جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

برنامه درسی

رشته مهندسی هسته ای

گرایش چرخه سوخت

دوره دکتری تخصصی

گروه فنی و مهندسی

به استناد مصوبه جلسه شماره ۸۶۱ تاریخ ۱۳۹۴/۰۳/۱۶ شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

باسمه تعالی

نام رشته: مهندسی هسته ای

گروه: فنی و مهندسی

کارگروه تخصصی: مهندسی شیمی

پیشنهادی دانشگاه: صنعتی شریف

عنوان گرایش: چرخه سوخت

دوره تحصیلی: دکتری تخصصی

نوع مصوبه: تدوین

به استناد مصوبه جلسه ۸۶۱ شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی در تاریخ ۱۳۹۴/۰۳/۱۶؛ در مورد تایید برنامه‌های مدون و دارای مجوز در شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی و با عنایت به نامه شماره ۶۳۰۰/۳۲۲۱ تاریخ ۱۳۹۸/۰۴/۰۴ دانشگاه صنعتی شریف در مورد تصویب برنامه درسی مهندسی هسته‌ای گرایش چرخه سوخت در مقطع دکتری تخصصی، این برنامه تا بازنگری و به مدت ۵ سال، مصوب تلقی می شود.

دکتر محمدرضا آهنچیان

دبیر کمیسیون برنامه‌ریزی آموزشی

دانشگاه صنعتی شریف

برنامه درسی

دوره تحصیلات تکمیلی

(دکتری)

مهندسی هسته‌ای

گروه فنی و مهندسی

تهیه شده توسط گروه مهندسی هسته‌ای دانشکده مهندسی انرژی

تاریخ ویرایش: ۹۶/۱۲/۹

۱- هدف

هدف از دوره دکتری مهندسی هسته ای تربیت افرادی است که با در دست داشتن جدیدترین مبانی آموزشی و یادگیری روش های پیشرفته بتوانند با نوآوری در ر فع نیازهای کشور و گسترش مرزهای دانش در زمینه مهندسی هسته ای موثر بوده و به یافته های تازه ای در جهان دانش دست یابند.

به طور خلاصه توانمندی های مورد انتظار از دانش آموختگان دوره دکتری مهندسی هسته ای عبارت است از:

- توسعه مرزهای دانش در زمینه های "مهندسی راکتور" ، " چرخه سوخت " و " کاربرد پرتوها و رادیو ایزوتوپ ها"
- کاوش علمی و ارائه شیوه های اجرائی به منظور استفاده بهینه از تجهیزات و امکانات صنعت هسته ای کشور و کاهش مخاطرات ناشی از به کارگیری مواد پرتوزا و دفع پسماند

۲- زمینه پژوهشی چرخه سوخت

تولید انرژی در راکتور اتمی هنگامی امکان پذیر است که سوخت مصرفی و مواد مورد نیاز برای ساخت بدنه و اجزا داخلی راکتور در دسترس باشند .مواد مورد استفاده در راکتورها لازم است دارای خلوص بالا و یا حاوی ایزوتوپهای خاص باشند که این امر پیچیدگی فرآیندهای تولید آنها را در پی دارد. به طور کلی در ارتباط با زمینه پژوهشی چرخه سوخت حوزه های اصلی زیر را می توان شناسایی نمود:

- فناوری استخراج اورانیوم و توریم از معادن مربوطه و یا به عنوان محصول جانبی از فرآیند تولید سایر مواد
- بهینه سازی فرآیندهای موجود و ابداع فرآیندهای جدید برای تبدیل کنسانتره خروجی از معادن به موادی همچون هگزا فلورایداورانیم (UF۶) و یا دی اکسید اورانیوم (UO۲)
- غنی سازی اورانیوم
- تولید آب سنگین
- جداسازی ایزوتوپی سایر عناصر مهم در صنعت هسته ای
- ساخت قرص های سوخت برای راکتور
- تولید فلز زیرکونیم و ساخت غلاف میله های سوخت
- باز فرآوری سوخت
- مدیریت پسماندهای رادیواکتیو و فرآیند های شیمیایی مربوط به دفع نهایی آن ها

۳- شرایط پذیرش دانشجو

دانشجویان دکترای مهندسی هسته ای از طریق آزمون و مصاحبه مطابق آیین نامه دوره دکترای دانشگاه ترجیحا از میان دانش آموختگان کارشناسی ارشد رشته های مهندسی هسته ای انتخاب می شوند.

۴- طول دوره و شکل نظام

مدت مجاز تحصیل در دوره دکترا ۸ نیم سال است. نظام آموزشی آن نیمسال – واحدی، دوره تدریس هر نیم سال مطابق تقویم آموزشی دانشگاه در حال حاضر ۱۶ هفته خواهد بود.

دوره دکتری مهندسی هسته ای دارای دو مرحله آموزشی و پژوهشی (تدوین رساله) است.

- مرحله آموزشی از زمان پذیرفته شدن در امتحان ورودی آغاز و به امتحان جامع ختم می شود.
- مرحله پژوهشی پس از مرحله آموزشی آغاز و با تدوین رساله و دفاع از آن پایان می پذیرد.

۵- مرحله آموزشی

دوره دکترای مهندسی هسته ای از ۱۸ واحد درس های تخصصی و ۱۸ واحد پایان نامه تشکیل شده است . بنابراین مجموعه واحدهای دوره ۳۶ واحد است.

۶- آزمون جامع

امتحان جامع شامل بخش های کتبی و شفاهی است. محورهای امتحان عبارتند از:

زمینه اول: محاسبات عددی پیشرفته (اجباری برای کلیه دانشجویان)

زمینه دوم: چرخه سوخت

زمینه سوم: دو درس از درس های دانشکده در زمینه رساله دوره دکتری با پیشنهاد استاد راهنما و تصویب گروه

زمینه چهارم: با پیشنهاد استاد راهنما و تایید گروه

۷- مرحله تدوین رساله

دانشجویان بعد از تصویب زمینه کلی تحقیقاتی خود می توانند فعالیت های پژوهشی خود را آغاز نمایند. دانشجویانی که در آزمون جامع پذیرفته می شوند، در مرحله تدوین رساله ثبت نام می کنند. تعداد کل واحدهای پژوهشی که دانشجو در مرحله تدوین رساله اخذ می کند ۱۸ واحد است . گذراندن درس های سمینار ۱ و سمینار ۲ به ارزش صفر واحد برای دانشجویان ورودی ۹۴ به بعد الزامی است.

۸-دروس مرحله آموزشی دوره دکتری

الف) هر دانشجو موظف است تا پایان مرحله آموزشی ، حداقل ۲ درس از ۴ درس جدول شماره ۱ را به عنوان دروس اصلی بگذراند.

ب)هر دانشجو باید با توجه به زمینه پژوهشی خود و نظر استاد راهنما، مابقی درس ها را تا سقف ۱۸ واحد از دورس مندرج در جدول مربوط به زمینه پژوهشی خود انتخاب و به عنوان دروس اختصاصی زمینه پژوهشی خود بگذراند.

ج)دانشجو می تواند با نظر استاد راهنما و تصویب گروه، حداکثر دو درس به ارزش ۶ واحد در راستای موضوع پروژه اش از درس های سایر زمینه های پژوهشی مهندسی هسته ای و یا درس های تحصیلات تکمیلی سایر دانشکده ها اخذ کند.

د) در جدول شماره ۲ یک درس ستاره دار مشخص شده است که اخذ ان برای دانشجویان اجباری است.

جدول ۱. دروس اصلی دوره دکتری مهندسی هسته ای

ردیف	شماره درس	عنوان درس	تعداد واحد
۱	۴۶۵۳۴	کدهای محاسباتی	۳
۲	۴۶۵۶۷	آشکارسازی و دزیمتری پیشرفته	۳
۳	۴۶۵۴۸	رادیو شیمی پیشرفته	۳
۴	۲۶۲۶۷	حاسبات عددی پیشرفته	۳

جدول ۲. دورس اختصاصی زمینه پژوهشی چرخه سوخت

ردیف	شماره درس	عنوان درس	تعداد واحد	پیشنیاز
۱	۴۶۵۴۰	جداسازی ایزوتوپی*	۳	۴۶۵۱۶
۲	۴۶۵۴۳	پسماندداری	۳	۴۶۵۱۶
۳	۴۶۵۵۰	مواد هسته ای	۳	۴۶۵۱۰
۴	۴۶۵۴۷	مباحث ویژه در طراحی تجهیزات فرآیندی	۳	-
۵	۴۶۵۴۲	طراحی و ساخت سوخت هسته ای	۳	۴۶۵۱۶
۶	۴۶۵۵۱	مواد هسته ای پیشرفته	۳	۴۶۵۵۰
۷	۴۶۵۴۹	پسماندداری پیشرفته	۳	۴۶۵۴۳
۸	۴۶۵۴۱	شیمی و فرآیند تولید رادیو ایزوتوپ	۳	۴۶۵۰۰

تبصره ۱)در موارد خاص، با نظر موافق استاد راهنما و تصویب گروه دانشجو می تواند درس ستاره دار از جدول دروس اختصاصی خود را اخذ نکند.

تبصره ۲) در صورتیکه دانشجو در دوره کارشناسی ارشد یک یا چند درس از دروس اصلی دوره (از جدول ۱) و یا درس ستاره دار (در جداول اختصاصی) را گذرانده باشد، می تواند جایگزین این درسها را از بین سایر دروس زمینه پژوهشی خود با نظر استاد راهنما انتخاب کند.

سایر مقررات دوره، مطابق آئین‌نامه دوره دکترای دانشگاه است.

سرفصل دروس چرخه سوخت

شماره درس: ۴۶۵۵۰

نام درس: مواد هسته ای

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: تخصصی اختیاری ۳
پیشنیاز: فیزیک هسته ای، چرخه سوخت هسته ای	همنیاز: -
مقطع: تحصیلات تکمیلی	اولین نیمسال ارائه: ۲-۱۳۸۷
گروه: مهندسی هسته ای	آخرین ویرایش: ۱۳۹۶/۱۰

اهداف:هدف این درس آشنائی با انتخاب مواد مناسب برای اجزای مختلف راکتورهای هسته ای است. اثرات پرتو بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی مواد و محدودیت های کاربرد مواد در محیط های پرتوزا بررسی خواهد شد.

سرفصلها:

۱) **مقدمه ای بر مواد هسته ای:** انواع مختلف راکتورهای هسته ای و نوع مواد بکاررفته و جنبه های حرارتی این مواد- ساختار و انواع عیوب نقطه ای، غلظت تعادلی عیوب نقطه ای

۲) **پدیده نفوذ در جامدات:** قانون فیکس- مکانیزم های اتمی نفوذ

۳) **خواص مکانیکی جامدات:** رفتار الاستیک و ترموالاستیسیته- رفتار پلاستیک جامدات- نابجائی- فضاهای خالی در جامدات

۴) **رفتار پاره های شکافت در داخل سوخت هسته ای:** بادکردنو آزاد شدن پاره های شکافت

۵) **اثر پرتوهای رادیواکتیو بر جامدات:**اثرات میکروسکوپی پرتو بر جامدات- تغییر خواص مکانیکی جامدات در اثر پرتوهای رادیواکتیو

مراجع:

1- S. Gary, Fundamentals of Radiation Materials Science, Springer, 2007.

2- D. R. Olander, Fundamental Aspectsof Nuclear Reactor Fuel Elements, TID-26711-P1, National TechnicalInformation Services, 1976.

شماره درس۴۶۵۴۰

نام درس: جداسازی ایزوتوپی

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: تخصصی اختیاری ۳
پیشنیاز: چرخه سوخت هسته ای	همنیاز: -
مقطع: تحصیلات تکمیلی	اولین نیمسال ارائه: ۲-۱۳۸۷
گروه: مهندسی هسته ای	آخرین ویرایش: ۱۳۹۶/۱۰

اهداف:این درس به عنوان تکمیل کننده مباحث طرح شده در چرخه سوخت ۲، سعی دارد تا روشهای پیشرفته تر بکار رفته در تحلیل و مدل سازی آبشارهای جداسازی ، را به همراه مدلهای بکار رفته در غنی سازی اورانیم، و عناصر سبک (عمدتا دوتریم) به دانشجویان کارشناسی ارشد و دکترا بیاموزد

سرفصلها:

۱) **نظریه آبشارها:** آبشارهای عمومی متقارن ، آبشار های متقارن ایده آل و مربعی ، آبشارهای نامتقارن ، بهینه سازی آبشارهای دو ایزوتوپی مخروطی، مربعی و مربعی شده-نظریه دلاکارژا برای آبشارهای جداسازی چند ایزوتوپی، ظرفیت جداسازی در آبشارهای چند ایزوتوپی ، آبشارهای چند ایزوتوپی نوع Q ، R و X ، آبشارهای شبه ایده آل و شبه دوتایی و بحث بهینه سازی آنها

۲) **جداسازی ایزوتوپی عناصر نیمه سنگین و سنگین:** مدل سازی سانتریفوژ گازی- معادله انساگر، روش حل معادله انساگر، مدلهای تحلیلی تقریبی برای سانتریفوژ، مقدمه ای بر روش های مولکولی در ناحیه رقیق سانتریفوژ، استفاده از سانتریفوژ برای جداسازی ایزوتوپی سایر عناصر(به جز اورانیم)، روش های غنی سازی لیزری- روش نفوذ حرارتی، روش های الکترومغناطیسی، سایر روشهای کم اهمیت تر

۳) **جداسازی ایزوتوپی عناصر سبک:** تولید آب سنگین با روش تبادل شیمیایی و مدل سازی آن، تولید آب سنگین به وسیله تقطیر آب وطراحی ستون- جداسازی ایزوتوپی اکسیژن، -روش الکترولیز و تبادل شیمیایی برای جداسازی ایزوتوپهای لیتیم وسایر عناصر-جداسازی ایزوتوپهای بور و سایر عناصر سبک

مراجع:

1- Benedict, M., Pigford, T., Levi, H. W., Nuclear Chemical Engineering, McGraw-Hill, 1981.

2- Villani, S. Isotope Separation, American Nuclear Society Publisher, 1976.

3- Cohen, K .P., The Theory of Isotope Separation as Applied to the Large Scale Production of U235; McGraw-Hill, 1951.

شماره درس۴۶۵۴۲

نام درس: طراحی و ساخت سوخت هسته ای

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: تخصصی اختیاری ۳
پیشنیاز: مواد هسته ای	همنیاز: -
مقطع: تحصیلات تکمیلی	اولین نیمسال ارائه: ۲-۱۳۸۷
گروه: مهندسی هسته ای	آخرین ویرایش: ۱۳۹۶/۱۰

اهداف: هدف از این درس آشنائی با فرایند های مختلف ساخت سوخت هسته ای با تاکید بر سوخت نیروگاه های هسته ای خواهد بود. طراحی مجموعه سوخت برای هر یک از انواع مختلف راکتورها مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

سرفصل ها:

۱) تولید پودر دی اکسید اورانیوم خالص:
۲) تولید قرص های سوخت اورانیوم:
۳) تولید سازه های نگهدارنده سوخت:
۴) ملاحظات ایمنی در ساخت سوخت هسته ای:
۵) سوخت راکتورهای PWR، BWR، و RBMK:
۶) سوخت راکتورهای CANDU:
۷) سوخت راکتورهای AGR و HTR:
۸) سوخت راکتورهای سریع زاینده:
۹) سوخت ترکیبی MOX:

مراجع:

1- Brian R. T. Frost., Nuclear Fuel Elements: Design, Fabrication and Performance, Elsevier Science, 2013.

شماره درس۴۶۵۴۳

نام درس: پسمانداری هسته ای

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: تخصصی اختیاری ۳
پیشنیاز: فیزیک هسته ای و چرخه سوخت هسته ای	همنیاز: -
مقطع: تحصیلات تکمیلی	اولین نیمسال ارائه: ۲-۱۳۸۷
گروه: مهندسی هسته ای	آخرین ویرایش: ۱۳۹۶/۱۰

اهداف:هدف این درس آشنائی با پسمان های پرتوزای تولید شده در فرایند های مختلف چرخه سوخت هسته ای، طبقه بندی پسمان های پرتو زا و روش های آمایش و دفن این پسمان ها است.

سرفصل ها:

۱۰) **تولید پسمان هسته ای:** استخراج و تخلیص اورانیم- تغلیظ اورانیم- ساخت میله های سوخت- عملیات راکتور و بازفرآوری

۱۱) **پرتوزایی پسمان هسته ای:** تعاریف- کاهش حجم پسمان و تبدیل پسمان سطح پایین به قالب یکپاچه جامد- انبار کردن سوخت مصرف شده- فن آوری تبدیل پسمان مایع ناشی از بافرآوری سوخت- جامد سازی پسمان TRU- تاریخچه دفن پسمان- فن آوری دفن پسمان سطح پایین

۱۲) **فن آوری دفن پسمان سطح بالا:** ایده مانع چند لایه- آنالیز حرارتی پسمان دفن شده- قوانین و دستورالعمل های دفن پسمان- هیدرولوژی محل دفن پسمان- حرکت رادیونوکلیدها- مدلسازی ریاضی برای ارزیابی کارایی دفن پسمان- پسمان هسته ای و آینده صنعت هسته ای

مراجع:

1-J. Saling,W. Fentiman, Radioactive Waste Management, Taylor andFrancis, 2002.

2- R. L. Murray, Understanding Radioactive Waste, Battelle Press, 2003.

3- D. F. Lau, Radioactivity and Nuclear Waste Disposal, John Wiley and Sons, 1987.

شماره درس۴۶۵۴۷

نام درس: مباحث ویژه در طراحی تجهیزات فرایندی

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: تخصصی اختیاری ۳
پیشنیاز: فیزیک هسته ای و چرخه سوخت هسته ای	همنیاز: -
مقطع: تحصیلات تکمیلی	اولین نیمسال ارائه: ۱-۱۳۹۰
گروه: مهندسی هسته ای	آخرین ویرایش: ۱۳۹۶/۱۰

اهداف: طراحی تجهیزات فرایندی زمینه ای است در مهندسی شیمی که در آن با ترکیب جنبه های مختلف محاسباتی(سیالات، انتقال حرارت، انتقال جرم، و غیره) به طراحی ماشین آلات صنایع شیمیایی می پردازند. در ایران درس "طراحی تجهیزات فرآیندی" یکی از دروس کارشناسی ارشد رشته طراحی فرآیند می باشد. مباحث مطرح شده در این درس عمدتا بر روی سیستم های جابجایی سیالات (پمپها، کمپرسورها، وغیره) و نیز مخازن تحت فشار متمرکز است. ولی جای مباحث دیگر نظیر طراحی رده مهمی از تجهیزات رایج در آن خالی است. درس "مباحث ویژه در طراحی تجهیزات فرآیندی " بر آن است که تا حد ممکن این خلاء را بویژه در ارتباط با تجهیزات بکار رفته در مهندسی چرخه سوخت و فرآوری اورانیم پر نماید

سرفصل ها:

۱) **میکسرهای جامد-مایع:** دسته بندی فرایندها از لحاظ نوع اختلاط مورد نیاز و نوع پروانه های مورد نیاز- طراحی هندسی میکسرها- بررسی انواع فرآیندهای جامد-مایع و نیز راکتورهای پیوسته و ناپیوسته از لحاظ نحوه تعلیق جامدو بررسی سیستم های خروج جامد و مایع از راکتور- شدت اختلاط مورد نیاز و محاسبه دور و توان مصرفی در هر حالت با استفاده از روشهای چهارگانه- انتقال حرارت در سیستم های همزن دار- انتقال جرم در سیستم های همزن دار- مباحث فرعی در میکسرها

۲) **تجهیزات استخراج حلالی فلزات:** طراحی میکسر، ستلرها- ستون های استخراج دیفرانسیلی

۳) **طراحی سیستم های جذب جامد-مایع و مبادله یون:** روشهای مختلف محاسبه ستونهای جذب- جذب در راکتورهای همزن دار

۴) **طراحی تبخیر کن ها:** بررسی عملی انواع تبخیر کن ها- طراحی تفصیلی تبخیر کن ها با گردش طبیعی- تبخیر کن با گردش اجباری

۵) **طراحی مبدل های حرارتی و سرمایشی خاص:** طراحی تفصیلی هیترهای با المنت الکتریکی- سیستم های گرمایش وسرمایش روغن دار

۶) **طراحی ستونهای تقطیر ناپیوسته:** موازنه جرم و معادله Rayleigh- محاسبه انتقال حرارتی جوش آور و تعیین شدت تبخیر- محاسبه قطر ستون- محاسبه ارتفاع ستون- مقایسه روش های محاسبه ارتفاع معادل یک طبقه با روشهای مختلف

۷) **طراحی جذب کننده های گازی:** جذب گازهای رقیق با سیستم های شستشو(اسکرابر)- جذب گازهای غلیظ با برجهای پرشده- جذب گازهای غلیظ با برجهای Falling film

مراجع:

1-Walas, S. M. Chemical Process Equipments: Selection and Design; Butterworths, 1988.

2-Zelokarnik, M. Stirring Theory and Practice; Wiley-VCH, 2001.

3- Holland, F. A.,Chapman, F. S., Liquid Mixing and Processing in Stirred Tanks, Van Nostrand Reinhold Inc., 1966.

4- Godfrey, J. C., Slater, M. J., Liquid-Liquid Extraction Equipment, John Wiley, 1995.

5-Seader, J. D., Henley, E. J., Separation Process Principles, Wiley, 2005.

شماره درس۴۶۵۴۱

نام درس: شیمی و فرآیند تولید رادیوایزوتوپ‌ها

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: تخصصی اختیاری ۳
پیشنیاز: فیزیک هسته ای	همنیاز:
مقطع: تحصیلات تکمیلی	اولین نیمسال ارائه: ۲-۱۳۸۷
گروه: مهندسی هسته ای	آخرین ویرایش: ۱۳۹۶/۱۰

اهداف: هدف این درس ارائه مبانی بنیادی تولید و خالص‌سازی شیمیائی انواع مختلف رادیوایزوتوپ‌ها است که دارای کاربرد وسیع در صنعت و همچنین تشخیص و درمان پزشکی می‌باشند. رادیوایزوتوپ‌هایی که مصرف پزشکی دارند (رادیوداروها) مورد تاکید بیشتری قرار خواهند گرفت.

سرفصل ها:

۱) واکنش‌های هسته‌ای
۲) سطح مقطع و راندمان تولید واکنش‌های هسته‌ای
۳) تولید رادیوایزوتوپ توسط شتاب‌دهنده‌ها
۴) تولید رادیوایزوتوپ توسط راکتور
۵) فعال‌سازی نوترونی
۶) روش‌های خالص‌سازی
۷) جنبه‌های شیمیائی انتخاب ماده هدف
۸) تاسیسات و تجهیزات فرایند خالص‌سازی

مراجع:

1- G. Friedlander, J. Kennedy, E. Macias and J. Miller,Nuclear and Radiochemistry,John Wiley, 1981.

2- Cyclotron Produced Radionuclides: Physical Characteristics and Production Methods, Technical Reports Series 468, IAEA, 2009.

شماره درس۴۶۵۴۹

نام درس: پسماندداری هسته ای پیشرفته

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: تخصصی اختیاری ۳
پیشنیاز: چرخه سوخت هسته ای	همنیاز: -
مقطع: تحصیلات تکمیلی	اولین نیمسال ارائه: ۲-۱۳۸۷
گروه: مهندسی هسته ای	آخرین ویرایش: ۱۳۹۶/۱۰

اهداف: مدیریت پسمان های پرتوزا یک مقوله بسیار پیچیده تکنیکی-اجتماعی است. هدف این درس ارائه آخرین دستاوردهای علمی در سطح جهانی برای مدیریت بهینه این پسمان ها است. تاکید اصلی بر روی پسمان های تولید شده در فرایند های انتهائی چرخه سوخت هسته ای خواهد بود.

سرفصل ها:

۹) دانش علمی مدیریت پسمان های پرتوزا
۱۰) سنجش اثرات زیست محیطی و ایمنی در پسمان های پرتوزا با طول عمر بسیار زیاد
۱۱) تکنیک های عملیاتی و استراتژی های مختلف مدیریت پسمان
۱۲) انتخاب راه حل مناسب برای مدیریت هر یک از انواع پسمان های پرتوزا
۱۳) انهدام و رفع آلودگی تاسیسات هسته ای
۱۴) آشنائی با مقررات و نرم های تعامل و همکاری بین موسسات فعال در زمینه مدیریت پسمان های
۱۵) ملاحظات اجتماعی در مدیریت پسمان های پرتوزا- پذیرش عمومی

مراجع:

1- G. Friedlander, J. Kennedy, E. Macias and J. Miller,Nuclear and Radiochemistry,John Wiley, 1981.

2- Cyclotron Produced Radionuclides: Physical Characteristics and Production Methods, Technical Reports Series 468, IAEA, 2009.

شماره درس۴۶۵۵۱

نام درس: مواد هسته ای پیشرفته

نوع درس: نظری
پیشنیاز: مواد هسته ای
مقطع: تحصیلات کمیلی
گروه: مهندسی هسته ای

نوع و بیشینه واحد: تخصصی اختیاری ۳
همنیاز: -
اولین نیمسال ارائه: ۲-۱۳۸۷
آخرین ویرایش: ۱۳۹۶/۱۰

اهداف: هدف این درس ارائه قابلیت فهم عمیق از رفتار مواد هسته ای و بخصوص سوخت هسته ای در راکتورهای هسته ای است. آشنائی با مدلسازی و شبیه سازی رفتار ترموهیدرولیکی سوخت که کاربرد روز افزونی در سال های اخیر پیدا کرده است مورد تاکید قرار خواهد گرفت.

سرفصلها:

۱) ترمو دینامیک و ترمو فیزیک مواد و سوخت هسته ای
۲) مدلسازی رفتار ترموهیدرولیکی مواد و سوخت هسته ای
۳) پایداری میکرو ساختارهای پیچیده در برابر پرتو
۴) نمک های مذاب برای کاربردهای هسته ای
۵) مواد ساختاری و مواد عاملی برای راکتورهای شکافت و همجوشی
۶) مدل سازی و شبیه سازی رفتار مواد ساختاری
۷) رفتار سوخت در محیط پرتوزائی نوترونی، بررسی رفتار سوخت بعد از پرتودهی سوخت
۸) بررسی رفتار سوخت در حادثه های شدید هسته ای

مراجع:

1-S. Gary, Fundamentals of Radiation Materials Science, Springer, 2007.

2- D. R. Olander, Fundamental Aspects of Nuclear Reactor Fuel Elements, TID-26711-P1, National Technical Information Services, 1976.

شماره درس: ۴۶۵۵۲

نام درس: چرخه سوخت ۱

نوع درس: نظری	نوع و پیشینه واحد: تخصصی اجباری ۳
پیشنیاز:-	همنیاز: -
مقطع: تحصیلات تکمیلی	اولین نیمسال ارائه: ۲-۱۳۸۶
گروه: مهندسی هسته ای	آخرین ویرایش: ۱۳۹۶/۱۰

اهداف: درس چرخه سوخت ۱ در نظر دارد دانشجویان را با مبانی چرخه سوخت در داخل و خارج راکتور و نیز شیمی و فرایند تولید مواد مهم در صنعت هسته ای شامل اورانیم، پلوتونیم، توریم ، زیرکونیم وگرافیت آشنا سازد.

سرفصل ها:

۱- مبانی مهندسی شیمی نیروگاه های هسته ای: شکافت هسته ای، ساختار انواع راکتورهای هسته ای، دیاگرام کلی چرخه سوخت راکتورهای مختلف و محاسبات جرم و انرژی آنها ، عملیات چرخه سوخت، چرخه سوخت راکتورهای گداخت.

۲-مبانی استخراج حلالی فلزات: لیگاندها و استخراج حلالی فلزات، ضریب توزیع و عوامل موثر بر آن ، محاسبات استخراج چند مرحله ای ، محاسبات استخراج و شستشوی توام، تجهیزات استخراج حلالی.

۳- اورانیم: ایزوتوپهای اورانیم، شیمی اورانیم، منابع و معادن اورانیم، استخراج اورانیم از سنگ معدن، فناوری تبدیل اورانیم، تولید فلز اورانیم.

۴- چرخه سوخت در داخل راکتور اتمی: زنجیره های واپاشی و محاسبات آنها، اثر نوترون بر روی مواد، تولید و واپاشی رادیو ایزوتوپها.

۵- باز فرآوری پلوتونیم: اهداف واهمیت باز فرآوری، انواع فرایند های تر وخشک باز فرآوری، روش پورکس.

۶-توریم، وسایر مواد مهم هسته ای: ایزوتوپهای توریم، منابع توریم، روشهای استخراج توریم، تولید زیرکونیم فلزی، تولید گرافیت هسته ای

مراجع

1- Benedict; Pigford; Levi, Nuclear Chemical Engineering, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1981 .

2-Cochran, Tsoulfanidis; Miller, Nuclear Fuel Cycle: Analysis and Management, 2nd Edition, American Nuclear Society, 1993.

۳- چرخه سوخت هسته ای ، تالیف هیئت مولفان زیر نظر دکتر فنادی مراغه، انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای

شماره درس:۴۶۵۵۲

نام درس: چرخه سوخت ۲

نوع درس: نظری	نوع و بیشینه واحد: تخصصی اختیاری ۳
پیشنیاز: پسماندای هسته ای	همنیاز: -
مقطع: تحصیلات تکمیلی	اولین نیمسال ارائه: ۲-۱۳۹۶
گروه: مهندسی هسته ای	آخرین ویرایش: ۱۳۹۶/۱۰

اهداف: این درس سعی دارد تا در ادامه درس چرخه سوخت۱، مبانی جداسازی ایزوتوپی را به همراه روشهای مهم جداسازی ایزوتوپی عناصر سنگین (اورانیم) و عناصر سبک (عمدتا دوتریم و آب سنگین) به دانشجویان کارشناسی ارشد و دکترا بیاموزد.

سرفصل ها:

۱) **اصول کلی جداسازی ایزوتوپی:** اهمیت وکاربرد جداسازی ایزوتوپی- ایزوتوپهای مهم در مهندسی هسته ای- تعاریف اولیه- محاسبه شدت جریانها و ترکیب درصد آنها در ابشار ایده آل و ایده آل تعمیم یافته- مفهوم پتانسل جداسازی و تابع ارزش اصلی- کار جداسازی- ظرفیت جداسازی و اهمیت آن- روش دیراک برای فرمولاسیون آبشارهای ایده آل- آبشار دینامیک و راه اندازی واحدهای جداسازی ایزوتوپی- انواع زمانهای تعادل- محاسبه زمان راه اندازی- بررسی جنبه های کلی اقتصادی جداسازی ایزوتوپی- محاسبه غنای بهینه پسماند- بررسی آبشارهای نامتقارن- جداسازی سه ایزوتوپی

۲) **جداسازی ایزوتوپی عناصر سنگین:** روش پخش گازی- روش سانتریفوژ گازی- روش های لیزری- روشهای کمتر مهم

۳) **جداسازی ایزوتوپی عناصر سبک:** ایزوتوپهای هیدروژن- تولید آب سنگین به وسیله تقطیر آب- تولید آب سنگین با روش الکترولیز- تولید آب سنگین با روش تبادل شیمیایی- بررسی جداسازی ایزوتوپی سایر عناصر سبک

مراجع:

1- Benedict, M..,Pigford, T., Levi, H. W., Nuclear Chemical Engineering, McGraw-Hill, 1981.

2- Cohen, K P.,The Theory of Isotope Separation as Applied to the Large Scale Production of U 235; McGraw-Hill, 1951.

3- Murphy, G. M., Production of Heavy Water, McGraw-Hill, 1955.