جامعة السـودان للعـلوم والتكنـولـوجيـا

كلية الدراسات العليا

Sudan University of Science and Technology
College of Graduate Studies

مصادر الجرعات الإشعاعية في البيئة وطرق الكشف عنها والوقاية منها

Sources of Radiation Doses in the Environment and their Methods of Detection and Prevention

بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير في الفيزياء النووية

اعداد الدارسة

نـهال الرفاعي مالك الرفاعي

اشراف الدكتور

أحمد الحسن الفكي

2020م

Sudan University of Science & Technology

College of Graduate Studies

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية الدراسات العليا

كلية الدراسات العليا

صفحة الموافقة

اسم الباحث : نضال الرفاعي مالك الرفاعي

عنوان البحث : مصادر الجرعات الإشعاعية في البيئة وطرق الكشف عنها والوقاية منها.

Sources of Radiation Doses in the Environment and their Methods of Detection and prevention.

موافق عليه من قبل :

الممتحن الخارجي

الاسم: آدم محمد آدم دخت

التوقيع: ..... التاريخ: 7/1/2021م

الممتحن الداخلي

الاسم: د. محمد حامد محمد حلو

التوقيع: ..... التاريخ: 7/1/2021م

المشرف

الاسم: د. أحمد الحسن الفكي

التوقيع: ..... التاريخ: 7/1/2020م

الاستهلال

قال الله تعالى:

بسم الله الرحمن الرحيم

(اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ (1) خَلَقَ الْإِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍ (2) اقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ (3) الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ (4) عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ (5)

صدق الله العظيم

سوره العلق، الآيات (1-5)

الإهـــــداء

***

الى التي يسعد القلب بلقياها

إلى روضة الحب التي تنبت أزكى الأزهار

أمي

الى روح رمز الرجولة والتضحية

إلى من دفعني إلي العلم وبه ازداد افتخار

أبي

الي من حبهم يجري في عروقي

ويلهج بذكراهم فؤادي

اخواني واخواتي

إلي شريك حياتي ورفيق دربي – زوجي

الي من هم أقرب من روحي .. أبنائي – محمد ومؤيد

الى من شاركوني وساندوني

أصدقائي

وجيراني الذين هم مثل اهلي

الشكر والتقدير

الحمد لله اولاً واخيرا والصلاة والسلام علي حبيب الامة وسيد المرسلين صلي الله علية وسلم وبكل كلمات الشكر والثناء، ومن قلب ملؤا بالإخاء والمحبة أتقدم بالشكر الجزيل وعظيم الامتنان الى كل الاساتذة والعاملين بجامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا وعلى رأسهم السيد المدير المحترم وكل الأطر التعليمية كل باسمه وصفته على كل ما قدموه لنا في العملية التعليمية، نسأل الله عز وجل أن يجزيكم خير الجزاء وان يجعل كل ما قدمتموه للطلاب في ميزان حسناتكم، حفظكم الله جميعا وأدام عليكم نعمة البصيرة.

وقبل ان نمضي تقدم أسمى آيات الشكر والتقدير والامتنان والمحبة الي الذين حملوا أقدس رسالة في الحياء...

الي الذين مهدو لنا طريق العلم والمعرفة...

إلى جميع أساتذتنا الأفاضل...

وأخص بالتقدير والشكر:

الدكتور / أحمد الحسن الفكي

الذي نقول له بشراك قول رسول الله صلى الله عليه وسلم:

"إن الحوت في البحر، والطير في السماء، ليصلون إلى معلم الناس الخير"
والي كل زملاء الدراسة واخص منهم عبير ابراهيم نصر.

المستخلص

يوجد الإشعاع في البيئة ويأتي من مصادر طبيعية ومن مصادر صناعية كما أن الأشعة الطبيعية تنبعث من الشمس و المواد المشعة في الأرض وفي الفضاء الخارجي و الطعام والصخور وحتى جسم الإنسان.

هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على مصادر الجرعات الإشعاعية الطبيعية والصناعية التي يتعرض لها الانسان ومعرفة أجهزة الكشف الإشعاعي و مقاييس الجرعات الإشعاعية و وحدات قياسها وطرق التخلص من النفايات المشعة اتبع هذا البحث المنهج الاستقرائي الوصفي اعتمادا علي الكتب والمراجع والدراسات السابقة.

في هذا البحث تم إلقاء الضوء علي مصادر الجرعات الإشعاعية في البيئة(الطبيعية و الصناعية) و وجد أن من أهم مصادر الجرعات الإشعاعية الطبيعية هي الأشعة الكونية والتربة والمواد المشعة الموجودة داخل جسم الكائن الحي وغاز الرادون هو المساهم الأكبر في تعرض الأنسان لمصادر الإشعاعات الطبيعية ، أما المصادر الإشعاعية الاصطناعية هي الأشعة التشخيصية والأشعة العلاجية و الطاقة النووية وصناعاتها والنفايات المشعة والغبار الذري حيث وجد أن الأشعة التشخيصية هي المساهم الأعظم في الجرعة الفعالة الجماعية في العالم من المصادر الاصطناعية.

كما أن الأخطار الإشعاعية الخارجية تعود الي ثلاثة عوامل رئيسية هي (زمن التعرض، المسافة، الدروع والحواجز الواقية) وتم التعرف على وحدات قياس الجرعات الإشعاعية.

تناول البحث ايضا أنواع أجهزة المسح الإشعاعي وقياس الجرعات الشخصية ورصد التلوث الإشعاعي، وتناول أيضا التعرف على النفايات المشعة وتصنيفها وتخزينها وكيفية التخلص منها، خلصت الدراسة الى إنه لابد من معرفة خطر الأشعة المؤينة وكيفية الكشف عنها وكيفية التعامل مع النفايات المشعة.

Abstract

Radiation is found in the environment and comes from natural and industrial sources, and natural rays are emitted from the sun and radioactive materials in the Earth, in outer space, food, rocks and even the human body.

This study aimed at identifying the sources of natural and industrial radiation doses to which humans are exposed, the knowledge of radio detectors, radiation dose measurement measures, measurement units and ways to dispose of radioactive waste. This research follows the descriptive inductive approach based on books, references and previous studies.

In this research, the sources of radiation doses in the environment (natural and industrial) were highlighted and found that one of the most important sources of natural radiation doses is cosmic rays, soils and radioactive materials found inside the body of the organism and radon gas is the biggest contributor to human exposure to natural radiation sources, while artificial radiation sources are diagnostic radiation, therapeutic radiation, nuclear energy, industries, radioactive waste and atomic dust, where diagnostic radiation is found to be the largest contributor to the world's collective effective dose of effective doses in the world Synthetic.

External radiation hazards are due to three main factors (exposure time, distance, shields and protective barriers) and radiation dosing units have been identified.

The research also addressed the types of radiation scanners and personal dose measurement and monitoring of radioactive contamination, and also addressed the identification, classification, storage and how to dispose of radioactive waste, the study concluded that it is necessary to know the risk of ionizing radiation, how to detect it and how to deal with radioactive waste.

الفهرس

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
1	البسمله	أ
2	الاية	ب
3	الاهداء	ج
4	الشكر و التقدير	د
5	المستخلص	ه
6	Abstract	و
	الفصل الأول **المقدمة**	
8	المقدمة	1
9	مشكلة البحث	2
10	اهداف البحث	3
11	اهمية البحث	4
12	منهجية البحث	4
13	هيكلة البحث	4
	الفصل الثاني **مصادر الجرعات الاشعاعية**	
2-1	مصادر الإشعاعات الطبيعية في البيئة	5
2-1-1	الأشعة الكونية	5
2-1-2	الإشعاعات الصادرة من التربة	7
2-1-3	المواد المشعة الموجودة داخل جسم الكائن الحي	8
2-1-4	غاز الرادون	9
2-2	المصادر الإشعاعية الاصطناعية	10

1-2-2	الأشعة التشخيصية	10
2-2-2	الأشعة العلاجية	11
3-2-2	الطاقة النووية وصناعاتها	11
4-2-2	النفايات المشعة	12
3-2	العوامل المؤثرة على الجرعات الخارجية	12
1-3-2	المسافة	13
2-3-2	الدروع الواقية	14
3-3-2	الزمن	14
الفصل الثالث **وحدات قياس الجرعات الاشعاعية**		
1-3	وحدات النشاط الاشعاعي	15
2-3	وحدات قياس الجرعات الإشعاعية	15
1-2-3	كثافة تدفق الإشعاعات (أو سيولة الإشعاعات)	15
2-2-3	التعرض	17
3-2-3	الجرعة الإشعاعية الممتصة	19
3-3	التأثير البيولوجي على جسم الإنسان	20
1-3-3	التأثير البيولوجي النسبي	20
2-3-3	العامل الوزني للإشعاع	21
3-3-3	الجرعة المكافئة للعضو أو النسيج	22
4-3-3	العامل الوزني للنسيج أو العضو	23
5-3-3	الجرعة الفعالة	24
6-3-3	الجرعة الفعالة الجماعية	26

7-3-3	معدل الجرعة	26
الفصل الرابع **أجهزة المسح الإشعاعي وقياس الجرعات**		
4	أجهزة المسح الإشعاعي وقياس الجرعات	27
1-4	أهم خصائص جهاز المسح الإشعاعي	28
2-4	أجهزة المسح الإشعاعي	29
1-2-4	الكواشف الغازية	30
2-2-4	العداد الوميضي	30
3-2-4	كاشف شبة الموصل	31
4-2-4	كاشف شيرنكوف	31
3-4	أجهزة المسح الإشعاعي ذات غرفة التأين	32
4-4	أجهزة مسح إشعاعي بعداد تناسبي أو عداد غايغر	32
5-4	أجهزة رصد التلوث الإشعاعي	33
5-4	أجهزة قياس الجرعات الشخصية	34
1-5-4	شارة الفيلم الحساس	34
2-5-4	مقياس الجرعة الجيبي	35
3-5-4	مقياس الجرعة بالوميض الحراري	36
الفصل الخامس **التخلص من النفايات المشعة**		
	النفايات الصلبة	43
	النفايات السائلة	45
	النفايات الغازية	45
	النتائج	47

	التوصيات	48
	الخـــاتـــمه	49
	المصادر المرجع	50
	الجداول	
1-2	تغير معدل الجرعة الإشعاعية من الاشعة الكونية بتغير خطوط العرض والارتفاع	6
2-2	تركيز اليورانيوم في بعض أنواع الصخور	7
3-2	يوضح تركيز الثوريوم في بعض أنواع الصخور	8
4-2	المواد المشعة الموجودة طبيعياً داخل الجسم البشري والجرعات الناتجة عنها	9
1-3	يوضح قيم العامل المرجح للإشعاع للإشعاعات والطاقات المختلفة	22
3-2	قيم العوامل المرجحة لأعضاء الجسم البشري	25
5-1	يوضح مصادر الجرعات الإشعاعية الطبية في ولاية الخرطوم	46
	الصور والأشكال	
1-3	كثافة التدفق	16
1-4	منحنيات الاستجابة لكل من غرفة التأين (1) وعداد غايقر ميولر(2) والعداد التناسبي (3)	29
2-4	جهاز قياس معدل التعرض	33
3-4	مقياس الجرعة الجيبي	36
4-4	بلورة TLDفي الطبيعة	38
5-4	منظومة مقياس الوميض الحراري(TLD reader)	39
6-4	جهاز(TLD reader)	40

الفصل الأول

المقدمة

مقدمة:

الإشعاع المؤين هو نوع من الطاقة تُطْلِقه ذرات معينة وينتقل على هيئة موجات كهرومغناطيسية (أشعة غاما أو الأشعة السينية) أو على هيئة جسيمات (نيترونات بيتا أو ألفا).

يتعرض الناس للإشعاع الطبيعي يومياً ويأتي الإشعاع الطبيعي من مصادر عديدة بما فيها أكثر من 60 مادة مشعة طبيعية المنشأ وموجودة في التربة والماء والهواء والرادون غاز طبيعي المنشأ ينطلق من الصخور والتربة، وهو المصدر الرئيسي للإشعاع الطبيعي. ويتعرض الناس كل يوم للنويدات المشعة عن طريق استنشاقه وابتلاعه من الهواء والغذاء والماء.

ويتعرض الناس للإشعاع الطبيعي أيضاً عن طريق الأشعة الكونية، وخاصة في الارتفاعات الشاهقة، إذ تأتي 80% من جرعة إشعاع الخلفية التي يتلقاها الإنسان سنوياً في المتوسط من الأشعة الأرضية والكونية التي تنشأ طبيعياً وتختلف مستويات التعرض لإشعاع الخلفية نتيجةً للاختلافات الجيولوجية فقد يصل مستوى التعرض في بعض المناطق إلى أكثر من 200 مرة أعلى من المتوسط العالمي.

وهناك أيضاً مصادر بشرية الصنع للإشعاع تتراوح في تنوعها من محطات توليد الطاقة النووية إلى الاستخدامات الطبية للإشعاع في تشخيص الأمراض أو علاج المرضى ونجد أن مصادر الإشعاع المؤين البشرية الصنع الأكثر شيوعاً اليوم هي أجهزة الأشعة السينية وغيرها من الأجهزة الطبية.

قد يكون التعرض للإشعاع داخلياً أو خارجياً وقد يحدث عبر مجموعة متنوعة من مسارات التعرض الإشعاعي التعرض الداخلي للإشعاع المؤين يحدث عند استنشاق أو بلع

النويدات المشعة أو دخولها إلى مجرى الدم (عن طريق الحقن أو الجروح مثلاً)، وتنتهي حالة التعرض الداخلي عند تخلص الجسم من تلك النويدات المشعة إما تلقائياً (عن طريق الفضلات مثلاً) أو نتيجة لتلقي نوع من العلاج.

التلوث الخارجي قد يحدث عند تَعَلُّق المواد المشعة التي تنتقل عن طريق الهواء (مثل الغبار أو السوائل أو الهباء) بالجلد أو الملابس وغالباً ما يسهل إزالة هذا النوع من المواد المشعة من على الجسم عن طريق الغسل.

وقد يكون التعرض للإشعاع المؤين ناتجاً أيضاً عن التشعيع الخارجي (كما في حالة التعرض للأشعة السينية في المرافق الطبية)، ويتوقف التشعيع الخارجي عندما يُحجَب مصدر الإشعاع أو عندما يخرج الشخص من مجال الإشعاع.

يعتمد نوع الضرر الذي يلحقه الإشعاع بأنسجة أو أعضاء جسم الإنسان على الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها، أو على الجرعة الممتَصة والتي تقاس بوحدة تسمى الغراي (Gy)ويعتمد نوع الضرر الذي يُحتمل أن ينتج عن الجرعة الممتَصة على نوع الإشعاع وعلى درجة حساسية الأنسجة أو الأعضاء المختلفة.

لذلك في هذا البحث سوف نتعرف على الجرعات الاشعاعية ومصادرها وأجهزة المسح الاشعاعي ومقاييس الجرعات الاشعاعية ووحدات الجرعات الاشعاعية والوقاية منها.

مشكلة البحث :

عندما تتعرض الكائنات الحية للأشعة المؤينة فإنها تتأثر بها ويتوقف مدي التأثير على نوع الاشعاع وشدته والاعضاء التي تعرضت للأشعة وقد يحدث تلفا في الخلايا او موتها وقد تحدث تشوها في الجينات لذلك لابد من التعامل بحذر شديد مع الاشعة المؤينة المستخدمة في المجالات المختلفة ومن الضروري التعرف على مصادر الجرعات الاشعاعية ومعرفة أجهزة كشف وقياس الجرعات الاشعاعية لتضمن سلامة الانسان والبيئة.

اهداف البحث:

- التعرف على مصادر الجرعات الاشعاعية الطبيعية والصناعية امر في غاية الأهمية.
- التعرف على أجهزة الكشف الاشعاعي ومقاييس الجرعات الاشعاعية.
- كيفية الاستخدام الأمثل للأشعة المؤينة والوقاية من الجرعات الاشعاعية الخارجية.
- التعرف على طرق التخلص من النفايات المشعة.

أهمية البحث:

تكمن أهمية هذا البحث في:

• التعرف على مصادر الجرعات الاشعاعية بأنواعها المختلفة الطبيعية منها والصناعية وكيفية استخدامها الاستخدام الأمثل لضمان حماية الانسان والبيئة .

• التعرف على أجهزة الكشف الاشعاعي ومقاييس الجرعات الاشعاعية واستخدامها الاستخدام الأمثل.

• التعرف على طرق الحماية من الاشعاع والتخلص من النفايات المشعة.

منهجية البحث:

اتبع في هذا البحث المنهج الاستقرائي الوصفي والتحليلي اعتمادا على المصادر المتمثلة في الكتب والمراجع والدورات العلمية لهيئة الطاقة الذرية ومعلومات شبكة الانترنت .

هيكلة البحث:

تم تقسيم هذا البحث الي خمسة فصول الفصل الأول المقدمة ويتضمن المقدمة ومشكلة البحث وأهمية البحث ومنهجية وهيكلة البحث، الفصل الثاني يحتوي على مصادر الجرعات الاشعاعية في البيئة وطرق الوقاية من الجرعات الاشعاعية الخارجية، والفصل الثالث يحتوي على وحدات قياس الجرعات الاشعاعية، والفصل الرابع يتناول أجهزة المسح الاشعاعي ومقاييس الجرعات الاشعاعية، والفصل الخامس يوضح التخلص من النفايات المشعة كما يتضمن على الخاتمة والنتائج والتوصيات والملاحق والمراجع والمصادر.

الفصل الثاني

مصادر الجرعات الاشعاعية

الفصل الثاني

مصادر الجرعات الاشعاعية

2_1 مصادر الإشعاعات الطبيعية في البيئة:

يتعرض الانسان منذ نشأته إلى جرعة إشعاعية معينة صادرة من البيئة التي يعيش فيها ومن الغذاء الذي يتناوله، والهواء الذي يتنفسه وتعرف هذه الجرعات بالجرعات الاشعاعية البيئية الطبيعية ولا تشكل هذه الجرعات الطبيعية خطورة ملحوظة حيث أن كمياتها تكون عادة ضمن حدود غير عالية، ويعيش الانسان فيها منذ بدء الخليقة وتعتبر كل من الاشعة الكونية والاشعاعات المحلية الصادرة عن التربة، وكذلك المواد المشعة الموجودة ضمن تكوين أجسام الكائنات الحية من أهم مصادر الجرعات الإشعاعات الطبيعية.

2_1_1 الأشعة الكونية:

هي الاشعة التي تصل الينا من الفضاء الخارجي ومصدرها المجرات والشمس وتنقسم الي ثلاثة أنواع:

1. **الأشعة الكونية الأولية:** وتتألف من 87% بروتونات و12% جسيمات الفا و1%نوى عناصر ثقيلة مثل الكربون والاوكسجين والنتروجين والكالسيوم والحديد، وتتواجد عل ارتفاع 50 كم فأكثر وتقل كثافتها كلما اقتربنا من سطح الأرض.
2. **الأشعة الكونية الثانوية:** وهي نتاج تفاعل الأشعة الكونية الأولية مع الغلاف الجوي للأرض، وتتألف من فوتونات وإلكترونات وبروتونات ونيترونات، وتزداد كثافتها كلما اقتربنا من سطح الأرض[1].
3. **الأشعة الشمسية:** وهي عبارة عن بروتونات تتدفق خارجة من الشمس عقب انبعاث توهجات نارية تظهر على هيئة لسان كبير من سطحها، جزء من هذه الأشعة تكون طاقتها كبيرة بحيث تكفي لإحداث تغيرات على سطح الأرض يمكن كشفها[1].

تصل كميات كبيرة من الأشعة الكونية المؤينة إلى الغلاف الجوي المحيط بالأرض قادمة من الفضاء الخارجي ومن الشمس، وتحتوي هذه الأشعة على أنواع مختلفة من الجسميات النووية بطاقات عالية كالبروتونات والنيوترونات وغيرها، وعند دخول هذه الجسيمات إلى الغلاف الجوي للأرض فإنها تتفاعل مع المواد التي يتكون منها هذا الغلاف فتتغير بذلك مكوناتها وتضعف كمياتها التي تصل إلى سطح الأرض وتعتمد الجرعة الإشاعية التي يتعرض لها الإنسان من الأشعة الكونية على عدة عوامل أهمها:

1. الارتفاع والانخفاض عن مستوي البحر، وتختلف كمية الأشعة باختلاف ارتفاع المكان عن سطح البحر وباختلاف الموقع الجغرافي حيث تزداد في الأماكن القريبة من سطح البحر، فنجد كلما ارتفعنا عنه بمقدار عشرة آلاف قدم تتضاعف الاشعة الكونية ثلاث مرات.
2. القرب والبعد عن خط الاستواء بحيث نجد انه تزداد الجرعة الاشعاعية كلما ابتعدنا عن خط الاستواء [2].

الجدول(2-1) تغير معدل الجرعة الإشعاعية من الاشعة الكونية بتغير خطوط العرض والارتفاع[3]

الارتفاع (كم)	الجرعة الإشعاعية السنوية (ميلي سيفرت)		
	خط الاستواء	30 درجة	50 درجة
0	0.35	0.40	0.50
1	0.60	0.70	0.90
2	1.00	1.30	1.70
3	1.70	2.20	3.00
4	2.60	3.60	5.00
5	4.00	5.80	8.00
10	14.00	23.00	45.00
15	30.00	50.00	110.00
20	35.00	60.00	140.00

2_1_2 الإشعاعات الصادرة من التربة The terrestrial radiation :

تحتوي القشرة الأرضية على كميات ضئيلة من النويدات المشعة طويلة العمر مثل اليورانيوم 338، واليورانيوم 235، والثوريوم 232، ونويداتهم الوليدة كما تحتوي هذه القشرة على كميات قليلة من نظير البوتاسيوم 40 المشع الذي يبلغ عمره النصفي 1.28×10^9 سنة والروبيديوم 87 الذي يبلغ عمره النصفي حوالي 4.7×10^5 سنة وتتفكك هذه النويدات مصدرة جسيمات ألفا أو بيتا، وقد يتبع ذلك إصدار إشعاعات جاما ولا تمثل جسيمات ألفا مخاطر إشعاعية على البشر الذين يعيشون فوق الأرض نظراً لقصر مداها كذلك، لا تمثل جسيمات بيتا مخاطر ملموسة أما بالنسبة لإشعاعات جاما ذات القدرة الاختراقية العالية فإنها تمثل الإسهام الرئيسي في الجرعة الإشعاعية الصادرة عن التربة[4].

يعتمد مقدار الجرعة السنوية الناتجة عن اشعاعات جاما على نوع التربة وعلى نسبة تركيز النويدات المشعة فيها وتتفاوت تراكيز النويدات المشعة تفاوتاً كبيراً تبعاً لنوع التربة حيث يوجد اليورانيوم في بعض أنواع الصخور، كما موضح في الجدول ادناه:

الجدول (2-2) تركيز اليورانيوم في بعض أنواع الصخور [5]

أنواع الصخور	تركيز اليورانيوم (جزء في المليون(ppm))
بركانية حامضية	3
بركانية اساسية	0.6
فوسفاتية	120
غرانيت	4
كلسية	1.3

يوجد الثوريوم في القشرة الأرضية علي شكل أكسيد كما هو الحال في فلزه المسمى بالمونزايت Monazite، وللثوريوم عدة نظائر مشعة وهي الثوريوم 230 والثوريوم 228 والثوريوم 227 والثوريوم 232 والثوريوم 234، الجدول ادناه يوضح أيضا تركيز الثوريوم في بعض أنواع الصخور [5].

الجدول (2-3) يوضح تركيز الثوريوم في بعض أنواع الصخور[5]

نوع الصخور	تركيز الثوريوم (جزء في المليون(ppm))
غرانيت	33-8
بازلت	5-0.2
فوسفات	5-1
كلس	2.4-0

2_1_3 المواد المشعة الموجودة داخل جسم الكائن الحي:

يحتوي جسم الكائن الحي على كميات ضئيلة من النظائر المشعة كالكربون 14 والبوتاسيوم 40 (عمره النصفي 1.28×10^9 سنة) فالبوتاسيوم 40 موجود في الطبيعة مع البوتاسيوم 39 المستقر بنسبة 0.017%، وحيث إن كتلة جسم الانسان المعياري البالغ تبلغ 70 كغم تحتوي على حوالي 140 غراماً أي ما يعادل 370 بكرل من البوتاسيوم 39 فان هذه الكتلة الأخيرة تحتوي على 0.16 جرام من البوتاسيوم 40 المشع وتصدر هذه الكمية من البوتاسيوم المشع حوالي 4200 تفككاً في الثانية الواحدة منها 89% في شكل جسيمات بيتا قصوى مقدارها 461 م. اف وتمتص طاقة جسيمات بيتا بالكامل داخل الجسم البشري كما تمتص 50% من طاقة اشعاعات جاما داخله وتؤدي هذه الاشعاعات الى جرعة مكافئة سنوية مقدارها 0.2 ميللي سيفرت ولذا يعد البوتاسيوم 40 أكثر العناصر الطبيعية اسهاما في الجرعة الاشعاعية الداخلية للإنسان [4].

ويبين الجدول ادناه أهم المواد المشعة الموجودة داخل جسم الانسان ومقدار الجرعة المكافئة السنوية الناتجة عن كل منها.

الجدول (2-4) يوضح المواد المشعة الموجودة طبيعياً داخل الجسم البشري والجرعات الناتجة عنها

اسم النظير	عدد التفككات في الجسم البالغ (في الثانية)	الجرعة المكافئة السنوية بالميللي رم
بوتاسيوم40	4200	20
كربون 14	3210	1
راديوم 226	5-4	5-0.5
بولونيوم 210	8	1.4-0.1 في العظام
سترونشيوم 90	300-25	17-0.4 في العظام 4.5-0.4 في النخاع
المجموع		**49 - 23.5**

2_1_4 غاز الرادون:

يعتبر غاز الرادون هو المساهم الأكبر في تعرض الانسان لمصادر الاشعاع الطبيعية ويوجد للرادون في الطبيعة ثلاثة نظائر مشعة هي الرادون 222 وينتج عن سلسلة اليورانيوم 238 بعد تفكك الراديوم 226، والرادون 220 الذي ينتج عن تفكك سلسلة الثوريوم بعد اليورانيوم 235 بعد تفكك الراديوم 223.

ولا يمثل الرادون 219 مخاطر بشرية محسوسة نظرا لقلة نسبة اليورانيوم 235 في الطبيعة، وانخفاض العمر النصفي للرادون 219.

ويمثل الرادون 220 مخاطر محدودة تزيد في المناطق الغنية بالثوريوم 232، أما نظير الرادون 222 فيمثل أكبر المخاطر على الاطلاق نظراً لأنه يتميز بعمر نصفي طويل نسبياً (3.82 يوم) وينشأ من تفكك الراديوم 226 حيث ينطلق من مكتن وجوده في الأرض وفي مواد البناء الي المحيط الخارجي، ولعل المصدر الرئيسي للرادون في القشرة الأرضية ناجم عن وجود سلسلة اليورانيوم والثوريوم فيها، ولهذا

فان تركيز الرادون الكلي في الهواء الجوي يتبع تركيز اليورانيوم والثوريوم في التربة والصخور، كما أن انتشار الرادون يعتمد علي تركيزه في الصخور ونفوذيته من التربة والصخور [4] .

ويزيد تركيز غاز الرادون داخل المباني بالمقارنة بتركيزه في الهواء الطلق ويعتمد تركيز الرادون داخل المباني على نوع التربة ونوع الجدار أن وأسلوب التهوية ففي المباني المفتوحة ذات التهوية المستمرة يكون تركيز الرادون مقارباً لتركيزه في الهواء الطلق أما في الأماكن المغلقة التي لا يتجدد هواؤها باستمرار لترشيد استهلاك الطاقة في عمليات التكييف فيمكن ان يصل فيها تركيز الرادون لمستويات خطيرة كذلك تعتبر بعض مصادر المياه الجوفية مصدراً للرادون حيث يكون الرادون ذائباً في هذه المياه كما انه يوجد في الغاز الطبيعي المستخدم في المنازل بتراكيز عالية تتصاعد الى الجو عند احترق ذلك الغاز.

ويدخل الرادون جسم الانسان مع هواء التنفس ويمكن أن ينتقل الى الدم أو يؤثر مباشرة على الرئتين وتتمثل مخاطر الرادون في أنه مصدر لجسيمات ألفا فضلاً عن النويدات الوليدة المشعة التي تنتج عن تفككه.

ان المشكلة الرئيسية للرادون لا تكمن في شرب الماء المحتوي عليه حتى لوكان تركيزه في الماء عاليا، وذلك لان الناس يحصلون على حاجاتهم من الماء من غذائهم وشرابهم الحار مثل الشاي والقهوة، وعملية غلي الماء او الطبخ به يؤدي الي طرد الرادون الذي يحتوي عليه.

وعليه فإن معظم الرادون الداخل الي جسم الانسان يأتي من شرب الماء البارد، وهذا سرعان ما يتخلص منه جسم الانسان [4].

2_2 المصادر الإشعاعية الاصطناعية:

منذ عشرات السنين ظهرت عدة مصادر إشعاعية مصنعة ساهمت في الجرعة الفعالة الجماعية لعموم البشر، وأهم هذه المصادر ما يلي:

2_2_1 الأشعة التشخيصيةThe Diagnostic Radiology :

يتعرض الإنسان لجرعات إشعاعية معينة عند عمل صور تشخيصية بالأشعة السينية أو النووية مهما قل زمن التعرض وتختلف قيمة الجرعة باختلاف العضو ونوع الصورة المطلوبة ونوع جهاز الأشعة والفيلم الحساس المستخدم للتصوير وغيرها.

وتؤكد اللجنة العلمية للأمم المتحدة في تقاريرها الدورية، أن الأشعة التشخيصية هي المساهم الأعظم في الجرعة الفعالة الجماعية التي تتكبدها البشرية في العالم من المصادر التي صنعها البشر (man–made sources) وتقدر اللجنة العلمية للأمم المتحدة الجرعة الفعالة الجماعية السنوية لسكان العالم بما يتراوح بين 3–5 ملايين فرد سيفرت وباستخدام معامل المخاطر يتبين أن الأشعة السينية التشخيصية مسؤولة عن إحداث ما بين 30 حتى 50 ألف إصابة سرطانية قاتلة على مستوى العالم سنوياً[4].

2_2_2 الأشعة العلاجية Therapeutic Radiology :

تتوقف قيمة الجرعة المكافئة على العضو الذي يتم علاجه والتعرض المطلوب له ونوع العلاج وقد تزيد الجرعة الفعالة الناتجة عن العلاج الإشعاعي كثيراً بالمقارنة بجرعة التشخيص ويوجد الآن في العالم حوالي 18000 جهاز أشعة أو معجل نووي تستخدم للعلاج الإشعاعي لمرضي السرطان إلا أنه ينبغي الإشارة الي أن عدد الأشخاص الذين يخضعون للعلاج بالإشعاع محدود للغاية وبذلك تقدر اللجنة العلمية للأمم المتحدة أن الجرعة الفعالة الجماعية السنوية الناتجة عن العلاج الإشعاعي تبلغ حوالي 1.8 مليون فرد سيفرت.

من اهم النظائر المستخدمة في المجالات الطبية اليود 131 الذي يستخدم لتشخيص وعلاج الغدة الدرقية، والفسفور32 الذي يستخدم لعلاج سرطان الدم، والكالسيوم 45 الذي يستخدم لدراسة امراض العظام.

اما في العلاج فاستخدام اشعة غاما في علاج الأورام السرطانية شائع جدا وذو فائدة كبيرة إذا تم اكتشاف المرض مبكرا، وعادة يستخدم الكوبالت 60 في هذا الغرض.

كما تستخدم المعجلات الإلكترونية، ومصادر النيترونات ومصادر الجسيمات الثقيلة مثل البروتونات والميزونات، كما تستخدم الاشعاعات في تعقيم المعدات الجراحية والأدوات الطبية بفاعلية تفوق كثيرا الطرق الأخرى [4].

2_2_3 الطاقة النووية وصناعاتها The Nuclear Energy and Industries :

اتسع في السنوات الأخيرة استخدام الطاقة النووية لتوليد الكهرباء وفي تحريك السفن وحاملات الطائرات والغواصات العملاقة ويوجد الآن في العالم أكثر من 450 مفاعلاً نووياً لتوليد الطاقة الكهربائية موزعة في ثلاثين دولة وتنشر هذه المنشآت كميات من المواد المشعة في البيئة ضمن ظروف التشغيل الطبيعية أو نتيجة للحوادث النووية وفضلاً عن ذلك، تبث مناجم اليورانيوم ومصانع معالجة

الوقود النووي وإعادة معالجته بعد استهلاكه في المفاعلات كميات من المواد المشعة التي ساهمت في زيادة تعرض البشرية للإشعاع المؤين إلا أنه نتيجة للالتزام الجيد بقواعد الأمان النووي فإن إسهام الصناعة النووية في التعرض الإشعاعي على المستوى العالمي مازال محدوداً فقد أسفر أكبر حادث نووي خلال أكثر من نصف قرن وهو حادث مفاعل تشرنوبل بأكرانيا عن جرعة فعالة جماعية تبلغ 600000 فرد. سيفرت، وهذه الأخيرة لا تتجاوز جزءاً من سبعة أجزاء مما يتعرض له العالم من الفحوص التشخيصية سنوياً.

2_2_4 النفايات المشعة The Radioactive Waste :

هي تلك النفايات المختلفة عن التفاعلات النووية أو المتبقية بعد استخدام المواد المشعة وتدخل الجرعة الفعالة الجماعية الناجمة عنها ضمن الجرعة الفعالة الجماعية للصناعات والطاقة النووية.

2_2_5 الغبار الذري The Radioactive Dust :

خلال النصف الثاني من القرن الماضي (العشرين) نفذت عشرات بل مئات التفجيرات النووية في الجو خاصة في الفترة ما بين عامي 1954م و1962م، وذلك قبل توقيع الاتفاقية الجزئية لحظر تجارب هذه التفجيرات في الجو عام 1963م ونتيجة لهذه التجارب تساقطت على سطح الارض خاصة في نصف الكرة الشمالي كميات كبيرة من الغبار الذري الذي يتضمن مخلفات التفجيرات ونواتج الانشطار المشعة طويلة العمر ومن أخطر هذه النواتج الكربون 14 والسيزيوم 137 والاسترونشيوم 90 ويصل إجمالي الجرعة الفعالة الجماعية من التفجيرات النووية التي تمت حتى الآن 30 مليون فرد سيفرت، وصل للبشرية منها حتى الآن حولي 15% وسوف يصل الباقي خلال مئات السنين القادمة.

2_3 العوامل المؤثرة على الجرعات الخارجية:

ورد أن الأخطار الخارجية تنتج عن المواد والمصادر المشعة الموجودة خارج جسم الانسان وتنتج هذه الأخطار عن جميع أنواع الإشعاعات والجسيمات المؤينة، باستثناء جسيمات ألفا فقدرة هذه الجسيمات على اختراق الهواء والطبقة الخارجية للجلد الميت محدودة للغاية أما جسيمات بيتا والأشعة السينية وإشعاعات جاما والنيوترونات فتتميز بقدرة عالية على الاختراق ويمكنها الوصول إلى أي عضو أو نسيج في الجسم

عدا جسيمات بيتا التي تصل عمقها في الجسم إلى مسافات تعتمد على طاقتها وتتراوح بين 0.3 و 1.5 سم لذلك تعتبر جميع المصادر المشعة (باستثناء بواعث ألفا) بمثابة مصادر للأخطار الخارجية

ويخضع التحكم في الأخطار الخارجية لثلاثة عوامل رئيسة هي:

- امتداد الفترة الزمنية للتعرض.
- المسافة بين المصدر المشع والنقطة المعينة.
- وجود دروع أو حواجز واقية بين المصدر والنقطة المعينة.

1_3_2 المسافة Distance:

أن تدفق الجسيمات أو الإشعاعات (كثافة سيولة الجسيمات) الصادرة عن مصدر مشع على شكل نقطة صغيرة يتناسب تناسباً عكسياً مع مربع المسافة R بين هذا المصدر والنقطة المعينة، ولما كان معدل الجرعة الإشعاعية يتناسب تناسباً طردياً مع تدفق الجسيمات أو الإشعاعات، فإنه يتضح أن معدل الجرعة يتناسب تناسباً عكسياً مع مربع المسافة بين المصدر والنقطة المعنية بذلك يرتبط معدل الجرعة (D_1^*, H_1^*, E_1^*)في نقطة معينة تبعد مسافة R_1 عن المصدر مع معدل الجرعة ($D_{2,}^* H_{2,}^* E_2^*$)عند نقطة أخرى تبعد مسافة R_2 عن نفس المصدر بالعلاقة التالية:

$$E_1^* \, xR_1^2 = E_2^* \, xR_2^2$$

وتجدر الإشارة إلى أن هذه العلاقة بين معدل الجرعة والمسافة تعتبر صحيحة للمصادر الصغيرة أو قليلة الامتداد، وتحديداً عندما يكون امتداد المصدر مهملا بالنسبة للمسافة بينه وبين النقطة المعينة أما بالنسبة للمصادر الممتدة فلا تعتبر هذه العلاقة صحيحة إلا اذا كانت المسافة بين المصدر والنقطة المعينة أكبر بكثير من امتداد المصدر المشع.

وتعرف العلاقة بقانون التربيع العكسي بين معدل الجرعة والمسافة ويعني هذا القانون أنه عند زيادة المسافة للضعف يقل معدل الجرعة للربع (أي تربيع النصف)، وبزيادة المسافة إلى ثلاثة أضعاف يقل المعدل تسع مرات وهكذا.

كلما كانت المسافة بين المصدر وجسم الإنسان بعيدة تقل الخطورة وتزداد درجة الأمان، وكلما قرب الإنسان من المصدر ازداد المعدل بشكل ملحوظ، وازدادت الخطورة[7].

2_3_2 الدروع الواقيةShielding :

تعتبر الدروع والحواجز بين المصدر المشع والنقطة المعينة من أهم وسائل الوقاية من أخطار التعرض الخارجي ففي بعض الأحيان يكون النشاط الإشعاعي للمصدر كبيراً، بحيث لا يمكن الاقتراب منه حتى عشرات وربما مئات الأمتار، وبالتالي فإنه لا يمكن تنفيذ الأعمال والمهام الواجبة عليه كذلك فإن الاعتماد على عاملي المسافة والزمن يتطلب وجود مسؤول وقاية متفرغ بصفة مستمرة على رأس العمل حتى لا يتجاوز العاملون الفترات المقررة لوجودهم داخل المكان المعين.

لذلك توضع المصادر المشعة ذات النشاط الإشعاعي المرتفع نسبياً داخل دروع أو قلاع واقية ويتوقف نوع مادة الدرع وسمكه على نوع الإشعاعات وطاقتها والنشاط الإشعاعي للمصدر وكذلك على معدل الجرعة المحددة خارج هذا النوع.

تعتمد الحماية بدروع الواقية على كثافة وسمك الغلاف المستخدم وكلما ازداد السمك والكثافة ازدادت درجة الأمان[7].

2_3_3 الزمن Time:

إن أبسط أسلوب للوقاية من الأخطار الإشعاعية الخارجية هو قضاء أقل فترة زمنية ممكنة في الأماكن التي توجد فيها الإشعاعات فالجرعة الإشعاعية المتراكمة في عضو ما H أو في جسم الإنسان ككل E تتناسب طردياً مع كل من طول الفترة الزمنية t ومعدل الجرعة المكافئة H^* أو الفعالة E^* في مكان وجوده، أي أن:

$$\mathrm{E} = E^* \times t$$

وهكذا يتبين أنه للوقاية من الأخطار الإشعاعية الخارجية يجب ألا يتجاوز زمن التعرض زمناً يسهل وكلما زاد معدل الجرعة في هذا تحديده، بمعرفة معدل الجرعة المكافئة أو الفعالة في المكان المقصود المكان قل زمن الذي يسمح بالبقاء خلاله داخل هذا المكان.

الحماية الزمنية هي احتياط واجب حيث أنه كلما مضت مدة على التلوث الإشعاعي قلت قيمة الجرعة المستقبلة على النشاط الإشعاعي [7].

الفصل الثالث

وحدات قياس الجرعات الاشعاعية

Units of Radiation Dosimetery

الفصل الثالث

وحدات قياس الجرعات الإشعاعية

Units of Radiation Dosimetery

3_1 وحدات النشاط الاشعاعي :

هي وحدات لقياس كمية الاشعاع الصادر من المواد المشعة منها:

– **الكوري** :هو النشاط الاشعاعي لواحد جرام من الراديوم ويساوى 3.7×10^{10} ذرة متحللة من المادة المشعة في الثانية الواحدة.

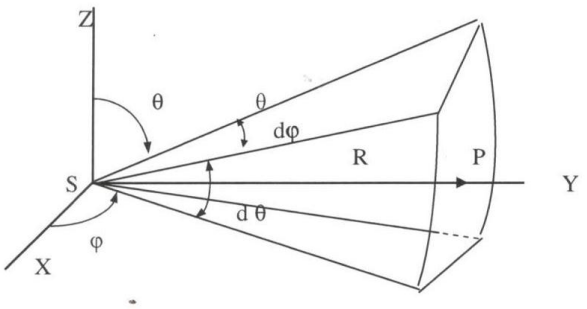
–**البيكريل**: ويساوي ذرة واحدة متحللة من المادة في الثانية الواحدة[7] .

3_2 وحدات قياس الجرعات الإشعاعية:

3_2_1 كثافة تدفق الإشعاعات (أو سيولة الإشعاعات):

كثافة التدفق للجسيمات النووية أو الإشعاعات عند نقطة ما هو عبارة عن عدد الجسيمات المارة خلال مساحة قدرها 1سم2 (وحدة المسافات) في الثانية عند هذه النقطة واذا كان حجم المصدر صغيراً بالنسبة للمسافة المطلوب تحديد كثافة التدفق عندها فانه يمكن اعتبار هذا المصدر نقطيا (أي على شكل نقطة مادية صغيرة) ويوضح شكل (3–1) كيفية حساب كثافة التدفق الناتج من مصدر نقطي نشاطه الإشعاعي S عند نقطة ما p تبعد مسافة قدرها R عن مركز المصدر s، كيفية حساب التدفق عند نقطة P من مصدر نقطي حيث S شدة المصدر (بوحدة جسيم/ثانية)، وA مساحة سطح الكرة التي يكون المصدر في مركزها ونصف قطرها R وحيث إن مساحة سطح الكرة التي نصف قطرها R هي :

$$\emptyset = S/A$$



الشكل(3-1)

$$A = 4\pi R^2$$

تكون كثافة التدفق (بوحدة جسيم/سم2.ثانية) هي:

$$\emptyset = S/4\pi R^2$$

أي أن كثافة التدفق $\emptyset$عند نقطة معينة تتناسب طردياً مع شدة المصدر S وعكسيا مع مربع المسافة R حتى النقطة المعينة وتجدر الإشارة إلى أنه وفقا للوحدات المعيارية العالمية الجديدة (SI) يطلق الآن على كثافة تدفق الجسيمات مصطلح جديد هو 'معدل سيولة الجسيمات أو الفوتونات.

وتعرف هذه العلاقة الأخيرة بقانون التربيع العكسي لمعدل سيولة الجسيمات (أو لكثافة التدفق) من مصدر نقطي.

ويمكن ايجاد معدل سيولة الجسيمات الناتجة عن المصادر ذات الأشكال المختلفة كالمصادر الممتدة طوليا أو مساحيا أو حجما.

وفي كثير من الأحيان يصدر المصدر أنواعا مختلفة من الإشعاعات أو يصدر إشعاعات من نفس النوع ولكن بطاقات مختلفة عندئذ يجب تعيين معدل سيولة (كثافة تدفق) الجسيمات أو الإشعاعات للأنواع المختلفة. وأحيانا يستخدم مصطلح آخر يعرف بكثافة تدفق الطاقة (energy flux density) وتعرف كثافة تدفق الطاقة على أنها كمية الطاقة المارة خلال وحدة المساحات في الثانية الواحدة عند النقطة المعينة. ولتحديد كثافة تدفق الطاقة، فإنه يجب معرفة كثافة تدفق الإشعاعات وطاقاتها.

فإذا كان لهذه الإشعاعات نفس مقدار الطاقة E تكون كثافة تدفق الطاقة Ø هي عبارة عن :

$$Ø = EØ$$

أما عند اختلاف طاقة الجسيمات فإنه يمكن تحديد كثافة تدفق الطاقة كالاتي:

$$Ø = \int_{ø}^{Emax} ØdE$$

وتجدر الإشارة إلى أن المصطلح المعياري العالمي الجديد لكثافة تدفق الطاقة أصبح هو معدل سيولة الطاقة (Energy flounce rate)[7] .

2_2_3 التعرض The Eexposure :

إن اصطلاح التعرض المستخدم في هذه التنظيمات هو تعرض للإشعاع أو للمواد المشعة والذي ينتج عنه تشعيع الأفراد أو المواد بالإشعاعات المؤينة، وقد يكون التعرض خارجيا أي ناتجا عن مصادر موجودة خارج جسم الإنسان أو داخليا ناتجا عن مصادر موجودة داخل جسم الإنسان. ويصنف التعرض إلى عادي أو كامن ومهني أو طبي أو تعرض للجمهور، وقد يكون مؤقتاً أو مزمناً أو تعرضاً في أوضاع التدخل.
يستخدم مصطلح التعرض ليدل على مفهومين؛ أحدهما عام والآخر فيزيائي وبالمفهوم العام يستخدم مصطلح التعرض للدلالة على التعرض للإشعاعات المؤينة.

أما المفهوم الفيزيائي للتعرض فيقصد به كمية الإشعاعات المؤينة التي يتكبدها عضو أو نسيج من أعضاء أو أنسجة الكائن الحي أو يتعرض لها جسمه ككل فعند تعرض الخلايا الحية للإشعاعات المؤينة تمتص هذه الخلايا جزءا من الطاقة التي تحملها هذه الإشعاعات وربما الطاقة كلها وهذه الطاقة الممتصة داخل الخلايا هي التي تؤدي إلى تلفها.

كما يعرف التعرض على انه هو عبارة عن كمية التأين الناتجة عن الإشعاعات السينية أو إشعاعات جاما في وحدة الحجوم (أي 1 سم^3) من الهواء الجاف عند الظروف الجوية المعيارية (أي عند درجة حرارة صفر م ° وعند ضغط مقداره 76 ملليمتر زئبق)[7] .

يقاس التعرض بوحدة تعرف بالرينتجن (Roentgen) تخليدا لذكرى العالم الذي اكتشف الأشعة السينية وتستخدم هذه الوحدة لقياس مقدار الطاقة الإشعاعية التي تنتقل من الكمية المحددة من الأشعة السينية أو اشعاعات جاما ذات الطاقة المنخفضة.

وقد تم تعريف الرينتجن (R) في أول الأمر على أنه كمية سالبة أو موجبة (مقدارها وحدة واحدة كهروستاتيكية (1 esu) في 1سم^3 من الهواء الجاف عند الظروف الجوية المعيارية أي أن:

$$1\text{R} = 1\ \text{esu}/cm^3\text{air}$$

وحيث إن كثافة الهواء عند الظروف المعيارية هي 0.001293 جم /سم3 وان الوحدة الكهروستاتيكية مرتبطة بوحدة الكولوم C بالعلاقة:

$$1\ esu = 1/(3x10^9)\ Coulomb$$

فقد أصبح تعريف الرينتجن ثانيا طبقا لنظام الوحدات المعيارية الدولية (SI) هو:

$$1\ R = 1x(1/3x10^9) \div 0.001293$$

$$=2.58 \text{ x } 10^{-7} \text{ Coulomb/gram}$$

أي أن الرينتجن هو التعرض الذي يؤدي إلى إنتاج شحنة كهربائية موجبة أو سالبة مقدارها 2.58 × 10^{-4}كولوم في كل / كجم من الهواء الجاف عند الظروف الجوية المعيارية.

وعلى الرغم من أن وحدة الرينتجن مازالت مستخدمة في بعض الأحيان، إلا أن الوحدة ليست كافية لأنها لا تنطبق سوى على الإشعاعات السينية وإشعاعات جاما منخفضة الطاقة عند مرورها في الهواء الجاف دون غيره.

ولما كان الهدف الرئيس هو وقاية جسم الإنسان والكائنات الحية الأخرى من الإشعاعات المؤينة ونظرا لاختلاف امتصاص الطاقة في أنسجة الجسم عنه في الهواء فإنه يجب إيجاد العلاقة التي تحول التعرض (أي تعرض الهواء الجاف) إلى ما يكافئه من تعرض الأنسجة البشرية[7] .

3_2_3 الجرعة الإشعاعية الممتصة

The Radiation Absorbed Dose

نظرا لأن مفهوم التعرض قاصر على الأشعة السينية وإشعاعات جاما منخفضة الطاقة وعلى الهواء الجاف كوسط تنتقل فيه طاقة الإشعاعات، ورغم وجود معامل تحويل من طاقة منقولة للهواء إلى طاقة منقولة للجسم البشري فقد تم استخدام كمية فيزيائية جديدة تعبر عن انتقال الطاقة من جميع أنواع الإشعاعات وعند جميع طاقاتها ولجميع أنواع المواد المتعرضة لهذه الإشعاعات وتعرف الكمية الجديدة باسم الجرعة الإشعاعية الممتصة.

والجرعة الممتصة: هي عبارة عن كمية الطاقة التي تنتقل من الإشعاعات المؤينة للجسم المعين ويستخدم هذا المصطلح لجميع أنواع الإشعاعات والطاقات ولجميع الأجسام والمواد ولقد استخدام في أول الأمر وحدة لقياس الجرعة الممتصة تعرف بالراد (Radiation absorbed dose–rad).

يعبر عن الجرعة الممتصة D بالعلاقة:

$$D = \frac{d\overline{E}}{dm}$$

حيث:

$d\overline{E}$ قيمة الطاقة المتوسطة التي تودعها الإشعاعات المؤينة في حجم ما من المادة.

dm هي كتلة هذا الحجم.

وطبقاً للنظام المعياري العالمي للوحدات تقاس الجرعة الممتصة بوحدة جول لكل كغم، ويطلق على هذه الوحدة اسم "غراي"(Gy) وبالنظام القديم كانت وحدة "راد"(rad) هي المستخدمة لقياس الجرعة الممتصة. والغراي الواحد 100 راد.

يعرف الراد على أنه عبارة عن انتقال كمية من الطاقة مقدارها 100 إرغ لكل جرام من المادة الممتصة عند مرور الإشعاعات فيها، أي أن:

$$1\ \text{rad} = 100\ \text{erg}/1\ \text{gm}, matter$$

وحيث أن : 1 إرج = 10^{-7} جول فإن:

$$1 \text{ rad} = 100 \times 10^{-7}/10^{-3}$$

$$=0.001 \quad \text{joule/kg}$$

الغراي وحدة الجرعة الممتصة في النظام المعياري (Gy) طبقا لنظام الوحدات المعيارية الدولية (SI) فقد استخدمت وحدة جديدة لقياس الجرعة الممتصة هي غراي (Gray –Gy) نسبة إلى العالم الفيزيائي غراي الذي كان أول من أوجد الطرق العلمية الدقيقة لقياس الجرعة الممتصة.

والغراي: هو جرعة من الطاقة الممتصة مقدارها واحد جول لكل كجم من المادة أي أن: 1 جراي = 1جول لكل كجم من المادة.

$$1 \text{ Gy} = 100\text{rad}$$

3_3 التأثير البيولوجي على جسم الإنسان:

لقد تبين أن التأثير البيولوجي على جسم الإنسان، الناتج عن نفس مقدار الجرعة الممتصة يختلف اختلافا شديدا باختلاف نوع الإشعاعات (100راد) من النيوترونات السريعة أكبر بمقدار عشرين مرة من التأثير الناتج عن الجرعة نفسها من الأشعة السينية لذلك، فإنه يجب معرفة مأ يسمى بالتأثير البيولوجي النسبي.

3_3_1 التأثير البيولوجي النسبي (RBE):

هو عبارة عن نسبة الجرعة الممتصة من اشعاعات جاما عند طاقة معينة إلى الجرعة الممتصة من أي نوع آخر من الإشعاعات بحيث يكون التأثير البيولوجي عنهما واحدا في نفس العضو.

$$RBE = \frac{D_\gamma}{D_{n|\varepsilon_\gamma=\varepsilon_n|}}$$

$D_\gamma \equiv$ هي الجرعة الممتصة لأشعة جاما.

$Dn \equiv$ هي الجرعة الممتصة للنيوترونات.

$|\varepsilon_\gamma = \varepsilon_n|$ بمعني أن التأثير البيولوجي يكون متساويا.

ويختلف التأثير البيولوجي النسبي للإشعاعات باختلاف طاقتها وباختلاف نوع ودرجة التلف البيولوجي الناتج عنها وكذلك باختلاف نوع النسيج أو العضو لذلك فإنه لأغراض الوقاية الإشعاعية استخدمت في

الماضي كمية أخرى عرفت باسم معامل النوعية (The quality factor Q) بدلا من التأثير البيولوجي النسبي RBE، الا ان هذه الكمية الجديدة استبدلت بكمية أحدث منذ عام 1991م تعرف باسم العامل المرجح أو الوزني (للإشعاع وتتواءم مع المفاهيم الفيزيائية والإحصائية الأساسية[7] .

3_3_2 العامل الوزني للإشعاع w_R

The Radiation-Weighting Factor

أوصت اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية (ICRP) في نشرتها الأخيرة الصادرة في يناير عام 1991 باستخدام مصطلح العامل المرجح (أو الوزني) للإشعاع w_R، بدلا من عامل النوعية المستخدم سابقاً، حيث ارتبط معامل النوعية بأنه متوسط التأثيرات البيولوجية النسبية على الجسم كله عندما تؤثر الإشعاعات في نقطة محددة من كل عضو أو نسيج.

أما العامل المرجح للإشعاع فقد أخذ في الحسبان الجرعة الممتصة المتوسطة في كامل العضو أو النسيج. ويبين جدول (3-1) قيم العامل المرجح للإشعاع w_R لبعض الإشعاعات عند طاقات مختلفة.

الجدول (3-1) يوضح قيم العامل المرجح للإشعاع للإشعاعات والطاقات المختلفة[9]

نوع الإشعاعات وطاقاتها	قيمة العامل المرجح للإشعاع w_R
الأشعة السينية وأشعة جاما (جميع الطاقات)	1
الإلكترونات والميونات (جميع الطاقات)	1
النيوترونات:	
بطاقة أقل من 10 ك.إ.ف	5
بطاقة من 10 حتى 100 ك. إ.ف	10
بطاقة من 100 حتى 2000 ك. إ.ف	20
بطاقة من 2 وحتى 20 م. إ.ف	10
البروتونات بطاقة أكبر من 20 م. إ.ف	5
البروتونات (بخلاف المرتدة) بطاقة حتى 2م. إ.ف.	10
جسيمات ألفا وشظايا انشطار ونوى ثقيلة	20

3_3_3 الجرعة المكافئة للعضو أو النسيج H_r:

The Tissue Equivalent Dose:

مع استخدام العامل المرجح للإشعاع w_R بدلا من معامل النوعية Q أوصت اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية باستخدام مصطلح الجرعة المكافئة للعضو أو النسيج (The equivalent dose in tissue or organ) بدلا من مكافئ الجرعة للإنسان.

وتحدد الجرعة المكافئة H_r لعضو أو نسيج T من أنسجة الجسم البشري من العلاقة التالية:

$$H_r = \sum_R w_R \, D_{TR}$$

حيث ان D_{TR} تمثل الجرعة الممتصة من النوع المعين من الإشعاعات R في النسيج أو العضو المعين

T ويتم جمع الجرعات المكافئة في النسيج المعين من الإشعاعات المختلفة للحصول على الجرعة المكافئة الكلية في هذا النسيج.

وحدات قياس الجرعة المكافئة:

تقاس الجرعة المكافئة في عضو أو نسيج بوحدتي رم (rem) في النظام القديم أو بوحدة سيفرت (Sievert) في النظام المعياري الدولي فعند استخدام النظام المعياري للوحدات (SI) تقاس الجرعة الممتصة بالغراي (Gy) وعندئذ تقاس الجرعة المكافئة في العضو أو النسيج بوحدة سيفرت (Sv) أما عند استخدام وحدة راد (rad) التقليدية لقياس الجرعة الممتصة عندئذ تقاس الجرعة المكافئة بوحدة رم (rem)اختصارا Roentgen equivalent man و هي الوحدة القديمة لقياس الجرعة المكافئة في النسيج حيث يعبر عن الجرعة الممتصة بوحدة راد وتكون الجرعة المكافئة بوحدة رم (rem) هي مجموع حاصل ضرب العامل المرجح للإشعاع في الجرعة الممتصة بوحدة راد.

4_3_3 العامل الوزني للنسيج أو العضو w_T

:The Tissue–Weighting Factor

يعتمد احتمال الإصابة بالتأثيرات العشوائية للإشعاع (كالسرطان أو التأثيرات الوراثية) على نوع العضو أو النسيج المتعرض للإشعاع، فبعض الأعضاء والأنسجة البشرية تتعرض للإصابة السرطانية الناتجة عن الإشعاع أكثر من غيرها عند تساوي مقدار الجرعة المكافئة، ولحساب احتمال إصابة الجسم البشري بهذه التأثيرات فانه يجب تحديد مدى إسهام كل عضو من أعضاء وأنسجة الجسم في هذا الاحتمال عند تساوي الجرعات في هذه الأعضاء ولعمل ذلك فإنه يجب وزن الجرعات المكافئة للأنسجة والأعضاء البشرية بمعامل خاص يطلق عليه اسم العامل المرجح للنسيج أو العضو أو العامل المرجح للنسيج The tissue weighting factor w_T ويمثل هذا العامل الإسهام النسبي للنسيج أو العضو (أي عامل النسيج المرجح) في الضرر الإجمالي للجسم من بين التأثيرات الناجمة عن تشعيع كامل الجسم تشعيعا متجانسا ،بمعنى آخر فإنه عند تشعيع الجسم البشري بشكل متجانس بالإشعاع يكون العامل المرجح للنسيج أو العضو هو نسبة إسهام هذا العضو في احتمال الإصابة بالتأثير العشوائي ويبين الجدول (3–2) قيم العوامل المرجحة للأنسجة المختلفة للجسم البشري.

5_3_3 الجرعة الفعالة

: The Effective Dose

الجرعة الفعالة هي مجموع حاصل ضرب الجرعة المكافئة لكل نسيج أو عضو في قيمة العامل المرجح لهذا النسيج أو العضو طبقا للعلاقة التالية:

$$E = \sum_T w_T \, H_T$$

حيث: w_T هو العامل المرجح للنسيج Tو H_T هي الجرعة المكافئة في النسيج T ، ويتم جمع إسهامات جميع أنسجة وأعضاء الجسم البشري.

الجدول (3-2) قيم العوامل المرجحة لأعضاء الجسم البشري [9]

العضو أو النسيج	قيمة المعامل المرجح w_T
الغدد التناسلية	0.20
النخاع العظمي	0.12
القولون	0.12
الرئتين	0.12
المعدة	0.12
المثانة	0.05
الكبد	0.05
الاثني عشر	0.05
الغدد الدرقية	0.05
الصدر (الثدي)	0.05
الجلد	0.01
سطح العظام	0.01
باقي الأعضاء	0.05
كامل الجسم	1.00

وحدات قياس الجرعة الفعالة: تقاس الجرعة الفعالة E بنفس الوحدات المستخدمة لقياس الجرعة المكافئة، وهي السيفرت في النظام المعياري الدولي والرم في نظام الوحدات القديمة.

والجرعة الفعالة هي الجرعة التي يجري على أساسها حساب المخاطر العشوائية واحتمالاتها

وتجدر الإشارة إلى أن هناك كمية أخرى تستخدم للتعبير عن الجرعة الفعالة عندما يكون مصدر التعرض

مصدرا داخليا أي أن التعرض ينتج عن إدخال المادة المشعة إلى داخل جسم الإنسان وتصبح هذه المادة ملازمة له ويطلق على هذا المصطلح اسم 'الجرعة الفعالة الملازمة ' (The committed effective dose) ومن الأمثلة على الظروف التي تؤدي إلى تلازم الجرعة الفعالة تلك المواد المشعة التي تتسرب للبيئة من الأنشطة النووية المختلفة أو النويدات المشعة التي انطلقت للبيئة من التفجيرات النووية واستقرت على سطح الأرض وأصبحت مقدرة على الإنسان وملازمة له.

تقاس الجرعة الفعالة الملازمة بنفس وحدات قياس الجرعة الفعالة، أي بالسيفرت في النظام المعياري العالمي أوبالرم في النظام القديمة.

3_3_6 الجرعة الفعالة الجماعية

:The Collective Effective Dose

هي عبارة عن مجموع الجرعات الفعالة التي تودع في مجموعة بشرية محددة، وعند تساوي متوسط الجرعة الفعالة التي تودع في جميع أفراد المجموعة تكون الجرعة الفعالة الجماعية هي عبارة عن حاصل ضرب متوسط الجرعة الفعالة للفرد الواحد في عدد الأفراد المتعرضين، أي أن:

$$E_c=\sum E_i \times n_i$$

حيث n_i تمثل عدد الأفراد وتقاس الجرعة الجماعية بوحدة فرد.سيفرت (Man.Sievert).

3-3-7معدل الجرعة (D*) The dose rate :

تعبر وحدات الغراي والسيفرت (أو الراد والرم) بالترتيب عن مقدار الجرعة الممتصة والجرعة المكافئة أو الفعالة التي حصل عليها عضو أو شخص ما خلال مدة زمنية معينة t، ولتقدير قيمة الجرعة التي يتعرض إليها الشخص خلال زمن معين فإنه يجب معرفة ما يسمى بمعدل الجرعة ومعدل الجرعة D* في مكان ما هو قيمة الجرعة التي يحصل عليها العضو أو الإنسان في وحدة الزمن عند وجوده في هذا المكان أي أن معدل الجرعة D*:

$$D^*=D\times t$$

D تمثل قيمة الجرعة التي يحصل عليها العضو أو الإنسان.

t تمثل زمن تعرض العضو او الانسان.[15]

الفصل الرابع

أجهزة المسح الإشعاعي وقياس الجرعات

Radiation Survey Meters and Ddosimeters

4 أجهزة المسح الإشعاعي وقياس الجرعات

Radiation Survey Meters and Dosimeters:

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 المشعة المفتوحة أو أجهزة الأشعة السينية أو المعجلات النووية أو المفاعلات أحد أهم أعمال الوقاية الإشعاعية, ويستخدم لهذا الغرض أجهزة خاصة تعرف باسم أجهزة المسح الإشعاعي (radiation survey meters) لقياس الجرعات الإشعاعية الممتصة أو معدل هذه الجرعات في تلك الأماكن ,كما تستخدم أجهزة أخرى خاصة برصد تلوث الأسطح أو الهواء في الموقع يطلق عليها أجهزة رصد التلوث ,وتعتمد جميع هذه الأجهزة في عملها على استخدام أحد أنواع الكواشف الغازية أو الوميضية أو غيرها ,وذلك للكشف عن النوع المعين من الإشعاعات وتحديد سيولته (أي تدفقه) ومعدل الجرعة الناتجة عنه وبالتالي تحديد الفترة الزمنية التي يمكن أن يمكث الإنسان في المكان المعين خلالها.

وعموما فإنه لا يمكن استخدام جهاز واحد للكشف عن الإشعاعات المختلفة وإجراء المسح الإشعاعي وقياس معدل الجرعات الناتجة عنها ورصد التلوث، وذلك لاختلاف طبيعة الكاشف باختلاف نوع الإشعاعات وكمياتها وطاقاتها وكذلك باختلاف الغرض المخصص له هذا الجهاز ولذلك تستخدم عدة أنواع مختلفة من أجهزة المسح الإشعاعي وتعيين الجرعات أو معدلاتها أو لرصد التلوث، تبعا لنوع الإشعاعات وكمياتها وطاقاتها في المكان المعين كذلك توجد عدة أنواع من وسائل قياس الجرعات الشخصية(personal dosimeters) مثل شارة الفيلم الحساس (film badge) والمقياس الحراري الوماض (TLD) وأقلام قياس الجرعات الشخصية والمقاييس الإلكترونية للجرعة الشخصية ويحمل الشخص الذي يتعامل مع الإشعاعات أو المواد والمصادر المشعة هذه الوسائل بغرض تحديد الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها شخصيا ويعني هذا الفصل بالتعرف على بعض أنواع أجهزة المسح الإشعاعي [10].

4_1 أهم خصائص جهاز المسح الإشعاعي

Characteristics of Survey Meter

يجب أن تتوفر في جهاز المسح الإشعاعي بعض المتطلبات والشروط من أهمها ما يلي:

أ-بساطة التركيب:

تؤدي بساطة تركيب الجهاز إلى سهولة الاستخدام وإمكانية إجراء الصيانة وتبديل الأجزاء والعناصر المختلفة وخاصة العناصر الإلكترونية عند تلفها.

ب-المتانة:

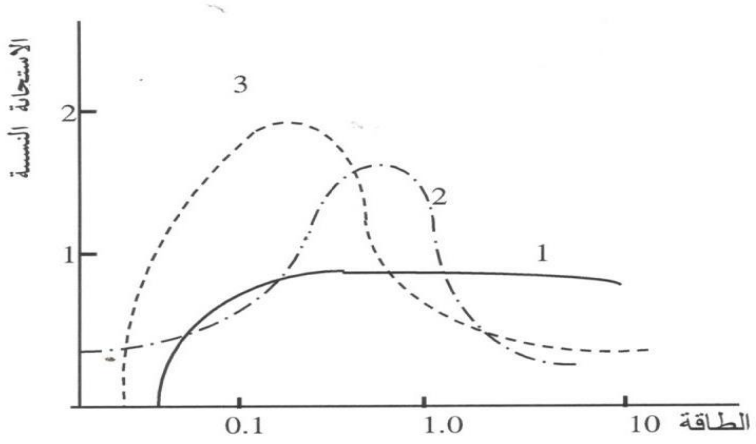
يجب أن يتحمل الجهاز العمل في مختلف الظروف حيث أنه عادة ما يُستخدم الجهاز الواحد بواسطة عدد كبير من الأشخاص الذين يختلف أسلوب تداولهم للأجهزة[10].

ج-خفة الوزن وإمكانية حمله ونقله بسهولة:

وذلك نظرا لأن الجهاز يستخدم لإجراء المسح الإشعاعي في أماكن مختلفة كذلك يجب أن يزود الجهاز بمنبع تغذية خفيف كالبطاريات الجافة.

جسيمات بيتا وألفا فإنه من المفضل استخدام عداد تناسبي أو عداد غايغر في حين يمكن استخدام أي من غرفة التأين المزودة بطبقة رقيقة من البورون العداد التناسبي المزود بغاز ثالث فلوريد البورون (BF_3) للكشف عن النيوترونات الحرارية كذلك تستخدم العدادات التناسبية المزودة بمادة غنية بالهيدروجين مثل البولي إيثيلين وذلك للكشف عن النيوترونات السريعة حيث ينطلق البروتون من هذه المادة عند اصطدام النيوترون الساقط به فيقوم البروتون بإجراء التأيين داخل الغاز.

وحيث أن التأيين الناتج في معظم الكواشف يعتمد اعتمادا كبيرا على طاقة الجسيمات النووية فإنه يجب أن تتميز الأجهزة المخصصة لقياس معدل الجرعة من الإشعاعات المختلفة باستجابة صحيحة للطاقة ويعرف مدى الاستجابة النسبي للطاقة على أنه عبارة عن نسبة شدة التيار الناتج في الجهاز عند الطاقات المختلفة إلى شدة التيار عند طاقة محددة (أو نسبة عدد النبضات في وحدة الزمن عند الطاقات المختلفة إلى عددها عند الطاقة المعينة) [10].



الشكل (4-1)

منحنيات الاستجابة لكل من غرفة التأين (1) وعداد غايقر ميولر(2) والعداد التناسبي (3)

د-- دقة البيانات والموثوقية:

حيث إن البيانات غير الدقيقة يمكن أن تعرض حياة العاملين للخطر ولهذا الغرض يجب معايرة الجهاز بصفة منتظمة ودورية، بل بالجهاز حيث يوضع هذا المصدر المعياري أمام الكاشف مباشرة في المكان المخصص لذلك وتؤخذ قراءة الجهاز لهذا المصدر المعياري، بحيث تكون مطابقة للقراءة السابقة باستخدام نفس هذا المصدر المعياري.

هـ الحساسية:

يجب أن يتميز الجهاز بدرجة عالية من الحساسية للنوع المعين من الإشعاعات وذلك لإمكانية الكشف عن الكميات الصغيرة منها.

4_2 أجهزة المسح الإشعاعي The Survey Meters:

يتكون جهاز المسح الإشعاعي عموما من كاشف ودارة إلكترونية لتكبير التيار أو الجهد وجهاز لقياس شدة التيار الكهربائي الناتج عن الإشعاعات أو عدد النبضات الجهدية في وحدة الزمن وتزود بعض هذه الأجهزة (التي تعمل بالنظام النبضي) بجهاز صوتي يصدر صوتا كلما تم تسجيل نبضة فيه وبالتالي يمكن التنبه إلى زيادة المستوى الإشعاعي صوتيا ودون الحاجة الى النظر إلى قراءة الجهاز بين وقت وآخر وتستخدم كواشف مختلفة لأغراض المسح الإشعاعي.

سنتعرف في هذا البحث جزء منها[10]:

- الكواشف الغازية Gas–filled counters.
- الكواشف الوميضية Scintillation counters .
- كواشف اشباه الموصلات semiconductor detector .
- كاشف شيرنكوف Cerenkov detector .

4-2-1 الكواشف الغازية Gas–filled counters:

هو ابسط أنواع الكواشف منه غرفة التأين والعداد التناسبي وعداد جايجر ميلر ، الذي يتكون من أسطوانة معدنية تملا بغاز معين يمر من خلالها سلك طويل يسلط عليه جهد موجب عالي بحدود 1000 فولت يشترط بهذا الجهد ان يكون اقل بقليل من الجهد المطلوب لتأين الغاز، عندما تمر الاشعة فأنها ستؤين بعض ذرات الغاز الالكترونات المتحررة سوف تنجذب باتجاه السلك الموجب وبتعجيلها تصطدم وتأين ذرات إضافية فبالتالي يحدث انهيار للإلكترونات التي تنتج نبضة فولتية عند وصولها للسلك هذه النبضة يمكن تكبيرها وارسالها الي عداد يعمل علي عد الجسيمات او يمكن ارسال النبضات الي سماعة ليتم سماع طقطقة.

4-2-2 العداد الوميضي :

هنالك بعض المواد تنتج ومضة ضوء عندما تقصف بجسيم مشحون او اشعة X وجاما، من هذه المواد هي يوديد الصوديوم ويوديد السيزيوم .... الخ هذه الومضات الضوئية يمكن ان تحول الي نبضات كهربائية حيث ان الانبوبة الخاصة بالمضاعفة الفوتونية Photomultiplier tube(PM) تحول الطاقة الضوئية الي إشارة كهربائية، ان دالة الشغل الخاصة بالكاثود الفوتونيphoto–cathode منخفضة بحيث ان الإلكترونات تتحرر بسرعة، هذه الإلكترونات ستتسارع نحو اول دانيودdynode وتكون طاقتها كافية كي يحرر كل الكترون الكترونين الي خمسة الكترونات، وهكذا حتي يصبح عدد الإلكترونات التي تصطدم باخر دانيود بحدود 10^9 .

الميزة المهمة لهذا الجهاز هو ان الفولتية الخارجة من PM تتناسب تقريبا مع طاقة الجسم او الفوتون الذي يسبب الومضة، لذلك فبالإضافة الي إمكانية كشف الجسيمات، يستطيع هذا الجهاز قياس طاقتها، الميزة الأخرى هي إمكانية تعاملها مع معدلات عد عالية بي فترات زمنية بحدود 10^{-9} sec أما بالنسبة لعد جسيمات ألفا فان كفاءة الجهاز هي 100% اذا وصل الجهاز بمحل ارتفاع النبضة pulse-height analyzer فأننا نحصل علي المطياف الوميضي الذي يمكن بواسطته قياس طاقات اشعة جاما الأحادية مباشرة وبدقة عالية [11].

4-2-3 كاشف شبة الموصل:

هذا النوع من الكواشف يتكون من وصلة pn منحازة عكسيا عند مرور جسيم خلال الوصلة يمكنه ان يهيج الكترونات الي نطاق التوصيل conduction band تاركا ثقوبا في نطاق التكافؤ valence band ، ان الشحنات المتحركة (الالكترونات تتحرك باتجاه نوع n الموجب والفجوات باتجاه p السالب) تنتج نبضة كهربائية قصيرة يمكن ان تحسب كما هو الحال في عداد جايجر .
عادة تستخدم الكواشف المصنوعة من السيلكون والليثيوم مع جسيمات بيتا والجسيمات المشحونة الأخرى، اما الكواشف المصنوعة من الجرمانيوم والليثيوم فتستخدم في الغالب مع اشعة جاما[11].

4-2-4 كاشف شيرنكوف Cerenkov Detector:

لقد اكتشف سيرنكوف سنة 1934أنه عند مرور جسم مشحون خلال وسط شفاف تكون فيه سرعة الجسيم اكبر من سرعة الضوء، فان ذلك يسبب انبعاث ضوء مرئي ، الشعاع الضوئي المنبعث يسمي شعاع شيرنكوف نسبة الي مكتشفه لكن كيف ينتج هذا الشعاع ؟ان مرور الجسم المشحون علي طول خط مستقيم خلال وسط يمكننا تخيله وكانه يزيح الالكترونيات الذرية واحدة تلو الأخرى عن موقعها الاتزانية لكن إزاحة الالكترون تعني تعجيله الامر الذي يعني امكانية تولد محال كهرومغنطيسي ان الضوء يجب ان ينتشر بزاوية θ مع اتجاه حركة الإلكترون تعطي بالعلاقات التالية :

$$\cos\theta = c/nv$$

حيث n هو معامل انكسار الضوء في ذلك الوسط و v سرعة الإلكترون في الوسط [11].

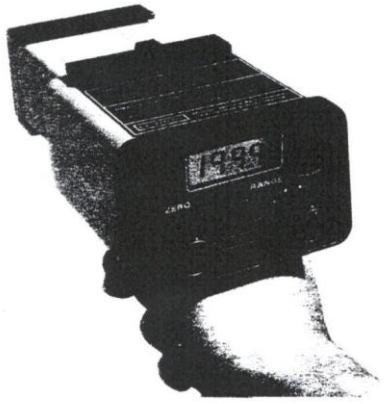
4_2_1 أجهزة المسح الإشعاعي ذات غرفة التأين

Ionization Chamber Survey Meters

يمكن تصميم أنواع مختلفة من غرف التأين لاستخدامها للكشف عن جميع أنواع الإشعاعات ولكنه يفضل استخدام غرف التأين في أجهزة المسح الإشعاعي للكشف عن إشعاعات جاما ولما كانت حساسية غرف التأين صغيرة للغاية بالمقارنة بالعدادات التناسبية أو عدادات غايغر فإنها تفضل عند إجراء المسح الإشعاعي لمستويات إشعاعية عالية، بحيث لا يقل معدل الجرعة عن عدة عشرات ميكرو سيفرت/ساعة، حيث تعطي غرف التأين نتائج عالية الدقة عند هذه المعدلات ويرجع السبب في تفضيل غرفة التأين إلى ثبات استجابتها للطاقة في حدود واسعة مما جعلها من أنسب الكواشف لأغراض المسح وأعمال الوقاية الإشعاعية وتعمل الغرفة لهذه الأغراض عموما بنظام قياس متوسط شدة التيار الناتج وليس بالنظام النبضي ولعل من المفيد استعراض بعض أنواع أجهزة المسح الإشعاعي التي تستخدم غرف التأين ككاشف [10].

4_2_2 أجهزة مسح إشعاعي بعداد تناسبي أو عداد غايغر

يعتبر هذا النوع من الأجهزة من أهم أجهزة المسح لجسيمات بيتا أو إشعاعات جاما ذات المستويات الإشعاعية المنخفضة وأشكال مختلفة وإلى الحساسية الفائقة لعدادات غايغر بالمقارنة بغرف التأين لذلك تستخدم هذه الأجهزة للكشف عن التلوث بالمواد المشعة أو للبحث عن المصادر المشعة المفقودة مهما قلت شدتها الإشعاعية فضلا عن استخدامها الرئيسي لقياس معدل التعرض للمستويات الإشعاعية الضعيفة وتعمل جميع أنواع الأجهزة التي تستخدم العداد التناسبي أو عداد غايغر ككاشف بالنظام النبضي كذلك تزود معظم الأجهزة بجهاز تنبيه سمعي يطلق صوتا قصيرا عند تسجيله لكل جسيم أو فوتون وبذلك يمكن الحكم سمعيا على شدة المستوى الإشعاعي بالإضافة الي مقياس معدل التعرض الموجود بالجهاز الذي يبين معدل العد (أي عدد النبضات في الدقيقة) [10].



الشكل (4-2)

جهاز قياس معدل التعرض

وعموما لا تتستخدم مثل هذه الأجهزة في قياس معدل التعرض في المستويات الإشعاعية العالية بسبب طول الزمن الميت لعداد غايغر.

4_3 أجهزة رصد التلوث الإشعاعيThe Contamination Monitors:

قد لا يحتاج العاملون بالمواد المشعة المفتوحة لأجهزة مسح إشعاعي لتقدير الجرعات الخارجية التي يتعرضون إليها نظرا لأن مقدار هذه الجرعات الخارجية من إشعاعات جاما أو النيوترونات من هذه المصادر قد يكون صغيرا إلا أن المخاطر الرئيسة قد تتمثل في تلوث بيئة العمل مثل الأسطح والمعدات، أو وجود تسرب للمادة المشعة من المصدر محكم الإغلاق، أو تلوث الهواء في منطقة العمل بالمواد المشعة خاصة الطيارة منها مثل اليود 131 ويمثل تلوث الأسطح أو الأيدي أو الملابس أو الهواء مخاطر جسيمة يمكن أن تزيد كثيرا على مخاطر التعرض الخارجي في حين لا يمكن الكشف عن هذا التلوث باستخدام أجهزة المسح الإشعاعي سابقة الذكر.

ويتكون جهاز رصد التلوث من كاشف وجهاز إلكتروني لتكبير جهد النبضة وتسجيلها كما أن أجهزة رصد التلوث تتميز بحساسية فائقة بالمقارنة بأجهزة المسح الإشعاعي عالية، وتجدر الإشارة إلى أن معظم الكواشف المستخدمة لرصد التلوث تستخدم عدادات غايغر-ميولر ذات النافذة الرقيقة[10].

4_4 أجهزة قياس الجرعات الشخصيةPersonal Dosimeters:

يستخدم المسح الإشعاعي عامة لتحديد المستوى الإشعاعي ومعدل التعرض في المكان أو المختبر المعين، وذلك لمنع وجود العاملين في هذه الأماكن، أو لتحديد الفترة القصوى لمكوثهم فيها وبالتالي لتلافي التعرض للجرعات الخطرة. ولكن لا يستخدم المسح الإشعاعي كطريقة دقيقة لتحديد الجرعات الإشعاعية الشخصية التي يتعرض لها العاملون في هذه الأماكن خلال مدة زمنية معينة وذلك للأسباب التالية:

أ- اختلاف معدل الجرعة باختلاف الظروف داخل المختبر كتغير سيولة أو طاقة الإشعاعات.

ب- تنقل العاملين من مكان إلى آخر داخل المختبر واختلاف معدل التعرض باختلاف هذه الأماكن.

ولتحديد الجرعة الفعالة التي يتعرض لها العامل في فترة زمنية معينة مثل هذه الأماكن فإنه يجب أن يحمل (يرتدي) العامل وسيلة تعرف باسم مقياس الجرعة الشخصية (Personal dosimeter) ويكثر استخدام ثلاثة أنواع من هذه الوسائل، وهي الفيلم الحساس، ومقياس الجرعة الجيبي ومقياس الجرعة بالوميض الحراري (TLD) [11].

4_4_1 شارة الفيلم الحساس The Film Badge:

حتى فترة قصيرة كانت شارة الفيلم الحساس من أكثر الوسائل انتشارا كمقياس للجرعة الشخصية. ويتكون هذا المقياس من فيلم حساس يوضع داخل حافظة خاصة من البلاستيك تعرف بشارة الفيلم الحساس (film badge). ويختلف نوع الفيلم المستخدم باختلاف الغرض المخصص له.

مزايا وعيوب الأفلام الحساسة

تتميز الأفلام الحساسة كوسيلة لقياس الجرعة الشخصية الممتصة بعدة مزايا وعدة عيوب. وأهم مزايا الأفلام الحساسة هي:

أ- مرافقتها للشخص بصفة مستمرة حيث يثبتها الفرد على ملابسه وهي بذلك وسيلة دائمة لتسجيل الجرعات المتراكمة بالنسبة له.

ب- رخص ثمنها وعدم الحاجة إلى معرفة الشخص الذي يحملها بخصائصها الفنية.

ج- إمكان إعادة قراءتها في أي وقت عند حفظها حيث أن درجة العتامة لا تتغير بمرور الوقت وبذلك تعتبر وثيقة رسمية للتعرض.

ومن الجانب الآخر فإن للأفلام الحساسة بعض العيوب أهمها ما يلي:

أ- يستخدم الفيلم عادة لمدة طويلة (حوالي شهر أو أكثر)، ويتم إرساله بعد ذلك للإظهار والتثبيت والعد (أي قياس العتامة) لذلك فإن تحديد قيمة الجرعة الممتصة لا يتم إلا بعد مرور فترة طويلة (حوالي شهر) من بداية استخدام الفيلم ويمكن أن يكون الشخص قد تعرض لجرعة أعلى من الحدود المسموح بها خلال هذه الفترة.

ب- قيمة الجرعة الممتصة لا تكون دقيقة وإنما تقريبية.

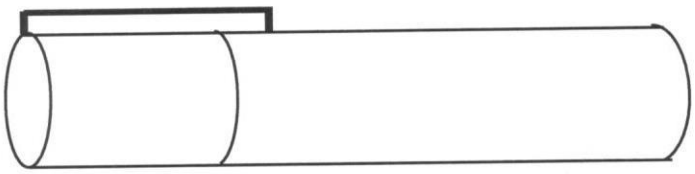
ج- ضرورة حفظ الأفلام بعيدا عن الحرارة والضوء وعدم حمل الشارة في الأماكن الدافئة كالسيارة مثلا حيث تتغير خصائص المستحلب الحساس.

د- عدم استخدام الفيلم الواحد لمدة طويلة (أكثر من شهر) [11].

4_4_2 مقياس الجرعة الجيبي

The Pocket Dosimeter

مقياس الجرعة الجيبي هو عبارة عن وسيلة لقياس التعرض الشخصي (بالرينتجن) ويشبه هذا المقياس قلم الحبر من حيث الشكل والحجم، ويتركب من غرفة اسطوانية صغيرة تحتوي على قطبين أحدهما مثبت والآخر متحرك، ويصنع القطب المتحرك من خيط رفيع من مادة الكوارتز وعند شحن القطبين بشحنة كهربية من نفس النوع يتنافر القطبان فيبتعد القطب المتحرك بعيدا بفعل قوة التنافر، وعند سقوط الاشعاعات وخاصة اشعة جاما أو الاشعة السينية تؤدي هذه الإشعاعات إلى تأيين الغاز داخل الغرفة، ونتيجة للشحنة المتكونة من التأين تقل الشحنة على كل من القطبين فتقل قوة التنافر بينهما مما يؤدي إلى تحرك خيط الكوارتز الرفيع من إلى وضعه الطبيعي بذلك يشبه عمل هذا المقياس جهاز فياس الشحنة الكهربائية، ولذلك يطلق عليه أسم مقياس الكهرباء ذات الخيط الكوارتزي.



الشكل (4-3)

مقياس الجرعة الجيبي

ولإمكان قراءة قيمة التعرض في أي وقت تصنع إحدى قواعد الأسطوانة من الزجاج الشفاف؛ وذلك للسماح لدخول الضوء منها وتصنع القاعدة الأخرى من مادة شفافة يوجد عليها تدريج (يحدد مقدار التعرض بالرينتجن أو أجزائه) ومركب عليها عدسة لتكبير هذا التدريج لإمكان تحديد القراءة بدقة. وتتم قراءة المقياس بتوجيهه نحو الضوء والنظر من خلال العدسة فيظهر ظل خيط الكوارتز فوق التدريج. وبذلك يمكن تحديد التعرض مباشرة وفي أي وقت.

ويتم شحن المقياس باستخدام منبع جهد (يبلغ جهده 1.5 فولت) إلى أن يصبح خيط الكوارتز ابعد ما يكون عن الخيط الثابت وتكون هذه القراءة هي القراءة الصفرية وعند تعرض الغرفة للإشعاعات يتحرك الخيط إلى وضعه الطبيعي مبينا مقدار التعرض[11].

4_4_3 مقياس الجرعة بالوميض الحراري

The Thermos-Luminescent Dosimeter (TLD)

يستخدم مقياس الجرعة بالوميض الحراري لتحديد الجرعات الإشعاعية التي تتراكم في الجسم وكذلك لتحديد معدل التعرض.

أساس عمل المواد الوميضية هو تكوين ذرات متهيجة لان الجسيمات او الفوتونات الساقطة تتفاعل مع المادة الوميضية مكونة عددا من الالكترونات ذات الطاقة المتهيجة وعند عودتها الي حالة الاستقرار تبعث فوتونات ضوئية بشكل ومضات في منطقة الضوء المرئي او المنطقة فوق البنفسجية لذلك ان المواد التي لها القدرة علي توليد هذه الظاهرة يمكن استخدامها للكشف عن الاشعاعات المؤينة ولكن بشرطين:

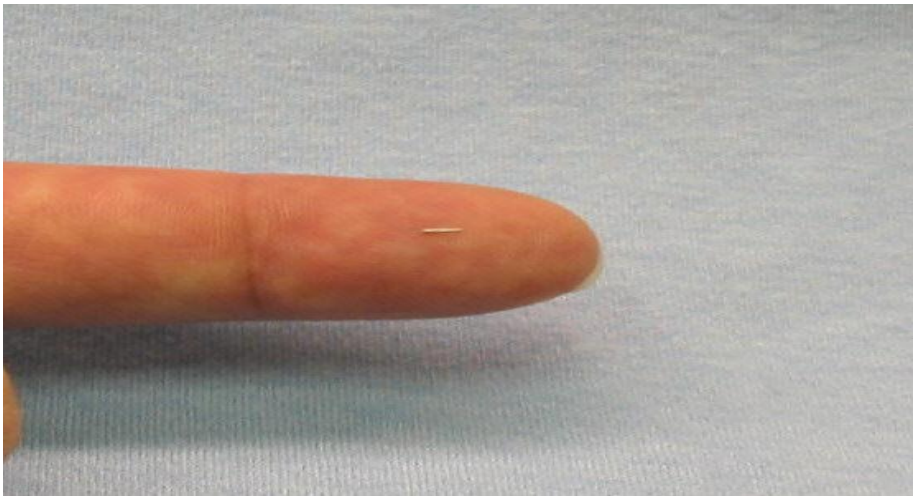
-عملية تكوين الومضات يجب ان تحصل اثناء تفاعل الاشعاع مع البلورة ان يكون التفاعل مقرونا باثارة

البلورة اخري لكي ينبعث الضوء.

–عملية رجوع الالكترونات الي حالتها المستقرة يجب ان يكون مصحوبا بانبعاث الضوء وليس بتحويل الطاقة الفائضة الي حرارة حيث تتولد الالكترونات الحرة والفجوات نتيجة التأين ويتكون زوج من (الكترون – فجوة) نتيجة التهيج التي أثناء عودتها الي الحالة المستقرة داخل حزام المنع (forbidden band)التي تحتوي علي طاقة فائضة بشكل حرارة والتي تبرد نتيجة لعملية الاسر.

بعض البلورات مثل(CaF,LiF,Al2O3) لها القابلية للوميض الحراري بعد تعرضها للاشعاعات المؤينة ، تقوم هذه الاشعاعات بتهييج الذرات ضمن البلورة ممايسبب تحرر زوج (الالكترون–فجوة) يتم اقتناصها من قبل الشوائب المنشطة (Dy,Ti,Mg) التي تضاف الي البلورة او من قبل بعض التشوهات في البلورة وتبقي علي هذه الحالة لمدة وبذلك تبقي طاقة التهيج التي حصلت عليها هذه الالكترونات مختزنة في البلورة ،وعند تسخين البلورة تخرج الالكترونات من مراكز الاقتناص وتكون في حالة اثارة وتعود الي حالة الاستقرار وذلك بانبعاث الطاقة علي شكل ومضات ضوء .

من اهم خواص المادة الوميضية المستخدمة في قياسات التعرض الشخصي هو خفة الوزن وسهولة الحمل يمكن تصنيعها بأشكال مختلفة ممكن ان تكون (أقراص او قضبان او مسحوق)، ان تكون ذات حساسية ودقة عالية، وان تكون مكافئة لانسجة جسم الانسان، يمكن استخدامها عدة مرات اذ لها القابلية علي تخزين المعلومات لعدة أشهر وهذا يسمح بتوزيعها على العاملين لفترات من (1–3) أشهر لحساب الجرعة المتجمعة لهم، تعتبر مادة الليثيوم–فلوريد شائعة الاستخدام في مقاييس الجرع لانه ذو كثافة (mg/cm2 2.64) وعدد ذري 8.12 مقارب لأنسجة الجسم [11].

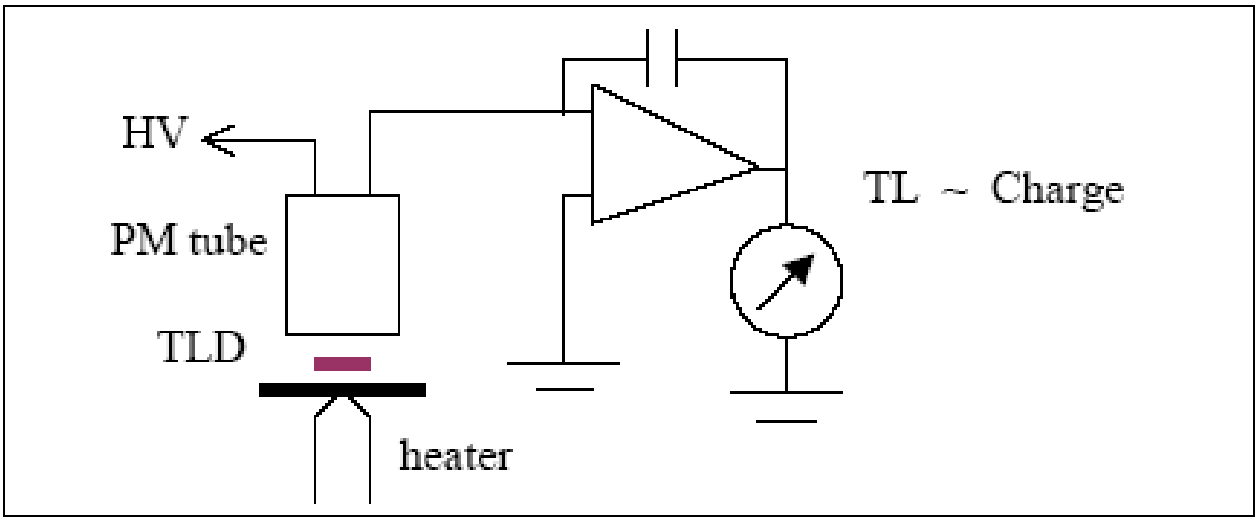


الشكل (4-4)

الشكل يوضح بلورة TLD في الطبيعة

هنالك أنواع عديدة من قياسات الوميض الحراري (TLD)حسب كمية وشكل المادة الوميضية، تكون المادة الوميضية علي شكل حبيبات داخل كبسولة ومن اجل قياس الجرعة يرجي تسخين المادة الوميضية كهربائيا بحيث ان الضوء المنبعث منها يسقط على المضاعف الضوئي الذي يكون مربوط بدوره مع جهاز يقوم برسم منحني التوهج.

يتم التقدير الكمي للوميض الحراري الخارج من المادة بواسطة أجهزة قياس قادرة على تسخين العينة من مادة الوميض الحراري في نفس الوقت تكون قادرة على استيعاب وقياس الضوء الناتج من العمليات التي تولد الوميض الحراري تسمي هذه الأجهزة (TLD reader) لقياس الوميض الحراري كما يستخدم مزدوج حراري يكون موصلا بالطبقة التي توضع فيها المادة الوماضة للتحسس بدرجة الحرارة التي تصل لها المادة الوماضة[10].



الشكل (4-5)

الشكل يوضح منظومة مقياس الوميض الحراري (TLD reader)

وبالتالي ينظم الدورة الحرارية التي يمر فيها التسخين بهذة المراحل:

- دورة التسخين الابتدائي 120°C (Pre-heat) .
- دورة القياس والقراءة وتختلف حسب نوع العينة 250° C (read-Cycle) .
- دورة التنظيف. (300-400)°C (Anneal-Cycle)
- فترة التبريد ((Cool period.

وتختلف درجات الحرارة اعتمادا على نوعية المادة الوماضة المستعملة في البلورة، كما ان هنالك عملية تسخين وتنظيف خارجي تجري بواسطة فرن خاص مزود بوحدة سيطرة علي درجة الحرارة[11].

الشكل (4-6)

الشكل يوضح جهاز(TLD reader)

تعيير منظومة الوميض الحراري:

قبل البدأ بعملية قياس بلورة الوميض الحراري الخاصة بالتعرض الشخصي تجري عملية تعيير الجهاز TLDوتحضيره لقياس الجرع المستلمة في مجال التعرض الطبي وتتم عملية التعيير على النحو التالي:

إيجاد حساسية الجهاز

تسخن مجموعة البلورات لدرجة حرارة 80 درجة ولعدة ساعات لإزالة أي بقايا للاشعة المستلمة سابقامن جراء التعرض السابق ، وتوضع في الجهاز لغرض قياس الخلفية الاشعاعية للمادة(B.G) ، يتم تعريض البلورات الي جرعة اشعاعية معلومة بواسطة جهاز التشعيع كما يتم تحديد الجرعة نظريا من معرفة عدد الدورات في الجهاز اذ ان مقدار الجرعة المستلمة لكل دورة هي 0.03 mGy بضربها بعدد الدورات نجد الجرعة الكلية نظريا.

يتم تثبيت جهاز القاري (reader) علي حساسية التعيير الخاصة لقياس استجابة البلورات وهي (99.99) ثم يتم قراءة معظم هذه البلورات وإبقاء الجزء الاخر للتاكد من دقة الحساسية الجديدة وملائمتها للقياس اذ يتم حساب الحساسية الجديدة من العلاقة التالية:

الحساسية الجديدة = 99.99× الجرعة الاشعاعية المعلومة/(معدل القراءات–الخلفية الاشعاعية).

ولمعرفة ملائمة الحساسية الجديدة ودقتها للجهاز بعد تثبيتها علي القارئ يتم قياس البلورات المتبقية بنفس الطريقة اذ تكون وحدة القراءات بوحدة (mrad) [11].

إيجاد منحني المعايرة(Calibration Curve)

يتم اخذ مجموعة البلورات ويتم تعريضها لجرع مختلفة من الاشعاع وذلك بتغير عدد دورات المشعع وتحسب هذه الجرع نظريا بواسطة جهاز المشعع ثم يتم قياسها بواسطة جهاز القارئ ثم يمثل منحني المعايرة.

ومن أهم مزايا مقاييس الجرعة بالوميض الحراري ما يلي:

أ. إعادة استخدامها بعد التبريد.

ب. سهولة تحديد الجرعة الإشعاعية بصفة دورية، فالأمر لا يحتاج إلا لتوفر فرن حراري (تصل درجة الحرارة فيه حتى 250°م) وجهاز لقياس كمية الضوء الصادرة

ت. استجابتها للطاقة في مدى واسع لتغير طاقة الإشعاعات الساقطة بالمقارنة بالفيلم الحساس.

ث. إمكانية استخدامها لعدة أسابيع متصلة دون قراءة حيث أنها لا تفقد الطاقة المختزنة فيها إلا بالتسخين.

ج. عدم الحاجة إلى معرفة النواحي الفنية الخاصة بها من قبل الشخص الذي يستخدمها.

إلا أن من أهم عيوب هذا النوع من مقاييس الجرعة ما يلي:

1. زيادة التكلفة بالمقارنة بالأفلام الحساسة.
2. تفقد المعلومات المختزنة فيها بمجرد التسخين وقياس كميةالضوء الناتج وتسجيله.

وفي السنوات الأخيرة انتشر استخدام مقاييس الجرعة بالوميض الحراري في العديد من المختبرات وحلت هذه الوسيلة محل الأفلام الحساسة كوسيلة إضافية لتحديد الجرعة الشخصية التي يتعرض لها العامل خلال فترات زمنية قصيرة[11].

الفصل الخامس

التخلص من النفايات المشعة

Waste Disposal

الفصل الخامس

التخلص من النفايات المشعة

Waste Disposal

5_1 معالجة النفايات الصلبة:

- **نشوء هذه النفايات:**

تكون النفايات المشعة علي شكل نفايات صلبة مشعة على شكل ورق، مواد اصطناعية، أشياء زجاجية، أشياء معدنية، مرشحات تصريف، وأنقاض مواد بناء وعلب جميعها ملوثة يجب ابعادها كنفايات مشعة وان الأشياء التي قد تعرضت للتشعيع في مفاعل او الحيونات التي أجريت عليها التجارب والنفايات الصلبة الناتجة عن رغي (جمع رغوة) السقط العالقة على الزفت وعن الرواسب التبخر لدي معالجة مياه الصرف كلها تعتبر نفايات صلبة [12].

تجميع وتخزين موقت :

لتسهيل المعالجة اللاحقة يجب فصل النفايات الصلبة القابلة للاحتراق وغير قابلة للاحتراق عن بعضها عن البعض وتجميعها اذا امكن في أكياس مخصصة ، ان النفايات التي يمكن ان تتفاعل بقوة مع بعضها البعض لا يجب تجميعها معا ، كما يجب بشكل دائم وضع علامة تنويه عن طبيعة النفايات وعن نشاطها وعن معلوماتها علي الحاويات المشعة ،كما انه تجمع عادة رزم النفايات منفرد في براميل حديدية او فولاذية مستقرة تبلغ سعتها مئتي لتر وبعد ذلك تجلب النفايات المشعة من مكان وجودها الي مستودع مؤقت حيث يحافظ عليها بعناية الي ان تتم معالجتها لاحقا ونقلها الي مستودع نهائي يجب علي المستودع الموقت ان يقي بدرجة اولي النفايات من تأثيرات الطقس [12].

- **إحراق النفايات:**

لتقليص حجم النفايات القابلة للاحتراق خصصت افران من أنواع مختلفة وذات تصميم نوعي لحرق النفايات المشعة، كما انه لإحراق النفايات لابد من البدء بالتسخيم واحتمال ضرورة التسخين إضافيا ويتم التسخين كهربائيا او بواسطة الغاز او الزيت هناك صعوبات ناتجة اثناء التسخين مثل التغير الشديد في تركيب مواد الاحتراق و وجود جزء من مواد اصطناعية في النفايات والتآكل.

إن تعبئة النفايات ونزع الرماد وتبديل المرشحات تتطلب جميعها حيطة خاصة ان تكاليف الترميد (التحويل الي رماد) كبيرة وهي فقط مبررة لدي وحدات كبيرة يجب التوصل لدى عملية الترميد الي تقليص الحجم بنسبة تتراوح بين (1/40 و 1/100) يمكن تحويل جثث الحيوانات من خلال التحنيط بالتسخين الي حالة تسمح بتخزينها [12].

- **اعداد الرزم وعمليات الهرس:**

عملية الرزم مناسبة لتقليل حجم النفايات القابلة للاحتراق كما ان عملية سحق الأشياء الكبيرة الحجم بواسطة مقصات معدنية او مناشير او أقراص ساحقة او بواسطة نفاثات اللهب القاصة وذلك لتسهيل رزمها وتخزينهاحيث ان عملية الرزم تقلل الحجم بنسبة (3/1 الي 16/1)، تنفذ غالبا هذه الاعمال في حجيرات او تحت الماء[12].

- **تثبيت النفايات المشعة:**

لمنع تسريب النكليدات المشعة ومن اجل امن عالي لدي التخزين المؤقت والنقل تغليف النفايات الصلبة بزفت او ببيتون.

- **تخزين النفايات المشعة بشكل نهائي :**

ان تخزين النفايات المشعة يجب ان يجري بشكل آمن بحيث لا تتمكن النكليدات المشعة من الوصول الي المجال الحيوي للإنسان ،ويجب ابعاد النفايات المشعة لغاية مئات السنين وذلك وفقا لنشاطها وعمرها النصفي او حتى عن طريق توهينها الي ان تصل تراكز قليلة الي ابعد حد[12].

- **دفن النفايات المشعة في الأرض:**

هنالك طريقة سهلة لأبعاد النفايات المشعة الصلبة ، تتمثل بدفنها في الأرض وذلك وفقا لشروط معينة.

- **إغراق النفايات في البحر:**

لكي لا يطرأ أي ضرر لنقاوة البحر وعلي كائناته لا يسمح بإغراق النفايات المشعة الا من خلال شروط معينة مثل يجب تثبت النفايات في حاويات بيتونية اوفي مواد مشابهة لوقاية النكليدات المشعة من التبلل بشكل اكيد ،يجب ان يتم اغراق الحاويات بأمان وان تصمد هذه الحاويات ضد الضغط الكبير الكائن في الأعماق في موقع الإغراق يجب ان يبلغ عمق البحر علي الأقل الفي متر يجب اختيار مواءمة مواقع الإغراق (تجاه الجريان ونوعية التربة وصيد الأسماك والكوابل البحرية الخ)حساب الكميات المسموح

بإغراقها[12].

- **التخزين في صخور الملح:**

هناك نوع آمن لأبعاد النفايات المشعة هو التخزين في تشكيل من الملح ويعتبر من الطرق رخيصة التكاليف نسبياً كما انها تظل عبر زمن طويل دون دعامات لان الملح هو لدن تحت ضغوط عالية بحيث ان الشقوق والتصدعات تغلق من ذاتها، لذلك ان الملح من الطرق المثلي للتخزين.

ان تخزين النفايات المشعة في الملح يمكن ان يتم في المناجم او المغارات الخالية من الملح في الحالة الاولي تحمل النفايات الي المنجم عبر النفق ثم تنقل الي مكان التخزين حيث تكدس بعضها فوق بعض، هكذا يتم تخزين النفايات بشكل نهائي ويمكن اعادتها عند الحاجة [12] .

5_2 النفايات السائلة:

يتم التخلص من النفايات المشعة ذات المستويات الإشعاعية العالية وذلك بتركيزها بإحدى الطرق المعروفة كالتبادل الأيوني أو التبخير أو المعالجة الكيميائية عندئذ يمكن التخلص من النفايات الصلبة أو السائلة شديدة التركيز بالطرق المذكورة سابقا الخاصة بالتخلص من النفايات المشعة الصلبة أما السوائل ذات المستويات الإشعاعية المنخفضة فيمكن التخلص منها بإحدى الطرق الثلاثة التالية:

أ- تصريفها مع وسائل الصرف الصحي وفق معايير محددة.

ب- تصريفها مباشرة إلى الأنهار أو البحيرات وفق معايير محددة.

ج- تصريفها مباشرة إلى البحار والمحيطات وفق معايير محددة [13].

5_3 النفايات الغازية:

من حيث المبدأ يمكن التخلص من النفايات المشعة الغازية وذلك بتصريفها إلى الهواء الجوي ولكن يجب الإشارة إلى أن هذا الأسلوب يعتبر من أخطر الأساليب، حيث أن التعرض الإشعاعي الناتج من التخلص من النفايات الغازية إلى الهواء الجوي يعتبر تعرضا مباشرا وتتمثل الخطورة في هذه الحالة في الأخطار الخارجية للإشعاعات، وكذلك في الأخطار الداخلية نتيجة لتنفس الهواء الجوي وابتلاع المواد المشعة بعد تساقطها على المأكولات والأرض، لذلك فإنه يجب ألا يزيد النشاط الإشعاعي الذي يتم تصريفه عن حدود معينة، كما يجب توجيه العناية الخاصة إلى كيفية انتشار هذه النفايات وعدم تركزها في مكان معين.

وقبل تصريف المواد المشعة الغازية إلى الهواء الجوي يجب تنفيذ عدة عمليات هي:

أ–ترشيح النفايات بمرشحات خاصة لفصل العوالق الجسيمية عن الغازية.

ب– تخفيض النشاط الإشعاعي للنفايات الغازية بوضع مواد ماصة لهذه الغازات.

ج–ضمان انتشار النفايات الغازية في منطقة واسعة باستخدام المداخن العالية بحيث لا يقل ارتفاع المدخنة عن حد معين يمكن تحديده وفقا للظروف البيئية والسكانية السائدة[13].

الجدول يوضح مصادر الجرعات الإشعاعية الطبية في ولاية الخرطوم[14]

المحليات	عدد المستشفيات	عدد المراكز	عدد العيادات	الأجهزة							
				X_ray	CT	Furol..	Mamo..	C_arm	Cath_lap	MRI	G_ camer
الخرطوم	31	17	28	79	21	10	11	26	9	16	3
ام درمان	11	4	16	28	5	3	2	9	1	2	0
بحري	10	3	8	22	3	3	1	3	1	2	0
شرق النيل	1	3	0	6	1	1	1	3	0	1	0
جبل اولياء	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
أمبدة	3	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0
كرري	3	2	0	5	1	0	0	2	0	0	0
الاجمالي	61	29	52	145	31	17	15	44	11	21	3

النـتـائـج

• ان كمية الاشعة الكونية تختلف من مكان الي آخر نتيجة الارتفاع عن سطح البحر وأنها تتضاعف كلما ارتفعنا عن سطح البحر.

• يزيد تركيز الرادون داخل المباني بالمقارنة بتركيزه في الهواء الطلق ويعتمد تركيزه داخل المباني علي نوع التربة ونوع الجدار وأسلوب التهوية لذا يجب ان تكون المباني ذات تهوية جيدة.

• ان الاشعة التشخيصية هي المساهم الأعظم في الجرعة الفعالة للإنسان في العالم كما تبين ان الاشعة السينية التشخيصية مسؤولة عن احداث ما بين 30 حتى 50 ألف إصابة سرطانية قاتلة على مستوى العالم سنويا.

• يخضع التحكم في الأخطار الخارجية لثلاثة عوامل رئيسة هي:

- امتداد الفترة الزمنية للتعرض، أو ما يعرف بمعامل الزمن.
- المسافة بين المصدر المشع والنقطة المعينة.
- وجود دروع أو حواجز واقية بين المصدر والنقطة المعينة.

• يختلف التأثير البيولوجي النسبي للإشعاعات باختلاف طاقتها وباختلاف نوع ودرجة التلف البيولوجي الناتج عنها وكذلك باختلاف نوع النسيج أو العضو.

• 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 المشعة المفتوحة أو أجهزة الأشعة السينية أو المعجلات النووية أو المفاعلات أحد أهم أعمال الوقاية الإشعاعية.

• يستخدم المسح الإشعاعي عامة لتحديد المستوى الإشعاعي ومعدل التعرض في المكان أو المختبر المعين، وذلك لمنع وجود العاملين في هذه الأماكن، أو لتحديد الفترة القصوى لمكوثهم فيها وبالتالي لتلافي التعرض للجرعات الخطرة.

• أساس عمل المواد الوميضية هو تكوين ذرات متهيجة لان الجسيمات او الفوتونات الساقطة تتفاعل مع المادة الوميضية مكونة عددا من الالكترونات ذات الطاقة المتهيجة وعند عودتها الي حالة الاستقرار تبعث فوتونات ضوئية بشكل ومضات في منطقة الضوء المرئي او المنطقة فوق البنفسجية، لذلك ان المواد التي لها القدرة على توليد هذه الظاهرة يمكن استخدامها للكشف عن الاشعاعات المؤينة.

التوصيات

- على الجهة المسؤولة من النفايات المشعة معالجتها والتخلص منها داخل المواقع بطريقة سليمة.
- حدود التعرض للإشعاع يجب ان لا تزيد عن الحدود الموصي بها حسب الظروف المعينة.
- على الجهات المعنية التوعية بمضار الاشعاعات وأثرها السلبي على البيئة وإقامة مؤتمرات توضح خطر الاشعاعات.
- إن التلوث بالنفايات الخطرة لا يقتصر على دولة واحدة، بل قد يمتد أثره ليتعدى حدود أكثر من دولة، فالتلوث لا يعترف بالحدود الدولية.
- لا تملك الدول النامية تكنولوجياً التخلص السليم من النفايات الخطرة، وبالتالي تلجأ إلى تخزينها في أماكن بباطن الأرض أو على السواحل أو في الصحراء أو حرقها وتدميرها.
- التخطيط السليم والآمن واستخدام الطرق السليمة بيئياً في إدارة النفايات الخطرة أو التي يمكن تضمينها في تقييم الأثر البيئي.

الخـــاتـــمة

عند سقوط كمية من الإشعاعات الضوئية أو الحرارية على مادة ما تنتقل طاقة هذه الإشعاعات إلى المادة فتزداد درجة حرارتها ، أما بالنسبة للكائنات الحية (بما فيها الإنسان) فلا ترتفع درجة حرارتها نظراً لقيام جسم الكائن الحي يفقد هذه الطاقة الممتصة في تبخير الماء من الجسم، فتبقي درجة حرارته ثابتة ومع ذلك يحس الإنسان بالإشعاعات الضوئية والحرارية، وبذلك يستطيع تفاديها بالابتعاد عن مصادرها أما بالنسبة للإشعاعات المؤينة فلا تحس بها الكائنات الحية على الإطلاق، وذلك نظراً لقدرتها العالية على اختراق جسم الكائن الحي وفقدها طاقتها عن طريق تأيين جزئيات الماء الموجودة في الجسم فعند تعرض جسم الكائن لكمية من الإشعاعات السينية أو إشعاعات جاما أو الجسيمات النووية فإنه لا يحس بها في حينها، مهما زادت كميتها.

لذلك فإنه لوقاية الكائنات الحية عموماً – بما فيها الإنسان – من التعرض للإشعاعات المؤينة يجب الكشف عن وجودها وتحديد كمياتها ومستوياتها الإشعاعية في جميع الأماكن التي يمكن أن توجد فيها ، لذلك تناول هذا البحث التعرف على الوحدات المستخدمة لقياس كميات الإشعاعات (المستويات الإشعاعية) والجرعات الإشعاعية وطرق الكشف عنها والوقاية منها كما تناول طرق التخلص من النفايات المشعة.

قائمة المصادر والمراجع

1) هندسة الاشعاع النووي، محمد عبد الرحمن آل الشيخ، احمد نصر كراسي، محمد عبد الفتاح عبيد، جامعة الملك سعود2004م.
2) مصادر التلوث بالمواد المشعة، احمد السريع، الدار العالمية للنشر والتوزيع مصر2001م
3) الرادون وسلاسل النشاط الاشعاعي الطبيعي، وقائع الدورة التدريبية حول الرادون والتلوث البيئي، الهيئة العربية للطاقة الذرية، تونس 1994م.
4) المخاطر الاشعاعية بين البيئة والتشريعات في الوطن العربي، د. ممدوح حامد عطية، د. سحر مصطفي حافظ، الطبعة الاولي1452ه 5005م.
5) محاضرات حول تطبيقات المصادر والنظائر المشعة، الهيئة العربية للطاقة الذرية 1983م، امين زكي البهي تونس.
6) التقانة النووية للقرن 21، محمد عبد الغفور حسن، دار الفكر العربي، الطبعة الاولي 2000م
7) حامية البيئة من النفايات الصناعية في ضوء احكام التشريعات الوطنية والأجنبية الدولية ،عبد العزيز محمد الهادي مخير ،دار النهضة العربية 1985م.
8) عجائب واسرار الاشعاع الزري والطاقة النووية، د. منصور محمد، القاهرة يناير 1995م.
9) محمد الحسن الكندري، المسؤولية الجنائية عن التلوث البيئي، دار النهضة العربية2006م.
10) الفيزياء الاشعاعية، عزاب طاهر الكناني القاهرة دار الفجر للنشر والتوزيع 2008م.
11) هندسة الاشعاع النووي، د. نصرالدين كراشي د. محمد عبد الفتاح عبيد الطبعة الاولي الرياض 2004م1425ه.
12) الاشعاع النووي والوقاية من الاشعاع والتلوث، الدكتور المهندس مطاوع الأشهب دمشق الطبعة الاولي 1991م.
13) المسؤولية الجنائية عن التلوث البيئي، دار النهضة العربية 2006م.
14) الطاقة السودانية ولاية الخرطوم.
15) ويكيبيديا.