بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی هسته ای وفیزیک

پایان نامه دکترای مهندسی هسته ای- پرتوپزشکی

اندازه گیری رادون، تورون و دختران آنها از طریق اسپکترومتری آلفا بوسیله آشکارساز ردپای هسته ای پلی کربنات

نگارش

سید مهدی حسینی پویا

(عضو هیأت علمی پژوهشگاه علوم وفنون هسته ای)

استاد راهنما

دکتر حسین آفریده

اساتید مشاور

دکتر محمد رضا کاردان

(عضو هیأت علمی پژوهشگاه علوم وفنون هسته ای)

مهندس مهران طاهری

تیر ۱۳۸۷

...

پیش از من و تو بسیار

بودند و نقش بستند

دیوار زندگی را

زین گونه یادگاران

وین نغمه محبت

بعد از من و تو ماند

تا در زمانه باقیست

آواز باد و باران

تقدیم به:

پدر و مادرم بخاطر زحمات فراوان

همسر مهربانم بخاطر صبر و شکیبایی در این راه

و دو نور چشمم علی و ریحانه که بهترین آرزوهایم برای آنهاست

بر خود لازم می دانم از استاد گرامی جناب آقای دکتر آفریده که راهنمایی این پایان نامه را با وجود مسئولیت های فراوان خویش بر عهده داشتند قدردانی نمایم.

از جناب آقای مهندس راستخواه ریاست محترم مرکز نظام ایمنی هسته ای کشور برای حمایت های مادی و معنوی جهت تحصیل اینجانب در دوره دکترا نهایت قدردانی را دارم.

همچنین از جناب آقای دکتر کاردان مدیر کل محترم امور حفاظت در برابر اشعه که مشاوره این پایان نامه را پذیرفتند تشکر می نمایم.

انجام موفق این پایان نامه را مدیون یاری دوست و همکار عزیزم جناب آقای مهندس مهران طاهری می دانم که صمیمانه تجربیات خود را درتمامی مراحل آن در اختیار اینجانب نهادند و برای ایشان آرزوی موفقیت و بهروزی را دارم.

همکاران ذیل در امور حفاظت در برابر اشعه در انجام این تحقیق نهایت همکاری را مبذول داشته اند:

- **جناب آقای مهندس جعفری زاده رئیس محترم بخش دزیمتری در ایجاد فرصت لازم برای اینجانب و امکانات مورد نیاز برای انجام آزمایش ها،**
- **جناب آقای مهندس کاظمی موحد در نصب و راه اندازی کد فلوکا،**
- **سرکار خانم مهندس طاهره حسینی برای امکانات مربوط به آزمایشگاه محیط و چشمه رادیوم مایع**
- **جناب آقای صادق خانی در امور مربوط به آزمایشگاه رادون ، نوترون و ذرات باردار**

از تمامی این عزیزان بی نهایت سپاسگزارم.

چکیده

با بکارگیری محلول خورش شامل پتاس، اتیلن دیامین، متانول، اتانول و آب (PEMEW) ، به همراه بهبود شرائط خورش الکتروشیمیایی ، می توان توسط آشکار ساز ردپای هسته ای از نوع پلی کربنات لگزان ، طیف نگاری آلفا در بازه انرژی ۰/۸ تا MeV ۵/۲ انجام داد. این طیف نگاری بر اساس توزیع قطر ردپاها در انرژی های مختلف و دارای پاسخی تخت در بازه مذکور می باشد. بر اساس این نوع طیف نگاری، یک سیستم اسپکترومتر آلفا طراحی گردید که از طریق آن بتوان غلظت دختران آلفا زای رادون و تورون را در یک محیط بطور همزمان تفکیک و اندازه گیری نمود. این اسپکترومتر شامل کلیماتور، کاهش دهنده های انرژی ، فیلتر جمع آوری دختران و فیلم پلی کربنات می باشد که بصورت مجموعه ای واحد به یک پمپ مکنده متصل می گردد. ابعاد هندسی این اسپکترومتر بر اساس بهینه سازی بین قدرت تفکیک و بازدهی از طریق روش شبیه سازی مونته کارلو با کد فلوکا تعیین گردید .

عملکرد اسپکترومتر طراحی شده در میدان مختلط رادون وتورون از نظر تفکیک دختران آلفا زا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می دهد که دختران آلفا زای رادون/تورون شامل ^{218}Po و ^{214}Po از زنجیره رادون و^{216}Po ، ^{212}Bi و ^{212}Po از زنجیره تورون بوسیله این اسپکترومتر با FWHM کمتر از MeV ۰/۲ از یکدیگر تفکیک می گردند.

میزان حساسیت این اسپکترومتر به ترتیب برای رادون و تورون به میزان ۸/۵ و ۰/۰۱۸ برحسب $Track.cm^{-2}.kBq^{-1}.m^{3}.h^{-1}$ محاسبه گردید. همچنین با توجه به اینکه با یک شیوه نصب ویژه، این اسپکترومتر علاوه بر دختران آلفا زا ،قادر به اندازه گیری خود رادون و تورون نیز می باشد، بنابراین این امکان بوجود می آید که بوسیله آن فاکتور تعادل رادون در طی دوره های کوتاه مدت اندازه گیری، تعیین گردد. همچنین این اسپکترومتر مناسب برای اندازه گیری غلظت های بالای تورون محیط می باشد.

واژه های کلیدی: رادون، تورون، اسپکترومتری آلفا ، خورش الکتروشیمیایی، دزیمتری

فهرست مندرجات

فصل اول-مقدمه..... ۱

فصل دوم- مبانی رادون وتورون..... ۸

۲-۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی..... ۹

۲-۲- ویژگی های پرتوی..... ۹

۲-۳- کمیت ها و یکاهای اندازه گیری پرتوی..... ۱۴

۲-۴- برآورد خطرات پرتوی..... ۲۲

۲-۵- محدوده تغییرات غلظت در نواحی مختلف..... ۲۴

فصل سوم-ویژگی ها ورفتار محصولات هوابرد رادون/ تورون..... ۲۶

۳-۱- دختران هوابرد آزاد رادون و تورون..... ۲۷

۳-۱-۱- خنثی شدن محصولات باردار مثبت رادون و تورون..... ۲۷

۳-۱-۲- شکل گیری خوشه..... ۲۸

۳-۱-۲- پراکندگی ۲۹

۳-۲- شکل گیری آئروسل ها..... ۲۹

۳-۳- تجمع روی سطوح..... ۳۰

۳-۴- خروج بوسیله تهویه..... ۳۰

۳-۵- غلظت دختران رادون/تورون در فضاهای درونی ۳۱

فصل چهارم-تکنیک های اندازه گیری..... ۳۴

۴-۱- طبقه بندی روش های آشکارسازی..... ۳۵

۴-۱-۱- طبقه بندی بر اساس ثبت مادر و دختر..... ۳۶

۴-۱-۲- طبقه بندی بر اساس توان تفکیک زمانی..... ۳۷

۴-۱-۳- طبقه بندی بر اساس فعال یا غیر فعال بودن آشکارساز..... ۳۸

۴-۲- مقایسه آشکارساز..... ۳۹

۴-۳- آشکارسازهای ردپای هسته ای ۴۰

۴-۳-۱- شکل گیری ردپاها..... ۴۱

۴-۳-۲- خورش شیمیایی..... ۴۳
۴-۳-۳- خورش الکتروشیمیایی..... ۴۵
۴-۳-۴- انواع روشهای خورش الکتروشیمیایی..... ۴۹
۴-۴- اسپکترومتری آلفا با استفاده از آشکارساز ردپای هسته ای ۵۰
فصل پنجم-بهبود شرائط خورش الکتروشیمیایی با هدف طیف نگاری آلفا..... ۵۶
۵-۱-مواد، تجهیزات و روش ها..... ۵۷
۵-۱-۱ چشمه ها..... ۵۷
۵-۱-۲ پرتودهی با آلفاهای تک انرژی..... ۵۸
۵-۱-۳ خورش الکتروشیمیایی..... ۶۰
۵-۱-۴ شمارش ردپاها..... ۶۱
۵-۱-۵ بهینه سازی شرائط خورش الکتروشیمیایی ۶۳
۵-۲- نتایج آزمایش ها..... ۶۵
۵-۲-۱ ایجاد تفاوت قطر ردپا بر حسب انرژی..... ۶۶
۵-۲-۲ پاسخ انرژی ۶۷
۵-۲-۳ قدرت تفکیک انرژی ۷۰
۵-۳- مقایسه با آشکارساز سدسطحی..... ۷۲
۵-۳-۱- قدرت تفکیک..... ۷۲
۵-۳-۲- طیف نگاری با پلی کربنات در یک میدان مختلط آلفا..... ۷۲
۵-۴- خلاصه و نتیجه گیری..... ۷۵
فصل ششم-طراحی اسپکترومتر آلفا..... ۷۶
۶-۱- عملکرد اسپکترومتر..... ۷۷
۶-۲-بهینه سازی ابعاد اسپکترومتر با استفاده از کد فلوکا..... ۷۹
۶-۲-۱- ویژگی های کد فلوکا..... ۸۰
۶-۲-۲- نگارش برنامه کد برای بهینه سازی..... ۸۰
۶-۲-۳-نتایج محاسبات..... ۸۲

۶-۳-خلاصه فصل.....۸۸
فصل هفتم-بررسی پاسخ اسپکترومتر آلفا.....۸۹
۷-۱- مواد ، وسائل و روش ها.....۹۰
۷-۱-۱- چشمه ها و کالیبراسیون آنها.....۹۰
۷-۱-۲- تجهیزات اندازه گیری ۹۲
۷-۱-۳- کالیبراسیون.....۹۶
۷-۲- تفکیک دختران رادون/تورون بوسیله اسپکترومتر طراحی شده.....۹۷
۷-۳- کالیبراسیون اسپکترومتر طراحی شده برای اندازه گیری رادون/تورون.....۹۹
۷-۴- حد آشکارسازی اسپکترومتر.....۱۰۳
۷-۵- نتیجه گیری و خلاصه فصل.....۱۰۴
فصل هشتم-بحث و نتیجه گیری پایان نامه.....۱۰۶
منابع و مأخذ.....۱۱۰
چکیده انگلیسی.....۱۲۱
عنوان انگلیسی.....۱۲۲
متن مقالات چاپ شده.....۱۲۳

فصل اول

مقدمه

استنشاق دختران کوتاه عمر رادون (^{222}Rn) وتورون (^{220}Rn) سهم عمده ای از پرتوگیری افراد جامعه را به خود اختصاص داده است[37][34][54] بطوریکه طبق برآورد UNSCEAR میزان متوسط دز سالیانه هر فرد در اثر استنشاق رادون و دختران آن ۱/۱۵ mSv و برای تورون ۰/۱۰mSv می باشد[92]. در دهه های اخیر مدارک مستدل گسترده ای ارائه گردیده است که حکایت از ارتباط ایجاد سرطان ریه با پرتوگیری حاصل از استنشاق غلظت های بالای رادون و تورون دارد[79][13]. دلیل این مسئله وجود آلفاهای با انرژی بیش از ۵ MeV برخی از دختران آنها می باشد که تمامی انرژی یونسازی خود را در مسیر تنفسی ریه آزاد نموده و سبب ایجاد آسیب سلولی و سرطان ریه می گردند. در گذشته تصور می گردید که بروز مخاطرات مربوط به رادون و تورون تنها منحصر به فضاهای بسته ای چون معادن اورانیوم می باشد، اما مطالعات بعدی نشان داده است که امکان وجود غلظت های بالای آنها در منازل مسکونی و محل های کار نیز وجود دارد. بیشترعواملی که سبب افزایش غلظت این گازها در مکانهای مذکور می گردد عبارتند از وجود چشمه های طبیعی حاوی رادیوم در محل مانند مناطق پرتوزای طبیعی بالا (نظیر رامسر در ایران)[73][74] و یا مصالح بکار رفته در اجزای ساختمانی که حاوی درصد قابل توجهی از عناصر زنجیره اورانیوم یا توروییوم باشند. چنین عواملی سبب گردیده که برخی از کشورها مطالعاتی را در سطح ملی برای پی بردن به وضعیت خود در خصوص غلظت وتغییرات رادون و تورون در مکانهای مختلف به انجام برسانند[91][68][67][65][51] [16].

مطالعات مربوط به بررسی وضعیت رادون از سالهای گذشته در کشور ما نیز آغاز گردیده است و مکانهای متعددی نیز در این خصوص شناسایی گردیده است[101][99-97]. اما وسعت کشور ما و تعدد مکانهایی که ممکن است در آنها پتانسیل بالایی از غلظت های رادون وتورون وجودداشته باشد از جمله معادن اورانیوم ، غارهای طبیعی، چشمه های آب گرم و مناطق پرتوزای طبیعی بالا، ایجاب می نماید که مطالعات گسترده تری در این حوزه صورت پذیرد. چنین تحقیقاتی قطعا نیازمند تجهیزات مناسب، دقیق و ارزان برای اندازه گیری خواهد بود.

در این میان بحث تورون به دلیل نیمه عمر کوتاه آن ($T_{1/2}$= ۵۵/۶ s) و رفتارهای محیطی خاص از جمله وابستگی غلظت محصولات آن به فاصله از منبع پرتوزا [96][26][18] بسیار متفاوت از رادون می باشد. در گذشته بواسطه تعدادی از تحقیقات انجام گرفته در داخل کشور، به بحث رادون پرداخته شده است اما در مورد تورون و یا روش های اندازه گیری آن به گستردگی رادون به آن

توجه نگردیده است. تراکم گاز تورون در فضای بسته عموما به حدی نمیرسد که از طریق محصولات تلاشی آن دز قابل توجهی ایجاد نماید[55]. در گذشته به دلیل آنکه محققین، اهمیت کمی برای تورون از دید سلامت قائل بوده اند و نیز پیچیده بودن تکنیک های اندازه گیری آن و فقدان توجه به آن در نشریات گذشته ICRP، یک فاصله عمیق بین دانش موجود در زمینه تورون نسبت به رادون وجود داشته است. این در حالیست که در برخی مکانها، دز حاصل از پرتوزایی تورون قابل مقایسه و حتی بیشتر از رادون می باشد که این مورد در برخی کشورها نظیر ایتالیا، ژاپن و سوئد مشاهده گردیده و مورد بررسی قرار گرفته است [55][16][51]. لذا اهمیت و توجه رو به افزایشی در مورد تورون و روش های دقیق و معتبر ارزیابی این گاز پرتوزا جهت تخمین پتانسیل خطرات بهداشتی ناشی از استنشاق آن در دو دهه اخیر به وجود آمده است . اهمیت تورون و زنجیره آن از نقطه نظر فیزیک بهداشت، آثار پرتوی، پیامدهای شغلی و... در حال حاضر شفاف نمی باشد .اگرچه با توجه به نیمه عمر کوتاه آن خطر پرتوگیری حاصل از آن پایین به نظر میرسد، با این وجود، تردیدهای اندکی در مورد اهمیت تحقیق بصورت تفصیلی به منظور ارزیابی سهم تورون و محصولات تلاشی کوتاه عمر آن نسبت به رادون برای مردم عادی، محل های کار و محیط زندگی از حیث پرتوزایی طبیعی وجود دارد[50].

بطور خلاصه تحقیق در مورد تورون به انضمام محصولات تلاشی آن به دلائل ذیل از مباحث جالب و مورد توجه محققین می باشد[7]:

- از تورون و رادون و زنجیره های آنها به عنوان ردیاب هوابرد در مطالعات هواشناسی و فرایندهای جوی و مکانیزم های انتقال جرم استفاده می شود. به علت کوتاه بودن نیمه عمرتورون، برای این گاز رادیو اکتیو کاربردهای انحصاری در مطالعات نزدیک سطح زمین (تا چند متر) یافت شده است. نکته با ارزش در این خصوص اندازه گیری همزمان تورون با نیمه عمر کوتاه (~55s) ومحصول آن ^{212}Pb (10.6 h)، کاربردهای جالبی در مطالعات جوی وبطور خاص در محیط های پرتوزای محصور نظیر معادن اورانیوم را ارائه می دهد[50].
- تورون و زنجیره کوتاه عمر آن ، هدایت الکتریکی اتمسفر را از طریق تولید جفت یونهای حاصل از پرتوهای بتا ، آلفا و گاما نوکلوئیدهای پرتوزا بالا میبرد[6].
- نسبت تورون و رادون و زنجیره آنها ، شاخص مهمی از شرائط جریان هوا در محیط های پرتوزا نظیر معادن اورانیوم زیرزمینی می باشد[6].

- در برخی از مکانهای سربسته نظیر معادن گرانیت ، مکانهایی که مواد ساختمانی آن غنی از توریوم می باشد و خاک برخی از نواحی، خطر دز دریافتی حاصل از تورون قابل چشم پوشی نمی باشد[69][55][16].

از آنجا که اثرات مخاطره آمیز رادون و تورون مربوط به دختران کوتاه عمر آنها می باشد، همواره تلاش بر استفاده از روش هایی بوده است که غلظت های آنها هر یک بطور جداگانه قابل تعیین باشد، بویژه آنکه پارامتر مهم "فاکتور تعادل"[1] در تعیین دقیق غلظت رادون نقش اساسی دارد. بنابراین طیف نگاری آلفا از مباحث مهم این حوزه می باشد.غالب روش های طیف نگاری آلفا مبتنی بر استفاده از آشکارسازهای نیمه هادی از نوع سدسطحی می باشد. اگرچه این نوع آشکارسازها دارای توان تفکیک انرژی بسیار خوبی هستند اما در بکارگیری آنها محدودیت هایی نیز چون لزوم استفاده از خلأ ، عامل نویز در اندازه گیری بویژه درغلظت های کم و هزینه بسیار بالا همواره وجود دارد. بعلاوه در یک محیط حاوی رادون و تورون، آلفای حاصل از دختران آنها می توانند از هر نقطه ای از هوا یا سطوح اطراف به سطح آشکار ساز برخورد نموده و انرژی های متفاوتی را در آن ثبت نماید که باعث روی هم افتادگی قله ها در طیف مورد نظر می گردد[5]. چنین محدودیت هایی بعلاوه کاربرد های خاص سبب گردیده که محققین همواره بدنبال یافتن روش های طیف نگاری با استفاده از سایر تکنیک های آشکارسازی نیز باشند[20].

آشکارسازهای ردپای هسته ای حالت جامد، SSNTD[2] ، متداولترین نوع آشکارساز های غیرفعال برای اندازه گیری رادون، تورون و محصولات آنها می باشد. چنانچه هدف استفاده از این نوع آشکارساز برای طیف نگاری آلفا باشد بایستی مشخصه های ظاهری ردپا از جمله اندازه قطر و شکل آن به انرژی مربوط گردد. چنین ایده ای اولین بار بوسیله Somogyi در سال ۱۹۶۶ مطرح گردید [76] و برای محصولات شکافت در راکتورها بر روی نیترات سلولزمطالعه گردید. سپس وابستگی قطر ردپا به انرژی در آشکارساز ردپای هسته ای نوع ماکروفول بطور تجربی مورد بررسی قرار گرفت[77] و سینتیک حاکم بر تغییرات فیزیکی شکل ردپا در فرآیند خورش به شکل یک مدل ریاضی ارائه گردید[78]. در میان انواع آشکارساز های ردپای هسته ای ، نوع پلی کربنات دارای ویژگی های مناسبی از جمله انعطاف پذیری ، یکسان بودن پاسخ در نمونه های مختلف و پاسخ زمینه مناسب می باشد[88]. اما عواملی چون محدودیت دامنه پاسخ انرژی و به دنبال آن دشوار بودن طیف نگاری، همواره

۱- Equilibrium Factor

۲- Solid State Nuclear Track Detector

محققین را بر آن داشته است که یا مشخصه های آنرا برای این هدف بهبود بخشند و یا از سایر انواع آشکارسازهای ردپای هسته ای استفاده نمایند.

Wong و Tommasino در سال ۱۹۸۲ [95] سه ایزوتوپ آلفازای ^{239}Pu، ^{241}Am و ^{244}Cm را با استفاده از توزیع قطر ردپاها بعد از طی حدود ۱۱ ساعت خورش الکتروشیمیایی با PEW روی پلی کربنات از هم جدا نمودند. در سال ۱۹۸۹ Alnajjar و همکارانش [2] با استفاده از تکنیک لایه برداری متوالی از طریق چندین مرحله خورش شیمیایی و الکتروشیمیایی در مدت۷ ساعت، انرژی های آلفای ۰/۵ تا ۵ MeV را از هم تفکیک نمودند. در تحقیق مهمی که در سال ۱۹۹۲به منظور جداسازی دختران رادون و تورون توسط Doi و همکارانش انجام گردید [17]، با بکارگیری دو نیم کره فلزی، زاویه برخورد آلفا به سطح فیلم طوری محدود گردید که از طریق عمق ردپاها بر روی فیلم ها و همچنین ایجاد اختلاف زمانی در ثبت آلفای دختران در روی دو فیلم، امکان تفکیک آنها از یکدیگرو همچنین تفکیک رادون و تورون فراهم آید. در تحقیق مذکور زمان خورش الکتروشیمیایی و شیمیایی بر روی فیلم های پلی کربنات بیش از ۳ ساعت گزارش گردیده است. دادوند و سهرابی در سال ۱۹۹۷ با بکارگیری روش غوطه ور نمودن پلی کربنات در یک محلول پیش از عملیات خورش[۱] با استفاده از محلول اتانول [14] و در تحقیق دیگر سهرابی و همکارانش در سال ۱۹۹۸با معرفی محلول خورش PEMW [75] که شامل متانول و اتانول همزمان در محلول خورش می باشد، بازه انرژی آشکارسازی را به ۱ تا ۴ MeV گسترش دادند. همچنین دادوند و سهرابی در سال ۱۹۹۹[15] نشان دادند که می توان با لایه برداری از سطح فیلم توسط محلول اتیلن دیامین پیش از خورش الکتروشیمیایی، بازه آشکارسازی را بدون استفاده از خورش شیمیایی افزایش داد.

اگرچه تمامی تحقیقات فوق موجب بهبود پاسخ پلی کربنات در طیف نگاری آلفا گردیده است، اما روشی که از طریق آن بتوان در زمان کوتاه خورش و بدون نیاز به فرآیندهای جنبی نظیر خورش شیمیایی ، لایه برداری یا غوطه وری در محلول، بازه گسترده ای از انرژی های آلفا را بوسیله پلی کربنات تفکیک نماید معرفی نگردید. طاهری و حسینی تودشکی در سال ۲۰۰۵[82] نشان دادند که چنانچه محلول اتیلن دیامین بجای آنکه بصورت محلول لایه بردار استفاده گردد، در ترکیب محلول خورش بکاررود، بازه انرژی آشکارسازی آلفا در طی یک خورش الکتروشیمیایی ۷۰ دقیقه ای به ۰/۵ تا ۴/۷ MeV افزایش می یابد. نتایج جنبی این تحقیق حاکی از تفکیک مناسب قطر ردپا بر

۱- Pre-Soaking

حسب انرژی نیز بود اما مطالعه ای در خصوص ویژگی های طیف نگاری از جمله قدرت تفکیک و شکل توزیع قله های آلفا صورت نپذیرفت. همچنین بازدهی آشکارسازی افت چشمگیری را در انرژی های مرزی ناحیه مذکور نشان می داد. نتایج این تحقیق پیش بینی می نمود که می توان با بهبود شرائط خورش و طراحی یک سیستم آشکارساز مناسب با خاصیت طیف نگاری، دختران آلفا زای رادون و تورون را با استفاده از آشکارساز ردپای هسته ای از نوع پلی کربنات تفکیک نمود.

از جمله اهداف امور حفاظت در برابر اشعه کشور ارتقاء سلامت افراد جامعه و پرتوکاران از نظر اثرات پرتوهای یونساز می باشد.با توجه به مخاطرات رادون/تورون و محصولات و اپاشی آنها و بویژه صدمات ریه در اثر استنشاق در غلظت های بالا ، تحقیق و بررسی در خصوص روش های اندازه گیری دقیق و ارزان غلظت این گازها به همراه محصولات واپاشی مربوطه در نیل به این هدف مؤثر می باشد. بر این اساس هدف این پایان نامه ارائه یک روش دقیق وکم هزینه بر اساس امکانات موجود و رفع نواقص و موانع مجموعه تحقیقات گذشته در این حوزه، برای اندازه گیری جداگانه غلظت رادون/تورون و محصولات دختر آلفازای آن بر مبنای آشکارساز ردپای هسته ای از نوع پلی کربنات لگزان می باشد.

مطالب این پایان نامه دکترا به دو بخش کلی تقسیم می گردد. بخش اول دربرگیرنده مطالب مقدماتی و تئوری مباحث مهم در اندازه گیری رادون/تورون بوده و شامل فصول یک تا چهار می باشد. در فصل دوم و سوم این بخش، مبانی تئوری و طبیعت رفتاری رادون ، تورون و دختران آنها که در طراحی هر آشکارسازی ضروری می باشد مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین کمیت ها و یکاهای مورد لزوم در بحث اندازه گیری رادون و تورون به همراه تعاریف مرتبط، در فصل دوم آن ارائه شده است. سپس در فصل چهارم تکنیک های اندازه گیری رادون ، تورون و دختران آنها به اختصار مورد بررسی و مقایسه واقع گردیده و روش های خورش شیمیایی و الکتروشیمیایی و همچنین عوامل مؤثر در آنها مورد بحث قرار گرفته است. بخش دوم این پایان نامه نتایج کارهای پژوهشی انجام گرفته می باشد که در فصول پنجم ، ششم ، هفتم وهشتم ارائه گردیده است. در فصل پنجم بهبود شرائط خورش الکتروشیمیایی برای امکان طیف نگاری آلفا و همچنین مشخصه های این نوع طیف نگاری شامل کارائی و قدرت تفکیک و مقایسه با روش فعال صورت گرفته است.در فصل ششم بر اساس نتایج فصل قبل چگونگی طراحی یک اسپکترومتر آلفا برای ثبت دختران آلفا زای رادون/تورون بر اساس بهینه سازی ابعاد هندسی اسپکترومتر بوسیله کد شبیه ساز فلوکا به تفصیل بیان گردیده است. در فصل

هفتم، نتایج اندازه گیری رادون/تورون و دختران آنها بوسیله اسپکترومتر طراحی شده و همچنین کالیبراسیون آن ارائه گردیده است. در فصل هشتم نتیجه گیری پایان نامه بانضمام افق های پیش رو در این حوزه بررسی گردیده است.

فصل دوم

مبانی رادون و تورون

رادون (^{222}Rn) و تورون (^{220}Rn) دو گاز بی اثر آلفا زا می باشند که در طبیعت وجود دارند و سطح غلظت آنها قویا بستگی به شرائط ساختاری زمین و شرائط جوی نظیر فشارو بارش دارد. منشأ هر دو از زنجیره تلاشی طبیعی در پوسته زمین می باشد و از میان شکاف ها و خلل و فرج صخره ها عبور کرده و در جو آزاد می گردند. این عناصر پرتوزا پس از خارج شدن از سطح زمین بلافاصله در اثر جابجایی هوا پراکنده و رقیق می گردند و چنانچه در هر فضای بسته ای از جمله محل های مسکونی حضور داشته باشند میتوانند به فضای درونی آن نفوذ کرده و آنقدر تجمع پیدا نمایند که باعث بروز خطر پرتوی گردند.

۲-۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی

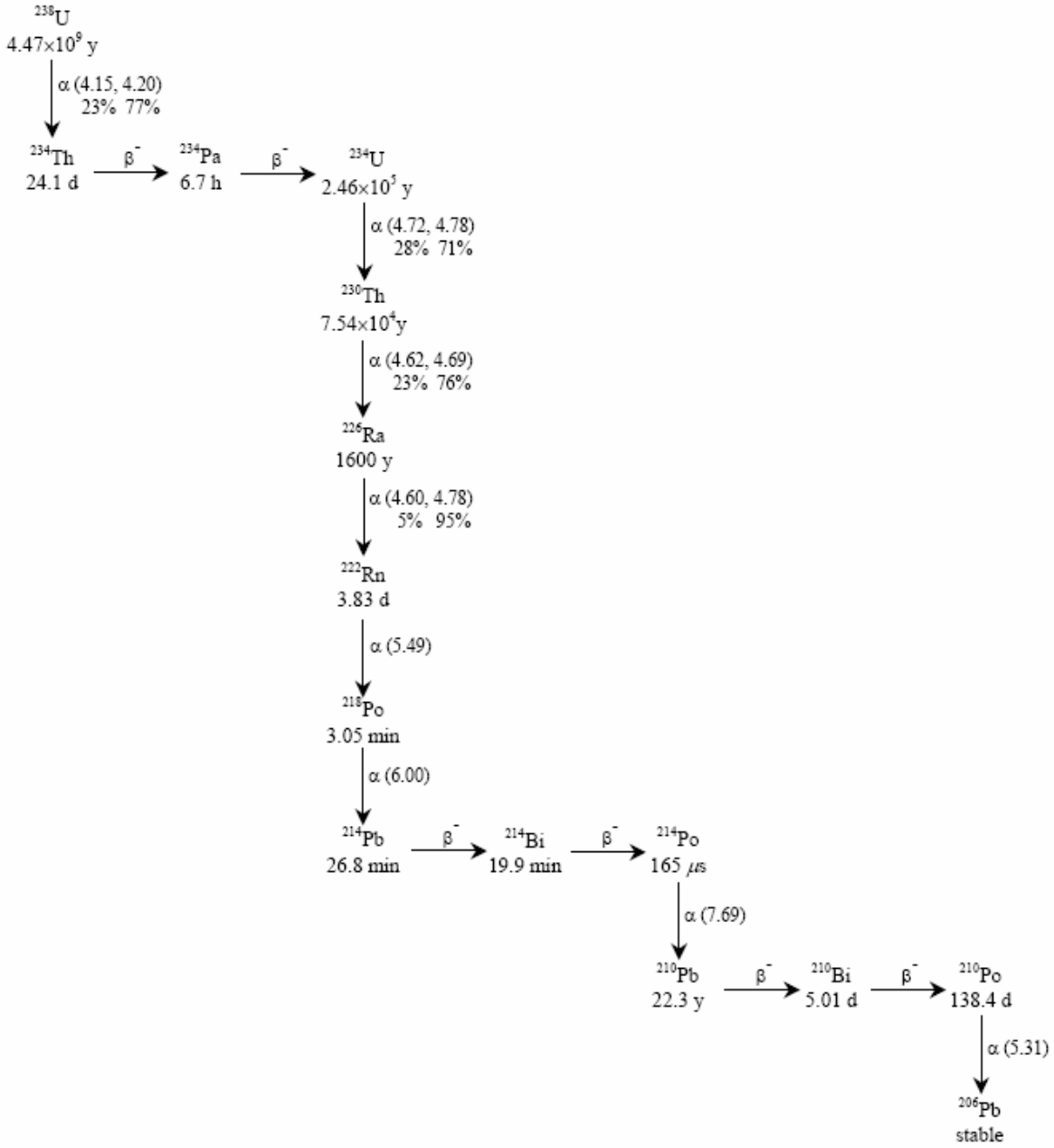
ویژگی مشترک تمامی زنجیره های پرتوزائی طبیعی (به غیر از زنجیره های تولید مصنوعی نپتونیوم) حضور ایزوتوپ های رادون در آنها میباشد. این گاز نادر، بدون بو، رنگ و مزه است واگرچه به سختی بصورت ترکیب شیمیایی وجود دارد ، با این حال بصورت ترکیباتی چون RnF_4 یا درساختار شبکه های هیدرژن دار با نام لاتین 'Clathrate' بصورت عنصر میهمان بدون پیوند های والانسی و به شکل ملکولی می تواند وجود داشته باشد. رادون به سهولت بر روی زغال چوب[۱] ، ژل سیلیکا و یا مواد مشابه جذب می گردد و از این خاصیت برای جمع آوری آن و جداسازی از سایر گازها استفاده می گردد. برای رها شدن رادون از زغال چوب لازم است دمای $350\ ^oC$ بکار رود[32].

ویژگی مهم دیگر رادون حلالیت آن در مایعات از جمله آب و گاز های طبیعی است که می تواند به فواصل دور از منبع تولید خود منتقل گردد و در وضعیت خاصی نظیر اجزای ساختمانی غنی از رادون در فضاهای بسته ، میزان بالایی از غلظت آن در هوا ایجاد گردد.

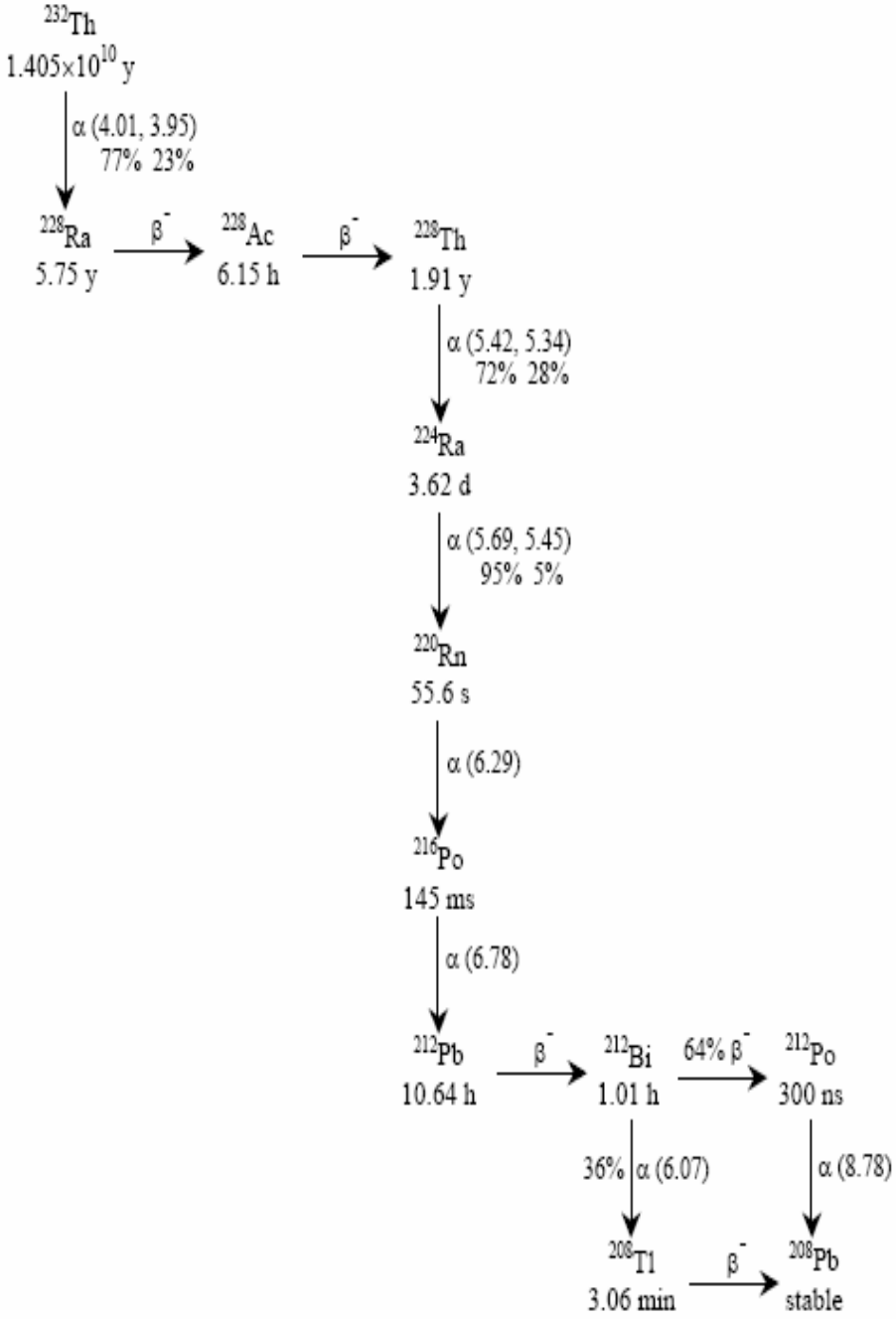
۲-۲- ویژگی های پرتوی

رادون (^{222}Rn) و دو ایزوتوپ آلفا زای دیگر آن تورون (^{220}Rn) وآکتینیون (^{219}Rn) به ترتیب از زنجیره های طبیعی معروف به اورانیوم ، توریوم و آکتینیوم حاصل می گردند که در شکل ۲-۱تا ۲-۳ نشان داده شده اند. از ویژگی های پرتوی ایزوتوپ های رادون و دختران آنها برای آشکار سازی

۱- Charcoal



شکل ۲-۱: دیاگرام تلاشی سری ^{238}U به همراه نیمه عمر و انرژی آلفا بر حسب MeV



شکل ۲-۲: دیاگرام تلاشی سری ^{232}Th به همراه نیمه عمر و انرژی آلفا بر حسب MeV