

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه اراک

دانشکده علوم پایه

کارشناسی ارشد فیزیک هسته‌ای

پرتوزایی طبیعی در سنگ و خاک معدن شمس آباد اراک

پژوهشگر:

حمیدرضا عظیمی

استاد راهنما:

دکتر رضا پورایمانی

تابستان ۱۳۹۳

بسم الله الرحمن الرحيم

پرتوزایی طبیعی در سنگ و خاک معدن شمس آباد اراک

توسط:

حمیدرضا عظیمی

پایان نامه

ارائه شده به مدیریت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی

لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته فیزیک هسته‌ای

از

دانشگاه اراک

اراک-ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه:

دکتر رضا پورایمانی (استاد راهنما و رئیس کمیته) استادیار

دکتر سعید حمیدی (دانشگاه اراک) دانشیار

دکتر حسین صادقی (دانشگاه اراک) دانشیار

تابستان ۱۳۹۳

فهرست مطالب

۱	چکیده
فصل اول : پرتوزایی و مروری بر فعالیتهای انجام شده	
۳	۱-۱ مقدمه
۴	۲-۱ پرتوزایی
۹	۳-۱ قوانین واپاشی
۱۷	۴-۱ انواع واپاشی
۲۰	۵-۱ سنگ آهن
۲۲	۶-۱ کانیهای سنگ آهن
۲۹	۷-۱ مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه بررسی فعالیت ویژه هسته‌های پرتوزا
فصل دوم : آشکارسازهای هسته‌ای گاما	
۳۵	۱-۲ معرفی آشکارسازهای هسته‌ای گاما
۳۶	۲-۲ آشکارسازهای سوسوزن
۳۸	۳-۲ لامپ تکثیر کننده فوتون
۳۸	۴-۲ آشکارسازهای نیمه‌رسانا
۴۶	۵-۲ دستگاههای مورد استفاده در اسپکترومتری هسته‌ای گاما
۴۹	۶-۲ کالیبراسیون انرژی آشکارساز
۵۰	۷-۲ کالیبراسیون بازدهی آشکارساز
فصل سوم : شناسایی منطقه و روش انجام کار	
۵۲	۱-۳ معرفی منطقه شمس‌آباد اراک و موقعیت جغرافیایی آن
۵۳	۲-۳ مشخصات کانه آهن موجود در سنگهای منطقه شمس‌آباد اراک
۵۶	۳-۳ نمونه‌برداری و روش آماده‌سازی نمونه‌ها
۶۷	۴-۳ طیف‌نگاری و اندازه‌گیری فعالیت ویژه هسته‌های پرتوزا در نمونه‌ها
۷۰	۵-۳ محاسبه خطای اندازه‌گیری فعالیت ویژه

۷۰	..... ۶-۳ محاسبه کمترین مقدار فعالیت قابل آشکارسازی
۷۱	..... ۷-۳ محاسبه فعالیت ویژه ^{232}Th با استفاده از جدول خلاصه نتایج طیف‌گیری
۷۱	..... ۸-۳ محاسبه خطای اندازه‌گیری فعالیت ویژه ^{232}Th با استفاده از جدول خلاصه نتایج طیف‌گیری
۷۱	..... ۹-۳ محاسبه فعالیت ویژه ^{226}Ra با استفاده از جدول خلاصه نتایج طیف‌گیری
۷۲	..... ۱۰-۳ محاسبه خطای اندازه‌گیری فعالیت ویژه ^{226}Ra با استفاده از جدول خلاصه نتایج طیف‌گیری
۷۲	..... ۱۱-۳ محاسبه فعالیت ویژه ^{235}U ، ^{137}Cs و ^{40}K با استفاده از جدول خلاصه نتایج طیف‌گیری
۷۲	..... ۱۲-۳ محاسبه فعالیت ویژه معادل رادیوم (Ra_{eq})
۷۳	..... ۱۳-۳ محاسبه آهنگ دز جذبی (D)
۷۳	..... ۱۴-۳ محاسبه شاخص خطرپذیری پرتوگیری داخلی و خارجی
۷۳	..... ۱۵-۳ نرم‌افزارهای استفاده شده در این مطالعه

فصل چهارم : نتایج و بحث

۷۶	..... ۱-۴ نتایج محاسبه فعالیت ویژه هسته‌های ^{226}Ra ، ^{232}Th ، ^{40}K ، ^{235}U و ^{137}Cs در نمونه‌های مورد مطالعه از روی نمودار طیفها و خلاصه نتایج طیف‌گیری
۸۹	..... ۲-۴ مقایسه فعالیت ویژه هسته‌های ^{226}Ra ، ^{232}Th ، ^{40}K و ^{235}U بین نمونه‌های مورد مطالعه
۹۲	..... ۳-۴ نمودار همبستگی بین هسته‌های پرتوزای ^{226}Ra و ^{232}Th
۹۳	..... ۴-۴ نتایج محاسبه H_{ex} ، H_{in} ، Ra_{eq} و آهنگ دز جذبی (D) در نمونه‌های مورد مطالعه
۹۴	..... ۵-۴ مقایسه H_{ex} ، H_{in} ، Ra_{eq} و آهنگ دز جذبی (D) بین نمونه‌های مورد مطالعه
۹۷	..... ۶-۴ مقایسه نتایج پرتوزایی طبیعی بین نمونه‌های لیمونیتی معدن شمس‌آباد و منطقه Sandur هند ...
۹۹	..... ۷-۴ مقایسه نتایج پرتوزایی طبیعی بین نمونه‌های هماتیتی معدن شمس‌آباد و منطقه Sandur هند ...
۱۰۱	..... ۸-۴ بحث و نتیجه‌گیری

ضمیمه

۱۰۴	..... ضمیمه (۱) گزارش کامل از آنالیز طیف‌گیری نمونه لیمونیتی با کد L1
۱۲۲	..... ضمیمه (۲) مقاله ارسالی به مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست
۱۳۳	..... منابع

فهرست جداول

۵	..... ۱-۱ تعدادی از ویژه هسته‌های منفرد
۶	..... ۲-۱ سریهای واپاشی در پرتوزایی طبیعی
۲۳	..... ۳-۱ کانیه‌های مهم آهن و برخی از ویژگیهای آنها
۲۹	..... ۴-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های سنگ آهن منطقه Sandur هند
۳۰	..... ۵-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های لیمونیتی منطقه Sandur هند
۳۰	..... ۶-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های هماتیتی منطقه Sandur هند
۳۰	..... ۷-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های خاکی منطقه Kalpakkam هند
۳۰	..... ۸-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های ماسه‌ای منطقه Kalpakkam هند
۳۱	..... ۹-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های خاکی منطقه Malwa واقع در Punjab هند
۳۱	..... ۱۰-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های خاکی منطقه Garhwal Himalaya هند
۳۱	..... ۱۱-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های خاکی منطقه Bidar هند
۳۲	..... ۱۲-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های خاکی ناحیه Sirsa واقع در Haryana هند
۳۲	..... ۱۳-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های خاکی ناحیه رودخانه‌ای Rechna پاکستان
۳۲	..... ۱۴-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های خاکی منطقه F1rt1na Valley ترکیه
۳۳	..... ۱۵-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های رسوبی منطقه F1rt1na Valley ترکیه
۳۳	..... ۱۶-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های سنگی منطقه Sikiti نیجریه
۳۳	..... ۱۷-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های رسوبی منطقه Sikiti نیجریه
۳۳	..... ۱۸-۱ نتایج مطالعه پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های مواد ساختمانی منطقه Sikiti نیجریه
۶۷	..... ۱-۳ نتایج کانی‌شناسی نمونه‌های تهیه شده از معدن شمس‌آباد اراک
۷۷	..... ۱-۴ خلاصه نتایج طیف‌گیری نمونه H
۷۸	..... ۲-۴ خلاصه نتایج طیف‌گیری نمونه H.G.L1
۷۹	..... ۳-۴ خلاصه نتایج طیف‌گیری نمونه L1
۸۰	..... ۴-۴ خلاصه نتایج طیف‌گیری نمونه L2

۸۱	..... خلاصه نتایج طیف‌گیری نمونه H.G.M
۸۲	..... خلاصه نتایج طیف‌گیری نمونه H.G.L2
۸۳	..... خلاصه نتایج طیف‌گیری نمونه G.H.L
۸۴	..... خلاصه نتایج طیف‌گیری نمونه B.G
۸۵	..... خلاصه نتایج طیف‌گیری نمونه H.G.L.Si1
۸۶	..... خلاصه نتایج طیف‌گیری نمونه H.G.S
۸۷	..... خلاصه نتایج طیف‌گیری نمونه H.G.Ga
۸۸	..... خلاصه نتایج طیف‌گیری نمونه H.G.L.Si2
۸۹	..... فعالیت ویژه هسته‌های پرتوزا در نمونه‌های مورد مطالعه معدن شمس‌آباد اراک
۹۴	..... مقدار H_{ex} ، H_{in} ، Ra_{eq} و آهنگ دز جذبی در نمونه‌های مورد مطالعه معدن شمس‌آباد اراک
۹۷	..... نتایج پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های لیمنیتی معدن شمس‌آباد و منطقه Sandur هند
۹۹	..... نتایج پرتوزایی طبیعی در نمونه‌های هماتی معدن شمس‌آباد و منطقه Sandur هند

فهرست شکلها

- ۱-۱ واپاشی سری توریم همراه با نوع واپاشی و نیمه عمر محصولات آن ۶
- ۲-۱ واپاشی سری نپتونیم همراه با نوع واپاشی و نیمه عمر محصولات آن ۷
- ۳-۱ واپاشی سری اورانیوم همراه با نوع واپاشی و نیمه عمر محصولات آن ۸
- ۴-۱ واپاشی سری اکتینیوم همراه با نوع واپاشی و نیمه عمر محصولات آن ۸
- ۵-۱ تعادل گذرا در واپاشی ^{234}U و ^{230}Th ۱۴
- ۶-۱ تعادل پایدار در واپاشی ^{132}Te و ^{132}I ۱۵
- ۷-۱ واپاشی آلفا از هسته ^{238}U ۱۸
- ۸-۱ واپاشی گاما از هسته ^{240}Pu ۲۰
- ۹-۱ کانی هماتیت ۲۴
- ۱۰-۱ کانی آبدار گوتیت ۲۵
- ۱۱-۱ کانی آبدار لیمونیت ۲۶
- ۱۲-۱ کانه کربناتی آهن ۲۷
- ۱۳-۱ کانی سیدریت ۲۸
- ۱-۲ نوارهای انرژی در یک بلور ۳۷
- ۲-۲ بخش درونی یک لامپ تکثیر کننده فوتون ۳۸
- ۳-۲ ساختمان شبکه بلوری سیلیسیوم ۳۹
- ۴-۲ آرایش نیمه رسانا ۴۰
- ۵-۲ نیمه رسانای دهنده الکترون یا نوع N ۴۱
- ۶-۲ نیمه رسانای گیرنده الکترون یا نوع P ۴۲
- ۷-۲ پیوند P-N و ناحیه تهی از بارهای آزاد ۴۳
- ۸-۲ افزایش عمق ناحیه تهی با اعمال پیش ولت وارون ۴۳
- ۹-۲ آشکارساز ژرمانیومی فوق خالص HPGe ۴۶
- ۱۰-۲ تجهیزات اصلی الکترونیکی برای اندازه گیری انرژیهای اشعه گاما ۴۷

- ۵۲ ۱-۳ موقعیت جغرافیایی معدن شمس‌آباد اراک
- ۵۴ ۲-۳ نقشه دو بعدی معدن شمس‌آباد اراک
- ۵۵ ۳-۳ نقشه توپوگرافی و مدل سه بعدی معدن شمس‌آباد اراک
- ۵۷ ۴-۳ نقشه نمونه‌برداری تصادفی
- ۵۸ ۵-۳ نقشه نمونه‌برداری سامان‌یافته به صورت شبکه مربعی
- ۵۸ ۶-۳ نقشه نمونه‌برداری سامان‌یافته به صورت شبکه دایره‌ای
- ۵۸ ۷-۳ نقشه نمونه‌برداری سامان‌یافته تصادفی
- ۵۹ ۸-۳ نمونه شماره ۱ با ترکیب اصلی هماتیت
- ۵۹ ۹-۳ نمونه شماره ۲ با ترکیب اصلی هماتیت و کانیه‌های فرعی گوتیت و لیمونیت
- ۶۰ ۱۰-۳ نمونه شماره ۳ با ترکیب اصلی لیمونیت
- ۶۰ ۱۱-۳ نمونه شماره ۴ با ترکیب اصلی لیمونیت گلی
- ۶۰ ۱۲-۳ نمونه شماره ۵ با ترکیب اصلی هماتیت و کانیه‌های فرعی گوتیت و ملاکیت (کربنات مس)
- ۶۱ ۱۳-۳ نمونه شماره ۶ با ترکیب اصلی هماتیت و کانیه‌های فرعی گوتیت و لیمونیت
- ۶۱ ۱۴-۳ نمونه شماره ۷ با ترکیب اصلی گوتیت و کانیه‌های فرعی هماتیت و لیمونیت
- ۶۱ ۱۵-۳ نمونه شماره ۸ با ترکیب اصلی باریت و کانی فرعی گوتیت
- ۶۲ ۱۶-۳ نمونه شماره ۹ با ترکیب اصلی هماتیت و کانیه‌های فرعی گوتیت، لیمونیت و سیلیس
- ۶۲ ۱۷-۳ نمونه شماره ۱۰ با ترکیب اصلی هماتیت و کانیه‌های فرعی گوتیت و سیدریت
- ۶۲ ۱۸-۳ نمونه شماره ۱۱ با ترکیب اصلی هماتیت و کانیه‌های فرعی گوتیت و گالن
- ۶۳ ۱۹-۳ نمونه شماره ۱۲ با ترکیب اصلی هماتیت و کانیه‌های فرعی گوتیت، لیمونیت و سیلیس
- ۶۳ ۲۰-۳ دستگاه سنگ‌شکن فکی و دستگاه آسیاب گلوله‌ای
- ۶۴ ۲۱-۳ مش شماره ۳۰ و ۵۰
- ۶۵ ۲۲-۳ ظرف استاندارد مارینلی‌بیکر
- ۶۶ ۲۳-۳ نمونه آماده و ریخته شده در ظرف استاندارد مارینلی‌بیکر قبل از مرحله آب‌بندی
- ۶۶ ۲۴-۳ ظرف نمونه آب‌بندی شده به کمک چسب آکواریوم

- ۶۸ ۲۵-۳ آشکارساز HPGe از نوع هم‌محور مدل GCD30195 شرکت BSI
- ۶۹ ۲۶-۳ منحنی بازدهی آشکارساز HPGe GCD30195 برای چشمه استاندارد مارینلی-بیکر
- ۷۷ ۱-۴ طیف حاصل از نمونه H با مدت زمان طیف‌گیری ۸۶۴۰۰ ثانیه
- ۷۸ ۲-۴ طیف حاصل از نمونه H.G.L1 با مدت زمان طیف‌گیری ۸۶۴۰۰ ثانیه
- ۷۹ ۳-۴ طیف حاصل از نمونه L1 با مدت زمان طیف‌گیری ۸۶۴۰۰ ثانیه
- ۸۰ ۴-۴ طیف حاصل از نمونه L2 با مدت زمان طیف‌گیری ۸۶۴۰۰ ثانیه
- ۸۱ ۵-۴ طیف حاصل از نمونه H.G.M با مدت زمان طیف‌گیری ۸۶۴۰۰ ثانیه
- ۸۲ ۶-۴ طیف حاصل از نمونه H.G.L2 با مدت زمان طیف‌گیری ۸۶۴۰۰ ثانیه
- ۸۳ ۷-۴ طیف حاصل از نمونه G.H.L با مدت زمان طیف‌گیری ۸۶۴۰۰ ثانیه
- ۸۴ ۸-۴ طیف حاصل از نمونه B.G با مدت زمان طیف‌گیری ۸۶۴۰۰ ثانیه
- ۸۵ ۹-۴ طیف حاصل از نمونه H.G.L.Si1 با مدت زمان طیف‌گیری ۸۶۴۰۰ ثانیه
- ۸۶ ۱۰-۴ طیف حاصل از نمونه H.G.S با مدت زمان طیف‌گیری ۸۶۴۰۰ ثانیه
- ۸۷ ۱۱-۴ طیف حاصل از نمونه H.G.Ga با مدت زمان طیف‌گیری ۸۶۴۰۰ ثانیه
- ۸۸ ۱۲-۴ طیف حاصل از نمونه H.G.L.Si2 با مدت زمان طیف‌گیری ۸۶۴۰۰ ثانیه

فهرست نمودارها

- ۹۰ ۱-۴ مقایسه مقدار فعالیت ویژه ^{226}Ra بین نمونه‌های مورد مطالعه
- ۹۰ ۲-۴ مقایسه مقدار فعالیت ویژه ^{232}Th بین نمونه‌های مورد مطالعه
- ۹۱ ۳-۴ مقایسه مقدار فعالیت ویژه ^{40}K بین نمونه‌های مورد مطالعه
- ۹۱ ۴-۴ مقایسه مقدار فعالیت ویژه ^{235}U بین نمونه‌های مورد مطالعه
- ۹۲ ۵-۴ نمودار همبستگی بین ^{226}Ra و ^{232}Th در نمونه‌های مورد مطالعه
- ۹۳ ۶-۴ نمودار همبستگی بین ^{226}Ra و ^{232}Th در نمونه‌های مورد مطالعه با حذف نمونه‌های لیمونیتی
- ۹۵ ۷-۴ مقایسه مقدار فعالیت ویژه معادل رادیوم (Ra_{eq}) بین نمونه‌های مورد مطالعه
- ۹۵ ۸-۴ مقایسه مقدار شاخص خطرپذیری پرتوگیری داخلی (H_{in}) بین نمونه‌های مورد مطالعه
- ۹۶ ۹-۴ مقایسه مقدار شاخص خطرپذیری پرتوگیری خارجی (H_{ex}) بین نمونه‌های مورد مطالعه
- ۹۶ ۱۰-۴ مقایسه آهنگ دز جذبی (D) بین نمونه‌های مورد مطالعه
- ۱۱-۴ مقایسه میانگین فعالیت ویژه ^{40}K ، ^{232}Th و Ra_{eq} بین نمونه‌های لیمونیتی معدن شمس‌آباد و منطقه Sandur هند
- ۹۷ ۱۲-۴ مقایسه میانگین H_{ex} و H_{in} بین نمونه‌های لیمونیتی معدن شمس‌آباد و منطقه Sandur هند
- ۱۳-۴ مقایسه میانگین آهنگ دز جذبی (D) بین نمونه‌های لیمونیتی معدن شمس‌آباد و منطقه Sandur هند
- ۹۸ ۱۴-۴ مقایسه میانگین فعالیت ویژه ^{40}K ، ^{232}Th و Ra_{eq} بین نمونه‌های هماتیتی معدن شمس‌آباد و منطقه Sandur هند
- ۹۹ ۱۵-۴ مقایسه میانگین H_{ex} و H_{in} بین نمونه‌های هماتیتی معدن شمس‌آباد و منطقه Sandur هند
- ۱۶-۴ مقایسه میانگین آهنگ دز جذبی (D) بین نمونه‌های هماتیتی معدن شمس‌آباد و منطقه Sandur هند
- ۱۰۰ Sandur هند

پاسکزاری

اکنون که در سیه سار بنده نوازی خداوند یکتا، پایان نامه حاضر به انجام رسیده است بر خود لازم می دانم تا مراتب پاس را از بزرگوارانی به جا آورم که اگر دست یاریکشان نبود مرکز این تحقیق به انجام نمی رسید.

از زحمات استاد راهنمای فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر پورانی که اینجانب را در به انجام رساندن این پژوهش هدایت فرمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از آقای مهندس محمدک کارشناس محترم شرکت تاسین سنگ مکنش فولاد ایران واقع در معدن سنگ آهن شمس آباد اراک که نهایت همکاری را داشته اند، پاسکزارم.

از استاد ارجمند جناب آقای دکتر قدیمی مدیریت محترم گروه مهندسی معدن دانشگاه صنعتی اراک که قبول زحمت نموده و مراد این پژوهش یاری نمودند بی نهایت پاسکزارم.

از آقایان مهندس رنجبر و مهندس مهدی کارشناس محترم آزمایشگاه مکانیک سنگ دانشگاه صنعتی اراک که نهایت همکاری و مساعدت را داشته اند کمال تشکر و پاسکزاری را دارم.

بجین مراتب پاسکزاری خود را از اساتید ارجمند جناب آقای دکتر حمیدی و جناب آقای دکتر صادقی که قبول زحمت نموده و داوری این پایان نامه را پذیرفتند، ابراز می دارم.

خداوند، به من کمک کن تا بتوانم ادای دین کنم و به خواسته آنان جامه عمل بپوشانم. حسن عاقبت، سلامتی و سعادت را برایشان مقدر فرما و توفیق خدمتی سرشار از شور و نشاط و همراه و همبوعلم و دانش و پژوهش جهت رشد و سکوفانی ایران عنایت فرما.

چکیده

پرتوزایی طبیعی در سنگ و خاک معدن شمس آباد اراک

توسط:

حمیدرضا عظیمی

در این تحقیق ۱۲ نمونه سنگ آهن از معدن شمس آباد اراک مورد مطالعه قرار گرفت. این نمونه‌ها دارای ترکیبات مختلفی از سنگ آهن بوده که مهمترین آنها هماتیت، لیمونیت، سیدریت و گوتیت می‌باشند. نمونه‌های تهیه شده از قسمت‌های عمیق معدن استخراج و پس از خرد شدن و آسیاب شدن از مش شماره ۵۰ عبور داده شدند. پودرهای آماده شده در ظروف استاندارد مارینلی بیکر بسته‌بندی و سپس آب‌بندی شدند. فعالیت ویژه رادیونوکلئیدهای طبیعی به روش اسپکترومتری گاما و با استفاده از آشکارساز HPGe با بازدهی نسبی ۳۰٪ تعیین گردیدند. فعالیت ویژه ^{235}U و ^{40}K ، ^{232}Th ، ^{226}Ra بر حسب Bqkg^{-1} در این نمونه‌ها به ترتیب از : $9/39 \pm 0/53$ تا $271/70 \pm 1/84$ MDA تا $60/98 \pm 1/22$ ، $25/34 \pm 2/14$ تا $800/03 \pm 6/47$ و MDA تا $39/52 \pm 0/39$ تغییر می‌کند. مقدار فعالیت ویژه معادل رادیوم (Ra_{eq}) بر حسب Bqkg^{-1} ، شاخص خطرپذیری پرتوگیری داخلی (H_{in})، شاخص خطرپذیری پرتوگیری خارجی (H_{ex}) و آهنگ دز جذبی (D) بر حسب nGyh^{-1} برای کلیه نمونه‌ها محاسبه گردید. بیشینه Ra_{eq} در نمونه لیمونیت به میزان $296/19 \text{Bqkg}^{-1}$ محاسبه شد که پائین‌تر از حداکثر میزان مجاز اعلام شده (370Bqkg^{-1}) می‌باشد. میزان آهنگ دز جذبی در نمونه‌ها بر حسب nGyh^{-1} از $6/37$ تا $128/14$ متغیر می‌باشد. همچنین میزان H_{in} و H_{ex} در نمونه‌های جمع‌آوری شده به ترتیب از : $0/05$ تا $1/58$ و $0/03$ تا $0/84$ محاسبه گردیده است که برای اکثر نمونه‌ها کوچکتر از یک می‌باشد.

کلید واژه‌ها : ^{40}K ، ^{232}Th ، ^{226}Ra ، سنگ آهن، HPGe

فصل اول

پرتوزایی و مروری بر فعالیت‌های انجام شده

فصل اول

پرتوزایی و مروری بر فعالیتهای انجام شده

۱-۱ مقدمه

همه انسانها همواره در معرض پرتوهای یونساز قرار دارند. انتقال این پرتوها به محیط، در طول بهره‌برداریهای عادی یا تحت شرایط برنامه‌ریزی نشده، می‌تواند زندگی انسانها را در معرض مخاطرات ناشی از تابش قرار داده و باعث تخریب و آسیب رساندن به بافتهای زنده بدن شود. منشأ این پرتوها وجود ویژه هسته‌های پرتوزا در ساختار زمین بوده که به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند. دسته اول پرتوزایی طبیعی از رادیونوکلئیدهای نخستین و یا ویژه هسته‌هایی است که در اثر تابشهای کیهانی به وجود می‌آیند و دسته دیگر پرتوزایی مصنوعی حاصل از فرآیندهای بشری مانند تولید و مصرف سوخت هسته‌ای، آزمایشهای نظامی و تولید رادیوایزوتوپها جهت مصارف پزشکی و غیره هستند. ویژه هسته‌های پرتوزا به دو طریق خارجی و داخلی باعث پرتوگیری موجودات زنده می‌شوند. پرتوگیری خارجی نتیجه تابش مستقیم تشعشعات اشعه گاما است و پرتوگیری داخلی در اثر استنشاق گاز رادون و دیگر محصولات زنجیره واپاشی اورانیوم و توریم با نیمه عمر کوتاه می‌باشد که به دلیل نزدیک بودن به بافتهای بدن به مراتب خطرناک‌تر هستند. مطالعه و بررسی مناطق با پرتوزایی طبیعی بالا در جهان، به منظور تخمین پرتوگیری ساکنان این مناطق و در نتیجه بررسی اثرات آن بر سلامتی افراد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. سنگها به عنوان یکی از فراوانترین عناصر موجود در طبیعت دارای پرتوزایی بوده و شناسایی میزان رادیونوکلئیدهای موجود در آنها امری ضروری می‌باشد. امروزه سنگ آهن با میزان ذخایر بسیار زیاد خود در جهان، یکی از پرمصرف‌ترین مواد طبیعی و ماده اولیه تولید آهن بوده و آهن و آلیاژهای آن، از مهمترین و کاربردی‌ترین عناصر در زندگی انسانها به شمار می‌آید. در حال حاضر میزان سنگ آهن موجود در کل معادن جهان بالغ بر ۸۰۰ میلیارد تن تخمین زده شده است. از این مقدار سنگ آهن ۲۳۰ میلیارد تن حاوی آهن خالص بوده و چیزی بالغ بر ۱۶۰ میلیارد تن در جهان آماده بهره‌برداری است [۱]. بنابراین شناسایی میزان رادیونوکلئیدهای موجود در سنگ آهن و انتقال مواد پرتوزا در معدن و محصولات تولید شده از آن در سایر صنایع وابسته و همچنین تأثیر آن بر محیط زیست، افراد ساکن در منطقه و کاربران محصول نهایی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

۲-۱ پرتوزایی

پرتوزایی یا واپاشی رادیواکتیو، فرآیند خود به خود گسیل ذره یا تابش الکترومغناطیسی از یک هسته است و علت آن ناپایداری و گذار هسته از انرژی بستگی کمتر به انرژی بستگی بیشتر است. واپاشی هسته‌های پرتوزا همراه با گسیل ذرات آلفا (α)، بتا (β) و گاما (γ) است و ویژه هسته‌هایی که این عمل را انجام می‌دهند، ویژه هسته‌های پرتوزا نامیده می‌شوند. از لحاظ ویژگی انحراف این ذرات در میدان الکتریکی و مغناطیسی، ذرات آلفا دارای بار مثبت، ذرات بتا دارای بار منفی و مثبت و ذرات گاما فاقد بار الکتریکی می‌باشد.

۱-۲-۱ پرتوزایی طبیعی

مواد پرتوزای طبیعی آن دسته از مواد پرتوزا هستند که از ابتدای تشکیل کره زمین بصورت ذاتی در طبیعت وجود دارند. یک دسته از این هسته‌ها دارای نیمه عمر کوتاهی در مقایسه با عمر زمین (در حدود ۴/۵ میلیارد سال) هستند که با انجام واپاشی به هسته‌های پایدار تبدیل شده‌اند و تعدادی از آنها مانند ^{238}U ، ^{235}U ، ^{232}Th و ^{40}K دارای نیمه عمرهایی در حد عمر زمین هستند و توانسته‌اند تا به امروز دوام بیاورند. دسته دیگری از ویژه هسته‌های پرتوزا نظیر ^{14}C و ^7Be که دائماً در اثر اندرکنش تابش‌های کیهانی با هسته‌های موجود در جو زمین به وجود می‌آیند، بخشی از پرتوزایی طبیعی محسوب می‌شوند [۲].

هسته‌های پرتوزای طبیعی شامل دو دسته‌اند:

الف) ویژه هسته‌های پرتوزای اولیه یا نخستین

ب) ویژه هسته‌های پرتوزای ناشی از تابش‌های کیهانی

۱-۲-۱-۱ ویژه هسته‌های پرتوزای اولیه

ویژه هسته‌های پرتوزای اولیه یا رادیونوکلئیدهای نخستین شامل دو دسته ویژه هسته‌های پرتوزای منفرد و زنجیره‌های واپاشی هستند.

دسته اول) ویژه هسته‌های پرتوزای منفرد

هسته‌های پرتوزایی که پس از یک واپاشی به هسته پایدار تبدیل می‌شوند را ویژه هسته‌های منفرد می‌نامند. فهرست تعدادی از این ویژه هسته‌ها در جدول (۱-۱) آورده شده است [۲].

جدول (۱-۱) تعدادی از ویژه هسته‌های منفرد [۲]

رادایویزوتوپ	نوع تجزیه	نیمه عمر (سال)	فراوانی ایزوتویی(%)	محصولات پایدار تجزیه
^{40}K	EC, β^+ , β^-	1.277×10^9	0.117	^{40}Ar , ^{40}Ca
^{50}V	β^- , EC	1.4×10^{17}	0.25	^{50}Ar , ^{50}Tl
^{87}Rb	β^-	4.75×10^{10}	27/835	^{87}Sr
^{113}Cd	β^-	9.3×10^{15}	12/22	^{113}In
^{115}In	β^-	4.4×10^{14}	95/7	^{115}Sn
^{123}Te	EC	1×10^{13}	0.908	^{123}Sb
^{138}La	EC, β^-	1.05×10^{11}	0.902	^{138}Ce , ^{138}Ba
^{144}Nd	α	2.29×10^{15}	23/8	^{140}Ce
^{147}Sm	α	1.06×10^{11}	15/0	^{143}Nd
^{148}Sm	α	7×10^{15}	11/3	^{144}Nd
^{152}Gd	α	1.08×10^{14}	0.20	^{148}Sm
^{176}Lu	β^-	3.73×10^{10}	2/59	^{176}Hf
^{174}Hf	α	2×10^{15}	0.162	^{170}Yb
^{187}Re	β^-	4.35×10^{10}	62/60	^{187}Os
^{190}Pt	α	6.5×10^{11}	0.11	^{186}Os

دسته دوم) زنجیره‌های واپاشی^۱

ویژه هسته‌هایی که پس از چند واپاشی متوالی به ویژه هسته‌های پایدار تبدیل می‌شوند را سریها یا زنجیره‌های واپاشی می‌نامند. این ویژه هسته‌ها پس از چندین واپاشی متوالی با انتشار ذرات و فوتونهای گاما به ویژه هسته‌های پایدار تبدیل می‌شوند. با توجه به اینکه ویژه هسته‌های پرتوزای سنگین، گسیلنده آلفا هستند بنابراین عدد جرمی آنها بر حسب ضربی از ۴ به چهار سری $4n$, $4n+1$, $4n+2$ و $4n+3$ تقسیم می‌شوند. از بین چهار زنجیره واپاشی، سه سری از واپاشیهای $4n$, $4n+2$ و $4n+3$ به علت نیمه عمرهای

¹ Decay Chains

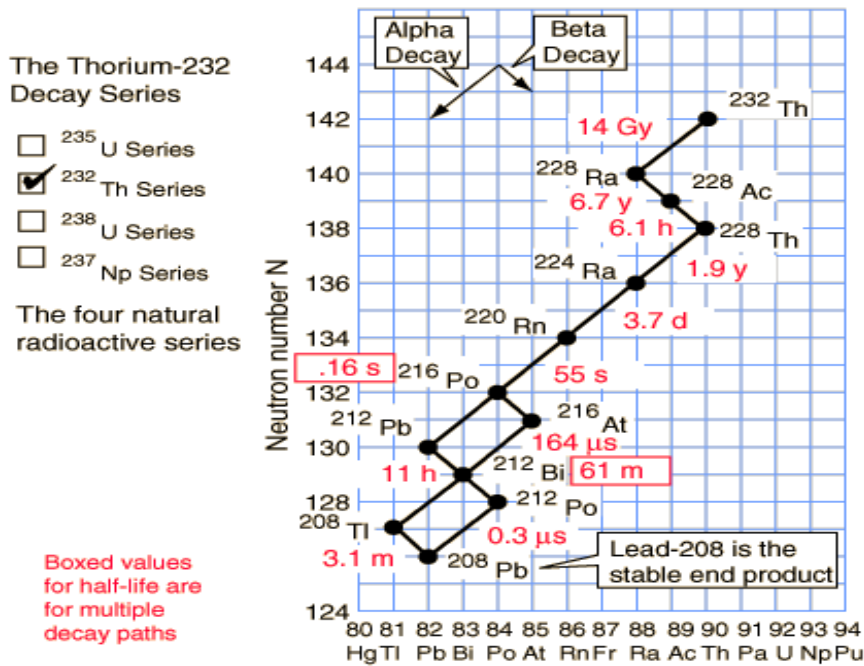
طولانی هسته مادر در طبیعت وجود داشته و سری $4n+1$ به طور طبیعی در طبیعت وجود ندارد [۳]. در جدول (۲-۱) مشخصات زنجیره‌های واپاشی در پرتوزایی طبیعی درج شده است [۳].

جدول (۲-۱). سریهای واپاشی در پرتوزایی طبیعی [۳]

نام سری	نوع	عضو پایدار	دراز عمرترین عضو	هسته
توریم	$4n$	^{208}Pb	نیمه عمر (y)	^{232}Th
نپتونیم	$4n+1$	^{209}Bi	نیمه عمر (y)	^{237}Np
اورانیوم	$4n+2$	^{206}Pb	نیمه عمر (y)	^{238}U
اکتینیم	$4n+3$	^{207}Pb	نیمه عمر (y)	^{235}U

۱) سری توریم

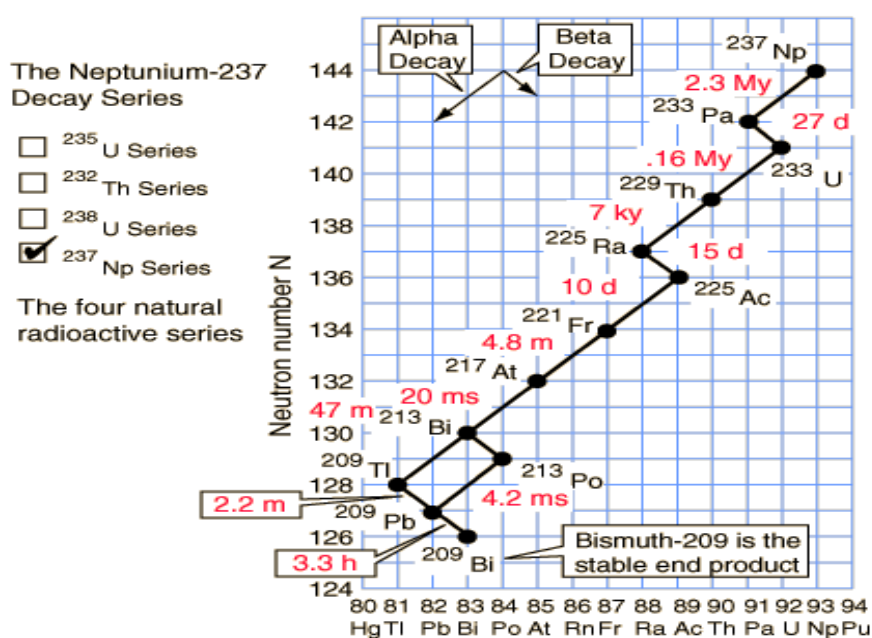
این سری به سری $4n$ معروف است. اولین عضو این سری، هسته پرتوزای ^{232}Th با نیمه عمر $1/41 \times 10^{10}$ سال است. این هسته با واپاشیهای متوالی آلفا، گاما و β^- به هسته‌های دیگر تبدیل شده و در نهایت به هسته پایدار ^{208}Pb می‌رسد [۳]. در شکل (۱-۱) تصویر نمودار واپاشی این زنجیره همراه با نوع واپاشی و نیمه عمر محصولات آنها نمایش داده شده است [۴].



شکل (۱-۱). واپاشی سری توریم همراه با نوع واپاشی و نیمه عمر محصولات آن [۴]

۲) سری نپتونیم

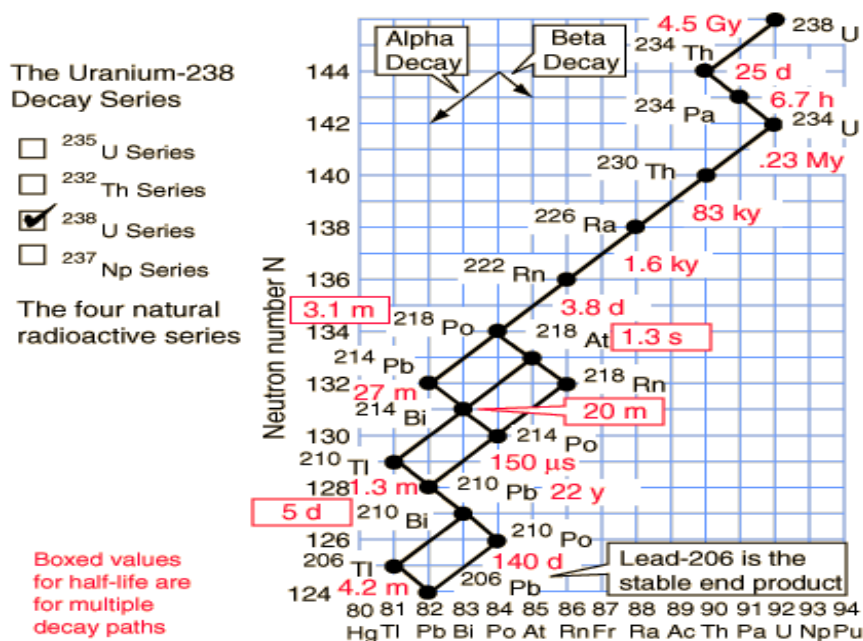
این سری به سری $4n+1$ معروف است. اولین عضو این سری هسته پرتوزای ^{237}Np با نیمه عمر 2.14×10^6 سال و آخرین عضو آن، ویژه هسته پایدار ^{209}Bi است. دراز عمرترین عضو این سری یعنی ^{237}Np ، در مقایسه با عمر زمین به اندازه‌ای کوتاه بوده است که از زمان تشکیل زمین تاکنون دوام نیاورده و به همین دلیل ویژه هسته‌های متعلق به این سری در طبیعت مشاهده نمی‌شوند. این رادیوایزوتوپ در راکتورهای هسته‌ای در نتیجه جذب نوترونهای متوالی توسط هسته‌های اورانیوم تولید می‌شود [۳]. در شکل (۲-۱) تصویر نمودار واپاشی این زنجیره همراه با نوع واپاشی و نیمه عمر محصولات آنها نمایش داده شده است [۴].



شکل (۲-۱). واپاشی سری نپتونیم همراه با نوع واپاشی و نیمه عمر محصولات آن [۴]

۳) سری اورانیوم

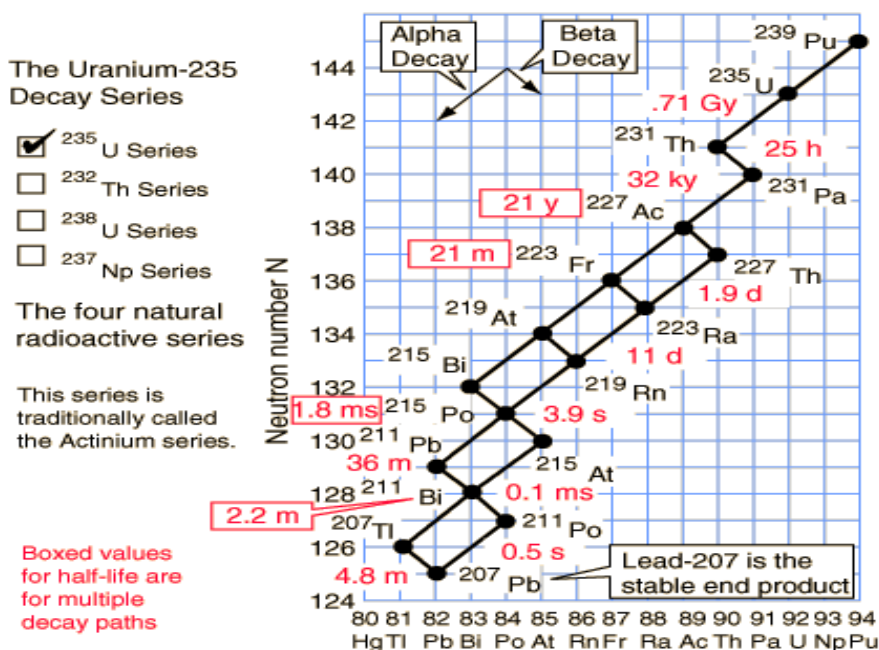
این سری به سری $4n+2$ معروف است. اولین عضو این سری، هسته پرتوزای ^{238}U با نیمه عمر ۴۵۰۰ میلیون سال است. این ایزوتوپ با واپاشی α به هسته ^{234}Th و ^{234}Th با گسیل β به محصول ^{234}Pa تبدیل می‌شود. زنجیره تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که محصول پایدار ^{206}Pb حاصل گردد. اگر عدد جرمی هر یک از اعضای سری اورانیوم را بر عدد ۴ تقسیم کنیم باقیمانده عدد ۲ خواهد شد، بنابراین این سری به سری $4n+2$ معروف است [۳]. در شکل (۳-۱) تصویر نمودار واپاشی این زنجیره همراه با نوع واپاشی و نیمه عمر محصولات آنها نمایش داده شده است [۴].



شکل (۱-۳). واپاشی سری اورانیوم همراه با نوع واپاشی و نیمه عمر محصولات آن [۴]

۴) سری اکتینیوم

این سری به سری $4n+3$ معروف است. اولین عضو این سری هسته پرتوزای ^{235}U و آخرین عضو آن هسته ^{207}Pb است [۳]. در شکل (۱-۴) تصویر نمودار واپاشی این زنجیره همراه با نوع واپاشی و نیمه عمر محصولات آنها نمایش داده شده است [۴].



شکل (۱-۴). واپاشی سری اکتینیوم همراه با نوع واپاشی و نیمه عمر محصولات آن [۴]