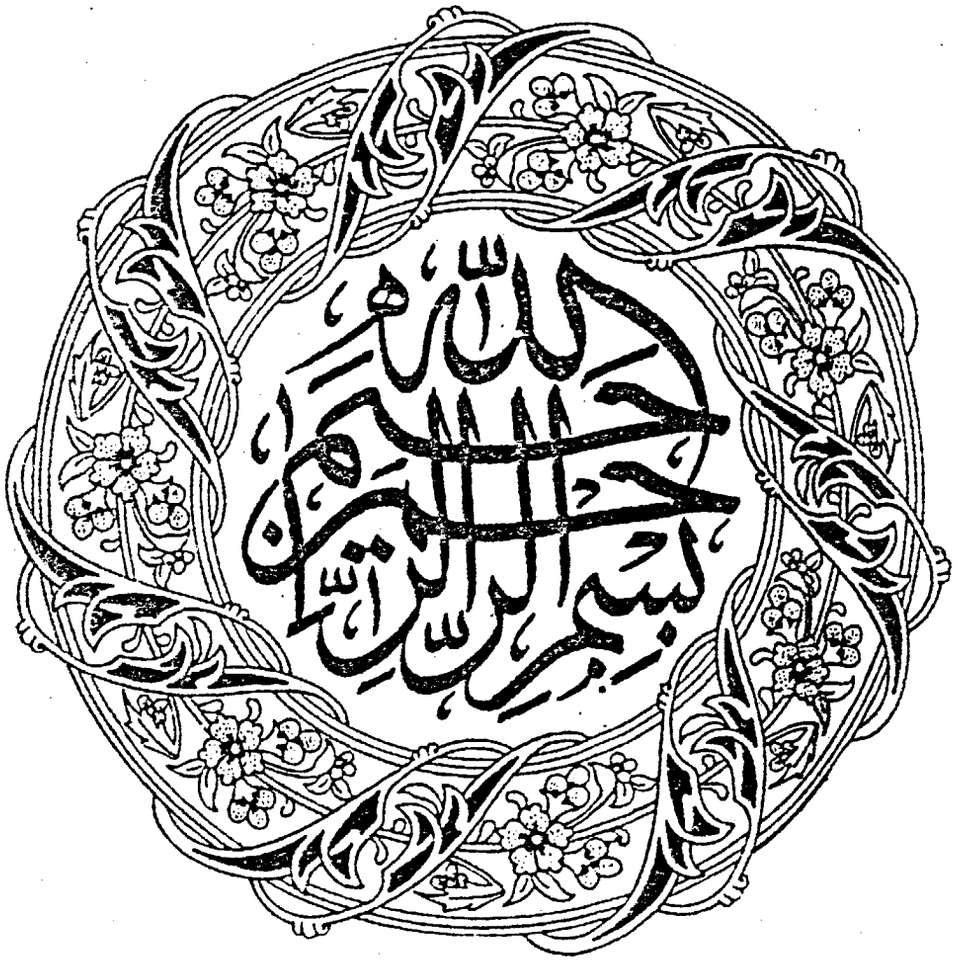


٢٧٤٤٣

۱۳۷۸ /۱۰/ ۱۶

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

دانشگاه ارومیه
دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه

جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته فیزیک

عنوان :

4643

بهره انرژی گداخت ساچمه‌های دوتریم - تریتیم با درصد متغیر تریتیم

استاد راهنما :
دکتر رسول خدابخش

نگارش :
محمد رضا کولیوند
تابستان ۱۳۷۸

۲۷۴۴۳

پایان نامه آقای محمدرضا کولیوند به تاریخ ۱۳۷۸/۷/۲۱

مورد پذیرش هیات محترم داوران با رتبه عالی و نمره ۲۰/~ قرارگرفت.

۱ - جناب آقای دکتر رسول خدابخش استاد راهنما و رئیس هیئت داوران

۲ - ــــــــــــــــــــ استاد مشاور

۳ - جناب آقای دکتر محمود مصلحی فرد داور خارجی

۴ - جناب آقای دکتر منوچهر شهریار افشار داور داخلی

۵ - جناب آقای دکتر حسن صدقی نماینده تحصیلات تکمیلی

تقدیم به :

پدر صبور و بزرگوارم

و

مادر فداکار و مهربانم

که جز به آرزوها و نیت پاک و مقدس آنان به هیچ نیندیشیدم و

نصیحتهایشان همواره روشنگر راه و زندگی ام بوده است.

قدر دانی و تشکر :

خداوندا مرا آن ده که آن به

سپاس خداوند متعال راکه به این حقیر لطف و عنایت فرمود تا این مقطع از تحصیل را نیز با موفقیت پشت سر بگذارم.

* بر خود لازم می‌دانم که سپاس و قدردانی خاص خود را به استاد گرانقدر جناب آقای دکتر رسول خدابخش بعنوان استاد راهنما که در تمامی مراحل انجام این تحقیق از همکاری و راهنمائیهای بسیار موثر و ارزنده ایشان برخوردار بودم، عرضه نمایم.

* از هیئت محترم ممتحنه که داوری این پایان نامه را تقبل نموده و از ارائه نظرات خویش دریغ نداشته‌اند، سپاسگزارم.

* از همه اساتیدی که در طول تحصیل از محضر مبارکشان علم و دانش کسب نموده‌ام، تشکر می‌نمایم.

* از دوست عزیزم جناب آقای مهندس بابک مالکی نیاکه مساعدتها و همفکریهای ایشان در پیشرفت کار موثر بوده است، بی نهایت سپاسگزارم.

* از برادر ارجمندم جناب آقای مهندس یداله کولیوند و پسرعموی بزرگوارم جناب آقای اسداله محمدی که با تشویقهاو راهنمائیهای سودمند شان، همواره پشتوانه گرم و محکمی در مراحل زندگی و تحصیل مخصوصا" مقاطع کارشناسی وکارشناسی ارشد اینجانب بوده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم.

* از پرسنل محترم مرکز کامپیوتر و کتابخانه مرکزی دانشگاه ارومیه بخاطر همکاری و مساعدتهایشان تشکر می‌نمایم.

محمد رضاکولیوند

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	۱
فصل اول: گداخت هسته‌ای	۲
مقدمه	۳
۱ـ۱ـ مشخصات همجوشی هسته‌ای	۴
۱ـ۱ـ۱ سدکولنی	۴
۱ـ۱ـ۲ـ واکنشهای گداخت با ایزوتوپهای هیدروژن	۷
۱ـ۱ـ۳ـ انرژی در واکنشهای گداخت	۹
۱ـ۲ـگداخت گرما هسته‌ای	۱۰
۱ـ۳ـ فرکانس پلاسما و طول دبای	۱۲
۱ـ۴ـ برخوردها	۱۶
۱ـ۵ـ اندرکنش لیزر ـ پلاسما	۱۹

فصل دوم: معادلات نیروی اثرگذار ۲۴

۲ـ۱ـ نیروی اثرگذار و معادله حرکت دو جریانی ۲۵

۲ـ۱ـ۱ـ فرود عمودی تابش ۳۱

۲ـ۱ـ۲ـ فرود مایل تابش ۳۵

۲ـ۱ـ۳ـ محاسبه چگالی ۳۸

۲ـ۲ـانتقال اندازه حرکت به لایه گذار ناهمگن ۳۹

۲ـ۳ـانتشار امواج الکترومغناطیسی در پلاسما ۴۳

۲ـ۴ـ تابش ترمزی معکوس ۴۵

فصل سوم: آثار غیر خطی نیروی اثرگذار ۵۰

آثار غیر خطی نیروی اثرگذار ۵۱

۳ـ۱ـخودکانونی کنندگی نورلیزر ۵۲

۳ـ۲ـ ناپایداریهای پارامتری ۵۴

فصل چهارم: محاسبات بهره انرژی جوش و گداخت حجمی *DT* با غلظتهای مختلف تریتیم ۶۳

۴-۱- بهره انرژی ۶۴

۴-۲- آهنگ واکنش و محاسبات بهره انرژی ۷۱

۴-۳- کسر مصرفی سوخت و غلظت تریتیم بکار رفته در سوخت *DT* ۷۴

۴-۴- توازن ذرات و محاسبه انرژی گداخت ۷۸

۴-۵- شرایط نگهداری گداخت میکرو ساچمه‌های *DT* ۸۰

۴-۶- نتایج ۸۲

ABSTRACT ۱۰۲

مراجع ۱۰۳

چکیده

ایمنی محیط زیست و ایمنی راکتور قدرت گداخت در محصور سازی لختی، دو مساله اساسی در طراحی چنین سیستمی است. آزمایشات مربوط به فشردگی ساچمه‌ها با لیزر در انجمن مهندسی لیزر (ILE) دانشگاه اوساکای ژاپن و رچستر (LIE) نشان میدهد که اگر تراکم حجمی ضربه آزاد تحت شرایط بی در روی ایده آل بکار رود، بالاترین بهره‌های انرژی بدست می آید. بنابراین، اینجا با استفاده از مدل گداخت حجمی، بستگی بهره انرژی گداخت به مقدار تریتیم بکار رفته در ساچمه DT محاسبه شده است.

با استفاده از مدل گداخت حجمی محصور سازی لختی، بستگی بهره انرژی گداخت به مقدار تریتیم برای ساچمه‌های مختلف محاسبه شده است. بعبارت دیگر، مقدار تریتیم را می توان بطور قابل توجهی کاهش داد بدون اینکه کاهش چندانی در بهره انرژی خروجی DT ایجاد شود. بعلاوه، ماکزیمم مقدار بهره انرژی گداخت با کاهش ۱۰٪ مقدار تریتیم در ساچمه DT در مقایسه با حالتی که دوتریم و تریتیم بطور مساوی بکار رفته‌اند، حاصل می‌شود.

فصل اول

گداخت هسته‌ای

مقدمه

مقدار انرژی دریافتی زمین از خورشید حدود Q ۵۰۰۰ در سال یا تقریباً ۲۵۰۰۰ برابر انرژی مورد نیاز برای مصارف صنعتی و خانگی است [۱]. یک Q معادل انرژی تولید شده از ۴۶۵۰۰ میلیون تن از زغال سنگ یا $۱/۰۵ \times ۱۰^{۲۱}$ می‌باشد. بطور طبیعی از این انرژی برای نگهداشتن دمای سطح زمین، رشد محصولات کشاورزی و ادامه حیات بهره برده می‌شود. اما تعجب آور است که مهار حتی کسر کوچکی از آن جهت مصارف صنعتی و خانگی امر مشکلی بوده است.

روشهای مختلفی برای بهره برداری از انرژی خورشید وجود دارد، یکی از این روشها قرار دادن دیگ بخار در نزدیکی کانون آینه‌های مقعر بزرگ و متمرکز کردن نور خورشید به منظور تولید بخار و الکتریسته است. میانگین شار گرمائی که به سطح زمین می‌رسد حدود ۲۰۰ وات در هر متر مربع است، در صورتیکه شار گرمائی تولید شده در مبدلهای حرارتی ۵۰ کیلو وات در هر متر مربع است [۱]. با توجه به چگالی پائین انرژی، جمع آوری مقدار قابل ملاحظه‌ای از انرژی خورشید، نیاز به سطح وسیعی دارد. بنابراین استفاده از آینه‌های مقعر با مساحت چندین هزار کیلومتر مربع نمی‌تواند ایده مناسبی باشد.

راه حل دیگر، ساخت نیروگاهی است که از انرژی با چگالی کم، تغذیه شود. هنگام ساخت یک نیروگاه باید میزان آهنگ تولید انرژی از نقطه نظر تکنولوژیکی از یک تجاوز کند یعنی انرژی تولید شده بیشتر از انرژی مصرف شده باشد. اگر قرار باشد یک سیستم بزرگ منبع قدرت، از طریق نیروگاه شکل گیرد، نه تنها یک نیروگاه بلکه نیروگاههای متوالی مورد نیاز است تا هر کدام انرژی لازم جهت ساخت دیگری را تأمین نماید، در نتیجه انرژی مصرفی افزایش خواهد یافت. آهنگ تولید انرژی فقط در صورتی از واحد بالاتر می‌رود که نیروگاه وسعت زیادی داشته باشد. بهمین دلیل انتخاب صرف منابع طبیعی انرژی با چگالی پائین در نیروگاههائی با قدرت بالا به هیچ وجه امکان‌پذیر نیست.

از آنجاکه تبدیل قسمت عمده انرژی خورشید و کنترل این منبع انرژی به اشکال گوناگون با مشکل روبرو بوده است، راه حل مناسب توجه به ساختار واکنشهای هسته‌ای در خورشید و ایجاد شبه خورشید هائی در زمین جهت بهره جستن از انرژی آن است. انرژی خورشید از جوش خوردن چهار هستهٔ هیدروژن برای تشکیل هلیوم بدست می‌آید و در طی هر واکنش انرژی زیادی آزاد می‌شود [۲]. تابش مداوم خورشید ناشی از این واکنش گداخت هسته‌ای است. اگر بتوان توسط گداخت حداقل $\frac{۱}{۲۵۰۰۰}$ انرژیی که از خورشید به زمین می‌رسد تولید نمود، بشر از بابت مصرف انرژی مشکلی نداشته، محیط زیست آلوده نخواهد شد. اما در کنار این ره آورد، همجوشی هسته‌ای مشکلات تکنیکی و پیچیده علمی زیادی در بر دارد که پیش از تحقق آن باید بر آنها غلبه یافت.

۱ - ۱ - مشخصات همجوشی هسته‌ای

۱ - ۱ - ۱ - سد کولنی

وقتی دو هسته طی یک واکنش هسته‌ای با هم ترکیب یا جوش می‌خورند، انرژی زیادی از این واکنش آزاد می‌شود، این فرایند همجوشی هسته‌ای نام دارد. همجوشی عمدتاً در اثر رقابت بین نیروهای هسته‌ای و کولنی در هسته‌های سبک صورت می‌گیرد.

انرژی بستگی کل تقریباً متناسب با A افزایش می‌یابد که A عدد جرمی است، در حالیکه انرژی دافعه کولنی متناسب با Z^2 افزایش می‌یابد که Z عدد اتمی است. برای ایجاد واکنشهای همجوشی باید بر دافعه کولنی غلبه کرد. نیروی دافعه کولنی بین دو ذره با بارهای $Z_۱e, Z_۲e$ عبارت است از :

$$F = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad (1-1)$$

که ε_0 نفوذپذیری خلاء است. انرژی پتانسیل U برای دو بار الکتریکی در فاصله r از یکدیگر بصورت زیر است

$$U = -\int_{\infty}^{r} \frac{Z_1 Z_2 e^2}{r^2} dr \qquad (1-2)$$

انرژی پتانسیل را در بی نهایت صفر می‌گیریم. سد کولنی ذرات به شعاع r_1 , r_2 در هنگام تماس سطحی عبارت است از:

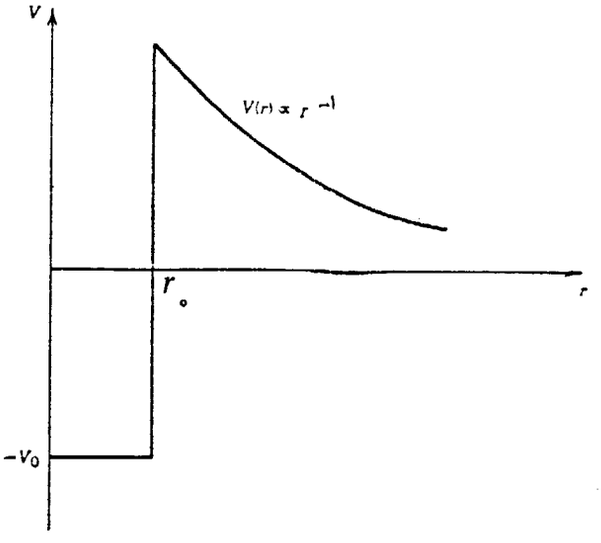
$$V_c = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Z_1 Z_2}{(r_1 + r_2)} \qquad (1-3)$$

این در واقع کمترین انرژی است که بتوان بر انرژی دافعه کولنی غلبه کرد. اگر پروتونی از بی نهایت به سوی هسته آورده شود، تغییرات پتانسیل $V(r)$ نسبت به r، فاصله بین هسته و پروتون مطابق شکل (۱ - ۱) خواهد بود. انرژی پتانسیل از بی نهایت تا $r_0 = (r_1 + r_2)$ باکاهش فاصله افزایش می‌یابد. برای $r > r_0$، نیروی دافعه کولنی حکمفرماست. برای $r < r_0$، نیروی جاذبه هسته‌ای به مراتب قویتر از نیروی دافعه کولنی اعمال می‌شود. در این فاصله انرژی پتانسیل ناشی از نیروی هسته‌ای بیشتر از انرژی پتانسیل ناشی از نیروی دافعه کولنی است. در شکل (۱ - ۱) علامت منفی در انرژی پتانسیل $-V_0$، حاکی از نیروی جاذبه بین نوکلئونهاست زیرا برای جدا ساختن آنها باید کار مثبت انجام بگیرد. محدودیت مهمی که سر راه واکنشهای همجوشی قرار دارد، سد کولنی است. بر اساس مکانیک کوانتمی نزدیک شدن یک هسته به هسته دیگر در محدوده r_0 از طریق نفوذ در سد پتانسیل آن ،که اثر تونل نامیده می‌شود، امکان پذیر خواهد بود. با توجه به پدیده تونل زنی، احتمال برای نفوذ از سد کولنی چنین خواهد بود [۴]:

$$|p_c|^2 = e^{-G} \qquad (1-4)$$

که در آن

$$G \simeq \frac{2\pi e^2}{\hbar} \frac{z_1 z_2}{V_r} \qquad (۵ - ۱)$$



شکل (۱ - ۱) : تغییرات پتانسیل $V(r)$ نسبت به r فاصله بین هسته و یک پروتون ، وقتی پروتون از فاصله بی نهایت دور به هسته واقع در O نزدیک می‌شود.

V_r معرف سرعت نسبی ذرات واکنشی است. در نتیجه احتمال همجوشی یک یون حتی با انرژی بسیار پائین با یون دیگر در هر لحظه‌ای وجود دارد. احتمال تحقق همجوشی با افزایش $Z_1 Z_2$ به سرعت کاهش می‌یابد. ایزوتوپهای هیدروژن کمترین مقدار ارتفاع سد را دارا هستند. این واقعیت که احتمال واکنش بین هسته ها با عامل زیر یعنی *[۴]*

$$e^{-2(z_1 z_2/\sqrt{E})} \qquad (٦ - ۱)$$

تضعیف می‌شود، ایجاب می‌کند که در انرژی‌های پایین و یا برای Z های بالاتر، چنین واکنشهایی نادر باشد. به همین دلیل است که برای ساختن راکتورهای گرما هسته‌ای تمام کوشش ها روی سوزاندن هیدروژن و ایزوتوپهای آن متمرکز است . زیرا واکنشهای شامل عناصر با Z بالاتر انرژیهای بسیار بالاتر ، یعنی، دماهای

بسیار بالاتری نیاز خواهند داشت و توام با مشکلات محصور سازی بیشتری است .

قبل از این که نیروهای هسته ای دو هسته بتوانند بر هم کنش انجام دهند باید هسته‌ها را به قدر کافی به یکدیگر نزدیک کنیم تا هسته‌ها بتوانند کاملاً همپوشی داشته باشند. یکی از روشهای غلبه بر سد کولنی، استفاده از شتابدهنده های ذرات باردار جهت دستیابی به انرژیهای در محدوده kev و Mev است [۳و۲].

روش دیگر، بالا بردن دمای گاز شامل ذرات واکنش کننده به سطح بسیار بالائی است تا انرژی گرمائی گاز بقدری زیاد شود که احتمال نزدیکی دو هسته به یکدیگر و برخوردشان قابل ملاحظه باشد. بخاطر استفاده از انرژی گرمائی برای غلبه بر سد کولنی که مانع همجوشی است، این فرایند را همجوشی گرما هسته‌ای [1] می‌نامند.

۱ - ۱ - ۲ - واکنشهای گداخت با ایزوتوپهای هیدروژن

امکان آزاد سازی مقادیر عظیم انرژی هسته‌ای با مقایسه بین جرم هسته‌های واکنش کننده و محصولات واکنش بیان می‌شود. فرض کنید دو هسته هیدروژن با دو نوترون ترکیب شوند و هسته هلیوم را تشکیل دهند. در این واکنش [۲]

$$۲\ {}^{1}_{1}H + ۲\ {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{4}_{2}He \qquad (۷ - ۱)$$

اختلاف جرم - انرژی با استفاده از جرمهای اتمی عبارت است از

$$\Delta m = ۲(۱/۰۰۷۸۲۵) + ۲(۱/۰۰۸۶۶۵) - ۴/۰۰۲۶۰۳$$

$$= ۰/۰۳۰۳۷۷\ amu$$

که مطابق با انرژی $E = \Delta mc^2 = ۲۸/۳\ Mev$ می‌باشد. چهار هسته هیدروژن با هم ترکیب می‌شوند و تشکیل

1- thermonuclear