



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل - كلية العلوم
قسم الفيزياء



دراسة تركيز الرادون في عينات أنواع مختلفة من المياه
الطبيعية في قضاء الكفل/ محافظة بابل

بحث

تقدمت به الطالب

سارة حسن تومان

الى مجلس كلية العلوم / قسم الفيزياء كجزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في قسم

الفيزياء

باشراف

أ.م.د. رواء مزهر عبيد

2024 م

1445 هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

((يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ

دَرَجَاتٍ وَ اللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ))

صدق الله العلي العظيم

سورة المجادلة / آية (11)

الأهداء

.....إلى من لا يضاهايهما أحد في الكون

.....إلى من أمرنا الله ببيّرهما

.....إلى من بذلا الكثير وقَدّما ما لا يمكن أن يردّ

إلى رمزي العطاء والمحبة (أمي وأبي)

وإلى الدكتور الفاضله رواء مزهر

الخلاصة

تهدف هذه الدراسة إلى قياس مستويات غاز الرادون ($Rn222$) في عدد من محطات تنقية المياه في منطقة الكفل في محافظة بابل. تم جمع 36 عينة في عام 2023 لتحليلها. تم تحديد تركيزات $Rn222$ باستخدام كاشف RAD-7 مع ملحق (RAD-7، H_2O). كما تم حساب الجرعات الفعالة السنوية لتراكيز غاز الرادون في جميع عينات المياه ممثلة بتسع مناطق، أخذت كل منطقة منها أربع عينات (من الشاطئ، قبل التصفية، بعد التصفية، ومن المنزل). تراوح تركيز غاز الرادون في منطقة الدراسة من 80 ± 8.9 بيكريل/مل إلى 6625 ± 81.3 بيكريل/مل، بمتوسط قيمة 1478.16 ± 38.5 بيكريل/مل. وفي الوقت نفسه، تراوح متوسط قيم الجرعة الفعالة السنوية ($\mu Sv/y$) من 0.56 إلى 46.37. الحدود الآمنة لتراكيز $Rn222$ والجرعة الفعالة السنوية في مياه الشرب هي 500 بيكريل/مل أو (Bq/m^3) حسب منظمة الصحة العالمية 2008 و 1 ملي سيفرت/سنة حسب UNSCEAR 2000، على التوالي. ولذلك فإن قيم تركيزات $Rn222$ والجرعة الفعالة السنوية في عينات المياه بالتناضح العكسي في الوقت الحاضر كانت ضمن الحد الآمن. ومن هنا يمكن استنتاج أن جميع العينات التي تمت دراستها آمنة.

المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع	التسلسل
الفصل الأول المقدمة والدراسات سابقة		
	الخلاصة	
	المحتويات	
1	المقدمة	1.1
2	سلاسل الانحلال الإشعاعي	1.2
3	وحدات قياس الانحلال الإشعاعي	1.3
6	الدراسات السابقة	1.4
8	الهدف من البحث	1.5
الفصل الثاني: الجزء النظري		
9	المقدمة	2.1
9	خصائص غاز الرادون-222	2.2
10	المخاطر الصحية لغاز الرادون	2.3
11	مصادر غاز الرادون	2.4
11	غاز الرادون في الماء	2.5
12	الكشف عن الرادون	2.6
12	الكاشف RAD7	2.7
15	قياسات الكاشف	2.8
الفصل الثالث الجزء العملي		
18	المقدمة	3.1
18	مساحة الدراسة	3.2
19	دراسة العينات	3.3
20	نتائج الدراسة	3.4
21	الاستنتاج	3.5
22	المصادر	

1.1 المقدمة

Introduction

يمكن تصنيف الإشعاع بشكل عام إلى نوعين: الإشعاع المشحون والإشعاع غير المشحون، الأول يشمل الإلكترونات السريعة والجسيمات الثقيلة المشحونة، والثاني يشمل الإشعاع الكهرومغناطيسي والنيوترونات. وهي تختلف في الكتلة والطاقة وقدرتها على اختراق الأجسام. وما يهمنا هو الإشعاع الذي يصدر من النوى (جسيمات ألفا، وجسيمات بيتا، وفوتونات جاما)، وهو ما يسمى بالإشعاع النووي [1]، إن النويدات المشعة يمكن ان تتواجد بصورة طبيعية في الهواء والماء والتربة، إذ ان هناك اكثر من 60 نويدة (عناصر مشعة) موجودة في الطبيعة يمكن ان نصفها في ثلاث مجاميع عامة هي [2, 3]:

1- نويدات مشعة طبيعية بدائية موجودة في الطبيعة قبل تكوين الارض (اي ان عمرها اكبر من عمر الارض).

2- نويدات مشعة طبيعية كونية اي انها متكونة نتيجة لتفاعلات الأشعة الكونية.

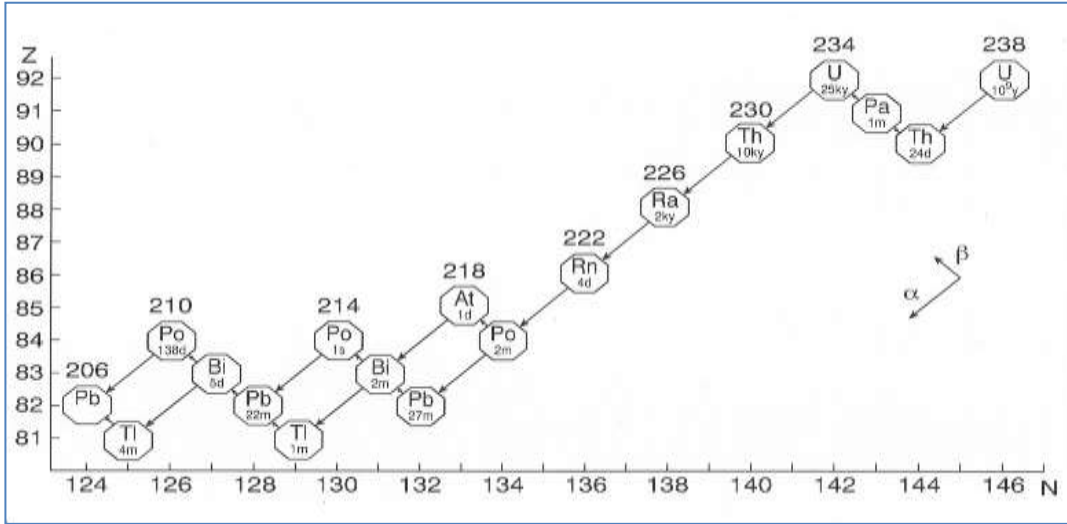
3- نويدات مشعة متكونة نتيجة لتدخل الانسان في تصنيعها بشكل مباشر او غير مباشر ولكن هذه النويدات شابعت النويدات المشعة الطبيعية بنسبة قليلة.

إن المصادر الطبيعية للإشعاع المتمثلة بالنويدات المشعة الطبيعية هي المساهمة الأكبر بالجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها السكان [4]. هذه الجرعة تختلف تبعاً لتغيير تراكيز النويدات المشعة الطبيعية كالراديوم (^{226}Ra) والثوريوم (^{223}Th) والوليدات المشعة الناتجة عنهما، وكذلك على تركيز البوتاسيوم المشع (^{40}K) الموجودة في التربة التي بدورها تعتمد على جيولوجية الأرض ضمن المنطقة المدروسة من العالم [5-11].

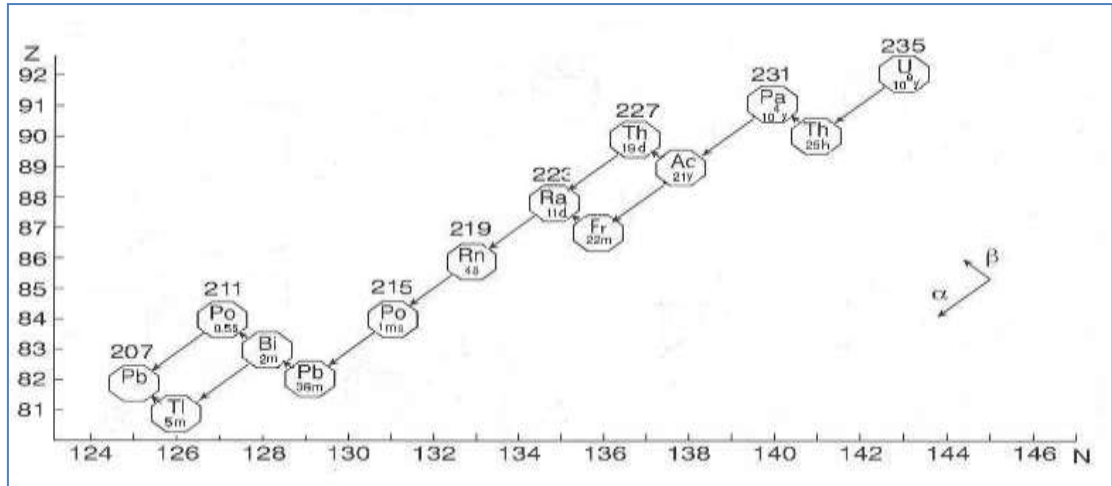
تصبح النوى مشعة عندما يزيد عددها الذري عن 82 مشعة بسبب الزيادة داخل عدد البروتونات في النواة. مما يزيد من قوة التنافر الكهروستاتيكي. هذا التناقض يؤدي الى تفكك بعض النوى مع اطلاق جسيمات الفا. وهذا بسبب أيضا نسبة النيوترونات الى الجسيمات المشحونة في النوى الناشئة مما يؤدي الى تفككها مع اطلاق جسيمات بيتا. وهكذا على أن يستمر في الوصول الى نواة مستقرة عادة نواة الرصاص.

1.2 سلاسل الانحلال الإشعاعي الطبيعي

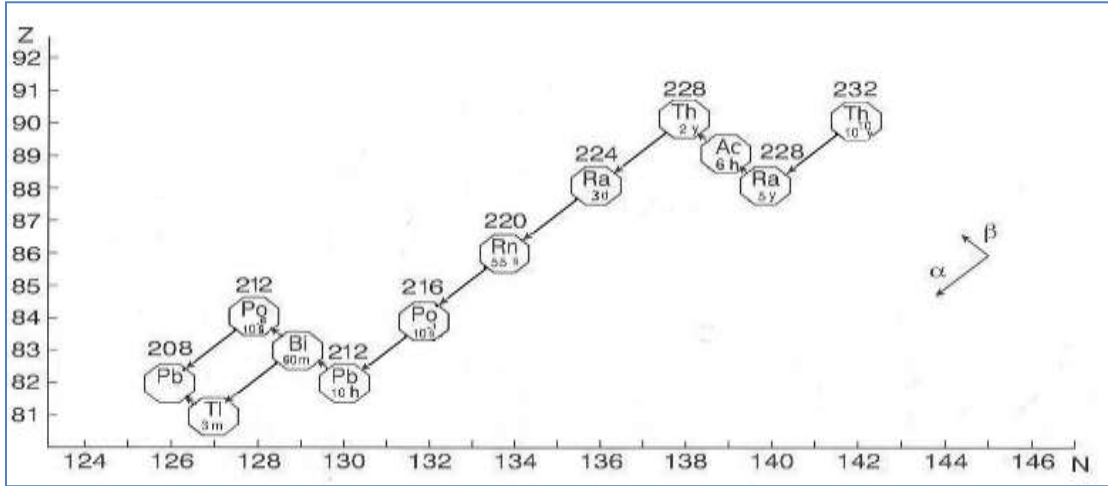
هناك أربع سلاسل مميزة من الاضمحلال الطبيعي [8] ثلاث سلاسل مشعة وهي كل من: سلسلة اليورانيوم ^{238}U المشع وسلسلة الثوريوم ^{232}Th المشع وكذلك سلسلة اليورانيوم ^{235}U المشع ، فضلا عن وجود عنصر البوتاسيوم ^{40}K المشع المنفرد [12-14]. كما في الاشكال التالية:



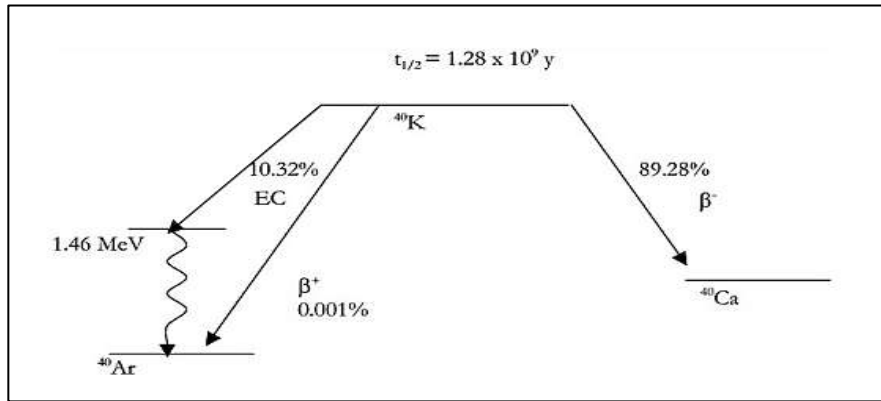
الشكل(1-1) سلسلة انحلال ^{238}U الذي ينتج نويدات مشعة مختلفة [15].



الشكل(1-2) سلسلة انحلال ^{235}U الذي ينتج نويدات مشعة مختلفة [15].



الشكل (1-3) سلسلة انحلال ^{232}Th الذي ينتج نويدات مشعة مختلفة [15].



الشكل (1-4) سلسلة انحلال ^{40}K الذي ينتج نويدات مشعة مختلفة [15].

1.3 وحدات قياس النشاط الإشعاعي Radioactivity units

هي مقادير فيزيائية تعبر عن كمية الطاقة المودعة في كتلة معينة من المادة أو النسيج البشري، أو تعبر عن مخاطر الأنواع المختلفة من الإشعاعات المؤينة على الأنسجة وأعضاء الإنسان، أو على كامل جسم الإنسان . وتعتمد هذه الكميات عند اشتقاقها، على [16]:

- 1- أسلوب تفاعل النوع المعين من الإشعاعات المؤينة مع المادة.
- 2- أسلوب انتقال الطاقة من هذه الإشعاعات للمادة.
- 3- مدى ضرر النوع المعين من الإشعاعات على الكائن الحي.

تقاس فعالية أي عنصر مشع بعدد الانحلالات الحادثة في وحدة الزمن لذلك فان وحدة قياس النشاط الإشعاعي هي البيكرل (Becquerel (Bq

وتعرف بأنها عدد الإشعاعات التي تصدرها العينة المشعة في الثانية الواحدة وسميت بهذا الاسم تخليداً لذكرى العالم الفرنسي (بيكرل) الذي اكتشف ظاهرة النشاط الإشعاعي .
كما يقاس النشاط الإشعاعي بوحدة الكوري (curie) حيث يعرف الكوري بأنه فعالية أي عنصر مشع ينحل بمعدل (3.7×10^7) بالثانية الواحدة.

$$1 \text{ curie (ci)} = 3.7 \times 10^7 \text{ Decay/sec}$$

$$1 \text{ curie (ci)} = 3.7 \times 10^7 \text{ Bq}$$

وهناك وحدة الرذرفورد التي تستخدم كذلك لقياس الفعالية والتي تعرف بأنها فعالية أي عنصر

$$1 \text{ Rutherford} = 10^6 \text{ Decay/ sec} . \text{ بالثانية الواحدة .}$$

$$1 \text{ Rutherford} = 10^6 \text{ Bq}$$

The exposure unit X

1.3.1 وحدة التعرض للإشعاع

أن للتعرض في الوقاية الإشعاعية معنيين مختلفين :-

هو تعرض الهواء الجاف في الظروف المعيارية (أي عند درجة حرارة الصفر المئوي وعند ضغط يساوي 760 ملليمتر زئبق) لكمية من الأشعة السينية أو إشعاعات كاما منخفضة الطاقة - حتى 3 ميغا إلكترون فولت) ويقاس التعرض بكمية الشحنة الكهربائية (الموجبة أو السالبة) الناتجة عن التأين في وحدة الحجم من الهواء الجوي الجاف في هذه الظروف. أي أن:

$$x = \frac{dQ}{dv}$$

حيث : التعرض (X) الشحنة dQ (الموجبة أو السالبة)، حجم من الهواء الجاف كتلته (dv) في الظروف المعيارية. ويقاس التعرض بوحدة عرفت باسم "رونجن Rontgen". وقد تم تعريف الرونتجن بأنه عملية التعرض لكمية من الأشعة السينية أو إشعاعات كاما منخفضة الطاقة تؤدي إلى توليد شحنة كهربائية (سالبة أو موجبة) مقدارها (2.5×10^{-4}) كولوم في كغم واحد من الهواء الجاف وعند الظروف المعيارية. أي أن:

$$I R = 2.58 \times 10^4 \text{ Coulomb/kg air}$$

The absorbed dose unit (D)

1.3.2 وحدة الجرعة الممتصة

هي ناتج قسمة الطاقة المودعة المتوسطة (dE) التي أودعتها الجسيمات (الفوتونات المؤينة) في عنصر من المادة تبلغ كتلته (dm). أي أن الجرعة الممتصة D هي:

$$D = d E/dm$$

وتجدر الإشارة إلى أن الجرعة الممتصة تستخدم لجميع أنواع الإشعاعات المؤينة، سواء كانت مشحونة أو غير مشحونة، ولجميع الطاقات وكذلك لجميع المواد التي تسقط عليها الإشعاعات المؤينة. ووحدة قياس الجرعة الممتصة في النظام الدولي هي كراي (Gray (Gy)“

وما زالت الوحدة التقليدية للجرعة الممتصة للإشعاع هي "الراد" rad“ مستخدمة في بعض المراجع والأجهزة الخاصة بالنشاط الإشعاعي. حيث يعرف الراد بأنه الطاقة الممتصة والمساوية إلى (100) أرك وذلك من قبل غرام واحد من المادة المعرضة للإشعاع. $Gy = 100 \text{ rad}$

1.3.3 التأثير البيولوجي النسبي للإشعاع (RBE) Relative biological effectiveness

ويطلق عليها بالريم (Rem) حيث يعرف الريم بأنه كمية الطاقة الممتصة من قبل المادة المعرضة للإشعاع مضروباً بالتأثير البيولوجي النسبي الذي يقصد به التأثير الحاصل عندما تتعرض المادة إلى إشعاعات مختلفة حيث لا يكون هذا التأثير متساوياً بالشدة اعتماداً على نوع المادة. وحدة الجرعة المكافئة = التأثير البيولوجي النسبي RBE * الجرعة بالراد

وعند التعبير عن الجرعة الممتصة في النظام الدولي للوحدات "بالكراي"، Gray (Gy)“ يكون التعبير عن الجرعة مكافئة بالسيفرت (Seivert (Sv) أي أن السيفرت هو وحدة قياس الجرعة المكافئة في النظام الدولي للوحدات

أما عند التعبير عن الجرعة الممتصة بالراد، يعبر عن الجرعة المكافئة بالريم (Rem) (الوحدة التقليدية) . حيث أن: $1 \text{ Seivert} = 100 \text{ Rem}$

1.4 الدراسات السابقة

Literature Review

قام الكثير من الباحثين، المحليين منهم والعالميين بدراسة غاز الرادون بشكل واسع لتقدير خطورته وتأثيره على البيئة ، وعلى الكائنات الحية ولاسيما الانسان ، وفيما يأتي استعراض لعدد من هذه الدراسات والابحاث التي سندرجها بالتسلسل الزمني لها من الاقدم الى الأحدث.

استطاع الباحث Sadiq H. L. Al-Hussainy عام 2013 [4] من قياس تراكيز غاز الرادون والثورون في هواء وماء وتربة محافظة بابل وكربلاء المقدسة باستخدام كاشف الحالة الصلبة RAD7 ودراسة العلاقة بين سرطان الرئة وتراكيز غاز الرادون والثورون وأظهرت النتائج إن تركيز غاز الرادون في الهواء والماء والتربة تتراوح من $(0.255318-1.5, \text{Bq.m}^{-3})$ و $(0.0848-0.036)$ على التوالي في محافظة بابل ويتراوح من $(0.8310, 072.0)$ على التوالي في محافظة كربلاء كما وجد انه هناك علاقة بين زيادة نسبة سرطان الرئة مع ارتفاع تركيز غاز الرادون في الهواء.

قام منتظر عدنان نور 2013 [5] بدراسة تراكيز غاز الرادون في تربة وماء وهواء في مناطق منتخبة في النجف الاشرف باستخدام RAD7 حيث وجد ان تراكيز الغاز في عينات من مياه منطقة النجف $(2.5-33.25) \text{Bq.m}^{-3}$. وفي منطقة الحيدرية كانت التراكيز $(7.71-24.4) \text{Bq.m}^{-3}$ كما تم قياس التراكيز لغاز الرادون لتربة وهواء المناطق نفسها.

وفي العام نفسه درس (Ali) [6]. قياس تركيز غاز الرادون في نماذج من بعض أنواع مياه الشرب الصحية المتوفرة في الاسواق العراقية باستخدام تقنية RAD7 ووجد ان تراكيز الغاز للنماذج المدروسة يتراوح من $(1.2-142) \text{Bq.m}^{-3}$ وهي أقل من الحد المسموح به التي وضعتها منظمة الصحة العالمية.

أيضًا في العام نفسه استطاع (Rasheed and Kamal) [7]. قياس تركيز غاز الرادون في موارد المياه من محافظة السليمانية - إقليم كردستان - العراق باستخدام كاشف الاثر النووي CR-39 وأظهرت النتائج أن معدل تركيز غاز الرادون في مياه الآبار يبلغ $(2.756) \text{Bq/L}$ وفي مياه الأنهار $(3.161) \text{Bq/L}$ وهذه النتائج ضمن الحد الموصى به من قبل وكالة حماية البيئة .EPA

تمكن (Abdalsattar) في عام 2014 [8] حساب تركيز غاز الرادون لأنواع مختلفة من مياه قضاء الهندية في محافظة كربلاء وسط العراق باستخدام كاشف الاثر النووي CR-39 وكانت تراكيز الرادون لعينات مياه الحنفية جميعها أقل من الحد الطبيعي، أما في عينات المياه الجوفية وجد أن معدل تركيز الرادون $(11.790) \text{Bq/L}$ وهذه القيمة أعلى من الحد الطبيعي

استطاع إسماعيل وشوجي 2015 [9] تحليل تركيزات الرادون في مياه الشرب في محافظة أربيل باستخدام كاشف المسار CR-39. حيث وجد أن متوسط القيم المسجلة $2213 - 4693 \text{ Bq/L}$ بحد أقصى $(61.9) \text{ Bq/L}$ في منطقة هوجران وبحد أدنى $(0.2) \text{ Bq/L}$ الحج عمران.

قام (Jabbar and Abdul) في عام 2015 [10]. بقياس مستوى النويدات المشعة في المياه السطحية من نهر شط العرب في محافظة البصرة / العراق بإستعمال الكاشف RAD7، وقد وجد أن متوسط تراكيز الرادون في الماء يتراوح من $(0.040 \pm 0.008) \text{ Bq/L}$ إلى $(0.112 \pm 0.018) \text{ Bq/L}$ وكانت النتائج جميعها ضمن الحدود الدولية الموصى بها من قبل اللجنة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الصحة العالمية

كذلك في العام نفسه اجرت (Inaam) [11]. تحديد لتركيز غاز الرادون في إمدادات ماء الإسالة لمحافظة بغداد (عاصمة العراق) في بعض 44 المنازل باستخدام الكاشف RAD7 وقد ظهرت النتائج أن معدل تركيز غاز الرادون $(0.1) \text{ Bq/L}$ وعليه وجد إن تركيز الرادون في المياه هي ضمن الحدود الطبيعية التي حددتها المنظمات المختصة.

في العام نفسه درس (Mohsin) [12]. تركيز غاز الرادون في مصادر مياه الشرب في جامعة بابل / العراق باستخدام جهاز RAD7. تراوحت تراكيز الرادون بين $(0.072 - 0.325) \text{ Bq/L}$ مع قيمة متوسطة $(0.183) \text{ Bq/L}$ القيم المقاسة لتراكيز الرادون كانت ضمن المدى المقاس من قبل وكالة حماية البيئة.

في العام نفسه درس (Ahmed) وجماعته [13]. قياس تركيز غاز الرادون في مياه الحنفية والمياه الجوفية في محافظة كركوك شمال العراق بإستعمال الكاشف RAD7. كانت النتائج تشير إلى أن متوسط تركيز الرادون في مياه الحنفية $(0.33104) \text{ Bq/L}$ ، أما بالنسبة إلى المياه الجوفية فبلغ متوسط تركيز الرادون إلى $(2.316) \text{ Bq.L}^{-1}$. وكشفت هذه النتائج أن تراكيز الرادون أقل من الحدود الموصى بها التي أشارت إليها منظمة الصحة العالمية والهيئات التنظيمية للإتحاد الأوروبي، وإن مدينة كركوك آمنة بالنسبة للسكان وليس هناك تهديد من ناحية التلوث الإشعاعي. كذلك في العام نفسه تمكن (Khalid) [14] قياس تركيز غاز الرادون في عينات من مياه الشرب في مدارس ناحية ابي غرق في محافظة بابل / العراق باستخدام جهاز RAD7، إذ كانت أعلى قيمة $(0.688) \text{ Bq/L}$ وأدنى قيمة $(0.072) \text{ Bq/L}$ هذه النتائج لتراكيز غاز الرادون كانت ضمن الحد المسموح به الذي إقترحته وكالة حماية البيئة الأمريكية.

قامت علياء حفطي عباس 2019 [15] بدراسة تراكيز غاز الرادون المشع في الماء لمدارس مدينة الحلة باستعمال كاشف RAD7 . حيث وجدت إن معدل تركيز الرادون في مياه مدارس مركز قضاء الحلة بلغت (0.094887Bq/L) وفي ناحية أبي غرق بلغ تركيز الرادون (0.299Bq/L) وكانت أعلى قيمة للتراكيز في بئر مقام النبي ايوب التي كانت تبلغ (1.184Bq/L). وكانت قيمة الجرعة الفعالة السنوية في مركز القضاء (0.723msv.y⁻¹)

A.S. Alaboodi1 N.A. Kadhim [16] قام بدراسة النشاط الإشعاعي الطبيعي (Rn222، K40، Th232، U238(Ra226) في أنواع مختلفة من عينات المياه بمنطقة الحرة مدينة في محافظة النجف / العراق باستخدام كاشف (NaI (TI) و RAD-7. المواد وقد تم جمع العينات من ثلاثة مصادر رئيسية للمياه، مياه المدينة (مياه الشرب) ومياه الأنهار والمياه الجوفية. أظهرت النتائج أن متوسط تركيز النشاط الإشعاعي للراديوم-232 كان 0.39 ± 1.84 Bq/L، 0.43 ± 2.31 Bq/Land 7.15 ± 1.88 Bq/L، لالثوريوم-232 كان 0.33 ± 1.31 Bq/L، 0.13 ± 0.98 Bq/Land 2.19 ± 0.44 Bq/L، بالنسبة كان البوتاسيوم -40 1.32 ± 9.07 بيكريل / لتر، 2.93 ± 22.29 بيكريل / أرض 8.93 ± 40.89 بيكريل / لتر وبالنسبة للرادون-222 كانت 0.00 ± 35.5 ملي بيكريل/لتر، 30.33 ± 355.50 ملي بيكريل/لتر و 97.20 ± 712.00 ملي بيكريل/لتر.

The aim of Research

1.5 الهدف من البحث

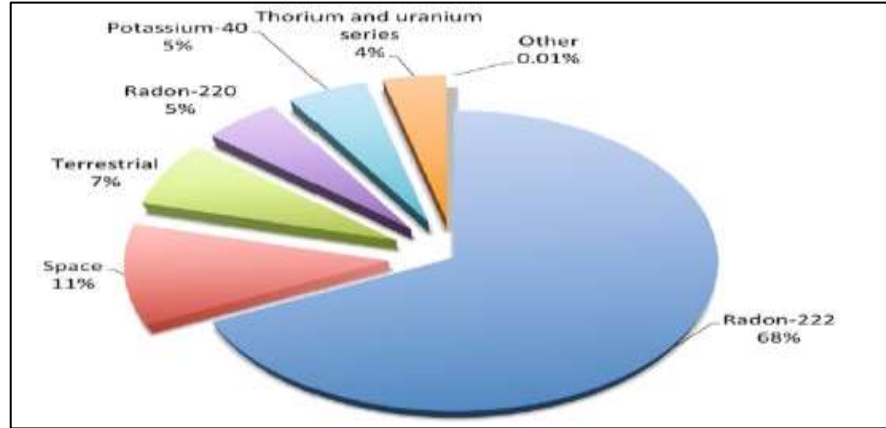
- 1- تتلخص مشكلة وأهمية الدراسة انه بحاجة المنطقة إلى قراءات إشعاعية طبيعية حديثة لتكون مرجع موثق بالموقع يقارن بها القراءات الصادرة عن الوكالة الدولية للحماية من الإشعاع (> ICRP, (International Corporation for Protection from Radioactivity) (2000).
- 2 - الحاجة إلى تحديد أثر النشاط الإشعاعي الطبيعي على عناصر البيئة كالماء والتربة وبالتالي على المنتجات الزراعية. كذلك تحديد نسب النشاط الإشعاعي ومقارنتها بالنسب الطبيعية الصادرة عن الهيئات الدولية.

Introduction

2.1 المقدمة

يتواجد الرادون بشكل طبيعي، وهو خامل كيميائياً الجسيمات التي ينبعث منها الغاز المشع. هذا عديم اللون، ولا طعم له ويعد عنصر الرادون أحد الغازات النبيلة، وهو أثقلها. هناك ستة وثلاثون نظيراً للرادون، جميعها مشعة بدءاً من الرادون 193 إلى الرادون 228، ثلاثة فقط من هذه النظائر تتواجد بشكل طبيعي، وهي الرادون 222 (الرادون)، والرادون 219 (الأكتينون)، والرادون 220 (الثورون)، ويتم إنتاجها باستمرار من سلسلة اليورانيوم 238، وسلسلة اليورانيوم 235، وسلسلة الثوريوم 232، على التوالي [43].

تم اكتشاف عنصر الرادون على يد العالم الألماني فريدريش إرنست دورن بعد اكتشاف اليورانيوم 238 والثوريوم والراديوم 226 والبولونيوم بواسطة آخرين. بدأ القلق بشأن انبعاث غاز الرادون في عام 1900 عندما نشر دورن بحثه الأول. تحتوي البيئة التي يعيش فيها الإنسان على الإشعاع الطبيعي (إشعاع الخلفية)، ويتلقى جميع الناس جرعة يومية ناتجة عن هذا الإشعاع الطبيعي. إن الجزء الأكبر من الجرعة التي يتلقاها الإنسان بسبب الإشعاع الطبيعي يأتي من غاز الرادون 222 كما هو موضح في الشكل (1-2).



الشكل (1-2): توزيع الجرعة الأساسية في الولايات المتحدة الأمريكية [6]

2.2 خصائص غاز الرادون-222

عنصر الرادون ذو العدد الذري 86 له خصائص تقع بين المعادن وغير المعادن، لذلك فهو عنصر فلز مثل السيليكون والبورون والجرمانيوم والزرنيخ والتيلوريوم والبولونيوم والأستاتين. تُعرف حرارة التبخر بأنها الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين الذرات، ويحتل غاز الرادون 222 أعلى قيمة لها، إذ تزداد مع زيادة العدد الذري [1].

متوسط السرعة الذرية لغاز الرادون أبطأ من الغازات النبيلة الأخرى التي تساوي 165 م/ث (عند "متوسط درجة حرارة عالمية تبلغ 14 درجة مئوية")، وغاز الرادون مثل الغازات النبيلة الأخرى هو غاز خامل كيميائياً. ويبين الجدول (2 - 1) الخواص الفيزيائية والذرية والكيميائية لغاز الرادون - 222، والجدول (2 - 2) يوضح الخواص النووية والفيزيائية لغاز الرادون - 222 والثورون والأكتينون، ويبين أن عمر النصف لغاز الرادون-222 أقل من غاز الرادون-222 (الثورون)، ونتيجة لذلك تكون وفرة الرادون-222 أعلى من الثورون.

2.3 المخاطر الصحية لغاز الرادون

يعتبر غاز الرادون من الغازات المسرطنة، ويعتبر العامل الثاني المؤدي إلى سرطان الرئة بعد تدخين التبغ بحسب المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنية (NIOSH) عام 1971 ومنظمة الصحة العالمية (WHO) عامي (1987 و 2009). ، المجلس القومي للبحوث (NRC) في عام 1999، وأظهرت الدراسات التي أجريت على عمال المناجم أن هناك صلة بين التعرض لغاز الرادون 222 وسرطان الرئة، وفقاً لـ ICRP (2012)، فإن البالغين الذين تتراوح أعمارهم بين 30-35 سنة يحتاجون إلى 5 سنوات. للإصابة بسرطان الرئة وتتغير هذه الفترة حسب العمل وعادات الشخص (مدخن أو غير مدخن) [4، 47]. ادعى هنشو وآخرون أن غاز الرادون يرتبط أيضاً بأنواع أخرى من السرطان مثل سرطان الجلد وسرطان الكلى والبروستاتا [5]. يمكن لسلاسل غاز الرادون أن تلتصق بسهولة بالهباء الجوي في الهواء والجلد وأي أسطح أخرى [6]. إن تعرض الخلايا الحية لجسيمات ألفا التي تأتي من غاز الرادون واضمحلال سلالته يؤدي إلى تأثيرات وراثية خلوية، مثل الطفرات، وانحراف الكروموسومات، وتعديل دورة الخلية وزيادة إنتاج البروتين [6].

تعتمد الجرعة التي يتم توصيلها إلى الخلية في الشعب الهوائية في الرئة على الجرعة التي تأتي من غاز الرادون وتكون أقل من الجرعة التي تأتي من سلاسل غاز الرادون كما أن الجرعة التي تأتي من غاز الرادون المذاب في الأنسجة أصغر أيضاً من الجرعة التي تأتي من منتجات تحلل غاز الرادون .

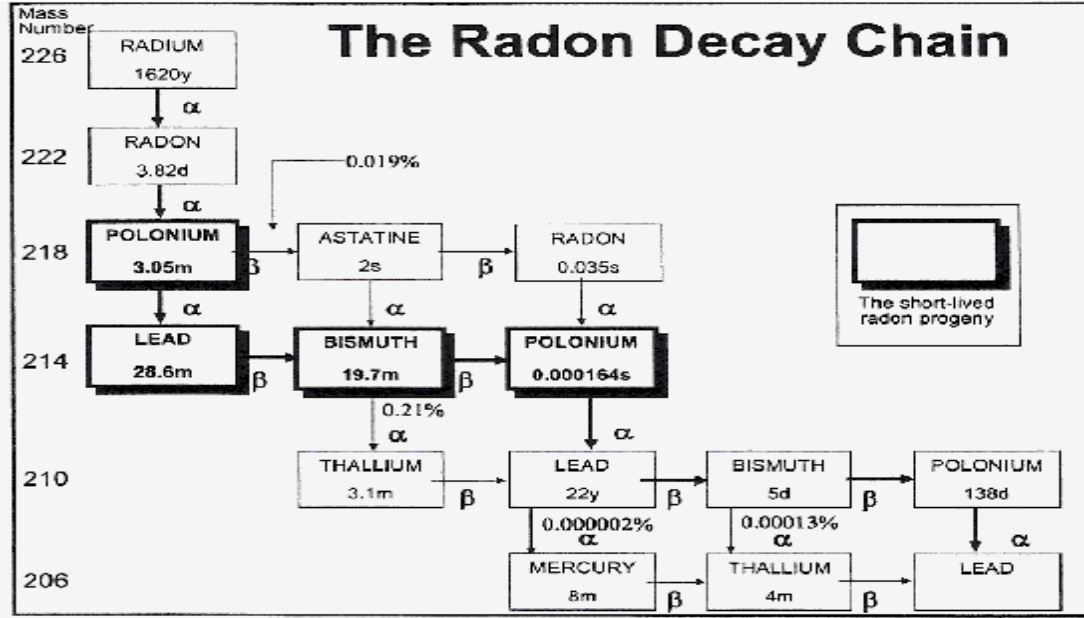
بالإضافة إلى خطر الإصابة بسرطان الرئة، فإن غاز الرادون المذاب في الماء يمكن أن يؤثر بشكل مباشر على الخلايا الحساسة للمسارات الهضمية ولكن هذا التأثير يعتمد على ذرات الرادون، حيث لا تستطيع جزيئات ألفا المرور عبر الطبقة المخاطية المبطنة للظهارة، وبالتالي، ولا تتأثر

الخلايا الجذعية لجدار المعدة. لكن غاز الرادون 222 الذائب في الدم له خطر على الأعضاء الأخرى.

2.4 مصادر غاز الرادون

يأتي غاز الرادون من اضمحلال عنصر الراديوم، حيث يعتبر عنصر الراديوم أحد أعضاء سلسلة اليورانيوم 238 كما هو موضح في الشكل (2 - 2)، ويمكن العثور عليه في الصخور، والتراب، والمياه ومواد البناء، بتركيز مختلفة [8].

وهذا يعني أن غاز الرادون يمكن أن ينبعث من العديد من المنتجات التي تحتوي على كمية من اليورانيوم 238 أو أحد سلالته مثل السجائر.



الشكل (2 - 2): سلسلة اضمحلال غاز الرادون [49].

2.5: غاز الرادون في الماء

غاز الرادون 222 قابل للذوبان في الماء، حيث تزداد قابلية ذوبانه مع زيادة درجة الحرارة والضغط والحموضة وتشبع ثاني أكسيد الكربون. وينتقل إلى الهواء الداخلي أو الخارجي عن طريق العديد من الأنشطة المتعلقة باستخدام المياه [7]. تمتد مياه الشرب في العديد من البلدان من مصادر المياه الجوفية مثل الينابيع والآبار السطحية والآبار الارتوازية. وتحتوي مصادر المياه هذه في العادة على تركيزات أعلى من الرادون مقارنة بالمياه السطحية المستمدة من الخزانات أو الأنهار أو البحيرات.

2.6 الكشف عن الرادون

يتميز غاز الرادون بكونه غازاً مشعاً لذا فإن عملية الكشف عنه وقياس تراكيزه في المواد (كالهواء والتربة والمياه، الخ) سوف تستند بصورة رئيسية إلى استخدام الكواشف النووية وهذه الكواشف على نوعين [5]

2.6.1: - الكواشف السلبية Passive detectors

تتميز هذه الكواشف باستغنائها عن القدرة الكهربائية أثناء عملها، ككواشف الأثر النووي الصلبة SSNTD's، وتستخدم في حالة القياسات طويلة الأمد، والتي قد تجري في ظروف بيئية غير طبيعية. وتمتاز هذه الكواشف بكفاءتها العالية في القياس إذ تستخدم في حساب تركيز الرادون ووليداته بدقة تصل إلى جزء من البليون، ومن أكثر الكواشف الصلبة استخداماً هو كاشف CR-39 و LR-115 type II.

وهي كواشف لها القابلية على تسجيل آثار جسيمات ألفا الناتجة من انحلال الرادون بصورة مباشرة دون أي فعل من المستخدم أو تدخل من الأجهزة، وهي لا تحتاج في تشغيلها إلى القدرة الكهربائية مثل كواشف الأثر النووي الصلبة SSNTD's.

2.6.2: - الكواشف الفعالة Active Detectors

تمتاز هذه الكواشف بعدم استغنائها عن القدرة الكهربائية أثناء عملها، وأيضاً بحساسيتها العالية لجسيمات ألفا، وكواشف أشباه الموصلات Semi Conductor Detectors من هذا الصنف. تستخدم هذه الكواشف في القياسات قصيرة الأمد إذ يتم حساب تراكيز الرادون آنياً وتستخدم هذه الطريقة لمراقبة التغيرات في انبعاث الرادون للمواقع الجيولوجية. ومن أحدث الكواشف الفعالة كاشف RAD7 المستخدم في الجانب العملي من هذا البحث [6].

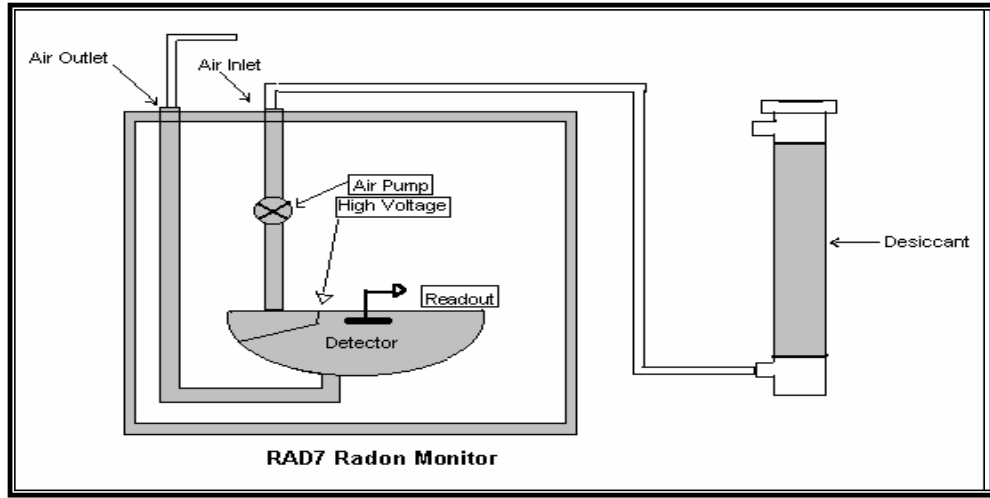
إن كلا الصنفين أعلاه يمتازان بحساسيتهما العالية لجسيمات ألفا التي تنبعث من الرادون إلا أن الصنف الأول من الكواشف في أعلاه يكون مفضلاً عن الصنف الثاني في حالة القياسات طويلة الأمد أو التي تجري في ظروف بيئية قاسية أو في أماكن بعيدة لا تتوفر فيها القدرة الكهربائية.

2.7 الكاشف RAD 7

استعملنا في هذه الدراسة الكاشف RAD 7 وهو من الكواشف الفعالة الذي يعتمد عمله بصورة رئيسية على كواشف أشباه الموصلات.

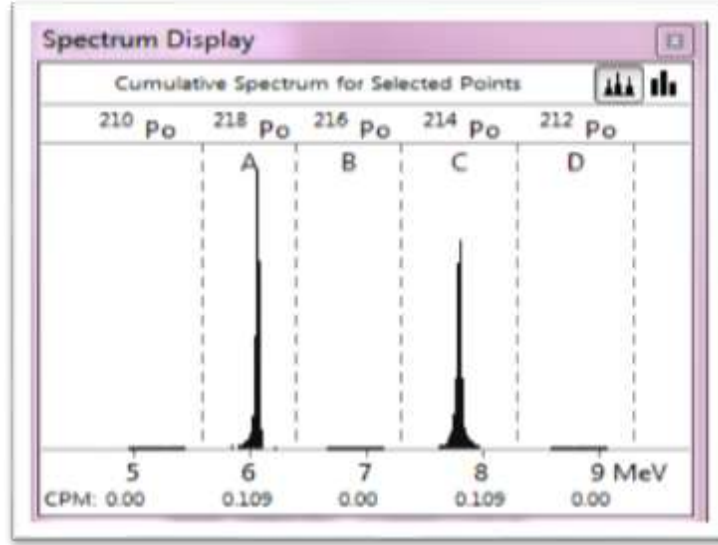
كاشف Rad7 يمتلك خلية عينية بحجم 700 cm^3 شكلها نصف كروي موصل للكهربائية، ومجهز فولتية عالية تجهز الشحنات داخل الموصل إلى جهد حوالي (2000-2500) فولت،

الشكل (2-1). وهذا يولد مجال كهربائي في كافة أنحاء الخلية، يحث المجال الكهربائي الجزيئات المشحونة كهربائياً إلى الكاشف في الخلية، تتحلل ذرات ^{222}Rn داخل الخلية وتترك خلفها الشحنة الموجبة لنواة ^{218}Po ، يعجل على الكاشف ويلتصق به. نواة ^{218}Po تمتلك عمر نصف قصير نسبياً وعند تحللها سوف تمتلك فرصة 50% لدخول الكاشف وإنتاج إشارة كهربائية، الإشارة الكهربائية المسجلة من انحلال الإشعاع النووي مضخمة.



الشكل (2-3) يوضح تخطيط جهاز RAD7.

هنالك وظائف مختلفة لكاشف Rad7 حيث يسمح لكشف الرادون من نوى ^{218}Po ، ويستطيع كذلك تحديد الثورون ^{220}Rn من نوى ^{216}Po . أشارات ^{218}Po و ^{216}Po تنهض من 6MeV إلى 6.78 MeV من تحلل ألفا بالتعاقب كما في الشكل (2-4)، فالنافذة A تسجل العدات الكلية الناتجة من انحلال ^{218}Po ، والنافذة B تسجل العدات الكلية الناتجة من انحلال ^{216}Po ، والنافذة C تسجل العدات الكلية الناتجة من انحلال ^{214}Po ، والنافذة D تسجل العدات الكلية الناتجة من انحلال ^{212}Po ، النوافذ A و C تستخدم لحساب تركيز غاز الرادون، بينما النوافذ B و D تستخدم لحساب تركيز غاز الثورون والعدادات في النافذة المركبة تكون ناتجة بسبب ضوضاء النظام.



الشكل (2-4) نافذة طيف طاقة الفا.

وأن كاشف Rad7 غير متحسس بالكامل من تحلل بيتا. يتميز الكاشف RAD7 بدقته العالية، وبكونه ذات خلفية منخفضة للغاية، إذا لم يكن هناك غاز الرادون، يعني عدم وجود عدات في نافذة RAD7 وعدم تأثيره بالضجيج والاهتزازات التي يعاني منها الكثير من الكواشف الأخرى. ويمكن استخدامه في وسائط مختلفة لأغراض مختلفة كقياس الرادون أو الثورون المستمر في الهواء والماء والترربة. والشكل (2-5) يبين المظهر الخارجي لكاشف RAD7 مع التأشير لاجزاءه.



الشكل (2-5) يبين المظهر الخارجي لكاشف RAD7

يعمل جهاز RAD7 من خلال أربعة مفاتيح رئيسية، الذي يسمح لنا بالنظر إلى الأوامر ومن ثم تحديد عمل الجهاز حسب الاختيار :-

• **مفتاح تشغيل وغلق الجهاز On-Off Switch**

المفتاح الرئيسي لتشغيل الجهاز عند بدء العمل به أو عند شحنه من مصدر تيار كهربائي وغلق الجهاز بعد الانتهاء.

• **مفتاح قائمة الأوامر Ordinances Bill Key**

يحتوي هذا المفتاح على الأوامر التي تحدد الخاصية المطلوبة من الجهاز للعمل عليها، ومن هذه الأوامر :-

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

ب- البيانات Data مجموعة من أوامر البيانات تسترجع البيانات من الذاكرة ويعرضها ويخرجها إلى المنفذ التسلسلي. مجموعة البيانات تشمل أيضا أوامر لإدارة الذاكرة، والتي سوف تحمل البيانات لـ 1000 دورة، في ما يصل إلى 100 مرة يدير العديد من الأوامر في مجموعة البيانات.

ج- التنصيب Setup تشكل مجموعة أوامر التنصيب لجهاز RAD7 على إجراء اختبارات وفقا لاحتياجاتنا. ويتذكر RAD7 جميع اعلومات التنصيب عندما يتم الإطفاء.

د- برنامج خاص RADLINK Special هو برنامج التحكم عن بعد المثبتة في RAD7.

• **مفتاح الدخول Enter**

المفتاح المسؤول عن الدخول إلى البرنامج وتنفيذ الأمر الذي تم اختياره من مفتاح قائمة الأوامر.

• **مفتاحا أسهم اليمين واليسار R. L. Arrows Keys**

مفتاحان يسمحان بالانتقال فيما بين الأوامر لاختيار الأمر المناسب للعملية المطلوبة [7].

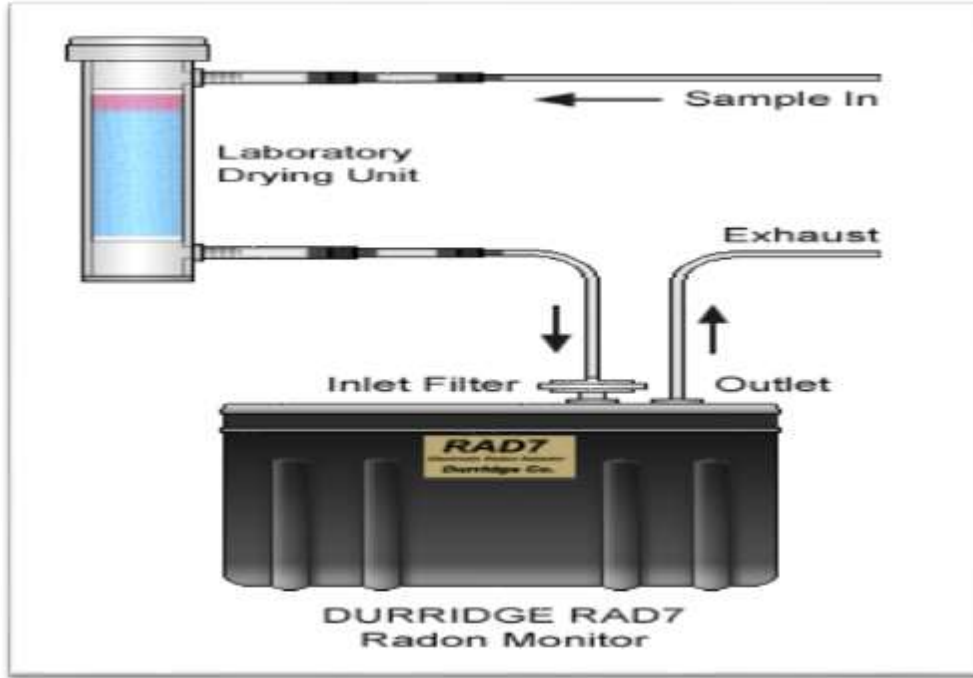
2.8 قياسات الكاشف The Detector Measurements

يقيس الكاشف RAD7 تركيز غاز الرادون وغاز الثورون في نفس الوقت كما يقيس تركيز الغاز في الهواء والماء والتربة فلكل حالة أجهزة مراقبة خاصة، وبرمجة خاصة مناسبة للحالة .

2.8.1 قياس الرادون في الهواء Air Radon Measurement

الجهاز الملحق هو عبارة عن أنبوبة مختبرية تحتوي حبيبات تعمل على تجفيف الهواء الداخل إلى الكاشف والكاشف RAD7 يستطيع التحسس لجسيمات ألفا المنبعثة منذ 3 دقائق، من انحلال الرادون وولائده، من دون تداخل مع إشعاعات أخرى، ومن دون تداخل أيضا مع جسيمات

ألفا المنبعثة من انحلال الثورون وولائده.الكاشف RAD7 يستطيع الاستمرار بمراقبة المستوي الفعال.والشكل (2-6) يبين طريقة ربط الكاشف RAD7 مع الملحق الخاص بتجفيف الهواء المسحوب لداخل الكاشف.



الشكل (2-6) يبين طريقة ربط الكاشف RAD7 [7]

2.8.2 قياس الرادون في الماء Measurement of Radon in the Water

RAD H₂O ملحق للكاشف RAD7، والذي يمكننا من قياس الرادون في الماء، فيتمكن الكاشف من قياس التراكيز. حيث تعطى النتائج بعد 30 دقيقة من وضع العينة للقياس. الشكل (2-7) يبين الكاشف مع الملحق الخاص بقياس تركيز الماء.



الشكل (2-7) اتصال RAD H₂O مع RAD 7 [7].

3.8.2 قياس الرادون في التربة Measurement of Radon in the Soil

لقياس الرادون في التربة نحتاج لملحقات ملائمة للحالة، ومنها وحدة تجفيف مختبريه، أنبوب كبير للتجفيف، ومجس فولاذي مقاوم. كما في الشكل (8-2) [7].



شكل (8-2) المجسات الفولاذية الملحقة.

يقيس الكاشف RAD7 تركيز غاز الرادون وغاز الثورون في نفس الوقت كما يقيس تركيز الغاز في الهواء والماء والتربة فلكل حالة أجهزة مرافقة خاصة، وبرمجة خاصة مناسبة للحالة من المهم عند البداية أن تكون ذاكرة الكاشف RAD7 خالية من بيانات سابقة، فتنقل البيانات إلى الحاسب الشخصي إذا كانت مهمة وإلا تمسح من ذاكرة الكاشف. إن مضخة Rad7 سوف تدور لمدة خمس دقائق، ثم تنتظر الآلة خمسة دقائق أخرى ومن ثم تعد لأربع دورات مدة الواحدة منها خمسة دقائق. في نهاية مدة النصف ساعة، وبعد انقضاء المدة، سيقوم الكاشف بإرسال المعلومات بواسطة IR إلى طابعة صغيرة تقوم باستلام البيانات وطبعها على شرائط ورقية خاصة بغية دراستها لاحقاً. تقوم الطابعة بطباعة معدل تركيز غاز الرادون في التربة من القياسات الأربعة ذات الدقائق الخمس.

Introduction

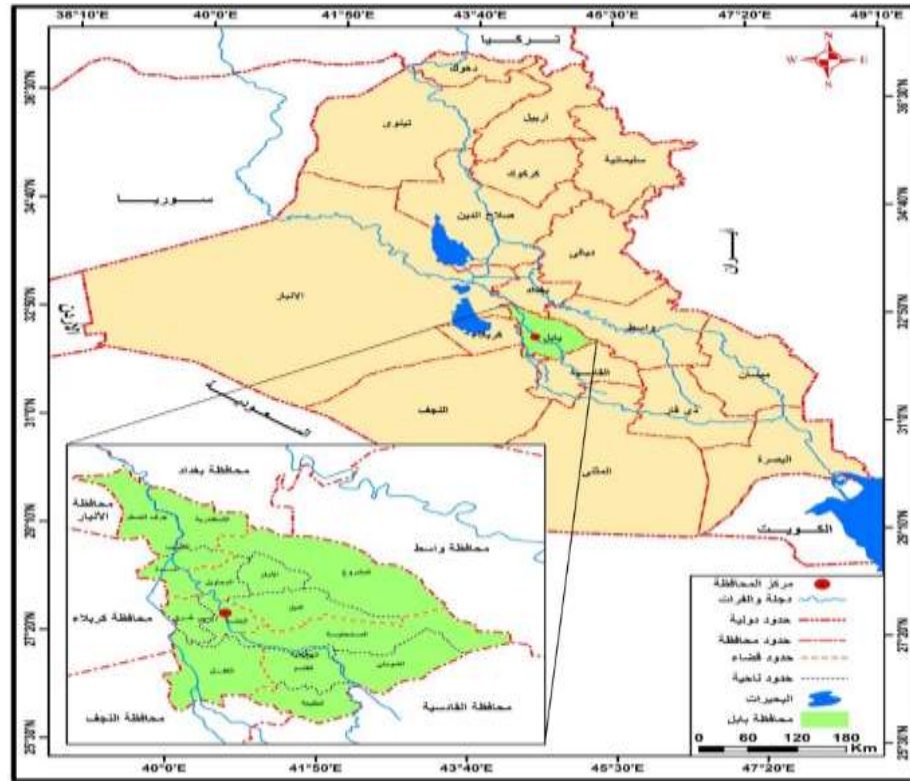
3.1 المقدمة

إن عملية قياس تراكيز الرادون تمت خلال عمليات ابتداء من عملية اختيار المنطقة التي تم جمع العينات منها ومرورا بعملية خزنها ، وانتهاء بعملية إجراء الفحوصات على تلك العينات باستخدام منظومة Rad-7.

Area of Study

3.2 مساحة الدراسة

تم جمع 36 عينة من الماء من منطقة الكفل/ محافظة بابل جيث تقع محافظة بابل في وسط العراق ، وضمن منطقة السهل الرسوبي ، وهي محصورة بين خطي طول 44 00 00 و 45 15 00 شرقا وبين دائرتي عرض 32 04 00 و 00 03 33 شمالا ، وترتفع 27متر عن سطح الأرض ، و تشغل الجزء الشمالي من منطقة الفرات الأوسط كما هو مبين في شكل (3-1). اما المناطق التي درست في ناحية الكفل في كما في الجدول ادناه:



شكل (3-1): خريطة موقع منطقة الدراسة.

جدول (3-1) مناطق الدراسة

No.	Sample Name	Sample code
1	مصفى الكفل	W1 من الشط
2		W2 قبل التصفية
3		W3 بعد التصفية
4		W4 من المنزل
5	زيد بن علي	W5
6		W6
7		W7
8		W8
9	الارنجية	W9
10		W10
11		W11
12		W12
13	خان النص	W13
14		W14
15		W15
16		W16
17	حي العسكري	W17
18		W18
19		W19
20		W20
21		W21
22		W22
23		W23
24		W24
25	الهندية	W25
26		W26
27		W27
28		W28
29	عوفي	W29
30		W30
31		W31
32		W32
33	الكفل مياه جوفية	W33

34		W34
35		W35
36		W36

Examination of the Samples

3.4 دراسة العينات

عند جمع العينات يجب ألا تتلامس عينات المياه مع الهواء أثناء جمع العينة، أو تبقى لعدة أيام في خزان الماء الساخن. لتجميع مياه الصنبور، تم السماح للمياه بالتدفق لمدة 10 دقائق تقريباً لضمان إمكانية جمع محتوى دقيق من غاز الرادون في المياه من إمدادات المياه الجوفية. ثم تم إغلاق الزجاجات بسرعة وإحكام لتجنب تسرب غاز الرادون. تم تحليل العينات التي تم أخذها في مختبر الفيزياء النووية في، كلية التربية للعلوم الصرفة قسم الفيزياء، تم تحليل العينة بعد أكثر من ثلاث ساعات من أخذ العينات. ويرجع ذلك إلى حقيقة أن أخذ عينات وقياس غاز الرادون يسبب مضاعفات بسبب تقلبه ونصف عمره القصير نسبياً.

يتم جمع عينات المياه حيث تم أخذ إحدائيات كل عينة باستخدام تطبيقات الهاتف المحمول المسمى google Earth pro. الاختبار: بعد جمع العينة، تم اختبار العينة باستخدام شاشة RAD7 و RADH2O مع ما يلي

الإعدادات: البروتوكول: WAT-250، وقت كل دورة: 5 دقائق، عدد الدورات: 4، وضع المضخة: الإمساك، النغمة: إيقاف، الوضع: thoron، water250mL: إيقاف)، حيث يكون لكل بروتوكول إعداداته الخاصة. التطهير: يجب تطهير معدات شاشة RAD7 و RADH2O لمدة 10 دقائق على الأقل لتقليل الرطوبة إلى أقل من 9%.

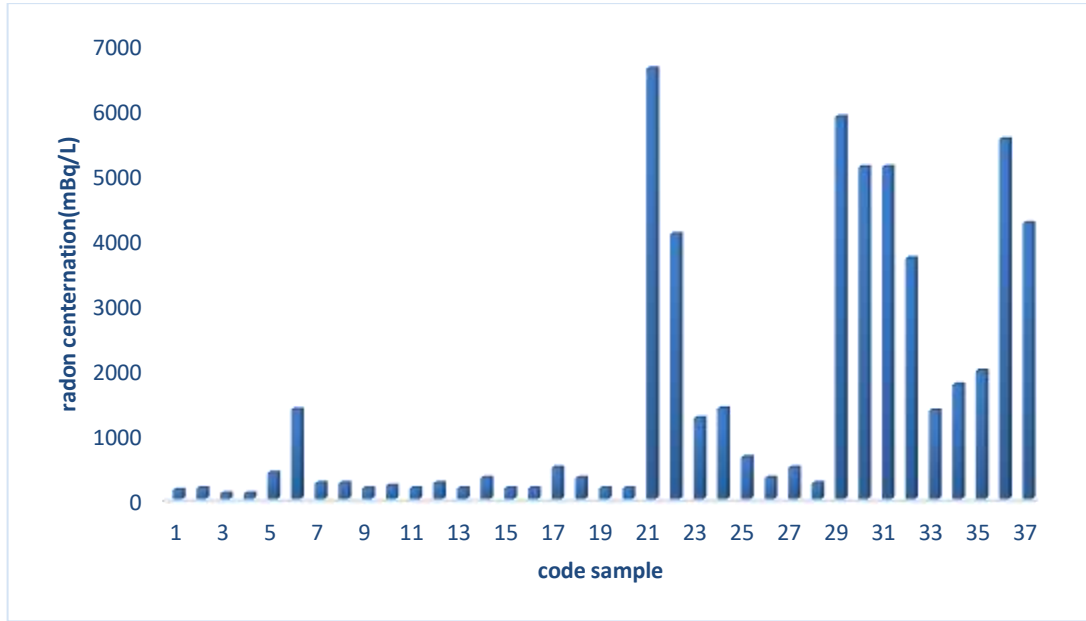
الاختبار: بعد خطوة التطهير، يتم إجراء الاختبار من خلال أزرار شاشة RAD7، ومن ثم يتم إخراج النتائج

تمت طباعته بواسطة طابعة تعمل بالأشعة تحت الحمراء من شاشة

3.5 نتائج الدراسة

ان نتائج تراكيز غاز الرادون (^{222}Rn) في عينات المياه موضوع الدراسة سجلت أعلى قيمة في العينة 21 في (المنطقة 6) وهي 81.3 ± 6625 بيكريل/مل، بينما أقل قيمة في العينة 4 (المنطقة 1) وتصل إلى 8.9 ± 80 بيكريل / مل. متوسط قيمة تركيز الرادون في جميع عينات الدراسة الحالية هو 38.5 ± 1478.16 بيكريل/مل. ويلاحظ وجود اختلاف في تركيز غاز الرادون في جميع

عينات الدراسة الحالية. ويمكن أن يعزى التباين الملحوظ في عينات المياه إلى عمق مصدر المياه والتركييب الجيولوجي للمنطقة قيد الدراسة. من المحتمل أن يكون هذا الاختلاف مرتبطاً بالتقلبات في مستويات اليورانيوم الموجودة في مياه الشرب [8]. تم تحديد تركيزات الرادون في مياه الشرب ضمن الحد المسموح به الذي حددته منظمة الصحة العالمية (WHO). ويعرف هذا الحد بأنه أعلى تركيز مسموح به لغاز الرادون في الماء وهو (5 بيكريل/لتر أو 5000 بيكريل/مل). الشكل (2-3) يوضح نتائج الدراسة.



شكل (2-3) تركيز غاز الرادون في عينات الماء من مناطق الكفل المدروسة

3.6 الاستنتاج

وفي الدراسة الحالية لمياه الآبار، تم تجاوز جميع العينات لمستوى MCL الموصى به من قبل وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة وغير آمن للاستخدام المنزلي. والسبب في ذلك غير واضح ولكنه قد يتعلق بمصدر مياه الآبار التي تحصل على مياهها من باطن الأرض. الرادون هو نتاج انحلال Ra-226. توجد كمية ضئيلة من اليورانيوم والراديوم في الصخور والتربة. وفي دراسات بينت إن غاز الرادون يمكن أن يتحرك بحرية عبر مسام التربة والصخور. وعندما تمتلئ هذه المسام بالماء، يذوب غاز الرادون في الماء وينتقل معه. ولذلك فإن تركيز غاز الرادون عادة ما يكون مرتفعاً في المياه الجوفية مقارنة بالمياه السطحية.

References

المصادر

- [1] G. F. Knoll, *Radiation Detection and Measurement*, Fourth Edi. USA: Wiley, 2010.
- [2] M. I. OJOVAN and W. E. LEE, *An Introduction to Nuclear Waste Immobilisation*, First edit. Amsterdam: Elsevier, 2005.
- [3] L. Weinstein, *Nuclear Physics Explained*, First edit. USA, Virginia: THE GREAT COURSES, 2018.
- [4] Sadiq H. L. Al-Hussainy, "Measurement of Radon and Thoron Concentrations in Air, Water and Soil in Babylon and Holly Karbala", PHD. Thesis, College of Science, University of Baghdad, (2013) .
- [5] منتظر عدنان "دراسة تراكيز غاز الرادون في تربة وماء وهواء في مناطق منتخبة في النجف باستخدام RAD7 الاشراف باستخدام". 2013.
- [6] A. A. Al-HamidaWi, "Determining the concentrations of radon and the rate of annual effective dose in some types of drinking Water available in the Iraqi markets", *Iraqi Journal of Physics*, Vol.11, No. 20, PP.75-80, 2013.
- [7] Rasheed and Kamal " قياس تركيز غاز الرادون في موارد المياه من محافظة السليمانية - إقليم كردستان - العراق باستخدام كاشف الاثر النووي CR-39 في 2013.
- [8] A. K. Hashim, "Measurement of radon and radium concentrations in different types of Water samples in Al-Hindiyah city of Karbala governorate, Iraq", *Journal of Kufa – Physics*, Vol.6, No.2, pp.69-77, 2014..
- [9] ISMAIL., A. H. & HAJI, S. O. Analysis of Radon Concentration in Drinking Water in Erbil Governorate (Iraqi Kurdistan) and its Health Effects. *Tirkit Journal of Pure Science*, Vol. 13 (2008).
- [10] J. H. Jebur and A. R.H. Subber, " Level of radionuclide contents in surface Water from Shutt- Al-Arab river in Basrah governorate, Iraq",

International Journal of Advanced Research in Physical Science (IJARPS),
.Vol.2, No.5, PP.1-6, 2015

- [11] I. H. Kadhim " Analysis of radon concentration in drinking Water in some locations at Baghdad city/ Iraq", Journal of Babylon University/Pure and Applied Sciences, Vol.23, No.4, pp.1686-1692, 2015.
- [12] M. K. Muttaleb Al-jnaby, "Radon concentration in drinking Water sources of the University of Babylon /Iraq", Journal University of Kerbala, Vol.14, No.4, pp.228-235, 2016 .
- [13] A.A.Ibrahim,I.Z. Hassan and S.H. moklofe1, " Radon concentrations in tap and groundWater in Kirkuk governorate using active detecting method RAD7", International Journal of Physics, Vol.5, No.2, pp. 37-42, 2017.
- [14] K. H. Hatif, M. K. Muttaleb and A. H. Abass, "Measurement of Radioactive Radon Gas Concentrations of Water in the schools for Abu – Gharaq", Journal of Babylon University/Pure and Applied Sciences, Vol.26, No.1, pp.174-180, 2018.
- [15] علياء حفطي عباس " بدراسة تراكيز غاز الرادون المشع في الماء لمدارس مدينة الحلة باستعمال كاشف RAD7 2019 .
- [16] Alaboodi, A. S., Kadhim, N. A., Abojassim, A. A., & Hassan, A. B. (2020). Radiological hazards due to natural radioactivity and radon concentrations in water samples at Al-Hurrah city, Iraq. International Journal of Radiation Research, 18(1), 1-11.
- [17] A. Sajo-Bohus, L., Gomez, J., Capote, T., Greaves, E. D., Herrera, O., Salazar, V., and Smith, "Gross Alpha Radioactivity of Drinking Water in Venezuela," *J. Environ. Radioact.*, vol. 35, no. 3, pp. 305–312, 1997.
- [18]D. A. Salim and S. A. Ebrahiem, "Measurement of Radon

-
- concentration in College of Education, Ibn Al-Haitham buildings Using Rad-7 and CR-39 detector,” *Energy Procedia*, vol. 157, no. 2018, pp. 918–925, 2019.
- [19]V. Zareena Hamza and M. N. Mohankumar, “Cytogenetic Damage in Human Blood Lymphocytes Exposed in Vitro to Radon” Mutation Research,” *Mutat. Res.*, vol. 661, no. 1, pp. 1–9, 2009.

Summery

This study aims to measure radon gas levels (^{222}Rn) in a number of water purification plants in the Al-Kifl area in Babil Governorate. 36 samples were collected in 2023 for analysis. ^{222}Rn concentrations were determined using a RAD-7 detector with accessory (RAD-7, HO). Annual effective doses of radon gas concentrations were also calculated in all water samples represented by nine regions, each region taking four samples (from the beach, before filtration, after filtration, and from the home). The radon concentration in the study area ranged from 8.9 ± 80 Bq/ml to 81.3 ± 6625 Bq/ml, with an average value of 38.5 ± 1478.16 Bq/ml. Meanwhile, the average annual effective dose ($\mu\text{Sv/y}$) values ranged from 0.56 to 46.37. The safe limits for ^{222}Rn concentrations and annual effective dose in drinking water are 500 Bq/mL (Bq/m^3) by WHO 2008 and 1 mSv/year by UNSCEAR 2000, respectively. Therefore, the values of ^{222}Rn concentrations and annual effective dose in reverse osmosis water samples at present were within the safe limit. From here it can be concluded that all samples studied are safe.



Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Babylon - College of Science
Department of Physics

**Study of radon concentration in samples of different
types of natural water in Al-Kifl District/Babil
Governorate**

Search

submitted by the student

Sara Hasan Toman

To the Council of the Faculty of Science / Department of Physics

As part of the requirements for a bachelor's degree in the Department of
Physics

Supervised by

Asst. Prof. Dr . Rawaa Mezher Obaid