

بسم الله الرحمن الرحيم



انستگاه پدافند هوایی خاتم الانبياء (ص)

مقدمه‌ای بر هجوشی هسته‌ای به روش مکصور سازی لختی

تألیف:

مهدی نظیرزاده

سال انتشار: ۱۳۹۶

سرشناسه	: میرزاده، مهدی، ۱۳۵۹-
نویسنده و نام پدیدآور	: مقدمه‌ای بر همجوشی هسته‌ای به روش محصورسازی لختی / تألیف مهدی نظیرزاده.
مشخصات نشر	: تهران: پژوهش پارسی، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۱۷۹ ص. مصور: مصور (رنگی)، جدول (بخشی رنگی)، نمودار (رنگی).
شابک	: ۹۶۹۹۷-۸-۰-۹۷۸-۶۰۰-۲۵۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: داخت هسته‌ای کنترل شده
موضوع	: Controlled fusion :
موضوع	: محصورسازی پلاسما
موضوع	: Plasma confinement :
موضوع	: اکتورهای گداخت
موضوع	: Fusion reactors :
رده‌بندی کنگره	: ۳۹۶ م ۷ ع ۳ / ۷۳ / ۷۹۱ QC
رده‌بندی دیویی	: ۶۰۴ / ۶۰۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۶۸۱۰۰۳



ناشر	: انتشارات پژوهش پارسی
شابک	: ۹۶۹۹۷-۸-۰-۹۷۸-۶۰۰
ویراستار علمی تخصصی	: سید تقی محمدی بنهی
ویراستار ادبی	: سید تقی محمدی بنهی
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۶
تایپ و صفحه‌آرایی	: مهدی نظیرزاده
تعداد صفحه	: ۱۷۹ صفحه
تیراژ	: ۱۰۰۰ عدد
قیمت	: ۲۵۰۰۰ تومان

هر گونه تکثیر یا اسکن یا کپی‌برداری از تمام یا بخش از این کتاب حتی با ذکر منبع، بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. هیچ فرد حقیقی یا حقوقی اجازه‌ی تولید و انتشار لوح یا مجموعه‌ی آموزشی از این اثر را به هر نحو ندارد.

ج	فهرست مطالب
۱	پیشگفتار
۳	فصل اول: نیاز بشر به انرژی
۳	۱-۱ مقدمه
۵	۲-۱ سوخت‌های فسیلی
۸	۳-۱ انرژی شکافت هسته‌ای
۱۰	۴-۱ انرژی برق آبی
۱۱	۵-۱ انرژی باد
۱۳	۶-۱ انرژی خورشیدی
۱۴	۷-۱ انرژی همجواری هسته‌ای
۱۸	۸-۱ خلاصه
۱۹	فصل دوم: واکنش‌های همجواری هسته‌ای
۱۹	۱-۲ مقدمه
۱۹	۲-۲ واکنش‌های هسته‌ای در مقابل واکنش‌های شیمیایی
۲۵	۳-۲ انرژی هسته‌ای به روش شکافت
۲۴	۴-۲ انرژی هسته‌ای از طریق همجواری
۲۴	۱-۴-۲ واکنش‌های هسته‌ای نوترون با عناصر سبک
۲۶	۲-۴-۲ واکنش‌های همجواری عناصر سبک
۲۷	۱-۲-۴-۲ واکنش D-D
۲۷	۲-۲-۴-۲ واکنش $D-He^3$
۲۸	۳-۲-۴-۲ واکنش D-T
۲۹	۳-۴-۲ پارش انرژی در واکنش‌های همجواری
۳۰	۵-۲ انرژی بستگی هسته‌ای
۳۱	۱-۵-۲ منحنی انرژی بستگی
۳۲	۲-۵-۲ شکل منحنی انرژی بستگی
۳۷	۶-۲ خلاصه

فصل سوم: توان همجوشی هسته‌ای.....	۳۹
۱-۳ مقدمه.....	۳۹
۲-۳ مفاهیم پایه در واکنش‌های هسته‌ای.....	۳۹
۱-۲-۳ سطح مقطع.....	۴۰
۲-۲-۳ پویش آزاد میانگین.....	۴۱
۳-۲-۳ بسامد برخورد.....	۴۲
۳-۳ آهنگ واکنش.....	۴۴
۳-۳-۱ آهنگ واکنش کره سخت.....	۴۴
۳-۳-۲ آهنگ واکنش تعمیم داده شده به سرعت‌های چندگانه.....	۴۵
۳-۳-۳-۱ تاب توزیع.....	۴۵
۳-۳-۳-۲ ولیم تعمیم آهنگ واکنش.....	۴۶
۳-۳-۳-۳ ویم تعمیم آهنگ واکنش.....	۴۷
۴-۳ توابع توزیع، سطح مقطع‌ها، همجوشی و چگالی توان همجوشی.....	۵۰
۱-۴-۳ توابع توزیع.....	۵۰
۲-۴-۳ سطح مقطع همجوشی و چگالی توان.....	۵۰
۱-۲-۴-۳ سطح مقطع کره سخت.....	۵۱
۲-۲-۴-۳ سطح مقطع کلاسیکی.....	۵۱
۳-۲-۴-۳ تأثیرات مکانیک کوانتومی هسته‌ای.....	۵۳
۵-۳ سازوکارهای هدر رفت انرژی از سیستم گداخت.....	۵۷
۱-۵-۳ هدر رفت یونی.....	۵۷
۲-۵-۳ هدر رفت الکترونی.....	۵۷
۱-۲-۵-۳ بررسی اجمالی هدر رفت‌های تابشی.....	۵۷
۲-۲-۵-۳ محاسبه W، انرژی هدر رفت به ازای یک ذره در برخورد.....	۵۸
۳-۲-۵-۳ محاسبه S _B ، چگالی توان تابش ترمزی.....	۶۰
۴-۲-۵-۳ توان پراکندگی کامپتون.....	۶۲
۵-۲-۵-۳ هدایت حرارتی الکترون.....	۶۳
۶-۳ خلاصه.....	۶۳

فصل چهارم: همجوشی به روش محصورسازی لختی.....	۶۵
۴-۱ محصورسازی لختی، راهی برای دستیابی به فرایند همجوشی هسته‌ای....	۶۵
۴-۲ معیار لاوسون.....	۷۲
۴-۳ شاخص کارآمدی همجوشی به روش محصورشدگی لختی.....	۷۳
۴-۳-۱ معیار ρR	۷۳
۴-۳-۲ رابطه بین معیار ρR و معیار $n\tau$	۷۶
۴-۳-۳ اثرات کاهش سوخت.....	۷۷
۴-۳-۴؟ اندیدهای ممکن برای سوخت ICF.....	۷۸
۴-۴ تحلیل ساده در مورد محرک‌های ICF.....	۸۰
۴-۵ سناریوی همجوشی به روش محصورسازی لختی.....	۸۲
۴-۶ بهره‌موردنر برای هدف.....	۸۷
۴-۷ فیزیک سوختن هم‌رشی محصورشدگی لختی.....	۹۱
۴-۷-۱ فشرده‌سازی.....	۹۱
۴-۷-۲ خودگرمایشی پلاسمای سوخت.....	۹۶
۴-۷-۳ انتشار احتراق گرماهد.....	۹۸
فصل پنجم: مدل چهار دمایی در پلاسمای همجوشی و محاسبه پارامتر.....	۱۰۳
۵-۱ مقدمه.....	۱۰۳
۵-۲ معادلات احتراق.....	۱۰۵
۵-۲-۱ معادلات تحول دمای یون‌ها و الکترون‌ها.....	۱۰۵
۵-۲-۲ سرعت انبساط ناحیه احتراق U_{max}	۱۰۷
۵-۳ توزیع انرژی بوز-انیشترین برای فوتون‌ها.....	۱۱۱
۵-۳-۱ چگالش بوز-انیشتینی فوتون‌ها.....	۱۱۲
۵-۳-۲ رقیق‌شدگی.....	۱۱۴
۵-۴ عملگرهای برخوردی فوتونی.....	۱۱۴
۵-۵ معادلات انتقال.....	۱۱۶
۵-۶ چگالی توان تابش شده از الکترون‌ها به فوتون‌ها.....	۱۱۷
۵-۷ تولید فوتون‌ها از طریق تابش ترمزی: بسامد گذار (قطع).....	۱۱۹

۸-۵	معادلات تحول دمای تابش و فوتون ها	۱۲۱
۹-۵	آهنگ خالص آزاد شدن انرژی	۱۲۲
۱۰-۵	محاسبات عددی مدل چهار دمایی	۱۲۴
۱۱-۵	اثر پراکندگی کامپتون نسبیتی در فرایند احتراق سوخت گرما هسته ای	۱۲۸
۱-۱۱-۵	تصحیح نسبیتی پراکندگی کامپتون	۱۳۰
۱۲-۵	نتیجه گیری	۱۳۶
فصل د ششم:	راه اندازهای همجوشی محصورشدگی لختی	۱۳۹
۱-۶	مقدمه	۱۳۹
۲-۶	مشخصات راه اندازهای همجوشی هسته ای	۱۴۰
۳-۶	انواع راه اندازهای همجوشی محصورشدگی لختی	۱۴۱
۱-۳-۶	راه اندازهای لایه ای	۱۴۲
۲-۳-۶	راه اندازهای یونی	۱۴۴
۳-۳-۶	راه اندازهای لایه ای	۱۴۸
۴-۳-۶	راه انداز تنگش Z	۱۵۰
۴-۶	روش های راه اندازی همجوشی محصورشدگی لختی (اینرسی)	۱۵۱
۱-۴-۶	ناپایداری ها در ICF	۱۵۳
۱-۴-۶	اغتشاشات ظاهری (۳)	۱۵۴
۲-۴-۶	ناپایداری رایلی - تیلور	۱۵۵
۵-۶	احتراق سریع	۱۵۷
۱-۵-۶	احتراق سریع الکترونی	۱۶۰
۲-۵-۶	احتراق سریع یونی	۱۶۲
۱-۲-۵-۶	شتاب عمودی از حفاظ هدف (TNSA)	۱۶۳
۲-۲-۵-۶	شتاب پاندروموتیو پوسته - لایه (SLPA)	۱۶۴
پیوست		۱۶۷
منابع مراجعه		۱۷۱

پیشگفتار

در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های بزرگی در زمینه درک علمی پلاسماهای همجوشی و تولید توان همجوشی در آزمایشگاه‌های پیشرفته جهانی فراهم شده است. امروزه در خصوص امکان تولید انرژی از طریق فرآیند همجوشی هسته‌ای، کوچک‌ترین تردیدی وجود ندارد، اما چالش اصلی آن عملی نمودن و غلبه بر چالش‌های علمی و فناوریانه است. در نتیجه پیشرفت‌های بزرگ، اکنون فرصت‌های بزرگی برای سرمایه‌گذاری در انرژی همجوشی مغناطیسی، انرژی همجوشی لختی، بهینه کردن این سیستم‌ها فراهم شده به‌طوری که رسیدن به یک منبع پاک، جذاب و جدید انرژی در دهه‌های آینده دور از دسترس نخواهد بود. خطر رو به افزایش کمبود و به اتمام رسیدن منابع انرژی در کنار اثرات زیست‌محیطی فاجعه‌آمیز ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، از دلایل منطقی پیگیری و به سرانجام رساندن این فرصت‌هاست.

در فصل اول این کتاب منابع مختلف تولید انرژی اتمی از سوخت‌های فسیلی، انرژی هیدروالکتریکی، انرژی باد، انرژی خورشیدی، انرژی هسته‌ای و سهم آن‌ها در تأمین انرژی روزانه جهان و مزایا و معایب آن‌ها بحث می‌شود. سپس به تشریح انرژی همجوشی هسته‌ای به عنوان راه‌حل نهایی در تأمین انرژی بشر و مزایا استفاده از آن و همچنین عواملی که تاکنون مانع از تحقق آن شده است، می‌پردازیم. در فصل دوم ابتدا به مقایسه واکنش‌های شیمیایی (که در سوختن سوخت‌های فسیلی رخ می‌دهند) با واکنش‌های هسته‌ای که به تولید انرژی در شکافت و همجوشی هسته‌ای می‌انجامند می‌پردازیم و بعد مهم‌ترین واکنش‌های همجوشی بررسی می‌شوند. در فصل سوم، محاسبات مربوط به توان همجوشی هسته‌ای تشریح می‌گردند که برای این کار، نیاز به معرفی چند کمیت میکروسکوپی مانند سطح مقطع، پویایی ایزوتوپ و بسامد برخورد است. در ادامه، مفهوم آهنگ واکنش توضیح داده می‌شود و توان هدر رفتی ناشی از تابش محاسبه می‌شود. در فصل چهارم، بر موضوع همجوشی به روش محصورسازی لختی و مفاهیم آن تمرکز می‌کنیم و در فصل پنجم، مدل چهار دمایی در احتراق گرما هسته‌ای در یک پلاسمای غیر متعادل و در محیطی همگن، به روش محصورسازی لختی تشریح می‌شود که در آن، توزیع انرژی فوتون‌ها از دیدگاهی متفاوت بررسی شده است. در این کتاب، به دنبال یافتن شرایط بهینه برای شروع احتراق گرما هسته‌ای و تداوم آن به صورت خود نگه‌دار هستیم. برای این منظور،

پارامتر بحرانی احتراق برای یک سوخت هم مولار دوتریوم-تری‌تیوم را محاسبه نموده و نتایج به دست آمده از آن را با مدل سه دمایی مقایسه کردیم. سپس در اثرات نسبیتی پراکندگی کامپتون در معادلات توازن انرژی الکترون‌ها و در کل فرآیند احتراق بررسی نموده و پارامتر بحرانی احتراق برای سوخت دوتریوم خالص در دو حالت نسبیتی و غیر نسبیتی محاسبه شده و نتایج آن‌ها را با یکدیگر مقایسه نمودیم. سرانجام در فصل ششم، مشخصات راه‌اندازهای هسته‌ای و معایب و مزایای هر کدام مورد بررسی قرار گرفتند. امید است کتاب حاضر علی‌رغم تمامی کاستی‌ها و نواقص، برای دانشجویان و دانش‌پژوهان مثمر ثمر واقع گردد.

www.ketab.ir