



جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا  
كلية الدراسات العليا

# الإشعاع وأثر النفايات المشعة

بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير في الفيزياء

**Athesis Submitted for Partial Fulfillment  
Requirement for The Academic of Master Degree In  
Physic**

إعداد الطالبة :

السارة الرضي المهل حسين

إشراف :

د. أحمد الحسن الفكي

سبتمبر 2015م

# الآية

قال تعالى :

((فَاطِرُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ جَعَلَ لَكُمْ أَنْفُسَكُمْ أَزْوَاجًا وَمِنَ  
أَمْزَاجٍ أَزْوَاجًا يَذُرُّكُمْ فِيهِ لَيْسَ كَمِثْلِهِ شَيْءٌ وَهُوَ السَّمِيعُ  
الْبَصِيرُ))

صدق الله العظيم

سورة الشورى الآية (11)

# الإهداء

إلى روح أبي

إلى أمي الحبيبة

إلى إخوتي

إلى زوجي

وأبنائي

إلى صديقاتي

إلى كل من ساعدني خلال هذا المشوار

# الشكر والعرفان

الحمد لله والشكر له من قبل ومن بعد على هذه النعمة ولتوفيقه لي لإكمال هذا العمل،،،

وكل الشكر إلى الدكتور/ أحمد الحسن الفكي لإشرافه ومساعدته لي في هذا البحث،،،

وأخص بالشكر والدتي العزيزة التي منحتني الدعم والتي تعبت وسهرت من أجلي ومن أجل أبنائي ورعايتهم،،،

وشكر خاص لكل صديقاتي لمساندتهن لي وشكري إلى إخواني وأخواتي،،،

## المستخلص

يُعتبر التلوث الإشعاعي من أخطر أنواع التلوث وينجمُ هذا التلوث من النفايات والأجهزة الإشعاعية. في هذا البحث دُدد نوع الإشعاع وحُدِّدت أنواع النفايات المُشعة وأثرها وعُولجت مشكلة النفايات المشعة على حسب نوعها سواء كانت سائلة أو غازية أو صلبة بعد مرورها بعدة مراحل مثل المعالجة وإزالة التلوث والتجهيز والتخزين والدفن. كما تعرف البحث لتأثير الأجهزة الإشعاعية في التلوث أيضاً. وأجريت تجربة توضح العوامل المؤثرة على شدة الإشعاع لجهاز أشعة إكس وأوضحت التجربة تأثير جُهد أشعة إكس وزمن التعرض على شدة الإشعاع حيث تتناسب الشدة طردياً مع الجهد وعكسياً مع زمن التعرض .

## **ABSTRACT**

Radiation pollution is one of the most dangerous pollution. This pollution result from radiation waste and radiation instruments In thisresearch the behavior of ionized radiation and radiation type has been investigated.

The radiation waste and their effect are also introduced.

The radiation waste problem has been treated according to it is type (liquid gasses and solid) through different stage such as treatment and isolation of pollution in addition the preparation, storage and digging.

The research also study the effect of radiation instrument in position also an experiments on X-ray instrument was made to know the factors effecting radiation intensity. The experiment indicated that the X-ray voltage and exposure time effect radiation intensity. Where the intensity is directly proportional to the voltage and inverse proportional to the exposure time.

## فهرس المدتويات

رقم الصفحة	الموضوع
I	الآية
II	الإهداء
III	الشكر والعرفان
IV	ملخص البحث
V	Abstract
VI	الفهرس

### الفصل الاول

1	1.1 المقدمة
1	2.1 أهداف البحث
1	3.1 دراسات سابقة
2	4.1 محتوى البحث

### الفصل الثاني

4	2. الإشعاع الذري
5	1.2 أنواع الإشعاع
5	1.1.2 الأشعة السينية
6	2.1.2 أشعة جاما
6	3.1.2 أشعة بيتا
6	4.1.2 أشعة ألفا

7	2.2 مصادر الإشعاع الذري
7	1.2.2 المصادر الطبيعية

VI

8	2.2.2 المصادر الصناعية
8	3.2 فوائد وأضرار الإشعاع
8	1.3.2 فوائد الإشعاع
9	2.3.2 أضرار الإشعاع
10	4.2 التأثيرات الإشعاعية
10	1.4.2 التأثيرات غير العشوائية
10	2.4.2 التأثيرات العشوائية
<b>الفصل الثالث</b>	
<b>13</b>	<b>3. النفايات المشعة</b>
13	1.3 تعريف النفايات المشعة
14	2.3 تصنيف النفايات المشعة
14	1.2.3 حسب الحالة الطبيعية
15	3.2.2 حسب المستوى الإشعاعي
16	3.3 مصادر النفايات المشعة في دورة الوقود النووي



17	4.3 المخاطر الإشعاعية
18	5.3 الأخطار البيئية للمخلفات المشعة
19	6.3 تلوث التربة بالمخلفات المشعة
19	7.3 التخلص من النفايات المشعة
20	1.7.3 التجميع
21	2.7.3 المعالجة
24	3.7.3 التجهيز
26	4.7.3 التخزين
26	5.7.3 الدفن
27	8.3 النفايات عالية الإشعاعية
28	1.8.3 التخلص النهائي من النفايات المصلبة عالية الإشعاع

<b>الفصل الرابع</b>	
<b>30</b>	<b>4. المفاعلات النووية</b>
30	1.4 المقدمة
31	2.4 فيزياء المفاعل النووي
33	3.4 مكونات وتركيب المفاعلات النووية
35	4.4 تصنيفات المفاعلات النووية
35	1.4.4 مفاعلات الماء
36	2.4.4 مفاعلات الماء الثقيل
37	5.4 المفاعلات الغازية الجرافيتية
37	6.4 مفاعلات النيوترونات المعجلة
<b>الفصل الخامس</b>	
<b>41</b>	<b>5. الحلول والقواعد المتبعة في المنشآت النووية</b>
41	1.5 القواعد الفنية للسيطرة على محيط العاملين
44	2.5 قواعد العمل لضمان سلامة العاملين
<b>الفصل السادس</b>	
<b>53</b>	<b>6. العوامل المؤثرة على شدة الإشعاع</b>
53	1.6 المقدمة
53	2.6 الأجهزة والأدوات
53	3.6 الطريقة والخطوات
54	4.6 القراءات
<b>54</b>	<b>5.6 المناقشة</b>
<b>55</b>	<b>6.6 الخاتمة والاستنتاج</b>
<b>56</b>	<b>المراجع</b>

# الفصل الأول

## 1-1 المقدمة:

النفايات بصفة عامة هي كل المواد التي خلص الانسان من إستخدامها واصبحت غير ذات جدوي ونريد التخلص منها .

النفايات المشعة هي مصطلح يطلق علي كل المخلفات التي تحتوي علي مواد إشعاعية غالبا ما تنتج من عمليات الإنتاج النووي كالإنشطار النووي ولكن هنالك الكثير من الصناعات التي تنتج مخلفات إشعاعية ولا تتم فيها تفاعلات نووية مازال التخلص من المخلفات الإشعاعية قضية شائكة تواجه الصناعات والمنشآت النووية وكان هناك قناعة سابقة بأن هذه القضية قد تم حلها إلا أن تقريراً صادرا عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية عام 2007 أظهر أن التخلص عبر الدفن العميق لا يستطيع منع المخلفات الإشعاعية من الوصول الي التربة ومصادر المياه وتهديد وجود الكائنات الحية علي سطح هذا الكوكب.

### 1-2 أهداف البحث:-

1. التعرف علي الإشعاع وأنواعه ومصادره وأضراره.
2. التعرف علي النفايات المشعة وأنواعها وكيفية التخلص منها.
3. التعرف علي الحلول والقواعد المتبعة لتلافي الإشعاعات الناتجة من المنشآت النووية والمناطق التي تستخدم مواد مشعة.

### 1-3 دراسات سابقة:-

ذكر الدكتور مطاوع الأشهب عام(1991م) في دراسة له عن النفايات المشعة أن في جميع المنشآت التقنية النووية توضع المواد المشعة أو مياه الصرف في خزانات تجميع شديدة الإحكام عندما يبين القياس أن تركيز نشاط هذه المواد أو المياه دون المقادير المسموح بها يمكن تحويلها في مجال الصرف أو في أنهار أو في غيرها وفي خلاف ذلك فإنه من الضروري إبعاد النيكليدات المشعة قبل تحويل المياه الي الأحواض يمكن في حالات استثنائية تخفيف كثافة كميات صغيرة من الماء ضعيفة الإشعاع بحيث يصل تركيزها المقدار المسموح به ومن ثم يجري تحويلها وأن النفايات الناجمة لدي عملية إزالة التلوث كرواسب الطمي وترسبات التبخر تمزج مع الأسمنت أو تثبت في الزفت يتم تبخر الماء المتبقي لدي وضعه في زفت ساخن ويشترط في عملية جيدة لإزالة تلوث الأشياء الصلبة أن تكون لها سطوح ملساء مقاومة للتآكل ترد الماء ما أمكن وغير قابلة للتفاعل كيميائياً.

وفي دراسة للأستاذ علي محمد جمعة عام(2000م) ذكر بأن مصادر الإشعاع يمكن أن تنتج من التسرب أثناء تشغيل المفاعل النووي الي البيئة المحيطة بمعدل يمكن التحكم فيه وينتج الإشعاع أيضاً عن مصانع معالجة الوقود وتحضيره وغير ذلك من العمليات المرافقة. يتدفق الإشعاع من المفاعل بعدة طرق فهناك تدفق إشعاعي للهواء حيث تنفث المداخل النووية أطناناً من الغازات التي تحمل بين طياتها جسيمات إشعاعية ثم تنزل هذه الجسيمات الي الإنسان بعدة طرق فقد إمتصها مباشرة عن طريق الإستنشاق والتنفس أو عن طريق الأكل والشرب بعد ترسبها في المحاصيل والنباتات ويتم تخزين النفايات النووية في حاويات تحت الأرض وهذه النفايات ذات مستوي إشعاعي معين ومن ثم يتسرب

الإشعاع منها الي الإنسان والحيوان وهناك وسيلة متبعة للتخلص من النفايات وذلك بإلغائها في البحر وذلك يجلب مشكلة أخرى للتلوث بحيث تتلوث الحياه المائية.

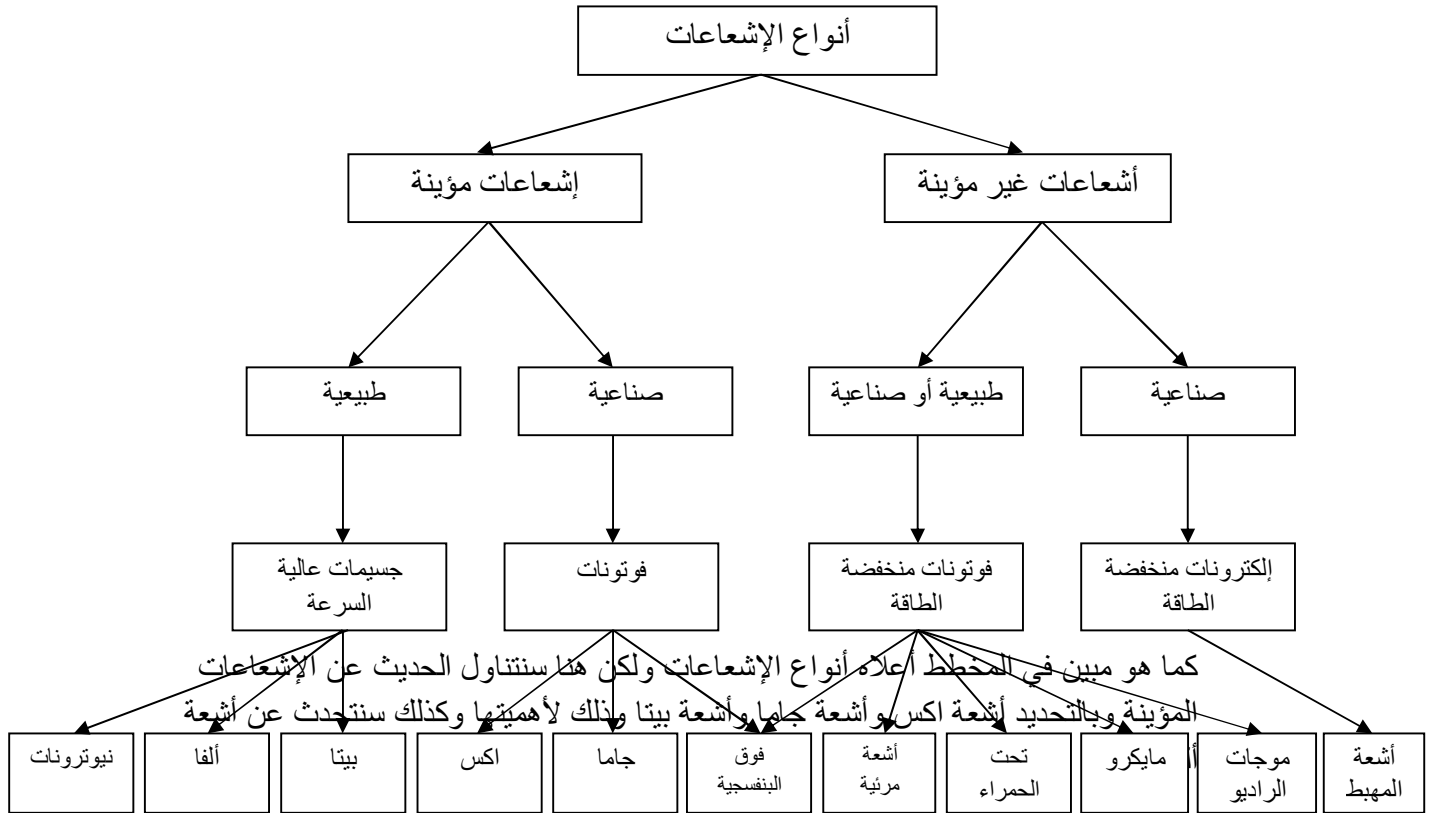
#### 4.1 محتوى البحث:-

يضم هذا البحث عدة فصول حيث يتناول في الفصل الأول مقدمة عن الإشعاع واثره والنفايات المشعة وأثرها واضرارها علي صحة الانسان والهدف من دراسة البحث وهو كيفية التخلص من النفايات المشعة كما تم ذكر الدراسات السابقة ومحتوي هذا البحث وفي الفصل الثاني يتحدث عن الإشعاعات وانواعها ومصادرها والاضرار التي يسببها الإشعاع بالنسبة لبيئة الانسان اما الفصل الثالث يتحدث عن النفايات المشعة وانواعها ( السائلة والصلبة والغازية) ومصادرها وكيفية التخلص منها ويذكر الفصل الرابع المفاعلات النووية وانواعها وفي الفصل الخامس يذكر الحلول والقواعد المتبعة في المنشأة النووية لتفادي الإشعاعات. وفي الفصل السادس تجربة عملية لتوضيح العوامل التي تؤثر في شدة الاشعاع

# الفصل الثاني

## 2. الإشعاع الذري :

هو ذلك النوع من الأشعة الذي يملك القدرة على النفاذ ومن ضمنها أجسام الكائنات الحية لمسافات مختلفة ، وهي الأشعة السينية ، أشعة جاما ، أشعة بيتا بالإضافة للنيوترونات وهي أيضاً تسمى بالأشعة المؤينة ، وذلك لأنها تؤدي إلى تحويل الذرة إلى أيون موجب وتختلف هذه الأشعة من الضوء المرئي وموجات المذياع مثلاً وهي من أشكال الأشعة ولكنها لا تعد ضمن الإشعاع الذري وذلك لعدم قدرتها على الإنشطار في كل من الذرات والجزيئات.



### 1.2 أنواع الإشعاعات المؤينة :

#### 1.1.2 الأشعة السينية :

تم اكتشاف هذه الأشعة بواسطة العالم رونتنجن (Rontgen) عام (1895م) أثناء إجرائه لبعض التجارب على أشعة المهبط وكان شديد الاهتمام بتجارب هذا النوع من الأشعة التي لم تكن تعرف ماهيتها وقتئذٍ، وللحصول على أشعة المهبط كان رونتنجن يقوم بوضع جهد عالي بين قطبين موضوعين داخل أنبوبة زجاجية منخفضة الضغط، حيث تمكن من مشاهدة

مسار أشعة المهبط والتيار الكهربائي داخل الأنبوبة نتيجة تأين ذرات الغاز المتبقية في الأنبوبة إذ تطلق ضوءاً مرئياً عند عودة الإلكترونات إلى مداراتها حول نوى الذرات.

ولأهمية هذا الأمر فقد أنشأ رونتجن مختبراً خاصاً لهذا الغرض وكان مهتماً بصورة خاصة في تفلورسيانيد الباريوم وظاهرة التفلور هي خاصية تمتاز بها المركبات وتتخلص بقدرتها على امتصاص الطاقة عند تعرضها للضوء والإمساك بها قليلاً، ثم إطلاقها كضوء بطول موجي أكبر وهي تشبه ظاهرة التفلسف إلا أن المركبات في هذه الحالة تمسك الطاقة مدة أطول قبل إطلاقها.

عندما كان رونتجن يعمل في غرفة مظلمة حيث قام بتمرير تيار كهربائي خلال أنبوبة أشعة المهبط التي كانت محاطة تماماً بورق مقوى أسود اللون بحيث لم يكن يربد التفلور الحاصل بداخل الأنبوبة وكانت دهشته كبيرة حيث شاهد حزمة من الضوء تبعد عدة أقدام من الأنبوبة منبعثة من ورقة مطوية بسيانيد الباريوم البلايني وبإيقاف وتشغيل جهازه يتأكد له أن ظاهرة التفلور التي شاهدها مرتبطة بأنبوبة أشعة المهبط.

ونظراً لمعرفته بأن أشعة المهبط لا يمكنها قطع هذه المسافة لقصر مداها. استنتج أنه قد أنتج نوعاً آخر من الأشعة أشد قدرة من أشعة المهبط ولعدم معرفته بها وماهيتها أسماها أشعة أكس وتسمى أيضاً بالأشعة السينية ولم تعرف ماهية هذه الأشعة إلا بعد ستة عشر عاماً من اكتشافها.

لقد أثبتت الدراسات أن هذه الأشعة الجديدة لها قدرة على اختراق عدد من المواد المعتمدة للضوء مثل الورق والخشب وصفائح المعادن وأثناء انشغال رونتجن في إحدى تجاربه على تلك الأشعة وقعت يده مصادفة بين أنبوب أشعة المهبط وشاشة التفلور فشاهد صورة عظام يده على الشاشة وباستخدام لوح فوتوغرافي أخذ رونتجن أول صورة بالأشعة السينية ليد زوجته ، وبالتالي عرفت أهمية هذه الأشعة في الطب، وقبل انتهاء القرن التاسع عشر صنع جهاز أشعة سينية متنقل لمساعدته في تحديد مكان الطلقات والشظايا في أجساد مرضى الحروب ولا يخفى بالطبع أهمية هذا الاكتشاف وخاصة في المجالات الطبية.

### 2.1.2 أشعة جاما (Ray --- $\gamma$ ) :

هي عبارة عن موجات مثل موجات أشعة أكس ولكن طولها الموجي أقصر، إذ يتراوح ما بين ( $10^{-8}$  –  $10^{-11}$  سم) تقريباً وتعتبر أقصر الأشعة المعروفة حتى الآن وقدرتها على النفاذ أكبر من أشعة ألفا وبيتا وأشعة أكس أيضاً إلا أنها تستطيع خرق الهواء لعدة مئات من الأمتار ولا يوقفها إلا عدة سنتيمترات من الرصاص أو بضعة أمتار من الخرسانة ولكن قدرتها على التأين أقل بكثير من أشعة بيتا.

### 3.1.2 أشعة بيتا (Ray --- $\beta$ ) :

هي عبارة عن سيل من الإلكترونات السريعة التي تنبعث من النواة وليس من الإلكترونات التي تسبح حول النواة ولكن من أين تأتي هذه الإلكترونات ونحن ندري أن مكونات النواة هي عبارة عن بروتونات موجبة ونيوترونات متعادلة كهربياً؟ ويمكن أن نعتبر أن النيوترون

هو عبارة عن التحام بين بروتون موجب وإلكترون سالب وبهذا يمكن أن ينفك هذا الإلتحام ويتحول النيترون إلى بروتون، وتتبعث الإلكترونات في صورة أشعة بيتا، وعلى هذا فإن إنبعاث جسيم بيتا الذي هو إلكترون من أي نواة يزيد رقمها الذري واحداً، أي ينتقل بالعنصر الذي يليه مباشرة في الجدول الدوري وهذا يحدث في الطبيعة دون تدخل أحد.

وجد أن قدرة أشعة بيتا على إختراق الأجسام الصلبة أكثر من قدرة أشعة ألفا ولكن يمكن إيقافها تماماً بشريحة من الألمونيوم ذات سمك عدة مليمترات ولا تستطيع إختراق أكثر من ستة أمتار من الهواء وهي أيضاً أشعة مؤينة ولكن ليس بنفس قدرة أشعة ألفا.

#### 4.1.2 أشعة ألفا (Ray --- $\alpha$ ) :

هي عبارة عن جسيمات أي أنها تتكون من سيل من جزيئات كل جزئي منها يتكون من أربعة جسيمات نووية وبروتونين ونيوترونين وهي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم وهو من الغازات الخاملة ، ومعنى ذلك أن إنبعاث جزيء ألفا من نواة أي عنصر يقلل من رقمها الذري بمقدار 2 أي يحولها إلى ذرة العنصر الذي يسبقه بمركزين، وقدرة أشعة ألفا الإختراقية ضعيفة جداً لكبر حجم جزيئاتها، فهي لذلك لا تتعدى خمسة أو ستة سنتمترات من الهواء ويمكن إيقافها تماماً بشريحة رقيقة من الألمونيوم أو بضعة شرائح من الورق العادي ولكن إختراقها للهواء أو أي غاز آخر يؤدي إلى تأيينه أي تحويل ذراته المتعادلة إلى أيونات نتيجة للطاقة التي تبثها في الإلكترونات التي تحيط بالنواة والتي تجعلها تهجر أنويتها.

#### 2.2 مصادر الإشعاع الذري :

نجد أن هنالك مصدرين هامين للإشعاع الذري هما :

1. مصادر طبيعية.
2. مصادر صناعية.

وسنحاول فيما يلي تلخيص المصادر الطبيعية والصناعية بشيء من الإيجاز.

#### 1.2.2 المصادر الطبيعية :

وجد أن المصادر الطبيعية للإشعاع الطبيعي الذي يتعرض له الإنسان هو :

\* الأشعة الكونية :

وهي الأشعة التي تغزو الأرض من الفضاء الخارجي وينشأ معظمها من قبل الغلاف الجوي المحيط بالأرض وتتفاعل هذه الأشعة أيضاً مع الغلاف الجوي نتيجة أنواع أخرى من الإشعاع ومواد مشعة مختلفة.

\* النشاط الإشعاعي في القشرة الأرضية :



ينتج هذا النشاط الإشعاعي الأرضي من العديد من العناصر المشعة الموجودة في القشرة الأرضية مثل البوتاسيوم-40 وكذلك العناصر المشعة الناتجة من تحلل اليورانيوم -238 والثوريوم -232 وهما عنصران مشعان موجودان في القشرة الأرضية بنسب متفاوتة.

### \* الإشعاع الطبيعي داخل الجسم البشري :

يحصل الجسم على بعض العناصر المشعة طبيعياً عن طريق الماء والغذاء والحاويين على مثل تلك العناصر بالإضافة إلى الهواء الذي نستنشقه بقدر متوسط الجرعات الإشعاعية المكافئة التي يتعرض لها معظم البشر من المصادر الطبيعية بحوالي 2.4 ملي سيفرت مع تباين ملحوظ ظراً لتفاوت تلك الجرعات الإشعاعية تفاوتاً كبيراً من منطقة لأخرى فهناك مناطق يتعرض سكانها إلى أضعاف المتوسط المذكور للجرعات الإشعاعية المكافئة.

### 2.2.2 المصادر الصناعية :

بعد اكتشاف ظاهرة الإشعاع الذري واستخدامها في المجالات المختلفة ازدادت الجرعات الإشعاعية الصناعية التي يتعرض لها الإنسان عن تلك التي يتعرض لها طبيعياً، كما أن كثرة استخدام الإنسان الطائرات النفاثة قد رفع الجرعات الإشعاعية التي يتعرض لها المسافرون نتيجة ازدياد تعرضهم للأشعة الكونية أثناء الطيران في مستويات جوية مرتفعة نسبياً حيث يقل فيها سمك الغلاف الجوي الواقي من تلك الإشعاعات الكونية ، كذلك فإن التفجيرات النووية التي أجريت فوق سطح الأرض في الخمسينيات قد زادت من الجرعات الإشعاعية التي يتعرض لها البشر نتيجة تساقط الغبار الذري، ومن الجدير بالذكر أن استعمال الإشعاع في التشخيص أيضاً يعد من أكبر مصادر الإشعاع الصناعي تأثيراً في زيادة الجرعات الإشعاعية التي يتعرض لها البشر عموماً.

### 3.2 فوائد وأضرار الإشعاع الذري :

#### 1.3.2 فوائد الإشعاع :

عندما يفكر الناس في الطاقة الذرية غالباً ما يتبادر إلى أذهانهم القنابل الذرية وقلائل هم الذين يدركون أن ثمة استخدامات أخرى للطاقة الذرية في حياتنا اليومية لا يمكن الاستغناء عنها فهي تستخدم في تحسين المحاصيل الزراعية وفي حفظ الأغذية وفي إدارة مصادر المياه الجوفية وفي الكثير من نظم التحكم ورقابة الجودة في الصناعة ومنها تصوير خطوط الأنابيب بالأشعة للكشف عن اللحامات وفي دراسة تلوث البيئة وفي البحوث العلمية هذا بالإضافة إلى استخداماتها الطبية المتعددة في التشخيص والعلاج وغير ذلك، وتلعب المفاعلات النووية البحثية دور المحرك لهذه الاستخدامات فهي تنتج النظائر المشعة اللازمة لكل ذلك وتلعب مفاعلات القوة النووية دوراً كبيراً في إنتاج الكهرباء.

#### 2.3.2 الأضرار الإشعاعية :

في هذا الجزء سنتحدث عن الأضرار الإشعاعية بالنسبة للإنسان لتوضيح ما يمكن أن يصيبه من جراء تعرضه للإشعاع.

إن الإشعاع بطبيعته ضار بالحياة، وعند الجرعات المنخفضة يمكن أن تنتج عن الإشعاع عدة سلاسل من الأحداث المفهومة جزئياً والتي يمكن أن تؤدي إلى السرطان أو إلى التلف الوراثي، وعند الجرعات العالية يستطيع الإشعاع أن يقتل الخلايا وقتل الخلايا مهم عند الجرعات العالية فقط حيث لا يستطيع الجسم استعواض الخلايا الميتة بسرعة كافية ، أما السرطان والتلف الوراثي فيمكن أن يحدث على جميع مستويات الجرعات.

عادة ما يظهر التلف الناتج عن الجرعات العالية في غضون ساعات أو أيام إلا أن السرطان يستغرق عدة سنوات حتى يظهر تصل عادة إلى بضع عشرات قليلة من السنوات وتبعاً للتعريف تستغرق التشوهات الوراثية والأمراض الناتجة عن التلف الوراثي عدة أجيال حتى تظهر.

يسهل عادة التعرف على التأثيرات الحادة والمبكرة للجرعات الكبيرة إلا أن التعرف على التأثيرات المتأخرة الناتجة عن الجرعات الصغيرة يصبح أمراً شاقاً للغاية ويعود السبب في ذلك جزئياً إلى ضرورة الانتظار لفترات أطول حتى تظهر هذه التأثيرات فضلاً عن ذلك فإنه حتى عند ظهورها يصعب القطع بمسؤولية الإشعاع إذ أن السرطان والأضرار الوراثية ليست ناجمة عن الإشعاع فحسب إنما يمكن أن ينجم عن أسباب كثيرة أخرى.

ويجب أن تصل جرعات الإشعاع إلى مستوى معين حتى تتسبب في إحداث الضرر الحاد من حيث لا يتطلب السرطان أو التلف الوراثي تجاوز مستوى معين، ومن الناحية النظرية يمكن أن تكفي أصغر الجرعات لإحداث هذه التأثيرات أي ليس كل من يتعرض للإشعاع معرضاً بالضرورة للسرطان أو لحدوث تلف وراثي ولكنه يكون أكثر عرضة للمخاطر عنه في حالة عدم تعرضه لإشعاع وتزداد المخاطر بزيادة حجم الجرعة.

#### 4.2 التأثيرات الإشعاعية :

نجد أن هناك نوعين من التأثيرات للإشعاع :

#### 1.4.2 التأثيرات غير العشوائية (No – Stochastic) :

يتميز هذا النوع بعلاقة سببية بين الجرعة الإشعاعية الممتصة والتأثير البيولوجي، فالتأثير يحدث عندما تزيد الجرعة التعرضية عن قيمة معينة كبداية للتعرض للخطر (Threshold dose).

وغير محتسب حدوث التعرض حتى أقل من هذه القيمة تتغير طبقاً للأشخاص وظروف التعرض.

أمثلة للتأثيرات غير العشوائية :

1. أضرار بالجلد كالأحمرار أو الإسوداد لا تؤدي إلى أمراض خبيثة.

2. إسوداد بعدسة العين.
3. ضمور في خلايا النخاع العظمي يؤدي إلى نقص دموي.
4. تحطم في الخلايا التناسلية يعطل الإخصاب أو يوقفه.

من هذا نرى أن شدة الخطر من الإشعاع يكون له علاقة بالجرعة فكلما زادت الجرعة التعرضية زاد تأثير الخطر على الأشخاص وذلك بعد بداية معينة للتعرض أيضاً التأثيرات غير العشوائية عامة لا يتأخر ظهورها أو تأثيرها فيمكن علاجه بمرور الوقت.

#### 2.4.2 التأثيرات العشوائية (Stochastic Effects) :

هذا النوع من التأثيرات يظهر متأخراً ويمكن أن يعبر عن نفسه في صورة أمراض خبيثة ولا توجد طريقة لتقليل احتمالية حدوث هذه التأثيرات الجسدية العشوائية الخبيثة من الجرعات التي تم فعلاً التعرض لها.

أمثلة للتأثيرات العشوائية تم التحكم فيها والعناية بها مثل :

1. حالات سرطان الرئة كما في عمال مناجم اليورانيوم نتيجة الاستنشاق وترسب المادة في الرئة مع الزمن.
2. حالات سرطان من الدم الأبيض (Leukemia) وبعض الأورام الخبيثة من الباقين على قيد الحياة من القنابل الذرية.
3. سرطان العظام في بعض العاملين في ترسيب مادة الراديوم في الساعات وعقاربها.
4. سرطان الغدة الدرقية خاصة في الأطفال نتيجة العلاج بالإشعاع لتضخم الغدة الدرقية.
5. حالات مختلفة في بعض العاملين في بيولوجيا الإشعاع والذين تعرضوا لجرعات صغيرة على المدى الطويل.

# الفصل الثالث

### 3. النفايات المشعة :

#### 3.1 تعريف النفايات المشعة :

النفايات بصفة عامة هي كل المواد التي خلص الإنسان من استخدامها وأصبحت غير ذات جدوى له ويريد التخلص منها أو المواد التي تنشأ عن الأنشطة البشرية المختلفة وليست لها منفعة وأهم مثال على ذلك القمامة المنزلية والسيارات القديمة المستهلكة والأدوات المنزلية والأجهزة الكهربائية التي مضى عمرها الافتراضي وعوادم المصانع ونواتج الإحتراق والصرف الصحي وغيرها، وقد بدأ الإنسان يشعر أن تراكم هذه المواد أو بعضها في بيئته يشكل مشكلة أخذت تتزايد في القرن العشرين حتى وصلت إلى مرحلة الكارثة وذلك لأن هذه المواد في معظمها غريبة عن البيئة أو يزيد تركيزها في البيئة بنسبة ضارة بها وبالإنسان نفسه.

ولقد وجد الإنسان أن استخدام التكنولوجيا أراحه كثيراً فأوغل فيه دون أن ينظر بعين الاعتبار إلى الوجه الآخر للعملة ، ولكنه تكشف أخيراً أن من خصائص التكنولوجيا إنتاج النفايات والمخلفات التي يجب التخلص منها بصورة آمنة ، وكلما ازداد التقدم التكنولوجي تصاعد خطر التلوث الناتج عنه وقد قدر أن الإنتاج الصناعي العالمي في القرن العشرين وصل إلى 50% ضعف الإنتاج الصناعي على مر التاريخ حتى نهاية القرن التاسع عشر، وأن 80% من هذا الإنتاج تم بعد عام (1950م) وهذا يبين الكم الهائل من المخلفات والنفايات التي يجب أن يتعامل معها الإنسان لكي يستمر وجوده على وجه الأرض.

ومن هذا المنطلق نستطيع أن نعرف النفايات المشعة على أنها نواتج استخدامات التكنولوجيا النووية في كافة الأنشطة الإنسانية السلمي والعسكري وأهم خاصية لهذه النفايات هي أنها مشعة.

وتختلف النفايات النووية عن غيرها من النفايات أنها لا تفقد أثرها سواء بالتحلل كما في النفايات العضوية أو بتغيير التركيب كما في النفايات الكيميائية وإنما تظل النويدات المشعة ترسل إشعاعاتها مهما كان الشكل الكيميائي أو الفيزيائي.

الواجب ذكره هنا أن النفايات النووية إذا لم تداول بشكل آمن وطبقاً لتعليمات الأمان فإنها حتماً ستصل للإنسان في صورة تعرض مباشر أو خلال طعامه سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة.

#### 3.2 تصنيف النفايات النووية :

يمكن تصنيف النفايات النووية تبعاً للآتي :

##### 1.2.3 حسب الحالة الطبيعية :

أ/ النفايات الصلبة :

وهي تغطي مدى كبير من النفايات وهي تشمل العبوات الفارغة للمواد المشعة واللفائف الملوثة وتحتوي على كمية إشعاعات لا تتجاوز بضعة ميكروكيوري، الأدوات المستخدمة مثل

المحاقن والأكواب والأطباق التي تحتوي على كمية قليلة من النويدات المشعة على سطحها الداخلي، الأشياء المستخدمة في أعمال التنظيف مثل القطن والشاش والورق وقطع القماش تحتوي على إشعاعات لا تتجاوز جزء من الميكروكيوري.

القفازات والكمادات والمعاطف والأحذية الفوقية والمناشف والأغطية والمفروشات الخاصة بالمرضى، جنث حيوانات التجارب المستخدم فيها نظائر مشعة، مولدات التكنشيوم المشفرة وهذه تنتج بعد استجلاب التكنشيوم المشع وهو أشعة جاما المستخدمة في التشخيص وعمر نصفه الإشعاعي ستة ساعات وقد أثبتت التحاليل أنه يحتوي على كميات متباينة لنويدات مختلفة تصل إلى عشرين نظيراً، لبعضها عمر نصف إشعاعي يصل إلى مئات الآلاف من السنين وبهذا تتعامل مع المولدات المستنفدة باعتبارها نفاية مشعة.

ب/ النفايات السائلة :

وهي التي تنتج عن التسربات من مكونات دورة تبريد المفاعل مثل الصمامات والكمادات وبقايا المحاليل والسوائل التي تم استخدامها، وحجمها عادة يقل عن 1 سم<sup>3</sup> وكمية الإشعاع أقل من 1 ميكروكيوري وكذلك إفرازات المريض المكونة من بول وبراز والتي تبلغ حجمها عادة لترين يومياً ويتخلص الجسم من خلال هذه الإفرازات البيولوجية من 50% من الجرعة المشعة خلال الأيام الثلاثة الأولى، ومحتويات المعدة الناتجة من القيء الذي يحدث في اليوم الأول من تناول الجرعة المشعة ويبلغ حجم هذه المحتويات حوالي 100 سم<sup>3</sup> وكمية الإشعاع حوالي بضعة ميكروكيوري، وكميات المياه التي استخدمت في نظافة الأجهزة والأدوات التي استخدمت، وتبلغ فيها كمية الإشعاع جزء من الميكروكيوري، ومياه غسل المفروشات والأغطية الملوثة.

ج/ النفايات الغازية :

تشمل غازات مشعة أو محملة بدقائق مشعة أو أبخرة مشعة والغازات الناتجة من عمليات تبخير وتكثيف النفايات السائلة.

### 2.2.3 حسب المستوى الإشعاعي :

يمكن تصنيف النفايات تبعاً لمستواها الإشعاعي من حيث محتواها من مشعات بيتا وجاما ومحتواها من الأكتينيدات ومشعات ألفا وكذلك من حيث حاجتها إلى تبريد كالاتي :

#### 1. النفايات منخفضة المستوى الإشعاعي Low radio active :

وهي النفايات التي تحتوي على مواد ذات إشعاع ضعيف أو على مواد مشعة ذات عمر نصف إشعاعي قصير بحيث تتحلل بسرعة إلى مستويات إشعاعية لا تذكر، ونجد أن إشعاعيتها النوعية تصل إلى ما دون 1 كيوري/م<sup>3</sup> وتخلو تقريباً من الأكتينيدات ولا تحتاج لتبريد والعناصر الموجودة لا تزيد فترة نصف العمر عن سنة.

هذه النفايات يمكن التعامل معها يدوياً مباشرة باستخدام القفازات الواقية والملابس المناسبة التي تحمي العاملين من أي تلوث بها، كما أن التخلص منها لا يشكل أي صعوبة

وتعتبر كل نفايات ومخلفات الاستخدامات الطبية والصناعية والزراعية ومعظم التطبيقات الأخرى من النفايات المنخفضة الإشعاع.

## 2. النفايات متوسطة المستوى الإشعاعي Inter mediate radio active waste :

وهي النفايات التي تحتوي على مواد ذات إشعاع متوسط أو مواد ذات إشعاع عالي ولكنها في نفس الوقت ذات عمر نصف قصير يجعلها تتحلل بسرعة إلى مستوى إشعاعي منخفض من الأكتنيدات ولا تحتاج لتبريد والعناصر الموجودة لا تزيد فترة نصف العمر عن 30 سنة.

يتم التفاعل مع هذا النوع من خلال حواجز واقية وبتجهيزات خاصة تشمل في بعض الأحيان استخدام أجهزة بسيطة للتحكم عن بعد.

## 3. النفايات عالية المستوى الإشعاعي High radioactive waste :

وهي النفايات التي تحتوي على مواد ذات مستويات إشعاعية عالية ، وفي نفس الوقت ذات عمر نصف طويل بحيث تظل على مستوى إشعاعيتها لفترات طويلة وفرضت إشعاعيتها النوعية إلى ملايين الكوري/م<sup>3</sup> وبها نسبة أكتنيدات وتحتاج لتبريد.

ويستلزم التعامل معها أن يكون من خلال حواجز واقية سميكة وأجهزة التحكم عن بعد معقدة مع عمل كل الاحتياطات اللازمة لمنع أي تلامس بينها وبين العاملين أو البيئة الخارجية.

### 3.3 مصادر النفايات المشعة في دورة الوقود النووي :

تعتبر دورة الوقود النووي هي المصدر الرئيسي للنفايات المشعة التي يجب التخلص منها بطرق آمنة.

النفايات المتخلفة عن استخدام خامات اليورانيوم واستخلاصه منها. يوجد اليورانيوم في الطبيعة ومعه كل عناصر سلسلتيه الإشعاعيتين وهي كلها من عناصر الإشعاع الطبيعي، وحيث أن نسبة اليورانيوم في خاماته لا تتعدى 1% فإن استخلاص اليورانيوم يتخلف عنه كم كبير من النفايات الصخرية التي تحتوي على عناصر سلسلتيه الإشعاعيتين، ولكن لا تتولد عن ذلك أي نفايات مشعة جديدة ولذلك لا تشكل نفايات مناجم اليورانيوم تأثيراً فورياً على البيئة إذا ما أحسن التعامل معها بالطرق السليمة وهي عادة من الطرق الثلاثة الآتية :

1. في حالة المناجم تحت السطحية يمكن إعادة معظم النفايات أو جزء منها إلى المنجم نفسه كمواد مألوفة للفراغات الناتجة عن استخدام الخام وهذه العملية من طرق التعدين المعروفة. بهذا تعود العناصر المشعة المتخلفة بعد استخلاص اليورانيوم إلى مكانها الطبيعي التي كانت فيه ولا يكون لها أي تأثير على البيئة.
2. في حالة المناجم المكشوفة يمكن أيضاً إعادة معظم النفايات إلى الحفرة المنجمية منها وفي هذه الحالة أيضاً تعود المواد الصخرية إلى المكان الذي أستخرجت منه.

3. في حالة عدم إعادة النفايات إلى مكانها لأسباب فنية أو اقتصادية فإن نفايات المناجم يعاد طرحها في المنخفضات الطبيعية الموجودة بجوار النجم ومنشآته الأخرى ويتم اختيار هذه الأماكن بناءً على دراسة جيولوجية دقيقة لتجنب أي احتمال لتسرب أية مواد مشعة أو مواد ضارة إلى المياه الجوفية أو اختلاط الأتربة التي قد تحمل مواد ضارة بالترربة.

### 4.3 المخاطر الإشعاعية :

تصنف وفقاً للأنظمة العالمية للفئات أو المستويات الآتية :

#### 1. الفئة الأولى :

المنشآت التي من الممكن أن يتسرب منها كميات من المواد المشعة وينتج عنها آثار خطيرة خارج الموقع.

#### 2. الفئة الثانية :

المنشآت التي من الممكن أن يتسرب منها كميات قليلة من المواد المشعة ولكن مع عدم وجود أي مخاطر أو مع وجود مخاطر قليلة خارج نطاق الموقع، وهي مثل محطات معالجة الوقود النووي.

#### 3. الفئة الثالثة :

المنشآت التي لا تحتوي على أية مخاطر خارج نطاق الموقع ولكن هناك إمكانية لوقوع حوادث مميتة داخل الموقع وهي مثل المختبرات والمستشفيات التي تستخدم تجهيزات بها مصادر مشعة.

#### 4. الفئة الرابعة :

المنشآت التي من المحتمل وقوع حوادث فيها نتيجة مصادر مشعة مفقودة أو مسروقة ويدخل ضمن هذه الفئة المناطق التي تقع بها حوادث نقل المصادر المشعة.

### المخاطر الإشعاعية المحتملة :

1. حادث داخل منشأة تتعامل مع مصادر مشعة لأغراض سلمية مثل المنشآت البترولية ودوائر الماء وغيرها، ومظاهر الخطر هنا تكون حريق أو تسرب أو تعرض لجرعة زائدة من الإشعاعات.

2. حادث في وسيلة نقل أو شحن لمصدر مشع داخل الدولة كأن تتعرض سيارة نقل مصدر مشع لحادث مروري أو انقلاب في الطريق.

3. تجارة النفايات المشعة وهي ظاهرة التخلص من النفايات المشعة في أعماق المياه أو الأراضي الإقليمية عن طريق تجار دوليين.

4. الغبار الذري الذي ينجم عن انفجار يحدث في أحد المفاعلات الذرية وهي مثل كارثة تشيرنوبل.



### 5.3 الأخطار البيئية للمخلفات المشعة :

يؤدي التخلص غير المحكوم للنفايات المشعة إلى تلوث البيئة والموارد الطبيعية ويسبب الأخطار للإنسان والحيوان والنبات على حد سواء كما يلي :

#### تلوث المسطحات البيئية :

#### أ/ أخطار متعلقة بمياه الشرب :

استخدام مياه الشرب الملوثة يعرض الجهاز الهضمي للإنسان والحيوان لجرعات مشعة وتنتقل المواد المشعة بواسطة الدم إلى أجهزة وأعضاء الجسم وتعرض الدم ومكوناته إلى الإشعاع، ويتجمع أو يتم تركيز النويدات المشعة في أعضاء الجسم الحساسة مثل الكبد والكلية والعظام وكذا يعرض الأعضاء التناسلية لجرعات مشعة حسب نوع العناصر المشعة وخواصها الطبيعية والكيميائية ، وكذلك تلوث الأطعمة عند غسلها أو طهيها في مياه ملوثة بمواد مشعة إضافة لذلك التعرض لجرعات إشعاعية خارجية نتيجة لتواجد العناصر المشعة في مرشحات المياه أو أحواض الترسيب والترويق بمحطات تنقية المياه بالتبادل الأيوني وعند ترسبها داخل الغلايات التي تستخدم مياه عسرة.

#### ب/ أخطار متعلقة باستخدام المياه الملوثة في الري :

التعرض للمواد المشعة الموجودة بمياه الجداول والنويدات المشعة المترسبة عند جفافها يمكن جذور النباتات من امتصاص العناصر المشعة ويصبح النبات نفسه مصدراً للإشعاع وخاصة عند استخدامه كطعام للإنسان أو الحيوان ويؤدي إلى تلوث المنتجات الحيوانية مثل الألبان واللحوم والبيض وكذلك انتشار النويدات المشعة عن طريق الطيور والحشرات التي تعمل على المياه الملوثة.

#### ج. أخطار متعلقة بالسلسلة الغذائية :

تقوم الطحالب والكانات المائية الدقيقة بتركيز العناصر المشعة ثم تنتقل إلى القواقع ويرقات الحشرات ثم الأسماك ثم الإنسان الذي يتناول في طعامه هذه الأسماك الملوثة وتنتقل النويدات المشعة إلى النباتات المائية والحشرات والطيور ثم الإنسان الذي يستخدم الطيور الملوثة كطعام له.

### 6.3 تلوث التربة بالمخلفات المشعة :

#### أ/ أخطار ناتجة عن موقع التخلص من المخلفات المشعة :

تلوث التربة والهواء المحيط بالموقع بالمواد المشعة وكذا المسطحات المائية إن وجدت بالقرب منه إضافة إلى التعرض المباشر للعناصر المشعة عند دفن المخلفات المشعة بالقرب من سطح الأرض دون اتخاذ الاحتياطات العلمية اللازمة ، وتسرب الغازات والأبخرة المشعة إلى سطح الأرض.

ب/ أخطار ناتجة عن تسرب المخلفات المشعة إلى باطن الأرض :

تلوث المياه الجوفية والآبار والتفاعلات الكيميائية بين المخلفات المشعة والمواد الأخرى غير المتوافقة معها كيميائياً.

### 7.3 التخلص من النفايات المشعة :

ويعني ذلك كل ما يتصل بالمخلفات النووية من المنبع إلى أن يتم وضعها على الصورة الغير قابلة للتشتت والانتشار وعزل هذا الشكل بحيث لا يؤدي إلى حدوث أضرار للبيئة والكائنات الحية وتشمل هذا : تجميع المخلفات، معالجتها وتعليبها وتخزينها ثم دفنها ويتم كل هذا طبقاً للوائح والمعايير التي تنظم كل من هذه العمليات لتحقيق الفائدة المرجوة وتجدر الإشارة إلى إمكانية التخلص من بعض النفايات بإطلاقها إلى البيئة وذلك إلى الصرف العادي إن كانت سائلة أو إلى مقالب القمامة البلدية إن كانت صلبة أو من خلال مدخنة إن كانت غازية وتخضع الكميات التي يتم إطلاقها للتنظيمات والمعايير التي تحددها الجهة الرقابية بحيث لا تجاوز كميات معينة في فترات محددة وتتوقف الكميات المسموح تصريفها على نوعية العناصر الموجودة بالنفايات وقد تم تقسيم العناصر المشعة لمجموعة حسب قدرتها الإشعاعية وحددت تلك مجموعة الكميات المسموح تصريفها والتي تقل كلما زادت مقدرة العنصر الإشعاعية ويمكن الرجوع في ذلك للتنظيمات التي أصدرها جهاز التنظيم والأمان النووية بجمهورية مصر العربية في هذا الصدد.

لكي يجب ويتم التخلص من النفايات المشعة لابد من أن تمر هذه النفايات بعدة مراحل حتى تكون جاهزة للتخلص منها، وهذه المراحل بالتفصيل هي :

#### 1.7.3 تجميع المخلفات :

تتوقف طريقة تجميع المخلفات على طبيعة النفايات صلبة أو سائلة أو غازية.

#### تجميع المخلفات الغازية :

يتم بتوجيه الغازات من خلال أنابيب وممرات خاصة حيث تجمع في أوعية سواء تحت الضغط العادي أو مضغوط.

#### تجميع المخلفات السائلة :

يتم تجميع السائلة في أوعية إما عن طريق شبكة أنابيب تربط هذه الأوعية بنقطة إنتاج النفايات أو بوضع أواني صغيرة في أماكن إنتاج النفايات لتجميعها.

وتنتقل الأوعية الأكبر ويجب تجميع السوائل المتشابهة معاً بحيث تجمع السوائل العضوية منفصلة عن السوائل المائية والأخيرة فيها الأحماض من القلويات ويجب أن تتعايش السوائل المتجمعة مع مادة وعاء التجمع حتى لا تهاجمها.

#### تجميع المخلفات الصلبة :

وهذه تعتمد على طبيعة المواد الصلبة حيث يمكن تجميع المواد المشعة كالورق والقطن والأقمشة في أكياس بلاستيك ويمكن في المعامل وضع الأكياس في قمامة يرفع غطائه بالقدم وعند امتلاء الكيس بيبدل، بينما تجمع الزجاجيات والأجهزة المعدنية في أوعية أكثر قوة وأشد تحملاً، وأنه يمكن نقل النفايات من منبعها إلى أماكن تجميع رئيسية حيث المعالجة أو تعالج في نفس المكان الذي ينتج النفايات إذا توافرت الإمكانيات.

### 2.7.3 المعالجة :

يتلخص مبدأ المعالجة أو كما يسميه البعض بتقليص الحجم وذلك فيما يلي :

1. كمية كبيرة من النفايات حيث تركيز العناصر المشعة أعلى من المسموح بتصريفه.
2. يتم تجميع أكبر قدر ممكن من هذه العناصر المشعة أعلى من المسموح بتصريفه.
3. يؤخذ الجزء المركز إلى حيث الخطوة التالية وهي التجهيز بينما يصرف الجزء المزال تلوته في البيئة أو يعاد استخدامه وللنظر الآن كيف يطبق هذا المبدأ على النفايات الغازية والسائلة والصلبة وسينصب الوصف على النفايات منخفضة ومتوسطة الإشعاعية ، أما عالية الإشعاعية فسيتم تناولها على حدا.

#### معالجة النفايات الغازية :

تتم هذه العملية على خطوتين :

- 1/ إزالة الدقائق العالقة في الغاز وذلك بإمراره خلال مرشحات تحتجز هذه الدقائق في ثناياها وهذه المرشحات قد تكون أنسجة أو أجسام معدنية مسامية.
- 2/ تمر الغازات بعد ذلك على مادة ماصة لامتصاص الأبخرة والمواد الطيارة وأشهر المواد الماصة هو الفحم النباتي، ومن الجدير بالذكر أن بعض النفايات الغازية تحوي غازات ذات عمر إشعاعي قصير وهذه يمكن استبقاؤها فترة حتى تتخفف إشعاعيتها إلى ما دون الحدود المسموح بإطلاقها ثم التخلص منها وبديهي أن هذه النفايات لا تحتاج لمعالجة ، وفي هذا الصدد فلدينا :

- استبقاء قصير الأجل للنويدات قصيرة العمر الإشعاعي مثل الأرجون (Ar) و1.83 ساعة) ، والنيتروجين- 15 (13 دقائق).
- استبقاء طويل الأجل للنويدات ذات العمر الطويل ويتم هذا في خزانات تحت ضغط مثل الزينون – 132 (5.65 يوم).

#### معالجة النفايات السائلة :

ويتم ذلك بالطرق الآتية :

### 1/ الترشيح والفصل :

وهذه الخطوة هي لفصل العوالق بالسوائل حيث تمرر خلال مرشحات مسامية فتحتجز الدقائق التي تزيد عن حجم معين في ثنايا المرشحات، والمرشحات المستخدمة إما أن تكون من النوع الذي يمكن تنظيفه وإعادة استعماله أو يصبح المرشح نفسه من النفايات الصلبة.

### 2/ المعالجة بالتبادل الأيوني :

وهذه تتم للسوائل التي يكون محتواها من العناصر المشعة منخفضاً أقل من 1000 جزء من المليون وهي تركز على مبدأ تبادل الكاتيونات والأنيونات الموجبة الأيونات السالبة بين النفايات المشعة وبعض اللدائن المناسبة فمثلاً : إذا كان لدينا كلوريد الصوديوم في السائل وهو يتكون من كاتيونات الصوديوم الموجبة وأنيونات الكلور السالبة ، وهذه يتم تبادلها عند إمرار السائل على اللدائن كما يلي :

الصوديوم يتركز على اللدائن ويعطي للسائل أيون الهيدروجين بدلاً عنه ، الكلور يتركز على اللدائن ويعطي للسائل أيون الهيدروكسيد ، أما لدائن التبادل الأيوني نفسها التي تركز عليها العنصر المشع فإنها إما تنشط ويعاد استعمالها أو تزال وتعالج كنفايات صلبة وتمتاز هذه الطريقة بفعاليتها العالية غير أنها مكلفة.

### 3/ المعالجة بالتبخير :

وهذه لمعالجة السوائل حيث تركز الأملاح يكون مرتفعاً وحيث كمية المادة العالقة ضئيلة والطريقة ببساطة تتلخص في تبخير النفايات السائلة تكثيف البخار الناتج حيث يمثل السائل المكثف السائل النقي أما المواد الذائبة والعالقة فإنها تتركز في المبخر حيث تزال من وقت لآخر تعالج كنفايات صلبة ، ويجب التأكد من السوائل المراد تبخيرها لا تحوي أية مواد متفجرة أو غير مستقرة حرارياً.

### 4/ المعالجة الكيميائية :

وتتم بإضافة مواد تكون راسبة مع الأملاح الذائبة ويتم فصل الراسب عن السائل الذي يتم تنقيته ويعامل الراسب كنفايات صلبة ، ويجب اختبار المواد الكيميائية المناسبة والتي تنتج عنها راسب ذو خواص جيدة من ناحية الترسيب والقابلية للفصل ومن الجدير بالذكر أنه يمكن استعمال أكثر من طريقة للمعالجة على التوالي تبعاً لكمية المادة المشعة الموجودة كما يمكن تكرار العملية نفسها للحصول على معاملة تنقية أكبر فمثلاً : يسبق التبادل الأيوني عادة بمرشح ويتبع بمرشح وذلك لمنع العوالق أن تضر بعمل اللدائن ثم لمنع اللدائن نفسها والتي علقت بالسائل من أن تصحبه في رحلته كما يمكن تنقية البخار المكثف من المبخر بإمراره على التبادل

الأأيوني ونفس الشيء بالنسبة للسائل المعالج بالترسيب يمكن إمراره على المبدل الأأيوني لمزيد من التنقية ويمكن أن نضيف طريقة أخرى لمعالجة السوائل ألا وهي الحرق ولكنها تتم للسوائل والزيوت العضوية والمذيبات حيث تتركز المادة المشعة في الرماد.

#### معالجة النفايات الصلبة :

تعتمد طريقة المعالجة على طبيعة النفاية من حيث كونها قابلة للاحتراق أو للحريق من عدمه ، وهذه الطريقة يمكن أن تكون واحدة من الآتي :

#### أ/ الكبس :

ويستخدم لمعالجة أو لتقليل حجم النفايات القابلة للانضغاط مثل الأجزاء الصغيرة من المعدن أو البلاستيك والأوراق والقطن وخلافه ويجب فرز النفايات المراد كسبها جيداً حتى لا يكون بينها مواد قابلة للحريق أو مواد يمكن أن تحدث انفجار أو مواد صلبة ولتلافي تلوث الوسط المحيط بعملية الكبس يجب أن يمرر الهواء الخارج من المكبس ويعالج كنفائات غازية ويمكن استعمال هذه الطريقة في المستشفيات ومعامل الأبحاث وذلك لتقليل حجم النفاية الناتجة توفيراً للمكان وحيز النقل المطلوب.

#### ب/ التجزئة :

وتجري هذه الطريقة للأجزاء الكبيرة حجماً حتى يمكن إحتوائها وتجهيزها للخطوة التالية ويتم ذلك بتقطيع الأجزاء الكبيرة إلى قطع ذات حجم مناسب، وهذه الطريقة في الأشياء الأصغر مثل الزجاجيات كما أن التقطيع للأواح البلاستيك والأنسجة يكون ذا فائدة لتهيئتها لما يلي من كبس وتجهيز.

#### ج/ إزالة التلوث :

وتعتبر هذه الطريقة مفيدة حيث أنها تمكن من إزالة تلوث الجسم وجعله في حالة صالحة لإعادة استعماله وخاصة إن كان هذا الجزء ذا قيمة علمية ومادية وبديهي أن التلوث في هذا سيكون سطحياً ويقضي الموقف أن لا تتأثر خصائص ولا إمكانيات الجزء بعملية إزالة التلوث، كما ينبغي أن تكون تكاليف إزالة التلوث أقل من ثمن الجسم نفسه وبطبيعة الحال سينتج من عملية إزالة التلوث سائل ملوث ووسائل تنظيف ملوثة وهذه الأخيرة ستعالج كنفائات صلبة أما السوائل تعالج كنفائات سائلة.

#### د/ الحرق :

يستخدم لمعالجة النفايات منخفضة الإشعاعية القابلة للحرق مثل الأوراق والكرتون وقطع الأقمشة والقفازات والبلاستيكات وخرابيش المرشحات وجثث الحيوانات ونواتج الحرق سيكون رماداً وبه الجزء الأعظم من المواد المشعة وينتج أيضاً غازات الاحتراق وتعالج شأنها شأن النفايات الغازية ويمكن لعملية الحرق أن تكون كاملة في وجود كمية كافية من الهواء أو عملية تفحيم ويجب فرز النفايات قبل تقديمها للحرق لاستبعاد الأصناف الآتية لخطورتها :

- المواد التي ينتج عنها غازات تهاجم منشأة المحرقة مثل (P.V.C).
- المواد غير القابلة للاحتراق.
- المواد القابلة للانفجار.
- النفايات متوسطة أو عالية الإشعاعية.

وبعد عملية المعالجة يصبح لدينا مرشحات تحوي بين ثناياها دقائق مشعة من معالجة النفايات الغازية ومرشحات ومحاليل مركزة من التبخير أو راسب من الترسيب ولدائن تبادل أيوني تحمل أيونات مشعة من معالجة النفايات السائلة ونفايات صلبة مكبوسة أو مجزأة أو رماد الحرق من معالجة النفايات الصلبة ، وتنقل هذه النفايات إلى مرحلة التجهيز.

### 3.7.3 التجهيز :

وهو في أبسط معانيه تصليب النفاية المشعة بعد معالجتها حتى تتحول إلى شكل غير قابل للانتشار والتشتت وبذلك يمكن الحد من حركة النويدات المشعة وبالتالي من أثرها الضار على البيئة والكائنات الحية وتتلخص في إضافة مادة مصلبة إلى النفاية لتحويلها لكتلة صلبة ذات مواصفات كيميائية وميكانيكية وفيزيائية مناسبة الأداء المطلوب منها وسنعرض هنا بعض طرق التصليب.

#### 1/ الاسمنت :

هو أقدم المواد المستخدمة للتصليب وذلك لأن خواص الاسمنت معروفة وتكاليفه غير مرتفعة ويتم التصليب بخلط المادة المشعة المعالجة بالاسمنت وصبها في قوالب من الخرسانة وتركها لتتصلب وتصبح كتلة متصلبة، أما النفايات الصلبة المقطعة فيمكن وضعها في القالب ويصب عليها الاسمنت وتترك لتتصلب ويمكن إضافة مادة عضوية تملأ المسام للحيلولة دون اختراقها بالمياه في البيئة وبذلك تقلل من إمكانية تلوث البيئة.

#### 2/ البيتومين :

إن لأنواع المختلفة منه خصائص تؤهلها لكي تكون مادة مصلبة مناسبة ومن هذه الخصائص أنها خاملة كيميائياً في الظروف العادية ولها مقاومة لخلع المواد المشعة منها ولدنة يسهل تشكيلها ولها مقاومة ضد البكتريا والتحلل كما أن تكاليفها معقولة وتتم العملية بالخلط المباشر للنفايات السائلة المذكورة وهي باردة مع البيتومين الساخن، ويتم التخلص الكامل من الماء بالتسخين المتزايد ثم يصب الخليط بعد ذلك في قوالب من الخرسانة ويترك ليجمد ثم ينقل للتخزين استعداداً للدفن، ويمكن استعمال البيتومين أيضاً لتصليب لدائن التبادل الأيوني التي تشبعت بالنويدات المشعة ولم تعد صالحة لاستعمالها.

#### 3. اللدائن :

اللدائن التي تتصلب بالحرارة واللدائن الخام المستعملة في التصليب هي سوائل عضوية في طور أحادي الرابطة وتحفز عملية البلمرة بإضافة عامل محفز وفي وجود اللازم لعامل

مساعد ويلزم معالجة مبدئية للنفايات المراد تصلبها قبل إضافة اللدائن وتشمل المعالجة المبدئية إنقاص المياه المتبقية في مراكز المبخر إلى ما بين 1 - 2% أما في لدائن التبادل الأيوني وكعكة المرشح فتنتفص المياه إلى ما بين 30 - 50% وتخلط النفايات في القالب بعد ذلك بما يعادل 40 - 60% من وزنها مع مومر سبق خلطه بإضافة العامل المساعد وتتراوح درجة الحرارة نتيجة التفاعل من 52 - 100 درجة مئوية ويتوقف زمن التصلب على كمية العامل المساعد.

أما النفايات الصلبة المجزأة فتوضع في القالب فوق طبقة من المومر المضاف إليه العامل المحفز ثم يصب فوقها كمية إضافية من المومر والعامل المحفز والعامل المساعد والمنتج النهائي له خصائص تعادل خصائص البيتومين وتفرقة بالنسبة للخواص الميكانيكية ومقاومة الإشعاع.

الجدير بالذكر أن الكمية المصلبة النهائية يجب أن لا يزيد محتواها من مشعات بيتا وجاما عن حد معين كما يجب ألا تزيد الجرعة الإشعاعية عند سطحها عن حد معين يجب أن تكون أيضاً لها خصائص ميكانيكية وكيميائية معينة حتى تكون مؤهلة لإحتواء النفايات خلال الفترة المحددة التي تكون النفايات خلالها ذات ضرر معين لبيئة الكائنات الحية وقد قدرت هذه الفترة تقريباً بعشرة أمثال فترة نصف العمر، أي أنها حوالي 300 سنة للنفايات منخفضة ومتوسطة الإشعاعية.

### 4.7.3 التخزين :

هو عملية التحفظ المؤقت على النفايات المصلبة انتظاراً لعملية دفنها إما في مستودعات من صنع الإنسان أو مقابر طبيعية ، ويتم التخزين داخل صالات كبيرة ترص فيها الكتلة وينبغي أن تكون هناك بطاقة لكل كتلة بها سجل كامل عنها ومحتواها وتواريخ تداولها.

### 5.7.3 الدفن :

ويتم كما سبق ذكره إما في مدافن طبيعية كالمناجم التي انتهى الغرض من استعمالها وأشهرها مناجم الملح في ألمانيا، أو داخل ما يسمى بالدفن غير العميق في الأرض إما في تكوينات الأرض الجيولوجية أو ببناء مستودعات خرسانية ترص فيها الكتل وتغطي بالتربة ويتم ذلك بحفر هذه ثم صب قاعدتها بالخرسانة المسلحة وتصب الجوانب ثم ترص الكتل المصلبة في طبقات ويمكن مليء بين الكتل بواسطة طفلة أو صب خرسانة فوقها لتصبح كتلة واحدة ويتوالى رص الطبقات حتى سطح الأرض حيث يوضع فوقها غطاء من الخرسانة وفوق طبقة من التربة الزراعية غير المسامية وتزرع هذه الطبقات للتثبيت، وهناك طريقة الدفن السطحي وذلك بعمل فرشاة خرسانية على سطح الأرض وتغطي بطبقة من الاسفلت وترص الكتلة فوقها ويملا بين الكتل بالطفلة ثم تغطي بطبقة من التربة الزراعية غير المسامية وتزرع هذه الطبقة للتثبيت.

ونظراً لأن موقع الدفن يتم اختياره بعناية ووفق مواصفات ومعايير خاصة يراعى فيها التكوين البيولوجي للأرض ومنسوب المياه الجوفية والبعد عن المناطق المأهولة والأحوال الجوية ، فإن الموقع يجب استقلاله بأقصى كفاءة ممكنة ولذلك يمكن استعمال نفس المكان للدفن

السطحي ومكان الدفن يجب أن يحاط بسياسج وتوفر له الحماية الطبيعية كما يجب أن تؤخذ عينات من مياه الأمطار المترسبة وفحصها إشعاعياً للتأكد من سلامة الطبقات العازلة وإصلاح أي انهيار أو تشققات تحدث، وعند امتلاء الموقع يغلق وبالطبع يكون قد تم تشخيص وتحديد موقع آخر ويظل الموقع السابق تحت الحماية الطبيعية الإشعاعية لمدة (300 سنة) وهي الفترة التي بعدها تصبح النويدات المشعة دون حد الضرر.

### 8.3 النفايات عالية الإشعاعية :

إن المصدر الرئيسي لها هو الوقود النووي المشع بعد خروجه من المفاعل أو ما ينتج عن إعادة معالجة الوقود، إن الوقود عندما يوضع في المفاعل ويحدث انشطار لنواة اليورانيوم - 235 تتولد طاقة ونواتج انشطار عالية الإشعاعية من بيتا وجاما لنظير اليورانيوم - 239 وهذا بدوره يعاني من انبعاثات متتالية لأشعة بيتا ويتحول إلى أكتينيدات رقمها الذري أعلى من اليورانيوم والبلوتونيوم - 239 وهو أحد هذه العناصر وهو عنصر انشطاري.

وهكذا نجد أن الوقود المشع يحوي ما يلي :

- يورانيوم - 235 لم ينشطر.
- يورانيوم - 238 .
- نواتج انشطار عالية الإشعاعية وبيتا وجاما.
- أكتينيدات.

والآن نحن أمام خيارين :

إما اعتبار الوقود ككل نفاية نووية عالية الإشعاعية أو إعادة معالجة الوقود المشع والحصول على العناصر المفيدة ثم معاملة الباقي كنفاية مشعة عالية الإشعاعية وبناء على ذلك هناك دورتان للوقود النووي هما :

الأولى : ذات اتجاه واحد من المنجم للمقبرة.

والثانية : يتم فيها إعادة معالجة الوقود المشع وتوجيه العناصر المفيدة لإعادة استخدامها.

بالنسبة للخيارين أعلاه فإن الوقود بعد سحبه من المفاعل يتم حفظه مرحلياً في موقع المحطة في أحواض على عمق حوالي 6 متر تحت سطح الماء وذلك لإعطائه فرصة تخفض فيها إشعاعيته ويتوفر له تبريد مناسب وتمتد فترة التبريد المرحلة 15 أو 20 سنة تبعاً لسعة الحوض، وينقل الوقود بعد ذلك في أوعية خاصة توفر له الحماية الإشعاعية والتبريد إلى أماكن التخزين المؤقت إما في أحواض مائية أو في تجهيزات هندسية توفر له التبريد بالهواء ويمكن حفظ الوقود المشع لفترة طويلة تمتد لعشرات السنين.



أما الخيار الثاني وهو إعادة معالجة الوقود فإن الوقود المشع بعد فترة التخزين المرحل ينقل لمعامل إعادة المعالجة حيث يتم إذابته ويمر بعمليات فصل مختلفة يتم فيها فصل اليورانيوم والبلوتونيوم وإرسالها لمصانع الوقود، وتفصل نواتج الانشطار عالية الإشعاع وتكون في حالة سائلة تمرر لمستودعات لتركيزها ثم تخلط بالسليكون وتصهر في أفران كهربائية عالية الحرارة حيث تتحول إلى مركبات زجاجية تتميز بثباتها كيميائياً بالإضافة إلى كونها عديمة الذوبان في الماء، ويصب الخليط المنصهر في قوالب من الصلب الذي لا يصدأ وبعد التصلب يغطى القالب وينقل بوسائل خاصة لأماكن التخزين المؤقت في تجهيزات هندسية يتوفر فيها التبريد بالهواء.

### 1.8.3 التخلص النهائي من النفايات المصلبة عالية الإشعاعية :

هناك طرق كثيرة ومقترحة لذلك منها الدفن تحت قاع المحيطات على عمق حوالي 5 كيلومترات أو بالدفن تحت الجليد في القارة القطبية المتجمدة وتؤدي الحرارة المتولدة من النفايات بانصهار الجليد وبالتالي تغوص النفايات ويتجمد الجليد فوقها مرة ثانية وتستمر هذه العملية حتى تستقر الكتلة على صخور القاع وهناك اقتراح بإرسال النفايات المصلبة بالصاروخ إلى الفضاء لتدور إما في مدار حول الأرض أو حول القمر أو في مدار حول الشمس أو يقذفها في الفضاء السحيق وكل هذه تعتبر مشروعات مقترحة.

أما الطريقة المستخدمة فهي الدفن في التكوينات الجيولوجية وذلك بحفر أنفاق تحت الأرض على عمق 3000 متر وهذه آبار في أرضية هذه الأنفاق وإنزال هذه الكتل الزجاجية المحتواة في قوالب الصلب الذي لا يصدأ فيها ثم إحكامها وجدير بالذكر أن مواقع الدفن تعتمد على أبحاث جيولوجية وهيدرولوجية وكيميائية وفيزيائية لدراسة مدى ملائمة الموقع والصخور لوضع النفايات.

# الفصل الرابع

## 4. المفاعلات النووية :

### 1.4 المقدمة :

بعد حادثة بيرل الشهيرة والتي تم فيها تدمير الأسطول الأمريكي من قبل اليابانيين عام 1940م فرضت أجواء من السرية المطلقة على الأبحاث المتعلقة بالنواة وأصبحت المجلة الأمريكية (الطاقة الذرية Atomic Energy) المصدر العلمي الوحيد للإطلاع على ما يسمح بنشره من تلك الأبحاث وحسب معلومات تلك المجلة أول مفاعل نووي تم بناؤه كان يحتوي على 6 أطنان من اليورانيوم وكمية لم تحدها من مسحوق أكسيد اليورانيوم لعدم توافر اليورانيوم النقي بكمية كافية تلك الأيام، وكان شكل اليورانيوم كروياً ويتكون من طبقات أفقية من الجرافيت وتم الحصول على (Critical mass) قبل الانتهاء من بناء الشكل الكروي، وهكذا أصبح المفاعل الكروي الشكل ناقص، ولظروف السرية تم بناء المفاعل تحت ستار جامعة شيكاغو، وتم تشغيله في تاريخ 12 كانون ثاني 1942م بقدرة تساوي  $\frac{1}{2}$  واط، وخلال إثني عشر يوماً وصلت قدرة المفاعل إلى 200 واط.

ولأغراض التجارب العلمية والأبحاث المتعلقة بهذا المجال الجديد فقد بنى مفاعل آخر في عام 1943م ولم يختلف عن المفاعل الأول إلا في الشكل الهندسي حيث كان مكعب الشكل، والمفاعل الثالث بنى في سنة 1944م واستخدام الماء الثقيل مادة مهدئة للنيوترونات وبذلك أمكن تقليل حجم المفاعل مقارنة مع المفاعل الأول.

وقد فشل الألمان أيام الحكم النازي في صنع القنبلة النووية برغم الإمكانيات الضخمة وتوافر العلماء في هذا المجال وحيث بينت قياساتهم أنه لا يمكن استخدام الجرافيت كمادة مهدئة للنيوترونات واتجهوا للماء الثقيل الذي لم يكن متوافر في ألمانيا، ولذلك حاولوا الحصول على الماء الثقيل في البداية في مختبر جوليوركورت في باريس ولكنهم أخفقوا حيث استطاعت المقاومة الفرنسية نقل الكمية الموجودة منه وإخفاؤها.

وبعد ذلك اتجهوا إلى النرويج حيث كان يوجد مصنع للماء الثقيل ولكن الحلفاء استطاعوا تدمير المصنع، وتم أيضاً نسف السفينة التي كانت تحمل الماء الثقيل عبر البحيرة المجاورة للمصنع واستطاعوا أن يغرقوها.

### 2.4 فيزياء المفاعل النووي :

للتبسيط يمكن القول أن المفاعل النووي هو جهاز تكنولوجي معقد وتجري داخله عملية انشطار نواة الذرة في تفاعل متسلسل يصاحبه توليد قدر كبير من الحرارة، وأهم عمليتين تجريان في المفاعل النووي هما عملية انشطار النواة للحصول على طاقة حرارية وعملية ضبط النيوترونات لغايات التحكم في عملية الانشطار، ومكونات النواة متماسكة بفعل قوة تسمى بالقوة النووية العنقودية وتتميز هذه القوة بقصر مداها وشدتها الهائلة.

فهي تؤثر ضمن مسافة لا تتجاوز نصف قطر النواة، وتصنف هذه القوة وينعدم تأثيرها عند ابتعاد الجسيمات عن بعضها، وعند استثارة نواة الذرة بطريقة أو بأخرى فإن قوة الترابط بين النيوكليونات تقل ويفضل تأثير قوى التنافر فإن نواة الذرة تأخذ شكلاً بيضاوياً، ثم تستمر

النواة في الاستطالة تحت تأثير هذه القوى إلى أن تنفلق أو تنتشر، وعادة يلجأ الفيزيائيون إلى شرح هذه العملية باستخدام نموذج الفطرة السائلة (Liquid drop model) قوة التناثر بين البروتونات تتناسب مع مربع العدد الذري للعنصر ( $N^2$ ) بينما تتناسب طاقة الربط في النواة مع الوزن الذري (A) للعنصر، لذلك فإن مقدرة النواة على الانشطار تتحد بالكمية الآتية ( $\frac{N^2}{A}$ ).

وكما زادت هذه النسبة زاد احتمال انشطار النواة، وتنتشر نوى الذرة التي تزيد فيها النسبة إلى 44.5 تلقائياً من دون أي تأثير خارجي، كما أسلفنا عند قذف بعض العناصر الثقيلة كاليورانيوم والبلوتونيوم بالنيوترونات تنتشر النواة وتنطلق 2-3 نيوترونات وهذه النيوترونات تصطدم بنوى أخرى فتحدث انشطارات أخرى فيما يسمى بالتفاعل المتسلسل (Nuclear fission chain reaction) فيحدث تضاعف للنيوترونات وأحد شروط التفاعل المتسلسل هو أن يشارك نيوترون واحد على الأقل من النيوترونات المنطلقة في عملية انشطار النوى، وفي المتوسط ينطلق 2.5 نيوترون في كل عملية انشطار لنواة الذرة، وتنطلق النيوترونات لحظياً أي في لحظة الانشطار (99% من عدد النيوترونات المنطلقة) ونيوترونات متأخرة 1%.

ومن المعروف أنه كلما زادت سرعة الجسيم قل احتمال اصطدامه بنوى الذرات لذلك ولزيادة احتمال اصطدامه بنوى الذرات لا بد من إيجاد وسيلة معينة لإبطاء سرعتها أي تحويل النيوترونات المعجلة إلى نيوترونات بطيئة (حرارية) وتعرف عملية إبطاء النيوترونات بعملية التهدئة (Moderation) ويتم إبطاء النيوترونات بواسطة عمليات البعثرة (Scattering) غير المرنة للنيوترونات وأفضل النوى لتهدئة النيوترونات هي نوى العناصر الخفيفة (الماء العادي، الماء الثقيل، الجرافيت، البريليوم).

وتسمى منطقة قلب المفاعل (Core) المنطقة النشطة (Active Core) فإذا كان شكل هذه المنطقة من الناحية الهندسية منتظماً (كروي أو أسطواني) فإن أكبر دفع أو فيض (Flux) للنيوترونات المهدئة (الحرارية) تكون في هذه المنطقة ويساوي هذا الدفع النووي ( $10^{14}$  –  $10^{13}$  نيوترون لكل سم<sup>2</sup> في الثانية) وكلنا ابتعدنا عن المركز فإن عدد النيوترونات يقل نتيجة التسرب من المنطقة النشطة وتقليل هذا التسرب فلا بد أن تكون مادة المنطقة النشطة مادة عاكسة للنيوترونات، وجود المادة العاكسة يزيد من تركيز النيوترونات في المنطقة النشطة، وكذلك يجعل نفق النيوترونات في المنطقة النشطة متبايناً (Homogeneous) بحيث يحرق الوقود النووي بصورة متجانسة.

ولما كانت الطاقة الحرارية الناتجة عن عملية التفاعل المتسلسل تعتمد على عدد عمليات الانشطار التي تحدث ومن الضروري التحكم في هذا العدد بحيث يمكن زيادة الطاقة الحرارية الناتجة أو خفضها أو حتى إيقافها متى تشاء.

مما سبق نستنتج أن العمليات التي تجري في داخل المفاعل النووي النمطي هي :

1. عملية إنشطار النيوترونات بعد قذفها بالنيوترونات.
2. عملية تهدئة النيوترونات الناتجة عن الإنشطار.
3. عملية تركيز النيوترونات في قلب المفاعل.
4. عملية نقل الحرارة الناتجة عن عملية إنشطار النواة.

5. عملية التحكم في التفاعل المتسلسل وبالتالي في قدرة المفاعل والطاقة الحرارية فيه.

ويجب أن تتم جميع هذه العمليات في حيز مغلق ومحمي حفاظاً على سلامة البيئة وصحة الإنسان الذي يتعامل مع المفاعل، وخوفاً من تسرب الإشعاعات النووية الخارجة إلى جسمه وهذا يتم بتزويد المفاعل بمناطق حماية كافية وتسمى هذه المناطق دروع المفاعل.

### 3.4 مكونات وتركيب المفاعلات النووية :

على الرغم من تباين الأغراض التي تنشأ لها المفاعلات فإن عناصر مكوناتها هي نفسها في كل المفاعلات وهي سبعة :

#### 1. الوقود :

وهي المادة القابلة للإنشطار وهذه المادة حتى الآن تنحصر في ثلاثة نظائر فقط (U-235) وهو عنصر طبيعي والبلوتونيوم – 239 وهو عنصر صناعي يحضر من اليورانيوم - 238 بالتفاعل النووي الذي يشمل اقتناص نيوترون يتبعه فقد جسمين بيتا متتاليين وكذلك (U-233) وهو عنصر صناعي أيضاً ويمكن تحضيره من (th-232) بتفاعل نووي يشبه التفاعل الذي يؤدي إلى البلوتونيوم وحتى الآن لم يستخدم (U-233) كوقود في المفاعلات ولكن المستخدم هو (po) و (u) في ثلاث حالات.

اليورانيوم المثري إلى (90%) من النظير (235) ويسمى اليورانيوم عالي الإثراء (Uranium high enriched) وهو الشائع في المفاعلات التجارية لتوليد الكهرباء على المستوى العالمي أو اليورانيوم الطبيعي دون إثراء الذي بدأ في الانتشار مؤخراً.

#### 2. المهدئ :

وهي المادة التي تبطئ من سرعة النيوترونات لتقلل من فرصة اقتناصها بواسطة اليورانيوم (238) وأكثر هذه المواد استخداماً هي الماء العادي والماء الثقيل والجرافيت و(CO<sub>2</sub>).

#### 3. المبرد أو المبادل الحراري :

وهي المادة التي تقوم بتبريد قلب المفاعل وحفظ درجة حرارته تحت الحد الأعلى للأمان، وفي نفس الوقت تقوم بنقل الحرارة من قلب المفاعل إلى خارجه لتوظيفها في توليد البخار لإدارة التوربينات وفي معظم الحالات تستخدم مادة واحدة لتقوم بوظيفة المهدئ والمبرد مثل الماء العادي والماء الثقيل وثاني أكسيد الكربون.

#### 4. قضبان التحكم :

وهي قضبان مصنوعة من مواد شرهة لامتصاص النيوترونات وتبني لها فتحات خاصة في قلب المفاعل بحيث إذا غرست فيه إلى نهايتها توقف التفاعل الإنشطاري تماماً، وأكثر المواد استخداماً في هذا القضبان هي الكاديوم وأنواع خاصة من الصلب يدخل فيها واحد أو أكثر من العناصر المعروفة بشراحتها لإمتصاص النيوترونات مثل الهافنيوم واليورون وبعض العناصر الأرضية النادرة.

#### 5. قضبان الأمان :

وهي مثل قضبان التحكم تماماً وتبني لها أيضاً فتحات في قلب المفاعل ولكنها تظل مغلقة خارج فتحاتها بواسطة مغناطيسات كهربية وفي حالة ظهور أي بواذر خطر يقطع التيار الكهربائي عن المغناطيسات فتسقط قضبان الأمان في قلب المفاعل فوراً وتوقف التفاعل.

#### 6. العاكس النيوتروني :

وهو طبقة تغلف قلب المفاعل من الداخل وتصنع من مادة لها قدرة فائقة على انعكاس النيوترونات إلى داخل قلب المفاعل وعدم تسربها إلى الخارج للحفاظ على هذه النيوترونات الثمينة وأيضاً كعامل أمان لمنع الإشعاع النيوتروني خارج قلب المفاعل وأشهر عنصر يقوم بهذه المهمة هو البريليوم، ويستخرج من البريل وهو أحد صور الزمرد الغير كريمة.

#### 7. الدرع الواقي :

وفي الغالب يتكون من طبقتين، الأولى عبارة عن بناء متين يضم قلب المفاعل الذي يحتوي على الوقود والثانية هي الغلاف الخارجي لقلب المفاعل ويصنع وعاء الإحتواء من مادة شديدة الصلابة والقوة لتحمي قلب المفاعل من أي عوامل خارجية قد تؤدي للإضرار به ، وتدخل في إنشائه الخرسانة ذات المواصفات الخاصة بالإضافة إلى المواد الأخرى ويقال أن دروع المفاعلات المبنية على الأسس السليمة لا تؤثر فيها إلا القنابل النووية.

#### 4.4 تصنيفات المفاعلات النووية :

تصنف المفاعلات النووية بطرق شتى حسب فيصل التصنيف المستخدم وغايته فأحياناً تصنف حسب طاقة النيوترونات وأحياناً حسب نوع المهدي وأحياناً حسب نظام النقل الحراري.

1. حسب طاقة النيوترونات الحرارية.

2. مفاعلات النيوترونات متوسطة السرعة.

3. مفاعلات النيوترونات المعجلة السريعة.

ولم تلاق مفاعلات النيوترونات متوسطة السرعة إنتشاراً كبيراً، بينما استخدمت الغالبية العظمى من المحطات النووية مفاعلات النيوترونات الحرارية.

وبشكل عام فإن المفاعلات النووية تصنف حسب نوع الناقل الحراري وحسب نوع مهدي النيوترونات ويمكن أن تصنف المفاعلات على هذا النحو كما يلي :

#### 1.4.4 مفاعلات الماء "wwpr" water – water power reactors :

في هذه المفاعلات يكون المبرد Coolant هو الماء العادي، ويستخدم الماء العادي أيضاً لتهدئة النيوترونات وفي بعض الأحيان تسمى هذه المفاعلات مفاعلات الماء الخفيف Light water reactors وتنقسم هذه المفاعلات بدورها لقسمين، هما :

أ/ مفاعلات الماء المضغوط (PWR) :

يستخدم الماء كهدف للنيوترونات وناقل للحرارة الناتجة عن الإنشطار النووي، وفي هذا المفاعل يدخل الماء إلى مواد البخار من المكثف أسفل المولد حيث يستخدم للتبريد، وهناك حلقات لدورات الماء في مثل هذا النوع من المفاعلات.

وتستخدم الحلقة الأولى لدوران الماء المضغوط في المفاعل حيث يدخل الماء المضغوط أسفل وعاء المفاعل باستخدام مضخة خاصة ويخرج من أعلى المفاعل ويذهب إلى مولد البخار حيث يتم تسخين الماء في المولد لإنتاج البخار الذي يستخدم في المرجل، وتلاحظ وجود محيط ثاني لإنتاج البخار، الذي يخرج من مولد البخار ويذهب إلى المرجل.

ب/ مفاعلات الماء المغلي BWR :

يستخدم الماء العادي ومهدئ للنيوترونات ولا يحتوي مثل هذا المفاعل على مولد للبخار (Generator) وهناك حلقة واحدة لنقل الحرارة (Loop system) يدخل الماء من المكثف إلى وعاء المفاعل ويتم تسخينه بالحرارة الناتجة عن الإنشطار النووي ويتصاعد البخار لأعلى ويذهب للتوربين لتشغيل المولد الكهربائي ويحتوي الماء الداخل إلى التوربين على بعض الإشعاعات.

#### 2.4.4 مفاعلات الماء الثقيل "HWR" Heavy water reactors :

يستخدم الماء الثقيل كمهدئ للنيوترونات، أما بالنسبة لناقل الحرارة فهناك محاولات مستمرة لإستخدام السوائل والغازات المستخدمة في مفاعلات الماء العادي مثل الماء العادي والماء الثقيل والسوائل العضوية و(CO<sub>2</sub>).

إن أهم ميزة لهذه المفاعلات تكمن في أن استهلاكها للوقود أقل من نظيره في مفاعلات الماء العادي ولكن يتم تزويد المفاعل بكميات كبيرة من الماء الثقيل.

وتكلفة مثل هذه المفاعلات تزيد عن (50%) عن مفاعلات الماء العادي ولكن تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية منها أقل وذلك بفعل استهلاكها الأقل للوقود النووي.

وفي هذه المفاعلات هناك خطورة لارتفاع نسبة البخار التريوم في مكان وجود المفاعل ويتسرب إلى جسم الإنسان عن طريق الجلد والمجري التنفسية ، ولذلك لابد من تزويد العاملين في المحطات التي تحتوي على مفاعلات الماء الثقيل بملابس حماية خاصة وأغطية للرأس لحماية الجسم من خطر تسرب البخار إليه ، وكذلك تولى عناية خاصة لتهوئة المحطة وتنقية الهواء فيها.

وتم تطوير مثل هذا النوع في بريطانيا ويطلق عليها اسم مفاعلات الماء الثقيل للبخار (SGHWR) Steam generating heavy water reactors) وقدرتها الواحد منها (500 ميجاواط) وفي كندا تم إنشاء مثل هذا النوع من المفاعلات تحت ("CANDU" (canda deuterium uranium) وقدرته (700 ميجاواط).

#### 5.4 المفاعلات الغازية الجرافيتية :

يستخدم الغاز وهو (CO<sub>2</sub>) أو غاز (He<sup>4</sup>) كناقلًا للحرارة وبما أن الغازات ليس لها خاصية تهدئة النيوترونات فلا بد من استخدام مادة ثانية مهدئة وعادة ما يستخدم الجرافيت لهذه الغاية ومن هنا جاءت التسمية.

ومن أنواع هذه المفاعلات النوع المعروف باسم المفاعلات عالية الحرارة المبردة بالغاز (High temperature gas cooled reactor) لقد تم صنع النماذج الأولية لهذه المفاعلات في كل من بريطانيا وفرنسا واستخدم معدن اليورانيوم الطبيعي وقوداً في هذه المفاعلات، وفي المفاعلات الحديثة منها تم استخدام معدن اليورانيوم الطبيعي وقوداً واستخدمت سبيكة الماغنوكس (Magnox) في صنع أغلفة قضبان الوقود النووي، ويكون الضغط في القلب مساوياً 250 كغم/سم<sup>2</sup> ودرجة حرارة الغاز مساوية 400 درجة مئوية أما قطر جسم المفاعل الكروي فيساوي 20 متر، أما أقصى قدرة كهربائية يمكن توليدها في مثل هذا النوع من المفاعلات 290 ميجاواط، وصممت بريطانيا مفاعلاً يمكن رفع درجة حرارة الغاز فيه إلى 650 درجة مئوية أطلق على هذا النوع اسم المفاعلات المتقدمة المبردة بالغاز (Advanced gas cooled reactor "AGCR").

#### 6.4 مفاعلات النيوترونات المعجلة :

وتكمن أهمية هذه المفاعلات في إمكانية الحصول على إحتراق كامل للوقود النووي فيها، وذلك بعكس المفاعلات الحرارية التي لا يحترق فيها سوى جزء من هذا الوقود وبالرغم من هذه الخاصية القريفة التي تتمتع بها هذه المفاعلات إلا أن نسبتها في المفاعلات الموجودة في المحطات النووية لا تزيد عن (1%) ويعود ذلك إلى عدد من الصعوبات الفنية المتعلقة بتصميمها، وطرق تشغيلها، وبخاصة ما يتعلق منها بنقل الحرارة، أي بطريقة نقل الحرارة من قلب المفاعل، وتكمن الأهمية الثانية لهذه المفاعلات في أنها تعتبر مصنعاً لإنتاج الوقود النووي بالإضافة إلى الحرارة التي تستخدم في توليد الكهرباء، وكما ذكر سابقاً تستخدم المفاعلات الحرارية (u-235) وقوداً نووياً وفي ذلك تكمن سلبيتها الكبرى، لأن هذا النظير يتوافر بنسبة (13%) فقط في اليورانيوم الطبيعي، أما في حال المفاعلات النووية المعجلة فإننا نستطيع استخدام اليورانيوم الطبيعي وقوداً نووياً في الآن ذاته ومن هنا جاءت تسمية هذه المفاعلات بالمفاعلات المستولدة (Breeder reactors) ويتطلب (u-238) نيوترونات طاقتها تزيد على (1 ميغا إلكترون) فولت لإحداث عملية الإنشطار.

ولا تستخدم في مثل هذا النوع من المفاعلات مهدئات للنيوترونات لأنه يتطلب نيوترونات سريعة لتشغيل المفاعل، وفي العادة تكون الحرارة في قلب المفاعل عالية جداً، لذلك



لابد من نقل هذه الحرارة بسرعة عبر مادة ناقلة لها خصائص نقل عالية للحرارة بالإضافة لكونها مادة غير ماصة للنيوترونات وأحسن المواد المستخدمة حالياً لهذا الغرض هي المعادن وخاصة الصوديوم السائل ومزيج من الصوديوم والكالسيوم السائل وتسمى المفاعلات التي يستخدم فيها هذا السائل المفاعلات المستولدة المعجلة والمبردة بسائل معدني (Liquid metal cooled fast breeder reactor "LMFBR")

وفي هذه المفاعلات هناك ثلاثة محيطات لدوران السائل المعدني والماء. فالمحيط الابتدائي خصص لسريان السائل المعدني الذي ينقل الحرارة من المفاعل إلى مبادل حراري وسطي، وفي هذا المبادل تتم عملية نقل الحرارة إلى الماء الذي يجري داخل هذا المبادل والذي بدوره يسري في محيط ثالث ويتم تسخين المولدات في المحطة الكهربائية.

وأهم مشكلات هذه المفاعلات مشكلة تسرب سائل الصوديوم إلى الماء حيث أن الصوديوم يتفاعل بسرعة مع الماء والمشكلة الثانية هي مشكلة المضخات التي تقوم بدفع سائل الصوديوم المعدني في أثناء جريانه في المحيط الأول.

# الفصل الخامس



## 5. الحلول والقواعد المتبعة في المنشآت النووية :

### 1.5 القواعد الفنية للسيطرة على محيط العاملين :

فيما يلي منظومات الحماية وإجراءات السيطرة والمراقبة التي تحقق متطلبات السلامة والمراقبة للعاملين في المنشآت النووية.

#### 1. نظام التهوية وتبديل الهواء :

إن لهذه المنظومات أهمية كبرى من ناحية التحكم بالمواد المشعة التي تطلق إلى البيئة وحمايتها من التلوث، إضافة إلى الحد من احتمالية تلوث الهواء في قاعات العمل بالغازات المشعة ومساحيق المواد المشعة.

إن منظومة التكييف والتهوية في القاعات والمختبرات الحارة منفصلة بشكل كامل عن المنطقة الباردة ولها مرشحاتها الخاصة بها وتحتوي المنظومة على وحدات خاصة للدفع مجهزة بمرشحات هواء مطلقة (Absolute air filters) ومنظمة لسحب الهواء مزودة بنفس النوع من المرشحات تعمل على طرح الهواء بسرعة تزيد بنسبة معينة على سبيل المثال (20%) على سرعة منظومات التجهيز وذلك لتحقيق انخفاض في الضغط الجوي للمختبرات الحارة ويتم طرح الهواء المسحوب عن طريق المدخنة المخصصة لهذا الغرض (وتتم عملية فحص نهائي في الممر الهوائي للمدخنة من خلال جهاز خاص لقياس نماذج من الهواء بعد عملية تنقية خلال هذه المرشحات).

إن سحب الهواء وإنخفاض الضغط يعتبر من المستلزمات الأساسية لوقاية العاملين من احتمالات التلوث وانتشاره في المختبرات، ومنعه من التسرب إلى الخارج.

توجد عادة في مثل هذه المنشآت النووية لوحة للمراقبة والسيطرة لغرض معرفة ما يلي :

- انخفاض سرعة سحب الهواء.
- انخفاض سرعة دفع الهواء.
- ارتفاع الضغط في مرشحات تجهيز الهواء.
- ارتفاع فرق الضغط ( $\Delta P$ ) في مرشحات طرح الهواء.
- انخفاض سرعة طرح الهواء المنظمة لتفريغ الهواء.
- انخفاض فرق الضغط في مختلف المختبرات الحارة.
- أجهزة قياس المستوى الإشعاعي.
- مستوى النفايات المشعة السائلة.
- مستوى النفايات الكيماوية السائلة.

#### 2. التهوية والتهوية الفعالة :

قبل بدء العمل والسماح للأفراد العاملين بالدخول إلى المنطقة الحارة يجب أن تكون منظومات التهوية في حالة اشتغال وذلك لمنع تلوث العاملين أثناء العمليات الإنتاجية لمختبرات

المواد المشعة والتي تنحصر في مجالات الصناديق القفازية ودواليب السحب (Hoods) والخلايا الحارة.

يتم تغيير هواء المنطقة الحارة بصورة تامة في مثل هذه المنشآت أربع إلى ست مرات بالساعة ، الضغط داخل المختبرات الحارة (المنطقة المسيطر عليها) يكون سالباً ويتراوح بين (2 - 5 ملم) وفي بعض المناطق بين (3 - 6 ملم) ماء وقد يزيد على ذلك حسب طبيعة المنشأة.

في حالة توقف التهوية لأي سبب يجب إيقاف العمل ومغادرة جميع العاملين إلى خارج المنطقة الحارة ، والتهوية الخاصة على مختلف أنواعها للصناديق القفازية أو الأجهزة أو الأحواض يجب أن تعمل بشكل جيد ويجب أن يتراوح الضغط داخل الصناديق القفازية بين (20 - 25 ملم ماء) وخلاف ذلك يوقف العمل حالاً لحين تصحيح الحالة لضمان سلامة العاملين.

إن قياسات منظومات المرشحة النووية المطلقة تتكون عادة من نوعين من المرشحات هما :

أولاً : المرشحات الأولية (Per - Filters) : يجب أن تكون الكفاءة لهذه المرشحات بحدود (80 - 85%) وتوضع هذه المرشحات قبل المرشحات الثانوية التي تليها.

ثانياً : المرشحات الثانوية (Secondary filters) : يجب أن تكون الكفاءة لهذه المرشحات بحدود (99 - 100%).

إن كفاءة هذه المرشحات يجب أن تحسب وتدقق كل ستة أشهر علماً بأن منظومة التهوية الفعالة ترتبط بالطاقة الكهربائية الإضطرارية (الديزل) لضمان استمرار عملها عند حدوث إنقطاع أو عطل في التيار الرئيسي.

### 3. منظومة السيطرة التلقائية :

لتوفير الوقاية الكاملة للعاملين من مخاطر التلوث في المنطقة الحارة توجد منظومة سيطرة تلقائية على مقدار الضغط التشغيلي داخل الصناديق القفازية (20 - 25 ملم ماء) حيث يفتح صمام السيطرة على الضغط كلياً وتلقائياً في الحالات الإضطرارية وذلك لتوفير أعلى مقدار من السحب في داخل الصناديق القفازية لتجنب احتمالات تسرب الهواء الملوث إلى جو المنطقة الحارة.

### 4. السيطرة على التلوث في محيط العمل :

لأجل المحافظة على سلامة العاملين ومنع زيادة الجرعة المسموحة للأفراد العاملين في المنطقة المسيطرة عليها (الحارة) تقوم وحدة الفيزياء الصحية بالسيطرة على محيط العمل من خلال الفحوصات والقياسات التي تجريها وتشمل ما يلي :

- أولاً : قياسات تلوث الهواء بدقائق المساحيق المشعة.

• ثانياً : قياسات تلوث السطوح بدقائق المساحيق المشعة.

تتم السيطرة على هواء محيط العمل للمنطقة المسيطر عليها بشكل مستمر طيلة مكوث الأفراد العاملين في هذه المنطقة وذلك عن طريق ساحبات (Sniffer) موزعة على أنحاء المنطقة الحارة وحسب ضرورات العمل حيث يتم تشغيلها بشكل مستمر طيلة أوقات العمل (8 ساعات) وفي حالة استمرار العمل أكثر من (8 ساعات) يمكن أن تستمر طيلة ساعات العمل ولكن يؤخذ بنظر الاعتبار عملية تبديل أجهزة السحب بأخرى غير مشغلة وذلك لأغراض تتعلق بسلامة الأجهزة عند التشغيل لأكثر من (24 ساعة) وبعدها يتم أخذ قراءات المرشحات المثبتة على الأجهزة للوقوف على نظافة هواء المنطقة ويتم قياس المرشحات بواسطة عداد كبريتيد الزنك (ZnS) مربوط إلى مقياس (Rate meter).

في حالة كون النتائج والقياسات لقيم التلوث في الهواء تزيد عن (30%) من التركيز الأعلى المسموح به يجب في هذه الحالة إيقاف العمل والتحقق عن أسباب ارتفاع نسبة التلوث في جو المختبرات الحارة ليتم معالجة الخلل وإصلاحه ومن ثم السماح للأفراد العاملين بالاستمرار في العمل.

إذا زادت نسبة التلوث عن (30%) من التركيز المسموح به أو عن طريق أخذ المسحات حيث تجري بعد كل عملية قياسات وفحوصات للسطوح القريبة والمحيطه بالمعدات والأجهزة إضافة إلى سطوح المعدات والأجهزة نفسها، وفي حالة وجود تلوث فيجب إزالته من قبل الفرد الذي سببه وبإشراف ومساعدة الفيزيائي الصحي بالسرعة والدقة الممكنة.

تجري عمليات مراجعة (Check) لقياس تلوث جدران داخل المختبر الحارة أسبوعياً بأخذ مسحات متعددة ولمناطق مختلفة أو عن طريق القياسات المباشرة.

أما المنطقة المراقبة فيفضل أن تفحص كل شهر وكذلك غرف الراحة ومناطق الاجتماعات يكون الفحص إما عن طريق القياسات المباشرة أو عن طريق أخذ المسحات.

## 5. ممرات الخروج الإضطراري :

هنالك مجموعة أبواب للخروج الإضطراري توزع على مناطق مختلفة في المختبرات ويجب أن تكون هذه الأبواب دائماً قابلة للفتح (غير مقفلة) والممرات المؤدية إليها يسهل الحركة فيها باتجاه الباب.

ويجب أن توضع أسهم تشير إلى اتجاه الأبواب الإضطرارية للوصول إليها بسهولة عند الحاجة ، ومن صفات الأبواب الإضطرارية الموجودة في مثل هذه المختبرات هي سهولة فتحها من الداخل وعدم إمكانية فتحها من الخارج.

ويجب إجراء ممارسات عملية للخروج من الأبواب الإضطرارية في فترات يتفق عليها كأن تكون كل ستة أشهر لتهيئة العاملين ومعرفة دقة وسرعة تنفيذ الممارسة.

## 2.5 قواعد العمل لضمان سلامة العاملين :

إن القواعد التشغيلية لسلامة العاملين المتعلقة بجانب التعرض للإشعاع بنوعيه الخارجي والداخلي تتعلق بالدرجة الأساس بالأفراد العاملين ضمن المنطقة العاملين عليها (الحارة).

### 1. دخول المنطقة المسيطر عليها :

يجب على جميع الأشخاص الراغبين في الدخول إلى المنطقة المسيطرة عليها (الحارة) أن يحصلوا على ترخيص بالدخول من قبل مدير القسم أو الشخص المخول بذلك.

وتوجد موافقات دائمة للأفراد العاملين بشكل دائم ومستمر في هذه المنطقة أو التي تقتضي أعمالهم التواجد بها بشكل دوري، وهناك موافقات مؤقتة تعطي للأشخاص الذين لديهم بعض الأعمال في المنطقة المسيطر عليها.

ومن المفيد وجود سجل لحفظ وتدوين أسماء العاملين في المنطقة المسيطر عليها، وكذلك تدوين أسماء الأشخاص لداخلين بموافقات مؤقتة وتثبيت وقت الدخول والخروج وكذلك مقدار التعرض الخارجي للإشعاع.

ويجب على الأفراد الداخلين إلى المنطقة المسيطر عليها (الحارة) ارتداء التجهيزات الوقائية المطلوبة التي يعينها الفيزيائي الصحي.

يمكن أن يعطي قلم تعرض واحد للزائرين العاملين كمجموعة واحدة والذين يمكنهم نفس المنطقة أثناء الزيارة.

### 2. مغادرة المنطقة المسيطر عليها :

يجب على الأفراد الذين يغادرون المنطقة المسيطر عليها أن يغسلوا أيديهم بالصابون بشكل جيد ويجب كذلك فحص اليدين والقدمين بجهاز قياس التلوث لليدين والقدمين الموجود عند مدخل المنطقة.

### 3. القواعد العامة في المنطقة المسيطر عليها :

هنالك مجموعة قواعد وتعليمات يجب الإلتزام بها وتطبيقها بدقة وعناية في المنطقة المسيطر عليها لغرض توفير أكبر قدر من السلامة على مستوى الفرد والمجموعة والمعدات والموقع.

1/ تجنباً لإحتمال استنشاق أو ابتلاع المساحيق المشعة ، يمنع تناول الطعام والشراب والتدخين.

2/ يمنع استعمال المناديل الشخصية ويجب استعمال المناديل الورقية والتي تطرح بعد استعمالها كنفائيات في حاويات معدة لهذا الغرض، وللأسباب نفسها يمنع استعمال مشط الرأس.

3/ في مختبرات السيطرة النوعية يمنع سحب السوائل المشعة بواسطة الفم ويجب استعمال المصاصات الخاصة بذلك.

4/ يجب ارتداء القفازات المطاطية عند التعامل مع المواد المشعة (مسحوق - سائل - صلب).

5/ يجب الإنتباه عند رفع الكفوف أن لا تمسك من الخارج بل من الجهة الداخلية ويقلب الداخل إلى الخارج، ومن الضروري تغيير الكفوف ذات الاستعمال الواحد بعد كل عملية ، أما الكفوف السميقة فيجب غسلها جيداً قبل خلعها أو قبل مسك معدات أخرى لمنع انتشار التلوث.

6/ يجب ارتداء القناع الواقي عند التعامل مع المساحيق المشعة بصورة مفتوحة، ويجري هذا النوع من التعامل عندما تكون قيمة النشاط الإشعاعي أقل من (10 ميلي كيوري). أما الكميات أو القيم التي يصل نشاطها الإشعاعي إلى (100 ملي كيوري) يجب التعامل معها عن طريق صندوق ذي غطاء وفيه تفرغ كامل أو تهوية خاصة وما زاد عن القيم أعلاه يجب التعامل معه داخل الصناديق القفازية فقط.

7/ إن التجهيزات والمعدات المستخدمة للتعامل مع المواد المشعة لا يسمح باستخدامها في الأعمال غير الداخلة فيها مواد مشعة ، وهذا يعني أن التجهيزات والمعدات المستخدمة في المنطقة الحارة لا يجوز استخدامها خارجها ما عدا بعض الحالات الخاصة وعندها يجب فحص المادة التي يراد إخراجها من قبل الفيزيائي الصحي للتأكد من عدم تلوثها.

8/ يجب أن تجري إزالة تلوث المعدات والتجهيزات من قبل الجهة المعنية بإشراف الفيزيائي الصحي وإذا كانت إزالة التلوث بشكل مفتوح يتوجب ارتداء الكمام قبل البدء بالعمل والذي يتم بواسطة قطعة قماش مبللة أو ما شابهه وباستعمال الماء والصابون أو المواد الكيماوية الخاصة بإزالة التلوث وحسب نوع الحالة ، في بعض الحالات المعقدة التي تحتاج طرقات متخصصة يجب أن يقوم بالعمل مجموعة متخصصة لإزالة التلوث.

9/ في حالة حدوث تسرب وانتشار للمساحيق المشعة يجب على الأفراد العاملين في المنطقة التصرف بحذر وفق ما يلي :

- أ. مغادرة المنطقة (تشمل منطقة التسرب والمنطقة المحيطة بها).
- ب. غلق طرق الدخول ومنع أي فرد يروم الدخول من أي منفذ آخر.
- ج. إخبار الفيزيائي الصحي حالاً وبدوره يعلم قسم الفيزياء الصحية.
- د. تبليغ وكتابة ملاحظات عن الحادث لمدير القسم.

10/ عدم لمس الكمام بكفوف ملوثة.

11/ عند حدوث جرح أثناء العمل يجب مراجعة الفيزيائي الصحي في الحال لاتخاذ ما يلزم وفي جميع الأحوال يجب تغطية الجرح بقطعة من البلاستر.

12/ عند القيام بأعمال من المحتمل حدوث تلوث من جرائها توضح خطة تفصيلية من قبل المسئول المباشر عن ذلك العمل مع الفيزيائي الصحي وتشرح الخطة للعاملين قبل التنفيذ وحسب إستمارة طلب ضوابط عمل معدة لهذا الغرض والتي سترد في نهاية هذا الفصل.



13/ على جميع الأفراد العاملين عند دخولهم المنطقة الحارة حمل أجهزة التعرض الشخصي وارتداء الألبسة الوقائية اللازمة.

14 توضع النفايات المشعة الصلبة في الحاويات المخصصة لها وهي تحمل العلامات التحذيرية كما ويمنع وضع المواد غير الملوثة فيها.

15/ عند مغادرة البناية يجب إتباع ما يلي :

- أ. غسل اليدين والوجه بالماء والصابون.
- ب. فحص اليدين وملابسك بأجهزة قياس التلوث.
- ج. وضع ملابس العمل في المحلات المخصصة لها.
- د. تعليق أجهزة التعرض الشخصي (فلم وقلم قياس التعرض) في اللوحة المخصصة لذلك.

#### 4. فحوصات أساسية :

يخضع الأفراد العاملون في مختبرات المواد المشعة للفحوصات المهمة التالية:

1. تم اختيار الأفراد وفقاً لقواعد اختبار طبية للتأكد من ملائمتهم من الناحية الصحية للعمل في مثل هذه المنشأة النووية.
2. يعاد الفحص الطبي للأفراد كل ستة أشهر أو كل سنة على الأقل.
3. يتم تحليل نموذج من الإدرار كل (90 يوماً)، يجمع النموذج خلال (24 ساعة) متواصلة.
4. فحص سنوي في عداد عموم الجسم.

#### 5. واجبات الفيزيائي الصحي :

فيما يلي إدراج أعمال وواجبات الفيزيائي الصحي ووحدة الفيزياء الصحية في المختبرات الحارة (مختبرات المواد المشعة).

من الممكن تقسيم واجبات مجاميع الفيزياء الصحية النموذجية إلى واجبين رئيسيين يتفرع عنهما مجموعة واجبات ثانوية كما يلي :

1/ تعريف كافة المستفيدين بالمفهوم العلمي والفلسفي للفيزيائي الصحي ومهامه العلمية ، والتي تنحصر بـ :

- أ. القياسات الفيزيائية لمختلف أنواع الإشعاعات.
- ب. العلاقة الكمية بين جرعة التعرض والضرر البيولوجي.
- ج. التصاميم السليمة إشعاعياً للمعدات العملية والبيئة.

2/ واجبات الفيزيائي الصحي في الموقع :

أ/ الجانب الخدمي :

دور الفيزيائي الصحي في هذا الجانب يكون بالمشاركة والإشراف والتوجيه لمجموعة أفراد فنيين مرتبطين به وتتلخص الواجبات في هذا الجانب بما يلي :

أولاً : السماح للأفراد العاملين بالدخول إلى المنطقة الحارة بعد التأكد من أن منظومة تهوية البناية والتهوية الخاصة للصناديق القفازية في حالة الاشتغال ويتم ملاحظة ذلك من خلال لوحة المراقبة.

ثانياً : يتم تشغيل الساحبات عند بدء العمل (في الساعة الثامنة صباحاً) بوضع المرشحات الخاصة خلالها وذلك للسيطرة ومراقبة تلوث الهواء حيث تطفأ الساحبات عند نهاية العمل وبعدها تقرأ النتائج وتسجل في استمارة المراقبة الفيزيائية المعدة لهذا الغرض وسيطلع القارئ على نموذج منها في نهاية الفصل.

ثالثاً : توفير التجهيزات الوقائية المطلوبة والإشراف على تنفيذ كافة تعليمات وضوابط الفيزياء الصحية وبدقة.

رابعاً : إجراء المسوحات الإشعاعية التي يحددها الفيزيائي الصحي لكافة المناطق وتدوين المعلومات في استمارة المراقبة التفصيلية المعدة لهذا الغرض ويوجد نموذج منها في نهاية الفصل.

خامساً : تهيئة ومتابعة أجهزة التعرض الشخصي.

سادساً : الإشراف على التنظيف النووي للبناية لمنع حدوث التلوث.

سابعاً : تخزين النفايات المشعة بشكل مؤقت ومن ثم إرسال الإستمارة الخاصة بالردم لمجموعة النفايات لغرض ردمها.

ثامناً : عدم السماح بإخراج المواد والأجهزة من المناطق الحارة إلى الباردة إلا في الحالات الضرورية بعد أن يتم فحصها والتأكد من عدم تلوثها.

تاسعاً : التأكد من نظافة وسلامة العاملين عند مغادرتهم المنطقة الحارة من خلال فحصهم بأجهزة قياس التلوث.

عاشراً : عزل الصداري وبدلات العمل الملوثة إشعاعياً لغرض ردمها أو إرسالها للغسيل الحار (في حالة توفر) أما غير الملوثة فترسل للغسيل الاعتيادي.

ب/ الجانب العلمي المتخصص :

يتحدد دور الفيزيائي الصحي في هذا الجانب بما يلي :

أولاً : إبداء المشورة في القضايا المتعلقة بالإشعاع في القسم، ويؤخذ رأيه بكل تجديد أو تبديل في المعدات أو العمليات أو البيئة.

ثانياً : تهيئة تعليمات متخصصة للوقاية من الإشعاع في القسم بالاعتماد على أحدث المصادر.

ثالثاً : تغيير أجهزة الفيزياء الصحية باستمرار.

رابعاً : حساب مستوى الإشعاع لمناطق العمل وكذلك الزمن المسموح به واقتراح وسائل الوقائية اللازمة لغرض تنفيذها من المعنيين.

خامساً : تستلم وحدة الفيزياء الصحية من مدير القسم أو رئيس الشعبة أو الشخص المخول طلب باستمرار خاصة (طلب ضوابط العمل في الإشعاع) وتذكر فيها تفاصيل الأعمال التي يمكن أن يحدث خلالها تلوث أو خطر على العاملين.

عند إستلام الوحدة للإستمارة أعلاه تقوم بملء إستمارة أخرى (ضابط العمل في الإشعاع) وبنسختين يوضح خلالها الإجراءات والتجهيزات الوقائية المطلوبة إتخاذها وتسلم نسخة منها إلى رئيس مجموعة العمل ليطلع ومجموعته على توجيهات وملاحظات الفيزيائي الصحي، وتحفظ النسخة الثانية مع الاستمارة الأولى لدى وحدة الفيزياء الصحية.

سادساً : إخبار مدير القسم والمسئولين وحسب السياقات المعمول بها بتقرير عن :

- تعرض الأشخاص للإشعاع فوق الحدود المسموح بها.
- تلوث الأشخاص والمعدات وأماكن العمل.
- تلوث البيئة ومحيط العمل.

يجب أن يحتوي التقرير على شرح وافٍ للحادث وأسبابه والإجراءات المتخذة أو المطلوب إتخاذها وأية مقترحات أخرى.

سابعاً : للفيزيائي الصحي الحق بإيقاف العمل في حالات :

- تعرض العاملين لجرعة أعلى من الحدود المسموح بها.
- تلوث الأجهزة والمعدات وأماكن العمل أكثر من التراخيص المسموح بها.
- عند حدوث تأثيرات جانبية على المجتمع أو السكان المحيطين أو القريبين من موقع العمل.

ثامناً : تقسيم مناطق العمل والعاملين حسب درجة خطورة مصادر الإشعاع المستعملة والتعليمات الدولية ونشر العلامات التحذيرية.

# الباب السادس

6-1 مقدمة:-

تتأثر شدة الاشعاع الصادر من النفايات والاجهزه الاشعاعيه بعده عوامل. هذه العوامل يجب معرفتها لتقليل الجرعه الاشعاعيه لاقصي مدي ممكن يجعلها في حدود الأمان.

## 2-6 الاجهزه والأدوات:-

استخدام جهاز اشعه x الموجود في معمل السنه الرابعه بكلية العلوم بجامعة السودان في هذه التجربه. وهذا الجهاز يحوى أنبويه اشعه x ويتصل به مصدر جهد في حدود الكيلو الكترون فولت (kv).

كما يوجد معه عداد قايقر لقياس شدة الاشعاع الصادر.

## 3-6 الطريقة والخطوات:-

لمعرفهاالعوامل المؤثره علي تغير شدة اشعاع اشعه x , غيرت قيم الجهود المسطله v علي الجهاز ثم قيست شدة الاشعاع في كل حيث زيدت الجهود بمقدار 5kv في كل مره.

وتم تغير الجهد من 5kv الي 35kv بزيادة الجهد 5kv في كل مره, وتم قياس شدة الاشعاع المناظره.

واستخدمت العلاقة التي تربط جهد أشعه x مع طاقة الفوتون وتردده في الصيغه:-

$$ev = hf \quad (1-3-6)$$

حيث أن:-

الجهد  $v \equiv$

شحنة الإلكترون  $e \equiv$

ثابت بلانك  $h \equiv$

التردد  $f \equiv$

وعلي ضوء هذه النظريةتصبح شدة الإشعه الصادره من جهاز أشعه x في الصورة:-

$$I = nhfc = cnev \quad (2 - 3 - 6)$$

حيث I تمثل شدة الإشعاع وتمثل كثافة الفوتونات في حين تعتبر c سرعة الضوء. وعليه تتناسب I طردياً مع v الي أن

$$I \propto v \quad (3-3-6)$$

## 4-6 القراءات:-

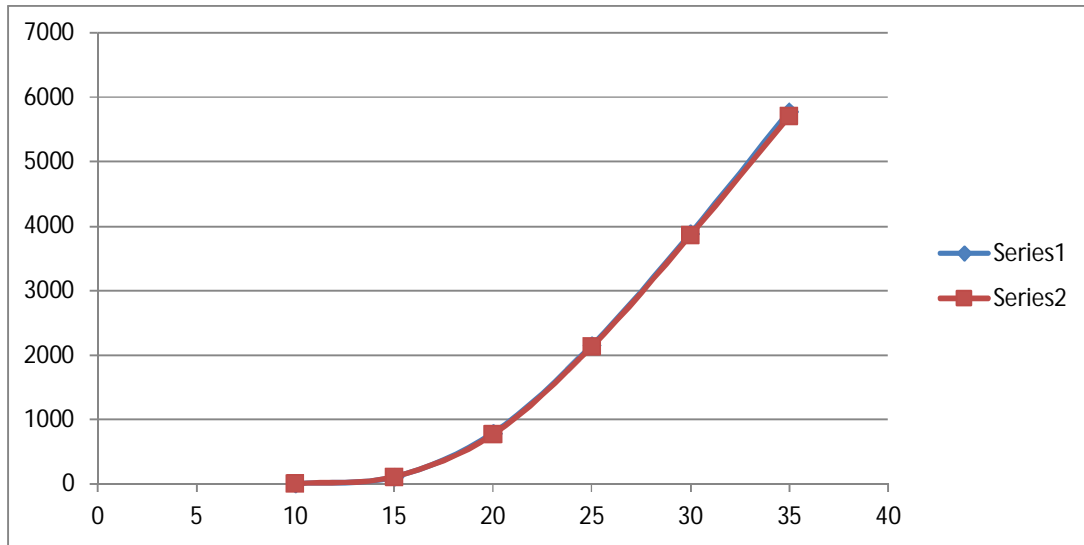
أخذت القراءات الأتية لمعرفة تأثير فرق الجهد والزمن للتعرف علي شدة الاشعاع .

جدول (1-4-6)

$$T_1 = 15S \quad T_2 = 30S$$

V/kv	$R_1/S^{-1}$	$R_2/S^{-1}$
5	0.2	0.2
10	1.20	0.97
15	107.4	109.53
20	788.33	767.90
25	2152.67	2130.43
30	3892.00	3861.23
35	5786.27	5711.37

الرسم البياني التجريبي (1-4-6) يوضح العلاقة بين فرق الجهد وشدة الأشعاع للأشعة السينية



## 5-6 المناقشه:-

يتضح من الرسم البياني التجريبي (1-4-6) تطابقه مع العلاقة النظرية (1-3-6) وهذا العلاقة النظرية مبنية علي النظرية الجسيمية للضوء مما يوضح شدة الاشعاع تزيد بزيادة الجهد المسلط ويتضح من الشكل (1-4-6) أيضا ان شدة الاشعاع تنقص بزيادة زمن التعرض , وهذا النقصان

ربما يكون مرده راجع الي حقيقة أن زيادة زمن التعرض يصاحبه زيادة تسخين الاسطوانه المدنيه التي تصطمم بها الألكترونات مما يؤدي لزيادة مقاومتها . وهذا يؤدي بدوره لتقليل شدة التيار الكهربى الذي يقلل بدوره عدد الفونات مما يؤدي لتقليل شدة الاشعاع .

### **(6-6) الخاتمة والإستنتاج:-**

تتطلب إجراءات الأمان النووى والاشعاعى التعرف على تأثير العوامل المؤثره على شدة الإشعاع لتقليل التأثير الضار على الانسان.

## المراجع :

1. محمد عبد المعبود الجبيلي ( 1979م ) \_ التفجيرات النووية للتطبيقات السلمية.
2. قصي رشيد\_ منظمة الطاقة الزرية العراقية(1986م) \_ الوقاية من الإشعاع والتلوث.
3. محمد أحمد جمعة (1990م) \_ دليل الرقابة الاشعاعية .
4. مطاوع الاشهب (1991 م ) \_ الإشعاع النووي والوقاية من الإشعاع والتلوث .
5. ممدوح عبد الغفور حسن(1420 هـ - 2000م) \_ الثقافة النووية للقرن ال(21).
6. محمد عبد الرحمن آل الشيخ – أحمد نصر كراشي – محمد عبد الفتاح عبيد(1425هـ\_2004م) هندسة الاشعاع النووي.
7. محمد عبدالفتاح القصاص (1425\_2005م) \_المخاطر الإشعاعية بين البيئة والتشريعات في الوطن العربي .
8. Disclaimer حقوق الطبع إذاعة هولندا العالمية ، 2008م.



9. محمد حبيب بركات ، الطبعة الأولى (1428هـ - 2008م) \_اساسيات الفيزياء النووية.
10. عذاب طاهر الكتاني ( 2009م) \_الفيزياء النووية والطبية .
11. منصور محمد حسب النبي\_عجائب واسرار الاشعاع الزري والطاقة النووية\_ رقم الإيداع 92/5588.