• دانشـــگاه تهـــران •

گـروه فیزیک دانشکده علوم

موضوع پایان نامه : طراحی یک سیستم اکروماتیک ، جهت انتقال باریکه ای از ذرات باردار خارج شده از سیکلوترون

جهت دریافت مدرک کارشناسی ارشد

استادان راهنما :

آقای دکتر حسین آفریده

آقای دکتر احمد حاجی محمد زاده

استاد مشاور :

آقای دکتر صمد فرخی

گردآورنده : فرشته نژادی

تاریخ : سال ۱۳۷۲

۱۷۱۳۷

آن کس که ترا شناخت جان را چه کند ؟ فرزند و عیال و خان و مان را چه کند ؟
دیوانه کنی هر دو جهانش بخشی ، دیوانهٔ تو هر دو جهان را چه کند ؟

تشکر و قدردانی :

لازم میدانم ، از زحمات دکتر حسن آفریده و دکتر احمد حاجی محمدزاده اساتید راهنمای محترم خود ، بخاطر راهنمایی بیدریغ آنان در مراحل پایان نامه ام ، بخاطر حسن اخلاق و برخوردهای مثبت و سازندهٔ آنان با دانشجویان ، صمیمانه تشکر نمایم.

از استاد مشاور محترم ، جناب آقای دکتر محمد فرخی ، مدیر محترم گروه فیزیک دانشگاه تهران بخاطر همکاری های ایشان صمیمانه تشکر می نمایم.

از خانم دکتر رهبر ، استاد ارجمند ، بخاطر همکاری و زحمات ایشان در تمام دورهٔ کارشناسی ارشد خود صمیمانه تشکر می نمایم.

تقدیم :

پایان نامه حاضر بنام « طراحی یک سیستم آکروماتیک جهت انتقال باریکه ای از ذرات باردار خارج شده از سیکلوترون » خود را تقدیم محضر اساتید راهنمای عزیز و بزرگوار : جناب آقای دکتر حسین آفریده و آقای دکتر احمد حاجی محمدزاده و همچنین استاد مشاور محترم خود ، آقای دکتر مهدی فرخی می نمایم .

تقدیم به دو وجود پر مهر و

دو مظهر صدق و سلوک:

پدر و مادر عزیزم

(مرتضی نژادی ـ مهرالملوک نعمتی اکبر)

بپاس یک عمر گذشت و فداکاری....

تقدیم :

به خواهر عزیزم مهرناز و برادرانم ، علی و محمد

به تمامی دوستانم ، از جمله دوست عزیز : فرشته خالقی

به تمامی عزیزانی که در آموزش و پرورشم سهمی داشته اند .

چکیده :

ما ، جهت بالا بردن قدرت تفکیک بیم (باریکه‌ای از ذرات باردار) خارج شده‌از سیکلوترون یک سیستم اکروماتیک طراحی کرده‌ایم .طرح پیشنهادی ما درشکل (۲۸) درمتن نشان داده‌شده‌است . همانطوریکه بطورشماتیک می‌بینیم برای طراحی چنین سیستمی یک جفت لنزچهارقطبی سه‌تایی ، یک جفت لنزچهارقطبی تنها ویک جفت Bending Magnet ویکSlit لازم بوده‌است . بعدازمحاسبهٔ میدانهای مغناطیسی مربوطبه هرالمان بکاررفته درسیستم ، برای بهینه‌کردن بیم حمل شده به Switching Magnet ، روش Iteration را بکارگرفته‌ایم . وسیستم اکروماتیک را که‌برای انرژی (۱۵ تا ۳۰)مگاالکترون‌ولت کاربرددارد طراحی کرده‌ایم. لازم به‌تذکراست ، لازمهٔ بالا بردن قدرت تفکیک بیم ، پائین آمدن شدت آن می باشد وبرعکس .

مقدمه :

INTRODUCTION

اخیرا " سازمان انرژی اتمی ایران جهت تولید انواع رادیو - ایزوتوپ ها ، دستگاهی بنام سیکلوترون ازکشوربلژیک خریداری کرده است که بزودی وبرای اولین بار وارد ایران خواهدشد . همان طورکه می دانیم رادیوایزوتوپ ها ، موادرادیواکتیومیباشند که در بیمارستانها ، جهت تشخیص ودرمان انواع سرطانها مورداستفاده قرارمی گیرند . ازآنجائیکه سیکلوترون فوق قابلیت ساطع کردن بیم های پروتونی و دوترونی تا انرژی E = 30Mev را دارد ، لذا موقعیت بسیارخوبی است برای اینکه بتوانیم ازآن علاوه بر بکارگرفتن درتولید رادیوایزوتوپ ، دربسیاری ازتحقیقات هسته‌ای استفاده‌کنیم ، تحقیقاتی که تاکنون درایران انجام نشده است . قابل ذکراست ، درحال حاضرشتابدهنده‌ای که دربخش واندوگراف سازمان موجودمی باشد بیمی با انرژی E = 3 Mev ساطع می‌کند که انرژی بسیارپائینی است وبرای بسیاری ازتحقیقات هسته‌ای مناسب نمی باشد انرژی بیمی که ازسیکلوترون خریداری شده ساطع می شود، E=30Mev ± 600 Kev می باشد چنین بیمی برای تولید انواع رادیوایزوتوپ ها مناسب است ولی برای انجام

تحقیقات هسته‌ای چنگی بدل نمیزند چراکه قدرت تفکیک آن پائین می باشد. لذا ناچاریم قبل ازاستفاده ازآن قدرت تفکیک (Resolution) آنرا بالابریم که اینکاربقیمت پائین آمدن شدت بیم انجام خواهدشد. هدف ما این است که (Resolution) بیم را ۲۰ مرتبه بهترکنیم یعنی داشته‌باشیم : E = 30Mev ± 30 Kev قبل ازهرکاری بایدبتوانیم بیم خروجی ازسیکلوترون را به Switching - magnet که درفاصلهٔ چندمتری ازسیکلوترون واقع شده و وسیله‌ای است برای انتقال بیم تحت زوایای (°۱۵و۱۵- و ۳۰و۳۰- و ۴۵ و۴۵-) به‌هدف های مختلف ، هدایت کنیم. طوری که مشخصات اولیهٔ بیم (سطح مقطع بیم) حتی الامکان بدون تغییرباقی بماند. یعنی بیم خروجی ازسیکلوترون حتی‌الامکان‌بدون تغییر وبه‌نحواحسن‌به Switching - magnet انتقال یابد. برای اینکار نیازبه‌یک سیستم اکروماتیک داریم، سیستمی که‌از یک سری المان های اپتیکی ازجمله quadrupole - lenses و Bending - magents و .... تشکیل شده‌است وبیم را به بهترین فرم به Switching - magnet هدایت می کند. لذا هدف ما طراحی چنین سیستمی بوده که‌با بررسی اپتیک ذرات باردار والمان های اپتیکی ذکرشده وبه‌کمک یک سری محاسبات

توانستیم سیستم فوق را طراحی کنیم . .

درسیستم طراحی شده که‌درمتن‌درشکل ۲۸ موجودمی باشد ، یک SLIT بین دوتا quadrupole - singlet قرارداده‌شده است‌که برای بالا بردن Resolution بیم ازآن استفاده می کنیم که‌چنانچه بخواهیم Resolution را تا ۲۰ مرتبه بالا ببریم باید SLIT را به‌اندازه‌ای باز کنیم که‌تنها اجازهٔ عبور ۵% بیم را بدهد وبقیهٔ آنرا حذف کند . بنابراین شدت بیم پائین می آید وما تنها به‌قیمت پائین آمدن شدت بیم می توانیم قدرت تفکیک آنرا بالا ببریم . .

لازم به‌تذکراست که‌طراحی سیستم فوق موضوع تزاینجانب می باشد واستفاده‌از SLIT مرحلهٔ بعدی کاراست بنابراین فرض براین میباشد که‌اصلا" SLIT یی درکارنیست وماچون برای طراحی سیستم فوق ، ازیک کد کامپیوتری بنام کدترانسپورت استفاده کرده‌ایم ابتدا تئوری ترانسپورت را مورد بررسی قرار میدهیم . .

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
بخش ۱ : (انتقال بیم اپتیکی)	۱
قسمت اول :	
۱ ـ اپتیک نورهندسی و اپتیک مغناطیسی	۱
۲ ـ فرمولبندی ماتریس مرتبهٔ اول	۲
۳ ـ فرمولبندی ماتریس مرتبهٔ دوم	۳
۴ ـ اپتیک ذرات باردار (Bending-magnets, quadrupole-lenses)	۷
۵ ـ انتقال مربوط به‌چندین مسیر	۳۵
قسمت دوم:	
۱ ـ ماتریس انتقال مرتبهٔ اول	۴۰
۲ ـ کدانتقال	۴۳
بخش ۲ :	
۱ ـ فرمولبندی ماتریس مرتبهٔ اول برای ترانسپورت	۴۴
۲ ـ شکل ماتریس S (بیضی فاز) مرتبهٔ اول ترانسپورت	۴۸
۳ ـ توصیف ماتریس S ی بیم	۵۰
ـ EXPERIMENTAL SET-UP	۵۷
ـ محاسبات	۶۱
الف) محاسبهٔ فاصلهٔ کانونی ومیدان مغناطیسی quadrupole-singlet	۶۱
ب) " " " ومیدان مغناطیسی quadrupole-triplet	۶۱
ج) " " " ومیدان مغناطیسی bending-magnet	۶۶
ـ نتایج	۷۰
ـ مراجع	۱۰۹
ـ واژه نامه	۱۱۰

تئوری ترانسپورت

THEORY OF TRANSPORT

بخش ۱ : Beam Transport optics part I*

قبل از بررسی تئوری TRANSPORT ، لازم است اپتیک ذرات باردار را مورد بررسی قرار دهیم و از آنجائیکه اپتیک ذرات باردار بسیارمشابه با اپتیک نورهندسی میباشد ، ابتدا به بحث زیر میپردازیم :

قسمت اول :

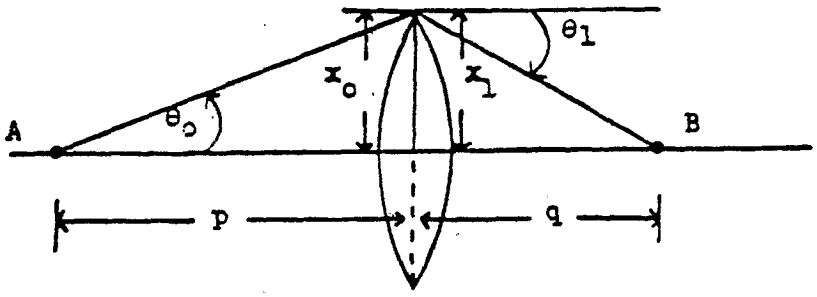
۱) اپتیک نورهندسی و اپتیک مغناطیس :

(Geometric light optics vs. magnetic optics)

برای ارتباط دادن اپتیک نورهندسی و اپتیک ذرات باردار ، باعدسی نازک شروع میکنیم . برای اینکار یک عدسی نازک در نظر میگیریم که در آن یک اشعه از نقطه کانونی A ، تحت زاویه θ_o حرکت میکند و درفاصله x_o ، عدسی را قطع میکند . سپس در فاصله x_i ، عدسی را ترک کرده و تحت زاویه θ_1 به نقطه کانونی B میرسد . (شکل ۱) .

---

* : (K.L.Brown)



شکل (۱) – عدسی نازک

طبق اپتیک عدسی نازک داریم : (۱) $1/p + 1/q = 1/f$

۲) فرموله کردن ماتریس مرتبه اول :

First - order Matrix Formalism :

بااستفاده از رابطه (۱) میتوان نشان داد که تبدیل ماتریس برای عمل عدسی (lens - action) بین صفحات اصلی بصورت زیر است :

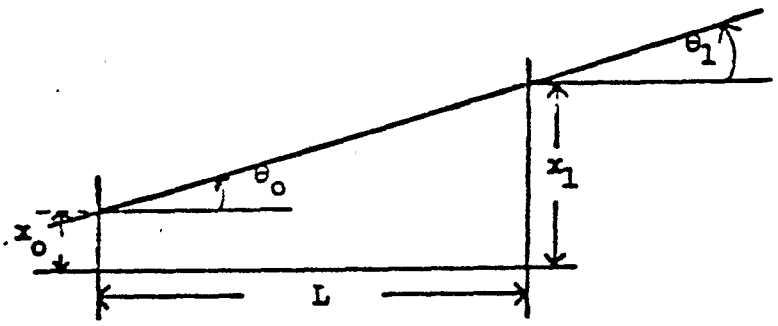
$$\begin{bmatrix} x_1 \\ \theta_1 \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{c|c} 1 & 0 \\ \hline -1/f & 1 \end{array}\right] \begin{bmatrix} x_0 \\ \theta_0 \end{bmatrix} \qquad (۲)$$

بنابراین عمل انتقال از A به B را میتوانیم بصورت رابطه ماتریسی (۲) نشان دهیم

دراینجا می بینیم که عدسی زاویه اشعه راتغییر میدهد و در بعد آن تاثیری نمیگذارد.

حال فاصله L راکه در آن هیچگونه لنزی وجود ندارد و مابه آن فاصله drift میگوئیم ،

درنظر میگیریم :



شکـل (۲)

دراین حالت که اشعه فاصله drift , L را طی میکند ، رابطه ماتریسی بصورت زیر

است :

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ \theta_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & L \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ \theta_0 \end{bmatrix}$$

دراینجا میبینم که فاصله drift ، بعد اشعه راتغییر میدهد و تاثیری برروی زاویه ندارد

نتیجه : ماتریسهای مربوط به عمل عدسی (lens - action) و فاصله drift بصورت زیر هستند :

F = فاصله کانونی عدسی

ماتریس عدسی = $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f & 1 \end{bmatrix}$

ماتریس مربوط به فاصله drift به طول L = $\begin{bmatrix} 1 & L \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

*طبق تئوری لیووایل که میگوید مساحت فضای فازکنسرواتیواست ، دترمینان هردوماتریس برابر با ۱ میباشد.

حال با توسعه دادن ابزار ریاضی و مفاهیم فیزیکی میتوانیم سیستم های پیچیده تری را مطالعه کنیم .

بطور مثال . ماتریس انتقال (تبدیل) را برای سیستمی که شامل چندین المان اپتیکی (ازجمله عدسی) وچندین فاصله drift میباشد، درنظر میگیریم :

---

*کتاب the transport of charged particle Beams . Page 10