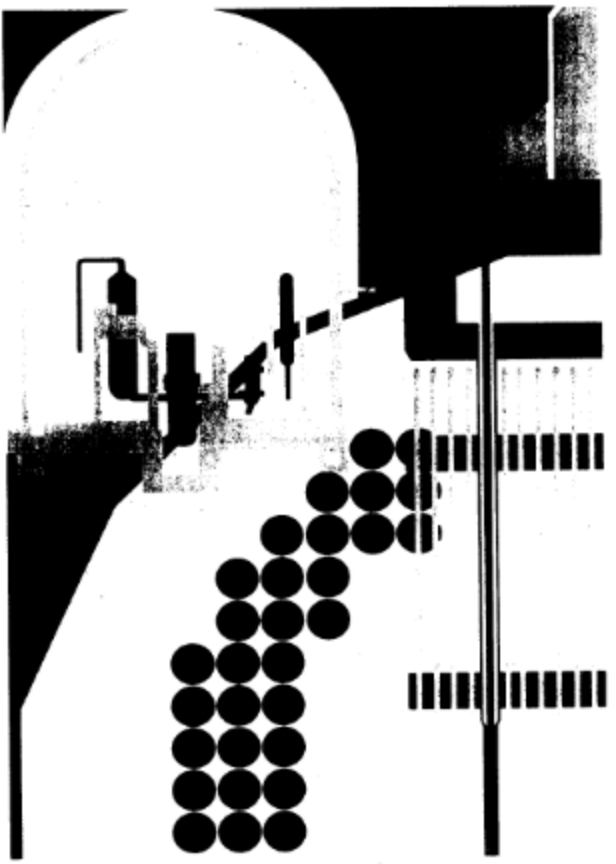
تجربیات نیروگاههای پیشرفته

تولید قدرت هسته ای



جلد ۲۳

فصل اول

فیزیک هسته‌ای و تکنولوژی بنیادین

ترجمه: سیمین مهدی‌زاده

عنوان صفحه

- ۱ مفاهیم بنیادین ۹
  - ۱-۱ ساختمان اتم ۹
  - ۱-۲ ساختمان هسته ۱۰
  - ۱-۳ معادل بودن جرم و انرژی ۱۲
    - ۱-۳-۱ معادله انیشتین ۱۲
    - ۱-۳-۲ واحد یکسان جرم و الکترون ولت ۱۳
    - ۱-۳-۳ کمبود جرم و انرژی همبستگی ۱٤
  - ۱-٤ فعالیت پرتوزایی (رادیواکتیویته) ۱۷
    - ۱-٤-۱ هسته ناپایدار ۱۷
    - ۱-٤-۲ هسته پرتوزا ۱۷
    - ۱-٤-۳ هسته برانگیخته - پرتو گاما ۲۰

عنوان صفحه

۱-٤-۱ نیمه عمر ۲۰
۱-۵ برخورد متقابل پرتوهای یونساز با ماده ۲۲
۱-۵-۱ پرتوهای یونساز ۲۲
۱-۵-۲ ذرات آلفا ۲۲
۱-۵-۳ ذرات بتا ۲۳
۱-۵-٤ پرتوهای گاما ۲۳
۱-۵-۵ حفاظ‌گذاری ۲٤

۲ واکنش‌های هسته‌ای ۲۵
۲-۱ برخورد متقابل پرتو با هسته ۲۵
۲-۲ هسته مرکب ۲۶
۲-۳ واکنش‌های نوترون ۲۶
۲-۳-۱ واکنش‌های پراکندگی ۲۷
۲-۳-۲ واکنش‌های جذب ۲۸
۲-٤ سطح مقطع واکنش‌های هسته‌ای ۳۰
۲-٤-۱ سطح مقطع میکروسکپی ۳۰
۲-٤-۲ سطح مقطع میکروسکپی ۳۳
۲-٤-۳ نوترون‌های حرارتی ۳۳

۳ واکنش شکافت هسته‌ای ۳٤
۳-۱ واقعه شکافت ۳٤
۳-۲ مواد قابل شکافت، شکننده و بارور ۳۷
۳-۲-۱ مواد قابل شکافت ۳۷
۳-۲-۲ مواد شکننده ۳۸

عنوان صفحه

۳-۲-۳ مواد بارور ۳۸
۳-۲-٤ اورانیم طبیعی ۳۹
۳-۳ ویژگی‌های واقعه شکافت ٤۰
۳-۳-۱ محصول پاره‌های شکافت ٤۰
۳-۳-۲ تعداد نوترون‌های گسیل شده در هر واکنش شکافت (ν) ٤۱
۳-۳-۳ انرژی نوترون‌ها ٤۳
۳-۳-٤ نوترون‌های آنی و تأخیری ٤۳
۳-۳-۵ انرژی آزاد شده در هر واکنش شکافت ٤۵
۳-۳-٦ گرمای استحاله ٤۷
۳-۳-۷ خلاصه‌ای از واکنش شکافت ٤۷

٤ واکنش زنجیره‌ای شکافت ٤۷
٤-۱ واکنش زنجیره‌ای ٤۷
٤-۲ ضریب افزایش K ٤۸
٤-۳ واکنش زنجیره‌ای در اورانیم طبیعی - نوترون‌های سریع ٤۹
٤-۳-۱ شکافت هسته ۵۰
٤-۳-۲ تسخیر ۵۰
٤-۳-۳ پراکندگی ۵۰
٤-۳-٤ k_∞ برای اورانیم طبیعی و نوترون‌های سریع ۵۰
٤-٤ کسب $k_\infty > 1$ ۵۱
٤-٤-۱ غنی‌سازی سوخت ۵۱
٤-٤-۲ کند کردن نوترون ۵۲

۵ کندکننده ۵۳

عنوان صفحه

۵-۱ شرایط یک کندکننده خوب ۵۳
۵-۱-۱ انتقال مقدار زیادی انرژی در هر برخورد ۵۴
۵-۱-۲ نرخ بالای برخورد ۵۵
۵-۲ قدرت توقف ۵۷
۵-۳ نسبت کندکنندگی ۵۷
۵-۴ سایر عوامل ۵۸
۵-۵ مواد کندکننده قابل قبول ۵۹

۶ فرمول چهار فاکتور ۶۰
۶-۱ ملاحظات طراحی راکتور ۶۰
۶-۲ چرخه عمر نوترون ۶۱
۶-۲-۱ فاکتور بهره‌برداری حرارتی " f " ۶۲
۶-۲-۲ فاکتور شکافت هسته با نوترون حرارتی " η " ۶۲
۶-۲-۳ فاکتور شکافت هسته با نوترون سریع " ∈ " ۶۳
۶-۲-۴ احتمال گریز ارتعاشی " p " ۶۴
۶-۳ ضریب تزاید بی‌نهایت ۶۵

۷ راکتور محدود ۶۶
۷-۱ ضرب تزاید مؤثر، K_{eff} ۶۶
۷-۲ احتمال عدم نشت، P_{NL} ۶۶
۷-۳ به حداکثر رساندن P_{NL} (به حداقل رساندن P_L) ۶۷
۷-۳-۱ اندازه راکتور ۶۷
۷-۳-۲ اندازه بحرانی ۶۸
۷-۳-۳ شکل راکتور ۶۸

عنوان صفحه

۷-٤ تئوری انتشار ٦٨

۷-٤-۱ توزیع شار نوترون ٦٨

۷-٤-۲ تئوری یک، دو و چند گروهی ٦٩

۷-٤-۳ معادله P_{NL} ۷۰

۷-٤-٤ راکتور بحرانی ۷۱

۷-٤-٥ راکتور انعکاسی ۷۱

۸ انتقال حرارت و جریان سیالات ۷۲

۸-۱ مقدمه ۷۲

۸-۲ قوانین انتقال حرارت یا رسانش ۷٤

۸-۳ توزیع دما در یک میله سوخت راکتور ۷٦

۸-٤ انتقال حرارت از یک جامد به یک سیال ۷۸

۸-٥ ارتباط عوامل مؤثر بر انتقال حرارت ۸۱

۸-٦ افت دما در میان یک کانال سوخت ۸۳

۸-۷ تغییرات دما در طول یک کانال سوخت ۸٥

۸-۸ توزیع حرارت در یک راکتور استوانه‌ای ۸٦

۸-۹ حرارت جذب شده توسط خنک‌کننده در یک کانال سوخت ۸۷

۸-۱۰ توزیع دما در میان قلب راکتور ۸۹

۸-۱۱ جریان سیال ۸۹

۹ راکتورهای برق هسته‌ای ۹۲

۹-۱ مقدمه ۹۲

۹-۲ راکتور آب سبک (LWR) ۹۳

۹-۲-۱ راکتور آب تحت فشار (PWR) ۹٥

عنوان صفحه

۲-۲-۹ راکتور آب جوشان (BWR) ۹۸
۳-۹ راکتور آب سنگین (HWR) ۱۰۰
۱-۳-۹ راکتور کاندو (PHWR) ۱۰۱
۲-۳-۹ راکتور آب سنگین مولد بخار (SGHWR) ۱۰۳
٤-۹ راکتور کند شونده با گرافیت ۱۰٤
۱-٤-۹ راکتور ماگنوکس ۱۰۵
۲-٤-۹ راکتور پیشرفته خنک شونده با گاز (AGR) ۱۰٦
۵-۹ راکتور سریع زاینده (FBR) ۱۰۸

۱۰ ویژگی‌های مواد راکتور ۱۱۱
۱-۱۰ سوخت‌ها ۱۱۱
۱-۱-۱۰ مقدمه ۱۱۱
۲-۱-۱۰ سوخت‌های فلزی اورانیم ۱۱۳
۳-۱-۱۰ سوخت‌های اکسید اورانیم ۱۱۷
۲-۱۰ غلاف هسته‌ای ۱۲۲
۱-۲-۱۰ آلیاژهای منیزیم و عناصر سوخت ماگنوکس ۱۲٤
۲-۲-۱۰ غلاف‌های فولاد ضد زنگ و میله‌های سوخت AGR ۱۳۱
۳-۲-۱۰ آلیاژهای زیرکونیم در سوخت هسته‌ای ۱۳۹
۳-۱۰ خنک‌کننده ۱٤۵
۱-۳-۱۰ کنترل ترکیب خنک‌کننده ۱٤۸
۲-۳-۱۰ ضرورت‌های متان و اکسیژن ۱۵۱
۳-۳-۱۰ واحد کنترل خنک‌کننده ۱۵۲
٤-۱۰ گرافیت ۱۵۵

عنوان صفحه

۱۰-٤-۱ خوردگی گرافیت (رادیولیتیک) ۱۵٦
۱۰-٤-۲ خوردگی گرافیت (حرارتی) ۱٦۳
۱۰-٤-۳ تأثیر پرتودهی بر خواص فیزیکی گرافیت ۱٦٦
۱۰-٤-٤ اثر اکسیداسیون بر خواص فیزیکی گرافیت ۱۷۱
۱۰-٤-۵ بروز نقص در آجر ۱۷۳
۱۰-٤-٦ مشاهده و نظارت قلب راکتور ۱۷٦
۱۰-۵ رسوب کربن ۱۸۰
۱۰-۵-۱ رسوب کربن در راکتورهای ماگنوکس ۱۸۰
۱۰-۵-۲ رسوب کربن در راکتورهای AGR ۱۸۱
۱۰-٦ بهینه‌سازی ترکیب خنک‌کننده ۱۸٦
۱۰-٦-۱ راکتورهای ماگنوکس ۱۸٦
۱۰-٦-۲ راکتورهای پیشرفته خنک شونده با گاز ۱۸۷
۱۰-٦-۳ محدودیت‌های خنک کننده در یک محیط هوا ۱۸۹
۱۰-۷ آب بعنوان یک خنک‌کننده مدار اولیه ۱۸۹
۱۰-۷-۱ سیستم خنک کننده PWR ۱۹۰
۱۰-۷-۲ کنترل pH ۱۹۱
۱۰-۷-۳ عوامل قلیائی جایگزین ۱۹۳
۱۰-۷-٤ کنترل راکتیویته ۱۹٤
۱۰-۷-۵ کنترل رادیولیز ۱۹٦
۱۰-۷-٦ سایر ناخالصی‌ها ۱۹۷
۱۰-۷-۷ رادیونوکلئیدهای تشکیل شده از آب ۱۹۹
۱۰-۷-۸ ناخالصی‌های افزوده شده ۲۰۰
۱۰-۷-۹ محصولات خوردگی ۲۰۰

عنوان صفحه

۱۰-۷-۱۰ طبیعت اکسیدهای راکتور PWR ۲۰۵
۱۰-۷-۱۱ محصولات شکافت ۲۰۹
۱۰-۷-۱۲ اکتنیدها ۲۰۹
۱۰-۷-۱۳ مشخصات شیمی آب RCS ۲۱۰
۱۰-۷-۱٤ شیمی بهره‌برداری ۲۱۲
۱۰-۷-۱۵ داده‌های بهره‌برداری از نیروگاه ۲۱۷
۱۰-۷-۱٦ بهره‌برداری از نیروگاه در جهت پشتیبانی از شیمی تنظیم شده ۲۱۸
۱۰-۷-۱۷ سیستم‌هائی که بطور دائم، به حفظ مشخصات شیمیائی مدار اولیه مستقیماً کمک می‌کنند ۲۲۵
۱۰-۷-۱۸ نتایج ۲۲۸
۱۰-۸ رفتار سوخت ماگنوکس ضمن انبار کردن آن ۲۳۱
۱۰-۸-۱ ذخیره‌سازی در حوضچه آب ۲۳۱
۱۰-۸-۲ ذخیره‌سازی خشک ۲۳۳
۱۰-۹ رفتار سوخت CAGR هنگام ذخیره‌سازی آن ۲۳٤
۱۱ مراجع ۲۳٦
۱۲ سایر مراجع ۲٤۱