بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية الدراسات العليا

دراسة مرجعية في الوقاية من الإشعاع المؤين لمسؤول الحماية من الإشعاع

A Reference Study in Ionizing Radiation Protection For Radiation Protection Officer

بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير في الفيزياء (النووية)

إعداد

دعاء عمر عبد الله عمر

إشراف

د. أحمد الحسن الفكي

فبراير 2021م

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالى:

{۞ اللَّهُ نُورُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ ۚ مَثَلُ نُورِهِ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ ۖ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ ۖ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِن شَجَرَةٍ مُّبَارَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَّا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ ۚ نُّورٌ على نُورٍ ۗ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَن يَشَاءُ ۚ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ لِلنَّاسِ ۗ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ}

سورة النور آية 35

صدق الله العظيم

الإهداء

أهدي هذا البحث

إلى من أشتاق إليه بكل جوارحي.... وطني الغالي.

إلى مثال التفاني والإخلاص..... أبى الحبيب.

إلى من قدَّمت سعادتي وراحتي على سعادتها... أمي الفاضلة.

إلى من لم تبخل بمساعدتي يوم ما..... صديقتي الغالية.

إلى من أمدَّتني بالنصح والإرشاد... أختي الكريمة.

إلى كل من دعا لي بالخير

إلى أخواني وأخواتي من حرمني الوباء من رؤيتهم

أهديكم هذا العمل المتواضع وأسأل الله أن يجمعني بكم على خير

إلى معلمي الفاضل دكتور أحمد الحسن الفكي.

الشكر والعرفان

الشكر لله أولا ثم كل الشكر والتقدير لكلّ الذين وقفوا معي، ولكلّ الذي وقفوا ضدي لأكون على ما أنا عليه اليوم، فها أنا أستكملُ مسيرة حياتي وقد وصلت إلى ما حلمتُ به طويلًا، وما كان ذلك ليحدث لولا توفيق الله، ثم وقوف بعض الأوفياء إلى جانبي، فلكم أرق الوفاء، وأجمل التحية، وأعذب الثناء الرفيع.

المستخلص

هدفت الرسالة إلى معرفة الإشعاع المؤين ومصادره وكيفية الكشف عنه كما سلطت الضوء على أجهزة الكشف الإشعاعي ووحدات قياس الجرعات الإشعاعية. وأسس الحماية من الإشعاع المؤين الثلاثة (المسافة، الزمن، التدريع)

كما ركزت على دور مسؤولي الحماية من الإشعاع. لما له من أهمية عظيمة ولأن أغلب طلاب مجال الفيزياء يتجهون نحو القسم الأكاديمي للعمل ولكن مجال الحماية من الإشعاع يفتح لهم آفاق جديدة ومجالات أخرى في العمل في الشركات والمستشفيات حالما يحصلون على هذه الرخصة ولها قسمين (طبي – صناعي) وكل قسم يندرج تحته فروع أكثر تخصصا مثل المجال الصناعي الذي يندرج تحته التصوير الصناعي والنقل الآمن وسبار الآبار. وكل ترخيص يعمل في القسم المخصص له.

كما نوهت على التشريعات الوطنية للحماية من الإشعاع. ووضع برامج الوقاية الإشعاعية والمراقبة للمواد المشعة بشكل عام.

Abstract

The study aimed at knowing ionizing radiation, its sources, and how to detect it. It also shed light on radiation detection devices and radiation dosimetry units.

The three foundations of protection from ionizing radiation (distance, time, shielding)

It also focused on the role of radiation protection officials. Because of its great importance and because most students in the field of physics move towards the academic department for work, but the field of radiation protection opens new horizons for them and other fields of work in companies and hospitals as soon as they obtain this license and it has two sections (medical - industrial) and each section falls under more specialized branches Such as the industrial field, which includes industrial photography, safe transportation and wells probing. Each license operates in the section designated for it.

It also noted the national legislation for radiation protection, and the development of programs for radiation protection and monitoring of radioactive materials in general.

الفهرس

المحتويات	رقم الصفحة
الآية	ب
الإهداء	ج
الشكر والعرفان	د
المستخلص	ه
Abstract	و
الفهرس	ز
الفصل الأول **المقدمة**	
1.1 الطاقة النووية	1
1.2 محطات الطاقة النووية	1
1.3 الاستخدامات السلمية للطاقة النووية	2
1.4 مميزات الطاقة النووية	3
1.5 مساوئ الطاقة النووية	4
1.6 مشكلة البحث	5
1.7 أهداف البحث	5
1.8 محتوى البحث	5
الفصل الثاني **الإشعاع والنشاط الإشعاعي**	
2.1 تركيب النواة	6
2.2 الإشعاع	6
2.3 أنواع الإشعاع	6
2.4 التأين: IONIZATION	7
2.5 أنواع الإشعاع المؤين	7
2.6 النشاط الإشعاعي	7
2.7 النظائر	8
2.8 جسيمات ألفا	8
2.9 جسيمات بيتا	9
2.10 أشعة جاما	9
2.11 النيوترونات	10
الفصل الثالث **أجهزة الكشف الإشعاعي**	
3.1 مقدمة	11
3.2 أهم خصائص جهاز المسح الإشعاعي	11
3.3 Types of Radiation Detectors	11
3.3.1 الكواشف الوميضية	12
3.3.2 أنواع المواد الوميضية Types of scintillators	13
3.3.3 استخدام الكواشف الوميضية	15
3.4 قياس الجرعات الإشعاعية	15

3.5 وحدات قياس الجرعات الإشعاعية	16
الفصل الرابع **النتائج والمناقشة**	
4.1 مقدمة	19
4.2 زمن التعرض	19
4.3 المسافة بين المصدر المشع والجسم	19
4.4 الحواجز الإشعاعية (الدروع)	20
4.5 Radiation protection	21
4.6 طرق تحقيق السلامة والوقاية الإشعاعية في تحقيق أهداف الوكالة الدولية للوقاية من الإشعاع	21
4.7 برنامج الحماية من الاشعاع	22
4.8 العناصر الرئيسة التي يتكون منها البرنامج الفعال للحماية من الاشعاع	22
4.9التنظيم والادارة الملتزمة بمبادئ الحماية	22
4.10 الاختيار السليم للأفراد وتدريبهم تدريبا مناسبا	23
4.11 مسؤول الحماية من الاشعاع	24
4.12 التعرض المهني وقياس الجرعات الإشعاعية الشخصية	26
4.13 التعرض الإشعاعي والأمان في الممارسة	25
4.14 حدود الجرعة	25
4.15 التشريعات الوطنية للحماية من الإشعاعات المؤينة	26
4.16 النظام الوطني للحماية من الإشعاع واللوائح التنظيمية	26
4.17 اللجنة الوطنية للحماية من الإشعاع	27
4.18 الجهة المختصة بالحماية من الإشعاع	27
4.19 هدف النظام الوطني والتعليمات العامة للحماية من الإشعاعات المؤينة في الدولة	28
4.20 النصائح العشر في الحماية من الإشعاع	29
الخاتمة	30
التوصيات	31
المراجع والمصادر	32

الفصل الأول

المقدمة

1.1 الطاقة النووية:

تعتبر الطاقة النووية اليوم بديلا مهم عن النفط والغاز وهي الطاقة الناتجة عن التفاعل النووي وهذه التفاعلات تنتج كميات هائلة من الطاقة عند إعادة تشكيل الروابط بين الذرات من خلال عملية الانصهار أو الانشطار.

تتولد الطاقة من عملية الانصهار النووي عند دمج الذرات أو صهرها لتصبح ذرة أكبر، وهي ذات التفاعلات التي تمد الشمس بالطاقة.

أما في عملية الانشطار، تتولد كميات كبيرة من الطاقة عبر تقسيم نواة الذرة أو تقسيم الذرات إلى ذرات أصغر. وهذا النوع من العمليات المستخدم في محطات الطاقة النووية. [1]

1.2 محطات الطاقة النووية:

تعتبر محطات التوليد الطاقة النووية نوعاً من محطات التوليد الحرارية البخارية، حيث تقوم بتوليد البخار بالحرارة التي تتولد في فرن المفاعل. الفرق في محطات الطاقة النووية أنه بدل الفرن الذي يحترق فيه الوقود يوجد الفرن الذري الذي يحتاج إلى جدار عازل وواق من الإشعاع الذري وهو يتكون من طبقة من الآجر الناري وطبقة من المياه وطبقة من الحديد الصلب ثم طبقة من الإسمنت تصل إلى سمك مترين وذلك لحماية العاملين في المحطة والبيئة المحيطة من التلوث بالإشعاعات الذرية.

والمفاعل النووي تتولد فيه الحرارة نتيجة انشطار ذرات اليورانيوم بضربات النيوترونات. وتستغل هذه الطاقة الحرارية الهائلة في غليان المياه في المراجل وتحويلها إلى بخار ذات ضغط عال ودرجة حرارة نحو 480 درجة مئويـة. ثم يسلط هذا البخار ذو الضغط المرتفع (نحو 380 ضغط جوي) على زعانف توربينات بخارية صممت ليقوم البخار السريع بتدوير محور التوربينات وبذلك تتحول الطاقة البخارية إلى طاقة ميكانيكية على محور هذه التوربينات. ويُربط محور التوربين مع محور المولد الكهربائي فيدور محور المولد الكهربائي (ALTERNATOR) بنفس السرعة فتتولد على طرفي الجزء الثابت من المولد الطاقة الكهربائية.

نفذت أول محطة توليد نووية في العالم في عام 1954 وكانت في الاتحاد السوفيتي بطاقة 5 ميجا واط. عندما توصل العلماء إلى تحرير الطاقة النووية من بعض العناصر كاليورانيوم والبلوتونيوم. فوقود المفاعلات النووية اليورانيوم المخصب بكمية تكفي لحدوث تفاعل انشطاري تسلسلي يستمر من تلقاء ذاته. ويوضع الوقود في شكل حزم من قضبان اليورانيوم طويلة داخل قلب المفاعل الذي هو عبارة عن غلاية كبيرة مضغوطة شديدة العزل ذات جدار سميك (نحو 25 سنتيمتر من الفولاذ). ويتم الانشطار النووي بها لتوليد حرارة لتسخين المياه وتكوين البخار عال الضغط، الذي يدير زعانف التوربينات التي تتصل بمولدات كهربائية. ويتم ضبط معدل تشغيل المفاعل عن طريق

إدخال قضبان تحكم في قلب المفاعل من مادة الكادميوم التي تمتص النيوترونات الزائدة. فكلما تم تقليل عدد النيوترونات في المفاعل كلما بطء معدل انشطار أنوية اليورانيوم.

وكان أول مفاعل نووي قد أقيم عام 1944 في هان فورد بأمريكا لإنتاج مواد الأسلحة النووية وكان وقوده اليورانيوم الطبيعي. وكانت المادة المهدئة لسرعة النيوترونات ليست الماء وإنما الجرافيت فكان ينتج البولونيوم لاستخدامه في صناعة القنابل الذرية. ولم تكن الطاقة المتولدة من المفاعل تُستغل. ثم بُنيت أنواع مختلفة من المفاعلات في كل أنحاء العالم لتوليد الطاقة الكهربائية. وتختلف في نوع الوقود والمبردات والمهدئات. وفي أمريكا يستعمل الوقود النووي في شكل أكسيد اليورانيوم المخصب حتى 3% باليورانيوم-235 والمهدئ والمبرد من الماء النقي. وهذا النوع من المفاعلات يطلق عليها مفاعلات الماء الخفيف (أي الماء العادي).

انهاء الطاقة النووية مصطلح يتم إطلاقه على عملية إغلاق محطات الطاقة النووية تدريجياً بشكل منظم من قبل بعض الدول التي تملك هذه المفاعلات. السبب في رغبة هذه الدول في انهاء الطاقة النووية على أراضيها هي النفايات النووية الضارة التي لا يمكن إعادة تصنيعها. وحاليا فقد بدأ العديد من الدول مثل السويد وألمانيا في إعادة نظرتها بالنسبة إلى قرارها السابق بشأن إنهاء الطاقة النووية، خصوصا بعد تفاقم مشكلة الانحباس الحراري على الأرض، بسبب تركيز إنتاج الطاقة الكهربائية بوساطة محطات التي تعمل بالفحم والبترول، والتي تنتج قدرا هائلا من ثاني أكسيد الكربون، الذي يرفع بشكل مستمر درجة الحرارة على الأرض. [2]

1.3 الاستخدامات السلمية للطاقة النووية:

شكل اكتشاف الطاقة النووية ثورة كبرى في العالم نظرًا لأهميتها التي ظهرت مع مرور الوقت، إلا أنها وحتى يومنا هذا تعتبر مفهومًا مرتبطًا بالجرائم والقتل والدمار، ممزوجًا بالخوف والهلع، يصطحب في طياته بعض المشاهد الكارثية من تشيرنوبيل وغيرها. من المحزن أن يتكون هذا المشهد المريع في أذهاننا لمجرد ذكرنا للطاقة النووية أو التفكير بها. جاهلين الكم الهائل من استخدامات الطاقة النووية السلمية بعيدًا عن المجالات العسكرية، والتي استطاعت الوصول بنا إلى رصيف حافل بالإنجازات.

تتعدد مجالات استخدام الطاقة النووية السلمية في الحياة وأبرزها:

1- توليد الكهرباء: في حوالي عام 1945، تحول الاهتمام من استخدام الطاقة النووية في المجال العسكري إلى تسخير استخدامها في مجال أكثر تحكمًا ودراية وفائدة، وكان مجال توليد الكهرباء هو محط الأنظار في تلك المرحلة. يعتمد اليوم ما يزيد عن 30 بلدًا حول العالم على محطات الطاقة النووية لتوليد الكهرباء، حيث يتوافر ما يزيد على 430 مفاعلًا نوويًا مخصصًا لهذا الغرض. يعود السبب في الميل إلى توظيف استخدامات الطاقة النووية السلمية في توليد الكهرباء لكونها أخف تأثيرًا على البيئة وأقل خطورةً، إذ لا تنتج الطاقة النووية غازات تؤثر على الغلاف الجوي كما الأمر بالنسبة لحرق الوقود الأحفوري الذي يسبب طرح كميةٍ هائلةٍ من غازات الدفيئة في طبقات الغلاف الجوي، وكقيمة تقديرية، تقدم الطاقة النووية اليوم ما تصل نسبته إلى حوالي 17% من إجمالي الطاقة الكهربائية حول العالم.

2- الصناعات الغذائية:

من المهم أن نعلم أن معظم الصناعات الغذائية الحالية والطرق المستخدمة لتحسين الدورات الزراعية أو المحاصيل تعتمد في مضمونها على الطاقة النووية؛ حيث تستخدم الطاقة النووية في أيامنا هذه في التطبيقات الزراعية الخاصة بمكافحة الآفات وحماية المحاصيل وزيادة إنتاجها باستخدام العديد من الطرق الخاضعة للعديد من التجارب المختلفة لإثبات فعاليتها وضمان سلامتها وسلامة المنتجات الغذائية المعرضة لهذه الطاقة.

3- الصحة ومعالجة الأمراض:

يستخدم الطب النووي في معالجة وتشخيص الكثير من الأمراض المختلفة، بالإضافة إلى تتبع مسار المرض وتطوره ومعالجته. ومن أبرز الأمثلة على استخدامات الطاقة النووية السلمية في هذا المجال نذكر العلاج النووي لمرضى السرطان الذي بات يشكل جزءًا هامًا في العلاج ويلعب دورًا أساسيًا فيه. كما يتم استخدام الأشعة النووية في بعض أنواع الصور الطبية للقلب والأوعية الدموية، إضافةً لذلك، تُستخدم النظائر المشعّة في الكثير من التطبيقات المختلفة عن طريق حقنها أو استنشاقها لتقوم بعض الأجهزة برصد هذه النظائر وحركتها ضمن الجسم للكشف عن أمراض أو اضطرابات معينة.

4- حماية البيئة تحتل الطاقة النووية مكانةً هامةً من حيث إنتاج الطاقة النظيفة، شأنها شأن طاقة الرياح وطاقة المياه والطاقة الشمسية، وكما سبق وأسلفنا، فإنّ استخدامات الطاقة النووية السلمية في توليد الكهرباء حالت دون إنتاج غازات الاحتباس الحراري، مما يقي البيئة الكثير من الغازات السامة ويجنبنا الوقوع في العديد من المشاكل المستقبلية.

5- استخدامات أخرى: لا تنحصر استخدامات الطاقة النووية السلمية على ما سبق فقط بل تتعداها إلى العديد من الاستخدامات التي ربما لم نتصورها سابقًا. فتستخدم في استكشاف الفضاء عن طريق توليد الكهرباء للمركبات الفضائية واعتراض بعض الأجسام الخارجية الخطرة الفضائية التي قد تقترب من المركبات الفضائية او من كوكب الأرض. بالإضافة إلى استخدامها في عمليات التعدين واطفاء حرائق حقول الغاز والتنقيب عن النفط وغيرها. [3]

1.4 مميزات الطاقة النووية:

إن كمية الوقود النووي المطلوبة لتوليد كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية هي أقل بكثير من كمية الفحم أو البترول اللازمة لتوليد نفس الكمية؛ فعلى سبيل المثال طن واحد من اليورانيوم يقوم بتوليد طاقة كهربائية أكبر من تلك التي يولدها استخدام ملايين من براميل البترول أو ملايين الأطنان من الفحم. كما أنه لو تم الاعتماد على الطاقة الشمسية لتوليد معظم حاجة العالم من الطاقة لكانت كلفتها أكبر بكثير من كلفة الطاقة النووية.

تنتج محطات الطاقة النووية جيدة التشغيل أقل كمية من النفايات بالمقارنة مع أي طريقة أخرى لتوليد الطاقة، فهي لا تطلق غازات ضارة في الهواء مثل غاز ثاني أكسيد الكربون أو أكسيد النتروجين أو ثاني أكسيد الكبريت التي تسبب الاحترار العالمي والمطر الحمضي والضباب الدخاني.

إن مصدر الوقود -اليورانيوم- متوفر بكثرة وبكثافة عالية وهو سهل الاستخراج والنقل، على حين أن مصادر الفحم والبترول محدودة. ومن الممكن أن تستمر المحطات النووية لإنتاج الطاقة في تزويدنا بالطاقة لفترة طويلة بعد قصور مصادر الفحم والبترول عن تلبية احتياجاتنا.

تشغل المحطات النووية لتوليد الطاقة مساحات صغيرة نسبياً من الأرض بالمقارنة مع محطات التوليد التي تعتمد على الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح. فقد أكدت اللجنة التنظيمية للمفاعلات النووية على أننا بحاجة إلى حقل شمسي بمساحة تزيد عن 35 ألف فدّان لإنشاء محطة تدار بالطاقة الشمسية لتوليد طاقة تعادل ما تولده المحطة نووية بمقدار 1000 ميجا واط، كما أن مساحة الحقل المعرض للرياح اللازم لمحطة توليد تدار بالرياح لإنتاج نفس الكمية حوالي 150 ألف فدّان أو أكثر. في حين أن محطات التوليد النووية "ميل ستون 2 و3" المقامة في ولاية كونيكتيكت والتي تتمتع باستطاعة أكبر من 1900 ميجا واط تشغل مساحة 500 فدان ومصممة لتستوعب ثلاث محطات توليد".

1.5 مساوئ الطاقة النووية:

يؤدي استخدام الطاقة النووية إلى إنتاج النفايات ذات الفعالية الإشعاعية العالية؛ فبعد أن يتم انشطار معظم اليورانيوم -الوقود المستهلك- يُزال من المفاعل ويُخزَّن في بحيرات تبريد، وتقوم هذه البحيرات بامتصاص حرارة الوقود المستهلَك وتخفيض درجة إشعاعي؛ ثم تتم إعادة معالجته من أجل استرجاع اليورانيوم والبلوتونيوم غير المنشطرَين واستخدامهما من جديد كوقود للمفاعل، وينتج عن هذه العملية نفايات ذات فعالية إشعاعية عالية المستوى (HLW). يتم إعادة معالجة الوقود المستهلَك بشكل روتيني في مفاعلات برامج الدفاع لاستخدامه في إنتاج الأسلحة النووية، ووفق ما ذكرته وكالة حماية البيئة (EPA) فإن النفايات عالية الإشعاعية (HLW) الناجمة عن برامج الدفاع تشكل أكثر من 99% من إجمالي حجم (HLW) في الولايات المتحدة الأمريكية. وإن كلاً من فرنسا وبلجيكا وروسيا والمملكة المتحدة تملك وحدات خاصة بها لإعادة معالجة الوقود المستهلَك. وتقوم اليابان باستخدام الوقود المعاد معالجته في أوروبا.

ووفق ما ذكرته الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) فإن تقديرات نهاية عام 1997 تشير إلى أن كمية الوقود المستهلَك الناجم عن مفاعلات الطاقة التي يتم تخزينها عالميًّا والتي تزيد على 130 ألف طن، تحتوي قرابة ألف طن من البلوتونيوم، كما أن بعض العناصر الموجودة في الوقود المستهلَك وفي النفايات مثل عنصر البلوتونيوم، هي ذات فعالية إشعاعية عالية وتبقى كذلك لمدة آلاف السنين. ولا يوجد حاليًّا نظام آمن للتخلص من هذه النفايات.

وإن الخطط المقترحة للتخلص من النفايات عالية الإشعاعية وتخزينها لا تضمن حماية كافية للأفراد أو للمياه الجوفية من التلوث الإشعاعي.

وضمن الحوادث المتعلقة بالمفاعلات النووية حدوث تسرب إشعاعي جزئي في مفاعل "ثري ما يل آيلا ند" النووي قرب بنسلفانيا عام 1979، وذلك نتيجة لفقدان السيطرة على التفاعل الانشطاري؛ وهو ما أدى لانفجار حرر كميات ضخمة من الإشعاع، ولكن تمت السيطرة على الإشعاع داخل المبنى، وبذلك لم تحدث وفيات عندها، ولكن الحظ لم يحالف حادثة التسرّب الإشعاعي المشابهة في محطة الطاقة النووية في تشير نوبل بروسيا عام 1986، فقد أدت إلى مقتل

31 شخصاً وتعريض مئات الآلاف إلى الإشعاع، ويمكن أن يستمر تأثير الإشعاعات الضارة بحيث تؤثر على الأجيال المستقبلية.

1.6 مشكلة البحث

يركز هذا البحث حول الحماية والوقاية من الإشعاعات المؤينة الضارة التي يتعرض لها الإنسان بطريقة غير مباشرة وطريقة حماية المرافق التي تستخدم أجهزة هذا النوع من الإشعاع.

1.7 أهداف البحث

1- التعرف على الإشعاع وأنواعه ومعرفة الإشعاع المؤين.
2- طرق الحماية من الإشعاع المؤين.
3- تسليط الضوء على أجهزة الكشف عن الإشعاع.
4- وضع أطر عامة للإرشاد والتوعية الذرية الإشعاعية لدرء المخاطر الإشعاعية ما أمكن ذلك.

1.8 محتوى البحث

يحتوي هذا البحث على خمسة فصول تناول الفصل الأول الخطة العامة للبحث والمقدمة والتي تحتوي على ماهية الطاقة النووية وأبرز استخداماتها السلمية والفصل الثاني الذي كان يحمل عنوان النشاط الإشعاعي والإشعاعات المؤينة بينما تناول الفصل الثالث أجهزة الكشف الإشعاعي ووحدات قياس الإشعاعات وفي الفصل الرابع برامج الوقاية الإشعاعية والمراقبة للمواد المشعة.

وبعد ذلك استعرض الباحث مناقشة كيفية حماية المنشآت والجمهور بطرق سلمية من الإشعاعات وتقليل التعرض له والخاتمة والتوصيات في الباب الخامس.

الفصل الثاني

الإشعاع والنشاط الإشعاعي

2.1 تركيب النواة:

من التجارب التي أجريت على النواة، أمكن معرفة الكثير عن تركيبها، فلقد وجد أنها تتكون من بروتونات ونيوترونات، وهما جسيمان متساويا الكتلة تقريباً، ويحمل البروتون شحنة كهربائية مساوية تماماً لشحنة الإلكترون ولكنها موجبة بينما يعتبر النيوترون جسيماً متعادل الشحنة.

إنّ عدد البروتونات في النواة هو العدد الذري ويرمز له بالرمز Z، وهو ما يميّز عنصراً عن آخر حيث يوجد في الطبيعة 92 عنصراً تبدأ من الهيدروجين (Z=1) إلى عنصر اليورانيوم (Z=92)، وقد أمكن إنتاج عناصر ذات عدد ذري أعلى وذلك بطرق صناعية باستخدام المعجلات النووية الضخمة حتى تمّ الوصول إلى العدد الذري (Z=105)، وكمثال على ذلك عنصر البلوتونيوم (Z=94).

العدد الكتلي للذرة هو عبارة عن مجموع عددي البروتونات والنيوترونات في النواة، ويرمز عادة للعدد الكتلي بالرمز A، ومن المتفق عليه أن يرمز للعنصر بأحرفه اللاتينية الأولى ويكتب عدده الذري في الركن السفلي الأيسر، فمثلاً نواة ذرة الأكسجين بها 8 بروتونات و8 نيوترونات فيكون العدد الكتلي (A=16)، وعموماً فإن أي عنصر يمكن كتابته على الصورة:

حيث أن X ترمز إلى العنصر وA هو عدده الكتلي وZ عدده الذري، كما توجد طريقة أخرى لكتابة العنصر وذلك على الصورة X-A، ولذرة الأكسجين في مثالنا السابق فأنها تكتب O-16، ولا يذكر العدد الذري Z حيث أنّ رمز العنصر يدل عليه تماماً.

2.2 الإشعاع هو:

عملية انتقال الطاقة من المصدر إلى المادة بشكل دقائق أو بشكل موجات وهو طاقة تطلق في شكل موجات أو جسيمات صغيرة من مادة ما، وله أشكال عديدة مثل أشعة الشمس وأشعة الضوء والأشعة السينية وأشعة غاما والإشعاع الصادر من المفاعلات النووية والضوء بحد ذاته إشعاع يطلقه الإلكترون المرتبط في ذرة.

2.3 أنواع الإشعاع:

توجد عدة أنواع من الإشعاع وكل إشعاع له طاقة وإن تأثير الإشعاع على المواد طبقا لطاقة الشعاع ويمكن تصنيف الاشعاع إلى اشعاع مؤين واشعاع غير مؤين والاشعاع المؤين هو الذي يسبب تأين لذرات الوسط الذي يعبره ولكن يسبب إثارة ذراته.

ويضم الاشعاع المؤين: أشعة جاما، وأشعة اكس، ودقائق أو جسيمات ألفا، جسيمات بيتا، والنيترونات. [4]

2.4 التأين: IONIZATION

تعرف عملية التأين بأنها عملية تحويل الذرة المستقرة إلى أيون موجب والكترون (الزوج الأيوني).

الذرة متعادلة من ناحية الشحنة لوجود الكترونات سالبة الشحنة والتي تسبح حول النواة ووجود البروتونات الموجبة داخل النواة.

2.5 أنواع الإشعاع المؤين:

1- الفوتونات: وهي الإشعاعات التي تحمل الطاقة نتيجة لتذبذب المجال الكهربي والمغناطيسي المنتقل في الفراغ وبسرعة تساوي سرعة الضوء واهم هذه الإشعاعات هي الأشعة السينية وأشعة غاما.
2- الجسيمات المشحونة: وهي الدقائق الذرية أو دون الذرية والتي تحمل طاقة حركية مثل الالكترونات السريعة (جسيمات بيتا) وجسيمات ألفا.
3- الجسيمات غير المشحونة: وهي النيوترونات وهي جسيمات عديمة الشحنة كتلتها تساوي كتلة البروتون، اكتشف العالم شدويك عام 1932 هذه الجسيمات عندما كان يقصف هدف من البريليوم بجسيمات الغازات عالية الطاقة حيث لاحظ انبعاث إشعاعات لها قدرة على التأين غير المباشر وبأنها تحرر بروتونات سريعة عندما تتفاعل مع المواد الحاوية على الهيدروجين وتوصل إلى أن هذه الأشعة ليست بفوتونات وإنما جسيمات عديمة الشحنة وتوضح المعادلة التالية انبعاث النيوترون حسب تجارب شدويك

$$^{9}Be + {}^{4}He \rightarrow {}^{1}n + {}^{12}c \qquad (1.2)$$

حيث أن n هو النيوترون والذي بلغ عدده الكتلي. 1 والنيوترونات تنبعث عادة من النواة وتملك طاقة عالية جدا وتسمى بالنيوترونات السريعة وعند مرورها في المواد الخفيفة فإنها تهدأ مولدة نيوترونات ذات طاقة قليلة. وهذه النيوترونات خطرة على الجسم البشري لقدرتها على تنشيط المواد أي تحويلها من مواد مستقرة إلى مواد مشعة. أو أن النيوترونات يمكن أن تحدث عملية الانشطار المتسلسل إذا قصفت النواة بنيوترونات سريعة أو حرارية. [5]

2.6 النشاط الإشعاعي:

تتميز الكثير من النظائر بخاصية النشاط الإشعاعي. وهي عبارة عن تفكك أو اضمحلال تلقائي لنواة النظير مع إصدار جسيمات نووية مثل جسيمات ألفا أو بيتا قد يتبعها انطلاق إشعاعات جاما.

والنشاط الإشعاعي عبارة عن اضمحلال (تفكك) تلقائي لنواة النظير مع إصدار جسيمات نووية مثل جسيمات ألفا أو بيتا قد تتبعها إشعاعات جاما، وتعرف النظائر التي يحدث فيها هذا التفكك بالنظائر المشعة، وتجدر الإشارة إلى أنّ عملية التفكك تحدث في النظائر سواء أكانت في صورة نقية أم تدخل ضمن مركبات كيميائية، كما أنّ عملية التفكك لا تعتمد إطلاقاً على

الظروف الطبيعية مثل الحرارة وحالة النظير ولا يمكن وقفها أو التحكم بها بأي حال من الأحوال.

2.7 النظائر:

تحتوي ذرات العنصر الواحد على العدد نفسه من البروتونات، إلاّ أنها قد تحتوي على أعداد مختلفة من النيوترونات، ويعني هذا أنّ العدد الذري للعنصر الواحد لا يتغير، في حين يتغير عدده الكتلي تبعاً لعدد النيوترونات، ويقال في هذه الحالة أنّ العنصر الواحد له عدة نظائر، فمثلاً نواة البورون تحتوي على 5 بروتونات و5 نيوترونات فيكون عددها الكتلي (A=10) ولكن هناك البورون الذي تتكون نواته من 5 بروتونات و6 نيوترونات فله إذن العدد الكتلي (A=11).

وإذا كان لعنصر ما أكثر من نظير فإن العينة الطبيعية عادةً تحتوي على كل النظائر الطبيعية المستقرة التابعة له وتكون هذه النظائر مخلوطة بنسب مختلفة، فمثلاً يوجد الكلور في الطبيعة كخليط من نظيرين أحدهما الكلور والآخر الكلور ويكونان بنسبة 75.53% للأول و24.47% للثاني، وبعض العناصر في الطبيعة ليس لها نظير مثل الصوديوم فهو يوجد بنسبة 100% في العينة الطبيعية، وبعضها قد يصل عددها إلى عشرة نظائر مثل نظائر القصدير وتكون نظائره مختلطة بنسب مختلفة. النظائر المشعة: هي النظائر التي يحدث فيها هذا التفكك. [6]

توصف النظائر سواء الطبيعية أو الصناعية بأنها مستقرة أو غير مستقرة (أي نشطة إشعاعياً)، ويوجد في الطبيعة حوالي 280 نظيراً مستقراً وحوالي 800 نظير مشع للعناصر المعروفة والتي يمكن أن تكون موجودة أصلاً في الطبيعة أو يمكن إنتاجها في المعمل.

والعناصر المشعة هي عادة عناصر غير مستقرة لذا فهي تتخلص من جزء من طاقتها في صورة إشعاعات وتحدث ظاهرة النشاط الإشعاعي في الأنوية التي تكون فيها نسبة عدد البروتونات إلى النيوترونات كبيرة وبالتالي تصبح النواة غير مستقرة. ولكي تصل هذه النواة إلى حالة الاستقرار فإنها تتخلص من الطاقة الزائدة ببثها في صورة إشعاعات وقد دلت التجارب إلى أن هنالك ثلاث اشعاعات مختلفة تنطلق من المواد المشعة تم التمييز بينها بقياس انحرافها بتأثير المجالين الكهربي والمغناطيسي

2.8 جسيمات ألفا: (α)

هي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم He_2^4 تحتوي على 2 بروتون و2 نيوترون وعند انبعاث أشعة ألفا من نواة معينة فإنها تتحول إلى نواة أخرى ويمكن كتابة معادلة الانحلال الإشعاعي للنواة الأصلية في الصورة التالية:

$$ {}_z^AX \rightarrow Y_{z-2}^{A-4} + He_2^4 \qquad (2.2) $$

$$ {}_z^AX \rightarrow Y_{z-2}^{A-4} + \alpha \qquad (3.2) $$

وهذا يعني أن انطلاق أشعة ألفا من النواة المثارة يؤدي إلى نقصان عدد الكتلة بمقدار 4 بينما ينقص العدد الذري بمقدار 2. [7]

2.9 جسيمات بيتا: (β)

عبارة عن إلكترون e^- أو بوزيترون e^+ ذي سرعة وطاقة عاليتين وينبعث من نوى إشعاعية النشاط مثل البوتاسيوم40، وجسيمات بيتا المنبعثة هي شكل من الإشعاعات المتأينة وتعرف أيضاً باسم أشعة بيتا وتسمى عملية إنتاج جسيمات البيتا بتحلل بيتا.

هنالك نوعان من تحلل بيتا: إما β^- الذي يصدر إلكترونا، وβ^- الذي يصدر بوزيترونا.

$$n \rightarrow P + \beta^- + \upsilon^- \quad (3.2)$$

$$P \rightarrow n + e^+ + \upsilon_e \quad (4.2)$$

تمتاز جسيمات بيتا بقدرة ضعيفة على تأيين المواد الموجودة في مسارها، إلا أن نفاذيتها للمواد ضعيفة نسبيا، بحيث أنها تخترق صفيحة من الألمنيوم بسمك 3 ملم. كما يمكن تسريع الإلكترونات في معجل جسيمات فتزيد سرعتها إلى ما يقرب من سرعة الضوء. [8]

2.10 أشعة جاما (γ):

هذه الأشعة ذات الطول الموجي الأقصر في الطيف الكهرومغناطيسي وذات الطاقة الأعلى وذلك لأنها تنتج من التصادمات النووية وكذلك من العناصر المشعة. وكما هو الحال في إنتاج أشعة اكس تم تعجيل الالكترونات في فرق جهد عالي هنا يتم تعجيل الأنوية بطاقة عالية جداً باستخدام المعجلات مثل السيكلترون cyclotron والسنكلترون synchrotron.

في الطبيعة تنتج أشعة جاما من الشمس نتيجة للتفاعلات النووية وتصل طاقة أشعة جاما إلى مليون الكترون فولت. وتعتبر المجرات السماوية

والنجوم المنتشرة في الفضاء من مصادر أشعة اكس. ويعمل علماء الفلك على دراسة هذه الأشعة بواسطة مراصد مخصصة لهذا الغرض لفهم أسرار هذا الكون. كما أن العناصر المشعة مثل اليورانيوم تنتج أشعة جاما باستمرار.

تقطع أشعة جاما مسافات فلكية في الفضاء وتمتص هذه الأشعة فقط عند اصطدامها بالغلاف الجوي للكرة الأرضية. وبهذا يشكل الغلاف الجوي حماية للمخلوقات الحية من هذه الأشعة المدمرة وفي الشكل التوضيحي يبين تأثير الغلاف الجوي للأرض على الطيف الكهرومغناطيسي.

نلاحظ أن الأشعة المرئية فقط هي التي تعبر الغلاف الجوي بينما الأطوال الموجية الأقصر تمنع من الوصول لسطح الأرض وذلك لأنها تمتص بواسطة طبقة الأوزون في الغلاف الجوي.[9]

2.11 النيوترونات:

النيوترون جسيم متعادل الشحنة، كتلته أعلى قليلاً من كتلة البروتون، وتصنف النيوترونات تبعاً لطاقتها إلى الأنواع التالية:

نيوترونات بطيئة أو حرارية

نيوترونات بينية الطاقة

نيوترونات سريعة

نيوترونات ذات طاقة عالية

ونظراً لعدم وجود شحنة للنيوترون، فإنه يتميّز بخصائص تختلف كثيراً عن خصائص الجسيمات المشحونة، ومن هذه الخصائص أنّه لا يمكن تعجيله ولا يمكن أن يؤين ذرات المادة ولا يحدث عنه أي تفاعلات كهروستاتيكية مع النواة أو الإلكترونات، لذا فإنّه إن لم يتفاعل النيوترون تفاعلاً نووياً مع أنوية الذرات تكن المادة بالنسبة له كالفراغ، مما يجعل له قدرة كبيرة على اختراق المادة، ويتفكك النيوترون بعد خروجه من النواة إلى بروتون وجسيم بيتا ويبلغ عمره النصفي 12 دقيقة.

ويجدر بالذكر أنه لا توجد في الطبيعة مصادر طبيعية مشعة للنيوترونات، ويمكن الحصول على النيوترونات في المفاعلات عن طريق الانشطار النووي، كما أمكن في السنوات الأخيرة إنتاج نظير الكاليفورنيوم والذي ينشطر تلقائياً إلى بعض النوى في المدى المتوسط باعثاً النيوترونات، كما يمكن قذف بعض النوى الخفيفة مثل البريليوم بجسيم ألفا فينطلق نيوترون طبقاً للتفاعل:

$$ {}^{4}_{2}He + {}^{9}_{4}Be \longrightarrow {}^{12}_{6}C + n \qquad (5.2) $$

الفصل الثالث
أجهزة الكشف الإشعاعي

3.1 مقدمة:

تعتبر عملية المسح الإشعاعي ورصد التلوث وقياس معدل الجرعات الإشعاعية في المختبرات أو الأماكن التي تحتوي على مصادر مشعة أو أجهزة مصدرة للإشعاعات المصادر محكمة الإغلاق أو المواد والمفاعلات أحد أهم الوقاية الإشعاعية ويستخدم لهذا الغرض أجهزة خاصة تعرف باسم أجهزة المسح الإشعاعي لقياس الجرعات الإشعاعية الممتصة أو معدل هذه الجرعات في تلك الأماكن مع ملاحظة أنه لا يمكن استخدام جهاز واحد للكشف عن الإشعاعات المختلفة وقياس معدل الجرات ورصد التلوث.

3.2 أهم خصائص جهاز المسح الإشعاعي:

1- بساطة التركيب وتؤدي إلى سهولة استخدامه وإمكانية إجراء الصيانة والتبديل عند التلف.
2- المتانة ويجب أن يتحمل الجهاز العمل في مختلف الظروف.
3- خفة الوزن وإمكانية حمله ونقله بسهولة.
4- دقة البيانات والموثوقية.
5- الحساسية لإمكانية الكشف عن الكميات الصغيرة منها.

تتكون أجهزة المسح الإشعاعي من كاشف ودارة إليكترونية لتكبير التيار وجهاز لقياس شدة التيار الكهربائي الناتج عن الإشعاعات أو عدد النبضات الجهدي في وحدة الزمن ويتم تزويدها بجهاز صوتي يصدر صوتا كلما تم تسجيل نبضة فيه وتستخدم كواشف مختلفة لأغراض المسح الإشعاعي [6]

3.3 تنقسم الكواشف الإشعاعية إلى ثلاثة أنواع Types of Radiation Detectors

أولاً: الكواشف المملوءة بالغاز ومنها

غرفة التأين Ionization Chamber.

العداد التناسبي Proportional Counter.

كاشف غايغر- مولرGiger-Muller.

الغرفة الضبابية Cloud Chamber.

ثانياً: كواشف الحالة الصلبة ومنها

كواشف السيليكون Silicon Detector.

كواشف الجرمانيوم Germanium Detectors.

ثالثاً: الكواشف الوميضية ومنها

الوميضيات البلاستيكية Plastic Scintillators.

بلورة أيوديد الصوديوم NaI Detectors.

تؤدي غالبية عمليات تصادم الأشعة المؤينة Ionizing Radiation مع الذرات إلى تأين حيث ينتج عن كل عملية تأين زوج إلكتروني-أيوني واحد فقط. وفي أحوال أخرى قد تكون الطاقة الحركية التي أكتسبها الإلكترون المداري كبيرة نسبياً وينتج عن ذلك سلسلة من عمليات التأين. [10]

3.3.1 الكواشف الوميضية:

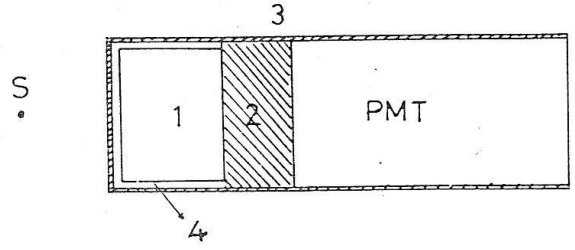
عند سقوط الجسيمات المشحونة أو الإشعاعات السينية أو إشعاعات جاما على مواد معينة مثل أيوديد الصوديوم NaI أو أيويد السيزيوم CsI أو الأنثراسين، أو الإستلبين أو غيرها ينتج عن ذلك وميض ضوئي. وتعرف هذه الأنثراسين، او الإستلبين أو غيرها ينتج عن ذلك وميض ضوئي. وتعرف هذه المواد باسم المواد الوميضية (scintillators) ولقد استخدمت هذه الظاهرة في الكشف عن الإشعاعات النووية بجميع أنواعها وتحديد طاقاتها.

ويتكون الكاشف الوميضي (شكل ١-٣) من عدة أجزاء أساسية هي المادة الوميضية وأنبوب توصيل الضوء (light pipe) والعاكس الضوئي (light reflector)، وأنبوب التضاعف الفوتوني (photomultiplier tube).

فعند سقوط الإشعاعات أو الجسيمات النووية على المادة الوميضية تصدر هذه المادة ومضة ضوئية. وتنتقل الومضة الضوئية عبر أنبوب توصيل الضوء إلى الكاثود الضوئي (photocathode) لأنبوب التضاعف الفوتوني.

أما دور العاكس الضوئي فهو عكس الضوء الواقع عليه وإعادته إلى الكاثود الضوئي للأنبوب حتى لا يضيع جزء من الضوء الناتج عن الجسيم.

وعند سقوط الضوء على الكاثود الضوئي تنطلق منه إلكترونات تبعاً لظاهرة الانبعاث الكهروضوئي، ثم يتضاعف عدد الإلكترونات تضاعفاً فائقاً داخل أنبوب التضاعف الفوتوني. وتصل الإلكترونات في النهاية إلى أنود (مجمع) أنبوب التضاعف منتجة بذلك نبضة كهربية على مخرج الأنبوب.



شكل (١-٣)

حيث:

1-المادة الوميضية 2-أنبوب توصيل الضوء

3-الغلاف الخارجي 4-العاكس الضوئي

PMT-أنبوب التضاعف S-المصدر المشع

وهكذا يمكن تلخيص عملية الكشف باستخدام الكواشف الوميضية في مراحل ست مرتبة كالآتي:

1- امتصاص طاقة الجسيم النووي داخل المادة الوميضية مما يؤدي إلى إثارة أو تأين هذه الطاقة.
2- تحول الطاقة الممتصة في المادة إلى ضوء خلال العملية الوميضية.
3- انتقال الفوتونات الضوئية وانبعاث إلكترونات منه.
4- تضاعف عدد الإلكترونات داخل أنبوب التضاعف.
5- تجمع هذه الإلكترونات عند أنود الأنبوب وتكون شحنة كهربية عليه.

وترتبط الشحنة الكهربائية Q المتجمعة على أنود الأنبوب بطاقة الجسيم الساقط E

بالعلاقة التالية:

$$Q = eMn_{ph} = eMCTGSE \qquad (1.3)$$

حيث e شحنة الإلكترون، M معامل التضاعف في الأنبوب، n_{ph} عدد الإلكترونات الصادرة من الكاثود الضوئي، C هي كفاءة المادة الوميضية (أي نسبة الفوتونات الضوئية التي تخرج منها إلى الفوتونات المتكونة)، F هي شفافية أنبوب التوصيل، S حساسية الكاثود الضوئي (أي عدد الإلكترونات الصادرة منه لكل إلكترون فولت من طاقة الإلكترونات الساقطة). وتعتبر جميع هذه المعاملات ثابتة للكاشف الواحد عند الجهد الواحد؛ لذا يتضح أن الشحنة الكهربائية المتكونة على مخرج أنبوب التضاعف تتناسب طردياً مع طاقة الجسيم الساقط. [11]

3.3.2 أنواع المواد الوميضية Types of scintillators

يستخدم في الوقت الحالي عدد كبير من المواد الوميضية. وتختلف خصائص هذه المواد اختلافا كبيراً. ويبين جدول (3-1) بعض أسماء المواد الوميضية شائعة الاستخدام وخصائصها.

جدول (3.1) خصائص بعض المواد الوميضية

اسم المادة الوميضية	كثافتها (جم/سم^3)	طول موجة الضوء المنبعث (انجستروم)	زمن التفكك (بالثانية) τ
بلورة الأنثراسين (مادة عضوية)	1.25	4400	2.7×10^{-8}
بلورة الستيلبين (مادة عضوية)	1.15	4100	$3-5 \times 10^{-9}$
يوديد الصوديوم المزود بالتاليوم NaI (TI)	3.67	4100	2.5×10^{-7}
كبريتيد الخارصين المزود بالفضة Zn S(Ag)	4.10	4500	10^{-5}

ويجب أن تتوافر في المادة الوميضية الجيدة الخصائص التالية:

1- كفاءة عالية في تحويل طاقة الجسيم النووي إلى طاقة ضوئية.
2- شفافية تامة للمادة بالنسبة للإشعاعات الصادرة منها.
3- صغر زمن التفكك.

فبمجرد دخول الإشعاعات النووية إلى المادة الوميضية تثار المادة وتبدأ في إصدار الفوتونات الضوئية. ويتغير عدد الفوتونات كدالة من الزمن طبقا للعلاقة التالية:

$$n = n_o(1 - e^{-t/\tau}) \qquad (2.3)$$

حيث n عدد الفوتونات الصادرة بعد زمن مقداره t من لحظة دخول الإشعاعات النووية، n_o العدد الكلي للفوتونات الصادرة. أما τ فهو عبارة عن الزمن اللازم لإصدار $(1 - e^{-1})$ من الفوتونات أي 63 % منها. ويعرف هذا الزمن باسم زمن التفكك. أما الخصائص الأخرى للمادة الوميضية كالكثافة والشكل والحجم وحالة المادة فتختلف باختلاف الغرض من الكاشف والجسيمات النووية وطاقاتها. وتوضع المادة الوميضية عادة داخل حافظة محكمة القفل وذلك لحمايتها من الصدمات ومنع وصول الضوء إليها ولمنعها من التميع بفعل الرطوبة الجوية. وتغطي المادة الوميضية (من جميع الجوانب عدا الجانب المتصل بالأنبوب الضوئي) بطبقة رقيقة من أكسيد الماغنسيوم (MgO) تعمل كعاكس للضوء. أما الجانب المتصل بالأنبوب الضوئي فيغطي بطبقة متجانسة السمك من الزجاج النقي وذلك لوصول الضوء إلى الكاثود الضوئي. وعند استخدام المادة الوميضية للكشف عن الجسيمات المشحونة الثقيلة أو جسيمات بيتا يجب عمل نافذة في الحافظة من شرائح رقيقة من الألومنيوم وذلك لمنع وصول الضوء من الخارج وفي الوقت نفسه تسمح بمرور هذه الجسيمات.

3.3.3 استخدام الكواشف الوميضية:

تستخدم الكواشف الوميضية للكشف عن جميع أنواع الإشعاعات النووية وتسجيلها بالأسلوب النبضي وتحديد طاقاتها. ولهذا الغرض يستخدم كاشف وميضي مكون من مادة وميضيه مناسبة للنوع المعين من الإشعاعات وأنبوب تضاعف فوتوني. ويوصل مخرج الأنبوب (الأنود) بدائرة إلكترونية تعرف باسم التابع الباعثي أو المكبر الأولى (preamplifier) ويجب تجميع هذه الدائرة على قاعدة الأنبوب مباشرة وذلك لمنع فقد نسبة من التيار عند سحبه لمسافات بعيدة. كذلك يتم تجميع مقسم الجهد (potential divider) اللازم لتوزيع الجهد على الدينودات المختلفة على هذه القاعدة نفسها. وتؤخذ نبضات الجهد الخارجة من التابع الباعثي أو المكبر الأولي للعد والتحليل في أجهزة أخرى. ويتم تغذية أنبوب التضاعف بمنبع جهد عالي ذي استقراريه عالية.

وتجدر الإشارة إلى أنه يؤخذ أحياناً مخرجان من أنبوب التضاعف، الأول من الأنود ويكون تياره سالباً نظراً لأنه ناتج عن وصول الإلكترونات السالبة للأنود والمخرج الآخر من أحد الدينودات الأخيرة ويكون تياره موجباً نظراً لأنه ناتج عن خروج عدد من الإلكترونات من هذا الدينود. ويكون عادة جهد النبضة السالبة من الأنود.

تستخدم هذه الكواشف للكشف عن الإشعاع وكسجل للتعرض الإشعاعي وهي مواد وميضيه غير عضوية والاختلاف بينها وبين المواد الوميضية الأخرى بأن المواد يحدث لها انبعاث مباشر لتطلق الضوء الوميضي بعد عملية تهيج الإليكترون وعودته إلى المستوى الأرضي.

بعد عملية التعرض للإشعاع ووضع هذه البلورات وتعريضها لمصدر حراري وتسخينها فإن الإليكترونات ستأخذ طاقة كافية من عملية التسخين الحراري لتتهيج مرة أخرى وترتفع إلى نطاق التوصيل وبفرض أن الطاقة الحرارية كانت أقل من اللازم لتحرير الفجوات من مواقعها

3.4 قياس الجرعات الإشعاعية:

قياس النشاطية الإشعاعية مهمة في عملية الوقاية الإشعاعية لمعرفة ومعالجة حالات التلوث الإشعاعي وحالات الأخذ الإشعاعي من قبل الجسم وبالغالب يكون من الأهمية معرفة النشاطية الإشعاعية الناتجة عن كل نوع على حدة بسبب الاختلاف في التأثير الحيوي لهذه النظائر المشعة.

تقاس النشاطية الإشعاعية من خلال قياس معدل ناتج النبضات من الكاشف الإشعاعي N وبالتالي يتم معالجة النشاطية الإشعاعية A من خلال مقدار معامل المعايرة K ولحساب هذا المعامل يجب معرفة طبيعة عدد من العوامل المؤثرة على النبضة المقاسة لكل انبعاث نووي.

مثلا أشعة جاما يكون قياسها N_γ وجسيمات بيتا يكون القياس لها N_β والنشاط الإشعاعي للمصدر A باستخدام معامل المعايرة K_γ, K_β يمكن معرفته من خلال المعادلات التالية:

$$N_\beta = \frac{A}{K_\beta} \qquad (3.3)$$

$$N_\gamma = \frac{A}{K_\beta} \qquad (4.3)$$

والقياس الكلي لمجموعهم:

$$N\beta_\gamma = \frac{A}{K_\beta \times K_\gamma} \qquad (3.5)$$

3.5 وحدات قياس الجرعات الإشعاعية:

أولا التعرض الإشعاعي (Exposure): يعرف بأنه مقدار الشحنة الناتجة عن تأين الذرات نتيجة تعرضها لأشعة جاما أو أشعة اكس في وحدة الوزن ويقاس بوحدة الرونتجن R.

ويمكن التعبير عنها رياضيا كما يلي:

$$R = \frac{\Delta Q}{\Delta m} \qquad (6.3)$$

حيث Q تمثل مقدار الشحنات الناتجة عن التأين في وزن من المادة مقداره m من الفوتونات الممتصة كليا في هذا الوزن.

إذن واحد رونتجن تساوي:

$$1\mathrm{R} = 2.58 \times 10^{-4} \left(\frac{\mathrm{c}}{\mathrm{Kg}}\right) \qquad (7.3)$$

التعرض الإشعاعي ووحداته يمكن تطبيقها فقط على فوتونات الإشعاع الكهرومغناطيسي وفي الهواء.

ثانيا الجرعة الممتصة (Absorbed dose) :

هي مقدار الطاقة الممتصة بالجول في وحدة الوزن من المادة بالكيلو جرام وتقاس بوحدة الجراي GY حيث أن:

$$D = \frac{E}{m} = \frac{J}{KG} \qquad (8.3)$$

حيث D الجرعة الممتصة وE الطاقة الممتصة في المادة m وزن المادة.

$$1Gy = \frac{J}{Kg} = \frac{(10^4)erg}{(10^3)g} = \frac{(10^4)erg}{g} = 100rad \qquad (9.3)$$

ثالثا الجرعة المكافئة Equivalent Dose:

الجرعة المكافئة تساوي الجرعة الممتصة مضروبة بمعامل النوعية للإشعاع Q ويسمى أيضا بالمعامل المرجح للإشعاع w_R حيث يوجد معامل نوعية لكل نوع من أنواع الأشعة اعتمادا على

مقدار التأثير الذي يحدثه في النسيج الحيوي نتيجة لمقدار انتقال الطاقة الخطي وذلك بالاعتماد على قدرة كل نوع من أنواع الأشعة على أحداث التأين في المادة.

يرمز للجرعة المكافئة بالرمز H حيث أن:

$$H = Q \times D \qquad (10.3)$$

أو حسب التعريف الجديد:

$$H = W_R \times D \qquad (11.3)$$

وتقاس بوحدة السيفرت حيث أن السيفرت تساوي مقدار الطاقة بالجول في وحدة الوزن بالكيلو جرام وهي نفس وحدة الجرعة الممتصة Gray ولكن تم إعطائها هذا الاسم تجنبا للخلط بينها وتمييزها عن الجرعة الممتصة:

$$1Sv = \frac{1J}{Kg} = 100rem \qquad (12.3)$$

رابعا مكافئ الجرعة الفعالة Effective Equivalent Dose:

بما أن الجرعة الممتصة تعتمد كليا على قيمة الانتقال الخطي للطاقة وقيمة الانتقال الخطي على علاقة وثيقة بموقع انتقال هذه الطاقة في الجسم وبالتالي فإن الجرعة المكافئة ستعتمد أيضا على هذه العوامل يكون الخطر من الإشعاع مرتبط بهذه العوامل بالإضافة إلى حساسية العضو المتعرض للإشعاع فعلى سبيل المثال فإن احتمالية حدوث سرطان الدم نتيجة للتعرض الإشعاعي يكون مرتبط بتعرض خلايا نخاع العظم للتدمير الإشعاعي وبما أن هذه الخلايا تكون في مواقع أعمق في الجسم من غيرها وقابليتها للتأثر بالإشعاع تختلف عن خلايا أخرى ومن هنا كان لابد من إيجاد معامل مشترك لتوحيد قيمة هذا التأثير على عموم الجسم وتم التعارف على ما يسمى بالجرعة المكافئة الفعالة والتي يرمز لها بالرمز H_E كعلاقة مرتبطة بموضع العضو المتعرض للإشعاع وحساسيته للإشعاع حيث يوجد معامل ذو قيمة معينة لكل عضو اعتمادا على هذه العوامل وسمي بمعامل النسيج المرجح ويرمز له بالرمز w_t حيث أنه ن الممكن صيغة هذه العلاقة رياضيا بالشكل التالي:

$$H_E = W_T \times Q \times D \qquad (13.3)$$

هذه العلاقة تكون مناسبة عندما يكون التعرض خارجيا وضمن فترة زمنية معرفة ولكن في حالة امتصاص الجسم لنظائر مشعة فإن الجسم يتلقى الجرعة الناتجة عنها طول مدة بقاء هذه المواد في الجسم لذا يجب في هذه حساب قيمة هذه الجرعة كتكامل زمني محدد بمدة بقاء هذه المواد لنعدل تلقي الجرعة وتسمى في هذه الحالة بالجرعة المكافئة المودعة أو التراكمية وتصاغ رياضيا بالشكل التالي:

$$H_T = \int_{t_0}^{t_0+\tau} H_{E(t)}\, dt \qquad (14.3)$$

حيث t_0 الزمن الحالي لتلقي المادة المشعة وHE معدل تلقي الجرعة المكافئة وT زمن بقاء المادة المشعة بالجسم وفي حالة عدم معرفة بقاء هذه المواد بالجسم يتم أخذ 50 عام كزمن للبالغين وحتى 70 سنة للأطفال. [11]

جدول يوضح وحدات الإشعاع: (3.2)

نوع الإشعاع	الكمية	Traditional units	S.I units	الوسط المقاس	التأثير المقاس
أشعة X,γ	التعرض	رونتجن (R)	كولومب/كجم	الهواء	تأين الهواء
الأشعة المؤينة جميعها	الجرعة الممتصة	راد	جراي (GY)	أي جسم	كمية الطاقة الممتصة بواسطة الجسم
الأشعة المؤينة جميعها	الجرعة المكافئة	ريم	سيفرت (Sv)	أنسجة الجسم	التأثير البيولوجي

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

4.1 مقدمة:

خطر التعرض الخارجي ينشأ من المصادر الإشعاعية خارج الجسم. وعندما تكون المصادر الإشعاعية داخل الجسم تنشأ عنها مخاطر التعرض الداخلي التي تحتاج إلى وسائل أخرى للتحكم فيها. جسيمات ألفا لا تعتبر عادة من أسباب التعرض الخارجي حيث أنها لا تستطيع اختراق الطبقة الخارجية من الجلد.

خطر التعرض الخارجي ينتج عن جسيمات بيتا وأشعة جاما والأشعة السينية والنيوترونات التي تستطيع اختراق الجلد والوصول إلى أعضاء حساسة من الجسم.

يمكن التحكم بالتعرض الإشعاعي الخارجي بواسطة أسس ثلاث في الحماية من الإشعاع هي الزمن والمسافة والدروع.

4.2 زمن التعرض:

الجرعة التي يحصل عليها الإنسان في منطقة إشعاعية ذات معدل جرعة معين تتناسب طرديا مع المدة الزمنية التي يقضيها في تلك المنطقة. لذا يمكن التحكم بالجرعة التي يحصل عليها بتقليل المدة الزمنية التي يقضيها فيها حسب المعادلة التالية:

$$\text{الجرعة} = \text{معدل الجرعة} \times \text{الزمن} \qquad (1.4)$$

حيث يعرف معدل الجرعة بأنه عبارة عن الجرعة المودعة في العنصر المعين أو في الجسم كله في وحدة الزمن.

وهذ يعني أنه في حالة وجود مناطق إشعاعية عالية يجب تحديد مدة بقاء الإنسان في المنطقة إلى مدة أقل من المدة التي تؤدي إلى حصوله على حد الجرعة. ولا يعني ذلك أبدا أن نستغفل الأساليب الأخرى التي تؤدي إلى تقليل التعرض حسب مبدأ ALARA.

وفي كثير من الحالات لا يمكن التحكم في مدة التعرض، حيث تتحكم نوعية المهمة أو العمل المراد إنجازه في المدة الزمنية للتعرض. في هذه الحالات لا بد من اتباع طرق أخرى لخفض معدل الجرعة للشخص الذي يقوم بالمهمة. ولتحقيق ذلك يمكن زيادة المسافة بين المصدر المشع والعامل الذي يقوم بالمهمة، أو باستعمال الحواجب الإشعاعية (الدروع).

4.3 المسافة: " بين المصدر المشع والجسم"

في حالة المصادر النقطية التي تبعث الإشعاع في جميع الاتجاهات بشكل متساو فإن كمية الإشعاع عند أي نقطة تتناسب تناسبا تربيعيا عكسيا مع المسافة، بما يعني أنه إذا تضاعفت المسافة بين المصدر والجسم انخفضت الجرعة للربع، وإذا تضاعفت المسافة إلى ثلاثة أضعاف ما كانت عليه

انخفضت الجرعة إلى التسع. وهذا ينطبق أيضاً على معدل الجرعة الإشعاعية، حيث أن معدل الجرعة مشتق مباشرة من كمية الإشعاع عند نقطة معينة ومع ملاحظة أن هذه المعادلة صحيحة فقط في حالة المصدر النقطي والكاشف النقطي وإمكانية إغفال امتصاص الإشعاع بين المصدر والكاشف، يمكن كتابة قانون التناسب العكسي التربيعي كم يلي:

$$D_1 R_1^2 = D_2 R_2^2 \qquad (2.4)$$

حيث D_1 = معدل الجرعة عند مسافة R_1 من المصدر المشع

D_2 = معدل الجرعة عند مسافة R_2 من المصدر المشع

4.4 الحواجز

الأساس الثالث المتبع للتحكم في مخاطر التعرض الخارجي هو باستعمال الدروع. وبشكل عام هذه هي الطريقة المفضلة حيث أنها تؤدي إلى تخفيض معدل الجرعة في منطقة العمل بشكل ثابت. أما الاعتماد على عاملي الزمن أو المسافة يتطلب الإشراف المستمر على العامل وظروف العمل، كما أنه في بعض الأحيان تكون شدة المصدر المشع كبيرة لدرجة يصعب فيها الاقتراب من المصدر حتى لمسافة مئات الأمتار.

ويتوقف نوع مادة الدرع وسمك جداره على نوعية الإشعاع ونشاطية المصدر ومعدل الجرعة المطلوبة بعد الدرع.

1- جسيمات ألفا: يمكن امتصاص جسيمات ألفا بسهولة (قدرة جسيمات ألفا على الاختراق محدودة للغاية ولا تتجاوز 4 سم في الهواء) حيث تكفي عادة ورقة واحدة لإيقاف جسيمات ألفا، فلا تشكل أي مشكلة من ناحية الدروع.

2- جسيمات بيتا: لها قدرة اختراق أكبر من جسيمات ألفا. مصادر جسيمات بيتا المتداولة بكثرة (الطاقات 1-10 م. إ. ف) تحتاج إلى 10 ملم من مادة بيرسبكس للامتصاص الكامل. وقد تعطي سهولة تدريع مصادر جسيمات بيتا إلى الاعتقاد الخاطئ أنها ليست بخطورة أشعة جاما أو النيوترونات مما سبب فعلا في التناول المباشر لمصادر بيتا مفتوحة. وهذه تعتبر ممارسة خطيرة حيث أن معدل الجرعة الممتصة من 1 ميجا بيكريل من مصدر بيتا على مسافة 3 ملم هو 1 جراي\ساعة.

هناك أمر آخر في دروع جسيمات بيتا حيث أن التباطؤ السريع لجسيمات بيتا في الدرع يؤدى إلى إنتاج أشعة اكس ثانوية تسمى بريمشتالونغ، ويمكن تقدير نسبة انطلاقه بـ $ZE/3000$ حيث Z هو العدد الذري للمادة الممتصة وE طاقة بيتا. وهذا يدل على أنه يجب استعمال مواد عددها الذري صغير (مثل الألومنيوم والبيرسبكس) لتفادي أو تقليل إنتاج أشعة اكس الثانوية. وفي كثير من الأحيان يمكن أن يحاط المصدر بالدرع المصنوع من الألمنيوم ثم يحاط الدرع بطبقة رقيقة من الرصاص وذلك لامتصاص الأشعة السينية المتولدة.

3- إشعاعات جاما والأشعة السينية:

لعمل الدروع الواقية من إشعاعات جاما والأشعة السينية يفضل استخدام المواد ذات العدد الذري الكبير نظرا لزيادة قدرة المادة على امتصاص هذه الإشعاعات كلما زاد عددها الذري. لذلك يفضل استخدام الرصاص لعمل دروع إشعاعات جاما والأشعة السينية بل يستخدم اليورانيوم الطبيعي أحيانا لعمل مثل هذه الدروع وذلك لأنه أثقل من الرصاص ولارتفاع قدرته على امتصاص هذه الإشعاعات، ويعتمد سمك الدرع على شدة المصدر وعلى طاقة إشعاعات جاما الصادرة منه. [12]

Radiation protection: 4.5

ذكرت الوكالة الدولية للوقاية من الإشعاع أهدافها الأساسية للحماية من تأثيرات الإشعاع وهي:

1- منع التأثيرات الحادة والأولية من الإشعاع .Early and Acute Radiation Risks
2- تخفيض حدوث التأثيرات الاحتمالية إلى مستويات أقل بصورة كافية لكي تصبح مقبولة.
3- منع حدوث التأثيرات غير الاحتمالية الضارة للإشعاع مثل عتمة عدسة العين.

وللوصول لهذه الأهداف وضعت اللجنة توصيات منها:

1- تبرير الممارسة وهذه أن تكون الفائدة النهائية من الممارسة أكبر بكثير من النفقات والمصاريف لعمل نظام وقائي أثناء العمل
2- يجب أن يكون التعرض للإشعاع على أقل ما يمكن منطقيا مع الأخذ بعين الاعتبار العوامل الاقتصادية والاجتماعية وتقليل الإشعاع لأقل ما يمكن هو مبدأ جديد أطلق عليه اسم (As Low As Reasonably Achievable) ALARA.
3- يجب ألا يستلم العاملون في المجال الإشعاعي جرعة تتعدى حدود التعرض للإشعاع الموضوعة من قبل اللجنة الدولية وتعتبر هذه هي الحدود ولا يجوز تعديها بأي شكل من الأشكال

4.6 طرق تحقيق السلامة والوقاية الإشعاعية في تحقيق أهداف الوكالة الدولية للوقاية من الإشعاع:

- دور الطبيب المعالج Role of the referring physician:
  دوره أن يعطي القصة المرضية بوضوح على الطلب الشعاعي لحل مشكلة مرضية ويجب أن يتعاون اختصاصي الأشعة والطبيب المعالج لعمل اللازم.
- دور اختصاصي الأشعة Role of Radiologist:
  استشارة الطبيب المعالج لاختصاصي الأشعة لما فيه مصلحة المريض.
  امكانية رفضه للتصوير إذا كانت المعلومات على طلب الأشعة غير كاملة وواضحة حتى تعبأ الطلبات بشكل كامل.
  عدم تصوير المرأة الحامل إلا للضرورة القصوى.

4.7 برنامج الحماية من الاشعاع:

لعمل البرنامج التشغيلي العام للحماية من مخاطر الاشعاعات المؤينة فانه يمكن اللجوء الى ما يعرف باسم طريقة الشجرة التحليلية. ويمكن بذلك الاسلوب عمل مختلف البرامج القابلة للتطبيق بالنسبة لكافة الممارسات والمصادر المشعة الصغيرة والكبيرة. وتتمثل هذه الطريقة في رسم مخطط يحدد جوانب برنامج الحماية سواء البسيط أو المعقد ويحدد المخطط جميع عناصر البرنامج والعلاقات المتبادلة بينها. ويتم عمل الشجرة بتحديد جميع المكونات الخاصة بكل عنصر من العناصر ثم تحديد النقاط الخاصة بكل مكون وهكذا. وفي كل مرحلة من مراحل التفريع يتم الانتقال إلى تفاصيل البرنامج بشكل أكثر تحديدا ودقة وتنتهي الشجرة التحليلية الى المستوى الذي يتناسب مع الممارسة والمصادر في المنشأة. ويجب أن تؤخذ جميع العناصر والمكونات والنقاط في الحسبان عند رسم الشجرة. فعدم احتساب بعض العناصر أو المكونات قد يؤدي إلى خلل في تنفيذ البرنامج ككل.

4.8 العناصر الرئيسة التي يتكون منها البرنامج الفعال للحماية من الاشعاع:

1- التنظيم والادارة الملتزمة بمبادئ الحماية والأمان.
2- اختيار الأفراد اللائقين للعمل الاشعاعي وتدريبهم تدريبا مناسبا عليه.
3- المراقبة الاشعاعية المهنية الفعالة.
4- المراقبة الاشعاعية الفعالة لتعرض الجمهور والبيئة.
5- تطبيق برنامج لتوكيد جودة جميع الممارسات والقياسات.
6- التخطيط الفعال للطوارئ والاستعداد لمواجهتها.

4.9 التنظيم والادارة الملتزمة بمبادئ الحماية:

يتكون هذا العنصر من عدة مكونات هي:

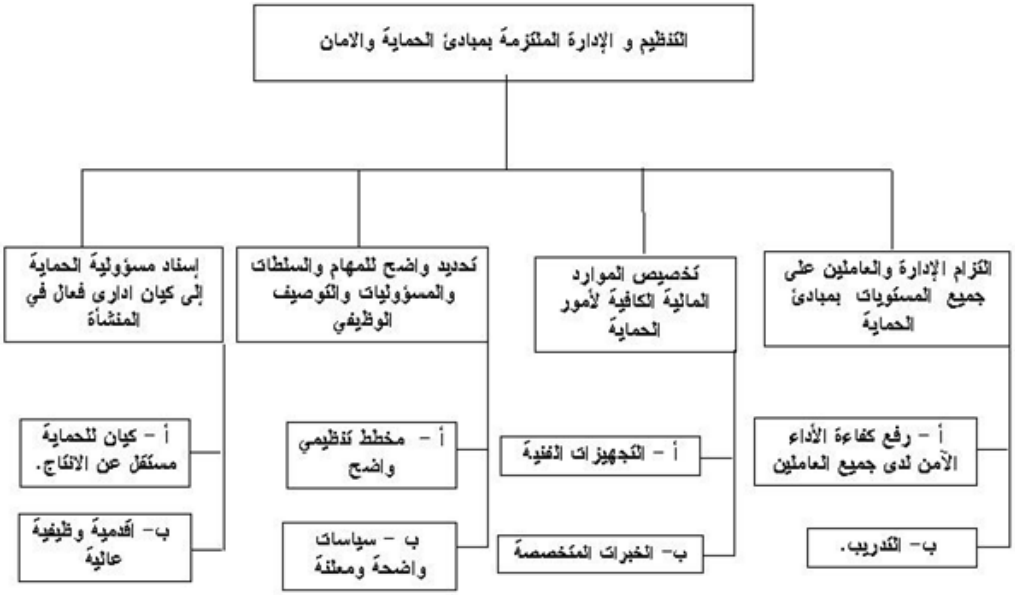
- التزام الادارة والعاملين على جميع المستويات بمبادئ الحماية.

- تخصيص الموارد المالية الكافية لأمور الحماية.

- تحديد واضح للمهام (المسؤوليات) والصلاحيات والتوصيف الوظيفي.

- إسناد مسؤولية الحماية إلى شخصيات من ذوي القدرة الوظيفية العالية في المنشأة.

تنقسم هذه المكونات الى مكونات أصغر إلا أن المستخدمين للمصادر أو المواد المشعة في كثير من المجالات الصناعية والطبية قد يتعاملون مع مصادر صغيرة ويكون حجم الأخطار محدودا للغاية مما لا يبرر التمسك بهذا المخطط التنظيمي والذي يعتبر في هذه الحالة زائدا عن الحد اللازم. وبالنسبة لهذه الحالات فإنه يجب عمل نوع من الموائمة لكل مكون أو فرع من الفروع الواردة في المخطط على أن يتم الإبقاء على المكونات أو الأفرع التي تتضح مبرراتها وتخفض المكونات أو الأفرع التي لا يوجد مبرر قوي لها. ويمكن أن يتثمل الهيكل التنظيمي الاداري لبرنامج الحماية من الاشعاع للممارسة حسب المخطط المبين في شكل (1) وذلك لتوفير الحماية والأمان سواء للعاملين بممارسة الطب النووي أو لعموم الجمهور والبيئة. ويجب بعد تنفيذ هذا المخطط التنظيمي وضع الصلاحيات والتي تعتمد على الهيكلة الإدارية للمنشأة التي توجد بها الممارسة وكذلك تحديد المهام للعاملين بوضوح وتدوينها واعتمادها من مدير المنشأة على ان تكون هذه المهام متمشية مع المهام المحددة من الجهة المختصة والوارد في التعليمات العامة للحماية من الاشعاعات المؤينة بالدولة[13]



شكل (4.1)

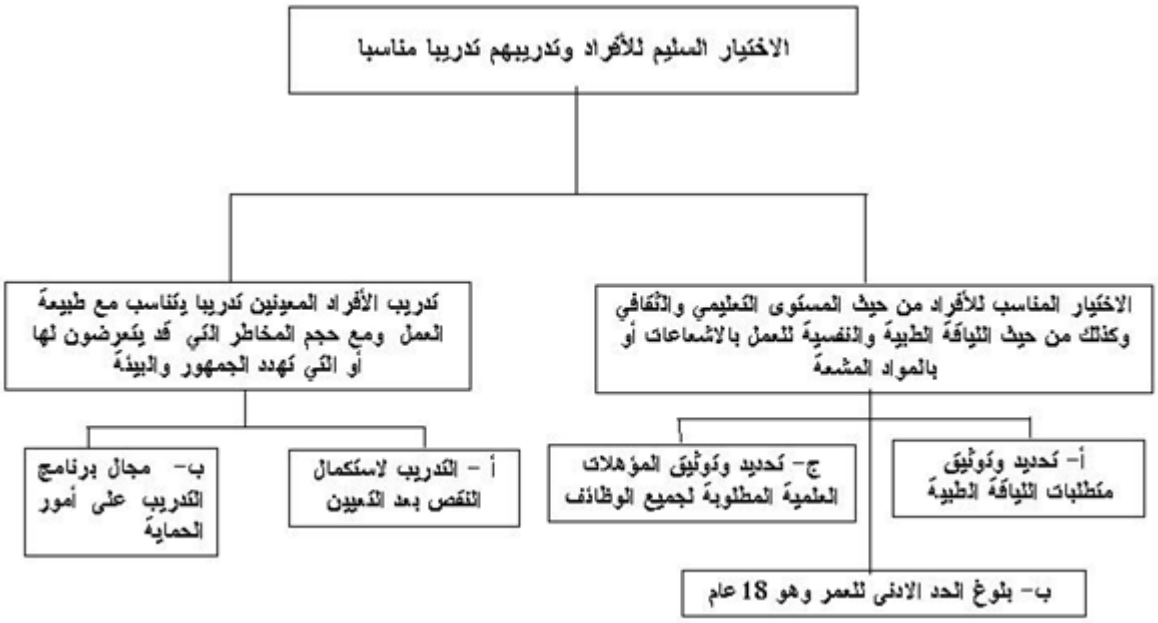
4.10 الاختيار السليم للأفراد وتدريبهم تدريبا مناسبا:

يتكون هذا العنصر من عنصرين فرعيين شكل (2) هما:

1- الاختيار المناسب للأفراد من حيث المستوى التعليمي والخبرات في مجال الممارسة وكذلك من حيث اللياقة الطبية والنفسية للعمل بالإشعاعات أو بالمصادر المشعة.
2- تدريب الأفراد الذين تم اختيارهم وتعينهم تدريبا يتناسب مع طبيعة العمل ومع حجم المخاطر التي قد يتعرضون لها أو التي تهدد عموم الجمهور والبيئة.

وتجدر الاشارة الى أن التدريب يتضمن كل من التدريب على أمور الحماية من الاشعاع وعلى العمل بالأجهزة المصدرة للإشعاعات أو المواد المشعة. كما يجب أن يتضمن التدريب النواحي النظرية والعملية، وأن يتم تحديث التدريب خلال فترات زمنية متقاربة (لا تزيد عن خمس سنوات)، ومراجعة خطط تدريب العاملين وتطويرها تبعا للمستجدات.

ويتمثل الحد الأدنى من التأهيل العلمي والتدريب اللازم بالنسبة للعاملين بممارسة الطب النووي في الآتي:



شكل (4.2) الاختيار السليم للأفراد وتدريبهم تدريبا مناسبا

4.11 مسؤول الحماية من الاشعاع:

هو شخص مؤهل تقنيا في أمور الحماية من الإشعاع في نوع معين من الممارسات التي تنفذ بالمنشأة ويعينه المرخص له ليراقب تطبيق المتطلبات والتعليمات الوطنية والالتزام بها داخل المنشأة.

ويخضع تقويم تأهيل مسؤول الحماية من الإشعاع للجهة الرقابية دون غيرها. ويجب أن تتوفر فيه هذه الشروط:

- درجة علمية جامعية (كلية أو معهد عال بخلاف كليات العلوم الانسانية).
- تدريب عملي من خلال دورات تدريبية أو خبرة عملية في مجال تقنيات الكيمياء الاشعاعية أو الكيمياء النووية أو الصيدلانيات المشعة.

- تدريب في مجال الحماية من الاشعاع لا تقل مدته عن 40 ساعة نظرية يتبعه تدريب عملي لنفس المدة.
- اكتساب خبرة عملية في مجال الحماية من الاشعاع بنفس الممارسة.

4.12 التعرض المهني وقياس الجرعات الإشعاعية الشخصية:

يوجد هناك تعريفين رئيسيين يتم استخداماهما لغايات الوقاية الإشعاعية وهما الممارسة والتدخل. الممارسة: هي عبارة عن النشاطات البشرية التي ينتج عنها زيادة في مقدار التعرض الإشعاعي عن الحد الذي يتلقاه الإنسان نتيجة الوجود الطبيعي للإشعاع من مصادر الإشعاع الطبيعي.

بينما التدخل: هو مجموع الاحتياطات والنشاطات التي يقوم بها الإنسان للحد من هذه الزيادة في التعرض الناتج عن ممارسات أو مصادر غير مسيطر عليها.

4.13 التعرض الإشعاعي والأمان في الممارسة:

مصطلح التعرض المهني يستخدم للتعبير عن مقدار ما يتعرض له العامل في المجال الإشعاعي خلال فترة عمله وبشكل تراكمي. لذا فإن مبادئ الوقاية والأمان الإشعاعي وجدت لمنع هذا التعرض من تجاوز المستوى المسموح به من هذا التعرض.

من أهم مبادئ الوقاية الإشعاعية هو عدم جواز الممارسة بدون مبرر، والمبرر يجب أن يكون بما فيه الكفاية لإجازة الممارسة وفي هذه الحالة يجب أن تكون الفائدة المرجوة من الممارسة أكثر من الضرر الناتج عنها وعدم وجود وسيلة بديلة لا تتضمن تعرض إشعاعي بنفس الكفاءة.

4.14 حدود الجرعة:

هو مقدار الجرعة الفعالة أو المكافئة للأشخاص والناتجة عن ممارسة مسيطر عليها والتي يجب عدم تجاوزها سواء كانت من تعرض خارجي للإشعاع أو نتيجة الأخذ الداخلي لمواد مشعة وتكون حدود هذه الجرعة للعاملين بمقدار 20 مل سيفرت في السنة الواحدة ولمدة خمس سنوات متتالية بنفس المقدار 100 مل سيفرت لمدة خمس سنوات متتالية أو جرعة فعالة بمقدار 50 مل سيفرت في السنة الواحدة المفردة بدون وجود تتابع في التعرض وذلك لعموم الجسم وجرعة مكافئة بمقدار 150 مل سيفرت في السنة للجلد والأطراف على أن تؤخذ هذه الجرعة كمعدل الجرعة التي يتلقاها 1سم^2 من الجلد في أكثر المناطق تعرضا للإشعاع وبذلك تكون هذه الجرعة جزءا من الجرعة الفعالة للجلد.

وبشكل عام يجب عدم تجاوز هذه الحدود بالنسبة للتعرض المهني. أما لعامة الجمهور حدود التعرض يكون جرعة فعالة مقدارها 1 مل سيفرت في السنة وفي بعض الظروف الخاصة 5 مل سيفرت في سنة واحدة شريطة ألا تتجاوز الجرعة المتوسطة على مدى خمس سنوات متتالية 1

مل سيفرت في السنة وجرعة مكافئة لعدسة العين مقدارها 15 مل سيفرت في السنة و50 مل سيفرت للجلد.

حدود الجرعة هذه تشمل مجموع التعرض للإشعاع من مصدر خارجي أو من أخذ داخلي للمواد المشعة حيث يتم احتساب الجرعة الفعالة الكلية E_T حسب المعادلة التالية:

$$ET = HP(d) + \sum_j e(g)j, ing\ Ij, ing + \sum e(g)j, inh\ Ij, inh \qquad (3.4)$$

حيث أن $H_{(P)}(d)$ هي مقدار المكافئ الشخصي للجرعة الناجمة عن تعرض خارجي خلال العام و $e(g)\ j, inh$ و $e(g)j, ing$ الجرعة الفعالة المودعة لكل وحدة أخذ إشعاعي عن طريق البلع أو التنفس $Ij, inh,\ Ij, ing$ وهو مقدار الأخذ الداخلي لمادة مشعة j عن طريق البلع أو التنفس.

4.15 التشريعات الوطنية للحماية من الإشعاعات المؤينة:

1- الحماية من الإشعاع في الدولة: إن الحماية من الإشعاع هي تلك المهمة المعنية بحماية جميع أفراد المجتمع (سواء العاملين في مجال الإشعاع أو غير العاملين) من أخطار الإشعاع (الطبيعي أو المصنع)، وحماية البيئة، وضمان السلامة والوقاية الإشعاعية في جميع عمليات التعامل مع المصادر المشعة في جميع مراحلها، وتشريع القوانين واللوائح المنظمة لذلك، وضمان تنفيذ هذه القوانين واللوائح ومتابعة تطبيقها عليه إن تكوين البنية الأساسية الملائمة للحماية من الإشعاع هو الجانب الذي يحظى بالاهتمام والأولوية لدى كل دولة قبل البدء في تنفيذ أي برنامج لاستخدام أو استغلال التقنيات النووية بأي شكل من أشكالها.
2- العناصر الرئيسة التي تتكون منها البنية الأساسية للحماية من الإشعاعات المؤينة:

- الإطار التشريعي للحماية من الاشعاع (النظام الوطني للحماية من الإشعاع ولوائحه التنفيذية).

- الجهة المختصة (المهام والصلاحيات والجهاز التنفيذي والإداري).

3- الإطار التشريعي للحماية من الاشعاعات المؤينة. [14]

4.16 النظام الوطني للحماية من الإشعاع واللوائح التنظيمية:

يتضمن أي نظام وطني للحماية من الإشعاع:

(1) الأحكام العامة والالتزامات الأساسية للحماية من الإشعاعات المؤينة في الدولة.

(2) تحديد الجهة المختصة في الدولة ومهامها وصلاحياتها.

(3) تحديد مسؤوليات الأطراف الرئيسة المسؤولة عن تنفيذ أحكام النظام.

(4) بيان أسس ترخيص جميع الممارسات التي تتضمن مصادر مشعة وترخيص العاملين.

(5) تعريف الانتهاكات والمخالفات وكيفية مواجهتها.

(6) بيان حقوق العاملين في مجال الإشعاعات المؤينة.

4.17 اللجنة الوطنية للحماية من الإشعاع:

تشكل اللجنة الوطنية للحماية من الإشعاع برئاسة رئيس الجهة المختصة للحماية من الإشعاع في الدولة أو من ينيبه وعضوية عدد من الجهات الحكومية ذات العلاقة.

وتتولى هذه اللجنة المهام التالية:

(1) مراجعة التعديلات المقترحة من قبل الجهة المختصة للحماية من الإشعاع على النظام ولوائحه التنفيذية.

(2) اقتراح ما من شأنه تطوير برنامج الحماية من الإشعاعات المؤينة في الدولة.

(3) اقتراح آلية التنسيق بين الجهات المشاركة في تنفيذ الخطة الوطنية للطوارئ.

(4) اقتراح آلية تنسيق الجهود بين الجهة المختصة للحماية من الإشعاع وبقية الجهات ذات العلاقة فيما يتعلق بالحماية من الإشعاعات المؤينة.

(5) أي مهام تسند إلى اللجنة نظامياً.

4.18 الجهة المختصة بالحماية من الإشعاع:

إن الجهة المختصة هي تلك المؤسسة في الدولة صاحبة الاختصاص التقني والصلاحية التنظيمية للحماية من الإشعاع في الدولة، وهي المسؤولة عن تنظيم ومراقبة تنفيذ متطلبات وأحكام العمل الآمن بالمصادر المشعة، وتطبيق معايير الحماية وتوكيد جودتها، وعن إصدار الإرشادات التقنية والقواعد التنظيمية اللازمة ضمن الأنظمة المعمول بها في الدولة وفي حدود الصلاحيات والمسؤوليات المخولة لها، وعن التمثيل الوطني في المحافل الدولية المتخصصة بأمور الحماية من الإشعاع. وينبغي أن تحوي هذه الجهة من الناحية التنظيمية - جميع الجوانب والتخصصات العلمية والفنية اللازمة لمراقبة التعرضات المهنية والطبية وتعرضات عامة الجمهور، وإدارة النفايات المشعة والترخيص بالمصادر المشعة، بما فيها الأشعة السينية - والمعجلات، والتفتيش عليها، ومراقبة خطط وأساليب مواجهة الطوارئ الإشعاعية. ويجب أن يتوفر لهذه الجهة الموارد الكافية والتمويل والكوادر العلمية والمعدات التي تمكنها من تنفيذ مهامها.

4.19 هدف النظام الوطني والتعليمات العامة للحماية من الإشعاعات المؤينة في الدولة:

تصدر الدولة نظام للحماية من الاشعاع يسمى بالنظام الوطني للحماية من الاشعاعات المؤينة يهدف إلى حماية الإنسان والبيئة من مخاطر الإشعاعات المؤينة. كما تهدف التعليمات العامة إلى تحديد المتطلبات الأساسية والضوابط التي تحكم الممارسات المرتبطة بالمصادر المشعة وتنظم تداول الإنسان لهذه المصادر، بغرض حماية الإنسان والبيئة من أضرار الإشعاعات المؤينة دون إعاقة الاستخدام المفيد والآمن لها.

ختاما أنهي هذا البحث المتواضع بمقال ذكر في صحيفة الجزيرة الاليكترونية حيث وضح فيه عشر نصائح للوقاية الإشعاعية كما يلي:

العاملون في مجال الأشعة أكثر عرضة لمخاطر الإشعاع من غيرهم. التعرض للإشعاع في حال تجاوز الحد المسموح به قد يعرض الإنسان لإصابات مثل حروق في الجلد في حال كون الجرعة الإشعاعية عالية أو إلى مشاكل صحية طويلة الأمد ينتج عنها إصابة بالسرطان نتيجة لتراكم جرعات إشعاعية تجاوزت الحد المسموح. فتأثير الإشعاع على الإنسان ينقسم إلى قسمين:

1- تأثيرات حتمية Deterministic effect وهي تلك التأثيرات التي يتأثر بها الإنسان حينما يتعرض لجرعات إشعاعية الأشعة مؤينة تجاوزت الحد المسموح، وحينها يصبح من المؤكد تأثر الإنسان بالأمراض مثل التهاب الجلد وعتمة عدسة العين وغيرها من الأمراض.

2- تأثيرات عشوائية Stochastic effect وهي تلك التأثيرات التي قد تحدث أو لا تحدث للمتعرض للجرعات الإشعاعية الأشعة المؤينة ولا يتطلب حدوث تلك التأثيرات تجاوز الحد المسموح به ولكن احتمالية حدوث تلك التأثيرات يزداد بزيادة الجرعات الاشعاعية ومن أمثلتها لوكيميا الدم والأمراض الوراثية.

4.20 النصائح العشر في الحماية من الإشعاع:

1- التعليم والتدريب والمؤهل المناسب من الأساسيات المهمة التي تتيح لك فهم مخاطر الإشعاع بشكل صحيح. التلقين والحفظ في هذا المجال لن يفيد كثيرا.

2- في حالة وجود قسم طب نووي في المنشأة الصحية، يجب عليك التقليل من الوقت بقدر الإمكان في حال التعامل مع المواد المشعة أو أي أداة قد تكون ملوثة إشعاعيا.

3- يجب عليك أن تضع في الاعتبار زيادة المسافة بينك وبين مصدر الإشعاع، وهذا من العوامل المهمة التي تساعد في التقليل من مخاطر الإشعاع بالإضافة إلى الوقت.

4- استخدام التدريع والملابس الواقية أثناء التصوير الطبي أو أثناء التعامل مع المواد المشعة.

5- في قسم الطب النووي أعزل المواد المشعة التي تستخدم في المعايرة بشكل صحيح وآمن.

6 - كن ملتزما بارتدائك للملابس الواقية ومقياس الجرعة الإشعاعية أثناء أوقات العمل ولا تتساهل بذلك.

7- تأكد من عمل أجهزة الكواشف الإشعاعية وأنها صالحة للعمل.

8- لا تأكل ولا تشرب أو تحفظ أكلك في أماكن تخزين المواد المشعة أو في غرف الأشعة.

9- راقب جرعاتك الإشعاعية باستمرار لضمان عدم تجاوزها الحد المسموح واطلب نسخة من القراءات لتحفظها لديك.

10- يجب أن تفرق بين التعرض الإشعاعي والتلوث الإشعاعي. [15]

الخاتمة

استفاد العالم من التقنيات النووية في مجالات الصناعة والزراعة والعلاج ولكنها خلفت مشاكل وآثار جمة لذلك تم وضع شروط وقيود للممارسة المهنية كما تم وضع رخصة مسؤول الحماية من الإشعاع التي بدونها لا تتمكن أي منشأة من استخدام الإشعاع في أي مجال كان حيث تناول البحث كيفية اختيار مسؤول الحماية من الإشعاع ووضع برامج حماية تخدم جميع الفئات التي لها صلة بالإشعاع. وقد واجهتني بعض الصعوبات في التحصيل على مراجع والمصادر باللغة العربية وبالأخص في السودان.

إن الحماية من الإشعاع هي تلك المهمة المعنية بحماية جميع أفراد المجتمع سواء العاملين في مجال الإشعاع أو غير العاملين من أخطار الإشعاع الطبيعي أو المصنع، وحماية البيئة، وضمان السلامة والوقاية الإشعاعية في جميع عمليات التعامل مع المصادر المشعة في جميع مراحلها، وتشريع القوانين واللوائح المنظمة لذلك، وضمان تنفيذ هذه القوانين واللوائح ومتابعة تطبيقها عليه إن تكوين البنية الأساسية الملائمة للحماية من الإشعاع هو الجانب الذي يحظى بالاهتمام والأولوية لدى كل دولة قبل البدء في تنفيذ أي برنامج لاستخدام أو استغلال التقنيات النووية بأي شكل من أشكالها.

التوصيات:

يمكن أن يحدث التعرض للإشعاعات المؤينة عن الأنشطة البشرية المتنوعة التي تتضمن استخدام مصادر مشعة أو أجهزة أشعة سينية أن معجلات نووية أو إليكترونية المطبقة في الطب والبحث العلمي والزراعة والصناعة وغيرها وكذلك في جميع الممارسات التي تتضمن تداول المواد المحتوية على تراكيز محسوسة من النويات المشعة الموجودة طبيعيا في البيئة.

لذلك وجل التنبيه على بعض من التوصيات والأمور اللازمة للحماية الإشعاعية:

- الجهة الوطنية الرقابية المختصة مسؤولة مسؤولية كاملة عن فرض وإنفاذ التنظيمات والتعليمات الوطنية الخاصة بالحماية والأمان
- إن الطرف الأساسي الذي يتحمل المسؤوليات الرئيسية بشأن الامتثال لمتطلبات التعليمات التنظيمية للحماية والأمان هو المرخص له.
- توفير التجهيزات والمعدات الكافية والسليمة والخدمات المختلفة للحماية والأمان.
- توفير الخدمات الطبية والصحية على الوجه المطلوب.
- توفير الخبرات البشرية المناسبة والكافية وتدريبهم تدريبا مكثفا في أمور الحماية والأمان
- الالتزام بحدود الجرعات الاشعاعية والمستويات المرجعية التي يجب أن تلتزم بها جميع الجهات التي تستخدم المصادر المشعة (الأجهزة والمواد).
- لا يجوز تطبيق أو إدخال أو تنفيذ أو تشغيل أو إيقاف أو إنهاء تشغيل أية ممارسة أو عمل يرتبط بطريقة مباشرة أو غير مباشرة بمصدر مشع أو بجهاز يصدر إشعاعات مؤينة قبل الحصول على ترخيص بذلك من الجهة المختصة للحماية من الإشعاع.
- لا يجوز نقل أي مصدر مشع بأية وسيلة من وسائل النقل داخل الدولة أو خارجها إلا طبقا لقواعد النقل الآمن للمواد المشعة التي يصدرها الجهة المختصة للحماية من الإشعاع، ولأحكام الاتفاقيات الدولية التي وقعتها الدولة وبعد الحصول على ترخيص بذلك من هذه الجهة.

المراجع والمصادر

- [1] موقع شركة نواة الطاقةhttps://www.nawah.ae/a
- [2]https://ar.wikipedia.org/wiki .
- [3] موسوعة علمية https://www.arageek.com
- [4] د. هشام إبراهيم الخطيب، مبادئ الإشعاع والوقاية الإشعاعية، (دار اليازوري العلمية – عمان الأردن 2005)
- [5] د. عذاب طاهر الكناني، الفيزياء الإشعاعية- الأشعة السينية التشخيصية، (دار الفجر للنشر والتوزيع ٢٠٠٨ م)
- [6] د. محمد خليل سعيد، أسس الفيزياء الإشعاعية في الطب النووي، نجران 1435هـ
- [7] د. خضر عبد العباس حمزة و د. غسان هاشم الخطيب، الطاقة الذرية واستخداماتها، منشورات منظمة الطاقة الذرية العراقية، الطبعة الأولي، الطبعة الثانية. (١٩٨٤ م)، (١٩٨٩ م)، (١٩٨٩ م)
- [8] د. مجدي مصطفى إمام، الفيزياء النووية والتفاعلات النووية، دار مير للطباعة والنشر
- – موسكو (١٩٨٠ م).
- [9] موقع المخترعين العرب http://www.mawhopon.net/
- [10] كواشف الإشعاع https://www.radiation-physics.com
- [11] د. مصطفى محمد عبد المهدي المجالي الوقاية الإشعاعية المبادئ والتطبيقات، موقع الفريد في الفيزياء
- [12] د. ناصر بن عبد الرحمن الخمشي، أسس الحماية من الإشعاع، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، معهد بحوث الطاقة الذرية، مركز الحماية من الإشعاع، 1424هـ

- [13] د. محمد فاروق أحمد، أسس الحماية من الإشعاع لمسئولي الحماية، شركة خبراء التقنية، الرياض 2014
- [14] التشريعات الوطنية للحماية من الإشعاعات المؤينة، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية – معهد بحوث الطاقة الذرية 2002م
- [15] د. عبد الله حمد الدوسري، النصائح العشر في الحماية من الإشعاع، الجمعة 09 اغسطس 2019. صحيفة الجزيرة الاليكترونية
- [16] د. محمد فاروق أحمد، د. أحمد محمد السريع، مبادئ الإشعاعات المؤينة والوقاية منها، اللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاعات بجامعة الملك سعود المملكة العربية السعودية 2007