



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

طراحی و ساخت آشکارساز گاز رادون محیطی و بررسی میزان غلظت گاز رادون در منازل مسکونی

علی اصغر ادیبی سده، علی نگارستانی، جمشید سلطانی نبی پور

دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته

۱. چکیده:

از نقطه نظر فیزیک بهداشت، گاز رادون از جمله خطرناک ترین گازهای موجود در محیط های مسکونی و کاری است و طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی، پس از دود سیگار، گاز رادون به عنوان دومین عامل ابتلا به سرطان ریه در جوامع محسوب می گردد. در این مطالعه با استفاده از یک اتاقک یونش اقدام به اندازه گیری گاز رادون محیطی کرده و نتایج حاصل از آشکارسازی را با آشکارساز *Alpha guard* مقایسه نموده ایم. در این مطالعه نتایج بدست آمده پس از مطابقت با استاندارد های سازمان بهداشت جهانی به کاربر با اعلام وضعیت طبیعی و یا غیره طبیعی بودن محیط هشدار می دهد تا برای کاربران غیر متخصص نیر قابل استفاده باشد. از این سیستم همچنین می توان جهت اندازه گیری تغییرات غلظت گاز رادون محیطی و آب های زیر زمینی استفاده نمود.

۲. کلمات کلیدی: رادون - آشکارساز - آلفا - اتاقک یونش - الکترونیک هسته ای

۳. مقدمه:

گاز رادون در سال ۱۸۹۹-۱۹۰۰ توسط ارنست رادرفور و فردیش دورون، کشف گردید. بنابر اعلام سازمان ^۱ EPA و ^۲ WHO، رادون^۳ که یک گاز رادیواکتیو است، دومین عامل اصلی ابتلا به سرطان های ریه، نایژه و مجاری تنفسی است و قتی هوایشاملرادونراتنفس میکنیم، ریسک ابتلا به سرطان ریه در ما افزایش پیدا میکند [۱]. این گاز بی رنگ و بی بو می تواند مشکلات زیادی برای انسان بوجود آورد.

گاز رادون از واپاشی سری های طبیعی توریم و اورانیوم در زمین تولید می شود و بخاطر گازی بودن از زمین متصاعد شده و در هوا پخش می گردد و تراکم آن در محیط سرپوشیده مثل منازل و محیط کار بیشتر از هوای آزاد است [۲]. حدود ۵۰٪ پرتوگیری طبیعی افراد ناشی از گاز رادون است که سالانه افراد زیادی در اثر ابتلا به سرطان های دستگاه تنفسی از بین می روند [۳].

۴. روش کار:

^۱ EPA: Environmental Protection Agency.

^۲ WHO: World Health Organization.

^۳ Radon.

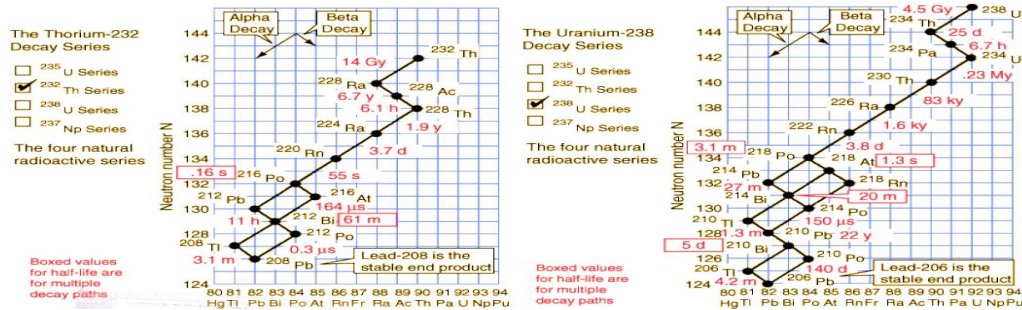


بست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

۴-۱. گاز رادون و منشا تولید آن:

گاز رادون (^{222}Rn) با نیم عمر ۳/۸ روز از واپاشی سری ^{238}U و تورون (^{220}Rn) با نیم عمر ۵۵/۳ ثانیه و از واپاشی ^{232}Th در نهایت اکتینون (^{219}Rn) با نیم عمر ۹۲/۳ ثانیه حاصل از واپاشی ^{235}U تولید می شوند.



شکل ۱. واپاشی سری ^{238}U و ^{232}Th

بنابراین از بین سه ایزوتوپ موجود، ^{222}Rn با نیم عمر ۳/۸۲ روز، فرصت تجمع در فضای بسته ساختمان را دارد. این گاز پرتوزا به فراوانی در محیط زیست بویژه در فضای سرپوشیده از جمله ساختمان هایی که دارای سنگ گرانیت هستند یافت می شود [۴]. مطالعات *Cohen* نشان می دهد که بطور متوسط از هر مترمربع از سطح زمین حدود ۱۵۰۰ اتم گاز رادون در ثانیه متصاعد می گردد و هرچقدر در سطح زمین بیشتر گودبرداری و زیر و رو انجام شود (مثل معادن و گودبرداری ساختمان) میزان تصاعد رادون بیشتر می شود و در محیط های سرپوشیده تجمع پیدا می کند [۵]. همچنین گاز رادون ممکن است در آب های زیر زمینی حل شده و به همراه آب آشامیدنی و مواد خوراکی نیز وارد بدن شود و ریسک ابتلا به سرطان ریه را افزایش دهد [۱].

۴-۲. اثرات مخرب گاز رادون

گاز رادون موجود در هوا که خود یک گسیلنده آلفا است، از طریق تنفس وارد مجاری تنفسی شده و بخاطر نیم عمر نسبتاً کوتاه، واپاشیده می شود. علاوه بر آن آلفای رادون، دختران هسته های زنجیره واپاشی به صورت رسوب در غشای داخلی مجاری تنفسی باقی مانده و دز^۶ جذبی را به شدت افزایش می دهد. حدود ۰.۵٪ پرتوگیری طبیعی افراد ناشی از گاز رادون است [۶].

⁴ Thoron.

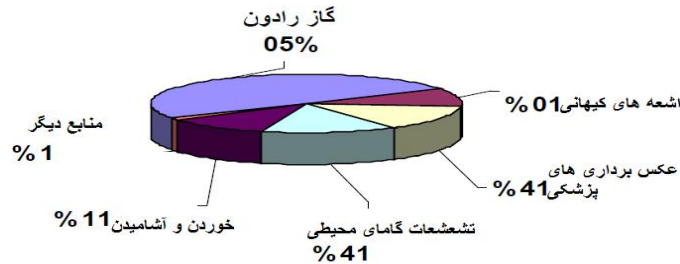
⁵ Actinon.

⁶ Dose.



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۲. درصد پرتوگیری افراد از چشمه های رادیو اکتیو مختلف

میانگین دز سالانه هر فرد ناشی از منابع طبیعی $2/3 mSv$ است که حدود $1/2 mSv$ فقط مربوط به پرتوگیری ناشی از استنشاق گاز رادون است. [۶]

۳-۴. ساخت آشکارساز گاز رادون

گاز رادون، گازی آلفا زا است که ذره آلفای $5/5$ مگا الکترون ولتی از خود ساطع می نماید، بنابراین با توجه به این خاصیت می توان با ساخت آشکارساز حساس به چنین آلفایی به اندازه گیری میزان غلظت گاز رادون پرداخت. در این مطالعه با استفاده از آشکارساز گازی که نمونه ی از آشکارسازی فعال^۷ است، اندازه گیری غلظت گاز رادون مورد بررسی قرار گرفته است. آشکارسازهای گازی باید دارای ویژگی های زیر باشند: [۸]

۱. قابلیت عبور و گردش هوا از درون حجم فعال با دبی عبوری ثابت

۲. دارای بهینه ترین حجم فعال

۳. دارای ولتاژ بالا و بدون نوسان جهت قرار گرفتن در ناحیه اتاقک یونیزاسیون

۴. سازگار با اندازه گیری غلظت های پایین

۴-۴. محاسبه هندسه حجم فعال آشکارساز

با توجه به این نکته که با افزایش حجم فعال آشکارساز گازی، حساسیت آن نیز افزایش می یابد. [۷] در این مطالعه ۹ حجم مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. اگر شعاع استوانه را b و ارتفاع آنرا h و شعاع سیم مرکزی را a بنامیم خواهیم داشت: [۸]

$$V = \pi r^2 h \quad \text{حجم فعال:}$$

$$E(r) = V / (r \ln(b/a)) \quad \text{میدان الکتریکی:}$$

$$C = 2\pi\epsilon_0 [L / \ln(b/a)] \quad \text{ظرفیت خازنی:}$$

حال اگر در یک استوانه با حجم های مختلف ولتاژ ۱۵۰ ولت را به دیواره اعمال کرده و از سیم مسی با شعاع ۱۵۰ میکرومتر استفاده نماییم، خواهیم داشت:

Active detector.^۷

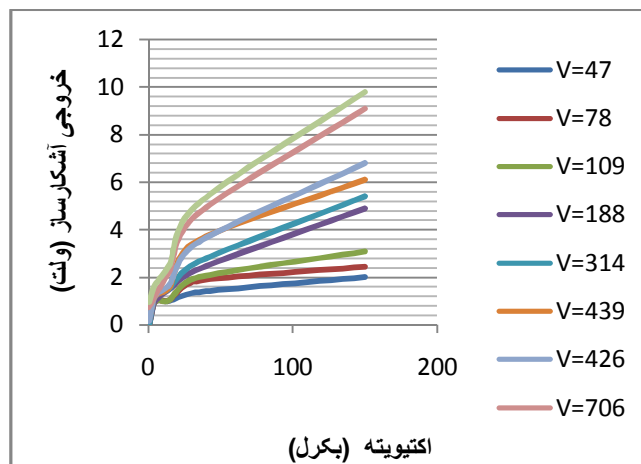


بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

پاسخ به چشمه (V)					نویز پس زمینه (V)	ظرفیت خازنی (pF)	میدان الکتریکی (kV/m)	حجم فعال (Cm ³)	ارتفاع (Cm)	شعاع استوانه (Cm)	ردیف
۰/۸ KBq	۵ KBq	۱۵ KBq	۳۳ KBq	۱۵۰ KBq							
۰	۰.۹۸	۱	۱.۳۵	۲	۰.۸۳	1.98	۴۷	۴۷.۲	۱۵	۱	۱
۰	۰.۹۹	۱.۰۵	۱.۸۴	۲.۴۵	۰.۸۵	3.3	۴۷	۷۸.۵۳	۲۵	۱	۲
۰	۰.۹۹	۱.۰۵	۱.۹۸	۳.۰۱	۰.۶۹	4.62	۴۷	۱۰۹.۹	۳۵	۱	۳
۰	۱	۱.۵	۲.۳	۴.۸۹	۰.۶۷	1.7	۴۰.۸	۱۸۸.۵	۱۵	۲	۴
۰	۱.۲	۱.۵۴	۲.۶	۵.۴	۰.۶۷	2.84	۴۰.۸	۳۱۴	۲۵	۲	۵
۰.۲۵	۱.۲۱	۱.۶	۳.۵	۶.۱	۰.۶۸	3.97	۴۰.۸	۴۳۹.۶	۳۵	۲	۶
۰.۱۵	۱.۲۲	۱.۷	۳.۴	۶.۸	۰.۶۸	1.57	۳۷.۷	۴۲۶	۱۵	۳	۷
۰.۷۵	۱.۲۵	۲.۳	۴.۶	۹.۱	۰.۵۱	2.62	۳۷.۷	۷۰۶.۸	۲۵	۳	۸
۰.۹۷	۱.۷	۲.۵۶	۵.۰۱	۹.۸	۰.۳۱	3.62	۳۷.۷	۹۹۰	۳۵	۳	۹

جدول ۱. مقایسه ابعاد مختلف استوانه بررسی تاثیرات آن

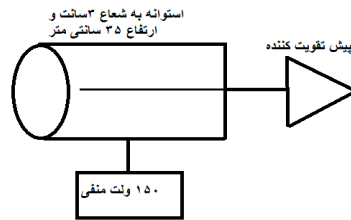


نمودار ۱. نسبت اکتیویته به خروجی آشکارساز

همانگونه که از آزمایشات فوق مشخص است، افزایش حجم فعال آشکارساز باعث حساس تر شدن سیستم به اکتیویته های کمتر می شود و ناحیه خطی عملکردی آشکارساز افزایش می یابد.

بیت و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۳. بلوک دیاگرام نحوه اعمال میدان الکتریکی از طریق اعمال ولتاژ در آشکارساز

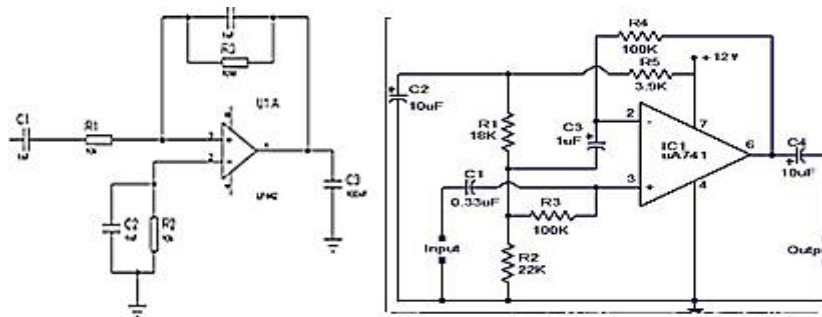
۴-۵. مدارات پیش تقویت کننده

جریان تولیدی حاصل از گاز رادون و فعالیت حدود ۱۰۰ بکرل برابر است با: [۸]

$$I = (Eae)/w = [5 * 10^6 * 100 * 1/6 * 10^{-19}] / 35 = 2/5 pA$$

بنابراین مدار پیش تقویت کننده باید حساس به بار بوده و با شرایط پیکو آمپر سازگار باشد که در اینجا با استفاده از

تقویت کننده $SLF442$ که یک تقویت کننده عملیاتی^۱ حساس به بار است، به این مهم دست می یابیم. [۹]



شکل ۴. محفظه و مدار پیش تقویت کننده



شکل ۵. دستگاه آشکارساز رادون ساخته شده برای این مقاله

Operation Amplifier.^۱



بیست و یکمین کنفرانس هشتاد و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

۵. نتایج

حال دستگاه را در یه ساختمان مسکونی که دارای زیر زمین و طبقات همکف و اول است و با سنگ گرانیت و گچ بری تزئین شده است مورد آزمایش قرار داده و نتایج را با آشکار ساز *Alpha Guard* مقایسه می نمایم.

ردیف	محل اندازه گیری	تزئینات ساختمان	زمان آزمایش (دقیقه)	غلظت با <i>Alpha Gaurd</i> (Bq/m^3)		غلظت آشکار ساز ساخته شده (Bq/m^3)	
				غلظت	خطا	غلظت	خطا
۱	زیر زمین	گچ و سیمان	۱۰	۳۵	۳۷	۳۴۷	
۲	اتاق (همکف)	گچ و سیمان	۱۰	۲۰	۲۰	۱۲۷	
۳	اتاق (همکف)	سنگ گرانیت	۱۰	۲۲	۲۱	۱۷۱	
۴	اتاق (طبقه اول)	گچ و سیمان	۱۰	۶	۶	۵۸	
۵	اتاق (طبقه اول)	سنگ گرانیت	۱۰	۸	۸	۷۳	

جدول ۲. نتایج حاصل از اندازه گیری میزان گاز رادون در ساختمان مورد آزمایش

۶. بحث و نتیجه گیری:

۱. برای مقابله با اثرات مخرب گاز رادون ابتدا باید میزان تراکم این گاز، در منازل و محیط های سرپوشیده اندازه گیری شود، سپس با روش های مناسب مثل ایجاد سیستم تهویه هوا، تراکم گاز رادون را در هوا کاهش دهیم. ایجاد جریان هوا از جمله ساده ترین راه کارهای کاهش غلظت رادون در منازل و محیط کار است.
۲. استفاده از عایق مناسب در کف ساختمان برای جلوگیری از متصاعد شدن گاز رادون نیز موثر است.
۳. عدم سکونت و کار در سطوح پایینی ساختمان علی الخصوص در زیر زمینها با تزئین سنگ گرانیت.
۴. با توجه به ارزان قیمت بودن چنین آشکار سازی، امکان تولید انبوه آن وجود دارد تا عموم مردم از آن جهت اندازه گیری غلظت رادون در محل سکونت و کار خود استفاده نمایند.

۷. مراجع:

- [1].pirjokorhonen,Helmikokotti,penttikalliokoski."behavior of radon,radon progenies and particle"
- [2]DipakGhoshArghadeb,kanchankumarpatra."measurements of alpha radioactivity in arsenic contaminated tubewell drinking water using CR-39 detector";radiation measurement 38(2004);pp19
- [3] A review of current instruments and methods can be found in Metrology and Monitoring of Radon, Thoron and Their Daughter Products, Expert report to Nuclear Energy Agency, OECD, paris, 1985 .



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

[4] world Nuclear Association; WNA:<http://www.world-nuclear.org>

[5] Website:<http://www.radon.com/radon>

[6] UNSCEAR, United nation Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation, sources and effect of ionization radiation. UN, 2000

[7] G. Foldik, "institute of isotopes of the Hangarian Academy of Sciense Budapest, Hungary

[8] B.B. Rossi and H.H. Staub, Ionization Chambers and Counters (McGraw-Hill, NY, 1949)

[9] N. Jonassen and B. Jensen, Test report, Laboratory of Applied Physics, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark.