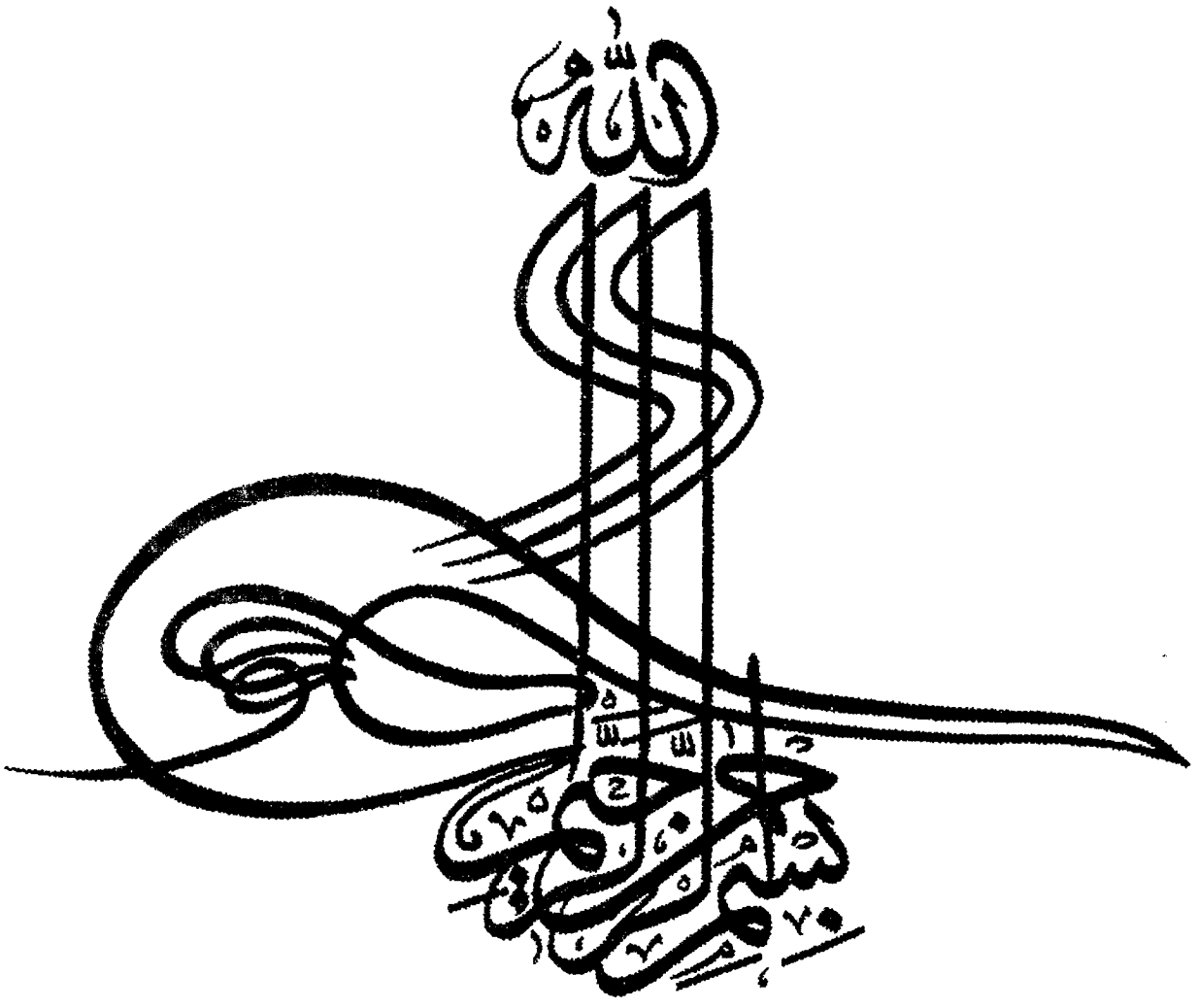


١٠٢٧٧٣

دانشگاه پیام نور – کتابخانه مرکزی
واحد تشریات
شماره ثبت QC
شماره مدرک ۸۴۱
شماره رکورد ۸۷/۷/۲۲

دانشگاه پیام نور

مرکز مشهد

دانشکده علوم پایه

گروه فیزیک

دانشنامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

رشته فیزیک هسته‌ای

عنوان:

اندازه‌گیری میزان رادون آب شرب منطقه قاینات

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
۱۳۸۷/۲/۱۳

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر علی اصغرمولوی

۱۳۸۷/۲/۱۳

استاد مشاور:

جناب آقای مهندس علیرضا بینش

نگارش:

علی داوری

۱۵۲۷۷۳

تابستان ۸۶

حُسنُ السؤال نِصف العِلمِ

پرس و جویی که با لطف و اندیشه توام باشد، نیمی از علم و دانش انسان را سامان می‌بخشد.

پیامبر اکرم (ص)

من به کسی که آرزویی برای آموختن ندارد، تعلیم نخواهم داد. همچنین هیچ مطلبی را برای کسی که خود در جستجوی آن نیست، توضیح نخواهم داد.

(کنفوسیوس)

تقدیم به :

مادر دلسوزم ؛

که همچون هر مادری، وجودش نشانه‌ی لطف حق بوده و هیچ وقت مرا از دعای خیر مادرانه محروم نکرد.

پدر عزیز و بزرگوارم ؛

که تلاش و سخت‌کوشی را به من آموخت؛ همواره آرزومند موفقیتم بوده و هستی‌ام، ثمره‌ی زندگی پر از رنج اوست.

همسر و فرزندان عزیزم ؛

که در رسیدن به موفقیت همواره یاورم بوده و متحمل سختی گشته‌اند.

سپاس‌گزاری

«منت خدای را عز و جل که طاعتش موجب قربت است و به شکراندرش مزید نعمت.»

لازم می‌دانم از تلاش‌های خستگی‌ناپذیر و رهنمودهای ارزنده همراه با تواضع و فروتنی استاد گرانقدرم دکتر علی‌اصغر مولوی که نه تنها انجام این تحقیق را در مراحل مختلف آن هدایت نموده، بلکه افق‌های نوینی را از دنیای پژوهش به من نشان دادند، صمیمانه سپاس‌گزاری و تشکر نمایم.

از استاد عزیزم آقای مهندس علی‌رضا بینش که در طول دوره‌ی تحصیل از تجربیات علمی ایشان در حیطه‌ی علم و عمل بهره‌های فراوان بردم؛ و الطاف و راهنمایی‌های پدرانه‌ی ایشان شامل حال من شده است، فوق‌العاده قدردانی نموده و امتنان قلبی خود را به این استاد فرزانه تقدیم می‌دارم. امیدورام توانسته باشم حق شاگردی ایشان را ادا کرده باشم.

از استاد ارجمند جناب آقای دکترابراهیم زمردیان که علاوه برتقبل زحمت داوری این پایان‌نامه و در طول این دوره‌ی پژوهش همواره با راهنمایی‌ها وکمک‌های بی‌دریغ خود مشوق من بوده‌اند، در دوره تحصیلات من در مقطع کارشناسی نیز زحمات زیادی کشیده‌اند، فوق‌العاده قدردانی و تشکر می‌نمایم.

ازسایر استادان به‌ویژه جناب آقای دکتر محمدی، دکتر سربیشه‌ای ودکتر عربشاهی که دروس دوره کارشناسی ارشد را با ایشان گذرانده‌ام، سپاسگزارم.

از تمام دوستانی که در تهیه، تکمیل و... این پایان‌نامه با من همکاری کردند سپاسگزارم.

چکیده:

رادون با علامت شیمیایی ^{۲۲۲}Rn ، گازی بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌مزه، سنگین، بی‌اثر، با نقطه‌ی ذوب(۷۱-) درجه سانتی‌گراد، نقطه جوش(٦٢-) درجه سانتی‌گراد، با نیمه‌عمر ۳/۸ روز از واپاشی سری ^{۲۳۸}U تولید می‌شود. این گاز در سال ۱۸۹۹ تا ۱۹۰۰ توسط ارنست رادرفورد و فردریچ ارن کشف شد. این گاز که به‌راحتی با دیگر عناصر ترکیب نمی‌شود، تنفس آن نه تنها باعث ایجاد آسم شدید در انسان شده، بلکه به علت رادیواکتیویته عامل اصلی سرطان‌های دستگاه گوارشی و تنفسی است. حدود ۵۰٪ پرتوگیری افراد ناشی ازاین گاز است و سالانه افراد زیادی در اثر ابتلا به سرطان‌های گوارشی و تنفسی از بین می‌روند؛ فقط در ایالات متحده سالیانه این رقم ۲۱۰۰۰ نفر است. این گاز در آب‌های زیرزمینی حل و به همراه آب آشامیدنی و مواد خوراکی وارد بدن می شود و به‌خاطر نیمه‌عمر کوتاه سریعاً واپاشی می‌کند.

در این پژوهش میزان تراکم رادون ورادیم موجود در آب‌های شرب شهر قاین و دیگر منابع آبی این منطقه توسط سیستم PRASSI اندازه‌گیری شده‌است. نتایج نشان می‌دهد آب قنات شاهیک از نظر گاز رادون مشکلی برای نوشیدن ندارد ولی میزان گاز رادون در چند نمونه که مربوط به چاه عمیق است، بالاتر از حد استاندارد تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا یعنی $۱۰BqL^{-۱}$ است. لذا پیشنهاد می‌شود که با نگهداری آب در استخرهای روبازو با هوادهی ونیز غلطاندن مقدار رادون آن کاهش داده شود.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : رادون چیست ؟	
خلاصه‌ی فصل اول	۲
۱-۱ مقدمه	۳
۱-۲ رادون چیست ؟	۳
۱-۳ ویژه‌گی‌های قابل توجه رادون	٤
۱-٤ تاریخچه‌ی پیدایش رادون	٥
۱-٥ کاربردهای رادون	۹
۱-٦ خواص فیزیکی و شیمیایی عنصر رادون	۱۲
۱-۷ ایزوتوپ‌های رادون	۱۳
۱-۸ منبع ایجاد رادون	۱٤
۱-۹ دختران رادون	۱٤
۱-۱۰ واحدهای اندازه گیری رادون	۱٦
۱-۱۱ دزیمتری رادون	۱۷
۱-۱۱-۱ پرتوگیری Exposure یا دز تابشی Radiation dose	۱۷
۱-۱۱-۲ دز جذب شده Absorbed dose	۱۸
۱-۱۱-۳ دز معادل Equalent dose	۱۸
۱-۱۱-٤ یکاها در دزیمتری	۱۹

فهرست مطالب

فصل دوم : تاثیرات زیست محیطی رادون

خلاصه‌ی فصل دوم ۲٤

۲-۱ مقدمه ۲۵

۲-۲ اثرات زیست محیطی رادون ۲٦

۲-۳ اثرات بهداشتی حاصل از رادون ۲٦

۲-٤ چگونه رادون در محیط تراکم پیدا می کند ؟ ۲۸

۲-۵ چگونه افراد در معرض تابش ناشی از رادون قرار می گیرند ؟ ۲۹

۲-٦ اقدامات رادون بعد از ورود به بدن ۳۳

۲-۷ هشدارها ۳٤

فصل سوم : رادون و سرطان

خلاصه‌ی فصل سوم ۳٦

۳-۱ مقدمه ۳۷

۳-۲ سبب شناسی سرطان‌زایی ریه ۳۹

۳-۳ گونه‌های مختلف سرطان ریه در انسان در اثر گاز رادون ٤۰

۳-٤ علایم هشدار دهنده سرطان ریه ٤۲

۳-۵ الگوهای غربال‌گری سرطان ریه ٤۳

۳-٦ الگوهای درمانی سرطان ریه ٤٦

۳-۷ نقش رژیم غذایی در کاهش سرطان ریه در اثر گاز رادون ٤۸

فهرست مطالب

فصل چهارم : رادون در منازل

خلاصه‌ی فصل چهارم ۵۱

٤- ۱ مقدمه ۵۲

٤-۲ چگونگی راه‌یابی رادون به اماکن ۵٤

٤-۳ پرتوگیری از مصالح ساختمانی ۵۸

٤-٤ عایق‌بندی بیش از حد ساختمان و عدم خروج گاز رادون ٦۰

٤-۵ روش‌های کاهش گاز رادون در منازل در هنگام ساخت ٦۲

٤-٦ ارتباط مستقیم رادون موجود در منازل و سرطان ریه ٦۸

فصل پنجم : موقعیت جغرافیایی و منابع آب منطقه‌ی قاینات

۵-۱ مقدمه ۷۰

۵-۲ موقعیت جغرافیایی شهرستان قاین ۷۰

۵-۳ قنات شاهیک ۷۷

۵-۳-۱ تاریخچه قنات ۷۷

۵-۳-۲ مشخصات فنی قنات ۷۷

۵-۳-۳ قفل‌های قنات (ابتکار جالب به‌کار رفته در قنات) ۷۸

۵-٤ نتایج نمونه‌ی آزمایش‌انجام شده توسط وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی ۸۱

فصل ششم : نتایج اندازه گیری رادون و رادیم در آب شرب شهر قاین

٦-۱ مقدمه ۸٤

٦-۲ ویژگی‌های دستگاه مورد استفاده برای اندازه‌گیری رادون موجود در نمونه‌های آب ۸٤

فهرست مطالب

٦-٢-١ ویژگی‌های اصلی دستگاه PRASSI Mod 5s ٨٥

٦-٢-٢ ویژگی‌های تکنیکی دستگاه PRASSI Mod 5s ٨٧

٦-٣ مراحل و شیوه‌ی اندازه‌گیری رادون موجود در نمونه‌های آب شهر قاین ٨٨

٦-٤ نتایج و بحث ٩١

منابع ١٠١

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: نمایی از طرح‌واره عنصر رادون	٤
شکل ۱-۲: توالی واپاشی عنصر رادون به $Pb^{۲۰٦}$	۱۵
شکل ۲-۱ : منابع مختلف پرتوگیری در افراد	۳۱
شکل ۳- ۱: آمار مرگ و میر سالیانه در اثر عوامل مختلف در ایالات متحده آمریکا	۳۸
شکل ۵-۱ : نقشه‌ی (توپوگرافی - آبراهه‌ها) شهرستان قاین	۷۲
شکل ۵-۲: نقشه شهر قاین	۷۳
شکل ۵-۳: نمایی از مزارع شهرستان قاین	۷٤
شکل ۵-٤: نمایی از طبیعت شهرستان قاین در فصل بهار	۷۵
شکل ۵-۵: نمایی از سدهای اطراف شهرستان قاین	۷٦
شکل ۵-٦: نمایی از قفل‌های قنات شاهیک	۷۹
شکل ۵-۷: نمای بیرونی قنات شاهیک	۸۰
شکل ٦-۱ : دستگاه اندازه‌گیری PRASS mod 5S و اتصالات	۸۸

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ : تاریخچه‌ی نام‌گذاری ایزوتوپ‌های رادون ۸

جدول ۱-۲ : برخی از ایزوتوپ‌های عنصر رادون و نیمه‌عمر آن‌ها ۱۳

جدول ۱-۳ : واپاشی رادون تا رسیدن به ^{۲۰۶}Pb ۱۶

جدول ۱-٤ : حد دز مجاز سالانه در افراد ۲۱

جدول ٤-۱ : مقدار گاز رادون و خطرات ناشی از استشمام آن ۵۹

جدول ۵-۱ : نتایج آزمایش باکتریولوژی آب قنات شاهیک ۸۱

جدول ٦-۱ : نتایج اندازه‌گیری مقدار گاز رادون موجود در نمونه‌ها بر حسب $\frac{Bq}{m^3}$ ۹۲

جدول ٦-۲ : نتایج اندازه‌گیری مقدار گاز رادون موجود در نمونه‌ها بر حسب $\frac{Bq}{Lit}$ ۹۳

جدول ٦-۳ : نتایج اندازه‌گیری مقدار رادیم موجود در نمونه‌ها بر حسب $\frac{Bq}{m^3}$ ۹۵

جدول ٦-٤ : نتایج اندازه‌گیری مقدار رادیم موجود در نمونه‌ها بر حسب $\frac{Bq}{Lit}$ ۹٦

جدول ٦-۵ : دُز موثر سالیانه‌ی موجود در نمونه‌ها ۹۸

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار ٦-١ : نمودار هیستوگرام مقدار گاز رادون موجود در نمونه‌ها بر حسب $\frac{Bq}{Lit}$ ٩٤

نمودار ٦-٢ : نمودار هیستوگرام مقدارگاز رادیم موجود در نمونه‌ها بر حسب $\frac{Bq}{Lit}$ ٩٧

مقدمه

باتوجه به این‌که گاز رادون رادیواکتیو (^{222}Rn و ^{220}Rn) عامل‌اصلی سرطان‌های دستگاه تنفسی و گوارشی است، و از طرفی مقداری از گاز رادون متصاعد از خاک و صخره‌ها در آب‌های شرب حل، و از طریق آشامیدن و چرخه‌ی غذایی به بدن موجودات زنده وارد می‌شود؛ لذا مطالعه‌ی اثرات بیولوژیکی ناشی از پرتوگیری گاز رادون «از طریق تنفس، خوردن و آشامیدن » از اهمیت بالایی در بهداشت عمومی جامعه برخوردارربوده و تلاش برای کاهش پرتوگیری ناشی از گاز رادون، گامی موثر در بهداشت جامعه و در راستای قانون آلارا (ALARA) برای پرتوگیری است. متاسفانه در کشورهای در حال توسعه به مسئله‌ی پرتوگیری گاز رادون کمتر توجه شده؛ و ابتلا به سرطان‌های ناشی از این گاز شایع‌تر است. درحالی‌که در کشورهای صنعتی نظیر کانادا، فرانسه و ... سازمان‌های زیادی در فرآیند پایش محیط، مطالعات و تحقیقات مستمر دارند. لذا اینجانب برحسب علاقه و راهنمایی‌های استاد محترم آقای مهندس بینش، به انجام این تحقیق مشتاق شدم. لازم به‌ذکر است که در سفر کوتاه مدت تحقیقاتی ایشان به آفریقای جنوبی و شرکت و ارائه‌ی مقاله در کنگره جهانی پزشکی استرالیا امکان بحث و گفتگو با پروفسور Robbie Lindsay در دانشگاه کیپتاون و پروفسور Barry Allen در دانشگاه سیدنی پیش می‌آید، و معلوم می‌شود که این دو کشور در زمینه‌ی دُز سنجی گاز رادون، تحقیقات گسترده‌ای داشته‌اند. ولی متاسفانه در ایران تحقیقات زیادی در این زمینه انجام نپذیرفته است، این مسئله باعث شد که به اندازه‌گیری تراکم گاز رادون در آب شهر قاین، به‌ویژه قنات مشهور شاهیک که مردم این شهر از آن استفاده زیادی می‌کنند بپردازم.

فصل اول

رادون چیست؟

خلاصه‌ی فصل اول

رادون با نماد شیمیایی ^{۲۲۲}Rn گازی بی‌اثر، بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌مزه، سنگین، با عدد اتمی ۸۶، نقطه‌ی ذوب (۷۱ -) درجه سانتی‌گراد، نقطه‌ی جوش (۶۲ -) درجه سانتی‌گراد با نیمه‌عمر (۳/۸) روز و از واپاشی سری ^{۲۳۸}U تولید می‌شود. هنگامی که تا زیر نقطه انجماد سرد شود، رنگ فسفری درخشانی دارد و در درجه حرارت پایین‌تر به‌رنگ زرد، و در دمای‌معمولی، به رنگ قرمزمتمایل به نارنجی تبدیل می‌شود. این عنصر به‌راحتی در آب حل می‌شود و با دیگر مواد ترکیب نمی‌شود[۱]. و به‌دلیل جرم زیاد اغلب در لایه‌های پایین هوا قرار گرفته و غلظت آن در لایه‌های بالای اتمسفر کمتر است. این عنصر در پرتودرمانی و تعیین زمان احتمالی زلزله کاربرد دارد. رادون دارای ۲۰ ایزوتوپ و پایدارترین ایزوتوپ آن ^{۲۲۲}Rn، که ساطع کننده‌ی اشعه‌ی آلفا است. سه عنصر پولونیوم، سرب و بیسموت که از تجزیه متوالی رادون حاصل می‌شوند، دختران رادون نام دارند که نیز ساطع‌کننده‌ی اشعه‌ی آلفا و بتا هستند. این عنصر در سال ۱۹۰۰-۱۸۹۹ توسط ارنست رادرفورد و فردریچ ارن کشف شد[۱].

۱-۱ مقدمه

در طبیعت بعضی از عناصر هستند که دارای هسته بسیار ناپایدارند و خود به خود به اجزاء کوچک‌تر تجزیه می‌شوند و انرژی تابشی زیادی تولید می‌کنند. تشعشعات حاصل از فرایند واپاشی می‌توانند بسیار خطرناک و گاهی مرگ‌آور باشند. قرار گرفتن در معرض این تشعشعات بر سلامتی انسان تأثیراتی دارد که میزان این اثرات به نوع، انرژی، شدت انتشار و میزان اشعه جذب شده به‌وسیله موجودات زنده بستگی دارد. از این‌رو با توجه به این‌که هدف علم بالا بردن سطح زندگی بشر از جمله در زمینه بهداشت و سلامت می‌باشد، برآنیم که در این فصل دو نمونه از این هسته‌های ناپایدار را که به عنوان تهدید جدی برای سلامت بشر شناخته شده‌اند مورد بررسی قرار دهیم. چرا که شناخت هر چه بیشتر این عناصر، فرآیندهای واپاشی آن‌ها و نحوه ورود آن‌ها به بدن موجودات زنده کمک بیشتری به ما می‌کند تا برای مهار، کنترل و یا حداقل کاهش خطرات ناشی از آن تمهیداتی بیندیشیم.

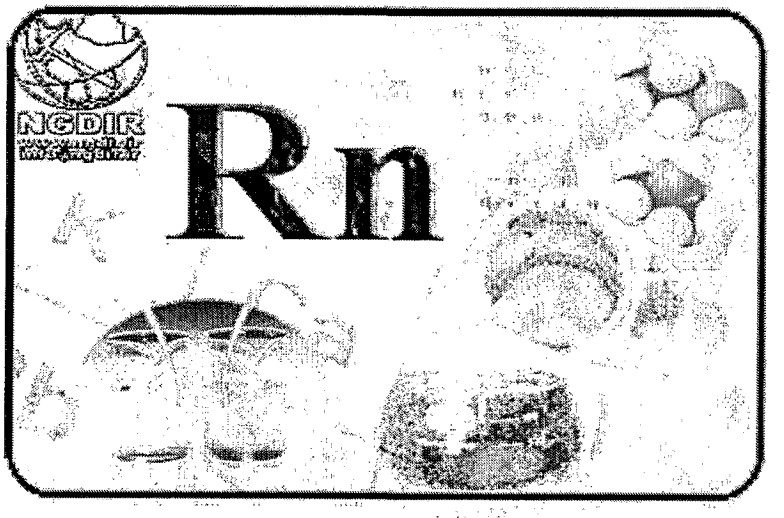
۱-۲ رادون چیست؟

رادون یکی از عناصر شیمیایی جدول تناوبی با نماد ^{۲۲۲}Rn و عدد اتمی ۸۶ است. این عنصر از گازهای بی‌اثر و پرتوزاست؛ که توسط رادیم به‌وجود می‌آید و برای سلامتی بسیار مضر است. پایدارترین ایزوتوپ آن ^{۲۲۲}Rn است که نیمه‌عمرش ۳/۸ روز بوده و در پرتودرمانی کاربرد دارد. این گاز بی‌رنگ و رادیواکتیویته هنگامی که تا زیر نقطه انجماد سرد می‌شود، رنگ فسفری درخشانی دارد که در درجه حرارت پایین‌تر به‌رنگ زرد، و در دمای معمولی به‌رنگ

قرمزمتمایل به نارنجی تبدیل می‌شود. این عنصر در سال ۱۹۰۰ توسط ارنست رادرفورد و فردریچ‌ارن کشف شد[۱].

۱-۳ ویژگی‌های قابل توجه رادون

رادون گازی بی‌مزه و یکی از سنگین‌ترین گازها در دمای اتاق است. (سنگین‌ترین گاز هگزافلورید تنگستن است). برخی از تجربیات نشان می‌دهد که گاز فلوئور می‌تواند با رادون واکنش انجام داده و فلوئورید رادون به‌وجود آورد[۲]. تمرکز رادون طبیعی در جو بسیار ناچیز بوده و آب‌های طبیعی در تماس با جو، رادون موجود در خود را از دست می‌دهند. بنابراین آب‌های زیرزمینی در مقایسه با آب‌های سطحی تمرکز بیشتری از ^{222}Rn را دارا می‌باشند. در شکل ۱-۱ نمایی از طرح‌واره‌ی‌عنصر رادون نمایش داده شده است.



شکل ۱-۱: نمایی از طرح‌واره عنصررادون

در سال ۱۹۸۰ گری و رامسی این عنصر را به روش تعیین چگالی از گازهای سنگین جداسازی کردند. این عنصر به‌لحاظ ساختار اتمی در هشتمین گروه اصلی از عناصر جدول تناوبی قرار دارد. از طرفی در تناوب ششم جدول نیز این عنصر دارای بزرگ‌ترین شعاع اتمی است، که تمایل چندانی به‌شرکت در واکنش‌های شیمیایی ندارد. این عنصر به‌ظاهر آرام و بی-خطر است که دلیل آن هم رسیدن ترازهای اتمی آن به حالت پایداری شیمیایی می‌باشد، ولی بر خلاف خنثی بودن این گاز در واکنش‌های شیمیایی، دارای هسته‌ای ناپایدار و پرتوزا می‌باشد و به دلیل جرم زیاد اغلب در لایه‌های پائین هوا قرار گرفته و غلظت آن در لایه‌های بالایی اتمسفر به‌مراتب کمتر است. به‌دلیل تمایل نداشتن به شرکت در واکنش‌های شیمیایی به‌راحتی می‌تواند از بین مولکول‌های جامدات و مایعات عبور کرده و خود را به سطح آن‌ها نزدیک سازد. از سال ۱۹۲۳ نام این عنصراز تورون به رادون تغییر داده شد[۲].

۱-۴ تاریخچه پیدایش رادون

در سال ۱۸۹۹ رابرت بی‌اونز پرفسور و مهندس برق در دانشگاه مک‌گیل(Mcgill) در مونترال کانادا روی تشعشعات رادیواکتیو مطالعه و تحقیق می‌کرد و در هر دفعه اندازه‌گیری نتیجه‌ی متفاوتی به‌دست می‌آورد. در همین زمان نیز ارنست رادرفورد در دانشگاه مک‌گیل مشغول تحصیل بود. او نیز روی این پدیده تحقیق می‌کرد و مشاهده نمود که پرتوها وتشعشعات رادیم ثابت وپایدار نبودند. آن‌ها به‌وسیله‌ی آزمایش‌های گوناگون دریافتند که ترکیبات رادیوم تشعشعاتی صادر می‌کنند که به‌طور قابل ملاحظه‌ای پایدار هستند. در همان

سال کوری‌ها پدیده‌ی یکسانی را توسط رادیم مشاهده کردند، بدین ترتیب که گاز منتشر شده توسط رادیم پرتوهای رادیواکتیوی را برای مدت یک ماه باقی می‌گذارند.

در سال ۱۹۰۰ فردریچ ارن وارنست رادرفورد مطمئن شدند که یافته‌های رادرفورد و کوری‌ها در مورد پرتوهای رادیم صحیح است. بیشترین کشفیات، یافته‌ها و منابع فردریچ در مورد جزئیات عناصر شیمیایی در سال ۱۹۰۰ می‌باشد. درحقیقت او نتایج آزمایش‌های کوری‌ها را در مورد پرتوهای رادیم برجسته‌تر و زنده‌تر کرد. اما این حقیقت که پرتوافکنی و تشعشعات توسط رادیم یک گاز رادیواکتیو است، به‌طور دقیق در سال ۱۹۰۱ توسط رادرفورد و بروکس بررسی و اثبات شد. بنابراین آن‌ها مشاهدات کوری‌ها را در این مورد معتبر دانسته و تأیید کردند.

در سال ۱۹۰۳ فردریچ جیسل تشعشعاتی از آمونیوم مشاهده کرد و در همان سال نیز دانشمندی به نام اندره لوئیس دبیرن نیز تشعشعاتی را از اکتینیوم مشاهده کرد. در سال ۱۹۰٦ وقتی مشاهده و اثبات شد که آمونیوم نیز عنصری رادیواکتیو است؛ هر دوی این تشعشعات جزء تشعشعات اکتینیوم نامیده شدند. سر ویلیام رامسی و نورمان کولی در مورد پیشنهاداتشان در سال ۱۹۰٤ می‌نویسند " می‌توان به‌خاطر آورد که در کنگره شیمی سال ۱۹۰۰ در پاریس پیشنهاد شد که هیچ عنصری نباید تا زمانی که طیف آن ترسیم نشده نامی را دریافت کند؛ اما تشعشعات رادیم یک بیان کلی بود. اکنون مدارک و شواهد کافی در دسترس است که بتوانیم آن را به عنوان یک عنصر در واژه معمول بپذیریم. درست است که این یک عنصر موقتی است و باید به‌عنوان یک ترکیب باشد؛ اما سوال این است از چه ترکیبی؟" باتوجه به تحقیقات