

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۱۳۹۹۹۵

دانشگاه یزد
دانشکده فیزیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

فیزیک هسته‌ای

بررسی هسته‌های پرتوزای طبیعی در خاک‌های یزد

استاد راهنما:

دکتر جعفر قیصری

استاد مشاور:

دکتر محمد اخوان قالیباف

پژوهش و نگارش:

فاطمه مسعودی همت آبادی

۱۳۸۸/۷/۱

موسسه مطالعات و تحقیقات علمی یزد
سی. پ. ک.

اسفند ماه ۱۳۸۷

۱۲۶۹۶۵

تقدیم به:

دریای مهر و محبت ، مادرم

اسوه صبر و استقامت، پدرم

اقیانوس بی کران عشق، همسرم

تقدیر و تشکر:

یا سپاس فراوان به درگاه ایزد منان، که دغدغه آموختن را در وجود من نهاد و به من نیرو داد تا همچون جویی، جوئی علم، از فراز و نشیبها گذر کنم و از مشاهدات خود توشه‌ای با ارزش برداشته و از آن جهت به برنامه زندگی‌ام مفهوم واقعی‌تری بخشم.

زحمات استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر قیصری را ارج می‌نهم و از ایشان سپاسگزارم.

از جناب آقای دکتر اخوان قالیباف، که در این مدت مرا از راهنمایی‌های خود بهره‌مند ساختند، کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر غضنفر میرجلیلی، استاد مدعو داخل و جناب آقای دکتر لامعی رشتی استاد مدعو خارج، به خاطر تقبل داوری این پایان‌نامه، قدردانی می‌کنم.



صدیریت تحصیلات تکمیلی

صور تجلسه دفاعیه پایان نامه دانشجوی
دوره کارشناسی ارشد

شناسه: ب/ک/۳

جلسه دفاعیه پایان نامه تحصیلی آقای/ خانم: فاطمه مسعودی همت آبادی دانشجوی کارشناسی ارشد
رشته/گرایش: فیزیک هسته ای

تحت عنوان:

بررسی هسته های پرتوزای طبیعی در خاک های یزد

و تعداد واحد: ۶ در تاریخ ۸۷/۱۲/۱۴ به حضور اعضای هیأت داوران (به شرح ذیل) تشکیل گردید.
پس از ارزیابی توسط هیأت داوران، پایان نامه با نمره: به عدد ۱۸/۵۰ به حروف هیجده ونیم
و درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت.

عنوان

نام و نام خانوادگی

امضاء

استاد/ استاذان راهنما:

دکتر جعفر قیصری

استاد/ استاذان مشاور:

دکتر محمد اخوان قالیباف

متخصص و صاحب نظر داخلی:

دکتر غضنفر میرجلیلی

متخصص و صاحب نظر خارجی:

دکتر محمد لامعی

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه (ناظر)

نام و نام خانوادگی: دکتر دهقان نژاد

امضاء:

چکیده:

در این پروژه، اکتیویته رادیونوکلیدهای ^{238}U ، ^{232}Th و ^{40}K موجود در نمونه‌هایی از خاک-های جمع‌آوری شده از یزد، اندازه‌گیری شده است. تعداد ۴۸ نمونه خاک سطحی و تا عمق ۵۰ سانتیمتری سطح زمین از شهرستان یزد و چند شهر اطراف آن (صدوق، اردکان، میبد، مهریز، تفت، بافق و بهاباد) با استفاده از طیف‌سنجی اشعه گاما مورد بررسی قرار گرفتند. پس از آسیاب و الک کردن نمونه‌ها و قرار دادن آن‌ها در ظرف‌های مارینلی (که به همین منظور تهیه شده بودند)، به مدت ۴ هفته به آن‌ها زمان داده شد تا برای شمارش آماده شوند. شمارش تمامی نمونه‌ها توسط آشکارساز ژرمانیومی فوق‌خالص و به مدت ۲۰۰۰۰ ثانیه انجام گرفت.

پس از انجام محاسبات، نتایج اکتیویته برای ^{40}K در ناحیه مورد بررسی از $314/8 \text{ Bq/kg}$ تا 608 Bq/kg با میانگین $445/9 \pm 76 \text{ Bq/kg}$ و برای ^{238}U از $17/3 \text{ Bq/kg}$ تا $29/4 \text{ Bq/kg}$ و با میانگین $22/4 \pm 2/9 \text{ Bq/kg}$ و در مورد ^{232}Th حدود تغییرات اکتیویته به صورت $38/6 - 18$ و با میانگین $23/9 \pm 5/1 \text{ Bq/kg}$ به دست آمد. همچنین برای آهنگ دز جذبی، میانگین $44/6 \pm 6/4 \text{ nGy/h}$ به دست آمد.

فهرست مطالب

فصل اول: پرتوزایی طبیعی.....	۱
مقدمه.....	۲
۱- معرفی زنجیره‌های پرتوزا.....	۳
۱-۱- ویژگی‌های مشترک زنجیره‌های پرتوزا.....	۶
۱-۱-۲- ایزوتوپ‌های پرتوزای دیگر.....	۷
۲- پرتوزایی طبیعی و توزیع آن.....	۷
۱- ۳- خاک و رادیو نوکلیدهای طبیعی و مصنوعی آن.....	۸
فصل دوم: اصول طیف‌سنجی اشعه گاما.....	۱۱
۱- ۲- واپاشی گاما.....	۱۲
۲- ۲- قانون واپاشی پرتوزا.....	۱۲
۱- ۲- ۲- یکای فعالیت.....	۱۴
۲- ۲- ۲- ثابت واپاشی کل.....	۱۴
۳- ۲- برهمکنش‌های پرتو گاما با ماده.....	۱۵
۱- ۳- ۲- اثر فوتوالکتریک.....	۱۵
۲- ۳- ۲- پراکندگی کامپتون.....	۱۶
۳- ۳- ۲- تولید زوج.....	۱۷
۴- ۲- ضریب تضعیف کل.....	۱۷
۵- ۲- آشکارساز.....	۱۹
۱- ۵- ۲- آشکارسازهای نیم‌رسانا:.....	۲۲
۱- ۱- ۵- ۲- نیم‌رساناهای ذاتی و غیرذاتی:.....	۲۲
۲- ۱- ۵- ۲- ساز و کار آرایش.....	۲۲
۳- ۱- ۵- ۲- پیوند p-n:.....	۲۳

- ۲-۵-۱-۴ پیوند p-n به عنوان یک آشکارساز ۲۳
- ۲-۵-۱-۵ آشکارسازهای ژرمانیومی فوق خالص (HPGe) ۶-۲
- طیف‌نگاری پرتو گاما ۲۵
- ۲-۶-۱ ذخیره انرژی توسط فوتون‌های با $E < 1/0.22 \text{ MeV}$ ۲۵
- ۲-۶-۲ ذخیره انرژی توسط فوتون‌های با $E > 1/0.22 \text{ MeV}$ ۲۶
- ۲-۷-۱ قدرت تفکیک انرژی - ۲۷
- ۲-۷-۲ اثر افت و خیزهای آماری ۲۷
- ۲-۷-۲ اثر نوفه‌ی الکترونیکی بر قدرت تفکیک انرژی ۲۹
- ۲-۷-۲ اثر گردآوری ناقص بار ۲۹
- ۲-۷-۲ پهنای کل Γ ۲۹
- ۲-۷-۵ اهمیت قدرت تفکیک انرژی خوب ۳۰
- ۸-۲ آشکارساز به کار گرفته شده در این کار عملی ۳۲
- فصل سوم: بررسی مقالات و روش عملی شناسایی رادیونوکلیدها و تعیین میزان اکتیویته آنها ۳۶
- ۱-۳ روش عملی شناسایی و اندازه‌گیری میزان مواد پرتوزا در خاک ۳۷
- ۱-۱-۳ آماده سازی نمونه‌های خاک برای اندازه‌گیری ۳۷
- ۱-۱-۱-۳ بررسی زمان لازم برای برقراری تعادل بین ^{222}Rn و محصولات واپاشی آن ۳۸
- ۲-۱-۳ تابش‌های زمینه ۴۱
- ۳-۱-۳ چگونگی شناسایی ^{238}U ، ^{232}Th و ^{40}K در نمونه‌های خاک ۴۲
- ۴-۱-۳ رابطه‌ای برای تعیین اکتیویته نمونه ۴۳
- ۵-۱-۳ اکتیویته اورانیوم و توریم ۴۳
- ۲-۳ محاسبه بازده پیک تمام انرژی ۴۴
- ۱-۲-۳ بازده تجربی پیک تمام انرژی ۴۴

۴۴	۲-۳-۱-۱- کالیبراسیون بازده- انرژی و مشکلات موجود برای دستیابی به آن
۴۵	۲-۳-۲- معرفی برخی از تابع‌های استفاده شده برای کالیبراسیون بازده
۴۸	۳-۳- دز جذبی
۴۹	۳-۴- خود جذبی
۴۹	۳-۴-۱- اصول محاسبه عامل تصحیح خودجذبی
۵۱	۳-۴-۲- محاسبه انتگرال عددی
۵۴	فصل چهارم: کالیبراسیون بازده و کانال، آماده‌سازی و اندازه‌گیری نمونه‌ها
۵۵	۴-۱- کالیبراسیون انرژی
۵۶	۴-۲- کالیبراسیون بازده - انرژی
۵۹	۴-۳- مشخصات نمونه‌های جمع آوری شده
۶۱	۴-۴- آماده‌سازی نمونه‌ها
۶۷	۴-۵- محاسبات مربوط به عامل تصحیح خودجذبی نمونه‌ها
۷۱	۴-۶- شناسایی رادیونوکلیدهای خاک و تعیین میزان اکتیویته آنها
۷۴	۴-۶-۱- بررسی نمونه شماره ۲۳
۷۶	۴-۶-۲- بررسی نمونه شماره ۲۴
۷۷	فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری
۷۸	۵-۱- نتایج نهایی
	۵-۱-۱- بررسی اکتیویته رادیونوکلیدها، تا عمق ۵۰ سانتیمتری از سطح زمین و مقایسه نتایج
۸۰	با مقادیر میانگین جهانی گزارش شده
۸۳	۵-۲- مقایسه نتایج یزد با نتایج مناطق دیگری از ایران
۸۴	مقایسه نتایج یزد با نتایج مناطق دیگر جهان
۸۶	پیوست

۸۷.....	الف) مختصری راجع به نرم افزار APTEC
۸۷.....	الف- ۱) تعیین رابطه کانال- انرژی
۸۹.....	الف- ۲) مشتق گیری و روش جستجوی پیک
۹۰.....	الف- ۳) کم کردن دو طیف از همدیگر
۹۰.....	ب) برنامه نوشته شده برای انجام محاسبات مربوط به خودجذبی
۹۱-۱۱۴.....	ج) جداول مربوط به تمامی نمونه ها
۱۱۵.....	منابع و مآخذ

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۶) نمایشی از زنجیره‌های توریم و اکتینیم و واپاشی آنها ۴۵
- شکل (۲-۱) وابستگی نسبی سه برهمکنش مذکور را با تغییر E_γ و Z نشان می‌دهد ۱۸
- شکل (۲-۲) سیستم آشکارساز تپی بنیادی ۲۰
- شکل (۲-۳) پیوند p-n با پیش‌ولت وارون که به عنوان یک آشکارساز عمل می‌کند ۲۴
- شکل (۲-۴) طیف چشمه‌ای متشکل از دو انرژی متمایز ۳۰
- شکل (۲-۵) طیف اندازه‌گیری شده برای مورد ۱ ۳۰
- شکل (۲-۶) طیف اندازه‌گیری شده برای مورد ۲ ۳۱
- شکل (۲-۷) طیف اندازه‌گیری شده برای مورد ۳ ۳۱
- شکل (۲-۸) بلور آشکارساز و چگونگی قرارگیری آن را نسبت به دریچه‌اش ۳۲
- شکل (۲-۹) منبع تغذیه و تقویت‌کننده ۳۵
- شکل (۲-۱۰) آشکارساز، حفاظ اطراف محل قرارگیری نمونه و سیستم خنک‌کننده متصل به آشکارساز ۳۵
- شکل (۲-۱۱) کل سیستم در حین اندازه‌گیری و ثبت طیف ۳۵
- شکل (۳-۱) اکتیویته ^{214}Bi در ۲۴ ساعت پس از آماده‌سازی، تغییرات شدیدی دارد ۴۰
- شکل (۳-۲) اکتیویته ^{214}Bi ، پس از گذشت ۲۷ روز به مقدار ثابتی می‌رسد ۴۱
- شکل (۳-۳) وضعیت قرارگیری چشمه و آشکارساز نسبت به هم ۵۰
- شکل (۳-۴) وضعیت چشمه و آشکارساز با تقریب‌های به کار رفته ۵۰
- شکل (۴-۱) طیف نمونه کالیبراسیون ۵۷
- شکل (۴-۲) نمودار تغییرات بازده بر حسب انرژی ۵۹
- شکل (۴-۳) نقشه‌ای از نواحی نمونه‌برداری، دایره‌های کوچک بر روی نقشه، نقاط نمونه‌برداری را مشخص می‌کنند ۶۲

- شکل (۴-۴) ظرف مارینلی تهیه شده در آزمایشگاه..... ۶۳
- شکل (۵-۴) ظرف نمونه‌ای که داخل آشکارساز قرار داده شده است..... ۶۲
- شکل (۶-۴) طیف زمینه آزمایشگاه..... ۶۴
- شکل (۷-۴) طیف نمونه شماره ۲۳..... ۶۵
- شکل (۸-۴) طیف نمونه شماره ۲۴..... ۶۶
- شکل (۹-۴) وضعیت قرار گیری ظرف نمونه و آشکارساز در این کار، اندازه‌های به کار رفته در محاسبات بر روی شکل مشخص شده است..... ۶۹
- شکل (۱۰-۴) نمودار تغییرات f_a بر حسب انرژی برای نمونه ۲۳..... ۷۰
- شکل (۱۱-۴) نمودار تغییرات f_a بر حسب انرژی برای نمونه ۲۴..... ۷۱
- شکل (۱۲-۴) پیوستار کاصپتون و پرتوهای ایکس در طیف..... ۷۲
- شکل (۱۳-۴) همپوشانی پیک‌های keV ۲۳۸/۸ و ۲۴۱/۹۹..... ۷۳
- شکل (۱۴-۴) همپوشانی پیک‌های keV ۹۶۴/۶ و ۹۶۸/۹..... ۷۳
- شکل (۱-۵) اکتیویته اورانیوم و توریم..... ۸۲
- شکل (۲-۵) آهنگ دز جنبی نمونه‌ها..... ۸۲

فهرست جداول

- جدول (۱-۱) ایزوتوپ‌های پرتوزای با اعداد اتمی پایین..... ۸
- جدول (۱-۲) مشخصات آشکارساز که توسط شرکت سازنده گزارش شده ۳۳
- جدول (۲-۲) ویژگی‌های آشکارساز در شرایط اندازه‌گیری آزمایشگاه..... ۳۴
- جدول (۱-۳) برخی از خطوط انرژی راد یوایزوتوپ‌های ^{232}Th ، ^{238}U ۲۴
- جدول (۱-۴) انرژی‌ها و شماره کانال‌های مربوط به چهار پیک نمونه استاندارد..... ۵۶
- جدول (۲-۴) بازده محاسبه شده برای چیک‌های موجود در طیف نمونه استاندارد..... ۵۸
- جدول (۳-۴) نتایج بازده محاسباتی از رابطه (۲-۴)..... ۵۹
- جدول (۴-۴) مشخصات نمونه‌های جمع‌آوری شده..... ۶۰ و ۶۱
- جدول (۵-۴) ترکیبات موجود در خاک‌های استان یزد و درصد وجود آنها..... ۶۷
- جدول (۶-۴) مقادیر fa محاسبه شده برای نمونه‌های شماره ۲۳ و ۲۴..... ۷۰
- جدول (۷-۴) لیستی از هسته‌های شناسایی شده برای دو نمونه ۲۳ و ۲۴..... ۷۵
- جدول (۱-۵) نتایج اکتیویته رادیونوکلیدهای خاک یزد و اطراف آن..... ۷۹ و ۷۸
- جدول (۲-۵) نتایج اکتیویته نمونه‌ها تا عمق ۵۰ سانتیمتری..... ۸۱
- جدول (۳-۵) مقادیر میانگین جهانی اکتیویته ^{238}U و ^{232}Th و ^{40}K برای خاک..... ۸۱
- جدول (۴-۵) نتایج بررسی‌های دو شهر تهران و هرمزگان..... ۸۴
- جدول (۵-۵) نتایج اکتیویته و دز جذبی چند کشور و ناحیه دیگر..... ۸۵

فصل اول

پرتوزایی طبیعی

تابشهای زمينه محیط پیرامونمان، شامل تشعشعات طبیعی و مصنوعی می‌باشند. تصور عامه بشر بر این است که اثرات منفی پرتوزایی، بیشتر ناشی از منابع تابش‌های مصنوعی، مانند تاسیسات هسته‌ای است. در حالی که بطور میانگین ۸۵٪ پرتوزایی که انسان در معرض آن قرار دارد، به واسطه چشمه‌های طبیعی تابش می‌باشند و تنها حدود ۱۵٪ آن نتیجه چشمه‌های مصنوعی و ساخته دست بشر است [۱]. بنابراین می‌توان گفت، بیشتر تابشی که امروزه انسان را تحت تاثیر قرار می‌دهد، حاصل از منابع طبیعی پرتوزای موجود در محیط است.

بدن انسان همواره در معرض تابش طبیعی قرار دارد و دوری از آن تا حد زیادی اجتناب‌ناپذیر است. به طور مثال، خاک اولین بخش از زنجیره: خاک، گیاه، غذا، انسان می‌باشد و خود خاک شامل هسته‌های پرتوزا^۱ است.

برخی منابع پرتوزای طبیعی تحت اثر فعالیت‌های انسان قرار دارند و به گونه‌ای، می‌توان آن‌ها را تحت کنترل درآورد. به عنوان مثال:

(۱) توجه به ساختمان‌های جدید و بررسی مصالح و سنگ‌های بکار برده شده در آن‌ها، چرا که منابع رادون موجود در خانه‌ها، کسر بزرگی از پرتوزایی طبیعی را به خود اختصاص داده که بطور مستقیم با بدن انسان در ارتباط است.

(۲) کنترل هسته‌های پرتوزای طبیعی، ناشی از فعالیت‌های صنعتی که با محیط اطرافمان مرتبط می‌شوند.

(۳) توجه به چشمه‌های آب‌های زیرزمینی که مورد استفاده جمعیت انسانی است و حاوی غلظت بالایی از رادیونوکلیدهای طبیعی هستند.

(۴) احتراق سوخت‌های فسیلی و استفاده از کودهای صنعتی فسفات‌دار موجب افزایش غلظت

^۱ Radionuclide

فعالیت^۱ رادیونوکلیدهای پرتوزای طبیعی می‌شود و بایستی مورد توجه قرار گیرد. همچنین در مورد منابع پرتوزای مصنوعی باید توجه داشت، اصلی‌ترین این منابع، از تست سلاح‌های هسته‌ای و حوادث و تصادفاتی که در رآکتورهای هسته‌ای به وقوع می‌پیوندد، به وجود می‌آیند و این رادیونوکلیدها نیز با ورود به زنجیره غذایی انسان به بدن وارد می‌شوند. در این پروژه تحقیقاتی، به اندازه‌گیری میزان مواد پرتوزای طبیعی موجود در خاک نواحی مختلف یزد پرداخته شده و روش اندازه‌گیری مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج کارمی‌تواند توسط مسئولان فیزیک بهداشت مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۱ معرفی زنجیره‌های پرتوزا

ماده پرتوزای طبیعی که بکرل در سال ۱۸۹۶ کشف کرد، آمیزه‌ای از چند نوع ایزوتوپ بود که ارتباط آن‌ها با یکدیگر بعد ها معلوم شد. این آمیزه را اعضای یک زنجیره طولانی از ایزوتوپ‌های عناصر گوناگون تشکیل می‌داد که همه آن‌ها پرتوزا بودند مگر آخرین عضو هر زنجیره، که عنصری پایدار است.

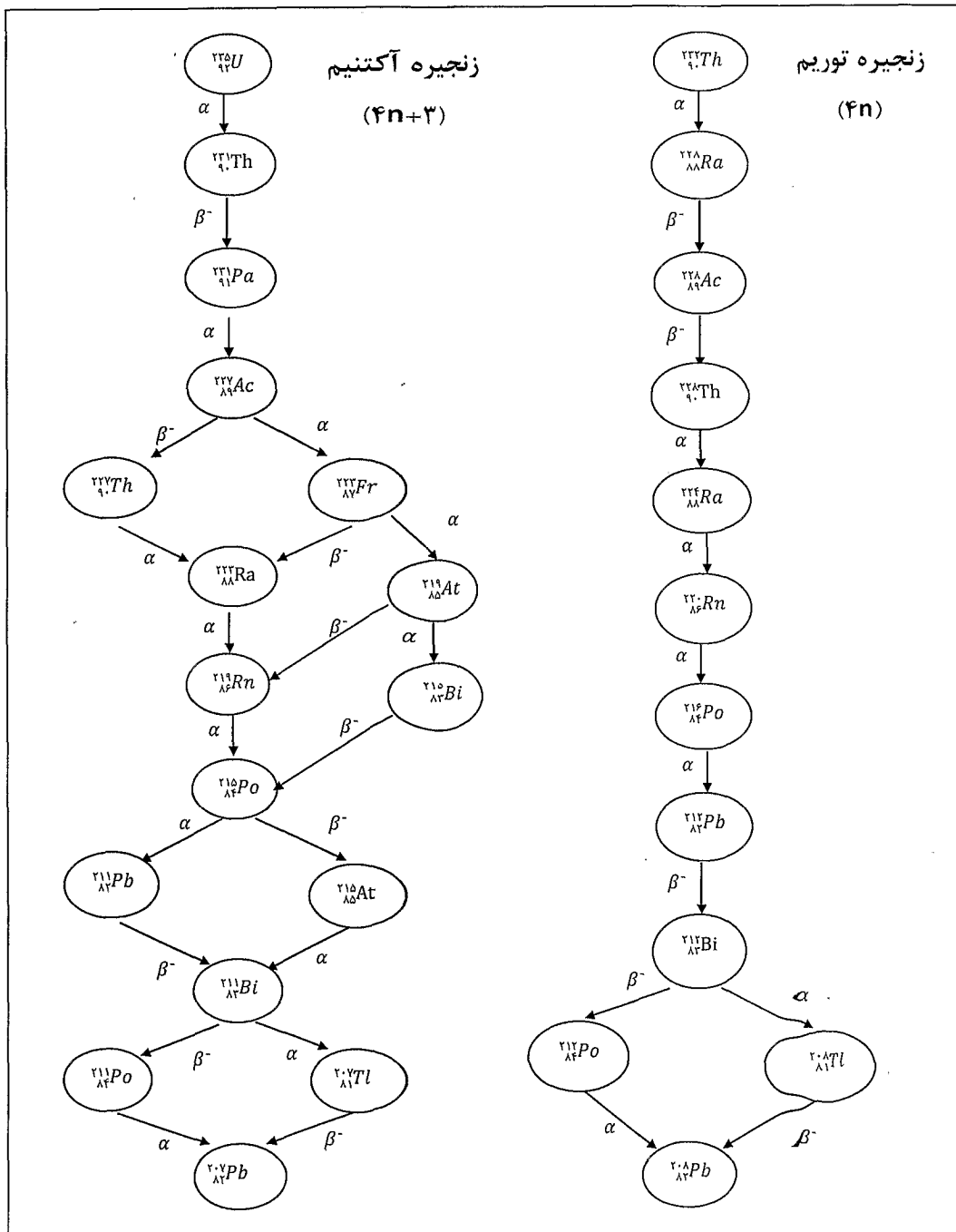
اورانیوم که فراوان‌ترین عنصر پرتوزا در این زنجیره است، از سه ایزوتوپ مختلف تشکیل شده است، در حدود ۹۹/۳٪ از اورانیوم طبیعی را ^{238}U تشکیل می‌دهد، در حدود ۰/۷٪ آن ^{235}U است و بخش ناچیزی از آن هم (در حدود $10^{-4} \times 0.5\%$) ^{234}U می‌باشد. ^{238}U و ^{234}U هر دو به یک خانواده که همان زنجیره اورانیوم است تعلق دارند، در حالی که ^{235}U اولین عضو از خانواده دیگری به نام، خانواده آکتینیوم است.

فراوان‌ترین ایزوتوپ پرتوزای طبیعی ^{232}Th است، که اولین عضو از زنجیره طویل دیگری از ایزوتوپ‌های پرتوزای متوالی می‌باشد. تمام ایزوتوپ‌هایی که عضو زنجیره‌های پرتوزا هستند، در بخش عناصر سنگین جدول تناوبی عناصر قرار دارند. پایین‌ترین عدد اتمی در این گروه ۸۱ و پایین‌ترین عدد جرمی ۲۰۷ است.

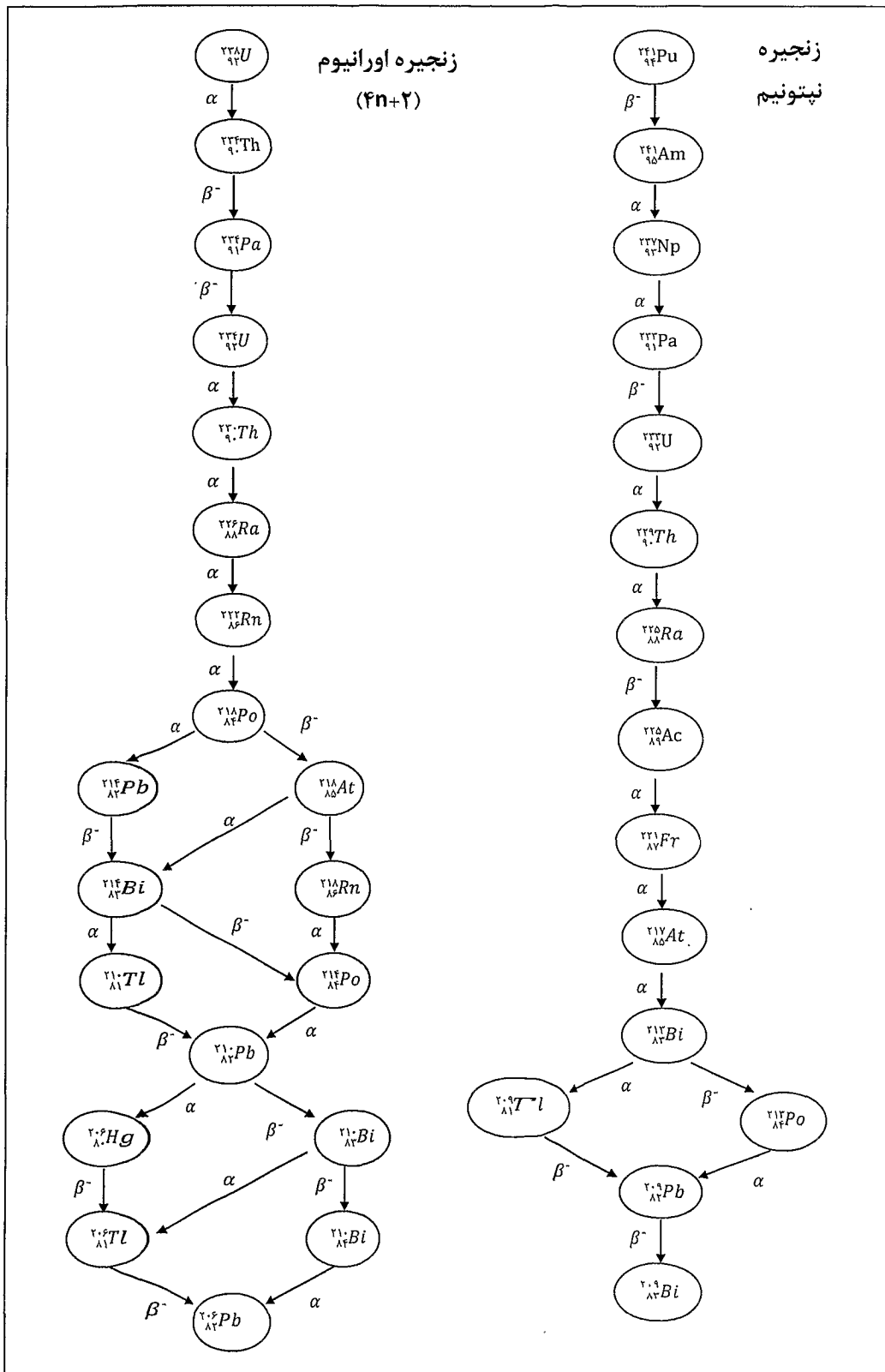
ایزوتوپ‌های پرتوزا به چهار زنجیره دسته‌بندی شده‌اند. عموماً این چهار زنجیره را به صورت

^۱ Activity concentration

$4n$ ، $4n+1$ ، $4n+2$ ، $4n+3$ نمایش می‌دهند. این شماره‌های هویت از تقسیم‌پذیری اعداد جرمی اعضای هر زنجیره بر عدد ۴ حاصل می‌شوند. شکل (۱-۱) زنجیره‌های واپاشی را نشان می‌دهد. هر فلش، نشان می‌دهد که چه نوع واپاشی (آلفا یا بتا)، برای ایجاد هر کدام از رادیونوکلیدهای زنجیره صورت می‌گیرد.



شکل (۱-۱) نمایشی از زنجیره‌های توریم و آکتینیم و واپاشی‌های آن‌ها



شکل (۱-۱) نمایشی از زنجیره‌های اورانیوم و نپتونیم و واپاشی‌های آن‌ها

۱-۱-۱ ویژگی‌های مشترک زنجیره‌های پرتوزا

زنجیره‌های پرتوزا همگی چند ویژگی مشترک دارند که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود:

(۱) نخستین ویژگی آن‌ها این است که اولین عضو در هر زنجیره دارای عمر بسیار طولانی است. به طوری که نیمه‌عمرهایشان را می‌توان بر حسب یکاهای زمین‌شناختی بیان کرد. این نکته قابل درک است زیرا اگر گذشت زمان را از آغاز پیدایش جهان در نظر بگیریم، ایزوتوپ‌های نسبتاً کوتاه‌عمر در خلال این چند میلیارد سالی که تصور می‌رود از پیدایش زمین می‌گذرد، واپاشیده و ناپدید شده‌اند. این موضوع به کمک یک زنجیره ایزوتوپ‌ها که اولین عضو آن مصنوعی است، قابل توجیه است. این زنجیره، زنجیره نپتونیم نام دارد.

در این مورد، اولین عضو زنجیره، عنصر فرااورانیوم ^{241}Pu است که در آزمایشگاه از طریق بمباران نوترونی ^{239}Pu (که خود ^{239}Pu در رآکتور تولید می‌شود) به دست می‌آید. اما نیمه‌عمر ^{241}Pu فقط در حدود ۱۳ سال است. به علت همین نیمه‌عمر بسیار کوتاه است که حتی گذشت یک سده هم کافی است که بخش بزرگی از هسته‌های ^{241}Pu واپاشیده و ناپدید شوند. حتی طولانی‌عمرترین عضو این زنجیره، ^{237}Np با نیمه‌عمر 2×10^6 سال، نیز آنقدر کوتاه‌عمر است که اگر پیدایش آن را هم‌زمان با دیگر عناصر زمین در نظر بگیریم، باز هم تاکنون نمی‌بایست دوام آورده باشد.

(۲) ویژگی مشترک دوم در سه زنجیره اورانیوم، توریم و آکتینیم این است که هر کدام یک عضو گازی شکل دارند و این که، گاز پرتوزا در هر مورد ایزوتوپ خاصی از عنصر رادون است. در مورد زنجیره اورانیوم، گاز تولید شده از نوع ^{222}Rn است که رادون نامیده می‌شود در حالی که، در مورد زنجیره توریم این گاز از ^{222}Rn تشکیل می‌شود که آن را تورون می‌نامند. در زنجیره آکتینیم گاز حاصل ^{219}Rn و به آکتینون معروف است. باید توجه داشت که زنجیره نپتونیم هیچ عضو گازی شکلی ندارد.

(۳) محصول نهایی سه زنجیره اورانیوم، توریم و آکتینیم، سرب است. عضو پایانی زنجیره اورانیوم،

عنصر پایدار $^{206}_{82}\text{Pb}$ است، در حالی که در زنجیره آکتینیم عنصر پایانی $^{207}_{82}\text{Pb}$ و در زنجیره توریم عنصر $^{208}_{82}\text{Pb}$ می‌باشد. در مورد زنجیره نپتونیم، عنصر پایانی زنجیره $^{209}_{83}\text{Bi}$ است.

وجود گازهای پرتوزا در این زنجیره‌ها، یکی از دلایل عمده پرتوزایی در محیط می‌باشد. گاز رادون از زمین متصاعد و در هوا پخش می‌شود و هسته‌های حاصل از واپاشی رادون که در شرایط عادی جامدند، به غبارهای موجود در جو ملحق می‌شوند و از آنجا که ذرات معلق در هوا توسط باران به سطح زمین آورده می‌شوند، افزایش میزان تابش زمینه محیط، به هنگام بارندگی‌ها امری منطقی است.

۱-۱-۲ ایزوتوپ‌های پرتوزای دیگر

ایزوتوپ‌های پرتوزای موجود در طبیعت، منحصر به زنجیره‌های اورانیوم، توریم و آکتینیم نیستند. در میان عناصر جدول تناوبی، چند عنصر با اعداد اتمی پایین‌تر نیز دیده می‌شوند که ایزوتوپ‌های پرتوزا دارند. مهم‌ترین گسیلنده‌های طبیعی با اعداد اتمی پایین در جدول (۱-۱) نشان داده شده است.

در میان این ایزوتوپ‌های پرتوزای طبیعی، پتاسیم به خاطر توزیع گسترده‌ای که در محیط زندگیمان دارد، از اهمیت خاصی برخوردار است. پتاسیم در سنگ‌های پوسته زمین، آب اقیانوس‌ها و گیاهان و جانوران قابل ملاحظه است.

۱-۲ پرتوزایی طبیعی و توزیع آن

منابع پرتوزای طبیعی به دو دلیل عمده تشکیل می‌شوند:

(۱) تشعشعات کیهانی که بر روی زمین فرود می‌آیند.

(۲) رادیو نوکلیدهای طبیعی که به طور معصوم در محیط موجودند.

رادیو نوکلیدهای موجود در محیط، ممکنست هسته‌هایی باشند که از برهم‌کنش پرتوهای