

مبانی تکنولوژی

انرژی هسته‌ای یا انرژی پاک

مؤلف : Markus Borlein

مترجم : مهندس حسین بیرانوند

سرشناسه	: بورلین مارکوس، Borlein markus
عنوان و نام پدیدآور	: مبانی تکنولوژی انرژی هسته‌ای یا انرژی پاک / مترجم حسین بیرانوند.
مشخصات نشر	: تهران : دایره صنعت : طراح، ۱۳۸۸.
مشخصات ظاهری	: ۲۶۰ ص.
شابک	: 978-600-5484-27-4
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: عنوان اصلی : Kerntechnik Grundlagen
موضوع	: مهندسی هسته‌ای - انرژی اتمی
شناسه افزوده	: بیرانوند، حسین، ۱۳۴۵-
رده بندی کنگره	: ۱۳۸۹ م ۲ ب ۹ / TK ۹۱۴۵
رده بندی دیوی	: ۶۲۱/۴۸
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۹۷۹۲۳۹

کپی و تکثیر کتب نشر طراح و دایره صنعت در هر نوع ممکن ممنوع است. استفاده و درج قسمتهایی از کتاب در کتب، سررسیدها، کاتالوگهای تبلیغاتی و ... فقط با مجوز کتبی انتشارات امکانپذیر است.

هر گونه تخلف، پیگرد قانونی دارد. 

شابک ۹۷۸-۶۰۰-۵۴۸۴-۲۷-۴

ISBN 978-600-5484-27-4

• نام کتاب	: مبانی تکنولوژی انرژی هسته‌ای یا انرژی پاک
• مؤلف	: Markus Borlein
• مترجم	: مهندس حسین بیرانوند
• صفحه‌آرا	: فاطمه یوزباشی
• ناشر	: دایره صنعت (با همکاری نشر طراح)
• تیراژ	: ۱۰۰۰ جلد
• نوبت چاپ	: اول، بهار ۱۳۸۹
• قیمت	: ۶۰۰۰۰ ریال

کلیه حقوق برای نشر دایره صنعت محفوظ است.

پیشگفتار هـ-ولف

شاهد آن هستیم نتیجه مصرف سوختهای فسیلی و افزایش تولید CO_2 در جو زمین است.

وجود یا عدم وجود تغییرات آب و هوایی موضوع داغی شده است. تغییرات آب و هوایی جزئی از زندگی روزمره ما شده. حال باید همه‌ی توان و دانش‌مان را به کارگیریم تا پیامدهای تغییرات آب و هوایی را مهار کنیم.» (وولف‌گنگ کوش، رئیس خدمات هواشناسی آلمان (DWD)، 2008).

امروزه انرژی هسته‌ای در استفاده ترکیبی با حاملهای انرژی برگشت‌پذیر، میزان CO_2 در تولید برق را کاهش داده است و در عین حال هم هزینه‌های تولید برق را کاهش داده و هم تولید برق را اعتمادپذیر تر ساخته است. البته حاملهای انرژی فسیلی هنوز هم نقش مهمی در تولید برق دارند. راکتورهای آینده، مانند راکتورهای دما بالا، معروف به راکتورهای نسل چهارم - که توسعه بیشتر آنها موضوع اصلی بسیاری از برنامه‌های تحقیقاتی است - افزون بر تولید برق، در آینده می‌توانند نیازهای انرژی دیگر را نیز پوشش دهند، زیرا گرمای فرآیند در آنها دارای دمای بالایی است. به عنوان مثال این راکتورها می‌توانند انرژی لازم برای تولید هیدروژن، که به عنوان سوخت مصرفی خودروها کاربرد دارد را فراهم کنند.

انرژی هسته‌ای به دلیل افزایش فزاینده بهای سوختهای فسیلی، بسیار حائز اهمیت است. بویژه در کشورهای آسیایی انرژی هسته‌ای بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. در این

افزایش روزافزون جمعیت جهان، همراه با افزایش سطح رفاه زندگی در کشورهای فقیر، و فن‌آوریهای نوین کشورهای صنعتی، در آینده انرژی خیلی بیشتری را خواهد طلبید. آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) پیش‌بینی کرده است که تا سال ۲۰۳۰ مصرف انرژی اولیه در جهان 50% افزایش یابد (منبع این خبر: چشم‌انداز انرژی جهان، سال ۲۰۰۶). بنابراین پیشرفتهای بزرگ کشورهای در حال توسعه را شاهد خواهیم بود. همچنین انرژی مورد نیاز کشورهای صنعتی، باز هم افزایش خواهد یافت.

تضمین تأمین این انرژی به صورتی مطمئن، به‌صرفه و سازگار با محیط زیست، درگرو حل مشکلات هسته‌ای است که بشر امروزه و در آینده با آنها دست به‌گریبان است. همه باید در تأمین منبع انرژی سازگار با محیط زیست با هم همکاری کنیم و اقتصاد و سیاست‌مان را بر روی دستیابی به این هدف متمرکز کنیم. در این رابطه تعریف اصطلاح «منبع انرژی پایدار» در سال ۱۹۸۷ به وسیله کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه اغلب به این صورت بیان می‌شود: «توسعه پایدار عبارت است از قابلیت تأمین ملزومات فعلی رفاهی، بی‌آنکه نسلهای آینده در تأمین ضروریات رفاهی‌اشان محدود شوند».

منابع انرژی ما بیشتر سوختهای فسیلی‌اند. هیچ کس تردید ندارد که تغییرات آب و هوایی که امروزه ما در سطح جهان

کشورها، در حال حاضر حدود سی رآکتور در دست ساخت و تعداد بیشتری هم در دست طرح‌ریزی‌اند. در حال حاضر، در اروپای غربی (در فنلاند و فرانسه) دو نیروگاه هسته‌ای در دست ساخت، و نیروگاه‌های بیشتری هم در مرحله طرح‌ریزی‌اند.

افزون بر فن‌آوری شکافت هسته‌ای، همجوشی هسته‌ای، که هم‌اکنون عملیاتی کردن آن موضوع تحقیقات جهانی است، نیز می‌تواند در درازمدت در تولید انرژی بدون CO_2 نقش داشته باشد. همجوشی هسته‌ای می‌تواند برای مدت‌های طولانی انرژی برقی جهان را تأمین کند، زیرا مواد خام مورد استفاده برای این نیروگاه‌ها، در روی کره‌ی زمین تقریباً بی‌پایان‌اند (در کشور فرانسه کار اجرای ITER، رآکتور آزمایشی حرارتی هسته‌ای بین‌المللی - براساس توکاماک- شروع شده است، در کشور آلمان نیز در حال حاضر: وندل اشتاین 7-X، براساس اصل استلاراتور).

کتاب حاضر برای بیان قابل فهم و مرور موضوع پیچیده‌ی انرژی هسته‌ای، بویژه برای دانشجویان مهندسی هسته‌ای، مهندسی برق و انرژی، مهندسی فرآیندها، مهندسی مکانیک، و افراد علاقه‌مند نگاشته شده است. اطلاعات قبلی خاصی برای مطالعه‌ی آن لازم نیست. تا حد امکان از استفاده از روابط پیچیده پرهیز شده است.

ساختار اتمها، مبانی فیزیکی و فنی هسته‌ای همچنین آماده‌سازی سوخت هسته‌ای، فن‌آوری انواع رآکتورها و اجزای نیروگاه‌های متعارف همچنین ائبار نهایی زباله‌های پرتوزا (راديوآکتیو) بررسی شده است. بویژه فن‌آوری دو نوع رآکتور مورد استفاده در کشور آلمان، یعنی رآکتورهای آب پرفشار و رآکتورهای آب جوش، همچنین دو نوع رآکتور آینده یعنی رآکتور دمابالا و رآکتور همجوشی مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم به خاطر تشویقها و راهنمایی‌های مهم برای فصول مختلف کتاب از آقایان مهندس ورنر بام، دکتر. کارل جی باوئر، دکتر مهندس تیم بوشر، مهندس اسون یانسن، مهندس کارستن جورج، مهندس سباستین کلنگل، کارشناس ارشد مهندسی میثائیل موزر، کارشناس فیزیک استفان آپل، مهندس هاگن پل، مهندس نوربرت رولدر، مهندس دانیل شارف، دکتر مهندس توماس شونموت، دکتر مهندس رالف پی. شورن، دکتر. گونتر سیکلر، مهندس کریستوفر و سلمان و خانمها مهندس اولین ورنر همچنین کارشناس فیزیک کریستین کرویتسر تشکر و قدردانی کنم. از آقایان دکتر گونتر بارو و دکتر دیتر هرمان بویژه برای مطالعه‌ی نسخه‌ی اولیه و ارائه نظرات و پیشنهادها تشکر می‌کنم. همچنین از آقای مهندس تورستن مایر برای بحثها و یادداشتهای روشن‌بینانه مراتب سپاس‌گزاری ویژه‌ی خود را اعلام می‌کنم.

بویژه از شرکتها، مؤسسات و مراکز تحقیقاتی، که با عکسها و تصاویر خود مرا در تشریح مطالب کتاب یاری کردند کمال تشکر و قدردانی را دارم. نام این شرکتها و مراکز در فهرست منابع آمده است.

بی‌صبرانه چشم به راه انتقادات و پیشنهادهای شما برای هرچه پربارتر کردن کتاب هستیم زیرا کار و آموزش زنده همیشه می‌توانند مشوق و راهگشا باشند. تماس سریع با اینجانب از طریق پست الکترونیکی به نشانی زیر امکان‌پذیر است:

borlein@vogel-buchverlag.de

کیتسینگن مارکوس بورلین

فصل اول

مقدمه (۱-۹)

- ۱-۱ تاریخ انرژی هسته‌ای ۱
- ۲-۱ نیروی هسته‌ای در تأمین انرژی ۴
- ۱-۲-۱ انرژی برقی ۴
- ۲-۲-۱ حامل‌های انرژی اصلی ۸

فصل دوم

مبانی (۱۱-۱۷)

- ۱-۲ ساختار اتم ۱۱
- ۲-۲ کاهش جرم، انرژی پیوندی ۱۳

فصل سوم

پرتوهای یونساز (۱۹-۵۶)

- ۱-۲ تبدیلات هسته‌ای و پرتوزایی (رادیواکتیویته) ۱۹
- ۱-۱-۲ انواع مختلف تبدیلات هسته‌ای ۲۰
- ۲-۱-۲ نمودار نوکلیدها ۲۳
- ۳-۱-۲ زنجیره واپاشی ۲۶
- ۴-۱-۲ نیمه عمر ۲۸
- ۲-۲ پرتوزایی ۲۹
- ۳-۲ اثرات پرتوها بر مواد ۳۰
- ۱-۳-۲ برهم‌کنش پرتوهای آلفا ۳۰
- ۲-۳-۲ برهم‌کنش پرتوهای بتا (B) ۳۱

- ۲۱ ۲-۲-۲ برهم‌کنش بوسیله پرتو گاما (۲)
- ۲۲ ۴-۲-۲ برهم‌کنش پرتوهای نوترونی
- ۲۳ ۴-۲ اثر پرتوهای یونساز
- ۲۴ ۱-۴-۲ تشریح اثرات بیولوژیکی پرتوها
- ۲۵ ۲-۴-۲ پرتوها، آلودگی پرتوی و تماس پرتوها با بدن
- ۲۵ ۳-۴-۲ دوز پرتو
- ۴۱ ۵-۲ حفاظت پرتو
- ۴۲ ۱-۵-۲ اندازه‌گیری پرتوهای یونساز
- ۴۵ ۲-۵-۲ منابع پرتوهای یونساز
- ۴۸ ۳-۵-۲ حفاظت در برابر پرتوهای یونساز

فصل چهارم

آماده‌سازی سوخت هسته‌ای (۷۴-۵۷)

- ۵۹ ۱-۴ منابع اورانیم و غنی‌سازی آن
- ۵۹ ۱-۱-۴ گستره منابع اورانیم
- ۶۲ ۲-۱-۴ استخراج اورانیم و آماده‌سازی آن برای استفاده بیشتر
- ۶۲ ۲-۴ غنی‌سازی اورانیم، آماده‌سازی سوخت
- ۶۳ ۱-۲-۴ ماده اولیه برای غنی‌سازی
- ۶۳ ۲-۲-۴ مبانی غنی‌سازی اورانیم
- ۶۶ ۳-۲-۴ روش غنی‌سازی
- ۶۹ ۳-۴ آماده‌سازی سوخت
- ۷۱ ۴-۲ المنت‌های سوخت
- ۷۱ ۱-۴-۴ ساختار کلی المنت‌های سوخت در رآکتورهای آب سبک
- ۷۲ ۲-۴-۴ المنت سوخت برای رآکتورهای آب پرفشار
- ۷۳ ۳-۴-۴ المنت سوخت برای رآکتورهای آب جوش

- ۷۵ ۱-۵ شکافت هسته‌ای
- ۷۵ ۱-۱-۵ دیوار پتانسیل
- ۷۷ ۲-۱-۵ الگوی قطره‌ای، انرژی پیوندی
- ۸۰ ۲-۱-۵ شکافت هسته‌ای خودبه‌خودی
- ۸۱ ۲-۱-۵ شکافت هسته‌ای القایی
- ۸۲ ۵-۱-۵ سطح مقطع اثر
- ۸۵ ۲-۵ محصولات شکافت هسته‌ای
- ۸۵ ۱-۲-۵ محصولات شکافت
- ۸۶ ۲-۲-۵ نوترونهای شکافت
- ۸۷ ۳-۲-۵ تولید نوترونهای موثر
- ۸۸ ۴-۲-۵ تراز انرژی شکافت هسته‌ای
- ۸۹ ۵-۲-۵ گرمای واپاشی پسین
- ۸۹ ۳-۵ بودجه نوترونی
- ۹۰ ۱-۳-۵ واکنش زنجیره‌ای
- ۹۱ ۲-۳-۵ تراز نوترونها
- ۹۲ ۳-۳-۵ ضریب تکثیر و رابطه چهار عاملی
- ۹۵ ۴-۳-۵ واکنش‌پذیری
- ۹۵ ۴-۵ تنظیم رآکتور
- ۹۶ ۱-۴-۵ نوترونهای تأخیری
- ۹۷ ۲-۴-۵ میله‌های کنترل و تنظیم
- ۱۰۴ ۳-۴-۵ تنظیم درازمدت
- ۱۰۵ ۴-۴-۵ حالت کاری با افت توان (Streckbetrieb)، مدیریت المنت‌های سوخت

- ۵-۴-۵ مدار کنترل رآکتور ۱۰۷
- ۵-۵ تعدیل کننده ۱۰۸
- ۱-۵-۵ روش کار تعدیل کننده ها ۱۰۸
- ۲-۵-۵ مواد تعدیل کننده ۱۰۹
- ۲-۵-۵ اثر دما بر فرآیند تعدیل ۱۱۱
- ۶-۵ میرد ۱۱۱
- ۱-۶-۵ آب به عنوان میرد ۱۱۲
- ۲-۶-۵ گازهای میرد ۱۱۳
- ۲-۶-۵ فلزات مایع به عنوان میرد ۱۱۴
- ۷-۵ رآکتور همگن، ناهمگن ۱۱۵
- ۸-۵ فرآیند تبدیل و زاینده گی ۱۱۶
- ۱-۸-۵ تولید پولوتونیم ۱۱۷
- ۲-۸-۵ تولید اورانیم 233U ۱۱۸
- ۹-۵ ارزش حرارتی سوخت ۱۱۹

نیروگاه های هسته ای (۱۲۱-۲۲۲)

فصل ششم

- ۱-۶ مرور آماری سیستم های فنی هسته ای ۱۲۱
- ۱-۱-۶ سیستم های فنی هسته ای در کشور آلمان ۱۲۱
- ۲-۱-۶ مروری بر رآکتورهای سطح جهان ۱۲۹
- ۳-۱-۶ نیروگاه های هسته ای آلمان در مقایسه با جهان ۱۲۹
- ۲-۶ ساختار نیروگاه هسته ای ۱۳۰
- ۳-۶ سیستم نمادگذاری نیروگاه ۱۳۳
- ۴-۶ روش های ایمنی ۱۳۴
- ۱-۴-۶ فلسفه های ایمنی ۱۳۵

۱۴۶	سیستم حفاظتی رآکتور	۲-۴-۶
۱۴۷	نمودار درختی رویدادها، نمودار درختی عیوب	۳-۴-۶
۱۴۹	حالات اختلال طراحی در رآکتورهای آب پرفشار	۴-۴-۶
۱۵۲	موارد اختلال ناشی از اتلاف مبرد در رآکتور آب جوش	۵-۴-۶
۱۵۳	رآکتور آب پرفشار	۵-۶
۱۵۴	ساختار رآکتورهای آب پرفشار	۱-۵-۶
۱۵۵	محفظه تحت فشار رآکتور	۲-۵-۶
۱۵۸	پمپهای مبرد اصلی	۳-۵-۶
۱۶۰	مولد بخار	۴-۵-۶
۱۶۱	سیستم تنظیم فشار	۵-۵-۶
۱۶۵	سیستم کنترل حجمی	۶-۵-۶
۱۶۷	سیستمهای خنک سازی پسین و اضطراری	۷-۵-۶
۱۷۵	سیستمهای کمکی	۸-۵-۶
۱۸۰	رآکتور آب جوش	۶-۶
۱۸۳	اجزای رآکتورهای آب جوش	۱-۶-۶
۱۸۷	کنترل و تنظیم رآکتور	۲-۶-۶
۱۸۷	سیستمهای کمکی	۳-۶-۶
۱۹۰	رآکتورهای دما بالا	۷-۶
۱۹۱	ساختار THTR	۱-۷-۶
۱۹۲	المنت های سوخت	۲-۷-۶
۱۹۳	اجزای رآکتور	۳-۷-۶
۱۹۶	تجهیزات کنترل و قطع (خاموشی)	۴-۷-۶
۱۹۷	دفع گرمای پسین و جنبه های ایمنی	۵-۷-۶
۱۹۷	رآکتورهای همجوشی هسته ای	۸-۶
۱۹۸	مبانی همجوشی هسته ای	۱-۸-۶
۲۰۱	حاصل ضرب همجوشی	۲-۸-۶
۲۰۳	حبس پلازما	۳-۸-۶

۲۰۷	توکاماک	۴-۸-۶
۲۰۸	استلراتور	۵-۸-۶
۲۰۸	سیستمهای کمکی	۶-۸-۶
۲۱۷	جنبه‌های ایمنی	۷-۸-۶
۲۱۸	پروژه‌های واقعی برای همجوشی هسته‌ای	۸-۸-۶

فصل هفتم

فن‌آوری نیروگاه‌های سنتی (۲۲۳-۲۳۷)

۲۲۳	۱-۷ چرخه بخار-آب	۲۲۳
۲۲۶	۲-۷ اجزای چرخه ثانویه	۲۲۶
۲۲۶	۱-۲-۷ توربین	۲۲۶
۲۲۸	۲-۲-۷ چگالنده‌ها، آب خنک‌کننده	۲۲۸
۲۳۲	۳-۲-۷ جداکننده آب و گرمکن میانی بخار	۲۳۲
۲۳۴	۴-۲-۷ مخزن آب تغذیه	۲۳۴
۲۳۵	۵-۲-۷ پمپهای آب تغذیه	۲۳۵
۲۳۶	۶-۲-۷ خطوط پیش‌گرمکن	۲۳۶
۲۳۶	۳-۷ ژنراتور، مبدل برقی توربین	۲۳۶

فصل هشتم

تماس با پسماندهای پرتوزا (۲۳۹-۲۶۰)

۲۴۱	۱-۸ تخلیه‌های سوخت از رآکتور	۲۴۱
۲۴۲	۲-۸ مخازن انبار و انتقال مواد پرتوزا	۲۴۲
۲۴۵	۳-۸ انبار میانی، محلهای استقرار انبار میانی	۲۴۵
۲۴۶	۴-۸ بازیافت سوخت هسته‌ای مصرف شده	۲۴۶
۲۴۷	۱-۴-۸ فرآیند بازیافت	۲۴۷

- ۲۴۸ انجام کار روی زباله‌ها در سیستم بازیافت ۲-۴-۸
- ۲۵۰ انبارش نهایی مستقیم، آماده‌سازی پسماندهای پرتوزا ۵-۸
- ۲۵۱ روشهای انبارش نهایی ۶-۸
- ۲۵۴ انبارش در اعماق زمین ۱-۶-۸
- ۲۵۶ روش ۲ انبار نهایی در کشور آلمان ۲-۶-۸
- ۲۵۹ ایجاد موانع، ایمنی درازمدت ۳-۶-۸

مراجع