



جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل / كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

قياس مستويات الاشعاع في تربة وماء كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة بابل

مبحث مقدم

الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة بابل وهي جزء من متطلبات نيل درجة

الدبلوم العالي تربية / فيزياء المواد وتطبيقاتها

من قبل الطالب

مقداد حسن علوان خلف

بكالوريوس علوم الفيزياء / جامعة ديالى / كلية العلوم 2014م

باشراف

ا.م.د. انعام هاني كاظم

2023

1445هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ هُوَ الَّذِي بَعَثَ فِي الْأُمِّيِّينَ رَسُولًا مِنْهُمْ يَتْلُو عَلَيْهِمْ

آيَاتِهِ وَيُزَكِّيهِمْ وَيُعَلِّمُهُمُ الْكِتَابَ وَالْحِكْمَةَ وَإِنْ

كَانُوا مِنْ قَبْلُ لَفِي ضَلَالٍ مُبِينٍ ﴾ ﴿ الجمعة ٢ ﴾

بِسْمِ اللَّهِ
الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

إهداء

الى من رفعت رأسي عالياً أفخاراً به على مر الزمان والدي (مرحمه الله) ..

الى من أضأت لي طريقتي وساندتني نبع الحنان والدتي (حفظها الله) ..

الى من تحملت معي تقلبات الزمان، رفيقة دربتي .. زوجتي .. حباً ووفاء ..

الى فلذات كبدي اولادي جاهد الله من كل بلاء

الى اخوتي .. واخواتي .. الذين اعانوني على الصعاب ...

الى من كل من علمني ولو بخرف ... أساتذتي الفضلاء ..

أهدي ثمرة جهدي المتواضع، ومن الله التوفيق ...

شكر وتقدير

قال تعالى ﴿ وَمَنْ يَشْكُرْ فَإِنَّمَا يَشْكُرُ لِنَفْسِهِ ﴾ ﴿ لقمان ١٢ ﴾

وقال رسول الله محمد ﷺ ﴿ من لم يشكر الناس لم يشكر الله عز وجل ﴾

أحمد الله تعالى جداً كثيراً طيباً مباركاً ما ملئ السموات والأرض على ما أكرمني به من إتمام
هذا البحث

ثم أتوجه بخزير الشكر وعظيم الامتنان الى كل من

- الدكتور الفاضلة / انعام هاني كاظم حفظها الله واطال في عمرها لتفضلها الكريم
بالإشراف على هذا البحث، وتكرمها بنصحتي وتوجيهي حتى إتمام هذا البحث.
- أعضاء لجنة المناقشة الكرام
- الى رئيس قسم الفيزياء وجميع الأساتذة في القسم



مقداد

اقراء المشرف

اقر بان اعداد هذا البحث الموسوم (قياس مستويات الاشعاع في تربة وماء كلية التربية للعلوم
الصرفية /جامعة بابل) الذي قدمه الطالب (مقداد حسن علوان) كان بإشرافنا في جامعة بابل / كلية
التربية للعلوم الصرفية / قسم الفيزياء وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الدبلوم العالي في علوم
الفيزياء

التوقيع:

أسم المشرف: انعام هاني كاظم

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد دكتور

العنوان: جامعة بابل / كلية التربية للعلوم الصرفية/ قسم الفيزياء

التاريخ: / / 2023

توصية رئيس قسم الفيزياء

إشارة الى التوصية المقدمة من قبل المشرف أحيل هذا البحث على لجنة المناقشة لبيان الرأي فيه

التوقيع:

الاسم: خالد حنين عباس

المرتبة العلمية: أستاذ دكتور

التاريخ: / / 2023

اقراء لجنة المناقشة

نشهد نحن أعضاء لجنة المناقشة اننا اطلعنا على البحث الموسوم (قياس مستويات الاشعاع في تربة وماء كلية التربية للعلوم الصرفة /جامعة بابل) الذي قدمه الطالب (مقداد حسن علوان) وقد ناقشنا الطالب في محتوياته وفيما له علاقة به وانه جدير بالقبول لنيل درجة الدبلوم العالي في اختصاص الفيزياء بتقدير ()

ت	الاسم	اللقب العلمي	الاختصاص الدقيق	مكان العمل	التاريخ	التوقيع
1	د.مهند حسين عليوي	استاذ	فيزياء نووية	جامعة بابل /كلية التربية للعلوم الصرفة		
2	د.صبا رزاق سلمان	أستاذ مساعد	فيزياء نظرية	جامعة بابل /كلية التربية للعلوم الصرفة		
3	د.انعام هاني كاظم	أستاذ مساعد	فيزياء نووية	جامعة بابل /كلية التربية للعلوم الصرفة		

بموافقة مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة بابل

التوقيع :

الاسم: بهاء حسين صالح

اللقب: أستاذ

العنوان: عميد كلية التربية للعلوم الصرفة/جامعة بابل

التاريخ: / / 2023

الخلاصة

تضمنت الدراسة الحالية تحديد مستوى النشاط الإشعاعي الطبيعي لعينات الماء والترربة في كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة بابل بواقع ثمان عينات من ماء الاسالة اخذت من مواقع مختلفة في الكلية وباستخدام جهاز RAD7. حيث كان معدل تركيز غاز الرادون المشع 0.132Bq/L وهو اقل من المدى المسموح به من قبل منظمة الـEPA الامريكية. كذلك تم حساب الجرعة الفعالة السنوية وعامل الإصابة بالسرطان من جراء استنشاق غاز الرادون في الماء وكانا ضمن المدى المسموح به من قبل منظمة الصحة العالمية WOH وUSCNEAR .

كذلك تم دراسة نماذج التربة التي اخذت من الحدائق المحيطة بالكلية بواقع اربع عينات وتمت الدراسة باستخدام كاشف يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) وكانت قيم النويدات المشعة (^{238}U و ^{232}Th و ^{40}K) كمعدل هي (26.685) و (27.285) و (442.295) Bq/Kg على التوالي وتم حساب مؤشرات الخطورة الاشعاعية اذ وجد ان معدل مكافئ الراديوم (99.772) وبلغ معدل الجرعة الممتصة في الهواء (47.257) اما معدلات مستوى الخطورة الخارجي H_{ex} والداخلي H_{in} كان (0.269) (0.341) على التوالي , وكان معدل نسبة التعرض للإشعاع (0.745) بينما مكافئ الجرعة الفعالة السنوية كان (0.219) واطهرت النتائج بعد حساب خطورة السرطان مع العمر ELCR الخارجي والداخلي ان معدلها بلغ (1.706) على التوالي وبلغ معدل الجرعة المكافئة للغدد التناسلية AGDE (0.33) .

رقم الصفحة	موضوع
I	ملخص
II	المحتويات
III	الاشكال والصور
IV	قائمة الجداول
V	قائمة الرموز
الفصل الأول: مقدمة عامة	
2	مقدمة 1-1
4	الدراسات السابقة 2-1
7	الهداف من الدراسة 3-1
الفصل الثاني: الجزء النظري	
9	الاشعاع 1-2
11	مصادر الاشعاع 2-2
11	مصادر الإشعاع الطبيعية 1-2-2
11	الاشعة الكونية 1-1-2-2
11	الأشعة الأرضية 2-1-2-2
12	المصادر الصناعية للإشعاع 2-2-2
12	أنواع الإشعاع 3-2
12	الاشعاع غير المؤين 1-3-2
13	الاشعاع المؤين 2-3-2
13	أشعة الفا 1-2-3-2
13	أشعة بيتا 2-2-3-2
14	أشعة كاما 3-2-3-2
14	تفاعل اشعة كاما مع المادة 4-2
14	الظاهرة الكهروضوئية 1-4-2
16	استطارة كومبتن 2-4-2
17	انتاج الزوج 3-4-2
19	آثار الاشعاع على الانسان 5-2

19	الأثار الوراثية	1-5-2
19	تشوهات الجنين	2-5-2
19	الأثار على الجينات	3-5-2
20	التأثيرات العشوائية المتأخرة	4-5-2
20	النويدات المشعة	6-2
21	الرادون ومصادره وتأثيره على الانسان	7-2
24	الرادون	1-7-2
25	مصادر الرادون	2-7-2
26	تأثير غاز الرادون على الانسان	3-7-2

الفصل الثالث: الجزء العملي

29	الكواشف النووية	1-3
30	جهاز RAD7	1-1-3
31	مبدا عمل جهاز RAD7	1-1-1-3
31	إعدادات RAD7	2-1-1-3
32	ملحقات الجهاز	3-1-1-3
32	قياس تركيز الرادون في الماء باستخدام RAD7 H ₂ O	1-3-1-1-3
34	الجرعة الفعالة السنوية	4-1-1-3
35	مخاطر الإصابة بالسرطان	5-1-1-3
36	الكواشف الومضية	1-2-1-3
37	المادة الومضية (بلورة يوديد الصوديوم (NaI (TI)	1-1-2-1-3
39	أنبوب المضاعف الضوئي	2-1-2-1-3
41	المضخم الابتدائي	3-1-2-1-3
41	المضخم الرئيسي	4-1-2-1-3
41	مجهر الفولتية العالية	5-1-2-1-3
42	محلل متعدد القنوات	6-1-2-1-3
42	التدريج	7-1-2-1-3
43	معايرة الطاقة لـ NaI (TI)	2-2-1-3
43	معايرة الكفاءة	3-2-1-3
43	قياس الخلفية والعينات	4-2-1-3
44	كفاءة الكاشف	5-2-1-3
45	مميزات الكاشف الومضي	6-2-1-3

46	قياس معاملات الخطورة	2-3
46	مكافئ الراديوم	1-2-3
46	معدل الجرعة الممتصة في الهواء	2-2-3
46	الجرعة الفعالة السنوية	3-2-3
47	معامل الخطورة الخارجي	4-2-3
47	معامل الخطورة الداخلي	5-2-3
47	معامل تركيز التعرض لأشعة كاما	6-2-3
48	منطقة الدراسة	3-3

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

52	حساب معاملات الخطورة في الماء	1-4
56	حساب معاملات الخطورة في التربة	2-4
57	الفعالية الإشعاعية	1-2-4
67	الاستنتاجات	3-4
67	المقترحات	4-4

المصادر

69	المصادر	
----	---------	--

رقم الصفحة	الاشكال والصور الموضوع	الرقم
15	الظاهرة الكهروضوئية	1-2
17	استطارة كومبتن	2-2
18	عملية انتاج الزوج	3-2
22	سلاسل انحلال الرادون والثورون	4-2
31	RAD7 كاشف الرادون الإلكتروني الاحترافي	1-3
33	H ₂ O مع ملح Rad7 جهاز	2-3
36	كاشف يوديد الصوديوم مع جهاز الحاسوب	3-3
38	بدا تهيج وإنتاج الضوء في المادة الوميضية	4-3
40	شكل تخطيطي لتركييب المضاعف الضوئي	5-3
42	الدرع الخارجي للكاشف الوميضي NaI (TI)	6-3
43	طيف اشعة كاما للعناصر القياسية المشعة المستخدمة في معايرة الكفاءة	7-3
44	دورق مارينيلي ورسم ابعاده	8-3

48	خريطة تبين موقع جامعة بابل	9-3
49	بناية كلية التربية للعلوم الصرفة في جامعة بابل من الجو	10-3
54	تركيز غاز الرادون في الماء للعينات المدروسة	1-4
55	الجرعة الفعالة السنوية لكل عينة	2-4
56	عامل الخطورة(العمر الزمني للإصابة بالسرطان Lifetime (Cancer	3-4
58	الفعالية النوعية للبيوتاسيوم ^{40}K للعينات المدروسة	4-4
59	الفعالية النوعية لليورانيوم ^{238}U للعينات المدروسة	5-4
59	الفعالية النوعية للثوريوم ^{232}Th للعينات المدروسة	6-4
60	مكافئ الراديوم للعينات المدروسة	7-4
61	لعينات التربة المدروسة AGDE الجرعة المكافئة للغدد التناسلية	8-4
63	الجرعة الممتصة في الهواء	9-4
64	الجرعة الفعالة السنوية	10-4
65	معامل الخطورة الداخلية والخارجية	11-4
66	العمر الزمني للإصابة بالسرطان	12-4
66	نسبة التعرض للإشعاع	13-4

رقم الصفحة	موضوع	التنضيد
28	الخواص الفيزيائية والكيميائية لغاز الرادون المشع	1-2
53	قياس تراكيز غاز الرادون في عينات من الماء مأخوذة من كلية التربية للعلوم الصرفة جامعة بابل	1-4
57	الفعالية النوعية للنويدات المشعة في العينات المدروسة	2-4
62	الجرعة الممتصة بالهواء والجرعة الفعالة السنوية ومعامل الخطورة والعمر الزمني لخطر الإصابة بالسرطان ونسبة جرعة التعرض للإشعاع	3-4

الوصف	رمز
جسيم ألفا	α
الجرعة السنوية الفعالة	AED
بيكريل	Bq

بيكريل لكل لتر	Bq/L
الحمض النووي منقوص الاوكسجين	DNA
الحمض النووي الرايبي	RNA
إلكترون فولت	eV
الرصاص	Pb
اشعة بيتا	β
اشعة كاما	γ

مايكرو سيفرت لكل سنتيمتر	$\mu\text{S/cm}$
ميل سيفرت	mSv
ميل سيفرت في السنة	mSv/y
كاشف نشاط الرادون -7	RAD-7
الرادون-222	^{222}Rn
الثوريوم-232	^{232}Th
إجمالي الجرعة السنوية الفعالة	E_T
اليورانيوم	U
طول الموجة	λ
منظمة الصحة العالمية	WHO

الفصل الأول

مقدمة عامة

الإشعاع هو انبعاث الطاقة في شكل موجات كهرومغناطيسية أو جسيمات دون ذرية متحركة. وينبعث الإشعاع الطبيعي من العديد من المواد المشعة التي توجد بشكل طبيعي في التربة والماء والهواء حسب منظمة الصحة العالمية WHO [1]. حيث ينبعث الإشعاع من أرضية وجدران منازلنا، والطعام والشراب الذي نستهلكه، والهواء الذي نتنفسه. جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة جاما هي أكثر أنواع الإشعاعات المؤينة شيوعا. يمكن أن يأتي الإشعاع من مجموعة متنوعة من المصادر، بما في ذلك النويدات المشعة الطبيعية وكذلك النويدات التي من صنع الإنسان. إن للماء فوائد هائلة لا يمكن عدها، إلا أنها تستقبل الملوثات في البيئة ومن ثم تحصل على التلوث، وهو ما يوصف بأنه أي تغيير في خصائص أو المكونات الأساسية للمكون البيئي ويسبب العديد من المشاكل الصحية [2]. يؤدي دمج المواد المشعة، سواء كانت سائلة أو صلبة أو غازية، مع العناصر البيئية للماء والهواء والتربة إلى الانتشار السريع للمواد المتطفلة في الهواء، حيث يصبح الكثير منها سائلا أو صلبا، مما يؤدي إلى تلوث الهواء وتلوث التربة والمياه [1]. نتيجة لهطول الأمطار، تسربت المواد المشعة في شكل سائل إلى التربة وانسكبت في الأنهار والمياه الجوفية. تحدد السمات الجيولوجية والطبوغرافية للموقع النظائر المشعة العادية في مياه الأنهار. كمية اليورانيوم في الماء أقل بمئات المرات من تلك الموجودة في التربة والصخور. يمكن أن يكون تركيز اليورانيوم في بعض المياه الطبيعية (باستثناء مناطق محددة) مرتفعا للغاية، ويجب أيضا مراعاة نظير الرادون (^{222}Rn). مستويات الرادون في المياه السطحية أقل من تلك الموجودة في المياه الجوفية [3]. المصدر الآخر للنشاط الإشعاعي في الماء هو الراديوم (^{226}Ra) كأحد أهم النظائر المشعة نظرا لطول نصف عمره، ويمكن اكتشافه في الماء، وخاصة مياه الشرب. يتصرف الراديوم في الجسم بشكل مشابه للكالسيوم، مع ترسب نسبة قابلة للتجزئة في العظام، مما قد يؤدي إلى سرطان العظام والجيوب الأنفية [4]. تولي الوكالات الصحية المختلفة اهتماما وثيقا لكميات العناصر المشعة الخطرة في مياه الشرب، بما في ذلك اليورانيوم. حيث كان الحد المقبول لليورانيوم في الماء ينصح سابقا بأن يكون 0.015 مجم / لتر؛ ومع ذلك، بعد بحث مكثف، تنصح (منظمة الصحة العالمية) الآن بأن يكون المستوى المقبول في الماء الصالح للشرب 0.03 mg/L. توصي اللجنة الدولية للصليب الأحمر بمستوى حد مقبول يبلغ 0.019 mg/L لليورانيوم الموجود في الماء، لكن "مجلس تنظيم الطاقة الذرية الهندي" حدد مستوى أقصى مقبول يبلغ 0.06 mg/L لليورانيوم في الماء [5].

من ناحية أخرى، هناك بعض الملوثات الأخرى داخل البيئة المحيطة وهي تلوث المعادن الثقيلة السامة وهي واحدة من المشاكل التي لاقت انتشارا واسعا حول العالم. يبرر التأثير الكبير على الغلاف الجوي وطبيعة العناصر السامة الاهتمام المتزايد برصدها. المعادن الثقيلة هي ملوثات غير عضوية لا تذوب وتصبح منتجات غير ضارة مثل الملوثات العضوية، ولكنها تبقى وتتراكم في التربة [5]. تركيزات المعادن الثقيلة ليست مستقرة ووفقا لعدة متغيرات في البيئة مثل التحضر وتغير المناخ والإنتاج الصناعي وما إلى ذلك. العناصر الثقيلة تشمل الرصاص (Pb) والكاديوم (Cd) والنيكل (Ni) سامة بشكل عام لكل من أجسام البشر والحيوانات [6,7]. Pb له خصائص مسرطنة عن طريق إضعاف كل من العمليات التنفسية والجهاز الهضمي وقمع الجهاز المناعي، وهذا المعدن ضار بشكل خاص في الأطفال. يتراكم النيكل بشكل رئيسي داخل الحبل الشوكي والدماغ بسبب قابليته للتحويل والتسرب. غالبا ما يتراكم الكاديوم ببساطة في الدورة الدموية والكلية (خاصة القشرة الكلوية) والرئتين والقلب وهو سام للعظام والغدد التناسلية. داخل الجسم، المعادن الثقيلة ضرورية بكميات صغيرة ولكن يمكن أن تكون سامة في جرعات أكبر [8,9].

2-1: الدراسات السابقة:

تم اجراء العديد من الدراسات حول الاشعاع وآثاره وأماكن تواجدته في عينات المياه والتربة والهواء من قبل الوكالة الدولية للطاقة للذرية، بالإضافة الى ذلك توجد عدة تحقيقات وبحوث اكاديمية حول الرادون وبعض المواد المشعة الأخرى، وفيما يلي بعض من هذه الدراسات

في عام 2015 ليسخ واخرون[10] ، تمت دراسة تركيزات اليورانيوم في المياه الجوفية في بادن بألمانيا. تمت دراسة عدد المناطق 1935، وأظهرت النتائج أن 1.6 في المائة من جميع عينات المياه التي تمت تصفيتها باستخدام الترشيح الغشائي وتقييمها لليورانيوم تتجاوز الحد التنظيمي الألماني لمياه الشرب (10 mg/L)، وتم فحص نفس العينات لمجموعة متنوعة من الخصائص الإضافية باستخدام ICP-MS.

في عام 2015، أبو جاسم وآخرون[11]. درس تركيزات غاز الرادون إلى مائة وستة وثلاثين عينة من مياه الصنبور التي تم جمعها من أربعة وثلاثين موقعا في بغداد، العراق. وتختلف نتائج تركيز الرادون باستخدام كاشف الرادون الإلكتروني RAD-7 من (0.012) إلى (0.283) Bq/L، بمتوسط قيمة (0.111) Bq/L. يتم أيضا حساب الجرعة الفعالة السنوية في الابتلاع (المعدة) والاستنشاق (الرئتين) لكل شخص للأطفال والبالغين.

في عام 2016، نجم وآخرون[12]. تم تحديد تركيزات غاز الرادون في عينات مياه الصنبور المأخوذة مباشرة من محافظة ذي قار بالعراق باستخدام كاشف (CR-39). تم اكتشاف ارتفاع متوسط تكاثف غاز الرادون في عينات المياه في منطقة الرفاعي (0.03 0.223 Bq/L)، في حين تم اكتشاف متوسط منخفض لتكثيف غاز الرادون في منطقة الفجر (0.01 0.108 Bq/L) بمتوسط قيمة (0.175 Bq/L). تم الكشف عن الحد الأقصى للجرعة النافعة السنوية (AED) في عينات ماء

السنبور في منطقة الرفاعي (0.814 mSv/y)، ولكن تم الكشف عن القيمة المنخفضة (0.394 mSv/y) في منطقة الفجر (0.394 سيفرت / سنة)، بمتوسط قيمة (0.640 0.1 mSv/y).

في عام 2016، الجنابي[13]. درس تركيز الرادون في ثلاث عشرة عينة من مياه الشرب التي تم جمعها من مياه السنبور السكنية بشكل عشوائي في مواقع الكليات الثلاثة عشر المختلفة، بابل، العراق باستخدام جهاز RAD- H₂O وتختلف تركيزات الرادون المقاسة من (0.072 Bq/L) إلى (0.325 Bq/L) بمتوسط (0.183 Bq/L). تقع تركيزات الرادون المقاسة بشكل كبير ضمن نطاق الحد الأقصى لمستوى التلوث لوكالة حماية البيئة البالغ (11.1 Bq/L). كان إجمالي الجرعة الفعالة السنوية الناشئة عن الرادون في مياه الشرب (1.74 mSv/y).

في عام 2017 سعود[14] ، قياس تركيزات الرادون في مياه الشرب المعدنية (المعبأة في زجاجات) التي تم جمعها من دولة الكويت، كان كاشف المسار النووي (CR-39) في دولة الكويت، تم جمع ما مجموعه عشرة نماذج شهيرة مختلفة من مياه الشرب المعدنية الطبيعية المعبأة في زجاجات من السوق المحلية ويتم تسويقها على نطاق واسع. وفي مياه الشرب المعدنية المعبأة، يبلغ متوسط تركيز الرادون 2.971.44 Bq/L ، مع نطاق يتراوح بين 1.02 Bq/L و 6.05 Bq/L ومتوسط الجرعة الفعالة السنوية من الرادون الذي تستهلكه مياه الشرب هي " 29.72 μ Sv / y للمستهلك الفردي

في عام 2018، رسولي وخسروي[15]. في بوكان، إيران، حقق الباحثون في تلوث مياه الشرب بغاز الرادون، وكذلك الخطر الإشعاعي على صحة الإنسان الذي يحدث من استهلاك المياه الملوثة باستخدام جهاز RAD7 وتراوحت تركيزات الرادون في عينات المياه بين 0.790.18 Bq/L و 11.871.43 Bq/L ، وتبين أنها أقل من الحد المقبول وضارة قليلاً للشرب. كانت لعينات المياه هذه قيم جرعات فعالة سنوية تتراوح من 1.27 μ Sv/y إلى 32.67 Sv/y.

في عام 2019 [16]، أبو جاسم وآخرون. في عينات المياه السطحية من النجف بالعراق، تم تحديد تركيزات اليورانيوم ونظائره باستخدام كاشف (CR-39)، وبلغ متوسط تركيز ^{238}U و ^{235}U و ^{234}U و 6.480.250 و 0.1000.011 و Bq/L 2.180.252 على التوالي، بينما في الحيرة، كانت 1.270.188 و 0.0610.008 و Bq/L 1.330.189.

في عام 2019 [17]، قام نتم وآخرون بدراسة تراكيز غاز الرادون والجرعة الفعالة السنوية لـ 50 عينة من المياه المعبأة الغانية في أكرا الكبرى، غانا. باستخدام RAD7-H₂O ووجد في جميع المياه التي تم تحليلها، ان متوسط تراكيز الرادون Bq/L 0.09-0.03 و Bq/L 0.01 ± 0.06.

كذلك في عام 2019 [18]، العربي وآخرون. تم قياس مستوى الرادون في عينات مياه الشرب والمياه الجوفية التي تم جمعها من عدة مواقع في مدينة جازان السعودية. ووجد أن مستويات الرادون في المياه الجوفية ومياه الشرب هي 0.14 2.47 و 0.22 2.95 Bq/L، في المقابل. كان المتوسط المقاس للجرعة الفعالة السنوية الكاملة من شرب واستنشاق المياه الجوفية 1.33 24.25 و 28.99 و 2.12 $\mu\text{Sv} / \text{y}$.

اما في عام 2020 [19]، قام أبو جاسم وآخرون. بقياس تراكيز ^{222}Rn في عينات المياه الجوفية التي تم جمعها من مدينة النجف في العراق. باستخدام RAD-7 وكاشف CR-39. وتراوح متوسط تراكيز الرادون في عينات المياه الجوفية (24.242 174.5 Bq/m³) إلى (2000.5 165.8 Bq/m³)، في حين تراوحت تراكيز الرادون باستخدام CR-39 من (55.286 179.101 Bq/m³) إلى (166.546 557.772 Bq/m³). بالإضافة إلى ذلك، كانت الجرعة الفعالة السنوية في جميع عينات المياه الجوفية أقل من المستوى المسموح به.

كذلك في عام 2020 [20]، درس أبو جاسم ونعمة. تركيزات اليورانيوم في أربع وعشرين عينة من المياه الجوفية التي تم جمعها من الكوفة، محافظة النجف، العراق. باستخدام كاشف (CR39). وتبين النتائج أن القيمة المتوسطة لمكثفات اليورانيوم ونظائره اليورانيوم ^{238}U ، ^{235}U ، ^{234}U ± 1.20 و Bq/L 0.04 و Bq/L 0.06 ± 1.48 و Bq/L 0.002 ± 0.069 على التوالي.

في عام 2021 [21]، درس أبو جاسم وآخرون. تركيز Rn^{222} في عينات مياه الشرب التي تم جمعها من السوق العراقية. باستخدام كاشف RAD7. وكانت تركيزات الرادون ضمن الحدود العالمية المسموح بها.

في عام 2021 [22]، درس الحمزاوي. تراكيز اليورانيوم في عينات من مياه الصنبور التي تم جمعها من محافظة المثنى، العراق. باستخدام كاشف (CR-39). وتبين النتائج أن تركيزات اليورانيوم كانت ضمن الحد المسموح.

3-1: الهدف من البحث:

تم اجراء الدراسة الحالية بهدف تحديد ومعرفة النشاط الاشعاعي في النويدات المشعة اليورانيوم ^{238}U والثوريوم ^{232}Th و ^{40}K البوتاسيوم بالإضافة الى قياس تراكيز غاز الرادون المشع ^{222}Rn في كلية التربية للعلوم الصرفة في جامعة بابل وأيضا لإيجاد دراسة إشعاعية شاملة للمياه والتربة في الكلية.

الفصل الثاني

الجانب النظري



1-2: الإشعاع

توجد في الطبيعة انواع متعددة من الاشعة النووية ومن مصادر مختلفة ولقد اضاف الانسان بتصنيعه العديد من المواد المشعة المزيد من هذه الاشعة الى الطبيعة ارضا وجوا. [23] ان مصطلح الاشعة (Radiation) يرجع من الناحية اللغوية الى اصل لاتيني من كلمة (Radius) والتي تعني شعاعا او نصف قطر الدوالاب او العجلة وعندما استخدم مصطلح الاشعة لأول مرة قصد بذل كالضوء الذي تسير حزمته بخطوط مستقيمة مشابهة بذلك لشعاع العجلة ومن هنا استخدمت الكلمة المشتقة من اللغة الفرنسية Rat وفي اللغة الانكليزية Ray ومنها ايضا اشتقت مدام كوري وزوجها بير كوري اسم الراديوم Radium للعنصر المكتشف والذي يبعث اشعة تخترق المادة بدون فقدان يذكر , اما رونتجن الذي اكتشف الاشعة السينية فانه بسبب عدم معرفته بمصدرها فقد استعان من الجبر رمز المجهول الاول (س) او (X) وسماها بالأشعة السينية (X-ray) [23]. ان اول من اكتشف وجود اشعاع خارج منطقة الرؤية البصرية هو السيد وليام هرشل عام 1800 حيث أرى ان المحرار يقيس درجة اعلى عندما يقع في منطقة الطيف الحمراء عما يقيسه في المنطقة الزرقاء من الطيف المرئي ثم تزداد درجة الحرارة ارتفاعا بالمناطق التي تلي الحمراء وسميت فيما بعد بالمنطقة تحت الحمراء حيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة ثم اكتشفت اجزاء الطيف في المنطقة فوق البنفسجية وفي عام 1895 اكتشف وليم رونتجن المنطقة الابدع من فوق البنفسجية واسماها منطقة الاشعة السينية في حين اكتشف فيلارد 1900 اشعة كاما واكمل اكتشاف الطيف الكهرومغناطيسي بكامله بعد ذلك . ان مصطلح الاشعة لا يعني فقط الاشعة الكهرومغناطيسية وانما يعني ايضا جميع انواع حزم الجسيمات مثل اشعة بيتا واشعة الفا وغيرهما [24,23]. ولم تتجح المحاولات لتقسيم الاشعاع الى صنفين، الكهرومغناطيسي والجسمي خصوصا بعدما ثبتت صحة فرضية دي برولي عام 1925 والتي تمثلها المعادلة(1-2):

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad (1-2)$$

حيث ان λ وهو الطول الموجي و h هو ثابت بلانك و p هو الزخم

وان وجود الطول الموجي في الجهة اليمنى من المعادلة يمثل الصفة الموجية وتمثل الجهة اليسرى من المعادلة الصفة المادية بوجود الزخم واحتوائه على الكتلة وبهذا لا ترى وجود حد واضح بين الصفات الموجية والصفات المادية مما يؤدي ذلك الى ما يسمى بالطبيعة الثنائية للضوء. فالأشعة الكهرومغناطيسية تسلط ضغطا على السطوح التي تسقط عليها ولها زخم ومن ثم كتلة مؤثرة فتشابه

بذلك الجسيمات وللجسيمات ايضا صفة موجية بسبب التداخل والحيود اضافة الى صفتها المادية [24]. اما صفة الاشعة النووية فأنها تشمل جميع انواع الاشعة ضمن منطقة الطاقة الناتجة من التفاعلات او التحولات النووية فالأشعة الكهرومغناطيسية التي تقع في منطقة الاشعة السينية الواطئة وما يسبقها هي ذات أصل ذري او جزيئي اما منطقة اشعة كما فهي من أصل نووي وان كان الحد الفاصل بين الاشعة السينية واشعة كما غير واضح تماما كذلك الشيء بالنسبة للإلكترونات ذات الطاقة الواطئة فهي ذات أصل ذري اما ما يزيد عن ذلك فيعود الى أصل نووي [24]. لقد كان لاكتشاف الاشعة النووية الفا وبيتا وكاما في بداية القرن العشرين تأثير كبير في تطور الفيزياء الحديثة حيث استعملت الاشعة النووية في الكثير من التطبيقات وفي وقت قياسي مقارنة بالاكشافات العلمية الاخرى فقد احتلت التطبيقات الطبية الموقع الاول لاستغلال الاشعاع كما استعملت في عدد النواة نفسها بالطريق الوحيد والملائم لموصول الى الابعاد النووية هي الأشعة النووية ذاتها [24].

اما النشاط الاشعاعي هو قدرة بعض النوى الذرية على الانحلال تلقائيا اي تلك العملية التي تتحول من خلالها نوى احد العناصر بانبعث الاشعاعات النووية , ان خاصية انبعث الاشعاع دون اي تأثير خارجي بحيث تتحول ذرات العنصر او النظير لذرات عنصر آخر او نظير يمكن ان تجري في الانواء الطبيعية او الانواء المحفزة صناعيا [25], وبعد اكتشاف النشاط الاشعاعي للعناصر المشعة استعمل رذرفورد عام 1899م الكشاف الكهربائي ذا الورقتين الذهبيتين (الالكتروسكوب) لدراسة قدرة التأيين للإشعاعات المنبعثة من عنصر اليورانيوم اذ اثبت وجود نوعين من الاشعة الاولى طاقتها واطئة ويسهل امتصاصها من قبل المواد وهي جسيمات الفا والثانية اكثر نفاذية وهي جسيمات بيتا [25] وبعد ذلك بسنة واحدة اي في عام 1900م تمكن فيلارد من اكتشاف نوع ثالث من الاشعة تصدر عن نظير الراديوم لها قدرة عالية على النفاذ خلال المواد سميت بأشعة كما [25] , وفعلا إن ظاهرة النشاط الاشعاعي و الاشعاع كانا موجودين في الكون قبل ظهور الارض نفسها اذ لعب الاشعاع دورا في الانفجار العظيم الذي ادى الى ولادة الكون قبل حوالي 20 بليون سنة وقد انتشر الاشعاع منذ ذلك الحين في ارجاء الكون واصبحت المواد المشعة جزءا من الارض منذ بداية تكونها وحتى الانسان نفسه يشع قليلا لان جميع الانسجة الحية فيه تحتوي على كميات قليلة من المواد المشعة طبيعيا [25] .

2-2: مصادر الإشعاع

توجد العديد من الإشعاعات الطبيعية والناجمة عن وجود العديد من العناصر التي تحتوي على نظائر بعضها مشعة والبض الأخر مستقر، فضلا عن المصادر الخارجية للإشعاع والمواد المشعة صناعيا وعليه يمكن تقسيم مصادر الإشعاع بشكل عام الى [23]:.

1-2-2: مصادر الإشعاع الطبيعية

يوجد في الطبيعة حوالي 340 نظيرا للعناصر المختلفة 20% من هذه النظائر ذات نشاط إشعاعي ومعظم النظائر المشعة هي لعناصر ثقيلة فكل عنصر بعدد ذري يزيد على 80 له نظائر مشعة، وتصنف المصادر الطبيعية للأشعة النووية على نوعين:

1-1-2-2: الأشعة الكونية

هي عبارة عن جسيمات وفوتونات ذات طاقة عالية تأتي من الفضاء الخارجي والمصدر الرئيسي لها هو الشمس والمجرات، اكتشفت عام 1912م من قبل الفيزيائي الأسترالي فيكتور هيس الذي استلم جائزة نوبل عام 1936، وتتكون الأشعة الكونية بصورة تقريبية من 85% بروتونات و14% اشعة الفا وحوالي 1% نوى تتراوح شحنتها بين (4-26) [26] ، إن الأشعة الكونية الساقطة والتي لم تتداخل مع جو الأرض تسمى بالأشعة الابتدائية ، أما التي تداخلت مع جو الأرض فتسمى بالأشعة الثانوية الناتجة من تصادم الأشعة الكونية مع نوى ذرات الهواء الجوي نتيجة نفاذيته العالية، والتي تتكون من الكترونات اشعة كما نيترونات وميزونات وان تأثيراتها على بعض أجزاء الكرة الأرضية اكثر من سواها إذ يستلم قطبا الأرض اشعاعات اكثر من المناطق الاستوائية لان حقل الأرض المغناطيسي يحرف الإشعاع , ويزداد التعرض للأشعة الكونية مع الارتفاع إذ تقل كثافة الهواء الذي يعد درعا واقيا من الإشعاع[26].

2-1-2-2: الأشعة الأرضية

إن المواد المشعة الطبيعية تنتشر بشكل واسع في القشرة الأرضية إذ تحتوي الأرض على العديد من المصادر المشعة التي اضمحل عدد منها مع مرور الزمن المقدر بعمر الأرض (حوالي أربعة ونصف مليار سنة)، إن ما تبقى من مصادر مشعة على الأرض الى يومنا هذا لا بد ان يزيد عمر نصفه على عمر الأرض، وهذا النوع يسمى بالمصادر الأرضية الرئيسية اما ما يوجد في الوقت

الحالي من مواد مشعة بأعمار نصف تقل كثيرا عن عمر الأرض والتي تسمى بالثانوية فهي مشتقة من المصادر الرئيسية او من الاشعة الكونية [23].

2-2-2: المصادر الصناعية للإشعاع

لقد أنتج الانسان صناعيا عدة مئات من النظائر المشعة وتعلم ان يستخدم قدرة الذرة في شتى الأغراض، من الاستخدامات الطبية الى الانفجارات النووية وإنتاج الطاقة الكهرونووية الى كشف الحرائق وغيرها من الاستخدامات، كل هذه الاستخدامات وغيرها سببت زيادة الجرعة الإشعاعية للأفراد وبدرجات مختلفة، ويمكن السيطرة على معظم المصادر الصناعية بسهولة أكثر من المصادر الطبيعية [27].

2-3: أنواع الإشعاع

ارتبطت كلمة إشعاع بثلاث كلمات هي انبعاث وانتقال وامتصاص وعليه فإن التعريف الدقيق لكلمة اشعاع هو طاقة في حالة انتقال، والاشعاع تكون على شكل موجات أو جسيمات وتعتمد طاقته على مصدره، والاشعاع بصورة عامة نوعان:

2-3-1: الاشعاع غير المؤين

الإشعاع غير المؤين يعني أي نوع من الاشعاع لا يمتلك طاقة كافية لإحداث تغيير تركيب في الذرات او الجزيئات بمعنى انه لا يسبب انفصالا كاملا للإلكترون عن الذرة الو الجزيء وعليه فلا تنتج عنه أيونات ذات شحنة ولكن قد يتسبب فقط في عدم استقرار ناتجا عن تحريك الالكترون من مدار الى مدار اخر مع اكتسابه طاقة اعلى، على الرغم من ذلك فان هنالك بعض التأثيرات لبعض أنواع الاشعاع غير المؤين وخاصة عند التعرض لكثير منها وبصفة عامة فان الاشعاعات غير المؤينة تسبب سخونة في النسيج المتعرض لها [28].

إن الإشعاعات غير المؤينة يمكن ان تنبعث من مصادر طبيعية مثل ضوء الشمس او من مصادر صناعية مثل الاتصالات اللاسلكية ومن استخدام بعض التطبيقات الصناعية والعلمية والطبية

ومن أمثلتها: إشعاعات الراديو والميكروويف والضوء والأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية والليزر.

2-3-2: الإشعاع المؤين

عندما تمر الأشعة المؤينة خلال وسط محيط تنقل جزء من طاقة الإشعاع إلى الكثرونات ذرات ذلك الوسط المحيط فتمتصه مكتسبة بذلك طاقة حرة تزيد عن طاقة الربط الذري فتنتقل الالكترونات متحررة من ذراتها مسببه انقسام الذرة المتعادلة كهربائيا إلى ايونين أحدهما سالب الشحنة (وهو الالكترون او الالكترونات المتحررة) والثاني موجب الشحنة (وهو الجزيء المتبقي بعد خروج الالكترونات منها) [29] ، ومن هذه الأشعة الجسيمات الأولية مثل الالكترونات والبروتونات والنيوترونات وأشعة الفا التي هي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم كما توجد بين الأشعة الكهرومغناطيسية أنواع تتميز بطاقة عالية فوق عدة (eV) مثل الأشعة السينية وأشعة كاما تتسبب في تأين الوسط الذي تمر فيه مثل الغازات والسوائل والمواد الصلبة وأجسام الكائنات الحية ولهذا فأن الإشعاعات المؤينة ضارة بالصحة إذا تعدت كميتها حدودا معينة, وهناك عدة أنواع للأشعة المؤينة منها:

1-2-3-2: أشعة الفا

وهي نوى ذرات الهيليوم (4_2He) وتتكون من بروتونين ونيوترونين ويرمز لها بالرمز (α) وان طيف دقائق الفا المنبعثة هو طيف غير مستمر أي ان دقائق الفا تنبعث بصورة مفردة وتنتقل من نواة الذرة المشعة طبيعيا او صناعيا بسرعة عالية بطاقة تميزها عن غيرها وان لها قابلية واطئة لاختراق المواد وتكفي للحماية منها مواد رقيقة أي انها ليست خطرة كمصدر خارجي للإشعاع [26].

2-2-3-2: أشعة بيتا

وهي عبارة عن جسيمات ذات طاقة عالية تنبعث من نوى العناصر المشعة بسرعة عالية تقترب من سرعة الضوء وهي تحمل شحنات سالبة وموجبة فهي مساوية إلى كتلة الالكترون، إذن جسيمات بيتا هي الكثرونات عالية السرعة تنتقل من النوى المشعة خلال عملية الانحلال ونفاذيتها في المواد

اعلى بكثير من نفاذية جسيمات الفا اذ يصل مداها الى بضعة أمتار ولصغر كتلتها فهي مؤينة ضعيفة مقارنة بجسيمات الفاء، ويرمز لها بالحرف الاغريقي (β) [30].

3-2-3-2: أشعة كاما

هي عبارة عن اشعة كهرومغناطيسية تنبعث على شكل فوتونات عالية الطاقة تشبه الضوء الاعتيادي من حيث السرعة ولها كل خواصه، لكن طاقتها اعلى بكثير من طاقة الضوء الاعتيادي، ويعود ذلك الى ان طول موجتها قصيرة جدا تتراوح بين (3×10^{-8} سم و 10^{-11}) ولكون هذه الاشعة لا تمتلك شحنة كهربائية ولها طاقة عالية جدا، فهي تمتاز بقابلية عالية على اختراق المواد مقارنة بقابلية جسيمات الفا وبيتا ولكن قابليتها على احداث التأين أقل بكثير، تنبعث اشعة كاما من المصادر المشعة الطبيعية والصناعية وهي إما ان تصاحب انبعاث جسيمات الفا وبيتا من النواة او انها تنتج عن اتحاد البوزترونات والالكترونات ويرمز لها بالرمز (γ) [24].

4-2: تفاعل اشعة كاما مع المادة

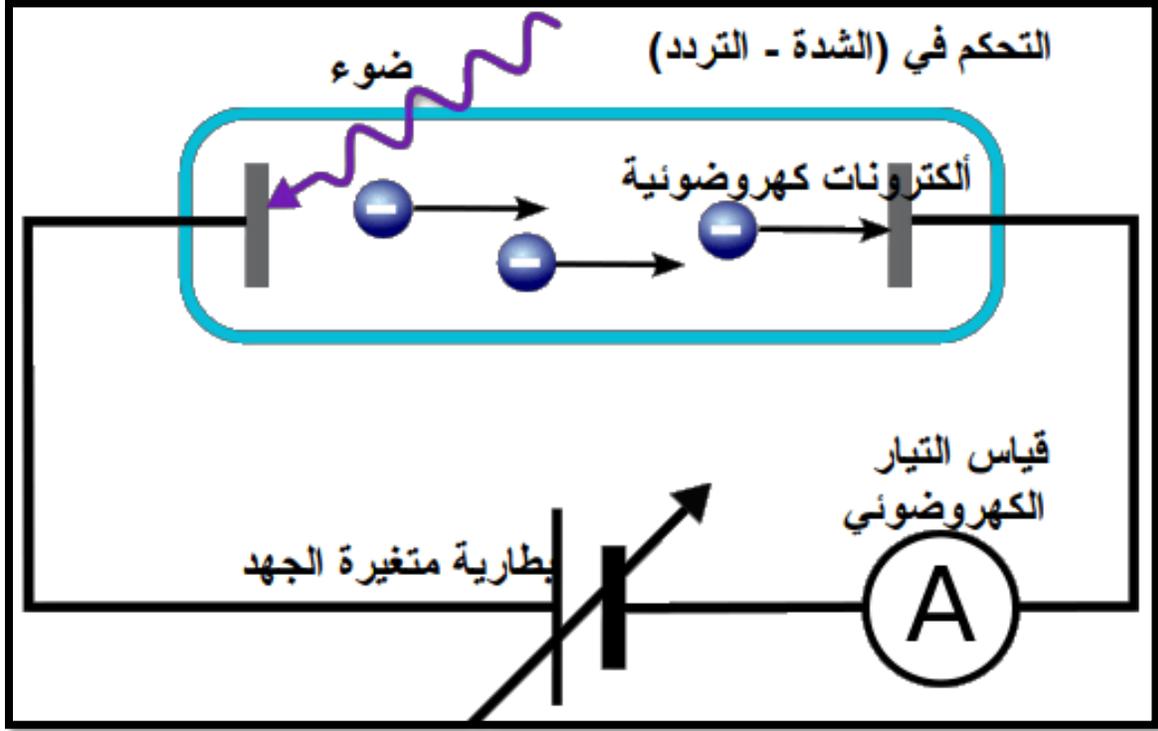
الاشعاع سواء كان على شكل جسيمات مثل النيوترونات والبروتونات جسيمات الفا وبيتا او على شكل اشعاع كهرومغناطيسي مثل اشعة كاما واشعة السينية لها طاقة موصوفة بالإضافة الى مواصفات اخرى مثل الكتلة وطاقة الحركة والشحنة والتي بمجملها تحدد طبيعة تفاعل هذه الاشعاعات مع المادة [24]، وعموما كل التفاعلات التي تحدث للإشعاع مع المادة سواء ادت الى امتصاص كامل او جزئي او تشتت لطاقة الاشعاع تعمل على تأين ذرات المادة بجعلها تفقد عدد من الالكترونات المدارية للذرة لتتركها بحالة تأين نتيجة لفقد هذه الالكترونات وتكون الذرة في هذه الحالة موجبة الشحنة نتيجة هذا الفقد او من خلال اثارها وذلك برفع الالكترونات الى المدارات الاعلى لتترك الذرة بحالة مستثارة او ان يتم تحول الاشعاع من شكل لأخر مثل الفوتونات الناتجة من افناء الالكترونات او البوزترونات ولكن بالعموم تفقد الجسيمات المشحونة معظم طاقتها بعملية التأين اما النيوترونات والفوتونات فأنيا تفقد طاقتها بعملية التشتت والامتصاص لذا قام العلماء بدراسة كل هذه التفاعلات المختلفة [24].

1-4-2: الظاهرة الكهروضوئية

هي أحد العمليات التي تحصل بين الفوتون الساقط والكترون الذرات حيث تنتقل الطاقة بأكملها الى الكترون مداري قريب من النواة مدار (K) عندها ينطلق الالكترون بطاقة حركية E_e تساوي فرق الطاقة بين طاقة الفوتون الساقط E_γ وطاقة ربط الإلكترون في مداره E_B حسب المعادلة [23]:

$$E_e = E_\gamma - B_E \quad \text{------(2-2)}$$

حيث تصل احتمالية التفاعل بهذه الظاهرة الى 80% للإلكترونات الموجودة في الفترة وتزداد الاحتمالية عند الطاقات الواطئة للفوتونات الساقطة وعند زيادة العدد الذري للمادة الخاصة [23]



الشكل (1-2) يوضح الظاهرة الكهروضوئية [23]

: استطارة كومبتن 4-22-

ان الفوتونات الساقطة لأشعة كما تتفاعل مع الالكترونات المنفردة الطليقة والضعيفة الارتباط بالذرة حيث ان هذه التفاعلات تؤدي الى تأثير الاستطارة غير المرنة ان الفوتون ربما يستطار من قبل واذا كانت طاقة الفوتون الالكترون الذري او المنفرد باتجاه مغاير مع فقدان طاقة او بدون فقدان طاقة تزيد على طاقة ربط الالكترونات فان الفوتونات تستطار كما لو كان الالكترونات حره ومستقرة وهذا يسمى تأثير كومبتن الذي يكون سائدا في حدود طاقة الالكترونات في المدارات الخارجية عموما فان الفوتون بدلا من ان يعطي طاقته الكمية فانه ينقل قسما من طاقته وبذلك نقل طاقة الفوتون وينحرف عن مساره الاصلي صانعة الزاوية θ مع اتجاهه الاصلي على حين يترد الالكترون باتجاه مغاير صانعا الزاوية θ [23 مع اتجاه الفوتون الساقط]

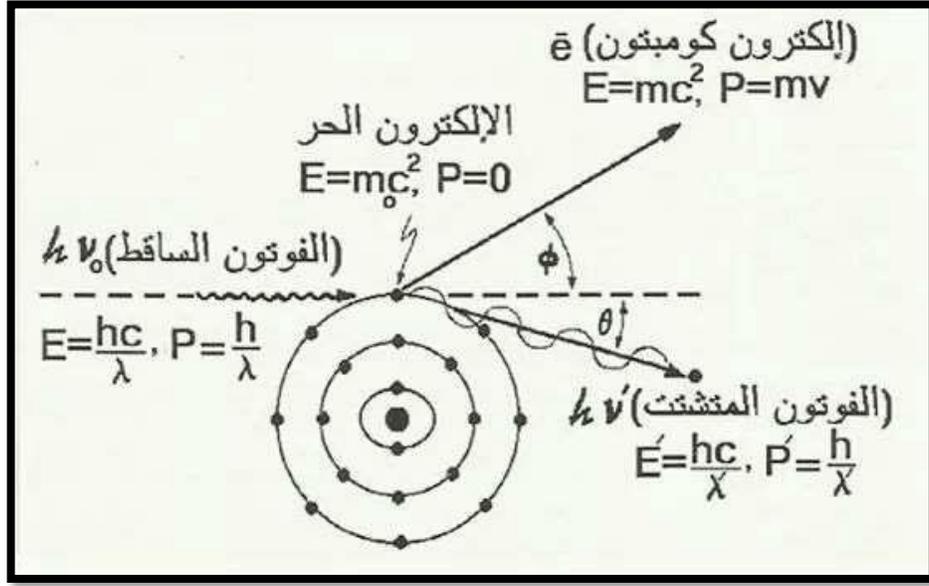
ان الفوتون الساقط المستطار والالكترون المرتد تظهر جميعها في مستوى واحد حيث ان مسار الشعاع الساقط والمستطار يعين مستوى الاستطارة وان الزخم العمودي على هذا المستوى يساوي صفر لذلك فان مسار الالكترون المرتد يجب ان يقع في نفس المستوى، وان طاقة الفوتون المستطار أصغر ما يمكن اي حينما تكون زاوية الاستطارة 180° , كما في المعادلة: [23].

$$T_{\max} = \frac{hv_0}{1 + \frac{m_0 c^2}{2hv_0}} \text{ ----- (3-2)}$$

وان طاقة الفوتون المستطار تكون:

$$hv_{\min} = \frac{hv_0}{1 + \frac{2hv_0}{m_0 c^2}} \text{ ----- (4-2)}$$

وان الالكترون يستلم اقل طاقة في حالة التصادم ال ارسى والذي يستمر الفوتون ذبذبتة الاصلي بالاتجاه الامامي [23]



الشكل (2-2) يوضح استطارة كومبتن [23]

انتاج الزوج 4-22-

تحصل هذه العملية بين الفوتون الساقط والذرة عندما تكون طاقة الفوتون تساوي أكبر من 1.022 MeV اذ يمر الفوتون قرب المجال الكولومي القوي للنواة يؤدي الى توليد زوج من الجسيمات المشحونة وهما عبارة عن الكترون سالب والكترون موجب (بوزوترون) اذ تتحرك الجسيمات بعيدا عن بعضها وبعيدا عن خط سير الفوتون الساقط [23] وتغلب هذه العملية عند الطاقات التي تزيد على 0 MeV اي انه احتمالية توليد الجسيمات يتناسب طرديا مع طاقة الفوتون الساقط وكذلك مع العدد الذري للمادة [23]. وتعتمد الطاقة الحركية للإلكترون الموجب والسالب على طاقة الفوتون الساقط حسب المعادلة: [23]

$$T_{\gamma} = T_{e^{-}} + T_{e^{+}} + 2m_0c^2 \text{-----}(5-2)$$

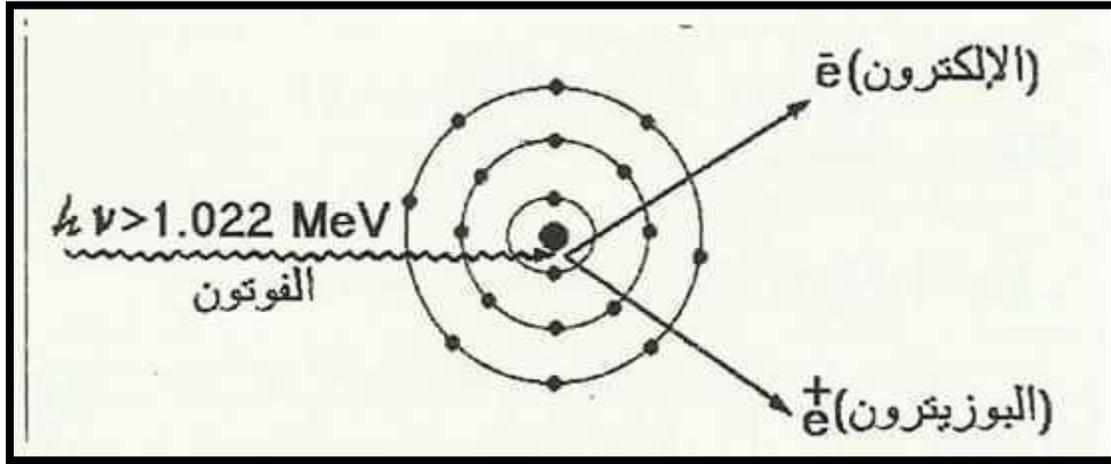
حيث ان:

$T_{e^{-}}$ تمثل الطاقة الحركية للإلكترون السالب

$T_{e^{+}}$ تمثل الطاقة الحركية للإلكترون الموجب

$2m_0c^2$ تمثل مجموع الطاقة السكونية للإلكترون الموجب والسالب حيث ان المقدار 1.022

MeV هو اقل طاقة لازمة لإحداث التفاعل [23]



الشكل (2-3) يوضح عملية انتاج الزوج [23]

5-2: آثار الاشعاع على الانسان

تؤثر الاشعاعات على الانسان بصورة مباشرة او غير مباشرة ومن اهم هذه الآثار هي:

1-5-2: الآثار الوراثية

هذه الآثار التي تنتقل الى الأبناء من الآباء الذين حدث فيهم أثر اشعاعي في خلايا المناسل وقد تظهر هذه الآثار متأخرة تخضع لقانون الاحتمال ومعظم الآثار ذات صفات متنحية وتفيد الدراسات ان هذه نادرة الحدوث في الانسان حتى الان ولكنها درست في الحيوانات [28].

2-5-2: تشوهات الجنين

تنتج هذه الآثار عن طريق التعرض الاشعاعي للجنين اثناء فترة الحمل أي ثناء فترة التكوين والمنو داخل رحم الام ويتوقف درجة ونوعية الأثر على مقدار الجرعة الاشعاعية وأيضا على الفترة الزمنية لعمر الجنين وتهتم جميع الدوائر العلمية بهذا الشأن والتوجيهات الدولية تمنع التعرض الاشعاعي لمنطقة البطن والحوض للمرأة الحامل خلال التسعة أشهر للحمل وحتى الولادة وتعتبر المدة طول فترة الحمل يكون فيها الجنين ذات حساسية واستجابة عالية للآثار الاشعاعية نظرا لمعدلات الانقسام العالية للخلايا وعمليات التميز والتحول وباقي العمليات المعقدة الدقيقة جدا التي تتم اثناء تكوين الجنين وتعتبر جميع انسجة الجنين ذات حساسية عالية للضرر الاشعاعي وخاصة انسجة الجهاز العصبي والهيكل العظمي والعضلات في مرحلة تكوين الأعضاء و أنسجة خلايا نخاع العظم وغيرها في مرحلة نمو الجنين[28].

3-5-2: الآثار على الجينات

وهذه الآثار تنتج من التعرض الاشعاعي للمادة الجينية (RNA,DNA) الاحماض النووية التي تحمل الشريط الوراثي) وتسمى هذه الآثار في الشريط الوراثي بالطفرات اشعاعية (أي تغير في شكل او تسلسل الجينات) وتعرف الطفرة على انها تغير ثابت في الصفات الكيميائية والفيزيائية والوظيفية والتركيبية للأحماض النووية وتنقسم هذه الآثار الى طفرات في الجينات واثابة في الشريط الوراثي وخطورة هذه الطفرات هي انها قد تشكل أساس لتطور غير سليم للخلية التي تحدث فيها هذه الطفرات وهذه العلاقة علاقة احتمالية عشوائية ومن ضمن ما هو ملين للخلية ومنها ما يعطي إشارات غير صحيحة نتيجة الشفرة الخطأ الناتجة من وجود الطفرة[28].

4-5-2: التأثيرات العشوائية المتأخرة

يمكن ان تكون التأثيرات العشوائية جسمية او وراثية فاحتمال ظهور التأثيرات العشوائية قد تظهر متأخرة وقد يمتد الى عشرات السنين وليس لها عتبة محددة للتعرض ممكن حدوثها او عدم حدوثها أي ان فرصة التأثيرات احتمالية الجرعات المنخفضة لا ينتج عنها تأثيرات ملحوظة خلال فترات قصيرة ولكن على مر الوقت يلاحظ ان هذه التأثيرات ترتبط بالتغيرات التي تحدث في تركيب الـ DNA لنواة , الخلية ويوجد احتمالية ان جرعة اشعاعية عالية وحتى جرعة اشعاعية ضعيفة جدا تستطيع ان تضر الخلية وتحول الخلية الطبيعية بتغيير الـ DNA الخاص بها الى خلية سرطانية [28].

6-2: النويدات المشعة

ينتمي الرادون والراديوم واليورانيوم إلى المجموعة نفسها؛ لأنها نويدات مشعة. إنها مكونات رئيسية غير مستقرة تشارك بشكل كبير في إطلاق الإشعاعات المؤينة. هذه العناصر الثلاثة اليورانيوم والرادون والراديوم تحدث بشكل طبيعي في البيئة [31]. عندما يتم إطلاق المواد المشعة، تقع هذه المواد في حالتين رئيسيتين، أولاً، إما أن تتغير إلى نظائر مختلفة، أو إلى عنصر مختلف تماماً. عادة ما يتم تعريف اضمحلال النشاط الإشعاعي على أنه العملية التي تتبعها النشاط الإشعاعي، وتحول عنصراً إلى مادة أخرى، ويوجد اليورانيوم والراديوم في أنواع مختلفة من الصخور كمواد صلبة، بينما يوجد الرادون كغاز يمكن العثور عليه في الماء المذاب أو في الهواء [32]. نظراً لأن النويدات المشعة كما في الشكل (2-4) ترتبط عادة بالصخور، فقد تحتوي آبار المياه الصخرية على مستويات أعلى من النويدات المشعة مقارنة بالآبار الضحلة أو المحفورة [32].

2-7: الرادون ومصادره وتأثيره على الانسان

عندما تشكلت الأرض، منذ مليارات السنين، ربما كان هناك العديد من العناصر المشعة المدرجة في مزيج المواد التي أصبحت الأرض. من المثير للاهتمام، فقد نجت ثلاثة عناصر حتى يومنا هذا، وهي اليورانيوم 235 واليورانيوم 238 والثوريوم 232. كل عنصر له زمن كعمر نصف يقاس بمليارات السنين، وكل منها يقف على قمة سلسلة الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي [34].

العنصر المشع غير مستقر. في لحظة غير محددة، سوف يتغير إلى عنصر آخر، ينبعث منه شكل من أشكال الإشعاع في هذه العملية. في حين أنه من المستحيل التنبؤ بالضبط بموعد تحول ذرة فردية، إلا أن لدينا مقياساً جيداً جداً لاحتمال الاضمحلال، خلال فترة زمنية معينة. إذا بدأنا بعدد كبير جداً من ذرات عنصر مشع، فإننا نعرف بالضبط كم من الوقت سيستغرق قبل أن تتحلل نصف هذه الذرات تسمى هذه الفترة الزمنية عمر النصف لهذا العنصر المحدد. [34]

يرافق التحول الطبيعي للرادون النشاط انبعاث واحد أو أكثر من إشعاع ألفا أو بيتا أو كاما. جسيم ألفا هو شبيه بنواة ذرة الهليوم. يحتوي على بروتونين ونيوترونين. وبالتالي فإن "انحلال ألفا" سيقال العدد الذري بمقدار اثنين ويقل الوزن الذري بمقدار أربعة. جسيم بيتا هو إلكترون له شحنة سالبة. وبالتالي فإن انحلال

بيتا سيزيد العدد الذري بمقدار واحد ويترك الوزن الذري دون تغيير. أشعة كما هي مجرد حزمة من الطاقة، ومن ثم فإن انحلال كما بنفسها سيتترك كلا من العدد الذري والوزن الذري دون تغيير [34].

سلسلة الانحلال هي سلسلة من التحولات المتميزة. تمر نواة اليورانيوم-235 بسلسلة من 11 تحولا لتصبح رصاصا-207 مستقرا. تمر نواة الثوريوم-232 ب 10 تحولات لتصبح رصاص-208 مستقرا. وتمر نواة اليورانيوم-238 ب 14 تحولا لتصبح رصاص-206 مستقرا [34].

تتضمن سلاسل الانحلال الطبيعية الثلاثة هذه نظائر الرادون. الرادون 219، أو "الأكتينون"، هو رابط في سلسلة اليورانيوم 235. ربما لن تصادف الأكتينون أبدا في الهواء الداخلي، نظرا لندرته وعمر النصف القصير. الرادون 220، أو "الثورون"، هو جزء من سلسلة انحلال الثوريوم 232. ستصادف أحيانا ثورون في الهواء الداخلي، خاصة بالقرب من نقاط دخول الرادون، وفي كثير من الأحيان، في غاز التربة. الرادون 222، أو "الرادون" المألوف، هو جزء من سلسلة انحلال اليورانيوم 238 [34]. انا بالنسبة الرادون 222 في الهواء الداخلي والهواء الخارجي وغاز التربة. هو غاز خامل أو "نييل". لذلك يمكنه الهروب من أي مركب كيميائي كان فيه والده (الراديوم)، وينتشر في الهواء. للتركيز على هذه الغازات الخاملة، فإن سلاسل انحلال الثوريون والرادون، كما في الشكل (2-5)، هي أجزاء من سلسلتي انحلال الثوريوم-232 واليورانيوم-238 التي تتضمن هذه الغازات المشعة وذريتها قصيرة العمر فقط. تجدر الإشارة إلى أن تحلل ألفا فقط يغير الوزن الذري، وبالتالي فإن الأوزان الذرية لجميع أعضاء سلسلة الرادون-220، ثورون، الانحلال قابلة للقسم على أربعة، في حين أن أيا من الرادون-222 لا يقبل القسمة على أربعة. [34]

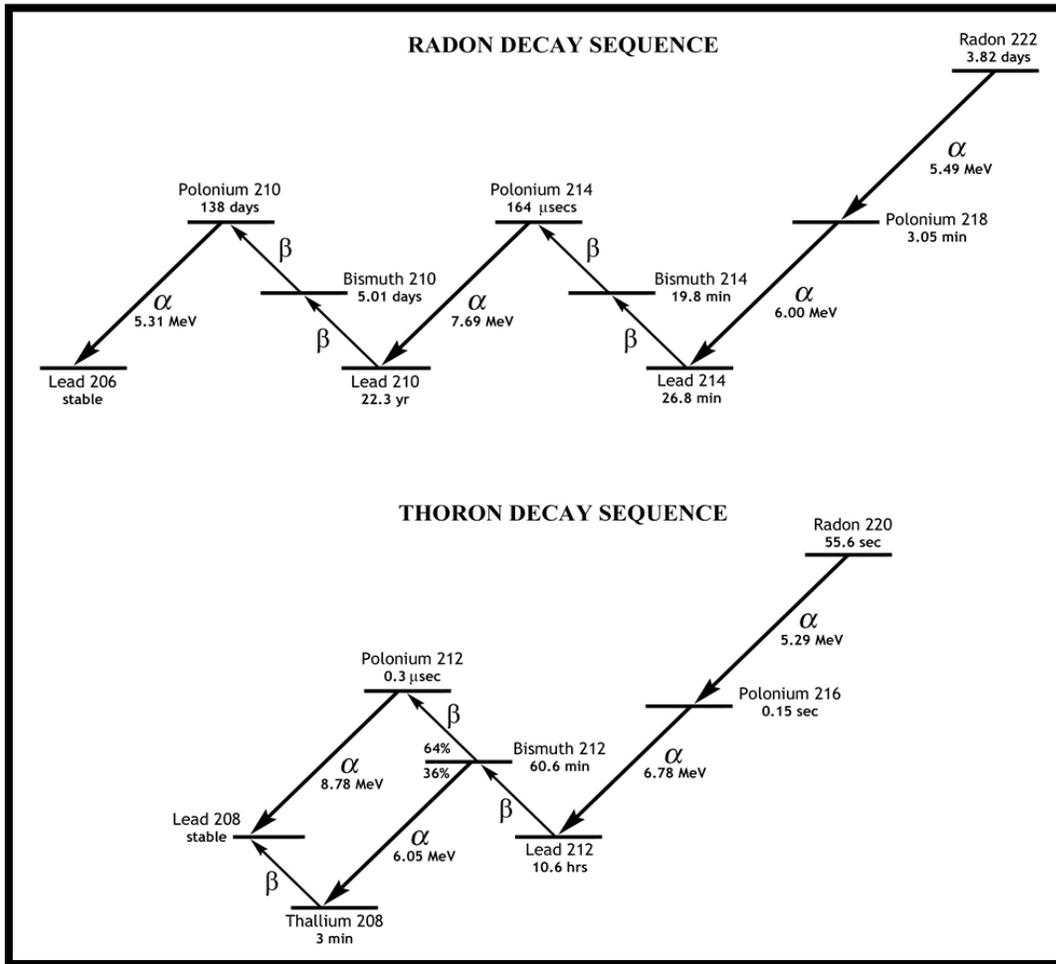
الشكل (4-2) سلاسل انحلال الرادون والثورون [34]

ويمتلك الرادون سلسلتين من الانحلالات هما:

اولا:الرادون-222 (الرادون)

تنحل كل نواة من نواة الرادون-222 في النهاية من خلال التسلسل بولونيوم-218 و الرصاص-214 و البزموت-214 و البولونيوم-214 و الرصاص-210. مع كل تحول على طول هذا المسار، تتبعث النواة إشعاعات مميزة: جسيمات ألفا أو جسيمات بيتا أو أشعة كاما أو مجموعات منها. تم تصميم RAD7 للكشف عن جسيمات ألفا فقط، لذلك سنؤكد على إشعاع ألفا.

Radon-222 هو باعث ألفا غازي خامل لا يلتصق أو يتفاعل مع أي مواد. لها عمر نصف 3.82



يوما. قد تتحلل نواة رادون معينة في أي وقت، عندما تنحل نواة الرادون، فإنها تطلق جسيم ألفا بطاقة مقداره 5.49 MeV، وتتحول النواة إلى البولونيوم-218. لا يمكن لنواة البولونيوم العودة إلى الرادون

مرة أخرى. ذرات بولونيوم هي معادن وتميل إلى الالتصاق بالأسطح التي تتلامس معها، على سبيل المثال، جسيم الغبار في الهواء، أو الجدار، أو داخل الرئة[34]

نوى البولونيوم-218 لها عمر نصف قصير، 3.05 دقائق فقط، وهو ما يعني أن معظمها سوف يضمحل في غضون 6 دقائق من تكوينها. يعيش متوسط نواة البولونيوم 218 لمدة 4.40 دقيقة فقط قبل أن يضمحل (1.443 ضعف عمر النصف يعطي متوسط العمر). [34] مثل الرادون، ينبعث البولونيوم 218 من جسيم ألفا عندما يضمحل، ولكن بطاقة 6.0 MeV بدلا من 5.49 MeV للرادون. [34]

عندما ينحل البولونيوم-218، يتحول إلى الرصاص-214، وهو أيضا مادة صلبة مشعة. لكن عمر النصف للرصاص 214 يبلغ 26.8 دقيقة، ويصدر إشعاعا بيتا بدلا من إشعاع ألفا. عندما ينحل الرصاص 214، يصبح ثنائي-214-smuth، وهو أيضا مادة صلبة مشعة وبعث بيتا. عمر النصف للزيموت-214 يساوي 19.8 دقيقة، ويتحول إلى البولونيوم-214 عندما ينحل البولونيوم 214 يبلغ عمر النصف 164 ميكروثانية فقط (0.000164 ثانية) وينتج جسيم ألفا 7.69 MeV عندما ينحل [34]. عندما يتحلل البولونيوم 214، يصبح الرصاص 210، الذي يبلغ عمر النصف 22.3 سنة. هذا يعني أن متوسط نواة الرصاص-210 يستغرق 1.443 في 22.3 سنة، أو 32.2 سنة، لكي ينحل. بسبب عمر النصف الطويل، نتجاهل عادة الرصاص 210 كعامل في قياس الرادون. يخلق جسيم ألفا 5.30 MeV من البولونيوم-210 خلفية غير مرغوب فيها في معظم شاشات الرادون، ولكن ليس في RAD7 [34].

ثانيا:الرادون 220 (ثورون)

على غرار الرادون-222، تتحلل كل نواة من نواة الرادون-220 (الصدر) في النهاية من خلال سلسلة من 5 تحويلات إلى الرصاص-208. الفرق الرئيسي هو نصف العمر المختلف تماما . يبلغ عمر النصف لثورون 55.6 ثانية فقط. ينبعث منه جسيم ألفا 6.29 MeV ويتحول إلى البولونيوم 216، والذي بدوره له عمر نصف 0.15 ثانية فقط قبل أن ينبعث منه جسيم ألفا 6.78 MeV ويتحول إلى رصاص 212 [34].

يستمر الرصاص 212 لفترة طويلة، مع عمر نصف يبلغ 10.6 ساعة. يتحول عن طريق انحلال بيتا إلى البزموت 212، والذي بدوره يبلغ عمر النصف 60.6 دقيقة. [34]

يحتوي البزموت 212 على انقسام 2: 1، مع تحويل اثنين من عن طريق انحلال بيتا إلى البولونيوم 212 وتحويل الثلث بمقدار 6.05 MeV اضمحلال إلى الثاليوم 208. ينحل البولونيوم-212 على الفور إلى الرصاص-208، وينبعث منه جسيم ألفا 8.78 MeV في هذه العملية، في حين أن الثاليوم-208، مع نصف عمر له من 3 دقائق، يخضع لاضمحلال بيتا إلى نفس الوجهة، الرصاص 208 [34].

1-7-2: الرادون

هو أثقل غاز في سلسلة الانحلال الطبيعي لليورانيوم والثوريوم والاكينيوم، ^{222}Rn (يسمى عادة الرادون)، نظرا لأنه يمكن ان يتحلل الى صلب (^{218}Pb , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po) في الرئة وهو اهم مضر لصحة الانسان، يبلغ عمر النصف له 3.825 يوما وهو موجود في كل مكان في البيئة، وينتج الرادون ^{222}Rn من الصخور، وهي أيضا المصدر الرئيسي لغاز الرادون في الغلاف الجوي [35]. الرادون هو غاز لا طعم له، عديم اللون، عديم الرائحة، وخامل كيميائيا. يمكن استخدام المعدات المتخصصة فقط لقياسه. الرادون أيضا قابل للذوبان إلى حد ما في الماء والمذيبات العضوية، وبالتالي فإن المياه التي تمر عبر الصخور والرمال المحتوية على الرادون يمكن أن تمتصه [36]. والجدول (1-2) يعطي معلومات مفصلة بالخصائص الفيزيائية والكيميائية للرادون [37].

جدول (1-2) يبين الخواص الفيزيائية والكيميائية لغاز الرادون المشع

قيمة	خصائص
86	العدد الذري
222 جم مول ⁻¹	الكتلة الذرية النسبية
9.73 غ م ⁻³	كثافة
71- درجة مئوية، -96 درجة فهرنهايت	نقطة الانصهار
61.7- درجة مئوية، -79.1 درجة فهرنهايت	نقطة الغليان
$4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^6$	تكوين الإلكترون
3.82 يوم	عمر النصف
10.749 فولت	إمكانات التأين
غاز	الحالة عند 20 درجة مئوية
الغاز النبيل	اسم المجموعة
18	المجموعة في الجدول الدوري
6	الفترة في الجدول الدوري

2-7-2: مصادر الرادون

تمثل الانبعاثات ما لا يقل عن 80 في المائة من غاز الرادون في الغلاف الجوي يأتي من التربة، والتي يتم الحصول عليها من الصخور. تحتوي هذه الصخور على اليورانيوم، ويتم إنتاج الرادون عن طريق اضمحلال ^{238}U حتى ^{226}Ra [38]. الرادون هو غاز ذو حركة أكبر بكثير من اليورانيوم

والراديوم، المثبتين في الصخور والتربة. الجرانيت والصخر الزيتي والفوسفات (المعدنية) هي من بين الصخور والتربة التي تحتوي على كميات عالية من اليورانيوم وتحتفظ بالرواسب الطبيعية من الرادون. قد يهرب الرادون بسهولة أكبر من الصخور والتربة عن طريق الهروب من خلال الشقوق والشقوق في الصخور وفي فراغات المسام بين حبيبات التربة [38]. عندما يوجد الرادون في مياه الشرب، فإنه يعتبر خطرا على الصحة العامة. يحصل الجنس البشري على مياهه من المياه السطحية والجوفية. نظرا لأنها تنتقل عبر تكوينات الصخور والتربة وتذوب العديد من المواد الكيميائية والمعادن والعناصر المشعة، فإن المياه الجوفية أكثر إشعاعا من المياه السطحية [37]. يتم تحديد مستويات الرادون في المياه في الغالب من خلال مصدر الرادون، والذي قد يكون عمليات طبيعية أو عمليات صناعية أو زراعية، أو زيادة في النشاط البشري في المنطقة التي توجد فيها الآبار [36]. يمتلك الرادون قابلية عالية للذوبان في الماء وهذا يتناقض مع زيادة درجة الحرارة. إن اختفاء المشع المذاب ^{226}Ra والإطلاق الفوري للرادون من مصفوفة المعادن التي تؤوي عضوا في سلسلة اليورانيوم المختفي هما مصدران مستقلان لاشتقاق الرادون في الماء. بسبب الاختلاف في التعبئة من كيمياء الصخور والمياه، عادة ما يكون $\text{Ra } 226$ و $\text{Rn } 222$ في حالة توازن إشعاعي مع بعضهما البعض في الماء، و ^{226}Ra عنصر غير قابل للذوبان إلى حد ما وتركيز الرادون في الماء أكبر من الراديوم [39].

2-7-3: تأثير غاز الرادون على الانسان

الضرر الناجم عن جسيمات ألفا هو المصدر الرئيسي للعواقب الصحية السلبية للرادون. سيتم تحديد العواقب المحتملة حسب درجة التعرض. الخطر الأكثر أهمية الذي تشكله مستويات الرادون العالية هو زيادة فرصة الإصابة بسرطان الرئة. الرادون، كونه غازا نبيلًا، يتم طرده بسرعة؛ ومع ذلك، يختلط نسل الرادون مع جزيئات أخرى في الهواء، وكذلك الغبار أو الهواء الجوي أو جزيئات الدخان، ويطرسب بسهولة في الشعب الهوائية للرئتين. تطلق النسل إشراقا مؤينا كجسيمات ألفا عندما تكون محاصرة هناك، مما قد يضر بالخلايا المبطنة للممرات الهوائية [40].

أن التعرض لغاز الرادون الموجود في التربة أو الماء أو الهواء ممكن ان يسبب مشاكل صحية خطيرة على الانسان مثل سرطان الرئة [41]، ويعتبر استنشاق غاز الرادون هو المدخل الرئيسي للإنسان وهو المسؤول عن الجرعة المتلقاة، ويمثل الابتلاع المباشر للمياه المحتوية على الرادون جزءا من الجرعة السنوية المتلقاة من الرادون، مسار غاز الرادون الى الأعضاء الأخرى عن طريق الدم مسؤول أيضا عن الجرعة المتلقاة ومع ذلك فان التعرض للرادون حتى بكميات قليلة يمكن ان ينقل كمية كبيرة من الطاقة الى الخلايا الضعيفة في الأعضاء الداخلية، ونضرا لان الرادون له عمر نصف أطول بكثير

من معدل التنفس فإن كمية صغيرة جدا من الرادون تتحلل في الرئتين حيث يمكن ان تسبب مشاكل خطيرة وقد وجد ان معظم السرطانات التي يسببها الرادون تنشأ من استنشاق الرادون في الرئة[42]. لهذا صنفت الوكالة الدولية لأبحاث السرطان (IARC) وهي فرع من منظمة الصحة العالمية، الرادون على انه مادة مسرطنة من المجموعة الأولى[44.43]. يعتبر متوسط السرطانات الموجودة في الرئة بسبب الرادون بين 3-14 بالمائة. لا يؤثر سرطان الرئة على كل من يتنفس منتجات تسوس الرادون. كمية الرادون، ومدة التعرض، وسلوكيات التدخين الفردية كلها لها دور في خطر إصابة الشخص بسرطان الرئة الناجم عن الرادون [45].



الفصل الثالث

الجانب العملي

في هذا الفصل سوف نتناول بعض الأجهزة المستخدمة في الكشف عن النشاطات الإشعاعية في التربة والماء وكيفية عملها والمعادلات المستخدمة في الحسابات

1-3 الكواشف النووية

تتطلب جميع القياسات النووية سواء في مختبرات البحوث ام محطات القوى النووية ام القياسات الخاصة بالوقاية من اخطار الاشعاعات المؤينة ام غيرها- توافر الأجهزة الخاصة بالكشف عن أنواع المختلفة من الاشعاعات النووية وتسجيلها, وتعرف هذه الأجهزة بكواشف الاشعاعات (Radiation detectors) [29]. لقد تطورت كواشف الاشعة النووية على اختلاف انواعها بصورة ملحوظة خلال العقدين الاخيرين ويعزى ذلك الى التطور الكبير في الإلكترونيات بصورة عامة الى زيادة استخدام الاشعة النووية في المجالات المتعددة بصورة خاصة وخلال نفس الفترة تؤدي الانواع المختلفة من الكواشف الارض مختلفة مثل الكشف عن انواع الاشعة وطاقتها اضافة الى موقع التفاعل وزمنه ونواتجه ولكل كاشف مزاياه ومشاكله فلا يوجد كاشف يمكن استخدامه للأغراض كافة وانما نجد لكل كاشف صفة ممتازة يتميز بها مثل قابلية عالية لتحميل الطاقة ولكنها في نفس الوقت قد تكون على حساب الصفات الاخرى [46] ومن الكواشف المطورة حديثا (الكاشف الوميضي الغازي التناسبي) ما يعتمد على جميع صفتي كاشفي هما الكاشف الوميضي والكاشف التناسبي وتتشترك جميع الكواشف بصفة جمع المعلومات من تفاعل الاشعاع مع مادة الكاشف ولكنها تختلف في اسلوب جمع هذه المعلومات وكيفية تسجيلها واهم هذه الاساليب هي:

- 1- تحرر الشحنات وتجميعها على القطب الملائم مثل الكواشف الغازية وشبه الموصلة
- 2- تحرر الفوتونات واستخدام مضاعف ضوئي للحصول على نبضة الكترونية مثل الكواشف الوميضية او انابيب النيون المضيئة
- 3- تغير كيميائي في المادة مثل المستحلب الصوري
- 4- تغير حراري مثل كواشف TLD
- 5- تحرر موجة صوتية تنتج من التفريغ الكهربائي مثل غرفة الشرارة
- 6- تغير فيزيائي في طول السلك بسبب التمغنط الناتج من مرور التيار مثل غرفة الشرارة متعددة الاسلاك

ان تنوع الكواشف يستوجب تصنيفها ضمن مجموعات محددة ويعتمد تصنيف الكواشف على عوامل

متعددة اهمها:

1- نوع الاشعاع وطاقته وشدته مثل كاشف الاشعة السينية عالية الشدة او كاشف النيوترونات الحرارية [47]

2- المادة الحساسة في الكاشف مثل الكواشف الغازية وشبه الموصلات

3- نوع التفاعل مثل الكاشف الومضي، غرفة الشرارة، غرفة الفقاعة وغيرها

4- اسلوب تجمع الاحداث مثل الكواشف الالكترونية، الضوئية، الصوتية، الكيميائية، او الحرارية.

ان مبدا الكشف عن الاشعاع في كثير من الكواشف يعتمد على استخدام ظاهرة التأين او إثارة الاشعاعات لذرات او جزيئات المادة عند المرور فيها [29]، ويتم اختيار الكاشف بالاعتماد على نوع الاشعاع المراد الكشف عنه، وسنركز على الكواشف المستخدمة في موضوع بحثنا وهي:

3-1-1: جهاز RAD7

RAD7 هو أداة متعددة الاستخدامات للغاية يمكن أن تشكل الأساس لنظام قياس الرادون الشامل. يمكن استخدامه في العديد من الأوضاع المختلفة لأغراض مختلفة، فهو جهاز إلكتروني متطور ودقيق، وليس مغلقاً بإحكام، ويرجى عدم السماح للماء أو السوائل الأخرى أو الأوساخ بالدخول إلى الجهاز. في حالة استخدامه في مكان ما حيث قد يتناثر أو يتلف أو يتعرض للمطر، فيرجى حمايته والشكل ادناه يمثل كاشف الرادون الاحترافي RAD7 [34]



الشكل (1-3) كاشف الرادون الإلكتروني RAD7 [34]

1-1-1-3: مبدأ عمل جهاز RAD7

من الناحية الفنية، يعتمد مبدأ التشغيل على التجميع الكهروستاتيكي لبواعث ألفا مع كاشف السيليكون المستوي المزروع بالأيونات بالتحليل الطيفي [34]

2-1-1-3: إعدادات RAD7

تسمح مجموعة أوامر الإعداد ل RAD7 بإجراء الاختبارات وفقا للاحتياجات التجريبية. وهي تشمل أوامر لتشكيل المعلمات الأكثر استخداما (وقت الدورة، رقم إعادة التدوير، إعداد الوضع، إعداد المضخة) وفقا للبروتوكولات المحددة مسبقا. تتضمن هذه البروتوكولات القياسية المحددة مسبقا أوضاع SNIFF وNORMAL. يؤدي تحديد بروتوكول الإعداد تلقائيا إلى تحميل مجموعة من معلمات الإعداد ضمن أحد البروتوكولات القياسية أو بروتوكول المستخدم [34].

3-1-1-3: ملحقات الجهاز:

يمكن لـ RAD7 الحصول على القدرة على اكتشاف الرادون في عينات المياه والمياه المتدفقة وغازات التربة والأسطح الصلبة والناعمة والأشياء المجمعّة باستخدام ملحقات واضافات، وسوف نتطرق فقط الى الملحق المستخدم في هذا البحث وهو RAD H₂O [34]:

1-3-1-1-3: حساب تركيز الرادون في الماء باستخدام ملحق RAD H₂O

RAD H₂O هو ملحق لـ RAD7 يمكنك من قياس عينات المياه المجمعّة للكشف عن الرادون بدقة عالية على نطاق واسع من التركيزات، والحصول على قراءتك في غضون ساعة من أخذ العينة. إنه مناسب بشكل خاص لاختبار مياه الآبار، حيث غالبا ما تكون النتائج الفورية مطلوبة، يستخدم RAD H₂O نظام تفريغ قياسي تمت معايرته مسبقا وبروتوكولات محددة مسبقا، مدمجة في RAD7، والتي تعطي قراءة مباشرة لتركيز الرادون في عينة الماء نفسها. أحجام العينات الأكثر دما على نطاق واسع هي 40 مل و 250 مل، حيث تتوافق مع بروتوكولات Wat-40 و Wat250 المدمجة في RAD7. والشكل (2-3) يوضح جهاز RAD7 مع ملحق RADH₂O [34].



جهاز RAD7-

الشكل (2-3)

RADH₂O

و RAD7 المصنعة من قبل شركة Durrige [34] واستخدام الملحق لقياس الرادون في الماء ضمن نطاق تركيز يتراوح بين 10 Bq/L حتى 400000 Bq/L مع ملح RADH₂O ، من أجل تجفيف تيار الهواء قبل دخوله إلى RAD7 ، يجب استخدام مادة مجففة ، إذا كانت جيدة بيكاربونات الصوديوم زرقاء اللون إذا تغير لونها إلى اللون الوردي، فيجب تسخينه في الفرن لمدة ساعتين مع 200 درجة مئوية - 225 درجة مئوية قبل القياس التالي. لتحليل عينة الماء، يجب تجنب أنبوب تجفيف كبير لمنع تخفيف الرادون. لذلك، تم استخدام أنابيب تجفيف صغيرة بدلاً من ذلك. يجب أن تظل رطوبة RAD7 أقل من 10٪ ويجب أن تكون خالية من الرادون وجافة قبل بدء القياس.

وحدة التجفيف أثناء العملية الأولية ضرورية من أجل حفظ أنابيب التجفيف الصغيرة للقياس الفعلي في الماء. طرق التشغيل هي الاستجابة السريعة SNIFF، والتي تكتشف انحلال ألفا لمدة 3 دقائق لوليدة الرادون، دون تدخل من الإشعاعات الأخرى. كما أنه يكتشف انحلال ألفا الفوري لنظير ثورون لقياسات

ثورون السريعة، ومراقب الرادون المستمر، المسمى NORMAL عالي الحساسية [34]. في نهاية كل تشغيل، يطبع الكاشف تقريراً كاملاً.

4-1-1-3: الجرعة الفعالة السنوية

يتم حساب الجرعة الفعالة السنوية للتعرض لغاز الرادون في الماء والتي تساوي حاصل جمع مكافئات الجرعة لكل عضو أو نسيج في الجسم متعرض للإشعاع وهي مقياس للخطورة يتم مقارنتها مع القيم المسموح للتعرض للإشعاع ضمن حدودها [34].

فقد تم حساب الجرعة الفعالة السنوية E.D ($\mu\text{Sv/y}$) للتعرض لغاز الرادون في الماء باستخدام المعادلة الآتية [34]:

$$E.D=C W_C D_{EF} \quad \text{-----}(1-3)$$

حيث إن:

C : تركيز غاز الرادون في الماء (Bq/L)

W_C : معدل استهلاك الإنسان للماء في اليوم الواحد 2L/day

D_{EF} : يشير الى جرعة ابتلاع النويدات المشعة المحددة من قبل منظمة ICRP والتي تساوي للرادون 0.0035 Sv^{-1}

5-1-1-3: مخاطر الإصابة بالسرطان

ويمكن حساب مخاطر الإصابة بالسرطان مدى الحياة الناتج من استنشاق غاز الرادون الموجود في الماء من خلال المعادلة: [50.49]

$$E= D_L (70) (0.055) \dots \dots \dots (2-3)$$

عامل الخطورة = الجرعة الفعالة مضروب بفترة عمر الانسان وعامل الخطورة

عندما يشير D_L إلى فترة عمر الانسان الحياة (70 عامًا)

عامل الخطورة (0.055 Sv^{-1}) المقترح عبر ICRP

1-2-1-3: الكواشف الومضية

تعتبر الكواشف الومضية من اهم أنواع الكواشف المستخدمة في الكشف عن الاشعة المؤينة ويعتمد عملها على حقيقة ان بعض المواد عندما يمر خلالها اشعاع مؤين تنبعث ومضات من الضوء الذي بدوره يسقط على الكاثود الضوئي الذي يبعث الكترون وان كمية الالكترونات المتولدة تكون عادة قليلة لذلك يجب زيادة عددها او تضخيمها قبل ان تسجل كنبضة, والتضاعف لهذه الالكترونات يتم باستخدام جهاز يسمى أنبوب المضاعف الضوئي photomultiplier Tube والذي تصل قوة تكبيره للنبضة حوالي 10^6 مرة,

وعندما يرتبط هذا الكاشف بجهاز مضخم مثل المضخم الضوئي يمكن تحويل هذه الومضات الى نبضة الكترونية لإعطاء المعلومات الخاصة بالإشعاع الساقط[51][52].



الشكل (3-3) كاشف يوديد الصوديوم مع جهاز الحاسوب

ويمكن تلخيص عملية الكشف باستخدام الكاشف الومضي الى ستة مراحل وبالترتيب التالي:

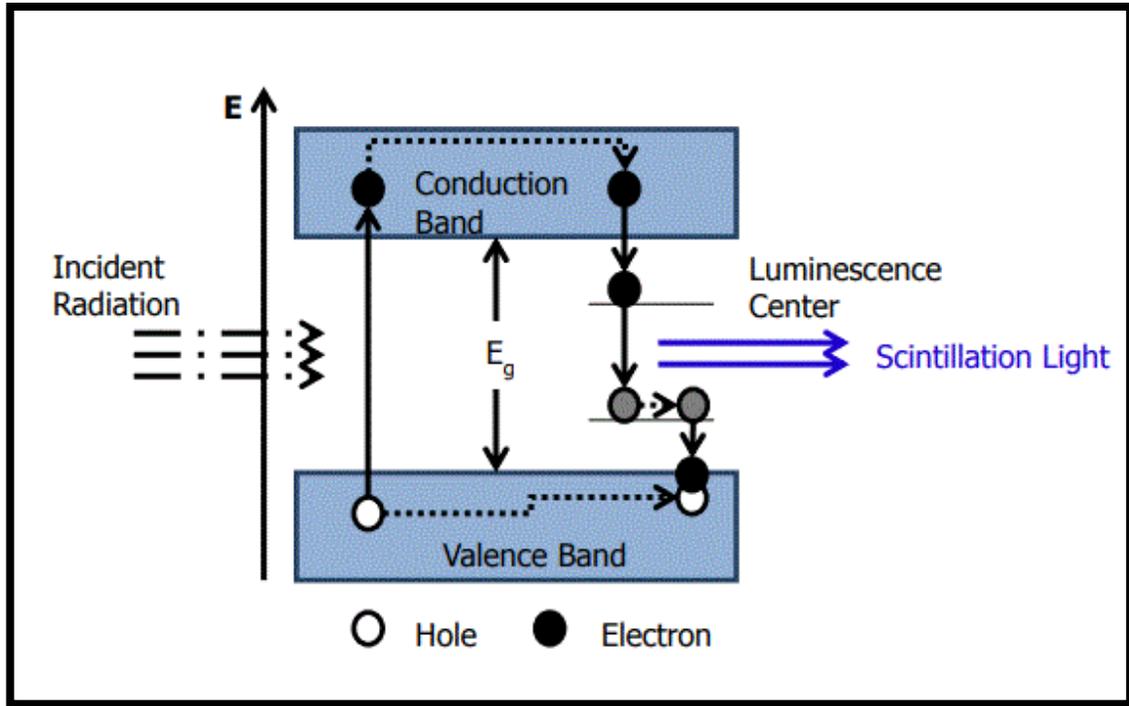
- 1- امتصاص طاقة الجسيم النووي داخل المادة الومضية - بلورة يوديد الصوديوم NaI(Tl) في هذا البحث- مما يؤدي الى اثاره او تأين هذه المادة.
- 2- تحول الطاقة الممتصة في المادة الى ضوء خلال العملية الومضية.
- 3- انتقال الفوتونات الضوئية الى المهبط الضوئي لأنبوب التضاعف.
- 4- امتصاص المهبط لطاقة الفوتونات الضوئية وانبعثت الكترونات منه.
- 5- تضاعف عدد الالكترونات داخل أنبوب التضاعف الضوئي.
- 6- تتجمع هذه الالكترونات عند مصعد الأنبوب وتكون شحنة كهربائية كبيرة.
- 7- تضخيم الإشارة وتجميعها عند الانود ثم تمر الى دائرة القياس [29].

وتعد البلورات اللاعضوية من المواد المفضلة في مثل هذه الكواشف لامتلاكها خواص جيدة ككثافتها العالية مثلا، أذ تعد بلورة يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) او يوديد السيزيوم المنشط بالثاليوم

CsI(Tl) من الأنواع المناسبة للكشف عن اشعة كما لامتلاكها كفاءة كشف عالية [53]. وتستخدم الكواشف الوميضية للكشف عن جميع أنواع الاشعاعات المؤينة وقد استخدم بلورة يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) للكشف عن اشعة كما وذلك بسبب كفاءتها العالية نظرا لكبر الكثافة وكبر العدد الذري للثاليوم واليود- التي تعتبر اعلى كفاءة من بقية العدادات لهذا النوع من الاشعاعات بحوالي عدة عشرات من المرات او حتى مئات المرات [53]. ويتكون الكاشف الوميضي من عدة اجزاء وهي:

1-1-2-1-3: المادة الوميضية (بلورة يوديد الصوديوم (NaI (Tl))

وهي أكثر المواد استخداما في الكشف عن اشعاعات كما وتنتج بشكل بلورات أحادية. وهي ذات كثافة عالية ($3.67 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)، لذا فان اشعة كما ستفاعل مع مساحة مقطع عالية بما فيه الكفاية [24]، ويعتمد عمل هذه المادة على خواص بعض البلورات الصلبة التي بإمكانها اظهار الطاقة الناتجة عن التأين او التهيج على هيئة اشعاعات تألق اذ يطلق على انبعاث الضوء المرئي او فوق البنفسجي بالتفلور (Fluorescence) , تمكنا نظرية الحزم من فهم ميكانيكية التألق فعند مرور الاشعاع خلال البلورة تتراح بعض الالكترونات منها مخلفة فجوات تميل هذه الالكترونات للعودة الى هذه الفجوات باعثة بذلك فوتونات بأطوال موجية قصيرة لا يمكن رؤيتها [54], كما ان بلورة بلورة يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) تمتلك اعلى معامل تحويل للإشعاع المتأين الى طاقة ضوئية حيث يصل الى 100% , وللحصول على ضوء منضور أي لزيادة خاصة بعث الضوء في مدى الاطوال الموجية المرئية [24], تنشط البلورة بمادة أخرى مثل الثاليوم التي تقوم بدور الوسيط اذ يعطي الالكترتون بعضا من طاقته الى الثاليوم مسببا تهيجا, وللتخلص من الطاقة الإضافية تشع ذرة الثاليوم فوتونا ضمن الطول الموجي المنظور [54], وعند حصول هذا التفاعل فإن البلورة ستعطي ومضة ضعيفة نسبة الى الشدة الضوئية الموجودة في الغرفة الاعتيادية [24] , ان اليود يجهز النظام بعدد ذري عالي من اجل الحصول على نتاج ضوئي جيد لجميع اشعة كما الممتصة , ولتحديد طاقة الاشعة المسببة لتألق الكاشف الوميضي بصورة دقيقة يجب قياس الفوتونات الضوئية الناتجة عن التألق , ولذلك يجب تجميع الاشعة الضوئية المنبعثة بمختلف الاتجاهات وتوجيهها في اتجاه واحد ويتم ذلك بإحاطة الكاشف بطبقة رقيقة لماعة من الالمنيوم تقوم بعكس الاشعة الضوئية على المضاعف الضوئي الذي يقوم بتحويلها الى نبضة كهربائية , تتغلف البلورة والعاكس بصورة محكمة لان البلورات غير العضوية تتميز بقابليتها على امتصاص بخار الماء من الجو [54], والشكل التالي يوضح مبدا التهيج وإنتاج الضوء



الشكل (4-3) بدا تهيج وإنتاج الضوء في المادة الوميضية [55]

العملية الوميضية

ان امتصاص مادة الكاشف لطاقة الاشعة الساقطة يسبب تهيج الكتروني فيها وعند زوال التهيج ينتج فوتون ضمن منطقة الطاقة المرئية تسمى هذه العملية بالتألق وهي على نوعين:

الفلورة: وهي التي تحدث خلال فترة زمنية مقداره 10^{-8} Sec وتنتج من إزالة التهيج من مستويات الانتقالات المسموحة.

الفسفرة: وتحدث خلال فترة زمنية مقدارها 10^{-6} sec او أكثر ان سبب التأخر في هذا النوع يعود الى مستويات التهيج هي مستويات شبه مستقرة الى مستويات الممنوعة لذلك تتطلب عملية ازالة التهيج انتقالا الى مستوى مسموح اولا ومن ثم العودة الى المستوى الارضي [24,28]

3-1-2-1-2: أنبوب المضاعف الضوئي

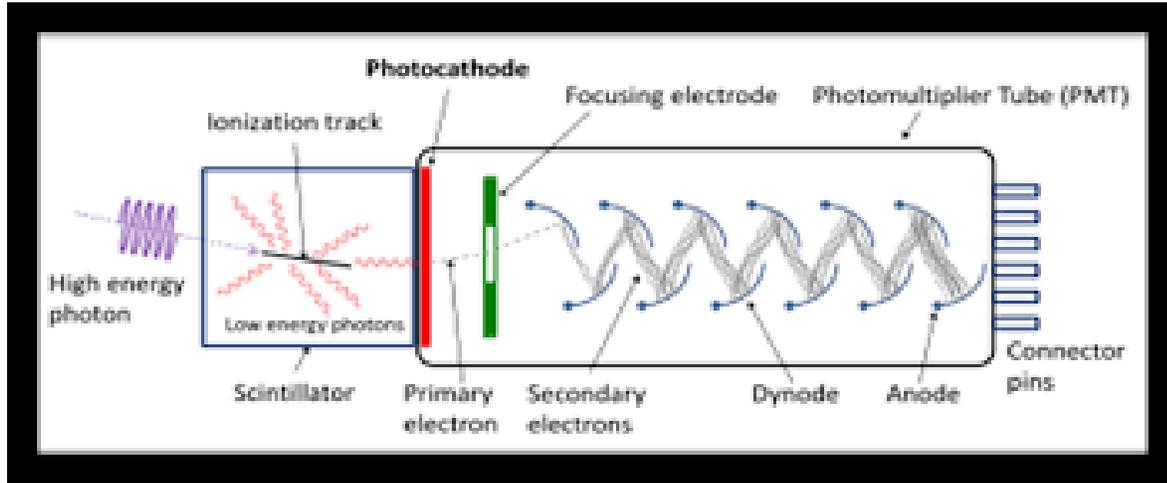
يتكون المضاعف الضوئي من اسطوانة زجاجية مفرغة تطلّى نافذتها المواجهة للمادة الوميضية بمادة قلوية لتكوين الكاثود الضوئي تتميز معظم المواد القلوية بقابلية انتاج الالكترونات عند امتصاصها للفوتونات ويكون اختيار المادة القلوية ملائم للمادة الوميضية من ناحية الكفاءة الضوئية والطول الموجي لأقصى انبعاث من الكاثود الضوئي نوع (S_11) يتوافق جيدا مع بلورة يوديد الصوديوم المنشطة بالثاليوم حيث ان اقصى كفاءة تتطابق تقريبا عند نفس المدى من الطول الموجي للفوتون الساقط [52].

ان الالكترود المتحرر من الكاثود الضوئي يواجه مجالا كهربائيا فيتحج نحو الداينود الاول ان هذا المجال لا يوجه الالكترود نحو الداينود الاول فحسب انما يكسبه طاقة حركية تمكنه من تحرير الالكترونات من مادة الداينود الاول تتجه الالكترونات المتحررة من هذا الداينود الاول نحو الثاني مكتسبة طاقة حركية تمكنه من تحرير المزيد من الالكترونات من الداينود الثاني وهكذا يتضاعف عدد الالكترونات بين الداينودات حتى تصل الى الانود حيث تنتج نبضة الفولتية على مقاومة الحمل ان سعة النبضة الناتجة تتناسب طرديا مع طاقة الاشعاع الساقط على المادة الوميضية. يعتبر ثبات جهاز القدرة واستقراريته من اهم العوامل التي يجب توفرها في المضاعف الضوئي فان 1% التغير المجهز يؤدي الى تغيير مقداره 10% على الانود لذلك تجهز الفولتية السالبة للكاثود الضوئي والارض للأنود في التقليل من تأثير النموذج (Ripple) الفولتية لبعض المضاعفات الضوئية تصاحب هذه الطريقة خطورة الصدمة الكهربائية للعاملين عند عدم حصول تدريج كهربائي ملائم ان المضاعفة بين الداينودات تعتمد على معدل انتاج الالكترونات الكاثودية δ للداينودات وعلى عدد الداينودات (n) اي ان التضاعف M يمكن التعبير عنه بالعلاقة الاتية [52]:

$$M = \delta_1 \delta_2 \delta_3 \dots \delta_n \text{-----(1-3)}$$

فاذا كانت مادة الداينودات متشابهة فان التضاعف يصبح $M = \delta_{ave}^n$

حيث ان الضوء الناتج من البلورة الومضية يجب ان يقاس ويحول الى إشارة كهربائية، وهذا يتم عن طريق هذا المضاعف الضوئي المبين مخطط تركيبه في الشكل (3-5).



الشكل (3-5) شكل تخطيطي لتركيب المضاعف الضوئي [52]

ويمكن اجمال العمليات التي تحدث داخل أنبوب المضاعف الضوئي بعدة عمليات وهي [52] :

- 1- عندما يصطدم الفوتون الضوئي بطبقة حساسة للضوء (الكاثود الضوئي photocathode) عندها سوف ينبعث الكترون ضوئي.
- 2- يسلط جهد عالي ليمركز الالكترتون الضوئي على الداينود الأول من سلسلة الداينودات التي تعتبر سلسلة مضاعفة الالكترتون
- 3- تتضاعف الالكترونات من الداينود الأول على الثاني ومرة أخرى تتضاعف على الثالث وهكذا الى جميع السلسلة.
- 4- بعد التضخيم الكافي للإشارة عندئذ تجمع الإشارة المضخمة عند الانود ثم تمر الى دائرة القياس.

3-1-2-1-3: المضخم الابتدائي

يعمل المضخم الابتدائي بصورة أساسية بتشكيل النبضة لتمييزها عن الضوضاء الالكترونية اذ ان التشكيل الصحيح يؤدي الى تقليل الضوضاء (التشويش) وتحسين شكل النبضة مما ينتج عنه ارتفاع بنسبة النبضة الى الضوضاء ومن ثم تحسين قابلية تحليل الطاقة، ويقوم فضلا عن ذلك بتكبير اولي للنبضة لأنها ستعاني من التوهين خلال انتقالها في اسلاك التوصيل ولهذه الأسباب وضع المضخم الابتدائي أقرب ما يمكن للكاشف [24] .

4-1-2-1-3: المضخم الرئيسي

يقوم المضخم الرئيسي بتكبير النبضات الالكترونية الخارجة من المضخم الابتدائي بعد تشكيلها ومن ثم تحليلها بمحلل متعدد القنوات اذ يعيد المضخم الرئيسي جزءا من أجزاء محلل الذي يقع داخله، اذ يعمل التكبير على تحسين نسبة النبضة الى الضوضاء، فضلا عن تشكيل النبضة من خلال زمن نموها وانحلالها، ويوفر المضخم الرئيسي علاقة خطية بين سعة النبضة الخارجة الى سعة النبضة الداخلة [24].

5-1-2-1-3: مجهز الفولتية العالية

يقوم مجهز الفولتية العالية بتجهيز الفولتية اللازمة لعمل المضاعف الضوئي بمدى يتراوح بين 0 الى 2000 فولت. وتم استخدام فولتية 850 فولت في هذه الدراسة.

6-1-2-1-3: محلل متعدد القنوات

يقوم محلل متعدد القنوات (MCA) بتسجيل ومعالجة النبضات حسب سعتها وان كل وحدة تخزين تدعى قناة Channel وان سعة النبضة يتناسب مع طاقة الفوتون الساقط على الكاشف، وان كل نبضة من هذه النبضات تخزن في قناة معينة وحسب طاقتها، ويمكن القول ان توزيع النبضات في القنوات هو صورة توزيع طاقة الفوتونات الساقطة على الكاشف وفي نهاية زمن القياس يمكن الحصول على طيف اشعة كما [52].

7-1-2-1-3: التدريع

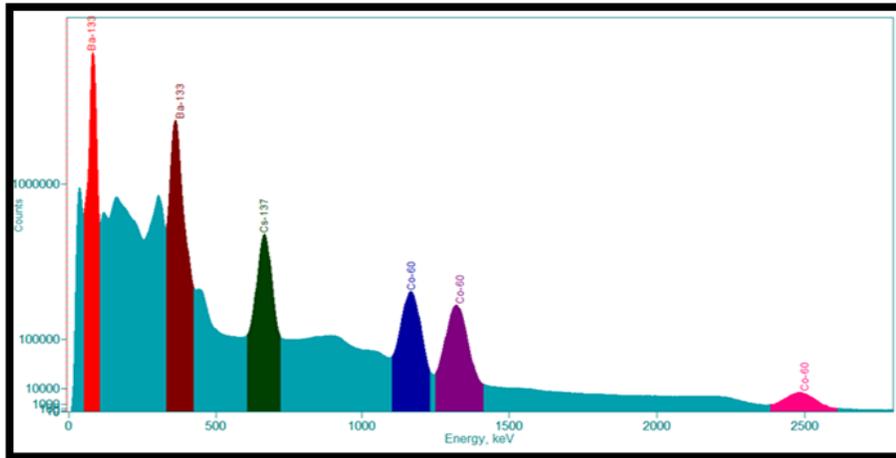
لتقليل الخلفية الاشعاعية الواصلة الى الكاشف الى اقل ما يمكن استعمل في تدريع المنظومة درع من الرصاص الذي يتكون من جزأين أحدهما (سمكة 5 cm وطوله 20 cm) يحيط بالبلورة مع غطاء (قطره 22cm وسمكه 5 cm) أما الجزء السفلي فيشكل قاعدة الكاشف بحيث تم تغطية الكاشف وحامل الكاشف والشكل ادناه يبين ذلك.



الشكل (3-6) الدرع الخارجي للكاشف الوميضي NaI (Tl)

2-2-1-3: معايرة الطاقة لـ NaI (Tl)

الغرض من عملية معايرة الطاقة هو تحديد موضع طاقة الفوتون الساقطة لكل قناة. يتم ذلك باستخدام مصادر قياسية تحتوي على قمم معروفة من الطاقات كما في الشكل (3-7). عند اختيار هذه المصادر لأغراض المعايرة، فإنه يأخذ في الاعتبار مجموعة واسعة من طاقات عناصر طيف النموذج المراد اكتشافها [47].



الشكل (3-7) يمثل طيف اشعة كاما للعناصر القياسية المشعة المستخدمة في معايرة الكفاءة [47]

3-2-1-3: معايرة الكفاءة

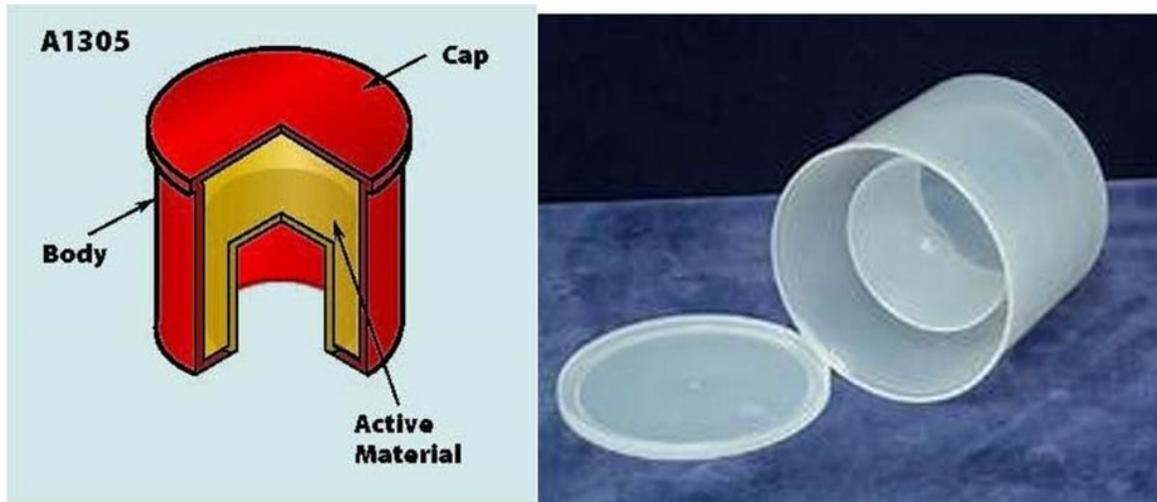
فائدة معايرة الكفاءة هو لأجل معرفة كفاءة المنظومة لكل طاقة مخصصة من الطيف وذلك عن طريق

الاستعانة بمصادر مشعة قياسية معلومة الفعالية (Activity) [56]

4-2-1-3: قياس الخلفية والعينات

قبل إجراء أي قياس للنشاط الإشعاعي لأي عينات، من الضروري قياس الخلفية المشعة لنظام الكشف لاحتمال وجود مصدر مشع أو مواد ملوثة تصبح مصدرا للإشعاع بالإضافة إلى النشاط الإشعاعي الطبيعي لجدران المختبر نفسه. الخلفية هي واحدة من أهم التأثيرات على القياس تم قياس طيف الخلفية بواسطة حاوية بلاستيكية سعة 1 لتر على الكاشف والعد في نفس الوقت لقياسات العينة (18000 ثانية). في مختبر الأنواء الجوية في قسم الفيزياء كلية التربية للعلوم الصرفة جامعة بابل.

غالبا ما يتم قياس العينات البيئية للنشاط الإشعاعي منخفض المستوى في أكواب مارينيلي المصممة خصيصا لتوفير حساسية أفضل للكشف. لوحظت اختلافات في كفاءة ذروة الطاقة الكاملة في هذه الهندسة لأنواع مختلفة من العينات ويرجع ذلك إلى تأثيرات التوهين الذاتي، انظر الشكل (7-3) لصورة دورق مارينيلي ورسم أبعادها على التوالي.



الشكل (8-3) دورق مارينيلي ورسم ابعاده

5-2-1-3: كفاءة الكاشف

تستخدم الكواشف العضوية لمكشف عن اشعة بيتا والكواشف غير العضوية للكشف عن الفوتونات بسبب كفاءتها العالية وكفاءة الكشف للأولى هي 100% اما الثانية فهي تعتمد بشدة على طاقة اشعة كاما ويمكن

معرفة كفاءة الكشف عن الفوتونات من حساب الجزء الممتص داخل البلورة واعتمادا على العلاقة الاسية التناقضية لامتناص الفوتونات في المواد وحسب المعادلة الاتية [47] :

$$I = I_0 e^{-MX} \quad \dots\dots\dots (4-3)$$

حيث ان معامل الامتناص M يعتمد بشدة على طاقة الفوتونات وتمثل X سمك البلورة. ان ما يمتص داخل البلورة هو الفرق بين الاشعة الساقطة I_0 والاشعة النافذة I_T . ونسبة هذا الفرق الى الاشعة الساقطة يعرف بالكفاءة [47]:

$$- \quad Eff\% = 1 - e^{-MX} \quad \text{-----}(5-3)$$

ان العلاقة هي حالة خاصة لحزمة اشعة تسقط متوازية على وجه الكاشف من مصدر نقطي . اما إذا اخذت حزم مخروطية اي من مصدر نقطي قريب فان حساب الكفاءة يتطلب علاقات مختلفة كما ان المصدر الممتد يوجب استخدام حسابات [24]

ان كفاءة الكاشف الوميضي ذو قيمة عالية بسبب انتاجه العالي للإلكترونات الضوئية الذي يصل الى 9000 الكترون ضوئي الكل Mev اذ ان الكفاءة الذاتية لبلورة الكاشف في مدى طاقى {5-}1.0 Mev هي (69%-43.5%) على التوالي [23].

6-2-1-3: مميزات الكاشف الوميضي

- 1- ارتفاع كثافته مما يسهل قياس اشعة كما حيث تكون عالية الامتناص لأشعة كما وبذلك تزيد حساسية العداد لقياسيا من البلورات كثيرة الاستخدام بلورات يوديد الصوديوم المنشطة بالثاليوم
- 2- توجد البلورة الحساسة في أرس العداد في حافظة معدنية رقيقة تحميه من سقوط الضوء ومن دخول الرطوبة التي قد تفسد البلورة المكونة من يوديد الصوديوم.

2-3: قياس معاملات الخطورة

بالاعتماد على الفعالية النوعية لكل من اليورانيوم ^{238}U والثوريوم ^{232}Th والبوتاسيوم ^{40}K فقد تم قياس عدة معاملات للخطورة منها:

1-2-3: مكافئ الراديوم

يمكن قياس مكافئ الراديوم (R_{eq}) من المعادلة الآتية [57]:

$$Ra_{eq} \text{ (Bq/kg)} = A_U + 1.43A_{Th} + 0.077A_K \dots\dots\dots(6-3)$$

إذ إنّ A_U ، A_{Th} ، A_K هي الفعالية النوعية لسلسلة اليورانيوم وسلسلة الثوريوم والبوتاسيوم على التوالي، في المعادلة (6-3) افترض ان 10Bq/Kg من اليورانيوم و 7Bq/Kg من الثوريوم و 130Bq/Kg من البوتاسيوم ينتج جرعة متساوية من الإشعاع [57]، وإن أعلى قيمة لـ Ra_{eq} يجب أن يكون أقل من الحد المسموح به عالميا (370Bq/Kg) [58]

2-2-3: معدل الجرعة الممتصة في الهواء

يمكن قياس المعدل الكلي للجرعة الممتصة في الهواء (AD) بدلالة تراكيز النوى الأرضية من خلال المعادلة (7-3) [59]:

$$AD \text{ (nGy/h)} = 0.462A_U + 0.621A_{Th} + 0.0417A_K \dots\dots\dots(7-3)$$

3-2-3: الجرعة الفعالة السنوية

تم قياس الجرعة الفعالة السنوية باستخدام المعادلتين التاليتين [60]:

$$\text{Indoor (mSv/y)} = A D \text{ (nGy/h)} \times 8760 \text{ h} \times 0.8 \times 0.7 \text{ Sv/Gy} \times 10^{-6} \dots\dots\dots(8-3)$$

$$\text{Outdoor (mSv/y)} = A D \text{ (nGy/h)} \times 8760 \text{ h} \times 0.2 \times 0.7 \text{ Sv/Gy} \times 10^{-6} \dots\dots\dots(9-3)$$

استخدم المعامل (0.7 Sv/Gy) كعامل للتحويل من الجرعة الممتصة في الهواء إلى الجرعة الفعالة السنوية المستلمة من قبل البالغين واستخدم (0.8) وهو نسبة الوقت الذي يقضى في الداخل و (0.2) هو نسبة الوقت الذي يقضى

في الخارج، حيث ان الرقم (8760) يشير الى عدد ساعات السنة، وإن المعدل العالمي للجرعة الفعالة السنوية هو (0.48 mSv)[60][61].

3-2-4 معامل الخطورة الخارجي

ان دليل الخطورة الخارجي هو تقييم لخطر إشعاع كما الطبيعي، ويحسب من المعادلة الآتية [62].

$$H_{ex} = \frac{A_U}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \dots\dots\dots(10-3)$$

إذ يجب ان يكون هذا المعامل اقل من واحد، فاذا كان مساويا الى الواحد او اكبر منه يدل على وجود خطر اشعاعي [63].

3-2-5 : معامل الخطورة الداخلي

ان التعرض الداخلي يكون ناتجاً عن استنشاق غاز الرادون ووليداته والذي يمكن التعبير عنه بدلالة معامل الخطورة الداخلي [64] ، ويحسب بالمعادلة الآتية [65]:

$$H_{in} = \frac{A_U}{185} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \dots\dots\dots(11-3)$$

ويجب ان يكون هذا المعامل اقل من الواحد ليكون ضمن الحدود المسموح بها عالمياً [66].

3-2-6 :معامل تركيز التعرض لاشعاع كما (I_γ)

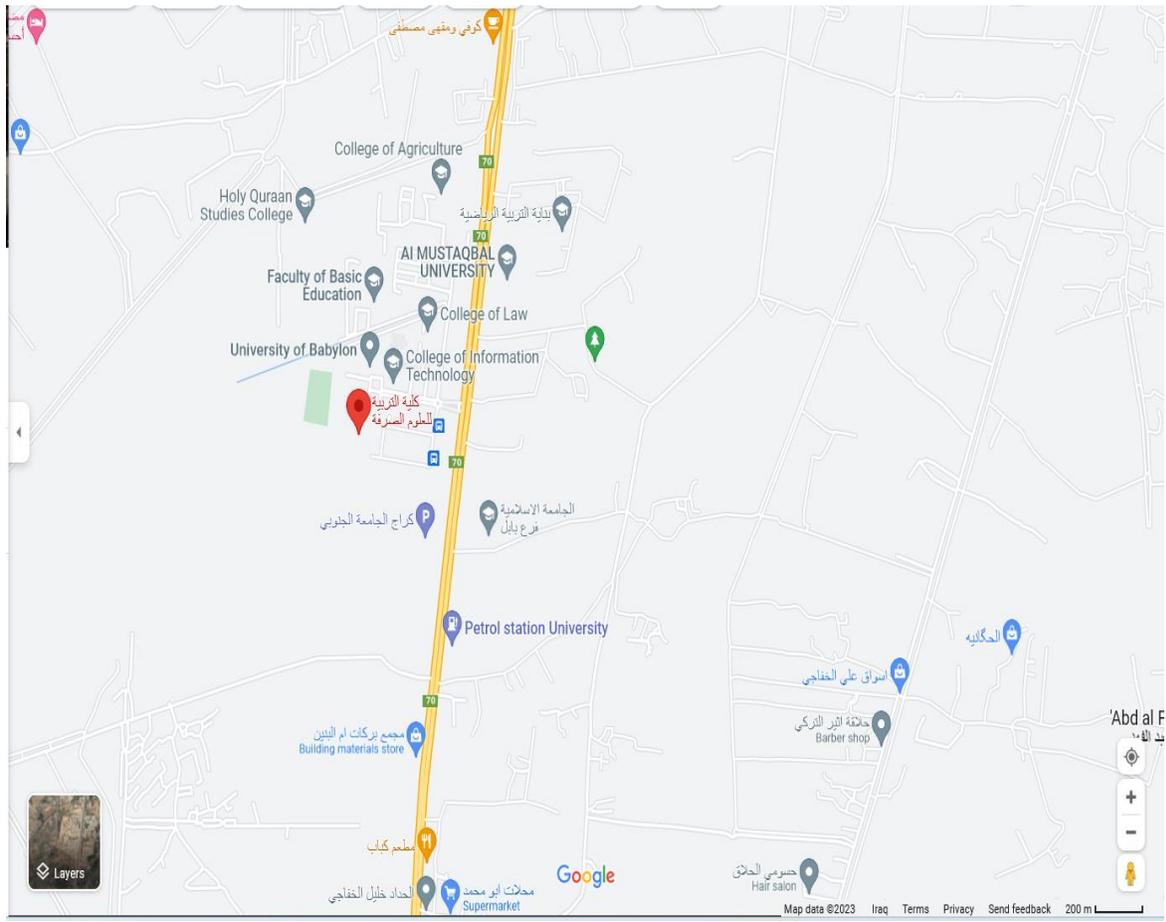
وهو معامل يستخدم لقياس الخطورة الناشئة عن إشعاع كما المقترن مع النويدات الطبيعية المشعة (اليورانيوم ²³⁸U والثوريوم ²³²Th والبوتاسيوم ⁴⁰K) في المادة المدروسة ويعرف معامل تركيز الفعالية (I_γ) بالمعادلة [67]:

$$I_{\gamma} = \frac{A_U}{150} + \frac{A_{Th}}{100} + \frac{A_k}{1500} \dots\dots\dots(12-3)$$

إذا كانت قيمة معامل تركيز الفعالية (1) أو أقل، فإن المواد المماثلة يمكن أن تستخدم، أما إذا كانت القيمة تتجاوز الـ(1) فإن المواد المماثلة لا يمكن أن تستعمل في مواد البناء [67].

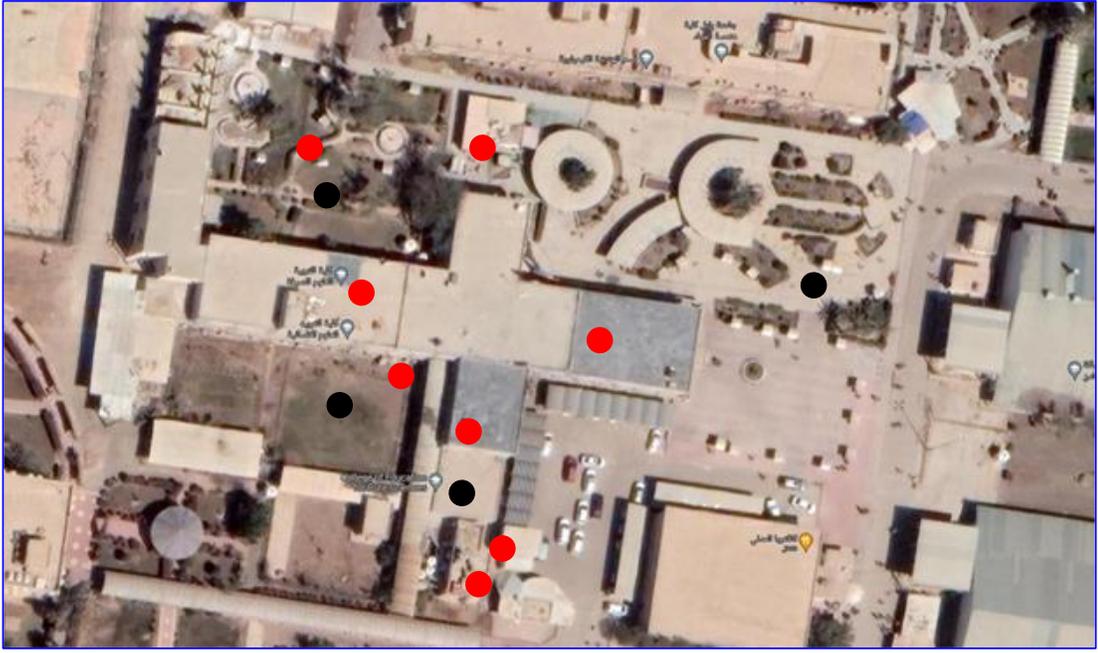
3-3: منطقة الدراسة:

تم اجراء هذه الدراسة في كلية التربية للعلوم الصرفة احدى كليات جامعة بابل وهي واحدة من الجامعات العراقية الكبيرة. تقع في محافظة بابل الواقعة في وسط العراق على ضفاف نهر الفرات تقع جنوب غرب محافظة بابل على طريق الحلة- نجف على احداثيات 32.39289 , 44.39944 .



الشكل (3-10) خريطة تبين موقع كلية التربية للعلوم الصرفة [68]

حيث تم اخذ بناية كلية التربية للعلوم الصرفة الموضحة صورتها عبر خرائط جوجل حيث تم اخذ عينات من التربة الموجودة في حدائق الكلية وعينات من الماء المتوفر في الحدائق وداخل البناية ايضا



■ أماكن اخذ عينات الماء

■ أماكن اخذ عينات التربة

الشكل (3-11) يوضح بناية كلية التربية للعلوم الصرفة في جامعة بابل من الجو [68]



الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

يتضمن هذا الفصل عرضاً للنتائج التي تم الحصول عليها في بحثنا هذا ومناقشتها لتراكيز الرادون في الماء لعينات من كلية التربية للعلوم الصرفة وكذلك عرض معدل الجرعة الفعالة السنوية للرادون الموجودة من العينات المستحصلة كذلك عرض معدل الإصابة بالسرطان الناتج من استنشاق الرادون في الماء، كذلك يتناول هذا الفصل عرض نتائج القياسات الاشعاعية النوعية لنظائر البزموت ^{214}Bi والثاليوم ^{208}Tl والبوتاسيوم ^{40}K كما يتضمن الفصل عرضاً للاستنتاجات وبعض المقترحات.

1-4: حساب معاملات الخطورة في الماء

تم حساب تركيز غاز الرادون في مياه الاسالة لثمان عينات اخذت من أماكن مختلفة من الكلية، وكانت مدة الاختبار الكلية نصف ساعة للعينة الواحدة بواقع 4 دورات كل دورة خمس دقائق وقد تم حساب المعدل الحسابي لتركيز الرادون ومعدل الانحراف المعياري وكما موضح في الجدول (1-4)

حيث Mean يمثل قيمة معدل تركيز الرادون

High يمثل أعلى قيمة لتركيز غاز الرادون

Low يمثل أوطأ قيمة لتركيز غاز الرادون

جدول (1-4) قياس تراكيز غاز الرادون في عينات من الماء مأخوذة من كلية التربية للعلوم الصرفة

جامعة بابل

بينت نتائج جدول (4-1) الذي يمثل فحص عينات مياه كلية التربية للعلوم الصرفة بان هناك تباينا في نتائج القياس لنماذج المياه باختلاف مواقعها كما موضح في الشكل (4-1) ومن الممكن ان يعود السبب

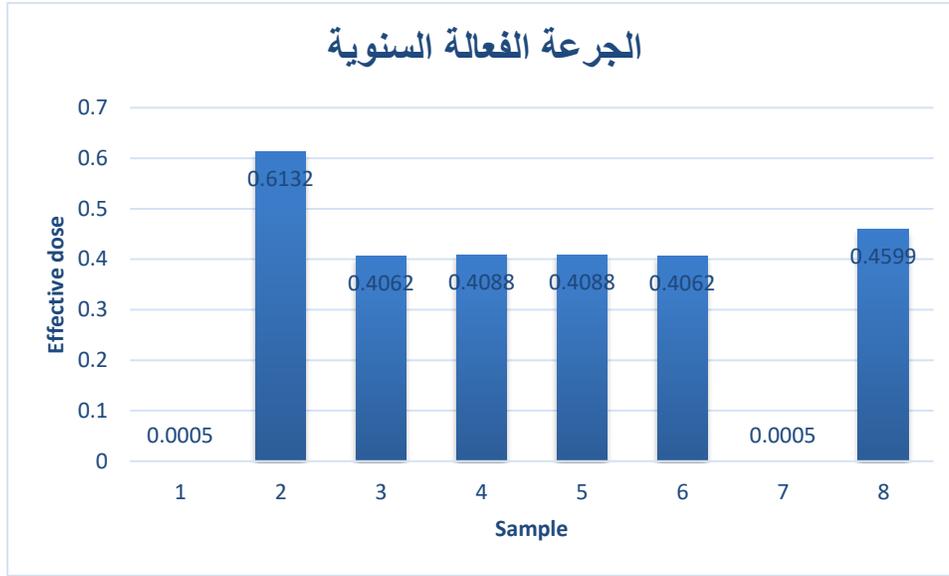
Sample No.	Mean Bq/L	High Bq/L	Low Bq/L	Effective Dose μ Sv/y	Lifetime Cancer	Location
1	0.0002±0.004	0.004	0.002	0.0005	0.0019	مكتب العميد
2	0.24 ±0.04	0.32	0.16	0.6132	2.3608	حديقة الكلية 1 (خلف الكافتريا)
3	0.159 ±0.01	0.16	0.15	0.4062	1.5640	حديقة الكلية 2 (قرب مختبر الأنواء)
4	0.16 ±0.01	0.16	0.16	0.4088	1.5738	صحيات الطلاب (ولد)
5	0.16 ±0.01	0.16	0.16	0.4088	1.5738	صحيات الطلاب (بنات)
6	0.159 ±0.05	0.16	0.15	0.4062	1.5640	الكافتريا
7	0.0002 ±0.02	0.004	0.002	0.0005	0.0019	المطبخ
8	0.18± 0.0001	0.32	0.04	0.4599	1.7706	صحيات التدريسيين

في ذلك الى الاختلاف في مدة الخزن في خزانات الكلية وحجم الخزانات حيث ان عمر النصف لغاز الرادون هو 3.8 وعندما يتم خزن المياه لمدة اكثر من عمر النصف للرادون سوف يتحلل الرادون ومن الممكن ايضا ان يكون هناك سبب اخر وهو الاستخدام حيث لوحظ ان العينات المأخوذة من أماكن يكون فيها استخدام الماء قليل يكون فيها تركيز الرادون اقل والعكس صحيح حيث وجد ان العينة رقم 2 كانت اعلى قيمة بمعدل 0.24 Bq/L تليها العينة رقم 8 بمعدل 0.18 Bq/L وكانت القيمة متساوية في العينتين 3 و6 بمعدل 0.159 Bq/L وتساوت القيم أيضا في العينتين 4 و5 بمعدل 0.16 Bq/L وكانت القيم الأقل هي في العينتين 1 و7 بمعدل صغير جدا مقداره 0.0002 Bq/L.



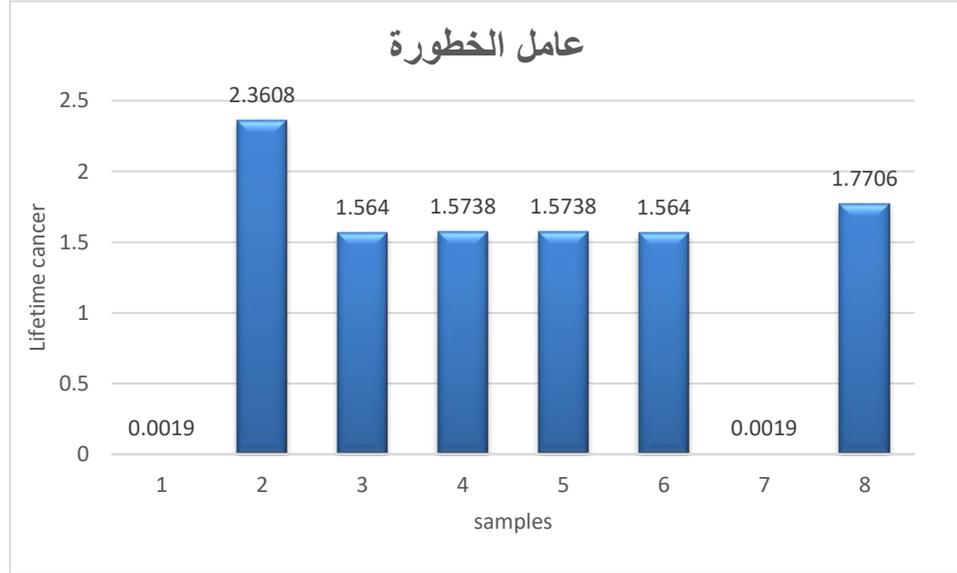
الشكل (1-4) تركيز غاز الرادون في الماء للعينات المدروسة

تم كذلك حساب الجرعة الفعالة السنوية لكل عينة من عينات المياه المأخوذة من كلية التربية للعلوم الصرفة حسب الجدول (1-4) حيث أظهرت النتائج ان اعلى قيمة كانت في العينة رقم (2) والمتمثلة حديقة الكلية 1 (خلف الكافتريا) حيث بلغت مقدار $0.6132 \mu\text{Sv/y}$ واقل قيمة كانت في العينتين رقم (1 و7) والمتمثلة بعينة مياه مأخوذة من مكتب العميد ومياه المطبخ على التوالي حيث بلغت قيمة كلا العينتين $0.0005 \mu\text{Sv/y}$ وكانت النتائج الباقية متقاربة جدا حيث كانت الجرعة الفعالة السنوية للعينات (3 و6) مقدار $0.4062 \mu\text{Sv/y}$ وبلغت الجرعة للعينات (4 و5) مقدار $0.4088 \mu\text{Sv/y}$. كما في الشكل (2-4).



الشكل (2-4) الجرعة الفعالة السنوية لكل عينة

كما تم ايضا حساب العمر الزمني للإصابة بالسرطان كما موضح في الجدول (1-4) وكانت النتائج تظهر ان اعلى قيمة كانت في العينة رقم (2) المتمثلة حديقة الكلية 1 (خلف الكافتريا) بمقدار (2.3608) واقل قيمة كانت في العينتين المرقمتين (7و1) والمتمثلة بعينة مياه مكتب العميد ومياه المطبخ على التوالي حيث بلغت قيمة كلا العينتين (0.0019) وكانت النتائج الباقية متقارب جدا حيث كانت الجرعة الفعالة السنوية للعينات (3و6) مقدار (1.564) وبلغت الجرعة للعينات (4و5) مقدار (1.573). كما في الشكل (3-4) .



الشكل (3-4) عامل الخطورة(العمر الزمني للإصابة بالسرطان Lifetime Cancer)

2-4: حساب معاملات الخطورة في التربة

تم الحصول على نتائج قياسات تراكيز الفعالية للنويدات المشعة في نماذج التربة السطحية لكلية التربية للعلوم الصرفة في جامعة بابل، وقد تم أيضا قياس مكافئ الراديوم والجرعة الفعالة السنوية ومعاملات الخطورة كما في الجدول (2-4).

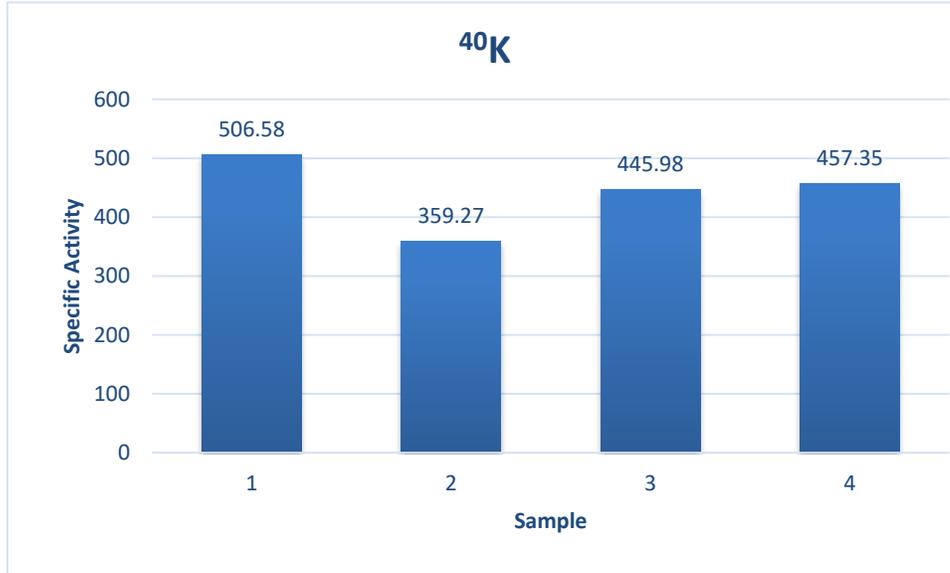
جدول (2-4) الفعالية النوعية للنويدات المشعة في العينات المدروسة

نلاحظ من خلال دراسة الجدول (2-4)

الجرعة المكافئة للغدد التناسلية AGDE mSv.y ⁻¹	مكافئ الراديووم (Bq/kg)	الفعالية الإشعاعية (Bq/kg)			موقع العينة	رقم العينة
		A _{Th}	A _U	A _K		
0.38	114.094	28.74 ± 0.74	33.98 ± 0.92	506.58±4.07	حديقة الكلية الامامية	1
0.27	82.512	23.95 ± 0.26	20.58 ± 0.72	359.27 ± 3.43	حديقة مختبر الانواء	2
0.35	105.621	29.64 ± 0.21	28.88 ± 0.85	445.98 ± 3.82	حديقة صحيات الكلية	3
0.32	96.861	26.81 ± 0.14	23.303± 0.76	457.35± 3.87	حديقة الكلية الخلفية	4
0.3	370	30 Bq/kg	35 Bq/kg	420 Bq/kg		UNSCER ,2018

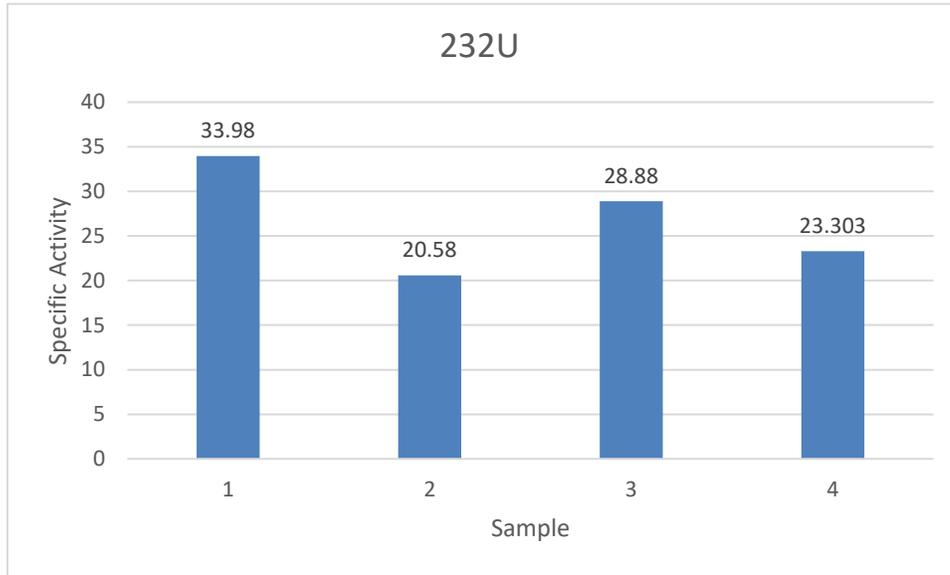
1-2-4: الفعالية الإشعاعية : حيث وجد ان أعلى قيمة للفعالية النوعية للبتواسيوم ⁴⁰K كانت Bq/kg (872.88±9.80) في النموذج رقم (1) حديقة الكلية الامامية (506.58±4.07 Bq/kg) , ويعزى السبب في ذلك الى مصدر التربة الذي تم اخذ التربة منه حيث يعتقد انها اخذت من منطقة تحتوي على اشعاعات ومن الممكن ان يكون السبب في استخدام الأسمدة الفوسفاتية حيث كانت جميع النتائج اعلى من المستوى المسموح ماعدا العينة رقم 2 (حديقة مختبر الانواء) كانت ضمن المستوى المسموح وبقيمة (359.27 ± 3.43 Bq/kg) حسب UNSCEAR [60] .

وكانت جميع النتائج مقارنة ويعتقد ان السبب في ذلك هو ان التربة الموجودة في الكلية جميعها قد اخذت من مصدر واحد. كما في الشكل (4-4).



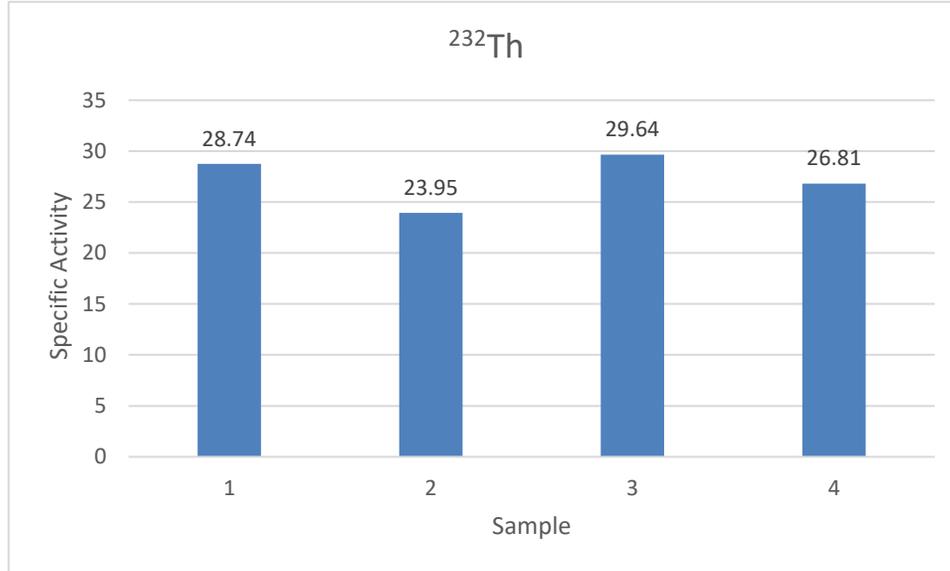
الشكل (4-4) الفعالية النوعية للبتاسيوم ^{40}K للعينات المدروسة

أما بالنسبة للفعالية النوعية ^{238}U فقد كانت أعلى قيمة للفعالية النوعية (33.98 ± 0.92) Bq/kg في النموذج رقم (1) الذي يمثل تربة الحديقة الامامية للكلية وكانت وأقل قيمة (20.58 ± 0.72) Bq/kg في النموذج رقم (2) الذي يمثل تربة حديقة مختبر الانواء. وكانت جميع هذه القيم ضمن المستوى المسموح حسب UNSCEAR [60] ، كما في الشكل (4-5).



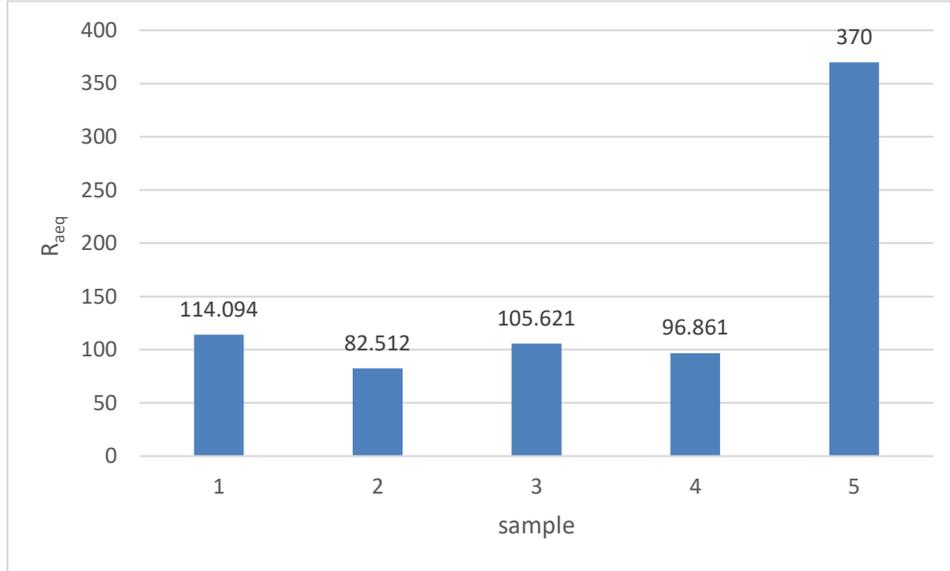
الشكل (5-4) الفعالية النوعية لليورانيوم ^{238}U للعينات المدروسة

بينما كانت القيمة الأعلى للفعالية النوعية للثوريوم ^{232}Th هي 29.64 ± 0.21 Bq/kg في النموذج رقم (3) الذي يمثل تربة حديقة صحيات الكلية واقل قيمة لها 23.95 ± 0.26 Bq/kg في النموذج رقم (2) الذي يمثل تربة حديقة مختبر الانواء . حيث كانت النتائج ضمن المستوى المسموح أيضا حسب UNSCEAR [60] . كما في الشكل (6-4).



الشكل (6-4) الفعالية النوعية للثوريوم ^{232}Th للعينات المدروسة

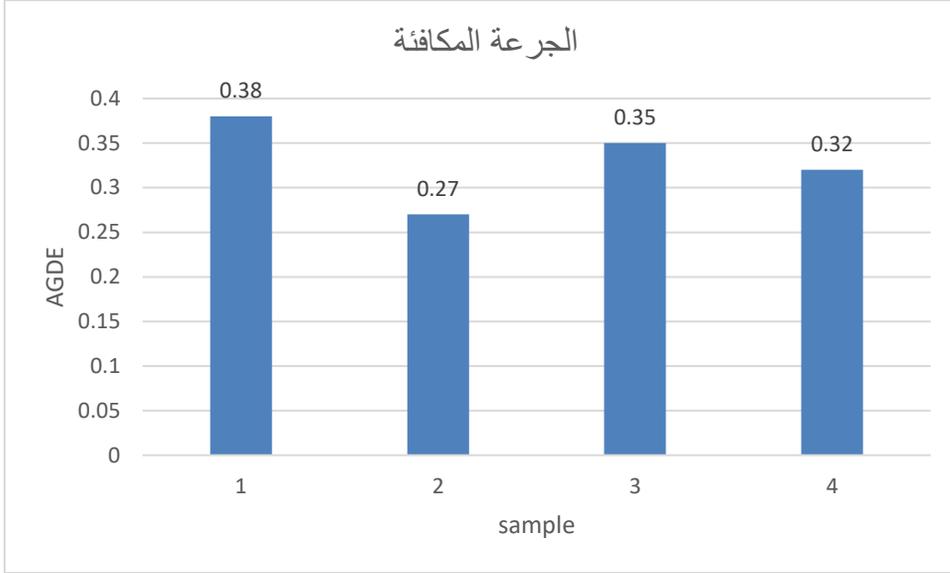
2- تم أيضا دراسة مكافئ الراديوم كما موضح في الجدول (3-4) ووجد إن أعلى قيمة لمكافئ الراديوم هي 114.094 Bq/kg في النموذج رقم (1) الذي يمثل تربة حديقة الكلية الامامية و اقل قيمة كانت 82.512 Bq/kg في النموذج رقم (2) الذي يمثل تربة حديقة مختبر الانواء كما في الشكل (4-4). حيث كانت جميع النتائج ضمن المستوى المسموح UNSCEAR [60]. الذي مثله العمود 5 في الشكل



(7-4)

الشكل (7-4) مكافئ الراديوم للعينات المدروسة

3- وتم حساب الجرعة المكافئة للغدد التناسلية AGDE كما موضح في الجدول (3-4) وكانت جميع العينات اعلى من المستوى المسموح ماعدا العينة المرقمة 2 والتي تمثل تربة مختبر الانواء فقد كانت ضمن المستوى المسموح. حيث كانت اعلى قيمة هي العينة رقم 1 والتي مثلت حديقة الكلية الامامية التي بلغت 0.38 mSv/y) وكانت اقل قيمة في العينة رقم 2 التي بلغت 0.27 mSv/y (كما في الشكل (8-4).



الشكل (4-8) الجرعة المكافئة للغدد التناسلية AGDE لعينات التربة المدروسة

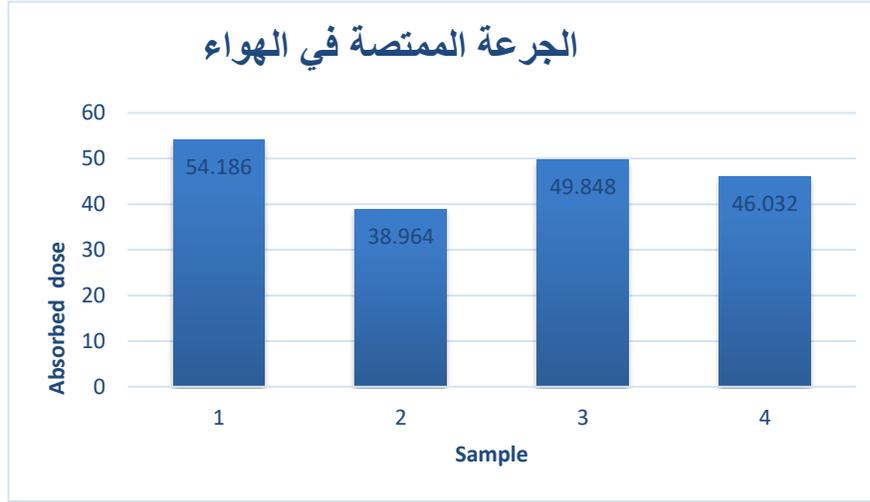
2- قياس الجرعة الممتصة والجرعة الفعالة السنوية ومعاملات الخطورة والعمر الزمني للتعرض للإشعاع وللإصابة بالسرطان كما موضحة في الجدول (4-3).

جدول (4-3) الجرعة الممتصة بالهواء والجرعة الفعالة السنوية ومعامل الخطورة والعمر الزمني لخطر الإصابة بالسرطان ونسبة جرعة التعرض للإشعاع

وجد من الجدول (3-4) إن أعلى قيمة للجرعة الممتصة في الهواء هي (54.186) nGy/h في النموذج رقم (1) الذي يمثل تربة حديقة الكلية الامامية اقل قيمة في العينة رقم 2 التي تمثل تربة حديقة

نسبة جرعة التعرض للاشعاع I_γ	العمر الزمني لخطر الإصابة بالسرطان		معامل الخطورة Hazard index		الجرعة الفعالة السنوية Effective dose (mSv.y ⁻¹)		الجرعة الممتصة بالهواء Absorbed dose (nGy.h ⁻¹)	رقم العينة
	ELCR _{in}	ELCR _{out}	H _{ex}	H _{in}	Outdoor	Indoor		
0.851	1.962	0.251	0.308	0.400	0.06	0.509	54.186	1
0.616	1.405	0.181	0.222	0.278	0.04	0.364	38.964	2
0.786	1.80	0.231	0.285	0.363	0.06	0.467	49.848	3
0.728	1.66	0.213	0.261	0.324	0.05	0.431	46.032	4
≤ 1	1.2	0.3	≤ 1	≤ 1	0.221	0.884	84	UNSCEAR, 2018

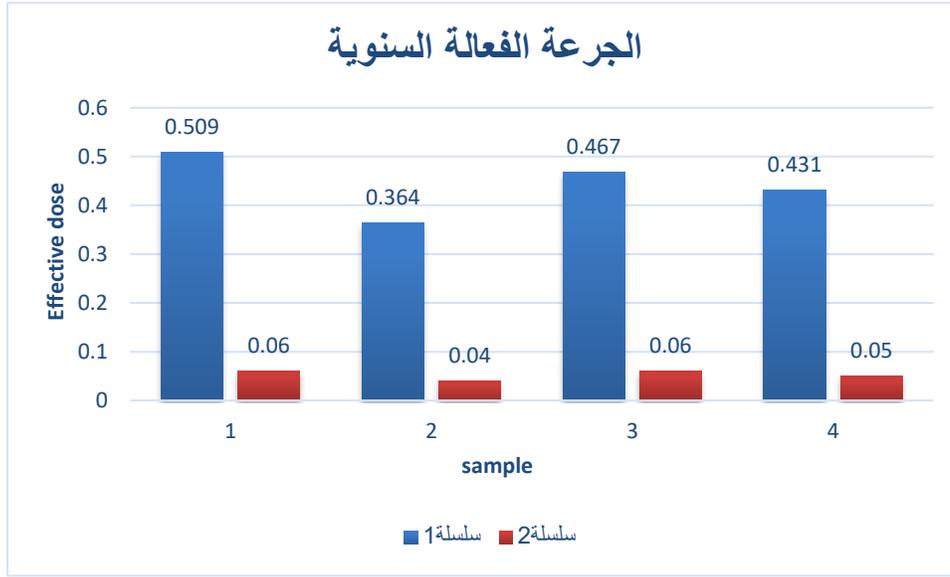
مختبر الانواء حيث بلغت (38.964) nGy/h وبلغت في العينات الباقية (49.848) و (46.032) nGy/h للعينات 3 والمتمثلة بحديقة صحيات الكلية و4 المتمثلة بحديقة الكلية الامامية على التوالي كما في الشكل (4-9).



الشكل (4-9) الجرعة الممتصة في الهواء

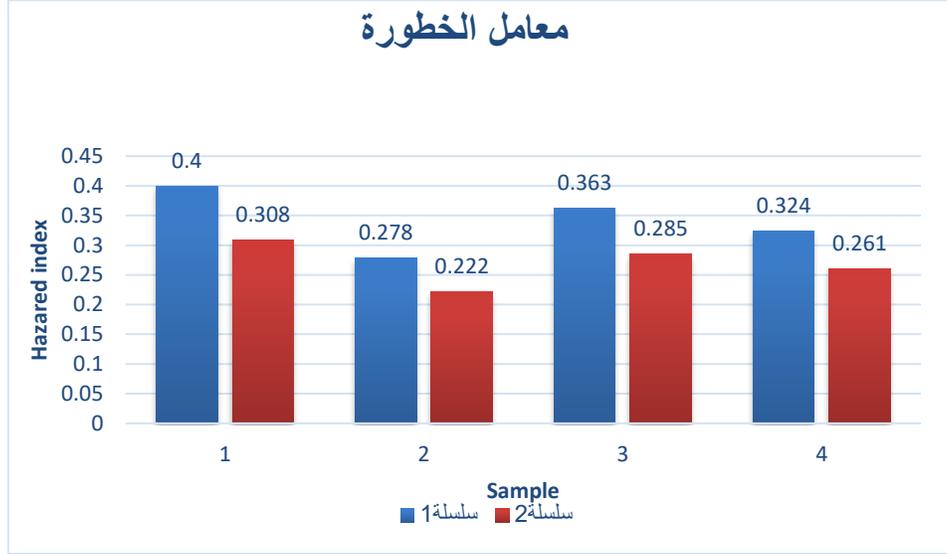
كما تم ايضا حساب الجرعة الفعالة السنوية الخارجية للنماذج وجد إن أعلى قيمة لها كانت (0.06 mSv/y) في النموذج رقم (1) الذي يمثل تربة حديقة الكلية الامامية والنموذج رقم (3) الذي يمثل حديقة صحيات الكلية، و اقل قيمة هي (0.04 mSv/y) في النموذج رقم (2) الذي يمثل تربة حديقة مختبر الانواء والتي بلغت (0.04) mSv/y المتمثلة بالشكل (4-10) اللون الاحمر. وكانت كلها ضمن المستوى المسموح به حسب UNSCEAR [60].

كما تم حساب الجرعة الفعالة السنوية الداخلية للنماذج وجد إن أعلى قيمة لها كانت (0.509 mSv/y) في النموذج رقم (1) الذي يمثل تربة حديقة الكلية الامامية و اقل قيمة هي (0.04)mSv/y في النموذج رقم (2) الذي يمثل تربة حديقة مختبر الانواء والتي بلغت (0.364) mSv/y المتمثلة بالشكل (4-10) باللون الازرق. وكانت كلها ضمن المستوى المسموح به UNSCEAR [60].



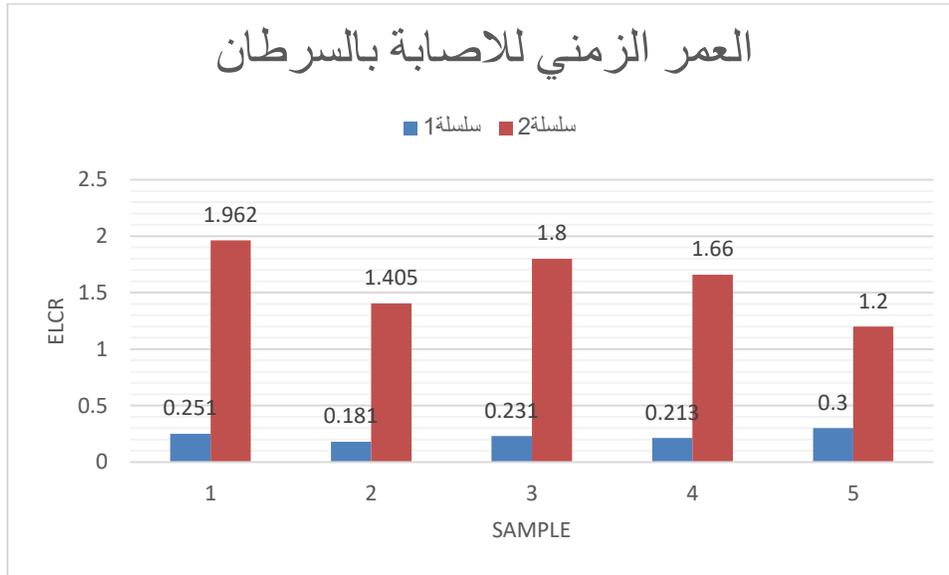
الشكل (10-4) الجرعة الفعالة السنوية

كما وجد ايضا حساب معامل الخطورة الخارجي والداخلي ووجد إن أعلى قيمة لها كانت في النموذج رقم 1 الذي يمثل حديقة الكلية الامامية حيث بلغت (0.308) و(0.4) على التوالي ، بينما اقل قيمة في النموذج رقم 2 حيث بلغت (0.222) و (0.287) على التوالي وكما في الشكل (4-11) ممثلة باللون الاحمر لمعامل الخطورة الخارجي واللون الأزرق لمعامل الخطورة الداخلي وقد أظهرت النتائج ان كل معاملا الخطورة للعينات كانت ضمن المدى المسموح [60] .



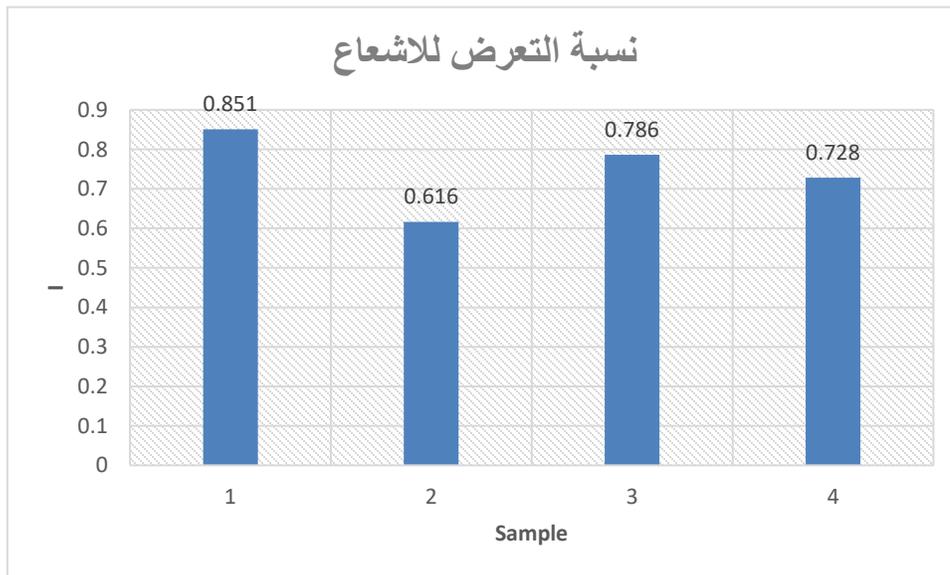
الشكل (4-11) معامل الخطورة الداخلية والخارجية

كذلك نلاحظ من الجدول (4-3) دراسة العمر الزمني للإصابة بالسرطان الداخلي والخارجي حيث كانت اعلى قيمة في النموذج رقم 1 الذي يمثل حديقة الكلية الامامية حيث بلغت (1.962) و(0.251) على التوالي ، واقل قيمة في النموذج رقم 2 المتمثل بحديقة مختبر الانواء حيث بلغت (1.405) و(0.181) على التوالي . وكانت جميع النتائج اعلى من المعدل المسموح العمر الزمني للإصابة بالسرطان بالمقارنة مع النتائج القياسية[60]. بينما كانت جميع النتائج اقل من الحد المسموح العمر الزمني للإصابة بالسرطان الخارجي ، كما في الشكل (4-12).



الشكل (4-12) العمر الزمني للإصابة بالسرطان

وقد تمت أيضا دراسة نسبة التعرض للإشعاع كما موضح في الجدول (4-3) وحيث أظهرت النتائج ان على قيمة في النموذج رقم 1 الذي يمثل حديقة الكلية الامامية حيث بلغت (0.851) واقل قيمة في النموذج رقم 2 المتمثل بحديقة مختبر الانواء حيث بلغت (0.616). وكانت كل نتائج العينات ضمن المسموح [60]. في الشكل (4-13).



الشكل (4-13) نسبة التعرض للإشعاع

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها في الدراسة الحالية يمكن استنتاج ما يلي:

1 إن معدل تركيز غاز الرادون في عينات في مياه الاسالة لكلية التربية للعلوم الصرفة كانت ضمن الحدود الطبيعية حسب وكالة حماية البيئة.

2 الفعالية الاشعاعية النوعية لنماذج التربة المدروسة والمأخوذة من حدائق كلية التربية للعلوم الصرفة بينت ان الفعالية النوعية للبيوتاسيوم كانت اعلى من الحد المسموح به لأغلب العينات بينما كانت الفعالية النوعية للثوريوم واليورانيوم ضمن الحدود الطبيعية المسموح بها من قبل منظمة UNSCEAR.

3- معدل مكافئ الراديوم ومعدل الجرعة المكافئة والجرعة الممتصة في الهواء والجرعة الفعالة السنوية للعينات المدروسة كانت ضمن الحدود الطبيعية حسب منظمة UNSCEAR.

4- كان المعدل الزمني لخطر الإصابة بالسرطان ونسبة تعرض للإشعاع للعينات المدروسة كانت ضمن المدى المسموح حسب منظمة UNSCEAR.

5- معاملات الخطورة الداخلية للعينات المدروسة كانت اعلى من الحدود الطبيعية المسموح بها حسب منظمة UNSCEAR بينما معاملات الخطورة الخارجية كانت ضمن المدى المسموح به حسب UNSCEAR.

4-4 المقترحات

1- استخدام جهاز RAD7 لقياس تراكيز غاز الرادون في التربة لنفس العينات المدروسة.

2- تعميم الدراسة الحالية على مستوى كليات جامعة بابل وعمل خارطة لتراكيز غاز الرادون في الجامعة وتقديمها لمديرية بيئة بابل لعمل خارطة بيئية على مستوى محافظة بابل.

3 إجراء دراسة للمناطق المدروسة نفسها باستخدام تقنيات أخرى ومقارنة النتائج.

المصادر



- [1] Wetzel, R. G., & Limnology, G. (2001). "Lake and river ecosystems". *Limnology*, 37, 490-525.
- [2] Koshal, R. K. (1976). "Water pollution and human health. *Water, Air, and Soil Pollution*", 5(3), 289-297.
- [3] Tawfiq, N. F. (2013). "Uranium and radon concentration in ground water in Aucashat city (Iraq) and the associated health effects". *Advances in Applied Science Research*, 4(3), 167-171.
- [4] El-Gamal, H., Sefelnasr, A., & Salaheldin, G. (2019). "Determination of natural radionuclides for water resources on the west bank of the Nile River", Assiut Governorate, Egypt. *Water*, 11(2), 311.
- [5] Al-Bayati, A. T. (2019, July). "Measurement of uranium concentration in the water samples collected from the areas surrounding in Al-Tuwaitha nuclear site using the CR-39 detector". In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1234, No. 1, p. 012007). IOP Publishing.
- [6] Abou-Shanab, R. A., Ghazlan, H. A., Ghanem, K. M., & Moawad, H. A., (2007) "Heavy metals in soils and plants from various metal-contaminated sites in Egypt". *Terrestrial and Aquatic Environmental Toxicology*, 1(1), 712.
- [7] Nagajyoti, P. C., Lee, K. D., & Sreekanth, T. V. M., (2010) "Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review", *Environmental chemistry letters*, 8(3), 199-216
- [8] Saliha, N. F., & Jaafar, M. S.,(2013) "Heavy metals in blood and urine impact on the woman fertility". *environment*, 3(3).
- [9] Al-Hamzawi, A., Jaafar, M., Kabir, N., & Tawfiq, N., (2015) "Concentrations of Pb, Ni and Cd in urine and tissue samples of southern Iraqi cancer patients", *J. Appl. Sci. & Agric*, 10(5), 126-133.

- [10] Liesch, T., Hinrichsen, S., & Goldscheider, N. (2015). "Uranium in groundwater—fertilizers versus geogenic sources". *Science of the Total Environment*, 536, 981-995
- [11] Abojassim, A. A., Gazaly, H. H. A., Al-Taweel, M. H., & Kadhim, S. H. (2015). "Radon concentrations in selected samples of tap water in Baghdad Government/Iraq. *Research Journal of Applied Sciences*", *Engineering and Technology*, 11(12), 1358-1364.
- [12] Najam, L. A., Mansour, H. L., Tawfiq, N. F., & Karim, M. S. (2016). "Measurement of radon gas concentrations in tap water samples for thi-qar"
- [13] Al-jnaby, M. K. M. (2016). "Radon concentration in drinking water samples at Hilla city, Iraq". *World Scientific News*, (52), 130-142. governorate using nuclear track detector (CR-39). *Detection*, 4(01), 1-8.
- [14] Seoud, M. S. (2017). "Measurement of radon-222 concentration in bottled natural mineral drinking water in Kuwait using the nuclear track detector (CR-39)". *Int J Phys*, 5, 201-7.
- [15] Rasouli, J., & Khosravi, S. M. (2018). "The role of radon in drinking water pollution in Bukan (North West Iran)". *Material Sci & Eng*, 2(6), 252-256
- [16] Abojassim, A. A., Mohammed, H. A. U., Najam, L. A., & El-Taher, A. (2019). "Uranium isotopes concentrations in surface water samples for Al-Manathera and Al-Heerra regions of An-Najaf, Iraq". *Environmental earth sciences*, 78(5), 1-7.
- [17] Opoku-Ntim, I., Gyampo, O., & Andam, A. B. (2019). "Risk assessment of radon in some bottled water on the Ghanaian market". *Environmental Research Communications*, 1(10), 105001.

- [18] El-Araby, E. H., Soliman, H. A., & Abo-Elmagd, M. (2019). "Measurement of radon levels in water and the associated health hazards in Jazan, Saudi Arabia". *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 12(1), 31-36.
- [19] Abojassim, A. A. (2020). "Comparative study between active and passive techniques for measuring radon concentrations in groundwater of Al-Najaf city, Iraq". *Groundwater for Sustainable Development*, 11, 100476.
- [20] Abojassim, A. A., & Neama, H. H. (2020). "Radiological and chemical risk assessment from uranium concentrations in groundwater samples collected from Al-Kufa area, Iraq". *Water Supply*, 20(8), 3194- 3206.
- [21] Abojassim, A. A. (2021). "Age-Dependent Health Risk Assessment for Radon Concentrations from Drinking Water Available in the Iraqi Markets". *Egyptian Journal of Chemistry*, 64(4), 3-4.
- [22] Al-Zaalimiu, T. H., & Al-Hamzawi, A. A. (2021). "Measurement of uranium concentrations in tap water samples collected from Muthanna governorate, Iraq using nuclear track detector CR-39". In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 722, No. 1, p. 012039). IOP Publishing.

[23] باسم عبد الحسين المياحي، عام 2000م، "دراسة المواد بواسطة قمة الاستطارة الخلفية لطيف اشعة كما باستخدام الكاشف الومضي (Ti)Nai"، جامعة بابل مجلس كلية العلوم.

[24] شذى الدركزلي، 1987م، "الكشف عن الاشعة النووية"، جامعة بغداد .

[25] مرتضى شاكر اسود، 2008م، "قياس النشاط الاشعاعي لنظير الراديوم-226 لنماذج التربة في محافظة القادسية باستخدام تقنية التحليل الطيفي"، مجلة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية .

- [26] خالد حسين واخرون 2015, “دراسة تأثير الزاوية بين الكاشف والمصدر المشع على طيف الطاقة باستخدام الكاشف الوميضي NaI(Tl)”, جامعة بابل كلية العلوم الصرفة والتطبيقية.
- [27] سليم حمزة طرير 2012, ” دراسة تأثير العدد الذري لمادة الدرع وقطر فتحة المسدد وطاقة المصدر المشع في قياس عامل تراكم اشعة كاما في بعض المواد”.
- [28] نادية احمد محمود 1990, “دراسة بيئية هندسية لوحداث العلاج والتشخيص بالاشعاع, جامعة عين شمس, قسم الهندسة البيئية”, معهد الدراسات والبحوث العلمية.
- [29] نورس محمد شهيد الدهان 2006. “تأثير المجالات المغناطيسية المختلفة على الكفاءة النسبية وقابلية تحليل الطاقة للكاشف الوميضي يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) “مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفة .
- [30] رياض شويكاني 2004, موفق تقي الدين , هيئة الطاقة الذرية السورية
- [31] Hameed, A. S., Hashim, A. K., & Mohammed, E. J. (2020). “The effective radium content and radon concentrations in coffee samples”. *International Journal of Radiation Research*, 18(3), 461-466.
- [32] Magill, J., & Galy, J. (2005). “Radioactivity-Radionuclides Radiation: Including the Universal Nuclide Chart on CD-ROM”. Springer
- [33] Saha, G. B., & Saha, G. B. (2004). “Fundamentals of nuclear pharmacy (Vol. 6, pp. 96-100)”. New York: Springer.
- [34] <https://durrige.com/support/product-manuals/>
- [35] EnsKapdan and NesrinAltinosy (2014), “Indoor radon levels in work places of Adapazari”, north –western Turkey.
- [36] Duenas, C., Fernandez, M. C., Carretero, J., Liger, E., & Canete, S. (1999). “²²⁶Ra and ²²²Rn concentrations and doses in bottled waters in Spain”. *Journal of environmental radioactivity*, 45(3), 283-290.

- [37] Ezzulddin S. K. (2014). “Radon-222 and Radium-226 Activity Concentration Measurement in Erbil Governorate Drinking Water Resources Using Active and Passive Detection Methods”. *Ms.c thesis, Salahaddin University*
- [38] Virk, H. S., & Singh, B. (1993). “Radon anomalies in soil-gas and groundwater as earthquake precursor phenomena”. *Tectonophysics*, 227(14), 215-224.
- [39] Nelson, P. H., Rachiele, R., & Smith, A. (1983). “Transport of radon in flowing boreholes at Stripa, Sweden”. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 88(B3), 2395-2405
- [40] Kang, J. K., Seo, S., & Jin, Y. W. (2019). “Health effects of radon exposure”. *Yonsei medical journal*, 60(7), 597-603.
- [41] UNSCEAR. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation; United Nations: New York, NY, USA, 1988; Volume 199
- [42] Petoussi-Henss, N.; Satoh, D.; Endo, A.; Eckerman, K.; Bolch, W.; Hunt, J.; Jansen, J.T.M.; Kim, C.H.; Lee, C.; Saito, K.; et al. ICRP Publication 144: 2020 Dose Coefficients for External Exposures to Environmental Sources. *Ann. ICRP*, 49, 11–145.
- [43] Mehra, R.; Bala, P. 2014 Estimation of annual effective dose due to Radon level in indoor air and soil gas in Hamirpur district of Himachal Pradesh. *J. Geochem. Explor.*, 142, 16–20
- [44] Sharma, S.; Mehta, K.; Narang, S.; Kumar, A. 2020 Dose estimation from the exposure to radon, thoron and their progeny concentrations in the environs of Kangra area, Himachal Himalayas, India. *Groundw. Sustain. Dev*, 11, 100409.

- [45] Sekudewicz, I., & Gąsiorowski, M. (2019). "Determination of the activity and the average annual dose of absorbed uranium and polonium in drinking water from Warsaw". *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 319(3), 1351-1358.
- [46] Nuclear energy , its physics and its society challenge , By D.R. Inglis , London , 2019
- [47] T.Santawamaitre, 2021" An Evaluation of the Level of Naturally Occurring Radioactive Materials in Soil samples along the Chao Phraya River Basin", Ph. D. Thesis , University of Surrey,
- [48] R.G.Sonkawade ,R. Mehra and K. Badhan, 2010 " Radon Activity Measurements in Drinking Water and in Indoors of Dwellings, Using RAD7", Tenth Radiation Physics and Protection Conference, Nasr City - Cairo, Egypt.
- [49] C.H. Park, S. Y.Jang, S. J. Kim and J. H. Moon, 2011" Effects of bedrock type on the indoor radon concentrations at the office buildings in Gyeongju ,Korea", *Nuclear Technology & Radiation Protection*, Vol. 26, p.226-232 ,.
- [50] C.M.Lee, 2012"Radon Concentrations in Various Indoor Environments and Effective Doses to Inhabitants in Korea", *Environment and Pollution* , Vol. 1, No. 1,.
- [51] R.William , (1987)"Techniques for nuclear and particle physics experiments", 2nd edition, Springer-Verlag Berlin.
- [52] G.Gilmore, 2018 "Practical gamma-ray spectrometry",2nd Edition ,John Wiley & Sons, New York .
- [53] Argonne National Laboratory, 2022"Natural Decay Series, Uranium, Radium, and Thorium", in human health fact sheet.
- [54] N.Tsoufanidis, 1995 "Measurements and detections of radiation", 2nd edition, Taylor &Francis publisher, Washington, USA.

- [55] N.A.Syed, 2007 "Physics and Engineering of Radiation Detection", 1st edition, Academic Press, Elsevier, Britain.
- [56] G.F.Knoll , 2000 "Radiation Detection and Measurement", John Willy Sons, New York, 3rd ed.
- [57] H.M.Diab, S.A.Nouh, A.Hamdy and S.A.EL-Fiki, 2008 "Evaluation of Natural Radioactivity in a Cultivated Area Around A Fertilizer Factory", J.Nuclear and Radiation Physics, Vol.(3),No.(1), P:53-62.
- [58] Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), 1979 "Exposure to radiation from the natural radioactivity in building materials", Report by a group of experts of the OECD Nuclear Energy Agency, Paris, France .
- [59] European Commission,(EC), 1999 "Radiological Protection Principles concerning the Natural Radioactivity of Building Materials", Radiation protection, No.(112).
- [60] https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_1.html.
- [61] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, (UNSCEAR), 2000 "Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation", New York, United Nations.
- [62] A.EL-Taher and S.Makhluf, 2010 " Natural radioactivity levels in phosphate fertilizer and its environmental implication in Assuit governorate ,Upper Egypt", Indian Journal of Pure & Applied Physics, Vol.(48),P:697-702.
- [63] A.K.Mahur,K.Rajesh,M.Mishra,S.A.Ali,R.G.Sonkawade,B.P.Singh.V.N. Bhardwaj and R. Prasad, 2010 "Study of radon exhalation rate and natural radioactivity in soil samples collected from East Singhbhum Shear Zone in

Jaduguda U - Mines Area, Jharkhand, India and its radiological implications”,
Indian Journal of Pure & Applied Physics, Vol.(48),P:486-492.

[64] H.H.Hussain,R.O.Hussain,R.M.Yousef and Q.Shamkhi, 2010 “Natural radioactivity of some local building materials in the middle Euphrates of Iraq”,
J.Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol.(284),P:43–47.

[65] P.Michael,M.Leo and L.Nollet, “Radionuclide Concentrations in Food and the Environment”, Taylor & Francis group,1st edition, Boca Raton London New York, (2007).

[66] J.Singh, H. Singh, S.Singh , B.S. Bajwa and R.G.Sonkawade, 2009 “Comparative study of natural radioactivity levels in soil samples from the Upper Siwaliks and Punjab, India using gamma-ray spectrometry”, Journal of Environmental Radioactivity,Vol.(100),P:94-94 .

[67] S.Harb, A.H.El-Kamel, A.I.Abd El-Mageed,A.Abbady and R.Wafaa, 2008 “ Concentration of U-238, U-235, Ra226, Th-232 and K-40 for Some Granite Samples in Eastern Desert of Egypt”, Proceedings of the 3rd Environmental Physics Conference, Aswan, Egypt, P:109-117.

[68] <https://www.google.com/maps>.