



جمهورية العراق



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل - كلية العلوم

قسم الفيزياء

قياس مستوى اشعاع الرادون في اقسام كلية العلوم جامعة بابل و مدى تأثيره على منتسبي  
الكلية وطلبتها

من قبل الطالبة

سبأ صباح كاظم عوده

بكلوريوس علوم فيزياء

للعام الدراسي (2023-2024)

بأشراف

أ. د. محسن كاظم مطلب داغر

2024م

1445هـ



public of Iraq



Ministry of higher education and scientific research

Babylon University - College of Science

Physics Department

**Measuring the level of radon radiation in the departments of the  
Faculty of Science, University of Babylon, The extent of its impact on  
the college members and students**

By student

**Sabaa Sabah Kadhim odah**

B.Sc. physics

Scholar year 2024-2023

Supervised by

**Prof. Dr. Mohsin Kadhim Muttaleb Dagher**

2024A. D.

1445A.H

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(وَلَمَّا بَلَغَ أَشُدَّهُ وَاسْتَوَىٰ آتَيْنَاهُ حُكْمًا وَعِلْمًا وَكَذَٰلِكَ نَجْزِي

الْمُحْسِنِينَ).

سورة القصص - الآية 14 .

## اقرار المشرف

أشهد إن موضوع البحث الموسوم **قياس مستوى اشعاع الرادون في اقسام كلية العلوم جامعة بابل و مدى تأثيره على منتسبي الكلية وطلبتها و المنجز من قبل الطالبة سبأ صباح كاظم** قد اجري تحت اشرافي في قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة بابل كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الفيزياء .

التوقيع:-

المشرف : - أ. د. محسن كاظم مطلب داغر

اللقب العلمي :- استاذ

التاريخ :- / / 2024

## اهداء

إلى من لا يضاھيھما أحد في الكون، إلى من أمرنا الله بيزھما، إلى من بذلا الكثير، وقدّما ما لا يمكن أن يردّ،  
إليكما تلك الكلمات أمي وأبي الغاليان.

إلى جدتي الحبيبة..... من أفنت عمرها في تربيّتي

إلى من شد الله بهم عضدي فكانوا خير معين إخواني وأخواتي

إلى جميع أهلي وخلائني

الي هؤلاء جميع أھدي لكم هذا البحث؛ فقد كنتم خير داعم لي طوال مسيرتي الدراسية.

سبأ

## شكر وتقدير

نحمد الله عز وجل الذي وفقنا في إنجاز هذا البحث العلمي، والذي ألهمنا الصحة والعافية والعزيمة على إعداد تلك المجهودات فالحمد لله حمداً كثيراً.

أما بعد

يسعدني ويشرفني بأن اتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى الأستاذ الدكتور المشرف (محسن كاظم مطلب داغر) على كل المجهود التي قدمه في شكل توجيهات ومعلومات قيمة ساهمت في إثراء موضوع بحثي في جميع جوانبه المختلفة فله مني كل الشكر و التقدير .

و الشكر الجزيل و العرفان الى رئاسة قسم الفيزياء - كلية العلوم .

كما اتشرف بالشكر الجزيل الي جميع التدريسين في

جامعة بابل - كلية العلوم - قسم الفيزياء .

كل الشكر و التقدير والعرفان لهم جميع .

## الخلاصة

تعرفنا في هذا البحث على غاز الرادون ونظائره الثلاثة وتعرفنا على مصادر غاز الرادون وهي كثيرة منها في التربة والصخور وفي الماء وفي الهواء وفي مواد البناء ومدة بقائها في التربة . وعلى المخاطر التي يتسبب بها غاز الرادون وخطرها على حياة الانسان والامراض التي يتسبب بها من امراض السرطان كسرطان الرئة والوقاية منه عن طريق ارشاد الناس وتوعيتهم بخطورة هذا الغاز وبالتالي هذه التوعية والدراسات التي اجريت على غاز الرادون خدمت الانسان والبيئة وحافظت عليه وايضاً عملت على تخفيض غاز الرادون في المنازل . و كذلك عرفنا ان غاز الرادون هو غاز مشع طبيعي عديم الرائحة او اللون او الطعم ، ينتج عن الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي لليورانيوم المتواجد في الصخور وأنواع الترب كافة ، ويمكن العثور عليه في الماء أيضا ويتسرب الرادون من التربة إلى الهواء . يتم في هذا البحث قياس غاز الرادون في مختبرات قسم الفيزياء في محافظة بابل وان جميع القياسات قيست بجهاز ( Rad\_7 ) . كاشف الرادون ( DVRRIDGE COMPANY Inc ) المصنوع كما تم قياس تركيز اشعاع غاز الرادون في التربة ( ل 10 ) مواقع وفي كل موقع تم اخذ ثلاث اعماق هما ( 15cm , 30 cm , 45cm ) . وكانت التراكيز في المنطقة ذات مستوى اشعاعي ضمن الحدود الطبيعية . عند العمق (15cm) بلغت اعلى قيمة بتركيز الرادون عند (k10) حيث تبلغ ( 3820 ) و بلغت اعلى قيمة لتركيز الثورون (5825). وعند العمق (30cm) بلغت اعلى قيمة بتركيز الرادون عند (k7) حيث تبلغ ( 6235 ) و بلغت اعلى قيمة لتركيز الثورون (6860). اما عند العمق (45cm) اعلى قيمة بتركيز الرادون عند (k7) حيث تبلغ (9820Bq/m<sup>3</sup>) و بلغت اعلى قيمة لتركيز الثورون (3417 Bq/m<sup>3</sup>).

## Summary

In this research, we learned about radon gas and its three isotopes, and we learned about the sources of radon gas, which are many, including in the soil, rocks, water, air, and building materials, and how long they remain in the soil. And on the dangers caused by radon gas and its danger to human life and the diseases it causes, such as lung cancer, and preventing it by guiding people and making them aware of the danger of this gas. Therefore, this awareness and studies that were conducted on radon gas served humans and the environment and preserved it, and also worked to reduce radon gas. In homes. We also knew that radon gas is a natural radioactive gas that has no smell, color, or taste. It results from the natural radioactive decay of uranium found in rocks and all types of soil. It can also be found in water, and radon leaks from the soil into the air. In this research, radon gas is measured in the laboratories of the Physics Department in Babil Governorate, and all measurements were measured with a device (7\_Rad). A radon detector (DVRRIDGE COMPANY Inc) was manufactured and the concentration of radon gas radiation in the soil was measured (for 10) sites. At each site, three depths were taken: (15cm, 30cm, 45cm). The radioactive concentrations in the area were within normal limits. At depth (15cm), the highest value of radon concentration was at (k10), where it reached (3820), and the highest value of thoron concentration was (5825). At depth (30cm), the highest value of radon concentration was at (k7), where it reached (6235). The highest value of thoron concentration is (6860), while at depth (45cm), the highest value of radon concentration is at (k7), where it reaches (9820 Bq/m<sup>3</sup>), and the highest value of thoron concentration is (3417 Bq/m<sup>3</sup>).



## جدول المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع	ت
الفصل الاول		
	مقدمة	1.1
	مقدمة عن الرادون	2.1
	الدراسات السابقة	3.1
	اهداف البحث	4.1
الفصل الثاني.		
	الرادون	1.2
	اكتشاف الرادون	2.2
	خصائص الرادون	3.2
	مصادر الرادون	4.2
	كيف حساب انبثاق الرادون	5.2
	فوائد غاز الرادون و استخداماته	6.2
	مخاطر الرادون و وليداته	7.2
	تخفيض غاز الرادون في المنازل	8.2
الفصل الثالث.		
	مقدمة	1.3
	الاجهزة المستخدمة	2.3

	جهاز RAD7	1.2.3
	كاشف الحالة الصلبة	3.3
	تحليل الطيف	4.3
<b>الفصل الرابع</b>		
	الاستنتاجات و التوصيات	
	المصادر	

## جدول الاشكال

رقم الصفحة	الاشكال	ت
	خريطة الجرعة السنوية	1-2
	الرادون ونواتج تفككه والناتج من تفكك سلسلة اليورانيوم	2-2
	توزيع جرعة الخلفية في الولايات المتحدة الأمريكية	3-2
	انبعاث الرادون من التربة	4-2
	يوضح الشكل دخول وتأثير نرات الرادون في الجهاز التنفسي	5-2
	كاشف الرادون الالكتروني	1-3
	التركيب الداخلي لكاشف الرادون	2-3
	تحليل الطيف	3-3
	طيف طاقة الفا	4-3



الفصل الأول

**Chapter one**

## ١. مقدمة عامة (Introduction)

المواد المشعة وبشكل عام تدخل في دورة طبيعية عبر عناصر البيئة الرئيسية ممثلة بالهواء والماء والتربة وتنتقل عادةً الى الإنسان والحيوان والنبات عبر آليات عديدة، تختلف الأوساط الحاملة للمواد المشعة في خصائصها الفيزيائية والكيميائية والذي ينعكس في زمن مكوث المواد المشعة في الوسط وانتقالها إلى الإنسان، إذ ان الهواء يكون عادة وسط متحرك وينطوي على تلوث سريع الانتقال وتعد المسطحات المائية والمياه الجوفية وسطاً متوسط الحركة ويؤدي إلى انتقال متوسط السرعة من جهة أخرى تعد التربة وسطاً ساكن نسبياً مقارنة مع الهواء والماء ويؤدي إلى تلوث قصير وبعيد الأمد، تعود أهمية التربة في هذا المضمار إلى أنها المستقبل النهائي للمواد المشعة وان دورها بعيد الأمد يكون كمستودع للمواد المشعة وبنفس الوقت كمصدر لهذه المواد في تلوث الهواء والماء وبالتالي النبات والإنسان .

أن مخاطر غاز الرادون لا يكمن في كونه عنصر مشع فحسب بل لكونه غاز يستطيع إن ينتشر لمساحات واسعة بالإضافة إلى تحول الرادون بعد فترة (3.83) يوم إلى عنصر البولونيوم الباعث لجسيمات ألفا فيترسب البولونيوم على النباتات وفي البيوت مما يشكل خطورة كبيرة على السكان في هذه المناطق. يعرف النشاط الإشعاعي بأنه نوع معين من الإشعاع ينبعث من مواد نشطة إشعاعياً. ويعد النشاط الإشعاعي ظاهرة أرضية أحاطت ببيئة الإنسان ولوثت بهذا القدر أو ذاك الماء والهواء والتراب حسب تصنيف (Warren) لعناصر البيئة، كما لوثت الغذاء النباتي والحيواني وذلك بتواجد نويدات العناصر المشعة الخاضعة لهذه الظاهرة ويعرف التلوث (pollution) بأنه تواجد صنف ما بتركيز أعلى من التركيز المسموح به في المحددات القياسية البيئية المحلية والعالمية والتي تسبب ضرراً بالبيئة بشكل عام والإنسان بشكل خاص [1]. وسوف يركز البحث الحالي على الملوثات الإشعاعية لعناصر البيئة الناتجة عن انتشار غاز الرادون في جامعه بابل كلية العلوم واقسامها وذلك كون عناصر البيئة متأثرة بفعل النشاط الإشعاعي.

تتطلب البيئة الصحية الاستدامة والتهوية المناسبة وهو أمر مهم للحفاظ على التهوية الآمنة للمبنى لسكانه. غاز الرادون موجود فعليًا في كل مكان، ولكن الإفراط فيه يشكل خطرًا على الصحة. لذلك من المهم أن يكون الهواء الداخلي نظيفًا مع انخفاض مستوى غاز الرادون. الرادون هو من ذرية النويدات المشعة البدائية لليورانيوم والثوريوم، وهو موجود في التربة والصخور والمياه والمباني ومواد البناء. وهو غاز مشع يتحلل إلى مادة صلبة. من المعروف أن الجسيمات الصلبة الناتجة عن غاز الرادون موجودة في الهواء وتلتصق بالجهاز التنفسي عند استنشاقها تتعرض الرئتان لمخاطر الإشعاعات المؤينة. ونظرًا لطبيعته الضارة، فإن الوعي بالرادون يتزايد حاليًا على مستوى العالم. كشفت الدراسة أن تركيز غاز الرادون في الأماكن المغلقة يجب تقليله إلى أدنى مستوى ممكن تحقيقه ومع ذلك، فإن الكثير من هذا الوعي لا يتم سماعه في البلدان النامية حيث لا يزال هناك عدد قليل من المؤلفات حول هذا الموضوع.

ويعزى دخول غاز الرادون إلى المباني إلى آليات مختلفة، منها تسرب غاز الرادون الموجود بشكل طبيعي في التربة من خلال الشقوق في أساسات المبنى، وتراكم غاز الرادون في محيط المبنى، ودخوله عبر الأبواب والنوافذ المدفوعة بواسطة فروق درجة الحرارة والضغط، وذوبانها في مياه الشرب داخل المبنى، وانبعاثها من مواد البناء المكونة لهيكل المبنى. وتتميز هذه الظاهرة بأنها تسرب العناصر المشعة إلى بيئة البناء. ومن الجدير بالذكر أن أحد المصادر الرئيسية للرادون داخل المباني ينشأ من مواد البناء المستخدمة أثناء تشييد المبنى، حيث تحتوي العديد من هذه المواد على اليورانيوم، وهو مصدر محتمل لانبعاث غاز الرادون. بالإضافة إلى ذلك، فإن العامل المؤثر الذي يؤثر على تركيزات غاز الرادون داخل المباني هو ديناميكيات دوران الهواء الداخلي، بالإضافة إلى تكرار ومدة التهوية. أبلغت العديد من الدراسات عن ارتفاع تركيزات غاز الرادون داخل المباني غير جيدة التهوية. وبالنظر إلى أن الأفراد يقضون جزءًا كبيرًا من حياتهم داخل منازلهم، فإن تحديد تركيزات غاز الرادون داخل المباني، والتي يمكن أن تصل إلى مستويات خطيرة في كل من البيئات المهنية

والسكنية[1]

## 2.1 الرادون

غاز مشع طبيعي عديم الرائحة او اللون او الطعم ، ينتج عن الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي لليورانيوم المتواجد في الصخور وأنواع الترب كافة ، ويمكن العثور عليه في الماء أيضا ويتسرب الرادون من التربة إلى الهواء ، حيث يضمحل وينتج مزيدا من الجزيئات المشعة . وأثناء التنفس تترسب هذه الجزيئات على الخلايا المبطنة للمسالك الهوائية ، حيث يمكن أن تتلف الحمض النووي ويحتمل أن تسبب سرطان الرئة .

وفي الهواء الطلق ، يتلاشى الرادون سريعا وتتحفض تركيزاته إلى أدنى المستويات ولا يمثل مشكلة عموما. يتراوح متوسط تركيز الرادون في الهواء الطلق بين  $15.5 \text{ Bq/m}^{-3}$ . وبالمقابل ، تكون تركيزات الرادون في الأماكن المغلقة والمناطق القليلة التهوية أعلى من ذلك، حيث تسجل أعلى النسب في أماكن مثل المناجم والكهوف ومرافق معالجة المياه. ويمكن أن تتباين تركيزات الرادون في المباني مثل المنازل والمدارس والمكاتب تبايناً كبيراً من  $10 \text{ Bq/m}^{-3}$  إلى أكثر  $1000 \text{ Bq/m}^{-3}$ . وبالنظر إلى خصائص الرادون ، فإن المقيمين في تلك المباني قد يعيشون أو يعملون فيها وهم يجهلون أن مستويات تركيز الرادون فيها عالية للغاية [2].

### 1. 3 استعراض الدراسات السابقة (Review of Previous Studies).

سنعرض عدد من الدراسات في مجال قياس وتحديد مستوى الرادون:

❖ اما في (2010) تم قياس تراكيز الرادون في نماذج هباء الهواء في محافظة بغداد ،وقد أوضحت النتائج التي حصلنا عليها ان أعلى معدل لتراكيز الرادون كان في منطقة المحمودية (4.35 ppm) ومعدل تراكيز الرادون لعشر مناطق من بغداد تتراوح بين (1.73-4.35 ppm) ومعدل التراكيز (3.135 ppm). [ 3].

❖ Ismail.H.A في عام (2010)هدفت هذه الى الدراسة تقييم المخاطر البيئية من معدل زفير غاز الرادون في عينات التربة في مواقع مختارة في كردستان العراق ، باستخدام  $39\text{CR} - \text{TDS}$  السلبي

وطريقة الكشف النشطة RAD7. تم تقدير تركيز الرادون ومحتوى الراديوم الفعال ومعدل زفير منزلا الرادون في عينات التربة التي جمعت عند مستوى عمق 30 سم داخل 124 . أظهرت النتائج أن معدل انبعاث غاز الرادون كان متفاوتا من موقع إلى آخر ، اعتمادا على التكوين الجيولوجي. تأتي معظم المخاطر الصحية من انبعاث الرادون وابنته بسبب مساهمته في الرادون الداخلي ، لذلك أظهرت النتائج أن هناك علاقة خطية بين نسبة التربة وتركيز الرادون الداخلي (تربة  $Rn^{222}$  / داخلي  $Rn^{222}$  ) ومحتوى الراديوم الفعال. في عينات التربة [4]

❖ تمكن الباحثون (Valladres, et.al.) في عام 2011 من قياس النشاط الإشعاعي لعينات من الصخور في سان لويس في الأرجنتين وذلك باستخدام تقنيتين مطياف كاما و CR-39 في 14منطقة وقد وجد إن تركيز غاز الرادون يتراوح من  $(0.43+0.04)$   $kBq.m^{-3}$   $(0.12\pm 1.48)$ . [5]

❖ استطاع الباحثان (Misdaq and Ouguidi) في المغرب عام 2011 من قياس تركيز غاز الرادون في التربة جنوب مدينة مراكش باستخدام CR-39 وقد وجد أن تركيز غاز الرادون  $Bq.m^{-3}$   $(412+35)$  والجرعة الفعالة  $(0.115)$   $mSv.y$  [6]

❖ عام 2011 تمكن Abdulfattah and Ahmed من قياس تركيز غاز الرادون في الماء، التربة، المياه الجوفية، الهواء الخارجي داخل الابنية لمناطق محددة في بغداد باستعمال الكاشف ( Alpha-Guard PQ2000 ) ، وجد أن معدل تركيز الغاز في التربة  $140.54 Bq/m^3$  وللماء  $17.27 Bq/L$  ، المياه الجوفية  $15.26 Bq/L$  ، للهواء  $16.91 Bq/m^3$  وهي ضمن القيمة المقبولة التي أوصت بها المنظمة الدولية لحماية البيئة. [7]

❖ تمكن الباحثون (Canbazoglu ,et.al.) عام 2012 من قياس تركيز غاز الرادون في عينات من الماء والهواء في منطقة الأناضول الشرقية في تركيا باستخدام كاشف CR-39 في 208 منزل وكان معدل تركيز غاز الرادون في الهواء الداخل  $(98)$   $Bq.m^{-3}$  والجرعة الفعالة  $(2.48)$   $mSv.y$

ولقياس تركيز غاز الرادون في الماء استخدم الكاشف الوميضي في 214 موقع وكان معدل التركيز مساوي '(0.091). Bq.L [8].

❖ قام الباحث (Hussein et. al.) عام (2013) بقياس مستويات تركيز غاز الرادون ومخاطرة في اقليم كردستان العراق في الابنية داخل المستشفيات في موسم الخريف ، باستعمال كاشف الأثر النووي (39-CR) وضعت في ثلاثة طوابق حيث وجدوا ان المستوى لتركيز غاز الرادون والجرع السنوية الممتصة مع اختلاف الطابق تتناقص تدريجيا. [9]

❖ تمكن الباحثون (Korany et. al.) عام (2013) تم تقييم مستويات تركيز غاز الرادون في التربة في أعماق مختلفة من منطقة وادي نصيب وتقع المنطقة قيد الدراسة على بعد 40 كيلو متراً شرق بلدة أبو زنيمة في الجزء الجنوبي الغربي من شبة الجزيرة سيناء ، تم قياس تركيز الرادون بأستخدام كاشف (39-CR) وتم تقسيم المنطقة الى ثلاث محطات (منخفضة ومتوسطة وعالية المستوى ) وكانت متوسط القيم (4.35). (kBq/m<sup>-3</sup>). [10]

❖ تمكن الباحثان (Tabar et. al.) عام (2013) دراسة مستوى النشاط الاشعاعي الطبيعي وتركيز غاز الرادون في التربة تقع في منطقة ديكيلي، تركيا باستخدام CR-39 النوع الثاني . وقد وجد أن تركيز غاز الرادون في التربة في منطقة الدراسة (0.098-8.594) KBq/m<sup>-3</sup> بمتوسط قيمة (1.920) KBq/m<sup>-3</sup> أعلى تركيز للرادون في الصيف وأقل تركيز يقاس في الشتاء [11]

❖ تمكنت (Taghreed) عام (2014) من قياس تركيز غاز الرادون في عينات من التربة والمياه من مناطق مختارة في محافظة النجف باستعمال كاشف الاثر CR-39 وكانت نتائج القياسات أن متوسط قيمة غاز الرادون في التربة بلغ  $100.0 \pm 7.0$  Bq/m<sup>-3</sup> بينما تم تحديد تركيز الغاز في عينات من الماء من الشبكات في المساكن في محافظة النجف وشارت النتائج الى أن أعلى تركيز للرادون في منطقة ميسان بلغت  $0.08 + 0.59$  Bq/L. [12]



❖ قام (Najam et. al.) عام (2014) بقياس تركيز الرادون في عينات من المياه من مجموعة احد عشر موقعا مختارا من محافظة نينوى باستعمال كاشف الاثر النووي CR-39 ووجد محتوى الرادون في عينات المياه من منطقة الدراسة يتراوح من 17.4 Bq/L الى 36.1 Bq/L أما في مدينة نوفي فبلغ متوسط القيمة 26.37 Bq/L. [13].

❖ تمكن ( al .et Khalid .) عام (2015) قياس تركيز غاز الرادون في التربة محافظة بابل أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن أعلى قيمة لتركيز غاز الرادون في التربة كان  $32.753 \text{ m}^{-3}/\text{Bq}$  في منطقة المهندسين والوردية . بينما كان أقل قيمة لتركيز غاز الرادون في 3 عينات التربة  $25.85 \text{ m}^{-3}/\text{Bq}$  في منطقة نادر. [14].

❖ تمكن (Ajiboye et. Al.) عام (2016) دراسة تركيز الرادون في تربة أراموكو إيكيتي ، نيجيريا ، باستخدام كاشف الحالة الصلبة (CR-39) تم العثور عليه في منطقة الدراسة بين (0.63 -  $35.04 \text{ kBq.m}^{-3}$   $9.82+0.56 \text{ kBq.m}^{-3}$  هذه النتائج أعلى من الحد المسموح به. [15].

❖ تمكن الباحثون (Sudhir et. Al.) عام (2016) في هذه الدراسة تم قياس تركيز الرادون في 20 عينة من التربة تم جمعها من مواقع مختلفة من منطقتي بيكانير وجونجونو في راجاستان بالهند باستخدام كاشف الحالة الصلبة CR-39 يتراوح تركيز الرادون في عينات التربة  $1050941 \text{ Bq.m}^{-3}$  بمعدل تركيز  $4561 \text{ Bq.m}^{-3}$ . [16].

❖ تمكن الباحثان (Rejah and Ashoor) عام (2017) حساب تركيز غاز الرادون في مدينة الحصوة في محافظة بغداد باستخدام تقنية الكشف عن الاثر النووي (CR-39). تم اختبار ثماني عينات في ثماني مناطق في الحصوة في محافظة بغداد ، كان نسبة تركيز غاز الرادون  $424.24 \text{ Bq.m}^{-3}$  هو

أقل من النطاق المسموح به عالمياً  $7400 \text{ Bq.m}^{-3}$  حسب تركيز طاقة ألفا المحتملة والجرعة الفعالة السنوية ، تم تحديد العلاقة النسبية بين الجرعة المكافئ وتركيز غاز الرادون في منطقة قيد الدراسة [ 17].

❖ تمكن الباحث (Al-Hamidawi) عام (2018) قدر الباحث عدد الجسيمات بتقنية SSNTD,CN-85 في القيم المحددة لمحافظة النجف/العراق . تركيز غاز الرادون والثورون في التربة ، وجد أعلى قيمة  $1194.69 \text{ Bq.m}^{-3}$  ( و أقل قيمة  $506.84 \text{ Bq.m}^{-3}$  ) [18]

❖ أما في (2019) رصد تركيز غاز الرادون في أنواع مختلفة من المباني في جامعة العهد، نيجيريا تم إجراء تقييم لمستوى الرادون المستدام باستخدام جهاز كاشف الرادون (RAD7) متوسط تركيز الرادون في البيت الزجاجي، والمنزل المبني من الطوب، والمنزل الموجود في الطابق السفلي هو 14.96، 10.74 و  $144.61 \text{ بيكومتر}^{-3}$ ، على التوالي. يتراوح تركيز غاز الرادون في البيت الزجاجي من 11.03 إلى  $17.46 \text{ بيكومتر}^{-3}$  . تراوح تركيز الرادون الذي تم قياسه من 6.62 إلى 20.85 بيكومتر لهيكل منزل من الطوب. يتراوح تركيز الرادون في هيكل الطابق السفلي من 15.75 إلى 614.52 مليار متر مكعب . وقد لوحظ من الدراسة أن متوسط تركيز الرادون المقاس من هيكل الطابق السفلي كان أعلى من الحد الموصى به بمعامل 4. والجرعات الفعالة السنوية المقدرة هي 0.377 و 0.271 و 3.644 ملي زيفرت للمنازل المصنوعة من الزجاج والطوب والطابق السفلي. [19]

❖ وفي (2020) أجرى علي عابد أبو جاسم دراسة مقارنة بين التقنية الفعالة (كاشفات CR-39) وتقنية نشطة (جهاز رصد RAD7). قياس بعض العينات المجمع من المياه الجوفية في مدينة النجف الأشرف وكان معامل الارتباط بين التقنيات 0.8، وكانت النتائج سلبية تراوحت التقنية بين 179 بيكريل/م<sup>3</sup> و 557 بيكريل/م<sup>3</sup> ، في حين أن نتائج النشطة تراوحت التقنية من 174 بيكريل/م<sup>3</sup> إلى 2000 بيكريل/م<sup>3</sup>. [20]

❖ في (2021) قام عبد الستار كريم هاشم وآخرون بقياس تراكيز غاز الرادون في الهواء والتربة لبعض المباني في مدينة كربلاء في العراق، باستخدام كاشفات CR-93 (تقنية العلب المختومة)، وقد تباينت نتائج التربة من 0.58 28.44 بيكريل/م<sup>3</sup> إلى 479.76 بيكريل/م<sup>3</sup> بمتوسط 220.33 بيكريل/م<sup>3</sup> وبالنسبة للهواء إلى 46.82 بيكريل/م<sup>3</sup> تراوحت بين 1.95 بيكريل/م<sup>3</sup> [21].

❖ (2022)، قام أوسام عبد الستار مرزالي وآخرون بقياس تركيز غاز الرادون لعشرين عينة من المياه الجوفية في محافظة ذي قار، العراق، باستخدام جهاز رصد RAD7، تراوحت النتائج بين 320 بيكريل/م<sup>3</sup> إلى 7800 بيكريل/م<sup>3</sup> بمتوسط 5200 بيكريل/م<sup>3</sup> بمتوسط 5200 بيكريل/م<sup>3</sup>، وكانت بعض النتائج أعلى من الحد المسموح به الذي أوصت به منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب، ولكن جميع النتائج كانت ضمن الحد المسموح به الذي أوصت به وكالة حماية البيئة. [22]

#### 4.1 الهدف من البحث

- (1) قياس تركيز نشاط الرادون والثورون في تربة - جامعة بابل باستخدام كاشف RAD7.
- (2) قياس تركيز نشاط الرادون في مختبرات قسم الفيزياء .
- (3) إنشاء بيانات أو خريطة اشعاعية لكل من غاز الرادون المشع والثورون في جامعة بابل.



الفصل الثاني

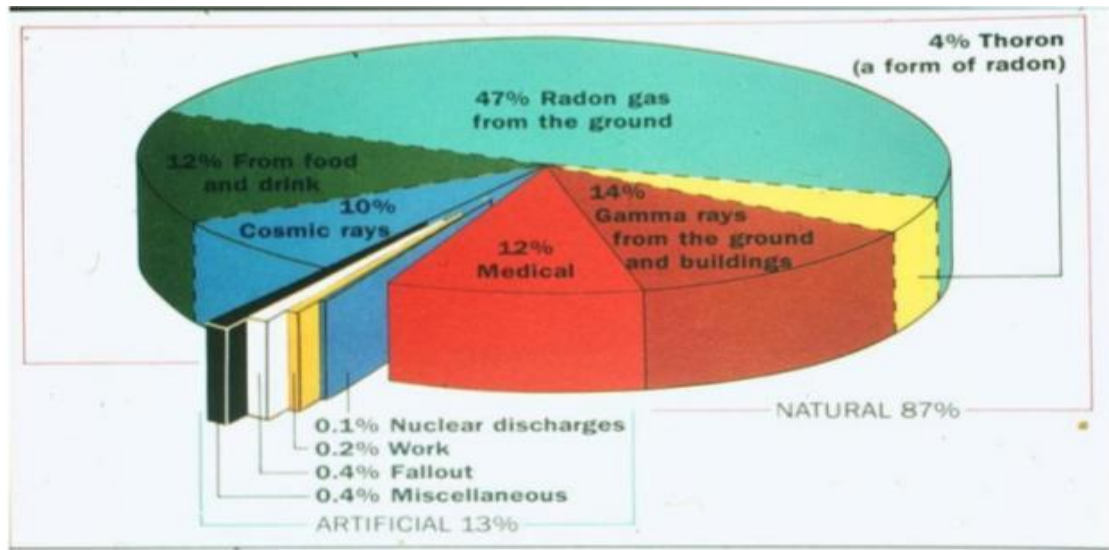
الجزء النظري

## 1.2 الرادون

يعد الرادون غاز ذو منشأ طبيعي ينتج عن تفكك عنصر الراديوم المشع ويعود هذا العنصر إلى واحدة من السلاسل الثلاث الأكثر أهمية من سلاسل النشاط الإشعاعي الطبيعي وهذه السلاسل هي سلسلة اليورانيوم  $^{238}\text{U}$  وينشأ عنها الرادون  $^{222}$  وسلسلة الثوريوم  $^{232}$  وينشأ عنها نظير الرادون  $^{220}$  والذي يدعى بالثوران  $^{220}$  وسلسلة اليورانيوم  $^{235}$  (  $^{235}\text{U}$  ) التي وينشأ عنها نظير الرادون  $^{219}$  المعروف بالأكتينيوم  $^{219}$ . يهمل عادة الأكتينيوم  $^{219}$  [23] عند تقييم الجرعة الإشعاعية الطبيعية وذلك لندرة وجود نظير اليورانيوم  $^{235}$  أساس السلسلة التي ينحدر منها هذا النظير ( يتواجد طبيعياً بنسبة 0.7 % من اليورانيوم الطبيعي) ومن جهة أخرى بسبب صغر عمر النصف له (3.92 ثانية)، لذلك يتلاشى هذا النظير قبل خروجه من التربة إلى البيئة، أما النظير  $^{220}$  والذي يدعى بالثوران ( $^{220}\text{Thoron}$ ) فيمكن أن يكون أكثر أهمية، إذ أن نسبة إنتاج الرادون  $^{222}$ - والثورون -  $^{220}$  في الطبيعة متساوي تقريباً وذلك لأن وفرة  $^{238}\text{U}$  في قشرة الأرض عموماً 3-4 مرات أصغر من الثوريوم  $^{232}$ - وفي حين العمر النصفى لليورانيوم  $^{238}$  أقصر بثلاث مرات تقريباً من العمر النصفى للثوريوم  $^{232}$ - وعلى أية حال فإن العمر النصفى القصير نسبياً للثوران (55.6 ثانية) يجعل احتمالية تفكك وتلاشي هذا النظير داخل التربة قبل خروجه للوسط الخارجي كبير. يتواجد الرادون بشكل طبيعي تقريباً في كل مكان كالراديوم المنتشر خلال قشرة الأرض. [24]

أقر العلماء بإجماع خلال العقد الماضي، على اعتبار أن غاز الرادون السبب المحتمل للإصابات السرطانية في البشر. وقد أوضح العلماء العاملون في وكالة الحماية البيئية في الولايات المتحدة أن حوالي 5,000 إلى حوالي 20,000 من الوفيات سنوياً كانت نتيجة إصابتهم بسرطان الرئة يمكن أن ينسبوا إلى التعرض لغاز الرادون. ومن المؤكد الآن أن استنشاق الرادون وبناته ذوات عمر النصف القصير من قبل الناس

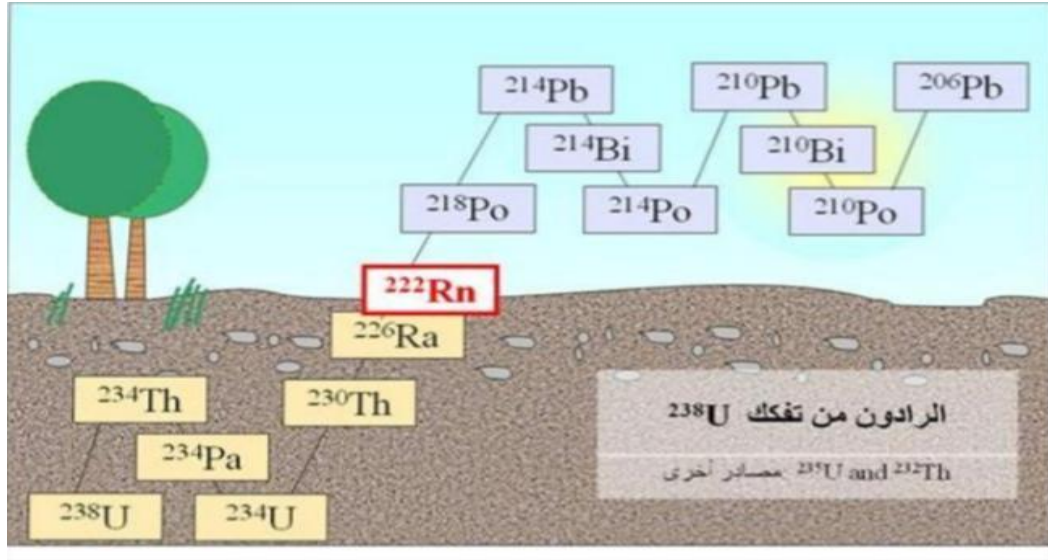
هو المساهم الأكبر في جرعة الإشعاع الفردية وذلك لكلى التعرضين خارج المنازل و في ادخلها [25] كذلك بينت البحوث التي أجريت خلال العقود الأخيرة وتحت الظروف العادية أن أكثر من 70% من الجرعة السنوية للجمهور تعود إلى مصادر طبيعية للأشعة المؤينة بينما 40% يعود إلى استنشاق وابتلاع غاز الرادون - Rn222 ونواتج تفككه. [26] ويبين الشكل (1-1) خريطة الجرعة السنوية كما أقرتها الـ ICRP.



الشكل (1-2) خريطة الجرعة السنوية. [26]

وفي الحقيقة فإن تركيز غاز الرادون في الهواء الخارجي منخفض نتيجة الخلط الهوائي، وعلى النقيض من ذلك، فإن تركيز الرادون داخل المنازل بشكل عام أعلى من 2 إلى 10 مرات منه في الخارج، لذا فإنه غالباً ما يهمل التعرض للرادون خارج المنازل.

يعود الخطر الإشعاعي للرادون بشكل رئيسي إلى منتجات تفككه قصيرة عمر النصف، حيث أن احتمال حدوث تفكك منتجاته أكبر بكثير من حدوث تفككه أثناء عملية الشهيق والزفير، ومنتجات تفككه أجسام صلبة تستطيع أن تلتصق على الجدران الداخلية للجهاز التنفسي وتشكل خطراً كامناً ويوضح الشكل (2-2) الرادون ونواتج تفككه والنواتج من تفكك سلسلة اليورانيوم 238



الشكل (2-2) الرادون ونواتج تفككه والناتج من تفكك سلسلة اليورانيوم 238[23]

ينتمي غاز الرادون إلى عمود الغازات النبيلة أو الخاملة، وبسبب خمول غاز الرادون فإنه لا يحتبس في الجهاز التنفسي ولا يساهم بذلك كثيراً في الجرعة الإشعاعية، غير أن منتجات تفككه قصيرة عمر النصف تترسب في الرئة والقصبات وتصدر جسيمات ألفا فتؤدي جراً استنشاقها إلى جرعة إشعاعية تزيد 100 مرة عن ما يسببه إشعاع الرادون وحده. [23]

الرادون هو أحد عناصر الجدول الدوري وهو غاز نبيل ومشع يبلغ عدده الذري (86) ويوجد في الطبيعة بصورة غازية إذ يعد من أثقل الغازات المعروفة في الطبيعة اكتشف هذا الغاز عام (1900) من قبل الباحث (Dorn) في أملاح الراديوم [27]، غاز الرادون عديم اللون والرائحة وينتشر من التربة إلى الجو بواسطة انتشار الجزيئات ويتكون من ثلاثة نظائر هي -نظائر هي :

1- الرادون وهو نظير ( $Rn^{222}$ ) وينتمي إلى سلسلة ( $U^{238}$ ) ويعد هذا النظير الأطول عمراً من بين نظائر الرادون إذ يبلغ عمره النصفى (3.825) يوم وهذا العمر يمنحه القابلية على الانتشار لمسافات محدودة في الجو وهو باعث لجسيمات ألفا بطاقة (5.4 MeV) .

2- الثورون وهو نظير (  $Rn^{220}$  ) وينتمي إلى سلسلة (  $Th^{232}$  ) يبلغ عمره النصفى ( 55 ) ثانية تقريبا  
 ( وهو باعث لجسيمة ألفا بطاقة ) MeV 6.2

3- الاكتينيون وهو نظير (  $Rn^{219}$  ) وينتمي إلى سلسلة (  $U^{235}$  ) يبلغ عمره النصفى أربع ثوان ، ويوجد  
 بصورة قليلة جدا وذلك بسبب قلة توفر ( 235 ) وكذلك بسبب عمره النصفى القصير [28]

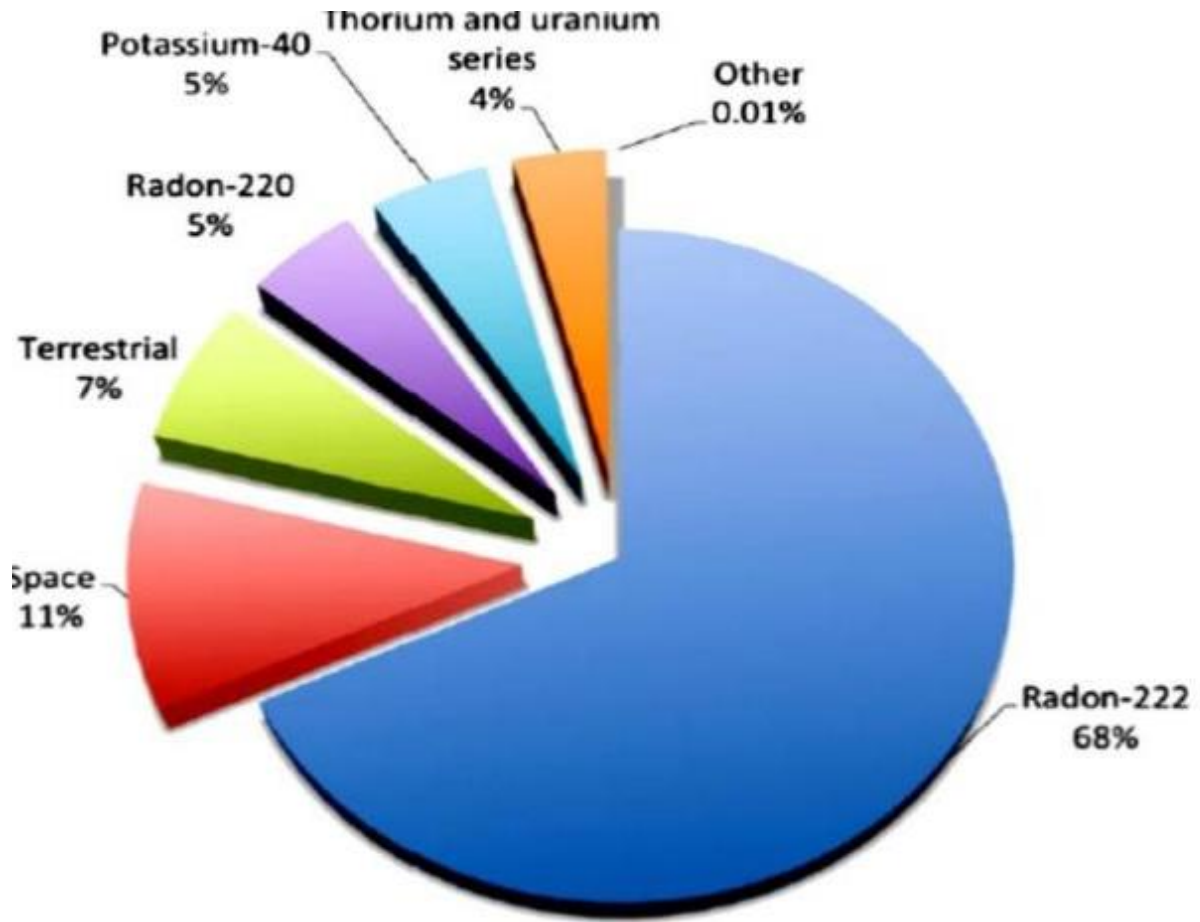
الجدول (1-2) يبين نظائر الرادون.

نظائر الرادون					
النظائر	الوفرة الطبيعية	عمر النصف	نمط الاضمحلال	طاقة الاضمحلال MeV	نتائج الاضمحلال
$^{210}Rn$	مصطنع	2.4 ساعة	$\alpha$	6.404	$^{206}Po$
$^{211}Rn$	syn	14.6 ساعة	$\epsilon$	2.892	$^{211}At$
			$\alpha$	5.965	$^{207}Po$
$^{222}Rn$	زهيد	3.8235 يوم	$\alpha$	5.590	$^{218}Po$
$^{224}Rn$	syn	1.8 ساعة	$\beta$	0.8	$^{224}Fr$

## 2.2 اكتشاف غاز الرادون

تم اكتشاف عنصر الرادون على يد العالم الألماني فريدريش إرنست دورن بعد اكتشاف اليورانيوم 238 والثوريوم والراديوم 226 والبولونيوم آخرون. بدأ القلق بشأن انبعاث غاز الرادون في عام 1900 عندما نشر دورن كتابه ورقته الأولى [29]. البيئة التي يعيش فيها الإنسان تحتوي على إشعاعات طبيعية (إشعاع الخلفية)، ويتلقى جميع الأشخاص جرعة يومية ناتجة عن ذلك الإشعاع الطبيعي أكبر جزء من الجرعة التي يتلقاها الناس بسبب الإشعاع الطبيعي ويأتي من غاز الرادون 222 كما هو موضح في الشكل (2 - 3).





الشكل (2-3): توزيع جرعة الخلفية في الولايات المتحدة الأمريكية [30]

### 3.2: خصائص غاز الرادون

عنصر الرادون ذو العدد الذري 86 له خصائص تكمن في ذلك بين المعادن و اللافلزات، فهو عنصر فلز مثل السيليكون، البورون، الجرمانيوم، الزرنيخ التيلوريوم البولونيوم، والأستاتين. يتم تعريف التبخير على أنه الطاقة اللازمة للتغلب على الجاذبية بين الذرات وغاز الرادون 222 هو الأعلى قيمة له، حيث تزداد قيمته مع الزيادة العدد الذري [23].

متوسط السرعة الذرية لغاز الرادون أبطأ من الغازات النبيلة الأخرى والتي تساوي 165 م/ث (عند "متوسط درجة الحرارة العالمية 14 درجة مئوية")، مثل غاز الرادون الغازات النبيلة الأخرى هي غاز حامل كيميائياً. ويوضح الجدول (2 - 1) الحالة المادية الخواص الذرية والكيميائية لغاز الرادون - 222.[23]

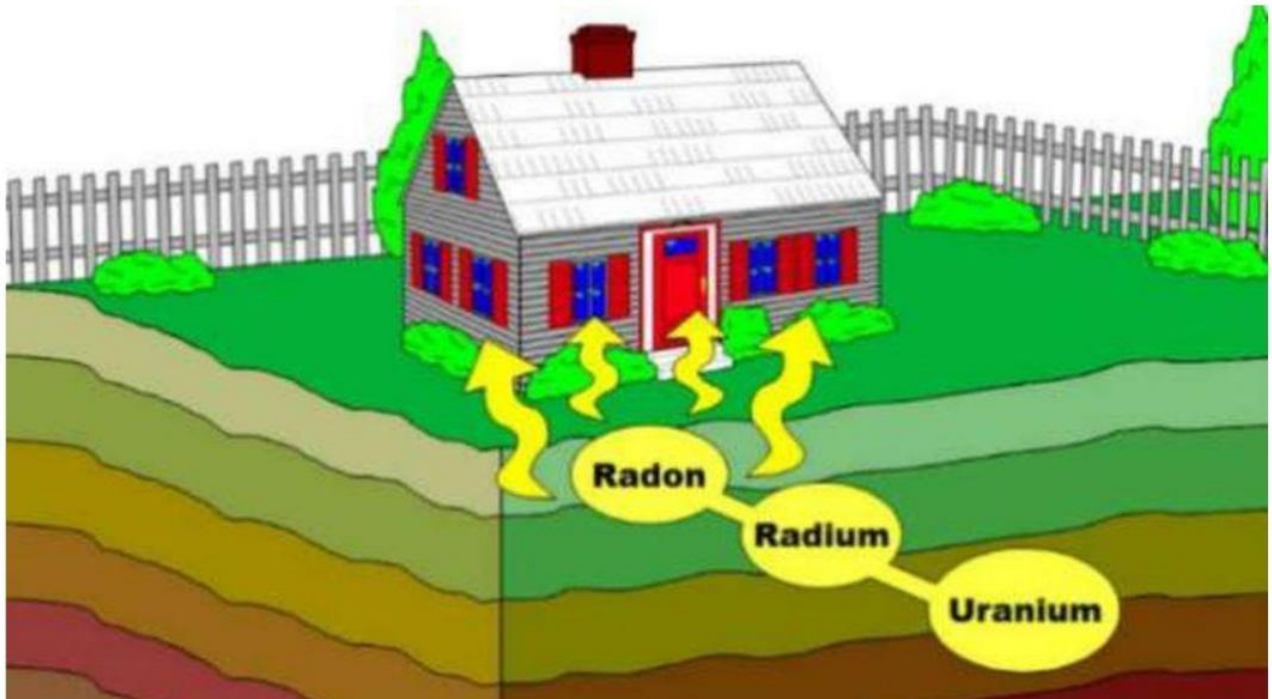
الجدول (2 - 2): الخواص الفيزيائية والذرية والكيميائية لغاز الرادون-222

الخصائص	الحجم
الوزن الذري القياسي	222
التكوين الإلكتروني للغلاف الخارجي	$6s^26p^6$
كثافة	9.73 kg/m <sup>3</sup> at (0 °C, a pressure of 1.013×10 <sup>5</sup> pa)
نقطة الانصهار	-71 °C
نقطة الغليان العادية	-64 °C
حرارة الانصهار	3.247 kJ/mol
حرارة التبخر	18 kJ/mol
المحتوى الحراري للتأين الأول	1037 kJ/mol
عدد التأكسد	0, 2, and 6

## 4.2 مصادر الرادون

### 1.4.2 التربة والصخور

إن حوالي 80 % من غاز الرادون المنبثق إلى الوسط الخارجي ينتج عن الطبقة العليا للأرض ، وبالتالي فإن وجود الراديوم 226 - اليورانيوم 238 - هو السبب في إصدار الرادون في التربة وتختلف كمية الراديوم واليورانيوم من مكان إلى آخر حسب الطبيعة الجيولوجية . وبشكل عام فإن الصخور الموجودة في القشرة الأرضية تحوي نحو 1 بيكو كوري بالغرام ، ؛ والتربة نحو 0.7 بيكو كوري بالغرام . كل تفكك لذرة راديوم موجودة في حبيبات التربة أو الصخور سيعطي ذرة رادون ؛ فإذا كان إنتاج هذه الذرة قريب من سطح التربة فيمكنها الهروب إلى الوسط الخارجي و الشكل (2-4) ادناه يبين انبعاث الرادون من التربة [24]



شكل (2-4) يوضح انبعاث الرادون من التربة

## 2.4.2 الماء

يعد الرادون متوسط الانحلالية في الماء وتزداد انحلاليته بنقصان درجات الحرارة لذلك عندما تسير المياه الجوفية الباردة عبر الصخور تمتص التربة الجوفية كمية البأس بها من غاز الرادون .وعندما يسخن الماء او يحرك فإن كمية كبيرة من الرادون تنقل وتطلق إلى الوسط الخارجي .تعتمد كمية الرادون في الماء بشكل رئيسي على عاملين الأول هو المواصفات الجيولوجية المحلية حيث يستخرج الماء .والثاني هو مصدرالماء المستخدم.حيث وجد أن الرادون الناتج عن الماء يشكل مشكلة في الأبنية التي تستخدم مياه الآبار بشكل مباشر ، بينما لا يكون مشكلة في البيوت التي تعتمد على شبكة المياه العامة وذلك أنه عادة يتم حفظ مياه الشبكة العامة من أجل المعالجة والتخزين وبعد ذلك التوزيع يعطي الوقت ليتفكك فيه الرادون ونواتج تفككه المنحل في الماء قبل أن يصل إلى الأبنية

تشارك المحيطات بنحو % 1 من كمية الرادون الصادرة إلى الوسط الخارجي بالرغم من أن مساحتها تشكل ضعف مساحة الأرض ؛ ويعود ذلك إلى أن محتوى ماء البحر من اليورانيوم والراديوم أصغر بكثير من محتوى التربة والصخور .[24]

## 3.4.2 مواد البناء

تحتوي مواد البناء المصنوعة من التربة والصخور مثل ( الإسمنت ، البلوك ، السيراميك ، ... ) على مواد مشعة ذات منشأ طبيعي مثل اليورانيوم والراديوم وبالتالي فهي تولد الرادون . لهذه المواد نفوذية كافية لينطلق الرادون المتولد ضمنها إلى الوسط الخارجي .

كما أن هنا عوامل أخرى تؤثر في تركيز الرادون في الأبنية منها الرطوبة ودرجة الحرارة. فعند وجود فرق في درجة الحرارة داخل وخارج الأبنية هذا يؤدي إلى نشوء فرق في الضغط الأمر الذي يؤدي إلى سحب هواء التربة الواقعة تحت المنزل إلى الداخل والذي بدوره يمكن أن يرفع تركيز نسبة غاز الرادون بالداخل. وقد وجد أن تركيز الرادون أيضا يتغير من فصل لآخر ومن شهر إلى شهر آخر ومن يوم إلى يوم آخر حتى بين النهار والليل. [24]

## 5.2 كيف حساب انبثاق الرادون.

حساب انبثاق غاز الرادون باستخدام العلاقة التالية:

$$Rn_{exh} = (C_{Rn} \cdot V) / (A \cdot T_e)$$

$Rn_{exh}$ : انبثاق الرادون من سطح العينة

$C_{Rn}$ : تركيز غاز الرادون المقاس باستخدام الكواشف البلاستيكية

$V$ : حجم حجيرة الانتشار .

$A$  : مساحة فتحة حجيرة الانتشار التي تم تثبيتها على العينة

زمن التعريض الفعال (ساعة) ويحسب باستخدام العلاقة:

$$T_e = T - \frac{1}{\lambda} (1 - \exp(-\lambda \cdot T))$$

حيث  $\lambda$  زمن التعريض الحقيقي و  $T$  ثابتة تفكك غاز الرادون.

## 2. 6 فوائد غاز الرادون واستخداماته

من الممكن تلخيص فوائد غاز الرادون كالآتي[25]:

### 1- التنقيب عن اليورانيوم

توجد عالقة وثيقة بين غاز الرادون والعديد من الظواهر الجيولوجية مثل وجود خام اليورانيوم فقبل استخراج خاماته من باطن الأرض يجب إجراء عملية استكشاف للأماكن التي يتركز فيها هذا الخام بغزارة وذلك عن طريق رصد وقياس تراكيز الرادون في التربة إذ أن اليورانيوم يمثل النواة الأم الرئيسة التي ينحدر عنها الرادون وعليه فإن رصد الرادون بتراكيز عالية قرب سطح الأرض هو دليل على وجود خام اليورانيوم عند عمق معين. إن الرادون يتصاعد بغزارة إلى سطح الأرض التي يتواجد تحتها اليورانيوم من دون أن تتخفص تراكيزه بشكل كبير نتيجة لتحلله الإشعاعي داخل الأرض.

### 2- التنقيب عن النفط و الغاز

يقاس غاز الرادون من قرب سطح الأرض إذ إن الغازات التي تتسرب عن الخامات البترولية تصاعديا تتحرك نحو الأعلى محدثة بذلك الغازات سوف تعمل على زيادة مستويات الرادون قرب سطح الأرض، لذا فإن قياس تراكيز عالية للرادون قرب سطح الأرض قد يدل بصورة غير مباشرة على وجود خامات النفط والغاز عند عمق معين في باطن الأرض.

### 3-التنبؤ بالزلازل و البراكين

التنبؤ بهذه الكارثة الخطيرة أذ إن هناك عالقة في تغير تركيز مهما في عملية. يعدّ الرادون عاملا غاز الرادون في التربة والمياه الجوفية وزيادة أنشطة البراكين . وذلك كنتيجة لاضطرابات الشديدة في باطن الأرض

المراقبة لثورة البركان وتغير الحرارة والضغط باتجاه ايجابي مما يؤدي إلى انتشار الرادون المنحل في المياه الباطنية وتسريه من الحجرات الباطنية الطبيعية داخل القشرة الأرضية.

#### 4- تحديد تراكيز بعض المواد المشعة

يمكن تحديد تراكيز بعض المواد المشعة عن طريق تحديد تراكيز الرادون المنبعث من تلك المواد فمثلا يمكن تحديد تركيز الولد المشعة في المساكن و البنايات و هواء الغرف والمياه إلى آخره وذلك حفاظا على السكان.

5- يستخدم غاز الرادون لعلاج الأمراض الروماتيزمية ، والتهاب الفقرات ، والإحاطة في هذه المشكلة ، وهناك ثلاثة أنظمة علاجية: الحمام الحراري ، والمعرض الحراري (منجم الفضة القديم أو الذهب) وحمام البخار (غرفة البخار).

6- تستخدم انبعاثات غاز الرادون كمنتبع للتنبؤ بحدوث الزلازل الأرضية يستخدم الرادون أيضًا كمنتبع لاستكشاف الهيليوم

7- في المناطق الحرارية الأرضية ، يتم استخدام قياسات غاز الرادون لغاز التربة كأداة لتحديد المناطق المنفذة

8- يعطي غاز الرادون معلومات عن الكتل والهباء الجوي والملوثات (مثل "كبريتيد ثنائي ميثيل") في الهواء .

9- تحديد معاملات انتشار الدوامة الرأسية في المحيط والأجسام المائية الأخرى

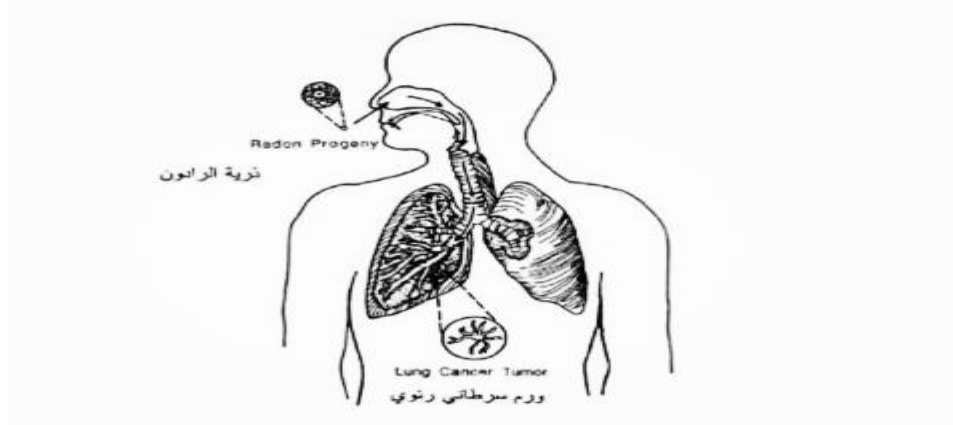
10- يستخدم غاز الرادون في تأريخ المياه الجوفية وكمنتبع لرصد سوائل الطور المائي

11- يستخدم غاز الرادون لتحديد رواسب الهيدروكربون تحت السطحية .

## 7.2 المخاطر الصحية للرادون ووليداته

ان جميع عناصر سلسلة انحلال الراديوم ( $Ra220$ ) هي مواد صلبة والعنصر الغازي الوحيد بينها هو الرادون وهذا يتصرف كما تتصرف الغازات الأخرى التي يستنشقها الإنسان [12] يتسرب غاز الرادون من التربة إلى الجو، وينبعث هذا الغاز في الهواء الجوي بخاصية الانتشار (Diffusion)، إلا أن مستوياته تختلف بدرجة كبيرة من موقع إلى آخر فالرادون يعتبر خطراً على الصحة بالنسبة للسكان الذين يتعرضون لفترة طويلة من الإشعاع إذ أن التعرض الرئيسي للأفراد بغاز الرادون يكمن في المنازل أو البنايات التي شيدت على أرض تحوي مواداً مشعة أو كانت مشيدة بمواد أولية تحوي مواداً مشعة، إلى جانب هذا فإن الأماكن المغلقة وقلة التهوية تجعل الأمور أكثر سوءاً لأنها تقلل من تسرب هذا الغاز. وقد وجد أن الناس يتعرضون للرادون في الأماكن المغلقة بمقدار (510) أضعاف عما هو عليه في الأماكن المفتوحة خاصة في فصل الشتاء وفي البلدان الباردة حيث تكون الأبواب والنوافذ مغلقة للحفاظ على الطاقة ودفء الجو فيصبح تسرب غاز الرادون صعباً مما يؤدي إلى تزايد تركيزه وتزايد الجرعة الإشعاعية إلى مستويات نوعاً ما عالية، ويعتبر الماء والغاز الطبيعي من المصادر الأخرى لغاز الرادون في المنازل حيث يدخل هذا الغاز عن طريق المياه فيتحرر إلى الهواء الذي نتنفسه عند استخدام الماء للاستحمام أو الاستخدامات المنزلية الأخرى إلا إن استهلاك المياه الحاوية على الرادون لا يعد مشكلة لأن على الماء واستخدامه في الطبخ يحرر معظم الرادون غير أن الجزء الأعظم مما يؤخذ من الرادون يأتي من شرب الماء البارد، من المحتمل أن المخاطر الناشئة من مياه الشرب المحتوية على الرادون هي أقل خطورة من المخاطر الآتية من استنشاق الهواء المحتوي على الرادون حيث يعتبر الجهاز التنفسي للإنسان هو الجهاز الأكثر تعرضاً لخطر النظائر المشعة الغازية عن طريق استنشاقها مع هواء الشهيق والتي تؤدي بانحلالها داخل أجزائه المختلفة كالقصبية أو القصيبات الهوائية إلى الإصابة بسرطان الرئة، إن هذا الخطر لا يكمن في التعرض لغاز الرادون وجسيمات ألفا التي تنبعث من انحلاله الإشعاعي بأكثر من الخطر الذي تحمله النظائر حيث الوليدات للالتصاق بالغشاء المبطن للقصبية أو القصيبات الهوائية [33]





شكل ( 2-5) يوضح دخول وتأثير الرادون في الجهاز التنفسي.

خلال العقد المنصرم اقر العلماء بأجماع اعتبار غاز الرادون هو السبب بالمحتمل للإصابات السرطانية في البشر ، ولحسن الحظ أن دقائق الفا الناتجة من تحلل الغاز هي عبارة عن جسيمات ثقيلة نسبيا تستطيع أن تعبر مسافات قصيرة في جسم الانسان (الجلد فقط في حالة التعرض الخارجي) أي أنها لا تستطيع أن تصل الى خاليا الاعضاء الاخرى لتدميرها ، وبالتالي يكون سرطان الرئة هو الخطر المهم والمعروف حتى الان الذي يصاحب غاز الرادون .

يعدّ الرادون متوسط الانحلالية في الماء ، إذ يزداد ذوبانه بنقصان درجة حرارة الماء ، لذلك عندما تسير المياه الجوفية الباردة عبر الصخور فان هذه المياه تمتص كمية لا بأس بها من الرادون عندما يسخن الماء أو يُحرك فإن كمية كبيرة من الرادون تنفلت وتتطلق إلى الوسط الخارجي.

## 8.2 تخفيض تركيز الرادون في المنازل

هناك أساليب مجربة بصورة جيدة ومستدامة وفعالة من حيث التكلفة الوقاية من مخاطر الرادون داخل المنازل الجديدة وتقليل نسبة تركيز في المساكن القائمة. وينبغي التفكير في الوقاية من غاز الرادون عند بناء منازل جديدة و لا سيما في المناطق المعرضة للرادون. وفي العديد من بلدان أوروبا والولايات الامريكية والصين, تُدرج في قوانين البناء تدابير الحماية من الرادون في المباني الجديدة. وفيما يلي بعض الطرق الشائعة للحد من مستويات الرادون في المباني القائمة :

- 1- زيادة التهوية أسفل الأرضية .
  - 2- تركيب نظام خاص بتجمّع غاز الرادون في القبو أو تحت أرضية صلبة .
  - 3- منع تسرب الرادون من القبو إلى غرف المعيشة .
  - 4- إحكام سد الأرضيات والجدران .
  - 5- تحسّن تهوية المبنى, خصوصا في سياق الحفاظ على الطاقة .
- ولقد ثبت أن النظم غير الفعالة بتخفيف الآثار للقدرة على تخفيض تركيزات الرادون في الأماكن المغلقة بنسبة تزداد على .50% [34].



الفصل الثالث

الجزء العملي

### 1.3 المقدمة

يتضمن هذا الفصل عرضاً للأجهزة والمواد المستخدمة والطريقة العملية التي أجريت في هذا البحث كما يتضمن الخطوات العملية والقوانين والحسابات المستخدمة في قياس تراكيز الرادون في المياه السائلة لمناطق منتخبة من محافظة بابل ومناطق اخرى

### 2.3 الاجهزة المستخدمة

#### 1.2.3 جهاز RAD7

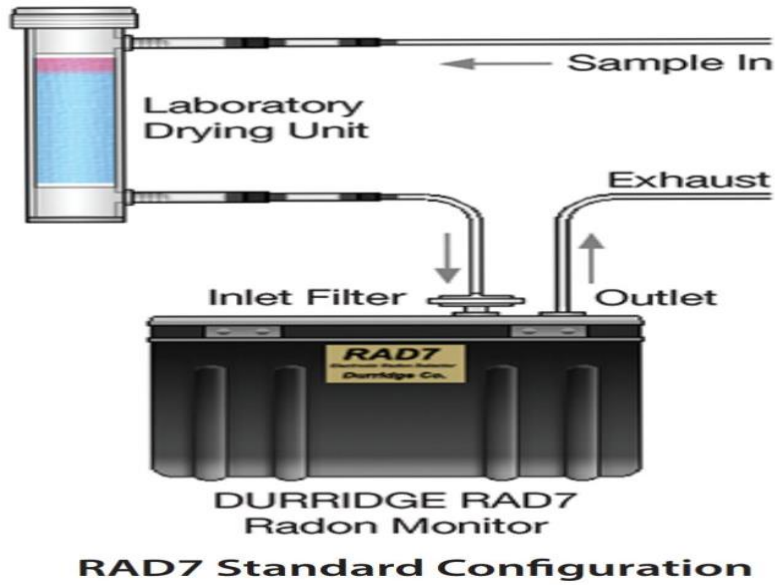
هو جهاز دقيق يمكن استخدامه لأغراض مختلفة مثلًا مراقبة الرادون المستمرة في الهواء واستنشاق غاز الرادون أو الثورون وقياس غاز الرادون في المياه واختبار غاز التربة وقياس انبعاثات غاز الرادون والثورون من المواد والأسطح والشكل (1-3) وهو كاشف محمول يقيس تركيز الرادون والثورون. RAD7 المظهر الخارجي لكاشف يستخدم بشكل شائع في نقاط دخول وتدفقات البخار المتسللة، ويمكن أيضًا استخدام RAD7 في تلوث المياه. الأداة سهلة الاستخدام، وتوفر إعدادات مبرمجة مسبقًا لتكتمل بمضخة هواء مدمجة وبطاريات قابلة لإعادة الشحن وطابعة لاسلكية. [35]



الشكل (1-3) كاشف الرادون الالكتروني.

تتضمن مجموعة كاشف الرادون RAD7

- ❖ برنامج التحكم عن بعد
- ❖ طابعة لاسلكية تعمل بالأشعة تحت الحمراء تحتوي على 6 لفات من الورق
- ❖ محول طاقة خارجي 12 فولت
- ❖ 2 شريط فيلكرو
- ❖ 4 أنابيب تجفيف
- ❖ 5 رطل يشير إلى المجفف (8 شبكة)
- ❖ 5 فلتر غبار و6 مرشحات مدخل
- ❖ أنابيب الفيني
- ❖ كابل محول تسلسلي
- ❖ برنامج النقاط البيانات وتحليلها



الشكل (2-3) التركيب الداخلي كاشف الرادون .

يعمل الجهاز من خلال أربعة مفاتيح رئيسية كما في الشكل (2-2) . هذه المفاتيح الأربعة تسمح لك بالنظر إلى الأوامر، تحدد احد المفاتيح، وبعد ذلك يعمل الجهاز حسب الاختيار.[35]

### 1-اختيار

اختبار مجموعة من الأوامر تتحكم في جمع بيانات الرادون ويسمح لنا بمعالجة الاختبار الحالي اختبار مستمر. ويمكننا البدء والتوقف عن جمع البيانات وحفظ أو مسح الاختبار الحالي ، أو طباعة الاختبار الحالي كما هو عليه.

### 2-البيانات

مجموعة من أوامر البيانات تسترجع البيانات من الذاكرة ، ويعرضها ، يطبع عليه ، يبلغ عنه بشكل تخطيطي، وإخراجها إلى المنفذ التسلسلي مجموعة البيانات تشمل أيضا أوامر الإدارة الذاكرة الذاكرة سوف تحمل البيانات لـ 1000 دورة في ما يصل الى 100 مرة يدير العديد من الأوامر في مجموعة البيانات التي تتطلب منك إدخال رقمي تشغيل بعد الأمر. مفاتيح الأسهم تسمح لك لتحديد أي رقم تشغيلي آخر.

### 3-التنصيب

تشكل مجموعة أوامر التنصيب للجهاز على إجراء اختبارات وفقا لاحتياجاتنا. ويتذكر جميع بارامترات التنصيب عندما يتم الأطفاء ، ومن ثم عدد مرات الدورة الكاملة الأخيرة للبيانات تخزين تسمح مفاتيح الأسهم لنا باختبار أي عدد مرة أخرى.

### 4-الخاص

RAD7 . هو برنامج التحكم عن بعد ، المثبتة في RADLINK

وهناك بعض المواصفات المهمة لهذا الجهاز وهي كما موضحة في الجدول (1-3)

الجدول (1.3) يبين مواصفات جهاز RAD7[36]

متعدد النماذج	
مراقبة مستمرة لغاز الرادون مصطلح الشاشات الطويلة والقصيرة مستنشق مزود بأنبوب خرطوم مياه صغير لبحث دخول الرادون والثورون	
قياسات متعددة	يقيس الرادون في الهواء، التربة والماء .
المدى	(4-750,000 بيكريل م) 0.1-20,000 بي سي آي/لتر
الذاكرة	تراكيز الرادون 1000 وبيانات مرافقة، يمكن أن تقرأ على أو تطبع على طابعة. شاشة الحاسبة . تحمل الى pc
مبدأ العمل	تجميع الكترولستاتيكي لانبعاث ألفا مع التحاليل الطيفية.
مضخة هواء داخلية	نسبة التدفق الأسمية مصفى لمدخل الهواء وموصلات المدخل ومخرج الهواء .
الطيف المطبوع	طيف طاقة ألفا عالية الدقة تحدد سلسلة تحلل نظائر الرادون والثورون
مقاومة المدل	" اختبار قفل " هو برنامج وضع في الجهاز ليؤمن نظام العائد لك ضد كل أنواع العبث المقصود أو الغير المقصود.
شاشة عرض	2 خط × 16 رمز، ألفا رقمي، عرض سهولة القراءة.
عد مسموع للرادون	يشير الى وجود وشدة الرادون والثورون ويمكن أن يفتح ويغلق.
القدرة	قدرة البطارية شحن أوتوماتيكي عند التوصيل والتشغيل عمل مستمر للبطارية 24 ساعة بطريقة الاستنشاق 72 بطريقة المراقبة.

الطابعة	طابعة IR اللاسلكية نوع Chamjin New Handy
الحساسية الاسمية	المراقبة 0.5 عدة دقيقة / بيكوكوري التر
	المستشق 0.25 عدة دقيقة / بيكوكوري التر

### 3.3 كاشف الحالة الصلبة RAD7

ان خلية العينة الداخلية للجهاز عبارة عن نصف كرة بسعة 0.7 لتر، ومغطاة من الداخل بموصل كهربائي. يوجد كاشف ألفا من السيليكون ذو الحالة الصلبة مزروع بالأيونات، ومستو، في مركز نصف الكرة الأرضية. تقوم دائرة الطاقة ذات الجهد العالي بشحن الموصل الداخلي بجهد يتراوح من 2000 إلى 2500 فولت، بالنسبة للكاشف، مما يخلق مجالاً كهربائياً في جميع أنحاء حجم الخلية. يقوم المجال الكهربائي بدفع الجسيمات الموجبة الشحنة إلى الكاشف [35]

نواة الرادون-222 التي تتحلل داخل الخلية تترك نواتها المتحولة، البولونيوم-218، كأيون موجب الشحنة. يدفع المجال الكهربائي الموجود داخل الخلية هذا الأيون المشحون إيجابياً إلى الكاشف، حيث يلتصق به. عندما تتحلل نواة البولونيوم 218 قصيرة العمر على السطح النشط للكاشف، يكون لجسيم ألفا الخاص بها احتمال 50% لدخول الكاشف وإنتاج إشارة كهربائية تتناسب قوتها مع طاقة جسيم ألفا. ويؤدي التحلل اللاحق لنفس النواة إلى إنتاج جسيمات بيتا، التي لم يتم اكتشافها، أو جسيمات ألفا ذات طاقة مختلفة. النظائر المختلفة لها طاقات ألفا مختلفة.

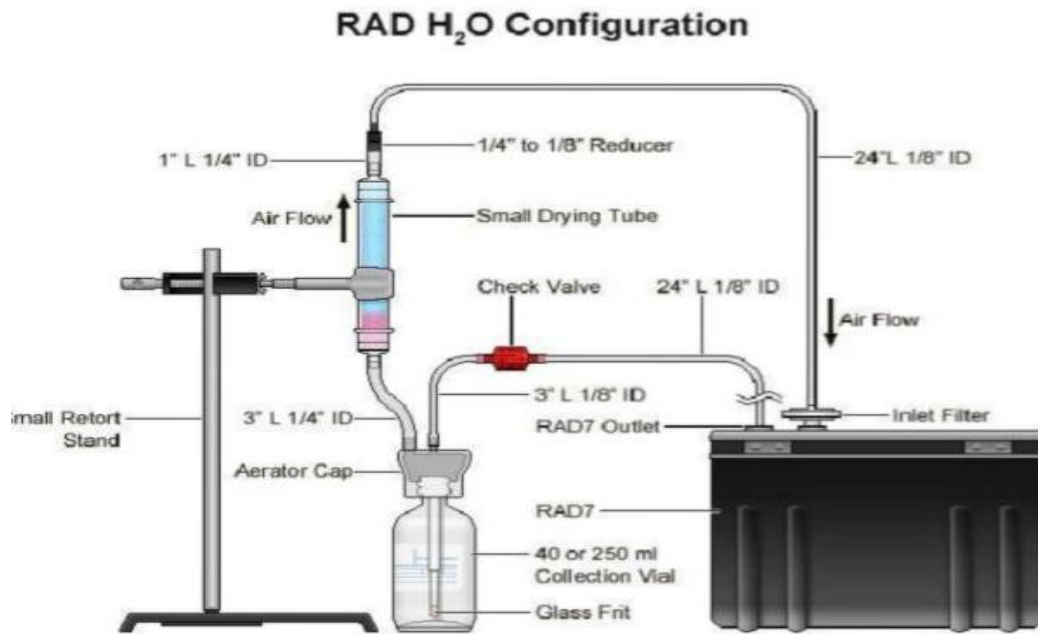
### 4.3 تحليل الطيف في Rad7.

الإشارة الكهربائية المنتجة في الكاشف نتيجة للإشعاع ألفا، يتم تضخيمها وتكيف من قبل الدوائر الالكترونية للكاشف، ولكن أيضا يتم تحويلها إلى شكل رقمي يمتلك المعالجات التي بإمكانها استقبال الإشارة

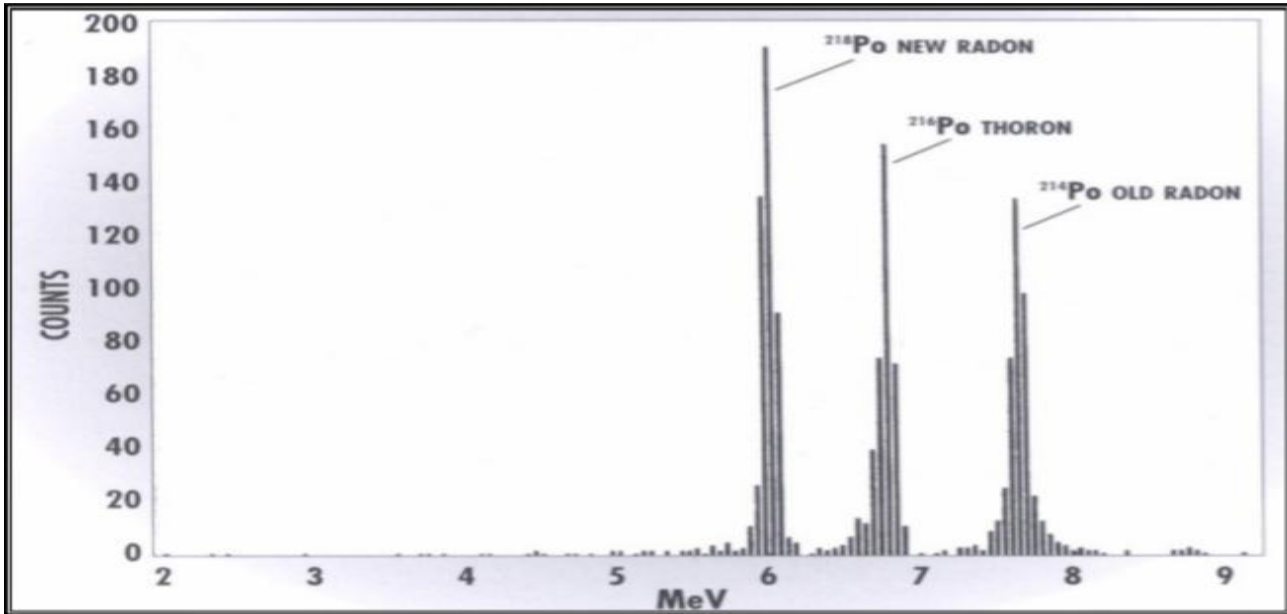


وخرزنها في ذاكرة الكاشف. ومن هذه الاشارة المخزونة والمتعلقة بانحلال النشاط الاشعاعي والتي من خلالها يمكن للطيف ان يتشكل الطيف في كاشف يكون له مدى طاقي مسموح من (0-10) ويظهر الاهتمام في المنطقة ذات المدى الطاقي من (6-9) حيث تكون اغلب انحلالات الرادون والثورون في هذا المدى. ويكون الطيف الملاحظ مقسما على 200 قناة ولكل قناة مستوى طاقي مساوي الى 0.05 تكون قمة ألفا أي في الذروة وتؤشر كما هو واضح من الشكل (3-4)

بسبب الضوضاء الالكترونية في الكاشف فضلا عن التكبير وحالة اخرى تسبب توسع في القمم هي حقيقة ان بعض جسيمات الفا تدخل الكاشف بزواوية صغيرة [68]، زيادة درجة الحرارة تسبب ايضا الضوضاء الالكترونية وهذا بدوره يؤثر في نهاية (ذيل) الطاقة في هذه القمم ان تحليل الطيف يكون بسيطا لكون الدائرة الالكترونية لكاشف. صنعت على شكل مجموعة 200 قناة في 8 نوافذ هذه النوافذ مرتبة ابجديا [37]



الشكل (3-3) يوضح تحليل الطيف



الشكل (3-4) يوضح طيف طاقة الفا



## الفصل الرابع

### النتائج و الاستنتاجات

## المقدمة

مقدمة عامة لقد تركز اهتمامنا في هذه الدراسة على الأشعة النووية (جسيمات ألفا المنبعثة من نظائر مشعة مختلفة في الهواء . وقد تناولنا الرادون المشع  $Rn^{222}$  بشكل خاص كونه يشكل خطورة كبيرة على الحياة البشرية مقارنة بالخلفية الإشعاعية للنظائر المشعة الأخرى.

ويعتقد أن جلد الإنسان يعمل كحاجز للرادون في حالة التعرض الخارجي له. ولهذا السبب فإن الطريقة الوحيدة لدخول الرادون إلى جسم الإنسان هي عن طريق الاستنشاق أو التناول، إذ أن رئتة الإنسان تمتاز بحساسيتها العالية وسرعة تأثرها بالرادون. وهكذا عند تناول الرادون فإنه يستقر لمدة غير قصيرة من الزمن في المعدة ثم يتحرك بمقادير قليلة إلى الأمعاء الدقيقة ثم إلى الجزء العلوي من الأمعاء الغليظة فالجزء السفلي منها ومنه إلى الكبد ثم إلى الرئة وأنسجة الجسم الأخرى. ومن المعروف أن المخاطر التي ترافق التعرض للرادون هي زيادة مخاطر الإصابة بسرطان الرئة . ويعتقد بان هذه المخاطر تزداد في حالة تعرض الإنسان للرادون لمدة زمنية طويلة أو في حالة التعرض لتراكيز عالية منه.

وعليه يتضمن هذا الفصل عرضاً للنتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة ومناقشتها، وهي قياس تراكيز الرادون في هواء اقسام كلية العلوم والمتضمنة ثلاث اعماق وهي على التوالي (15, 30,45 cm).  
ففي دراستنا هذه تم استخدام تقنية لإيجاد تراكيز الرادون هي باستخدام منظومة حديثة تسمى RAD7 وهي طريقة القياس قصيرة الأمد .

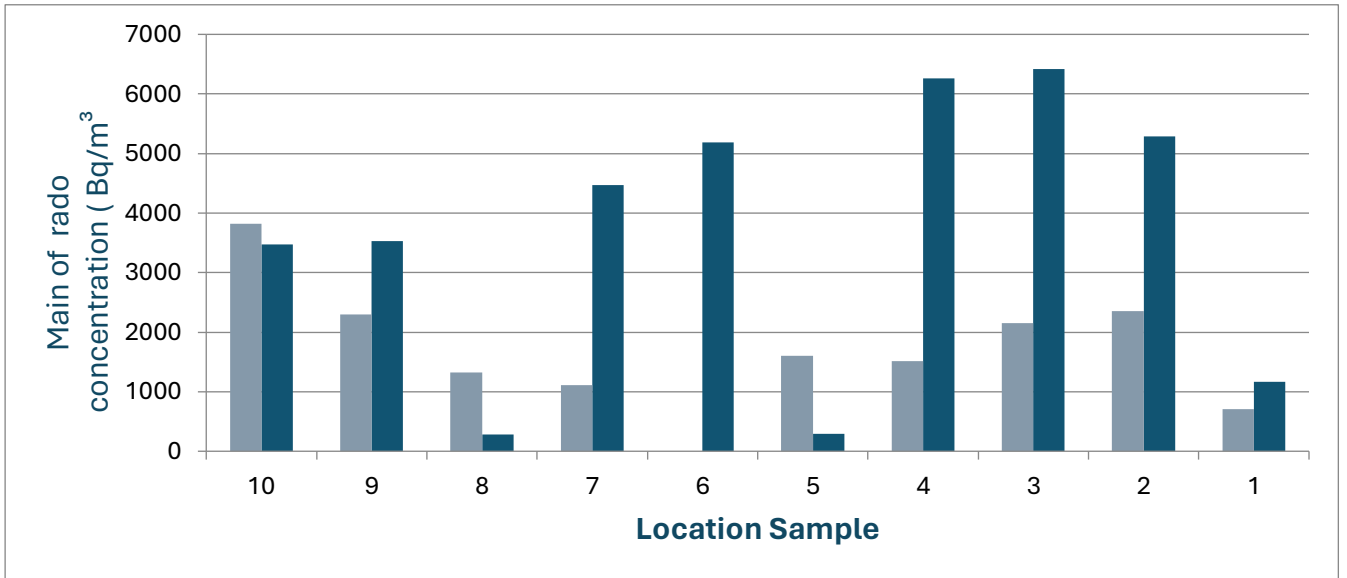
وفيما يأتي عرض لتلك النتائج ومناقشتها اعتمادا على العمق

1- عند العمق (15cm)

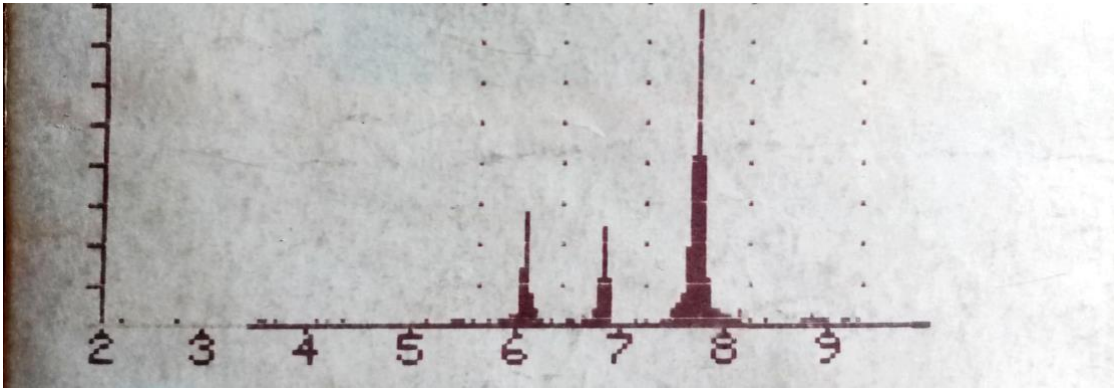
بلغ عدد العينات التي تم قياسها عند هذا العمق (10) عينة و لكل عينة اربع قراءات كما موضح في الجدول (1-4) و الشكل (1-4) حيث بلغت اعلى قيمه بتركيز الرادون عند (k10) حيث تبلغ (3820) و بلغت اعلى قيمه لتركيز الثورون (5825).

Table (1-4) Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) and thoron ( $^{220}\text{Rn}$ ) concentration in soil-gas at depth (15cm) in college of science

N o.	Location Sample	Radon concentration ( Bq/m <sup>3</sup> )				Main of rado concentration ( Bq/m <sup>3</sup> )	Main thoron concentration ( Bq/m <sup>3</sup> )
		1	2	3	4		
1	K1	1530±549	646±394	442±331	204±294	706 Bq/m <sup>3</sup>	1161 Bq/m <sup>3</sup>
2	K2	1500±557	2500±668	2440±688	2960±721	2350 Bq/m <sup>3</sup>	5285 Bq/m <sup>3</sup>
3	K3	918±447	2480±684	2820±728	2390±668	2150 Bq/m <sup>3</sup>	6415 Bq/m <sup>3</sup>
4	K4	889±461	1640±566	2090±620	1440±552	1510 Bq/m <sup>3</sup>	6257 Bq/m <sup>3</sup>
5	K5	986±493	1730±612	1770±616	1900±621	1600 Bq/m <sup>3</sup>	288Bq/m <sup>3</sup>
6	K6	474±355	1740±561	1500±542	1400±532	1280 Bq/m <sup>3</sup>	5190 Bq/m <sup>3</sup>
7	K7	304±282	1260±487	1610±542	1270±490	1110 Bq/m <sup>3</sup>	4470 Bq/m <sup>3</sup>
8	K8	1230±506	1300±522	1700±563	1700±563	1320 Bq/m <sup>3</sup>	276 Bq/m <sup>3</sup>
9	K9	2620±676	2940±713	2150±624	1500±554	2300Bq/m <sup>3</sup>	3525Bq/m <sup>3</sup>
10	K10	1290±519	3080±749	4790±914	6120±996	3820Bq/m <sup>3</sup>	3470Bq/m <sup>3</sup>
Average						1814 Bq/m <sup>3</sup>	



Fig(1-4) radon and thoron concentration of soil gas at depth (15cm)



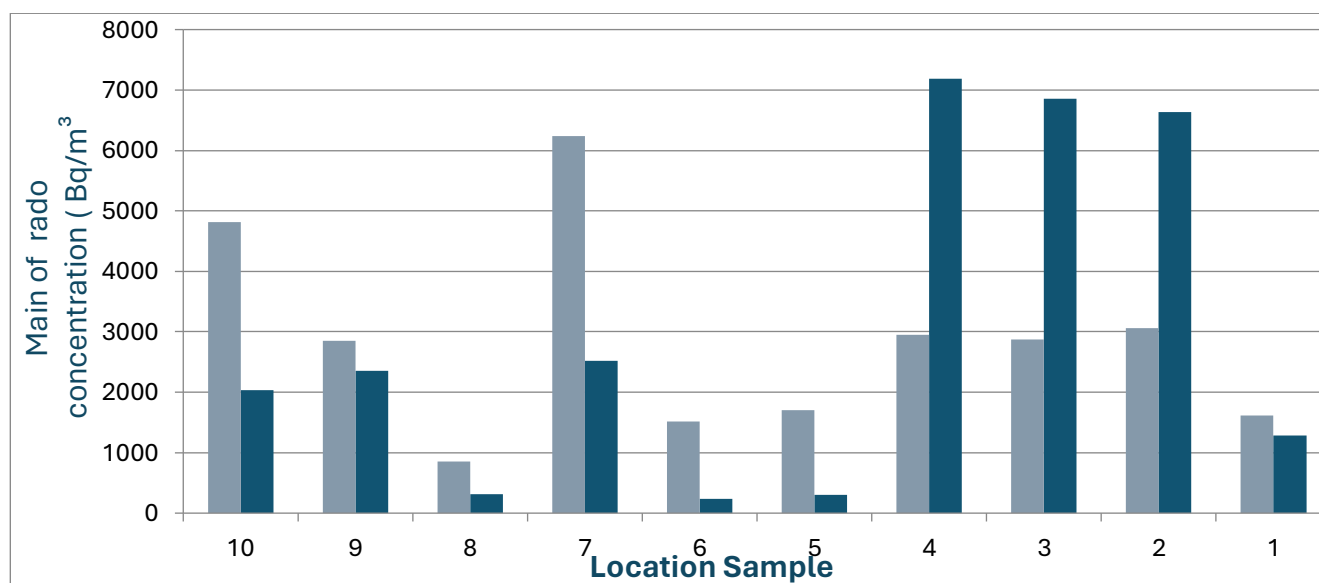
Fig(2-4) alpha energy spectrum of location soil at depth (15cm)

2- عند العمق (30cm)

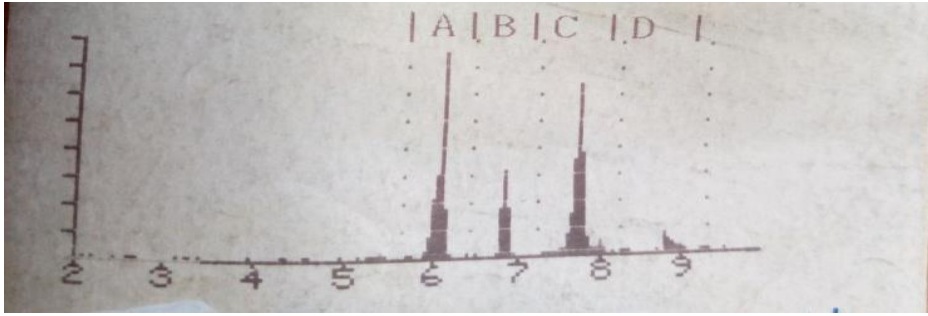
بلغ عدد العينات التي تم قياسها عند هذا العمق (30) عينة و لكل عينة اربع قراءات كما موضح في الجدول (2-4) و الشكل (3-4) حيث بلغت اعلى قيمه بتركيز الرادون عند (k7) حيث تبلغ ( 6235 ) و بلغت اعلى قيمه لتركيز الثورون (6860).

Table (2-4) Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) and thoron ( $^{220}\text{Rn}$ ) concentration in soil-gas at depth (30cm) in college of science

No.	Location Sample	Radon concentration ( Bq/m <sup>3</sup> )				Main of rado concentration ( Bq/m <sup>3</sup> )	Main thoron concentration ( Bq/m <sup>3</sup> )
		Radon1	Radon 2	Radon 3	Radon 4		
1	K1	204±294	1220±509	2460±680	0 ±695	1610Bq/m <sup>3</sup>	Bq/m <sup>3</sup> 1286
2	K2	1970±616	3150±731	3690±795	3420±776	3060Bq/m <sup>3</sup>	6632 Bq/m <sup>3</sup>
3	K3	2290±668	3580±803	2610±714	2990±735	2870Bq/m <sup>3</sup>	6860 Bq/m <sup>3</sup>
4	K4	1640±566	3330±760	3680±803	3160±753	2950Bq/m <sup>3</sup>	7185 Bq/m <sup>3</sup>
5	K5	1560±582	1360±549	1900±621	1970±637	1700Bq/m <sup>3</sup>	305Bq/m <sup>3</sup>
6	K6	1630±554	1020±459	1390±524	2040±608	1520 Bq/m	238Bq/m <sup>3</sup>
7	K7	1600±539	8040±1120	7250±1070	8050±1130	6235Bq/m <sup>3</sup>	2532Bq/m <sup>3</sup>
8	K8	612±428	986±493	850±459	986±476	859Bq/m <sup>3</sup>	Bq/m <sup>3</sup> 309
9	K9	1190±493	2840±717	3180±742	4170±833	2850Bq/m <sup>3</sup>	2335Bq/m <sup>3</sup>
10	K10	6530±1030	9760±124	2590±1460	2530±1520	4817 Bq/m <sup>3</sup>	Bq/m <sup>3</sup> 2040
						Bq/m <sup>3</sup> 2847	



Fig(3-4) radon and thoron concentration of soil gas at depth (30cm).



Fig(4-4) alpha energy spectrum of location soil at depth (30cm)

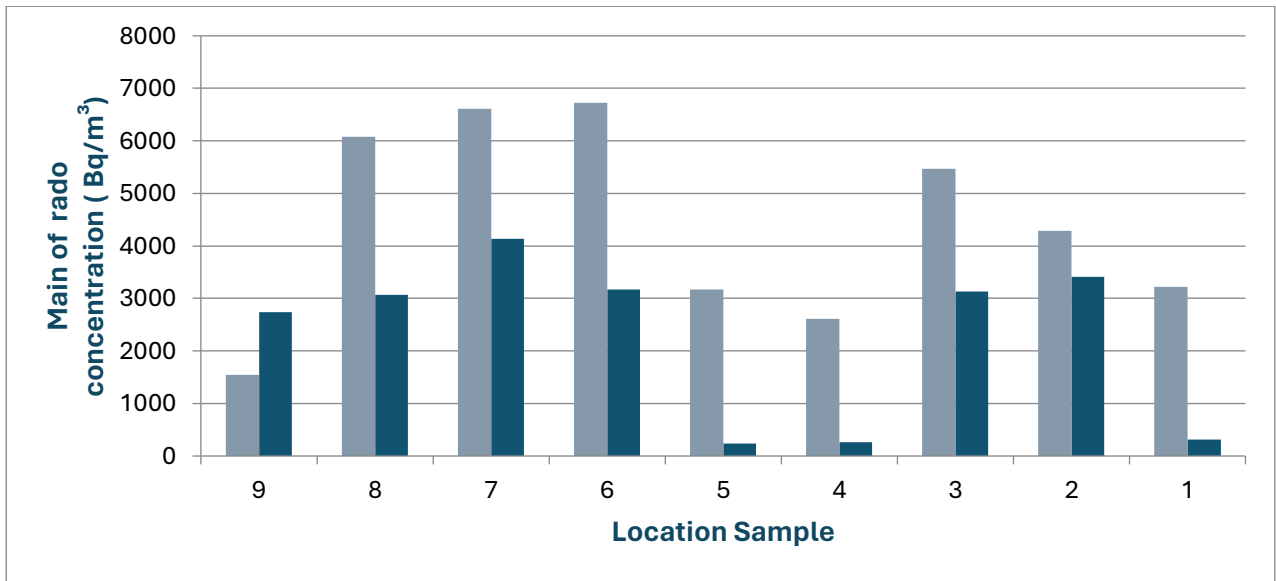
### 3- عند العمق 45

بلغ عدد العينات التي تم قياسها عند هذا العمق (45) عينة و لكل عينة اربع قراءات كما موضح في الجدول (3-4) و الشكل (4-5) حيث بلغت اعلى قيمه بتركيز الرادون عند (K7) حيث تبلغ  $(9820 \text{ Bq/m}^3)$  و بلغت اعلى قيمه لتركيز الثورون  $(3417 \text{ Bq/m}^3)$ .

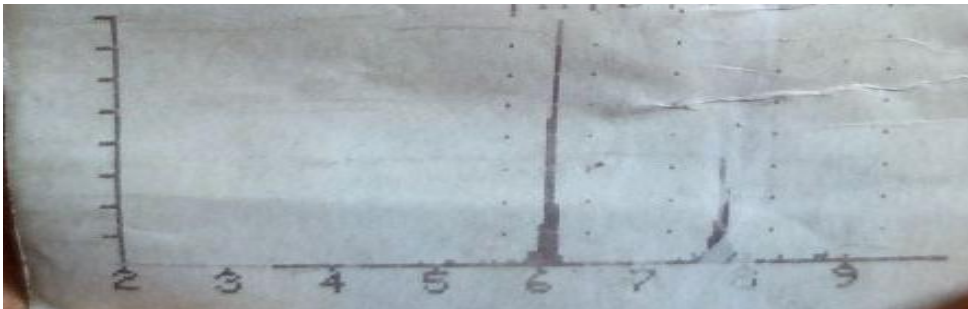
Table (3-4) Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) and thoron ( $^{220}\text{Rn}$ ) concentration in soil-gas at depth (45cm) in college of science

No.	Location Sample	Radon concentration ( $\text{Bq/m}^3$ )				Main radon	Mean thoron
		Radon 1	Radon 2	Radon 3	Radon 4		
1	K1	2650±684	2350±649	3520±776	4380±860	3220 $\text{Bq/m}^3$	307
2	K2	2700±691	4940±919	4680±891	4840±935	4290 $\text{Bq/m}^3$	3417 $\text{Bq/m}^3$
3	K3	2560±699	6190±1010	6600±1050	6530±1050	5470 $\text{Bq/m}^3$	3135 $\text{Bq/m}^3$
4	K4	2140±629	2620 ±680	2840±721	2840±713	2610 $\text{Bq/m}^3$	276 $\text{Bq/m}^3$
5	K5	2380±688	3520±798	3180±756	3590±817	3170 $\text{Bq/m}^3$	241 $\text{Bq/m}^3$
6	K6	2480±661	7180±1070	8460±1150	8770±1170	6720 $\text{Bq/m}^3$	3165 $\text{Bq/m}^3$
7	K7	6390±1010	9970±1250	8690±1180	8690±1300	9820 $\text{Bq/m}^3$	2490 $\text{Bq/m}^3$
8	K8	1600±558	6810±1050	8740±1800	9300±1220	6610 $\text{Bq/m}^3$	$\text{Bq/m}^3$ 4140
9	K9	3210±759	6080±989	6460±1020	8570±1160	$\text{Bq/m}^3$ 6080	$\text{Bq/m}^3$ 3065
10	K10	1540±1620	2850±1540	2830±1490	3720±1510	$\text{Bq/m}^3$ 1540	$\text{Bq/m}^3$ 2735
						$\text{Bq/m}^3$ 4953	





Fig(5-4) radon and thoron concentration of soil gas at depth (45cm)



Fig(6-4) alpha energy spectrum of location soil at depth (45cm)

## الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها في دراستنا الحالية يمكن أن نستنتج ما يلي :

1- أن تركيز غاز الرادون في اقسام كلية العلوم في جامعة بابل يقع ضمن النسب الطبيعية المسموح بها في اغلب دول العالم .

2- إن تركيز الرادون في التربة يزداد كلما زاد العمق .

3- يقل تركيز الرادون كلما ابتعدنا عن سطح الارض .

4- ان طريقة قياس الرادون باستخدام جهاز RAD7 تحتاج الى درجة حرارة ورطوبة معتدلة كون هذا الجهاز عمله يعتمد على الكواشف الشبه موصلة.

5- ممكن أن نستنتج ان تقنية كواشف الحالة الصلبة RAD7 ( كاشف السيليكون ) هي : جيدة وحديثة إذا ما قورنت بغيرها من التقنيات الاخرى إذ تمتاز هذه التقنية بسهولة تزويدها بالطاقة والسرعة العالية للكشف عن اشعاعات جسيمات الفا .

## التوصيات

1- اجراء دراسة للمناطق المدروسة نفسها باستخدام تقنيات اخرى مثل تقنية كواشف تتبع الاثر ضمن التقنيات طويلة المدى ومقارنة النتائج .

2- اجراء نفس الدراسة على بقية المحافظات العراقية وعمل تقرير موحد لتراكيز الرادون في العراق أسوة ببقية دول العالم العربية والاوربية .

3- استخدام الجهاز لدراسة تركيز الرادون في الماء والتربة لمناطق اخرى في المحافظة.

## Reference

- [1]Determining radon gas concentrations for different environmental models (air, water, soil) in Baghdad Governorate using the nuclear trace detector (39CR) Mahmoud Salem Karim - College of Education - Al-Mustansiriya University.
- [2]The effect of radioactivity of radon gas on the. environment and humansA research. project submitted by Sherren Atea Akhalif Hajal.
- [3]Determining radon gas concentrations for different environmental models (aerosols, water, soil) in Baghdad Governorate using the nuclear trace detector (-39CR) Mahmoud Salem Karim - College of Education - Al-Mustansiriya University
- [4]A. H. Ismai and M. S. Jaafar," Indoor Radon Concentration and Its Health Risks in Selected Locations in Iraqi Kurdistan Using CR-39 NTDS"4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering. PP. 1-8, (2010)
- [5]D. L. Valladares , A. A. R. da Silva , R. M. Anjos , H. Velasco ,M. Rizzotto and E. M. Yoshimura," Assessment the Health Hazard Rn in Old Metalliferous Mines in San Luis, Argentina", Water 222 from Air Soil Pollut ,Vol. 218, pp.371–386 , (2011)
- [6]M. A. Misdag and J.Ouguidi ,"Concentration of radon , thoron and their decay products measured in natural caves and ancient mines using solid state nuclear track detectors and resulting radiation dose to the members of the pudlic", Journal of Radio analytical and Nuclear Chemistry
- [7] A.A. Abdulfattah and B. Ahmed ,"Radon concentration in a specified location in Baghah city ", Journal of the Faculty of Eduation
- [8]C. Canbazoğlu , M. Dođru , N. Celebi and G. Kopuz , Assessment of natural radioactivity in Elazig region eastern Turkey Journal of Radio analytical and Nuclear chemistry , Vol.292,pp. 375-380.

- [9] S. S. Chiad , N. F.Habubi , Z. A. Toma and M. S Karim, 'Determination of radon gas concentration in soil and water samples in all Iraq governorates using nuclear track detector (CR-39), Al-Mustansiriyah , Sci , Vol.23,No.8,pp167-174;(2012)
- [10] Korany , A. E. Shata , S. F. Hassan and M. S. E. Nagdy Depth and Seasonal Variations for the Soil Radon-Gas Concentration Levels at Wadi Naseib Area, Southwestern Sinai, Egypt", J. Phys. Chem Biophys, Vol.3, No.4, pp.123, (2013)
- [11]E. Tabar , M. N. Kumru , M. İçhedef and M. M. Saç Radioactivity level and the measurement of soil gas radon concentration in Dikili geothermal area, Turkey",
- [12] T. K. Hameed, " Measurement of radon gas concentration in water and soil samples in AL-Najaf governorate by using nuclear track detector (CR-39) ", Baghdad Science Journal, Vol.12, No.3,pp.603- 618; (2014)
- [13] L. A. Najam, N. F. Tawfiq and E. M. Younis ," Radon emanation from drinking water samples of Nineveh province (IRAQ) " ,American Journal of Modern Physics,Vol.3, No.6, pp.257-260; (2014)
- [14] K. H. Abass , B. Y. Mohammed , A. N. Rehem and D. J. Oleiwi"Measurement of Soil-Gas Radon in Some Areas of Iraq Using Nuclear Track Detector CR-39",International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy, Vol. 53, pp. 90-94,(2015).
- [15]Y. Ajiboye , O. G. Badmus and M. O. Isinkaye ,"Measurement of Radon Concentration and Radioactivity In Soil Samples of AramokoEkiti State , Nigeria ", International Journal of public Health Research,Vol.4,No.5,pp.37-41(2016).
- [16]M. Sudhir , R. Asha and M. Rohit , “Estimation of radon Concentration in soil and groundwater samples of northern Rajasthan ,India”, Journal of Radiation Research and Applied Sciences, Vol.83,PP.25 – 26 , 2015.

[17]B. K. Rejah and G. T. Ashoor , "Radon Gas Concentration Measure-ment in Air of Al-HaswaaCity in province of Baghdad , Iraqi Journal of Science, Vol.58(2A), pp.663-668(2017)

[18]A. A. Al-Hamidawi , "Alpha Particles Concentration a from Soil Samples of Al-Najaf/Iraq " Polish Journal of Soil Science Vol.50, No.3(2018).

[19]تراكيز الرادون في المنازل في مدينة بغداد- العراق قسم علم الارض, كلية العلوم, جامعة بغداد, بغداد,

العراق مركز الوقاية من الاشعاع وزارة البيئة, العراق

[20]A. A. Abojassim, "Comparative Study Between Active and Passive Techniques for Measuring Radon Concentrations in Groundwater of -Najaf city, Iraq," Groundw. Sustain. Dev., vol. 11, no. pp. 100–476, 2020

[21]A. K. Hashim, L. A. Najam and F. M. A. Aljomaily, "Contribution of Soil in The Annual Effective Dose due to Radon in The Air of Some Dwellings in The City of Karbala, Iraq," Polish J. Med. Phys. Eng., vol. 27, no. 3, pp. 233.2021 ,239–

[22]A. A. Marzaali, M. A. Al-Shareefi and A. A. Abojassim, "Practical Study to Assess Radioactive Radon Gas in Groundwater Samples of Dhi-Qar Governorate," IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., vol. 722, no. 1, pp. 1–11

[23] Shweikani R., Occupational Exposure to Natural Radioactive Sources, Syrian Atomic Energy Agency, 2008

[24] Porstend rfer J., Reineking A., Butterweck G. and El-Hussein A., Radioactive aerosols in the lower atmosphere. Aerosols: Science, Industry, Health and Environment. 2. Pergamon Press, Oxford, 217-1221, 1990

[25]Environmental Protection Agency of USA, A citizen's guide to radon, what it is and what to do about it. Published with the Department of Health and Human Services, OPA-86-005 (August), 1986.

[26] NCRP Report NO 93. Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States Bethesda, NCRP Publishers, 87 pp. 1987M.

[27] غسان عبد الله علي " الرادون وتأثيره على البيئة والإنسان " نشرة الذرة والتنمية، مجلد 11، عدد3(1999)

[28] عمار عبد الرحمن السعد " الرادون: خطره ومنافعه " نشرة الذرة والتنمية، مجلد ،

[29] Radon A Tracer For Geological, Geophysical and Geochemical Studies, first edition, Detroit, USA: Springer, 2016. National Research Council, Evaluation of Guidelines for Exposures to Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials, first edition, Washington: The National Academies, 1999

[30]N. E. Bolus, "NCRP Report 160 and What It Means for Medical Imaging and Nuclear Medicine," Journal of Nuclear Medicine, vol. 41, no. 4 , 2013

[31]G. F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, fourth edition, USA Wiley, 2010

[32]Alan Martin Samuel's book (2012) An Introduction to Radiation Protection, first edition, Obeikan Publishing

[33] الأحمد, خالد عبيد, مقدمة في الفيزياء الصحية, جامعة الموصل

[34] ادارة النشاط الاشعاعي في مياه الشرب ، جنيف منظمة الصحة العالمية 2018 دليل المنظمة بشأن غاز

الرادون في الاماكن المغلقة ، منظور الصحة العامة.

[35]Durrige Company Inc., RAD7 Radon Detector. User Manual2012

[36]L. S. Ruzer , A. V. Nero , and N. H. Harley Assessment of Lung Deposition and Breathing Rate of Underground Miners in Tadjikistan Health Physics , Vol . 64 , pp . 23-36 ; ( 1994 ).

[37]Durrige Company Inc. (2010) Reference Manual Version 6.0.1, RAD-7 Electronic Radon Detector.