


بِسْمِ خدَاوندِ نَخْشِدَهٗ مَهْرَبَانِ





دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی فیزیک گرایش هسته‌ای
بررسی تولید نوترون و پرتوی گاما از باریکه‌ی الکترون‌های 10MeV حاصل از
شتاب‌دهنده‌ی رودوترون - TT200

استادان راهنما:

دکتر سید مجتبی مستجاب الدعواتی

دکتر فرشید طباح

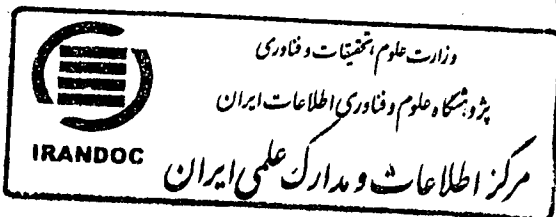
استاد مشاور:

مهندس علی محمد پورصالح

پژوهشگر:

مهدیه السادات حسینی

اسفندماه ۱۳۸۹



۱۵۸۵۱۰

۱۳۹۰/۳/۱۶

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات
و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه اصفهان است.

پیشوه نگارشش پایان نامه
رعایت شده است.



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی فیزیک گرایش هسته‌ای خانم
مهديه السادات حسینی تحت عنوان

بررسی تولید نوترون و پرتوی گاما از باریکه‌ی الکترون‌های 10MeV حاصل از

شتاب‌دهنده‌ی رودوترون - TT200

در تاریخ ۰۷/۱۲/۸۹ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای اول پایان نامه دکتر سید مجتبی مستجاب الدعواتی با مرتبه‌ی علمی استادیار

امضا

۲- استاد راهنمای دوم پایان نامه دکتر فرشید طبخ با مرتبه‌ی علمی استادیار

امضا

۳- استاد مشاور پایان نامه مهندس علی محمد پورصالح

امضا

۴- استاد داور داخل گروه دکتر محمدرضا عبیدی با مرتبه‌ی علمی استادیار

امضا

۵- استاد داور خارج از گروه دکتر بهزاد تیموری با مرتبه‌ی علمی استادیار



با تشکر از:

استاتید ارجمندم آقایان دکتر سید مجتبی مستجاب الدعواتی و دکتر فرشید طباح که شرایط انجام این پروژه را فراهم کرده و همواره با صبوری در حل مسائل علمی و رفع مشکلات عملی یاریم نموده‌اند.

در این جا لازم است از کلیه عزیزانی که به نحوی در انجام این پروژه مرا یاری کرده‌اند تشکر و قدردانی کنم.

تقدیم به:

مادر مهربانم

و

پدر بزرگوالم

و

همسر عزیزم

چکیده:

در این پایان نامه، به تفصیل شتاب‌دهنده‌ی رودترون - TT200 و ساز و کار تابش‌های ناشی از شتاب گرفتن الکترون‌ها در آن مورد تحلیل قرار می‌گیرد تا ضمن شناختن نوع و میزان این تابش‌ها، تولید چشمه‌های نوترونی که از اهمیت زیادی برخوردار هستند، امکان‌پذیر باشد.

تلاش‌های بسیاری برای ساخت چشمه‌های نوترونی ارزان‌تر، کوچک‌تر و با قابلیت پذیرش افکار عمومی صورت گرفته است. در این راستا، استفاده از شتاب‌دهنده‌ها بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. با شتاب دادن ذرات باردار سبک مثل پروتون و دوترون و الکترون تا یک انرژی معین و بمباران هدفی مناسب به‌وسیله‌ی این ذرات، یک چشمه‌ی نوترون به‌دست می‌آید.

برای این منظور، در این پایان نامه، باریکه‌ی الکترون‌های فرودی توسط شتاب‌دهنده‌ی رودترون - TT200 با انرژی 10 MeV و جریان 10 mA تولید شده است که با استفاده از کد MCNPX برهم‌کنش مذکور برای عناصر Pb^{206} ، Ta^{181} ، W^{184} و Be^9 مورد مطالعه قرار گرفته است. این محاسبات مطابقت خوبی با نتایج تجربی ارائه شده توسط IBA دارد.

از این پژوهش می‌توان در ساخت مولد نوترون برای عملیات نوترون‌گرافی، نوترون درمانی و تهیه‌ی دارو بهره برد. به دلیل وجود چنین شتاب‌دهنده‌ای در کشور، بررسی امکان تولید نوترون‌های سریع، بسیار مهم، اقتصادی و عملی خواهد بود.

کلید واژه‌ها: باریکه‌ی الکترون، برهم‌کنش فوتو-نوترون، تابش ترمزی، شتاب‌دهنده‌ی رودترون، کد MCNPX

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول مقدمه

۱-۱	مقدمه	۱
۲-۱	تاریخچه و کاربرد سامانه‌های شتاب‌دهنده‌ی الکترون	۲
۳-۱	شتاب‌دهنده‌های باریکه‌ی الکترون	۴
۱-۳-۱	شتاب‌دهنده‌های با انرژی بالا	۵
۱-۱-۳-۱	شتاب‌دهنده‌ی میکروموج خطی	۵
۲-۱-۳-۱	رودوترون	۸
۲-۳-۱	شتاب‌دهنده‌های با انرژی متوسط	۹
۱-۲-۳-۱	کوکرافت- والتون	۹
۲-۲-۳-۱	مبدل هسته‌دار عایق بندی شده	۹
۳-۲-۳-۱	دینامیترون	۹
۴-۲-۳-۱	یک سامانه‌ی dc جفت شده‌ی مغناطیسی از سامانه‌های ELV	۱۰
۵-۲-۳-۱	باریکه‌های تپی جریان بالای سامانه‌های رادیو بسامدی ILU	۱۰
۳-۳-۱	شتاب‌دهنده‌های با انرژی پایین	۱۱
۱-۳-۳-۱	دستگاه فیلامان خطی طویل	۱۲
۲-۳-۳-۱	سامانه‌ی کاتد خطی طویل	۱۲
۳-۳-۳-۱	Two-module شتاب‌دهنده‌ی نوع	۱۳
۴-۱	شتاب‌دهنده‌های موجود در ایران	۱۲

فصل دوم برهم‌کنش‌های تابش‌های هسته‌ای با ماده

۱-۲	مقدمه	۱۶
۲-۲	اتلاف انرژی ذرات باردار	۱۷
۱-۲-۲	برهم‌کنش‌های کولنی	۱۷
۲-۲-۲	گسیل تابش الکترومغناطیسی	۱۹
۳-۲	توان توقف ناشی از یونش و برانگیزش	۲۰
۴-۲	اتلاف انرژی ناشی از گسیل تابش ترمزی	۲۳

۲۵	..... محاسبه‌ی dE/dx برای یک ترکیب یا مخلوط
۲۵	..... برد ذرات باردار
۲۷	..... برد ذرات سنگین ($\alpha, t, d, p : A \leq 4, Z \leq 2$)
۲۸	..... برد الکترون و پوزیترون
۳۱	..... اتلاف انرژی پس از گذر از ماده‌ای به ضخامت t
۳۲	..... برهم‌کنش‌های پرتوهای گاما و X با ماده
۳۲	..... اثر فوتوالکتریک
۳۴	..... پراکندگی کامپتون یا اثر کامپتون
۳۷	..... تولید زوج
۳۹	..... واکنش‌های فوتو هسته‌ای

فصل سوم تشریح سامانه‌ی رودوترون و چگونگی عملکرد آن

۴۱	..... مقدمه
۴۲	..... رودوترون
۴۳	..... ۱-۲-۳ نگاهی بر تاریخچه‌ی ساخت رودوترون
۴۳	..... ۲-۲-۳ اختراع رودوترون
۴۳	..... ۱-۲-۲-۳ همکاری IBA و CEA
۴۳	..... ۲-۲-۲-۳ انتخاب پارامترهای اولین رودوترون صنعتی
۴۴	..... ۳-۲-۳ توضیح مدل اولیه
۴۵	..... ۴-۲-۳ اجزای اصلی رودوترون
۴۵	..... ۱-۴-۲-۳ کاواک رودوترون
۴۸	..... ۲-۴-۲-۳ سامانه‌ی RF
۴۹	..... ۳-۴-۲-۳ آهن‌رباهای منحرف کننده
۵۰	..... ۴-۴-۲-۳ سامانه‌ی خنک کننده
۵۰	..... ۵-۴-۲-۳ سامانه‌ی کنترل
۵۰	..... ۶-۴-۲-۳ سامانه‌ی تحویل باریکه
۵۱	..... ۵-۲-۳ مزایای واقعی رودوترون نسبت به شتاب‌دهنده‌های خطی
۵۱	..... ۱-۵-۲-۳ توان اندوخته و اقتصاد

۵۱	۲-۵-۲-۳ انعطاف پذیری انرژی باریکه
۵۱	۳-۵-۲-۳ خنک شدن آسان
۵۲	۴-۵-۲-۳ بهم فشردگی
۵۲	۵-۵-۲-۳ CW یعنی بسامد روبش نا محدود
۵۳	۶-۵-۲-۳ دسترسی آسان به کاواک شتاب‌دهنده
۵۳	۷-۵-۲-۳ قرار داشتن اجزا در بیرون مجموعه

فصل چهارم آشنایی با کد MCNPX

۵۴	۱-۴ مقدمه
۵۵	۲-۴ طبیعت برنامه
۵۵	۱-۲-۴ تفاوت کد MCNPX با کد MCNP4c
۵۵	۲-۲-۴ زبان برنامه و کامپیوتر
۵۶	۳-۲-۴ کتابخانه‌ی داده‌ها
۵۶	۴-۲-۴ سطح مقطع
۵۷	۵-۲-۴ محدودیت‌ها
۵۸	۶-۲-۴ واحدها در MCNPX
۵۸	۳-۴ پرونده‌ی ورودی یا INP
۵۹	۱-۳-۴ بلوک پیغام
۵۹	۲-۳-۴ کارت عنوان مسئله
۵۹	۴-۴ هندسه‌ی کد
۶۰	۱-۴-۴ کارت معرفی سلول
۶۰	۲-۴-۴ کارت سطح
۶۱	۱-۲-۴-۴ سطوحی که به وسیله‌ی معادلاتشان مشخص می‌شوند
۶۱	۲-۲-۴-۴ سطوحی که به نام ماکروبادی هستند
۶۱	۱-۲-۲-۴-۴ حجم متوازی السطوح مستطیلی -RPP
۶۱	۲-۲-۲-۴-۴ استوانه مدور راست‌گرد -RCC
۶۲	۵-۴ کارت اطلاعات
۶۲	۱-۵-۴ کارت معرفی نوع مسئله

۶۳	..... کارت معرفی چشمه ۲-۵-۴
۶۳	..... دستور SDEF ۱-۲-۵-۴
۶۳	..... کارت معرفی مواد ۳-۵-۴
۶۴	..... کارت‌های خاتمه دهنده (Cut off) ۴-۵-۴
۶۴	..... Cut ۱-۴-۵-۴
۶۵	..... خاتمه دهنده‌ی تاریخچه یا NPS ۲-۴-۵-۴
۶۵	..... کارت درخواست ۵-۵-۴
۶۶	..... کارت درخواست Fna ۱-۵-۵-۴
۶۷	..... کارت‌های درخواست نوع (۱ ، ۲ ، ۴ ، ۶ ، ۷) ۲-۵-۵-۴
۶۸	..... کارت درخواست نوع F5 ۳-۵-۵-۴
۶۹	..... کارت En ۴-۵-۵-۴
۶۹	..... کارت خاتمه‌دهنده‌ی انرژی (PHYS: Energy Physics Cutoff) ۶-۴
۶۹	..... نوترون‌ها ۱-۶-۴
۷۰	..... فوتون‌ها ۲-۶-۴
۷۱	..... دستورهای جانبی ۷-۴
۷۱	..... دستور چاپ PRINT ۱-۷-۴
۷۲	..... خطاها ۸-۴
۷۲	..... پیغام‌های خطا ۱-۸-۴
۷۲	..... خطاهای هندسی ۲-۸-۴
۷۳	..... تخمین خطا در محاسبات ۹-۴
۷۳	..... دستورات اجرایی ۱۰-۴
۷۴	..... Run کردن برنامه ۱-۱۰-۴
۷۴	..... رسم هندسه ۲-۱۰-۴
فصل پنجم روش انجام کار	
۷۶	..... مقدمه ۱-۵
۷۷	..... انتخاب هدف مناسب ۲-۵
۷۸	..... انتخاب هندسه‌ی مناسب ۳-۵

۴-۵ محاسبات با کد MCNPX ۷۹

۵-۵ انجام آزمایش عملی جهت اطمینان از صحت نتایج ۷۹

فصل ششم ارائه و تحلیل نتایج

۱-۶ نتایج به دست آمده از شبیه سازی ۸۰

۲-۶ نتیجه گیری ۹۴

پیوست‌ها

A . نمونه‌ای از برنامه‌ی نوشته شده برای Ta^{181} ۹۵

B . Run . برنامه‌ی فوق برای Ta^{181} ۹۶

منابع و مآخذ ۹۹

فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل (۱-۱) - مقایسه‌ی کاربردهای شتاب‌دهنده‌های الکترون انرژی بالا..... ۳
- شکل (۲-۱) - لوله‌ی تخلیه‌ی الکتریکی فیلیپ لنارد..... ۴
- شکل (۳-۱) - شتاب‌دهنده‌های میکروموج خطی..... ۶
- شکل (۴-۱) - افزایش طول رانش..... ۷
- شکل (۵-۱) - نمایی از مسیر شتاب‌گیری الکترون در کاواک رودترون..... ۸
- شکل (۶-۱) - یک دینامیتر با انرژی باریکه‌ی 5 MeV ۱۰
- شکل (۷-۱) - شتاب‌دهنده‌ی ELV-8 با انرژی باریکه‌ی 2 MeV و توان 100 Kw ۱۱
- شکل (۸-۱) - شتاب‌دهنده‌ی فیلامان خطی طویل..... ۱۲
- شکل (۹-۱) - شتاب‌دهنده‌ی کاتد خطی طویل..... ۱۳
- شکل (۱۰-۱) - شتاب‌دهنده‌ی نوع Two-module ساخت AEB..... ۱۴
- شکل (۱۱-۱) - طرح کلی از اصول عملکرد شتاب‌دهنده‌ی Two-module..... ۱۴
- شکل (۱-۲) - یک ذره‌ی باردار سریع به جرم M و بار ze با الکترون‌های یک اتم برهم‌کنش می‌کند..... ۱۸
- شکل (۲-۲) - مسیرهای ممکن الکترون و ذره‌ی سنگین..... ۲۱
- شکل (۳-۲) - تغییرات توان توقف بر حسب انرژی جنبشی ذره..... ۲۳
- شکل (۴-۲) - طول مسیر (S) و برد (R)..... ۲۶
- شکل (۵-۲) - آزمایش تراگیل ذره..... ۲۷
- شکل (۶-۲) - تعداد ذرات باردار سنگین (α, t, d, p) که از ضخامت t عبور می‌کنند..... ۲۷
- شکل (۷-۲) - تعداد الکترون‌های تراگیل یافته از ضخامت t ۲۹
- شکل (۸-۲) - برد الکترون‌ها به صورت تابعی از انرژی جنبشی..... ۳۰
- شکل (۹-۲) - اثر فوتوالکتریک..... ۳۳
- شکل (۱۰-۲) - وابستگی سطح مقطع فوتوالکتریک به (a) انرژی فوتون (b) عدد اتمی ماده..... ۳۳
- شکل (۱۱-۲) - اثر کامپتون..... ۳۴
- شکل (۱۲-۲) - وابستگی سطح مقطع کامپتون به (a) انرژی فوتون و (b) عدد اتمی ماده..... ۳۶
- شکل (۱۳-۲) - تولید زوج..... ۳۷
- شکل (۱۴-۲) - وابستگی سطح مقطع تولید زوج به (a) انرژی فوتون و (b) عدد اتمی ماده..... ۳۸

- شکل (۲-۱۵) - (الف) انرژی پتانسیل یک پروتون به صورت تابعی از فاصله جدایی آن از مرکز هسته (r) (ب) انرژی پتانسیل یک نوترون به صورت تابعی از r ۳۹
- شکل (۳-۱) - نمایی از کاواک شتاب‌دهنده‌ی رودوترون ۴۶
- شکل (۳-۲) - جهت و اندازه‌ی میدان‌های الکتریکی و مغناطیس در کاواک رودوترون ۴۷
- شکل (۳-۳) - آهن‌ربای منحرف‌کننده‌ی یک رودوترون ۴۹
- شکل (۵-۱) - طرحواره‌ی از تولید نوترون‌های حاصل از باریکه‌ی الکترونی با انرژی ۱۰ MeV ۷۷
- شکل (۵-۲) - طرحواره‌ی آزمایش عملی انجام شده ۷۹
- شکل (۶-۱) - (الف) سطح مقطع Pb^{206} ، (ب) سطح مقطع Ta^{181} ، (ج) سطح مقطع W^{184} و (د) سطح مقطع Be^9 برای واکنش Photonuclear ۸۱
- شکل (۶-۲) - خروجی‌های حاصل از محاسبات توسط کد MCNPX(2.4.0) برای (الف) خلق نوترون (ب) خلق فوتون (ج) خلق الکترون ۸۳
- شکل (۶-۳) - بهره‌ی فوتو-نوترون به ازای ضخامت‌های مختلف برای عناصر Pb^{206} ، Ta^{181} و W^{184} ۸۵
- شکل (۶-۴) - شار نوترونی به ازای ضخامت‌های مختلف برای عناصر Pb^{206} ، Ta^{181} و W^{184} ۸۷
- شکل (۶-۵) - شار نوترون بر حسب انرژی برای (الف) ضخامت ۱ cm و (ب) ضخامت ۶cm ۸۸
- شکل (۶-۶) - بهره‌ی فوتو-نوترون بر حسب نسبت وزنی از ترکیب Pb^{206} ، Ta^{181} و W^{184} با Be^9 ۹۰
- شکل (۶-۷) - شار نوترون بر حسب ضخامت هدف از ترکیب Pb^{206} ، Ta^{181} و W^{184} با Be^9 ۹۱
- شکل (۶-۸) - شار نوترون بر حسب انرژی از ترکیب Pb^{206} ، Ta^{181} و W^{184} با Be^9 ۹۳

فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

۴۴	جدول (۱-۳) - خصوصیات نمونه‌ی اولیه‌ی رودوترون
۶۶	جدول (۱-۴) - فهرستی از کارت‌های درخواست
۶۷	جدول (۲-۴) - کارت‌های درخواست Fna
۷۸	جدول (۱-۵) - انرژی آستانه و فراوانی ایزوتوپ‌های عناصر Pb^{206} ، Ta^{181} و W^{184}
۸۵	جدول (۱-۶) - بهره‌ی فوتو-نوترون به ازای ضخامت‌های مختلف برای عناصر Pb^{206} ، Ta^{181} و W^{184}
۸۶	جدول (۲-۶) - شار نوترونی به ازای ضخامت‌های مختلف برای عناصر Pb^{206} ، Ta^{181} و W^{184}
۸۷	جدول (۳-۶) - شار نوترون بر حسب انرژی برای (الف) ضخامت ۱ cm و (ب) ضخامت ۶ cm
۹۰	جدول (۴-۶) - بهره‌ی فوتو-نوترون بر حسب نسبت وزنی از ترکیب Pb^{206} ، Ta^{181} و W^{184} با Be^9
۹۱	جدول (۵-۶) - شار نوترون بر حسب ضخامت هدف از ترکیب Pb^{206} ، Ta^{181} و W^{184} با Be^9
۹۲	جدول (۶-۶) - شار نوترون بر حسب انرژی از ترکیب Pb^{206} ، Ta^{181} و W^{184} با Be^9

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

در این پایان‌نامه، تولید چشمه‌های نوترونی توسط برهم‌کنش Photonuclear حاصل از باریکه‌ی الکترونی به انرژی ۱۰ MeV در سه عنصر Pb^{206} ، Ta^{181} و W^{184} مورد مطالعه قرار گرفته است. میزان فوتو-نوترون‌های تولید شده به ازای هر الکترون فرودی به عنوان تابعی از ضخامت هدف، به همراه توزیع انرژی و همچنین انرژی متوسط نوترون‌ها برای این سه عنصر محاسبه شده است.

استفاده از شتاب‌دهنده‌ها به جای رآکتور مزایای بسیاری دارد، که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- ۱- ارزان‌تر هستند.
- ۲- ایمنی بیشتری دارند.
- ۳- میزان آلودگی گامای کمتری دارند.
- ۴- نوترون‌های تولیدی غالباً پر انرژی‌اند.
- ۵- فضای کمتری اشغال می‌کنند.
- ۶- شدت نوترون‌های تولیدی بیشتر است.
- ۷- طیف انرژی نوترون آن‌ها گسترده‌تر است.
- ۸- ساخت آن‌ها ساده‌تر است.
- ۹- قابل نصب در بیمارستان یا نزدیک آن هستند.

در این چشمه‌ها ذره‌ای را به عنوان پرتابه شتاب داده و روی هدفی می‌تابانند. جذب پرتابه توسط هسته‌های هدف منجر به تولید نوترون می‌گردد.

جهت انتخاب برهم‌کنش مناسب (هدف و پرتابه) برای تولید نوترون چند عامل باید در نظر گرفته شود:

- ۱- پایداری ماده‌ی هدف در دماهای بالا که به واسطه‌ی جریان بالای ذرات فرودی ایجاد می‌شود.
 - ۲- غنای بالای ایزوتوپ مورد نظر در ماده‌ی هدف تا از واکنش‌ها و تولید محصولات ناخواسته جلوگیری شود.
 - ۳- موادی انتخاب گردد که هسته‌ی دختر، کم‌ترین فعالیت را داشته باشد.
 - ۴- مناسب بودن مقدار Q و انرژی آستانه‌ی واکنش.
 - ۵- مناسب بودن سطح مقطع جذب برای تولید بیش‌تر نوترون.
- این چشمه‌ها بسته به نوع پرتابه به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- شتاب‌دهنده‌های پروتون

۲- شتاب‌دهنده‌های دوترون

۳- شتاب‌دهنده‌های الکترون [۱].

۱-۲ تاریخچه و کاربرد سامانه‌های شتاب‌دهنده‌ی الکترون

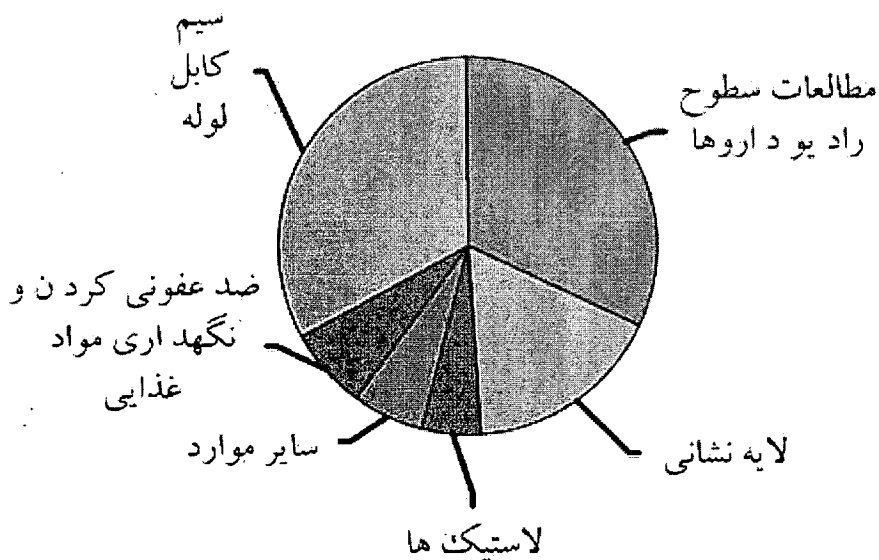
منظور از شتاب‌دهی ذرات باردار، گسیل باریکه‌ای از ذرات به‌خصوص با انرژی خاص به طرف یک هدف مورد نظر است. انواع مختلفی از روش‌ها برای انجام این امر وجود دارند که در تمام آن‌ها از آرایش‌های گوناگون میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی استفاده می‌شود.

شتاب‌دهنده‌های ذرات که ابتدا به عنوان ابزاری جهت تحقیقات پایه‌ای از آن‌ها استفاده می‌شد، در اندک زمانی کاربردشان در صنعت و پزشکی به طور چشم‌گیری گسترش یافت. این کاربردها بیشتر بر پایه‌ی شتاب‌دهنده‌هایی هستند که اندکی قبل یا بعد از جنگ جهانی دوم راه‌اندازی شدند. در آن زمان استفاده و موارد انتظار از پرتوهای حاصل از شتاب‌دهنده‌ها چه به لحاظ قدرت و چه به لحاظ انرژی پایین بوده است.

شتاب‌دهنده‌های خطی الکترونی با انرژی بیشینه‌ی ۲۵ MeV در پزشکی مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین شتاب‌دهنده‌هایی با انرژی باریکه‌ی ۵ تا ۱۰ MeV در ضدعفونی کردن و نگهداری مواد غذایی، و انرژی چند keV جهت لایه‌نشانی در صنایع نیمه‌هادی و مطالعات سطوح و محدوده‌ی انرژی باریکه‌ی ۱۰ تا ۳۰ MeV جهت تولید رادیو داروها به کار گرفته شدند.

فرآوری توسط باریکه‌ی الکترون یک تکنولوژی مهم است که به وسیله‌ی IAEA حمایت و ترویج داده می‌شود و برنامه‌هایی برای تسهیل استفاده از آن در پیشرفت دولت‌های عضو دارد. این تکنولوژی برای بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی مواد و کاهش آلاینده‌های نامطلوب، نظیر مواد جانبی سمی، در صنایع مختلف استفاده می‌شود. در سرتا سر جهان، بالای ۱۴۰۰ شتاب‌دهنده‌ی صنعتی الکترون با جریان بالا، مورد استفاده‌ی تجاری قرار می‌گیرد. همچنین تقریباً، ۱۰۰۰ شتاب‌دهنده‌ی جریان پایین برای اهداف تحقیقاتی و هزاران دستگاه دیگر نیز در تشخیص‌های طبی یا درمان سرطان استفاده می‌گردند. کشورهای مختلفی در جهان، شامل تعدادی کشورهای پیشرفته، تمایل زیادی به استفاده از این تکنولوژی نشان داده‌اند.

شتاب‌دهنده‌های باریکه‌ی الکترون به لحاظ تجهیزات الکتریکی چشمه، قابل اطمینان و با دوام هستند، چون که تابش‌های یوننده را بدون نیاز به ایزوتوپ‌های رادیواکتیو تولید می‌کنند. دستگاه‌های باریکه‌ی الکترون می‌توانند به راحتی خاموش و یا روشن گردند. این دستگاه‌ها مشکلاتی نظیر مسائل امنیتی و انتقال و انهدام مواد نشت یافته را در مقایسه با ایزوتوپ‌هایی نظیر Co^{60} برای استفاده‌های طولانی مدت به همراه ندارند. با ورود شتاب‌دهنده‌های با جریان بالا، تبدیل انرژی باریکه‌ی الکترون به پرتو X شکل دیگر استفاده از تابش گاما می‌باشد. استفاده‌های اصلی شتاب‌دهنده‌های الکترون با جریان بالا در شکل (۱-۱) نشان داده شده است [۲].



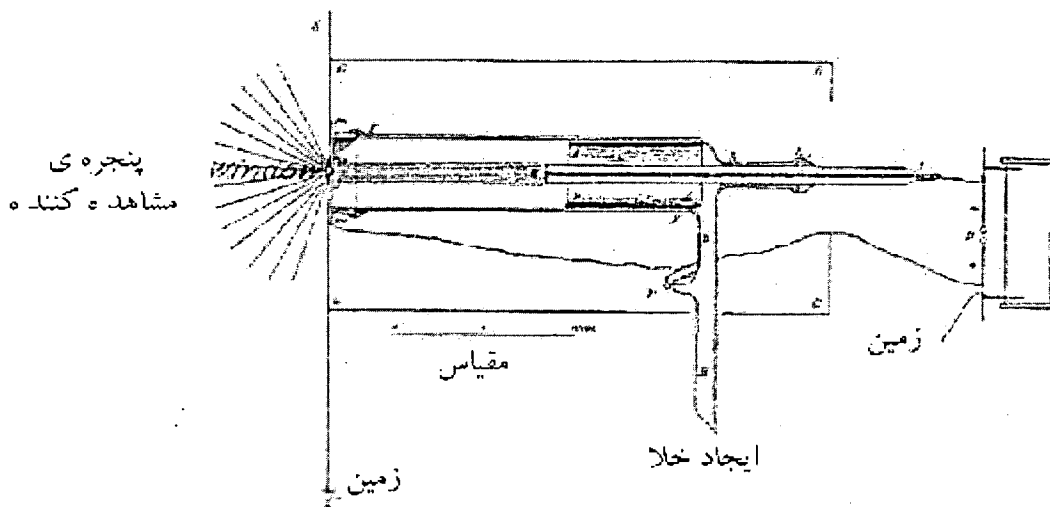
شکل (۱-۱) - مقایسه‌ی کاربردهای شتاب‌دهنده‌های الکترون انرژی بالا [۲]

همه‌ی شتاب‌دهنده‌ها از اجزای کلی زیر ساخته می‌شوند:

- ۱- یک چشمه‌ی ذرات باردار مثل الکترون‌های حاصل از یک رشته‌ی داغ یا اتم‌های یونیده‌ی حاصل از یک چشمه‌ی یون.
- ۲- یک میدان الکتریکی به بزرگی 10^7 V جهت شتاب دادن ذرات.
- ۳- ابزار کانونی‌کننده برای غلبه بر تمایل طبیعی باریکه به واگراشدن.
- ۴- منحرف‌کننده‌ها برای به حرکت در آوردن باریکه در راستای دلخواه.
- ۵- یک هدف از ماده‌ی مورد نظر برای برخورد با باریکه.
- ۶- و اتاقکی که تمام قسمت‌های بالا را در شرایط خلا بالا قرار دهد [۳].

۳-۱ شتاب‌دهنده‌های باریکه‌ی الکترون

در سال ۱۹۱۴، فیلیپ لناردیک برافروختگی ناشی از لوله‌ی تخلیه‌ی الکتریکی^۱ کروکز با پنجره‌ی فلزی را زمانی که یک جریان الکتریکی از میان آن عبور می‌کرد مشاهده نمود. این اولین مشاهده‌ی تابش خارجی یک چشمه‌ی الکتریکی بود. شکل (۲-۱) طرحی از لوله‌ای است که لنارد استفاده می‌کرد.



شکل (۲-۱) - لوله‌ی تخلیه‌ی الکتریکی فیلیپ لنارد [۲]

^۱ Discharge tube

در سال ۱۹۸۵، ویلهلم رونتگن، تحلیل‌های بسیار مهمی از تشعشع امواج از لوله‌های کروکز، شامل اینکه چه مقدار تابش از فضا و مواد جامد عبور کرده و مواد فسفری و فتوگرافیک را تحریک کرده است، انجام داد. رونتگن این تابش نامریی را به دلیل این که در آن زمان خواص آن ناشناخته بود، اشعه‌ی X نام نهاد. در سال بعد، ۱۹۸۶، هنری بکرل اولین پدیده‌ای که امروزه رادیواکتیویته نامیده می‌شود را مشاهده کرد. بکرل در واقع از تکنیک‌های لومینسانس رونتگن برای اثبات مشاهداتش استفاده کرد. در ابتدای قرن بیستم در آزمایشگاه کاوندیش در کمبریج انگلستان، تامسون نشان داد که پلاسمای درون لوله‌های خلا می‌تواند به وسیله‌ی نیروهای مغناطیسی خم گردد. یکی از شاگردان تامسون، ارنست رادرفورد بود که تعدادی از تفاوت‌های بین این گسیل‌های زیر اتمی را ترسیم نمود. رادرفورد سپس با همکاری یکی از شاگردانش، نظیر بور، ساختار اتمی که دارای هسته و الکترون‌های مداری است را ترسیم نمود. لوله‌های خلا هیتروف-کروکز و لنارد و رونتگن تا اوایل قرن بیستم برای رادیوگرافی پزشکی استفاده می‌شدند [۱].

۱-۳-۱ شتاب‌دهنده‌های با انرژی بالا

دو نوع شتاب‌دهنده با انرژی بالا (10 MeV تا 7) مورد پذیرش صنعت قرار گرفته است.

۱-۱-۳-۱ شتاب‌دهنده‌ی میکروموج خطی^۱

شتاب‌دهنده‌های خطی صنعتی به پیک انرژی 10 MeV محدود می‌شوند تا با مشکلات ناشی از القا رادیواکتیو روبرو نشوند. اندازه‌ی شتاب‌دهنده‌های خطی صنعتی را می‌توان برای به‌دست آوردن باریکه‌ی الکترون با انرژی پایین‌تر کاهش داد، شکل (۱-۳). شتاب‌دهنده‌های خطی دارای بازدهی تبدیل توان ورودی به خروجی 30% می‌باشند.

در شتاب‌دهنده‌های خطی، همانند سیکلوترون، ذرات از طریق یک ولتاژ AC، شتاب‌های جدا از هم زیادی را دریافت می‌دارند و اختلاف تنها در این است که در شتاب‌دهنده‌ی خطی ذرات در خط مستقیمی حرکت می‌کنند. این امر باعث کاهش هزینه‌های زیاد مربوط به آهن‌ربای سیکلوترون می‌شود.

^۱Linear Accelerator (Linac)