بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اراک
دانشکده علوم پایه
کارشناسی ارشد فیزیک هسته ای

تعیین فعالیت ویژه برخی رادیو ایزوتوپ ها درهشت گونه ی گیاهی شامل:۱- مریم گلی ۲-گندم ۳-اسفند ۴-انگور ۵-یونجه علوفه ای ۶-کنگر ۷-خاکشیر تلخ و ۸-بومادران، در شازند، استان مرکزی، ایران

پژوهشگر:
مریم مددی

اساتید راهنما:
دکتر رضا پورایمانی
دکتر میترا نوری

استاد مشاور:
خانم سنا رحیمی

زمستان ۱۳۹۲

بسم ا... الرحمن الرحیم

تعیین فعالیت ویژه برخی رادیو ایزوتوپ ها درهشت گونه ی گیاهی شامل:۱-مریم گلی ۲-گندم ۳-اسفند ۴-انگور ۵-یونجه علوفهای ۶-کنگر ۷-خاکشیر تلخ و ۸- بومادران، در شازند، استان مرکزی، ایران

توسط:

مریم مددی

پایان نامه

ارائه شده به مدیریت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته فیزیک هسته ای

از

دانشگاه اراک

اراک-ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکتر رضا پورایمانی (استاد راهنما و رئیس کمیته) ..... استادیار

دکتر میترا نوری (استاد راهنما) ..... دانشیار

خانم سنا رحیمی (استاد مشاور) .....

دکترحسین صادقی ..... دانشیار

زمستان ۱۳۹۲

تقدیم به

پدر، مادر و خواهرعزیزم

سپاسگزاری

از اساتید گرامی آقای دکتر پورایمانی، خانم دکتر میترا نوری و سرکار خانم سنا رحیمی نهایت تقدیر و تشکر را دارم که در تمامی مراحل این پروژه همواره مرا از مساعدت بی دریغشان بهره مند ساختند و برایشان از خداوند منان ترقی و تعالی در تمامی عرصه های زندگی را خواستارم. امیدوارم که ما دانشجویان با بهره گیری از وجـود اساتید گران قدری چون ایشان همواره در راه تعالی و پیشرفت کشور پیشگام باشیم.

چکیده

گیاهان می توانند مواد پرتوزا را به طور مستقیم از طریق فرآورده های غذایی گیاهی و به طور غیر مستقیم از طریق فرآورده های غذایی حیوانی به چرخهٔ غذایی انسان و اکوسیستم انتقال دهند. آنها همچنین در جذب آلاینده های پرتوزای محیطی نقش دارند. پرتوزایی گیاهان در مناطق مختلف با توجه به نوع خاک، سنگ و موقعیت جغرافیایی، متفاوت است. لذا شناخت دقیق گیاهان هر منطقه اطلاعات ارزشمندی در اختیار پژوهشگران قرار می دهد. در این پژوهش تعیین فعالیت ویژه برخی رادیو ایزوتوپ ها درهشت گونه ی گیاهی شامل:۱. بومادران، ۲. خاکشیر تلخ، ۳. کنگر، ۴. یونجه علوفه ای، ۵. اسفند، ۶. مریم گلی، ۷. گندم و ۸. انگور از شازند، استان مرکزی، ایران انجام گرفت. نمونه های گیاهی از روستای باغ بر آفتاب از توابع شازند، استان مرکزی نمونه برداری تصادفی و با استفاده از منابع معتبر شناسایی شدند. از هر یک، نمونه شاهد هرباریومی نیز تهیه گردید. نمونه های خشک شده در دمای $80^{\circ}C$ به مدت دو روز، پس از پودر شدن، از الک ۵۰ عبور داده شدند. سپس ۳۳۰ گرم از هر نمونه در ظروف استاندارد مارینلی به مدت ۵۰ روز در آزمایشگاه نگهداری شدند. پس از آن ها نمونه ها با استفاده از سیستم اسپکترومتری HPGe با بازدهی نسبی ۳۰٪ طیف گیری شدند. در نهایت فعالیت ویژه رادیونوکلئیدهای موجود در نمونه‌ها بر حسب Bq/kg با استفاده از نرم افزار Gamma Vision محاسبه گردید. نتایج نشان داد فعالیت ویژه ی ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs به ترتیب بر حسب Bq/kg از 4.98 ± 1.21 تا 8.31 ± 1.70 ، از 8.83 ± 3.61 تا $(1.74\times10^{1})\pm(2.78\times10^{3})$ و از 0.36 ± 0.22 تا 1.02 ± 0.39 بدست آمد. از میان همه ی رادیونوکلئید های موجود، ^{40}K ، ^{232}Th و ^{137}Cs به ترتیب بیش ترین مقادیر فعالیت ویژه را دارند. بیش ترین و کمترین مقادیر این سه رادیونوکلئید به ترتیب در اسفند و انگور شیرازی (برای ^{40}K) و خاکشیر و بومادران (برای ^{232}Th) و مریم گلی و کاه گندم (برای ^{137}Cs) مشاهده شد.

کلمات کلیدی: رادیو نوکلئید، فعالیت ویژه، گیاهان، سزیم، توریوم، پتاسیم، استان مرکزی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته ۱
۱-۱-۱ هدف و ضرورت تحقیق ۱
۱-۱-۲ انواع هسته ها از نظر پایداری ۱
۱-۲ رادیوایزوتوپ چیست؟ ۲
۱-۲-۱ انواع واپاشی های هسته ای ۲
۱-۲-۲ مقایسه ی قدرت نفوذ پرتو های آلفا ، بتا و گاما ۶
۱-۳ منابع پرتو زایی ۷
۱-۳-۱ مواد پرتوزای طبیعی ۷
۱-۳-۲ مواد پرتوزای مصنوعی ۷
۱-۳-۳ هسته های پرتوزای اولیه ۸
۱-۳-۳-۱ فعالیت ۹
۱-۳-۳-۲ فعالیت ویژه ۹
۱-۳-۳-۳ نیمه عمر ($t=T_{1/2}$) ۱۰
۱-۳-۴ زنجیره ها ی واپاشی ۱۰
۱-۳-۵ پرتوزایی ناشی از تابش های کیهانی ۱۳
۱-۴ واپاشی های هسته ای ۱۴
۱-۴-۱ تعادل رادیو اکتیو ۱۴
۱-۴-۲ انواع تعادل رادیو اکتیو ۱۶
۱-۵ معادله بیتمن ۲۰
۱-۶ کاربرد های انرژی هسته ای ۲۰
۱-۶-۱ کاربرد انرژی هسته ای در کشاورزی و صنایع غذایی ۲۱
۱-۶-۲ کاربرد انرژی هسته ای در پزشکی ۲۲
۱-۶-۳ کاربرد انرژی هسته ای در صنعت ۲۳
۱-۷ معایب استفاده از انرژی هسته ای ۲۵
۱-۷-۱ سوانح هسته ای ۲۵
۱-۷-۲ تأثیر رادیوایزوتوپ ها بر موجودات زنده ۲۶
۱-۷-۳ اثرات ناشی از مواد رادیواکتیو بر انسان ۲۶
۱-۸ آشکار ساز های هسته ای ۲۷
۱-۸-۱آشکارساز های نیمه رسانا ۲۸
۱-۸-۲ نیم رسانای ناخالص نوع دهنده و گیرنده ۲۹
۱-۸-۲-۱ نیم رسانای نوع دهنده یا نوع N (Donor) ۳۰
۱-۸-۲-۲ نیم رسانای نوع گیرنده یا نوع P (Acceptor) ۳۰
۱-۸-۲-۳ پیوند P-N ۳۱
۱-۸-۲-۴ پیوند P-N به عنوان یک آشکار ساز ۳۲
۱-۸-۳ نحوه ی عملکرد آشکارسازهای نیمه رسانا ۳۴

۱-۸-۴ انواع مختلف آشکارسازهای نیمه رسانا ۳۴
۱-۸-۴-۱ آشکارسازهای ژرمانیومی ۳۵
۱-۸-۴-۲ آشکارسازهای ژرمانیومی فوق خالص (HPGe) ۳۵
۱-۸-۵ دستگاه های مورد استفاده در اسپکترومتری هسته ای ۳۶
۱-۸-۵-۱ تحلیل گر تک کاناله (SCA) ۳۷
۱-۸-۵-۲ تحلیل گر چند کاناله (MCA) ۳۸
۱-۹ کالیبراسیون انرژی ۳۸
۱-۱۰ مروری بر مطالعات انجام شده بر روی پرتوزایی گیاهان در نقاط مختلف جهان ۳۹
۱-۱۰-۱ بررسی توزیع رادیونوکلئیدها در گیاهانِ خوراک دام و غذای انسان ۳۹
۱-۱۰-۲ بررسی توزیع رادیونوکلئیدها در گیاهان نزدیک صنایع تبدیل اورانیوم یا نگه داری پسماند های هسته ای ۴۱

فصل دوم مواد و روش ها ۴۳
۲-۱معرفی منطقه ی مورد مطالعه ۴۳
۲-۱-۱ خصوصیات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۴۳
۲-۱-۲ استان مرکزی ۴۴
۲-۱-۳ شهرستان شازند ۴۵
۲-۲ معرفی گیاهان مورد مطالعه ۴۵
۲-۲-۱ گیاه بومادران *Achillea vermicularis* Trin. ۴۵
۲-۲-۲ گیاه خاکشیر *Descurainia Sophia* (L.) Webb et Berth ۴۶
۲-۲-۳ گیاه کنگر *Gundelia tournefortii* L. ۴۶
۲-۲-۴ گیاه یونجه *Medicago sativa* L. ۴۶
۲-۲-۵ گیاه اسپند *Peganum harmala* L. ۴۶
۲-۲-۶ گیاه مریم گلی *Saliva nemorsa* L. ۴۷
۲-۲-۷ گیاه گندم *Triticum aestivum* L. ۴۷
۲-۲-۸ گیاه انگور شیرازی *Vitis vinifera* cv. Shirazi ۴۷
۲-۳ نمونه برداری ۴۹
۲-۳-۱ نمونه برداری تصادفی ساده ۴۹
۲-۴ آماده سازی نمونه ها ۵۰
۲-۵ طیف نگاری ۵۱
۲-۶ محاسبه فعالیت نمونه ۵۱
۲-۶-۱ نحوه ی کالیبراسیون بازدهی با رسم منحنی بازدهی بر حسب انرژی ۵۳
۲-۷ محاسبه کمترین مقدار قابل آشکار سازی فعالیت (MDA) ۵۴
۲-۸ نرم افزارهای مورد استفاده در این پژوهش ۵۴

فصل سوم نتایج و بحث ۵۷
۳-۱ مشخصات نمونه ها ۵۶
۳-۲ داده ها ۵۷
۳-۳ نتایج حاصل از بررسی گیاهان مورد مطالعه ۵۸
۳-۴ مقایسه ی میزان فعالیت ویژه ی ^{40}K در نمونه های مورد مطالعه ۶۰

۳-۵ مقایسه ی میزان فعالیت ویژه ی ^{137}Cs در نمونه های مورد مطالعه ۶۱
۳-۶ مقایسه ی میزان فعالیت ویژه ی ^{226}Ra در نمونه های مورد مطالعه ۶۱
۳-۷ مقایسه ی میزان فعالیت ویژه ی ^{232}Th در نمونه های مورد مطالعه ۶۲
۳-۸ نتایج حاصل از نمونه های گیاه گندم ۶۲
۳-۹ بحث ۶۳
۳-۱۰ نتیجه گیری ۶۴
۳-۱۱ نگاهی به آینده ۶۴

منابع: ۶۵

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۱-۱: برخی از هسته های پرتوزای اولیه..... ۸

جدول۱-۲ : برخی ویژه هسته های با منشاء کیهانی..... ۱۳

جدول۲-۱: مقدار اکتیویته چشمه ی استاندارد ۵۳

جدول۲-۲: خصوصیات نمونه استاندارد مورد استفاده در این مطالعه..... ۵۴

جدول۲-۳: انرژی های گامای رادیونوکلئید های دختر به کار رفته در محاسبه ی فعالیت ویژه رادیونوکلئید های مادر ^{137}Cs, ^{232}Th, ^{40}Kو ^{226}Ra در این مطالعه..... ۵۵

جدول ۳-۱: مشخصات نمونه های مورد مطالعه در این پژوهش ۵۶

جدول ۳-۲: فعالیت ویژه ی رادیونوکلئید های موجود در گیاهان مورد مطالعه بر حسب Bq/kg..... ۵۹

فهرست شکل ها و نمودار ها

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱: اثر فتوالکتریک ۴

شکل۱-۲: اثر کامپتون ۴

شکل۱-۳: تولید زوج ۵

شکل۱-۴: شماتیکی از مقایسه ی قدرت نفوذ پرتوهای آلفا، بتا و گاما ۶

شکل۱-۵:زنجیره ی واپاشی سری توریوم ۱۰

شکل۱-۶: زنجیره ی واپاشی سری نپتونیوم ۱۱

شکل۱-۷: زنجیره ی واپاشی سری اورانیوم ۱۲

شکل۱-۸: زنجیره ی واپاشی سری اکتنیوم ۱۲

شکل۱-۹: تعادل گذرا ۱۷

شکل۱-۱۰: تعادل دیرپا ۱۸

شکل۱-۱۱: مقایسه ی پسته ی پرتو دیده و شاهد پس از دو سال نگهداری ۲۱

شکل۱-۱۲: کاربرد فن آوری هسته ای در تغییر صفات ژنتیکی ذرّت ۲۲

شکل۱-۱۵: چرخه ی تعیین عمر کربن ۲۴

شکل۱-۱۶: شمای ساده تری از چرخه ی تعیین عمر کربن ۲۵

شکل۱-۱۷:حسگر دود ۲۵

شکل ۱-۱۸: ساختمان شبکه بلوری سیلیسیوم ۲۹

شکل۱-۱۹: آلایش نیم رسانا ۲۹

شکل۱-۲۰: نیم رسانای نوع دهنده ۳۰

شکل۱-۲۱: نیم رسانای نوع گیرنده ۳۱

شکل۱-۲۲: اتصال P-N ۳۱

شکل۱-۲۳: ناحیه تهی ۳۲

شکل۱-۲۴: نمایی از افزایش عمق ناحیه تهی با پیش ولت وارون ۳۳

شکل ۱-۲۵: نمایی از یک آشکارساز ژرمانیومی فوق خالص ۳۶

شکل۱-۲۶: نمودار تجهیزات اصلی الکترونیکی برای اندازه گیری انرژی های اشعه گاما ۳۷

شکل۲-۱: موقعیت جغرافیایی استان مرکزی، شهرستان شازند ۴۳

شکل۲-۲: موقعیت جغرافیایی روستای باغ بر آفتاب ۴۴

شکل۲-۳: نمونه های مورد مطالعه جمع آوری شده از روستای باغ بر آفتاب در سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در زمان مناسب ۴۸

شکل۲-۴: شمایی از روش نمونه برداری تصادفی ساده ۴۹

شکل۲-۵: ظرف استاندارد مارینلی بیکر ۵۰

شکل۲-۶: نمودار Table Curve رسم شده با استفاده از نرم افزار Table Curve 2D V5.01 ..... ۵۳

نمودار ۳-۱: طیف گامای نمونه ی بومادران به مدت ۸۶۴۰۰ ثانیه با استفاده از نرم افزار LsrmBSI ۵۷

نمودار ۳-۲: مقایسه ی فعالیت ویژه ی ^{40}K در نمونه ها ۶۰

نمودار ۳-۳: مقایسه ی فعالیت ویژه ی ^{137}Cs در نمونه ها ۶۱

نمودار ۳-۴: مقایسه ی فعالیت ویژه ی ^{232}Th در نمونه ها ۶۲

نمودار ۳-۵: فعالیت ویژه ی ^{40}Kدر بخش های مختلف گیاه گندم ۶۳

فصل اول

مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

۱-۱ مقدمه

انتقال رادیو ایزوتوپ ها به محیط در طول بهره برداری های عادی یا تحت شرایط برنامه ریزی نشده، می تواند سبب درمعرض تابش قرار گرفتن زندگی گیاهی و جانوری و جمعیت-های انسانی نزدیک منطقه گردد. رادیونوکلئیدهای پراکنده شده در اتمسفر به دلیل رسوبات مرطوب یا خشک وارد خاک و گیاهان شده و سپس بر حیات گیاهان، انسان ها و جانوران تاثیر می گذارد؛ بنابراین مطالعه ی رادیونوکلئید ها در حوزه های مرتبط با کشاورزی از اهمیت ویژه -ای برخوردار است. لذا در این تحقیق فعالیت ویژه ی رادیونوکلئید های موجود در ۸ گونه ی گیاهی با هدف آگاهی از میزان تأثیر آن ها بر انسان و شناسایی توانایی جذب آلودگی های رادیونوکلئیدی اندازه گیری شده است.

در این فصل ابتدا رادیو ایزوتوپ[1] ها معرفی می شود، سپس به طور کامل به منشأ تولید رادیوایزوتوپ ها، زنجیره های واپاشی و انواع واپاشی های هسته ای پرداخته و انرژی هسته ای و آثار آن بر انسان، محیط زیست و حیوانات خواهد آمد. در نهایت مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه ی پرتوزایی گیاهان در نقاط مختلف جهان خواهد آمد.

۱-۱-۱ هدف و ضرورت تحقیق

بررسی پرتوزایی گیاهان به دلایل زیرحائز اهمیت است:

۱) گیاهان می توانند مواد پرتوزا را به طور مستقیم از طریق فرآورده های غذایی گیاهی و به طور غیر مستقیم از طریق فرآورده های غذایی حیوانی به چرخهٔ غذایی انسان انتقال دهند.

۲) گیاهان می توانند گزینه های مناسبی برای جذب آلاینده های هسته ای به شمار آیند.

۱-۱-۲ انواع هسته ها از نظر پایداری

هسته های اتمی را به دو گروه پایدار[2] و ناپایدار[3] (پرتوزا) تقسیم می کنند. هسته های پایدار در طی بازه های زمانی بی نهایت طولانی بدون تغییر باقی می مانند، در حالی که هسته های پرتوزا دچار تغییرات خود به خودی می شوند. هسته های پرتو زا به دو صورت طبیعی و مصنوعی وجود دارند (Holand 1998).

[1] Radioisotope
[2] Stable
[3] Unstable

۱-۲ رادیوایزوتوپ چیست؟

بسیاری از عناصر شیمیایی دارای یک یا چند ایزوتوپ هستند. ایزوتوپ یک عنصر دارای تعداد پروتون برابر با خود عنصر است اما تفاوت آنها در تعداد نوترون هاست. یکسان بودن عدد اتمی در ایزوتوپ ها سبب شده که خواص شیمیایی یکسان داشته باشند امّا در عین حال خواص هسته ای متفاوتی دارند. در حالی که به طور طبیعی اکثر ایزوتوپ های موجود از پایداری نسبی برخوردارند، اما ایزوتوپ های ساخته ی دست بشر، عمدتاً غیر پایدار می باشند. یعنی تجزیه می شوند و مقداری از انرژی خود را به صورت تابش منتشر می سازند. این ایزوتوپ ها تحت عنوان ایزوتوپ های رادیواکتیو یا رادیوایزوتوپ ها شناخته می شوند (قنادی و همکاران ۱۳۸۹).

۱-۲-۱ انواع واپاشی های هسته ای

چندین نوع تغییرات خود به خودی وجود دارند که می توانند در رادیونوکلئیدها رخ دهند. در هر تبدیل هسته ی اتم مادر ${}^{A}_{Z}X$ به طریقی تغییر حالت داده و یک یا چند ذرّه گسیل می-گردد (شولتیس و ریچارد ۲۰۰۷).

۱. واپاشی آلفا زا[1]

گسیل آلفا ناشی از دافعه ی کلنی هسته است وآهنگ افزایش دافعه کلونی به صورت تابعی از z^2 از نیروی بستگی هسته است لذا برای هسته‌های سنگین این مطلب به طور فزاینده‌ای اهمیت می‌یابد. اغلب هسته هایی با عدد جرمی بزرگتر از ۱۵۰ نسبت به این واپاشی ناپایدارند. برای هسته های سبک تر، احتمال واپاشی آلفا بسیار کم است. ذره آلفا به عنوان عامل حمل خود به خود بار مثبت انتخاب شده است. منظور از فرآیند خود به خودی فرایندی است که طی آن مقداری انرژی جنبشی ناگهان بدون دلیل آشکار در سیستم ظاهر می‌شود. این انرژی باید ناشی از کاهش جرم سیستم باشد. در یک واکنش اگر محصولات فروپاشی حتی الامکان سبک و انرژی آزاد شده حداکثر مقدار را داشته باشد، باید گسیل این ذره را انتظار داشته باشیم. واپاشی خود به خود از لحاظ انرژی فقط برای ذره آلفا امکان پذیر است. رابطه ی ۱-۱ واپاشی آلفا را برای هسته ی مادر نوعی ${}^{A}_{Z}X$ نشان می دهد (کرین ۱۳۸۵).

[1] Alpha Decay

$$^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^{4}_{2}He$$

رابطهٔ ۱-۱: واپاشی آلفای هسته ی مادر نوعی $^{A}_{Z}X$ (کرین ۱۳۸۵).

توانایی نفوذ آلفا در ماده فوق العاده محدود است به طوری که با یک ورق کاغذ متوقف می شود و ضخامت لایه ی خارجی پوست بدن انسان برای جذب تمام ذرات آلفای ناشی از مواد پرتوزا کافی است. لذا ذرات آلفا تا وقتی که خارج از بدن هستند خطر زیادی برای انسان ندارند اما هنگامی که وارد بدن شوند خطرات زیادی را به همراه دارند. چون ذرات آلفا با انرژی زیاد در یک حجم کوچک رسوب می‌کنند واین رسوب سلول‌های بافت زنده را تخریب می کند (Wahlstrom 1997؛ Pulhani et .al. 2005).

بُرد یک ذرهٔ آلفا با انرژی MeV ۴، در هوا حدود ۲/۵ cm و در بافت زنده حدود ۱۴میکرون[1] است. در حالی که برای ذرهٔ آلفا با انرژی MeV ۸ این بُرد در هوا حدود ۷ cm و در بافت زنده حدود۴۲ میکرون می باشد (Pulhani et .al. 2005).

۲. واپاشی گاما زا[2]

اشعهٔ گاما یک پرتو الکترومغناطیس با فرکانس بالاست. وقتی که اتم ها با ساطع کردن ذرات آلفا و بتا واپاشی می‌کنند یک اتم جدید شکل می گیرد. هستهٔ اتم جدید ممکن است انرژی زیادی داشته باشد که این ازدیاد انرژی را با تشعشع یک یا چند اشعه گاما از دست می دهد و به حالت پایدار می‌رسد . اشعه گاما بار ندارد ونسبت به ذرات آلفا و بتا قدرت نفوذ بیشتری داشته و با چند اینچ سرب متوقف می‌شود. اندازه گیری تشعشعات گاما از بهترین و آسانترین روش‌هایی است که می‌توان به کمک طیف های ثبت شده نوع و مقدار رادیو ایزوتوپ را در ماده تعیین کرد (کرین ۱۳۸۵).

رابطه ی ۱-۲ واپاشی گاما را برای هسته ی مادر نوعی $^{A}_{Z}X$ نشان می دهد.

$$^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow ^{A}_{Z}X + \gamma$$

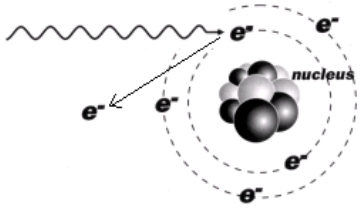
رابطهٔ ۱-۲: واپاشی گامای هسته ی مادر نوعی $^{A}_{Z}X$، X^{*} حالت برانگیخته هسته و X حالت پایه است (کرین ۱۳۸۵).

[1] Micron
[2] Gamma Decay

- اشعه گاما از سه طریق اثر فوتوالکتریک، اثر کامپتون و تولید زوج انـرژی خـود را از دست می‌دهد.

الف) اثر فتوالکتریک[1]

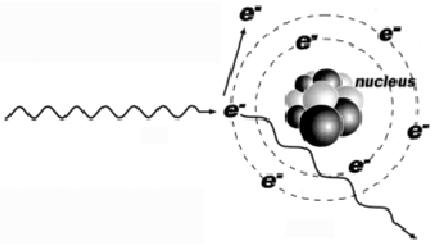
برخورد اشعه گاما (فوتون) با الکترون مقیّد[2] منجر به بیرون انداختن الکترون از اتم شده، اشعه گاما تقریباً تمام انرژی خود را به الکترون مقید داده و تماماً جذب می شود. این اثر در شکل ۱-۱ نشان داده شده است (وایدنر و سلز ۱۳۷۹).



شکل۱-۱: اثر فتوالکتریک (وایدنر و سلز ۱۳۷۹).

ب) اثر کامپتون[3]

اشعهٔ گاما با الکترون های خارجی که خیلی مقید نیستند برخورد می کند، قسمتی از انرژی خود را به الکترون داده، الکترون را بیرون می اندازد و بعد با انرژی کمی پراکنده می شود. این اثر در شکل ۱-۲ نشان داده شده است .

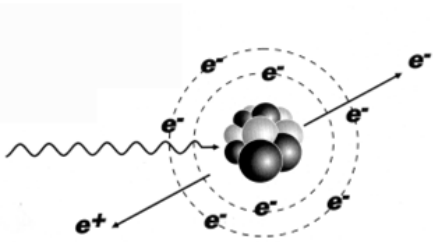


شکل۱-۲: اثر کامپتون (وایدنر و سلز ۱۳۷۹).

[1] Photoelectric Effect
[2] Bound
[3] Compton effect

ج) تولید زوج[1]

در این برهمکنش اشعهٔ گاما با هسته برهمکنش کرده و کاملاً جذب می‌شود و الکترون و پوزیترون به وجود می‌آیند، این اثر در شکل ۱-۳ نشان داده شده است. انرژی مورد نیاز برای تولید یک الکترون و یک پوزیترون باید حداقل ۱/۰۲ مگا الکترون- ولت باشد تا تولید زوج اتفاق بیفتد (وایدنر و سلز ۱۳۷۹).



شکل۱-۳: تولید زوج (وایدنر و سلز ۱۳۷۹).

۳. واپاشی بتا زا[2]

اساسی ترین فرآیند واپاشی بتازا تبدیل یک پروتون به نوترون یا بالعکس می باشد. در این واپاشی عدد جرمی A بدون تغییر می ماند ولی اعداد نوترونی N و پروتونی Z یک واحد تغییر می کنند. این واپاشی در سه نوع β^- و β^+ و گیراندازی الکترون اتفاق می‌افتد (Wahlstrom 1997).

- **واپاشی β^-[3]:** در واپاشی β^- ، نوترون به یک پروتون، یک الکترون و یک آنتی نوترینو تبدیل می‌شود. چنانکه رابطه ی ۱-۳ نشان می دهد.

$$n^0 \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$$

رابطهٔ ۱-۳: واپاشی β^-
(Holand 1998)

- **واپاشی β^+[4]:** در واپاشی β^+، انرژی برای تبدیل پروتون به نوترون یک پوزیترون و یک نوترینو صرف می شود. چنانکه رابطه ی ۱-۴ نشان می دهد.

[1] Pair production
[2] Beta decay
[3] Negative beta decay
[4] Positive beta decays

$$\text{Energy} + p^+ \rightarrow n^0 + e^+ + \nu_e$$

رابطهٔ ۱-۴: واپاشی β^+ (Holand 1998).

- **گیر اندازی الکترون**[1]**:** در واکنش گیر اندازی الکترون یک الکترون مداری بوسیله ی هسته جذب شده و یک پروتون هسته ای را به یک نوترون و یک نوترینو تبدیل می کند و معمولاً هسته در یک حالت برانگیخته خواهد بود (شولتیس و ریچارد ۲۰۰۷).

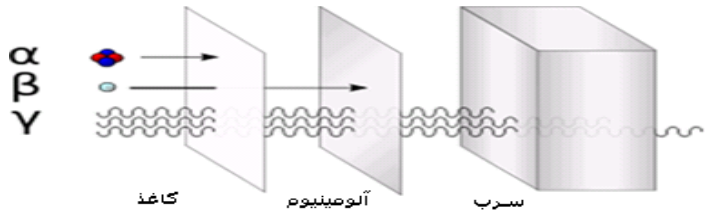
رابطه ی ۱-۵ گیراندازی الکترون را نشان می دهد.

$$p + e^- \rightarrow n + \upsilon_e$$

رابطهٔ ۱-۵: گیراندازی الکترون (Holand 1998)

۱-۲-۲ مقایسه ی قدرت نفوذ پرتو های آلفا ، بتا و گاما

چنانکه گفته شد قدرت نفوذ پرتوهای آلفا بسیار کم است، به طوری که بُرد پرانرژی ترین آنها در هوا از چند سانتیمتر تجاوز نمی‌کند. پرتوهای آلفا توسط ورقه ای از کاغذ متوقف شده و نمی توانند از کاغذ عبورکنند در حالی که پرتو گاما با همان انرژی می تواند مسافت زیادی را در ماده، نفوذ کرده و حتی از دیوار بتنی ضخیم عبور کند، اما نمی تواند از ورقه ای سربی با ضخامت بسیار زیاد بگذرد. پرتوهای بتا از ورقه ی کاغذی عبور کرده اما در برخورد با ورقه ی آلومینیومی با ضخامت ۱/۱۶ اینچ متوقف می شوند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که پرتوهای آلفا قدرت نفوذی کم تر از پرتوهای بتا و پرتوهای بتا قدرت نفوذی کم تر از پرتوهای گاما دارند (Wahlstrom 1997). شکل ۱-۴ شماتیکی از قدرت نفوذ پرتو های آلفا، بتا و گاما را نشان می-دهد.



شکل۱-۴: شماتیکی از مقایسه ی قدرت نفوذ پرتوهای آلفا، بتا و گاما (Wahlstrom 1997)

[1] Electron Capture

۱-۳ منابع پرتو زایی

۱. منابع پرتوزای طبیعی
- ✓ هسته های پرتوزای اولیه

۲. منابع پرتوزای مصنوعی
- ✓ منابع دارویی
- ✓ منابع صنعتی
- ✓ حوادث هسته ای
- ✓ انفجارهای هسته ای(www.tesec-int.org/TechHaz-site)

۳. تابش زمینه[1]

تابش زمینه یک تابش یونیزاسیون است که در محیط طبیعت به طور طبیعی وجود دارد و می‌تواند منشا طبیعی یا مصنوعی داشته باشد. منابع طبیعی آن شامل پرتوهای کیهانی است و منابع مصنوعی آن می‌تواند نیروگاه های هسته‌ای باشد (http://fa.wikipedia.org/wiki).

۱-۳-۱ مواد پرتوزای طبیعی[2]

مواد پرتوزای طبیعی آن دسته از مواد پرتوزا هستند که در طبیعت به صورت ذاتی وجود دارند و انسان در به وجود آمدن آن ها هیچ نقشی ندارد (Holand 1998).

۱-۳-۲ مواد پرتوزای مصنوعی[3]

مواد پرتوزای مصنوعی آن دسته از مواد پرتوزا را شامل می شوند که ساخته ی دست انسان هستند و برای تولید آن ها، انسان ها تلاش کرده اند (Holand 1998).

[1] Background radiation
[2] Natural radioactive materials

[3] Artificial radioactive materials