادر

[١] محمد حبيب بركات ، "أساسيات الفيزياء النووية " ، دكتوراه جامعة سيكس برطانيا دار الفكر والنشر ٢٠٠٨

[٢]. .Shultes and R . E .Faw ," Fundamentals of Nuclear Science and. .
٢٠٠٢Engineering" , copyright by Marced Dekker ,

[٣]S .P .Sahu , "Basic Nuclear Physics " , Published by Campus Books
. ٢٠١٠International ,

[٤]محمد احمد محمود جمعة وصلاح الدين مصطفى كمال ، "الإشعاع الذري دليل طرق
.١٩٨٩ الوقاي

[٥]. محمد هاشم البشير (١ يناير ٢٠١١)فيزياء الكون الحديثه
Sharon bertsch mcgrayne George bertsch James Trefil Atom

[٦]. C.R. Nave (٢٠٠٦). HyperPhysic Georgia StateUniversity. Accessed
٢٠٠٨st, ١March

[٧] .Nuclear Energy: Principles, Practices, and .(٢٠٠٥)David ،Bodansky
.nd). New York: Springer Science + Business Media, LLC٢ .ط) *Prospects*
ص٦٢٥

[٨]Introductory weinheim. (٢٠٠٤)Samuel S.M. ،Wong
nuclear physic(ط.nd٢)

[٩ibcode[Über den Bau der Atomkerne. II". Zphys b".(١٩٣٢)W. ،Heisenberg
١٩٣٢

[١٠Binding Energy mass Defect furry Elephant physics educational.]

[١١] موسى الجانبي سعد حمادي القريشي مبادى علوم النوويه والفيزياء النوويه ١٩٩٠

[١٢]Al , M.SC Physics , Karim .S .M- Mustansiriyah University،٢٠٠٤.

[١٣]. Spatium , " Cosmic Rays" , Published by the Association Pro ISS .
، ١١Institute , No ، ٢٠٠٣

[١٤]. Ataby ,Ph.D Physics , University of Baghdad , -N .R .Al ٢٠٠٥.

[١٥]. F. Barnaby " How to Build anuclear Bomb and other Weapons of Mass Destruction" ، Scanned by PAC , New York , ٢٠٠٤

[١٦]. محمد فاروق احمد واحمد بن محمد السريع ، " مبادئ الإشعاعات المؤينة والوقاية منها " ٢٠٠٧.

[١٧]. فريدريك سودي، "العناصر المشعة والقانون الدوري"، أخبار الكيمياء، العدد ١٠٧، ١٩١٣،

[١٨] Radioactive Decay isaac Editd

[١٩]. Alpha Decay atom carchive .com Editd

[٢٠] جامعة دمشق كلية العلوم محاضرات د.ماجدة النحيلي و د. بيداء الاشقر ٢٠١٤

[٢١] م. توبيانا معهد غوستاف روسي فليجويف

[٢٢] موقع LibreTexts التطبيقات الطبيه والاثار البيولوجيه للإشعاع النووي

[٢٣]. الاشعاع المؤين واثاره الصحيه منظمه الصحه العالميه WHO

[٢٤] ملتقى الفيزيائيين العرب النشاط الاشعاعي واستخداماته
الوكاله الدوليه للطاقه الذريه قسم منشورات الفيزياء النوويه
كتب ومراجع معتمده بلجامعات لفيزياء النوويه
الاشعاع المؤين وأثاره الصحيه.

[٢٥]. موسى الجنابي ، سعد حمادي القريشي ورياض شريف كامل مبادى العلوم النوويه دار الشؤن العامه ١٩٩٠