

۱۵ ۳۵۱۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اصول و مبانی انرژی گدازخت هسته ای

A-PDF

Watermark

عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دکتر افشین رومی

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی

پاییز ۱۳۹۴

سرشناسه	حبیبی، مرتضی، ۱۳۵۷ -
عنوان و نام پدیدآور	اصول و مبانی انرژی گداخت هسته‌ای/ تألیف مرتضی حبیبی، افشین رومی.
مشخصات نشر	تهران : دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	۳۱۴ص. : مصور، نمودار.
شابک	978-964-463-610-3 :
وضعیت فهرست نویسی	فیا :
موضوع	گداخت هسته‌ای :
موضوع	انرژی اتمی :
شناسه افزوده	رومی، افشین، ۱۳۵۳ -
شناسه افزوده	دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
رده بندی کنگره	۱۳۹۴ الف ۶ ج ۲/ QC۷۹۱
رده بندی دیویی	۵۳۹/۷۶۴ :
شماره کتابشناسی ملی	۳۹۵۶۳۹۵ :



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۷ شورای چاپ و نشر
دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.

عنوان کتاب	اصول و مبانی انرژی گداخت هسته‌ای :
تدوین	دکتر مرتضی حبیبی - دکتر افشین رومی :
ناشر	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	: پاییز ۱۳۹۴
تیراژ	: ۳۰۰ نسخه
قیمت	: ۱۹۰۰۰ تومان
شابک	تلفن مرکز پخش : ۶۶۴۹۸۸۶۸
	ISBN : 978-964-463-610-3
	۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۶۱۰-۳ :

آدرس: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این کتاب برای جلوگیری از انتشار غیر مجاز رمزگذاری شده است.

فهرست

عنوان

صفحه

I.....	پیشگفتار
۱.....	فصل اول: اصول حرکت ذرات باردار در پلاسما
۱-۱.....	۱-۱- مبانی پلاسما
۲.....	۲-۱- پلاسما، سیالی شبه خنثی
۳.....	۳-۱- توصیف فیزیکی حفاظدبای
۵.....	۴-۱- فرکانس پلاسما و سرعت آکوستیکی
۵.....	۵-۱- حرکت ذره‌ی باردار در حضور میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی
۶.....	۶-۱- حرکت در یک میدان مغناطیسی (B) یکنواخت: حرکت چرخشی
۱۰.....	۷-۱- $E \times B$ سوق
۱۴.....	۸-۱- حرکت ذره در میدان‌های مغناطیسی غیر یکنواخت
۱۴.....	۹-۱- سوق گرادیان میدان مغناطیسی
۱۶.....	۱۰-۱- سوق انحنا
۱۹.....	۱۱-۱- ناوردایی بی‌درروی گشتاور مغناطیسی
۲۲.....	۱۲-۱- محصور سازی پلاسما توسط آینه‌های مغناطیسی
۲۳.....	۱۳-۱- حرکت ذره در میدان‌های الکتریکی متغیر با زمان
۲۳.....	۱۴-۱- سوق قطبش: میدان الکتریکی E با تغییر امپدانس
۲۵.....	۱۵-۱- حرکت ذره در میدان B ثابت و میدان‌های E اختیاری
۲۸.....	منابع
۲۹.....	فصل دوم: نظریه‌های جنبشی و سیالی پلاسما
۲۹.....	۱-۲- مقدمه
۳۰.....	۲-۲- مقایسه‌ی خواص گازها و پلاسما
۳۲.....	۳-۲- تابع توزیع سرعت
۳۳.....	۴-۲- معادله‌ی بولتزمن
۳۶.....	۵-۲- تابع توزیع ماکسول بولتزمن

۳۷	۲-۵-۱- چگالی ذرات
۳۷	۲-۵-۲- دما
۳۸	۲-۵-۳- درجه‌ی یونیزاسیون و معادله‌ی ساها
۳۹	۲-۶- معادله‌ی ولاسو
۴۱	۲-۷- معادله‌ی پیوستگی
۴۲	۲-۸- معادله‌ی انتقال تکانه
۴۴	۲-۹- معادله‌ی انتقال انرژی
۴۵	۲-۱۰- معادلات ماکروسکوپیک
۴۶	۲-۱۱- معادلات مدل دو سیالی و تک سیالی پلاسما
۵۱	منابع
۵۳	فصل سوم: مبانی گداخت هسته‌ای
۵۳	۳-۱- گداخت هسته‌ای
۵۵	۳-۲- واکنش‌های هسته‌ای
۶۱	۳-۳- انرژی گداخت هسته‌ای در خورک‌دهنده
۶۲	۳-۴- گداخت هسته‌ای بر روی زمین
۶۶	۳-۵- شرایط وقوع گداخت هسته‌ای
۷۱	۳-۶- واکنش‌های زنجیره‌ای گداخت
۷۶	۳-۷- توازن توان
۷۷	۳-۸- گداخت توسط محصورسازی مغناطیسی
۷۷	۳-۹- گداخت توسط محصورسازی لخت
۷۹	۳-۱۰- توسعه‌ی یک نیروگاه گداخت
۷۹	۳-۱۱- گداخت کاتالیزور میونی
۸۱	منابع
۸۳	فصل چهارم: فیزیک و مهندسی راکتورهای گداخت مغناطیسی
۸۳	۴-۱- ویژگی‌های راکتور کلی
۸۳	۴-۱-۱- پیکربندی راکتور متداول
۸۵	۴-۱-۲- واکنش‌های گداخت هسته‌ای و چرخه‌ی سوخت
۸۹	۴-۱-۳- توازن توان پلاسما
۹۵	۴-۱-۴- مشخصات عمومی راکتور
۱۰۲	۴-۲- قیده‌ای فیزیک پلاسما و مهندسی توکامک

- ۱۰۳..... ۱-۲-۴- محصورسازی
- ۱۰۳..... ۲-۲-۴- حد چگالی
- ۱۰۴..... ۳-۲-۴- حد بتا
- ۱۰۵..... ۴-۲-۴- حد پایداری کینک
- ۱۰۵..... ۵-۲-۴- استارتاپ القایی
- ۱۰۶..... ۶-۲-۴- محرک جریان غيرالقایی
- ۱۰۷..... ۷-۲-۴- جریان خود راه انداز
- ۱۰۷..... ۸-۲-۴- مغناطیس های میدان چنبره‌ای
- ۱۰۹..... ۹-۲-۴- پوشش بارور و لایه‌ی محافظ
- ۱۰۹..... ۱۰-۲-۴- شار گرمایی بخش‌های در مواجهه با پلاسما
- ۱۰۹..... ۱۰-۲-۴- شار گرمایی
- ۱۱۰..... ۲-۱۰-۲-۴- حدهای تنش
- ۱۱۱..... ۳-۱۰-۲-۴- حد دما
- ۱۱۱..... ۴-۱۰-۲-۴- حد خمشی
- ۱۱۱..... ۵-۱۰-۲-۴- حد شار گرمایی
- ۱۱۲..... ۱۱-۲-۴- آسیب تابشی به اجزای در مواجهه با پلاسما
- ۱۱۳..... ۳-۴- برنامه‌ی بین‌المللی توکامک
- ۱۱۶..... ۱-۳-۴- توکامک پیشرفته
- ۱۱۷..... ۴-۴- بتا و قیدهای بخش حرارتی
- ۱۱۸..... ۵-۴- فیزیک ذرات ألفا
- ۱۲۳..... ۶-۴- ناخالصی‌ها، محدود کننده‌ها و منحرف کننده‌ها
- ۱۲۴..... ۱-۶-۴- برهم کنش‌های پلاسما-دیواره
- ۱۲۷..... ۲-۶-۴- محدود کننده‌ها
- ۱۳۰..... ۳-۶-۴- منحرف کننده‌ها
- ۱۳۵..... ۷-۴- گرمایش کمکی
- ۱۳۸..... ۱-۷-۴- تزریق باریکه‌ی خنثی
- ۱۳۹..... ۲-۷-۴- گرمایش رادیوفراکانسی (RF)
- ۱۳۹..... ۱-۲-۷-۴- جذب
- ۱۴۰..... ۲-۲-۷-۴- تزویج مؤثر
- ۱۴۰..... ۳-۲-۷-۴- بازه‌ی فرکانس سیکلوترونی الکترون
- ۱۴۰..... ۴-۲-۷-۴- محدوده‌ی فرکانس هیبرید پایین‌تر

۱۴۱	۴-۷-۲-۵- بازه‌ی فرکانس سیکلوترونی یون
۱۴۲	۴-۷-۲-۶- تراکم بی‌دررو
۱۴۲	۴-۸- سوخت
۱۴۴	منابع
۱۴۹	فصل پنجم: اصول طراحی مفهومی توکامک
۱۴۹	۵-۱- اجزای کلی یک راکتور گداخت مغناطیسی
۱۵۲	۵-۲- توازن توان در توکامک
۱۵۶	۵-۳- حالت اشتعال ایده‌آل
۱۵۷	۵-۴- حالت اشتعال
۱۶۰	۵-۵- توازن توان در یک راکتور
۱۶۵	۵-۶- اهداف و قیدهای طراحی توکامک
۱۶۹	۵-۷- تعیین ضخامت پوشش بارور و سپر حفاظتی
۱۷۳	۵-۸- تعیین شعاع پلاسما و ضخامت پیچ‌های مغناطیسی
۱۷۹	۵-۹- شعاع اصلی و حجم و سطح پلاسما
۱۸۰	۵-۱۰- چگالی توان و فشار پلاسما
۱۸۱	۵-۱۱- کمیت‌های فیزیک پلاسما β و τ_E
۱۸۴	منابع
۱۸۵	فصل ششم: دستگاه‌های گداخت آینده و چالش‌های توکامک
۱۸۵	بخش نخست: دستگاه‌های گداخت آینده
۱۸۵	۶-۱-۱- چرخه‌های سوخت پیشرفته
۱۸۸	۶-۱-۲- استلاراتورها
۱۸۹	۶-۱-۳- استلاراتور وندلستین
۱۹۱	۶-۱-۴- دستگاه مارپیچی بزرگ
۱۹۳	۶-۱-۵- مفید بودن عدم تقارن محوری
۱۹۳	۶-۱-۶- استلاراتورهای فشرده
۱۹۵	۶-۱-۷- توکامک‌های کروی
۲۰۰	۶-۱-۸- اسفرمک‌ها
۲۰۱	بخش دوم: چالش‌های مربوط به ساختار توکامک
۲۰۱	۶-۲-۱- دیواره‌ی اولیه
۲۰۵	۶-۲-۲- منحرف کننده

۲۰۸.....	۳-۲-۶- پوشش بارور و زایش تریتم.....
۲۰۹.....	۴-۲-۶- نقش لیتیم.....
۲۱۱.....	۵-۲-۶- طراحی های پوشش بارور.....
۲۱۶.....	۶-۲-۶- مدیریت و زایش تریتم.....
۲۱۷.....	۷-۲-۶- مبانی تریتم.....
۲۱۸.....	۸-۲-۶- چرخه ی سوخت تریتم.....
۲۱۹.....	۹-۲-۶- مغناطیس های ابررسانا.....
۲۲۲.....	۱۰-۲-۶- تامین هلیوم.....
۲۲۲.....	۱۱-۲-۶- گرمایش پلاسما و محرک جریان.....
۲۲۵.....	منابع.....
۲۲۹.....	فصل هفتم: فیزیک و مهندسی پلاسمای پینچ
۲۲۹.....	۱-۷- معادله ی تعادل پینچ و سیستم پینچ Z.....
۲۳۳.....	۲-۷- جریان پینچ - راجینسکی.....
۲۳۴.....	۳-۷- پایداری MHD ایده آل در سیستم پینچ Z.....
۲۳۸.....	۴-۷- سیستم پینچ معکوس.....
۲۳۸.....	۵-۷- سیستم پینچ بتا.....
۲۴۰.....	۶-۷- سیستم پینچ X.....
۲۴۱.....	۷-۷- دستگاه پلاسمای کانونی.....
۲۴۱.....	۱-۷-۷- مقدمه.....
۲۴۲.....	۲-۷-۷- دینامیک پلاسمای کانونی.....
۲۴۲.....	۱-۲-۷-۷- فاز شکست الکتریکی.....
۲۴۳.....	۲-۲-۷-۷- فاز تابش گرمایی محوری لایه ی جریان پلاسمای.....
۲۴۵.....	۳-۲-۷-۷- فاز تراکم شعاعی لایه ی جریان.....
۲۴۸.....	۳-۷-۷- فرمولبندی پلاسمای کانونی.....
۲۶۳.....	۴-۷-۷- انرژی و دما در پلاسمای کانونی.....
۲۶۵.....	۵-۷-۷- کاربردهای دستگاه پلاسمای کانونی.....
۲۶۶.....	منابع.....
۲۶۷.....	فصل هشتم: فیزیک و مهندسی گداخت لختی
۲۶۷.....	۱-۸- مقدمه.....
۲۷۰.....	۲-۸- کسر سوخت گداخت گرما هسته ای.....

۲۷۲.....	۳-۸- انفجار قرص سوخت گداخت لختی.....
۲۷۵.....	۴-۸- شرایط محرک‌های نیروگاه گداخت لختی.....
۲۸۲.....	۵-۸- ساخت و جاگذاری قرص سوخت.....
۲۹۴.....	۶-۸- زایش تریتم برای راکتورهای گداخت لختی.....
۲۹۷.....	۷-۸- دستگاه‌های راکتور گداخت لختی.....
۳۱۱.....	منابع.....
۳۱۳.....	نمایه.....



A-PDF

Watermark

پیشگفتار

امروزه با تحقیقات وسیعی که در سراسر جهان در زمینه‌ی فیزیک و فن‌آوری گداخت هسته‌ای در حال انجام است، چشم‌انداز مطلوبی برای رفع چالش‌ها و دستیابی به نیروگاه گداخت هسته‌ای که از جنبه‌ی اقتصادی قابل رقابت با سایر مولدهای کلان انرژی باشد، فراهم شده است. هرچند گزینه‌های متنوعی از پیل سوختی تا سلولهای خورشیدی سال‌هاست که در دست مطالعه قرار دارند، ولی هر یک از این منابع، از چالش‌های عظیمی برخوردارند. البته فن‌آوری گداخت هسته‌ای نیز در حال حاضر با چالش‌هایی اساسی مواجه است، ولی تولید انرژی پاک، قابلیت احداث نیروگاه‌های برق گداخت در توان‌های بالا و به ویژه، در اختیار داشتن منابع انرژی تقریباً بی‌پایان آن را به عنوان گزینه‌ی نهایی و مطلوب تولید انرژی الکتریسیته در آینده‌ای نه چندان دور مطرح کرده است. هر ستاره‌ی آسمان، یک راکتور گداخت هسته‌ای است و این نیروهای عظیم گرانشی ستارگان هستند که بر نیروی دافعه‌ی کولنی بین هسته‌های سنگین غلبه کرده آنها را به هم پیوند داده و انرژی عظیمی آزاد می‌کنند. نخستین چالش گداخت بر روی زمین، نیروی ضعیف گرانشی است که می‌بایست آن را با نیروی قدرتمندتری جایگزین کنیم. استفاده از میدان‌الکترومغناطیسی در ساختارهایی نظیر توکامک به عنوان نیروگاه گداخت مغناطیسی و استفاده از باریکه‌های پلازمایی لیزر و یون در قالب نیروگاه گداخت لختی از مهم‌ترین تلاش‌های دانشمندان برای مهار و کنترل‌پذیری فرایندهای به شدت ناپایدار گداخت هسته‌ای بر روی زمین بوده‌اند. در کنار این دو محور اصلی، تحقیقات متنوعی برای معرفی ساختارهای جایگزین گداخت نظیر دستگاه‌های پینچ پلاسما و ... صورت گرفته است که امروزه، هر چند بسیاری از آنها از گردونه‌ی رقابت خارج شده‌اند، ولی به دلیل کاربردهای مختلف دیگرشان مورد توجه قرار دارند. در کتاب حاضر سعی شده است تا در کنار شرح مبسوط گداخت هسته‌ای، ساختارهای متنوع و چالش‌های کنونی مرتبط با صنعت گداخت مورد بحث و بررسی قرار گیرد. بدین منظور از منابع و مقالات مرجع متعددی در بخش‌های گسترده‌ای نظیر توکامک‌ها، استلاراتورها، ساختارهای پینچ پلاسما، گداخت لختی، چالش‌های مدیریت سوخت گداخت، فرایندهای تبدیل انرژی گداخت و بازیافت تربیتیم، سوخت‌های پیشرفته، اثرات برهم‌کنش پلاسما و تابش‌های مختلف بر روی دیواره و ... استفاده شده است. با عنایت به علاقه‌مندی دانشجویان و محققین کشور به حوزه‌ی گداخت هسته‌ای و کمبود منابع فارسی روزآمد که به محورهای اصلی گداخت هسته‌ای در قالب یک کتاب آموزشی کم‌حجم و مفید بپردازد، امید است کتاب حاضر نقشی سازنده را در این مسیر ایفا نماید.

مرتضی حبیبی - افشین رومی