جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری

بـرنـامـــه درســـی

(بازنگری شده)

مقطع کارشناسی ارشد

گرایش: مهندسی راکتور – مهندسی چرخه سوخت – مهندسی پرتوپزشکی – کاربرد پرتوها – گداخت هسته‌ای – مهندسی فیزیک بهداشت

گروه: فنی و مهندسی

کمیته مهندسی هسته‌ای

مصوبه هشتصد و سی و نهمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی

وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری مورخ ۹۲/۵/۱۳

بسم الله الرّحمن الرّحیم

برنامه درسی بازنگری شده مقطع کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای

گروه: فنی و مهندسی

کمیته تخصصی: مهندسی هسته‌ای

رشته: مهندسی هسته‌ای

گرایش: مهندسی راکتور– مهندسی چرخه سوخت – مهندسی پرتوپزشکی– کاربرد پرتوها – گداخت هسته‌ای – مهندسی فیزیک بهداشت

مقطع: کارشناسی ارشد

کد رشته:

شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی، در هشتصد و سی و نهمین جلسه مورخ ۹۲/۵/۱۳، برنامه درسی بازنگری شده مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی هسته‌ای گرایش: مهندسی راکتور– مهندسی چرخه سوخت – مهندسی پرتوپزشکی – کاربرد پرتوها – گداخت هسته‌ای – مهندسی فیزیک بهداشت **را به شرح زیر تصویب کرد:**

ماده ۱: **برنامه درسی بازنگری شده مقطع** کارشناسی ارشد رشته مهندسی هسته‌ای **گرایش: مهندسی راکتور – مهندسی چرخه سوخت – مهندسی پرتوپزشکی – کاربرد پرتوها – گداخت هسته‌ای – مهندسی فیزیک بهداشت از تاریخ تصویب برای کلیه دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی کشور که مشخصات زیر را دارند، لازم‌الاجراء است:**

الف) دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی که زیر نظر وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری اداره می‌شوند.

ب) مؤسساتی که با اجازه رسمی وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری و بر اساس قوانین تأسیس می‌شوند و تابع مصوبات شورای گسترش آموزش عالی هستند.

ماده ۲: **این برنامه از تاریخ ۹۲/۵/۱۳ جایگزین برنامه درسی مهندسی هسته ای گرایش مواد و چرخه سوخت،مهندسی پرتو پزشکی،مهندسی راکتور مصوب دویست و چهلمین جلسه شورای برنامه ریزی آموزش عالی مورخ۷۱/۳/۳۱ و برنامه درسی کارشناسی ارشد گرایش گداخت مصوب جلسه ششصد و شصت و پنجمین جلسه شورای برنامه ریزی آموزش عالی مورخ۸۶/۱۰/۲۲ وبرنامه درسی کارشناسی ارشد انرژی های تجدید پذیر مصوب جلسه ششصد و شانزدهمین جلسه شورای برنامه ریزی اموزش عالی مورخ۸۵/۱۱/۷ شد و برای دانشجویانی که از این تاریخ به بعد وارد دانشگاه می‌شوند، لازم‌الاجرا است.**

ماده ۳: **برنامه درسی بازنگری شده مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی هسته‌ای گرایش: مهندسی راکتور – مهندسی چرخه سوخت – مهندسی پرتوپزشکی – کاربرد پرتوها – گداخت هسته‌ای – مهندسی فیزیک بهداشت در سه فصل: مشخصات کلی، جداول دروس و سرفصل دروس**

برای اجراء به دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی ابلاغ می‌شود.

رأی صادرهٔ هشتصد و سی نهمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مورخ ۹۲/۵/۱۳ درخصوص برنامه درسی بازنگری شده مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی هسته‌ای گرایش: مهندسی راکتور – مهندسی چرخه سوخت – مهندسی پرتوپزشکی – کاربرد پرتوها – گداخت هسته‌ای – مهندسی فیزیک بهداشت:

۱. برنامه درسی بازنگری شده مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی هسته‌ای گرایش: مهندسی راکتور –مهندسی چرخه سوخت –مهندسی پرتوپزشکی –کاربرد پرتوها –گداخت هسته‌ای –مهندسی فیزیک بهداشت که از سوی گروه فنی و مهندسی شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی پیشنهاد شده بود، با اکثریت آراء به تصویب رسید.

۲. این برنامه از تاریخ تصویب به مدت پنج سال قابل اجراء است و پس از آن نیازمند بازنگری است.

سعید قدیمی
دبیر شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی

حسین نادری منش
نایب رئیس شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی

فهرست

فصل اول: مشخصات کلی.....۵

فصل دوم: برنامه دروس.....۷

۱-گرایش مهندسی راکتور.....۸

۲-گرایش مهندسی چرخه سوخت.....۱۱

۳- گرایش مهندسی پرتوپزشکی.....۱۴

۴- گرایش مهندسی کاربرد پرتوها.....۱۷

۵-گرایش مهندسی گداخت هسته ای.....۲۰

۶-گرایش مهندسی فیزیک بهداشت.....۲۳

۷-دروس مشترک.....۲۶

فصل سوم: سرفصل دروس.....۲۷

فصل اول
مشخصات کلی

بسم الله الرحمن الرحیم

مشخصات کلی دوره کارشناسی ارشد مهندسی هسته ای

مقدمه:

رشد سریع و روز افزون علوم مختلف در جهان به ویژه در چند دهه اخیر، لزوم برنامه ریزی مناسب و تلاش مضاعف جهت هماهنگی با پیشرفت های گسترده علمی و صنعتی را ضروری می سازد. بدون شک خودباوری و استفاده مطلوب از خلاقیت های انسانی و ثروت های ملی از مهم ترین عواملی است که در این راستا می توانند مثمرثمر واقع شوند و در حقیقت با برنامه ریزی مناسب و استفاده از ابزار و امکانات موجود می توان در مسیر ترقی و پیشرفت کشور گام نهاد.

در کشور ما خوشبختانه بعد از پیروزی انقلاب اسلامی و به ویژه در برنامه های پنج سال اول تا چهارم توسعه اقتصادی، سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی در بخش های مختلف صنعت صورت گرفته است که نتایج مثبت آن به تدریج نمایان شده و نظر به روح حاکم در برنامه سوم و چهارم، امید می رود که در سال های آینده بیشتر به ثمر برسد. بدیهی است سرمایه گذاریها باید صرف ایجاد بستر به منظور تولید فناوری و نه انتقال آن گردد.گرچه انتقال فناوری ممکن است در کوتاه مدت کارساز باشد ولی در دراز مدت مشکلات را حل نخواهد کرد.

بدون تردید پیشرفت صنعتی و حرکت به سوی استقلال و خود کفائی که از اهداف والای انقلاب اسلامی است، بدون توجه کافی به امر تحقیقات میسر نبوده و تحقق مراتب آموزش در بالاترین سطح و پژوهش در مرزهای دانش واستفاده از فناوری پیشرفته را ایجاب می نماید. در این راستا، اجرای هر پروژه عمرانی در مراحل مختلف مطالعات اولیه، طرح، اجرا و کنترل‌های بعدی، نیازمند برنامه ریزی مناسب و استفاده مطلوب از آموزش در سطوح مختلف می باشد. آمارهای ارائه شده از جذب فارغ التحصیلان این مجموعه بوسیله وزارتخانه ها و ارگانهای دولتی و بخش خصوصی، اهمیت والای آموزش در مقاطع تحصیلات تکمیلی را نشان می‌دهد.

گروه فنی و مهندسی شورای عالی برنامه ریزی با اتکال به خداوند متعال و با امید به فراهم شدن زمینه های لازم برای ارتقاء در زمینه آموزش های فنی و مهندسی و با تجربیات پیشین در تهیه برنامه های درسی، اقدام به بازنگری کلی و اساسی مجموعه تحصیلات تکمیلی مهندسی هسته ای (مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری) نموده و شرط موفقیت را مشارکت و حمایت شایسته از جانب دانشگاهها در ارائه این دوره ها، تقویت و گسترش مراکز تحقیقاتی، تاسیس مراکز تحقیق و توسعه در صنعت و ارتباط منسجم آنها با دانشگاهها می‌داند. دستیابی به بالاترین سطح از علم و فناوری گرچه دشوار می باشد، لکن ضرورتی است که در سایه استعداد های درخشان جوانان کشور، که تاریخ شاهد بروز شکوفایی آن در مقاطع مختلف بوده است، از یکطرف و اعتقاد عمیق مراکز صنعتی به نیاز به ارتقاء کیفیت تولیدات خود از طرف دیگر به سادگی میسر می نماید. به امید آنکه درآینده ای نزدیک مجدداً شاهد زعامت مسلمین در علوم و فناوری باشیم.

نظربراینکه برنامه تحصیلات تکمیلی رشته مهندسی هسته ای با در نظرگرفتن آئین نامه دوره های مصوب شورای عالی برنامه ریزی تدوین و بازنگری شده است، از ذکر مواد و تبصره های مندرج درآن آئین نامه خوداری شده است.

الف– دوره کارشناسی ارشد

۱- تعریف و هدف

دوره کارشناسی ارشد یکی از دوره های آموزشی و پژوهشی آموزش عالی است. این دوره، شامل تعدادی دروس نظری، کاربردی، آزمایشگاهی و برنامه تحقیقاتی جهت افزایش اطلاعات متخصصان مهندسی هسته ای می‌باشد که زمینه کافی جهت درک و توسعه آنچه در مرزهای تکنیک در زمان حال در این رشته ها می گذرد را فراهم می‌آورد. هدف آن تربیت افرادی است که توانایی لازم جهت طراحی و نظارت بر اجرای پروژه‌های تخصصی در زمینه گرایش مربوطه را داشته باشند. ضمناً دانش‌آموختگان این دوره توان تحقیقاتی کافی جهت حل مسائلی را که در زمینه حرفهٔ خود با آن مواجه می شوند را دارا هستند.

دوره کارشناسی ارشد مهندسی هسته ای متشکل از گرایش های زیر می باشد:

۱-گرایش مهندسی راکتور

۲-گرایش مهندسی چرخه سوخت

۳- گرایش مهندسی پرتوپزشکی

۴- گرایش مهندسی کاربرد پرتوها

۵-گرایش مهندسی گداخت هسته ای

۶-گرایش مهندسی فیزیک بهداشت

۲- نقش و توانایی

از فارغ التحصیلان دوره کارشناسی ارشد مهندسی هسته ای انتظار می رود در طرح های مهم کشور نقش بسیار موثر داشته و ضمن اشراف بر کلیه روش های علمی و فنی طرح و اجرای پروژه ها، بتواند بهترین گزینه موجود طراحی و اجرا را انتخاب و پروژه های را در بهترین کیفیت طراحی و اجرا نماید.

۳- شرایط پذیرش دانشجو

دانشجویان این دوره از طریق آزمون ورودی و از بین دانش آموختگان کارشناسی مهندسی هسته ای و یا رشته‌های مرتبط و مطابق با ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری انتخاب می شوند.

۴- طول دوره وشکل نظام

نظام کارشناسی ارشد شامل دو بخش آموزشی (دروس نظری و عملی) و پژوهشی (سمینار و روش تحقیق و پایان نامه) می باشد. طول مدت لازم برای اتمام کل این دوره ۲ سال است. حداقل و حداکثر مدت مجاز اتمام این دوره مطابق آیین نامه دوره کارشناسی ارشد می باشد. نظام آموزشی آن واحدی است و کلیه دروس نظری و سمینار و پایان نامه در ۴ نیمسال ارائه می شود. زمان هر نیمسال ۱۶ هفته است .

۵- تعداد واحدهای درسی و پژوهشی

- تعداد واحدهای درسی و پژوهشی گرایش مهندسی طراحی راکتور ۳۲ واحد به شرح زیر می باشد:
  - دروس الزامی: ۱۶ واحد
  - دروس اختیاری: ۹ واحد
  - سمینار و روش تحقیق: ۱ واحد
  - پایان نامه: ۶ واحد
- تعداد واحدهای درسی و پژوهشی گرایش مهندسی چرخه سوخت هسته ای ۳۲ واحد به شرح زیر می باشد:

- دروس الزامی: ۱۶ واحد
- دروس اختیاری: ۹ واحد
- سمینار و روش تحقیق:۱ واحد

- پایان نامه: ۶ واحد

تعداد واحدهای درسی و پژوهشی گرایش مهندسی پرتوپزشکی ۳۰ واحد به شرح زیر می باشد:

- دروس الزامی: ۱۴ واحد
- دروس اختیاری: ۹ واحد
- سمینار و روش تحقیق:۱ واحد
- پایان نامه: ۶ واحد

تعداد واحدهای درسی و پژوهشی گرایش مهندسی کاربرد پرتوها ۳۲ واحد به شرح زیر می باشد:

- دروس الزامی: ۱۷ واحد
- دروس اختیاری: ۸ واحد
- سمینار و روش تحقیق:۱ واحد
- پایان نامه: ۶ واحد

تعداد واحدهای درسی و پژوهشی گرایش مهندسی گداخت هسته ای ۳۲ واحد به شرح زیر می باشد:

- دروس الزامی: ۱۵ واحد

- دروس اختیاری: ۹ واحد
- سمینار و روش تحقیق:۲ واحد
- پایان نامه: ۶ واحد

تعداد واحدهای درسی و پژوهشی گرایش مهندسی فیزیک بهداشت ۳۲ واحد به شرح زیر می باشد:

- دروس الزامی: ۲۰ واحد

- دروس اختیاری: ۶ واحد
- سمینار و روش تحقیق:۰ واحد
- پایان نامه: ۶ واحد

۶- نحوه اخذواحدهای درسی دردوره کارشناسی ارشد

اخذ واحدهای درسی برای دوره کارشناسی ارشد باید طبق جداول دروس ارائه شده برای گرایشهای مختلف در بخش دروس الزامی و اختیاری و همچنین مطابق بندهای زیر باشد.

۱. در دوره کارشناسی ارشد، در صورت تایید استاد راهنما و گروه مربوطه، دانشجو می‌تواند حداکثر یک درس اختیاری خود را از سایر گرایش های مهندسی هسته ای یا سایر رشته های مرتبط اخذ نماید.

۲. در دوره های کارشناسی ارشد آموزش محور، دانشجو موظف است درس سمینار و روش تحقیق را گذرانده و معادل واحد پایان نامه (۶ واحد)، درس اختیاری از گرایش مربوط به خود اخذ نماید.

۳. درس سمینار و روش تحقیق همانند سایر دروس دارای سیلابس بوده و اصول روش انجام تحقیق توسط استاد مربوطه تدریس خواهد شد. هدف از این درس ایجاد توانمندی در دانشجو برای ارائه شفاهی نتایج یک تحقیق و آشنایی با روش تحقیق می‌باشد.

۴. اگر دانشکده‌ای مایل به ارائه یک یا چند درس اختیاری باشد که در لیست دروس ارائه شده توسط وزارت نباشد، می باید سیلابس درس پیشنهادی را پس از بررسی مراجع ذیصلاح دانشگاه جهت بررسی به دفتر برنامه ریزی درسی وزارت ارسال نماید.

فصل دوم

برنامه دروس

گرایش مهندسی راکتور

تعداد کل واحدهای دوره ۳۲ واحد به شرح مندرج در جدول ۱ می‌باشد. دروس این گرایش باید مطابق جدول ۲ برای دروس جبرانی، جدول ۳ برای دروس الزامی و جدول ۴ برای دروس اختیاری اخذ شود.

جدول ۱-۱- دروس و تعداد واحدهای دوره

دروس	تعداد واحد
دروس الزامی	۱۶
دروس اختیاری	۹
سمینار	۱
پایان نامه	۶

جدول ۱-۲- دروس جبرانی گرایش مهندسی راکتور

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
۱	** فیزیک هسته‌ای(جبرانی)	۳	۴۸	-	۴۸	-
۲	** آزمایشگاه فیزیک هسته ای(جبرانی)	۱	-	۳۲	۳۲	-
۳	* اصول ترموهیدرولیک(جبرانی)	۴	۶۴	-	۶۴	-

* فارغ‌التحصیلان رشته‌های مهندسی مکانیک، مهندسی شیمی و مهندسی مواد نیاز به اخذ درس جبرانی فوق ندارند.

** فارغ‌التحصیلان رشته فیزیک نیاز به اخذ دروس جبرانی فوق ندارند.

جدول ۱-۳- دروس الزامی گرایش مهندسی راکتور

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
۴	فیزیک بهداشت	۳	۴۸	-	۴۸	-
۵	فیزیک راکتور ۱	۳	۴۸	-	۴۸	-
۶	آزمایشگاه راکتور	۱	-	۳۲	۳۲	فیزیک راکتور۱
۷	انتقال حرارت هسته ای	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک راکتور ۱ اصول ترموهیدرولیک
۸	تکنولوژی نیروگاه‌های هسته ای	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک راکتور ۱ انتقال حرارت هسته ای
۹	فیزیک راکتور۲	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک راکتور ۱

جدول ۱-۴- دروس اختیاری گرایش مهندسی راکتور

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
۱۰	جریان های دوفازی	۳	۴۸	–	۴۸	انتقال حرارت هسته ای
۱۱	محاسبات عددی پیشرفته	۳	۴۸	–	۴۸	–
۱۲	حفاظ سازی(شیلدینگ)	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک راکتور۱
۱۳	فیزیک راکتورهای سریع زاینده	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک راکتور۱-اصول ترموهیدرولیک
۱۴	ایمنی راکتورهای هسته ای	۳	۴۸	–	۴۸	دینامیک راکتور ها- انتقال حرارت هسته ای
۱۵	فیزیک راکتور پیشرفته	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک راکتور۲
۱۶	مواد هسته ای۱	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک هسته ای
۱۷	مواد هسته ای۲	۳	۴۸	–	۴۸	مواد هسته ای ۱
۱۸	چرخه سوخت۱	۳	۴۸	–	۴۸	تکنولوژی نیروگاه های هسته ای
۱۹	چرخه سوخت۲	۳	۴۸	–	۴۸	چرخه سوخت ۱
۲۰	فیزیک راکتورهای گداخت۱	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک هسته ای
۲۱	فیزیک راکتورهای گداخت۲	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک راکتورهای گداخت۱
۲۲	مباحث پیشرفته در مواد	۳	۴۸	–	۴۸	مواد هسته ای۲
۲۳	مباحث پیشرفته در ایمنی و حفاظت هسته ای	۳	۴۸	–	۴۸	ایمنی راکتورهای هسته ای
۲۴	مباحث پیشرفته در مهندسی راکتور	۳	۴۸	–	۴۸	تکنولوژی نیروگاه هسته ای
۲۵	مباحث پیشرفته در راکتورهای گداخت	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک راکتورهای گداخت۲
۲۶	مدیریت سوخت	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک راکتور۱
۲۷	اقتصاد انرژی هسته ای	۳	۴۸	–	۴۸	–
۲۸	کاربردروش مونت کارلودر محاسبات هسته‌ای	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک راکتور۱
۲۹	دینامیک راکتورها	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک راکتور۱
۳۰	آزمون انواع سوخت، مواد هسته ای و مواد ساختمانی راکتورها پس از تابش دهی	۳	۴۸	–	۴۸	–
۳۱	پسمانداری در تمامی مراحل چرخه سوخت	۳	۴۸	–	۴۸	–

	(از معدن تا سوخت مصرف شده)					
۳۲	تئوری ترانسپورت	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک راکتور۱
۳۳	آشنایی با کدهای هسته ای (کارگاه)	۲	–	۹۶	۹۶	–

۲- گرایش مهندسی چرخه سوخت هسته‌ای

تعداد کل واحدهای دوره ۳۲ واحد به شرح مندرج در جدول ۱ می‌باشد. دروس این گرایش باید مطابق جدول ۲ برای دروس جبرانی، جدول ۳ برای دروس الزامی و جدول ۴ برای دروس اختیاری اخذ شود.

جدول ۲-۱- دروس و تعداد واحدهای دوره

دروس	تعداد واحد
دروس الزامی	۱۶
دروس اختیاری	۹
سمینار	۱
پایان نامه	۶

جدول ۲-۲- دروس جبرانی گرایش مهندسی چرخه سوخت هسته‌ای

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
۴۰	*شیمی عملیات چرخه سوخت(جبرانی)	۳	۴۸	–	۴۸	–
(۱)	*** فیزیک هسته‌ای (جبرانی)	۳	۴۸	–	۴۸	–
(۲)	*** آزمایشگاه فیزیک هسته ای(جبرانی)	۱	–	۳۲	۳۲	–
(۳)	** اصول ترموهیدرولیک(جبرانی)	۴	۶۴		۶۴	–

* فارغ‌التحصیلان رشته مهندسی شیمی نیاز به اخذ درس جبرانی فوق ندارند.

** فارغ‌التحصیلان رشته های مهندسی مکانیک، مهندسی شیمی و مواد نیاز به اخذ درس جبرانی فوق ندارند.

*** فارغ‌التحصیلان رشته فیزیک نیاز به اخذ دروس جبرانی فوق ندارند.

جدول ۲-۳- دروس الزامی گرایش مهندسی چرخه سوخت هسته‌ای

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
(۴)	فیزیک بهداشت	۳	۴۸	-	۴۸	-
(۵)	فیزیک راکتور ۱	۳	۴۸	-	۴۸	-
(۶)	آزمایشگاه راکتور	۱	-	۳۲	۳۲	-
۴۱	آزمون انواع سوخت، مواد هسته ای و مواد ساختمانی راکتورها پس از تابش دهی	۳	۴۸	-	۴۸	-
۴۲	مواد هسته‌ای ۱	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک هسته ای
۴۳	چرخه سوخت ۱	۳	۴۸	-	۴۸	تکنولوژی نیروگاه هسته ای

جدول ۲-۴- دروس اختیاری گرایش مهندسی چرخه سوخت هسته‌ای

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
(۷)	انتقال حرارت هسته ای	۳	۴۸	-	۴۸	-
(۸)	تکنولوژی نیروگاه های هسته ای	۳	۴۸		۴۸	-
(۱۰)	جریان های دوفازی	۳	۴۸	-	۴۸	انتقال حرارت هسته ای
(۱۱)	محاسبات عددی پیشرفته	۳	۴۸	-	۴۸	-
(۱۲)	حفاظ سازی(شیلدینگ)	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک راکتور۱
(۱۳)	فیزیک راکتورهای سریع زاینده	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک راکتور۱- اصول ترموهیدرولیک
(۱۴)	ایمنی راکتورهای هسته ای	۳	۴۸	-	۴۸	دینامیک راکتور ها- انتقال حرارت هسته ای
(۱۵)	فیزیک راکتور پیشرفته	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک راکتور۲
(۹)	فیزیک راکتور ۲	۳	۴۸	-	۴۸	-
(۱۷)	مواد هسته ای۲	۳	۴۸	-	۴۸	مواد هسته ای۱
(۱۹)	چرخه سوخت۲	۳	۴۸	-	۴۸	چرخه سوخت۱
(۲۰)	فیزیک راکتورهای گداخت۱	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک هسته ای
(۲۱)	فیزیک راکتورهای گداخت۲	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک راکتور های گداخت ۱
(۲۲)	مباحث پیشرفته در مواد	۳	۴۸	-	۴۸	مواد هسته ای۲
(۲۳)	مباحث پیشرفته در ایمنی و حفاظت هسته ای	۳	۴۸	-	۴۸	ایمنی راکتورهای هسته ای
(۲۴)	مباحث پیشرفته در مهندسی راکتور	۳	۴۸	-	۴۸	تکنولوژی نیروگاه های هسته ای
(۲۵)	مباحث پیشرفته در راکتورهای گداخت	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک راکتورهای گداخت۲
(۲۶)	مدیریت سوخت	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک راکتور۱
(۲۷)	اقتصاد انرژی هسته ای	۳	۴۸	-	۴۸	-
(۲۸)	کاربردروش مونت کارلودر محاسبات هسته‌ای	۳	۴۸	-	۴۸	-
(۲۹)	دینامیک راکتورها	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک راکتور۱

(۳۱)	پسمانداری در تمامی مراحل چرخه سوخت(از معدن تا سوخت مصرف شده)	۳	۴۸	-	۴۸	–
۴۴	تضمین و کنترل کیفیت در چرخه سوخت هسته‌ای	۳	۴۸	-	۴۸	–
۴۵	کارآموزی	۳	-	۱۹۲	۱۹۲	–

*انتخاب دروس اختیاری گرایش چرخه سوخت، باید با تأیید استاد راهنما صورت گیرد و در غیر این صورت اعتبار ندارد.

۳- گرایش مهندسی پرتوپزشکی

تعداد کل واحدهای دوره ۳۰ واحد به شرح مندرج در جدول ۱ می‌باشد. دروس این گرایش باید مطابق جدول ۲ برای دروس جبرانی، جدول ۳ برای دروس الزامی و جدول ۴ برای دروس اختیاری اخذ شود.

جدول ۳-۱- دروس و تعداد واحدهای دوره

دروس	تعداد واحد
دروس الزامی	۱۴
دروس اختیاری	۹
سمینار	۱
پایان نامه	۶

جدول ۳-۲- دروس جبرانی گرایش مهندسی پرتوپزشکی

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
۵۰	آناتومی (جبرانی)	۳	۴۸	-	۴۸	–
۵۱	فیزیولوژی (جبرانی)	۵	۸۰	-	۸۰	–
(۱)	* فیزیک هسته‌ای(جبرانی)	۳	۴۸	-	۴۸	–
(۲)	*آزمایشگاه فیزیک هسته ای(جبرانی)	۱	-	۳۲	۳۲	–

* فارغ‌التحصیلان رشته فیزیک نیاز به اخذ درس جبرانی فوق ندارند.

جدول ۳-۳- دروس الزامی گرایش مهندسی پرتوپزشکی

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
(۴)	فیزیک بهداشت	۳	۴۸	–	۴۸	–
۵۲	دستگاه های پرتوپزشکی	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک بهداشت فیزیک هسته ای
۵۳	دستگاه های پرتوپزشکی(کارآموزی)	۱	–	۶۴	۶۴	دستگاه های پرتوپزشکی
۵۴	آشکارسازی و دزیمتری	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک هسته ای
۵۵	آزمایشگاه آشکارسازی و دزیمتری	۱	–	۳۲	۳۲	آشکارسازی
۵۶	حفاظ سازی در پرتو پزشکی	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک هسته ای

جدول ۳-۴- دروس اختیاری گرایش مهندسی پرتوپزشکی

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
۵۷	طراحی و محاسبه دوز در پرتو درمانی	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک بهداشت –فیزیک هسته ای
۵۸	ابزار دقیق مهندسی پرتوپزشکی	۳	۴۸	–	۴۸	–
۵۹	سیستم های تصویرگر پزشکی	۳	۴۸	–	۴۸	آشکارسازی و دزیمتری
۶۰	شتاب دهنده‌ها و کاربرد آنها در پزشکی	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک هسته ای
۶۱	الکترونیک هسته ای	۳	۴۸	–	۴۸	الکترونیک عمومی آشکارسازی و دزیمتری
۶۲	رادیوایزوتوپ ها و کاربرد آنها	۳	۴۸	–	۴۸	–
۶۳	شبیه سازی در پرتوپزشکی	۳	۴۸	–	۴۸	–

٤- گرایش مهندسی کاربرد پرتوها

تعداد کل واحدهای دوره ۳۲ واحد به شرح مندرج در جدول ۱ می‌باشد. دروس این گرایش باید مطابق جدول ۲ برای دروس جبرانی، جدول ۳ برای دروس الزامی و جدول ۴ برای دروس اختیاری اخذ شود.

جدول۴-۱- دروس و تعداد واحدهای دوره

دروس	تعداد واحد
دروس الزامی	۱۷
دروس اختیاری	۸
سمینار	۱
پایان نامه	۶

جدول ۴-۲- دروس جبرانی گرایش مهندسی کاربرد پرتوها

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
(۱)	* فیزیک هسته ای (جبرانی)	۳	۴۸	-	۴۸	–
(۲)	* آزمایشگاه فیزیک هسته ای(جبرانی)	۱	-	۳۲	۳۲	–

* فارغ‌التحصیلان رشته فیزیک نیاز به اخذ دروس فوق ندارند.

جدول ۴-۳- دروس الزامی گرایش مهندسی کاربرد پرتوها

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
(۴)	فیزیک بهداشت	۳	۴۸	-	۴۸	-
۷۰	دستگاه های مولد پرتو	۳	۴۸	-	۴۸	-
۷۱	کاربردهای صنعتی رادیو ایزوتوپ ها	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک هسته‌ای
۷۲	آشکارسازی تابش های هسته ای۱	۳	۴۸	-	۴۸	فیزیک هسته‌ای
۷۳	آشکارسازی تابش های هسته ای۲	۳	۴۸	-	۴۸	آشکارسازی ۱
۷۴	آزمایشگاه آشکارسازی	۲	-	۶۴	۶۴	آشکارسازی ۱

جدول ۴-۴- دروس اختیاری گرایش مهندسی کاربرد پرتوها

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
(۶۱)	الکترونیک هسته ای	۳	۴۸	–	۴۸	–
۷۵	حفاظ سازی	۳	۴۸	–	۴۸	–
۷۶	فناوری خلاء	۲	۳۲	–	۳۲	–
(۱۱)	محاسبات عددی پیشرفته	۳	۴۸	–	۴۸	–
۷۷	روش های آنالیز هسته ای	۳	۴۸	–	۴۸	آشکارسازی تابش های هسته ای۱ دستگاه های مولد پرتو
۷۸	مباحث پیشرفته در کاربرد پرتوها	۳	۴۸	–	۴۸	–
۷۹	محاسبات ترابرد پرتوها	۳	۴۸	–	۴۸	–
۸۰	شتاب دهنده ۱	۳	۴۸	–	۴۸	–
۸۱	شتاب دهنده ۲	۳	۴۸	–	۴۸	شتاب دهنده ۱
(۵۹)	سیستم های تصویرگر پزشکی	۳	۴۸	–	۴۸	–
۸۲	پرتودهی مواد غذایی و کشاورزی هسته ای	۳	۴۸	–	۴۸	–
۸۳	چشمه های یونی	۳	۴۸	–	۴۸	–
۸۴	طراحی هدف های هسته ای	۲	۳۲	–	۳۲	دستگاه های مولد پرتو
۸۵	تست های غیر مخرب	۳	۴۸	–	۴۸	–
۸۶	دزیمتری پرتوها	۲	۳۲	–	۳۲	–
۸۷	کدهای محاسبات هسته‌ای	۳	۴۸	–	۴۸	–

۵- گرایش مهندسی گداخت هسته‌ای

تعداد کل واحدهای دوره ۳۲ واحد به شرح مندرج در جدول ۱ می‌باشد. دروس این گرایش باید مطابق جدول ۲ برای دروس جبرانی، جدول ۳ برای دروس الزامی و جدول ۴ برای دروس اختیاری اخذ شود.

جدول ۵-۱- دروس و تعداد واحدهای دوره

دروس	تعداد واحد
دروس الزامی	۱۵
دروس اختیاری	۹
سمینار	۲
پایان نامه	۶

جدول ۵-۲- دروس جبرانی گرایش مهندسی گداخت هسته‌ای

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
(۱)	*فیزیک هسته‌ای (جبرانی)	۳	۴۸	-	۴۸	-
(۲)	*آزمایشگاه فیزیک هسته‌ای(جبرانی)	۱	-	۳۲	۳۲	-
۹۲	الکترومغناطیس مهندسی(جبرانی)	۳	۴۸	-	۴۸	-
۹۳	مبانی مهندسی هسته‌ای	۳	۴۸	-	۴۸	-

*فارغ‌التحصیلان رشته فیزیک نیاز به اخذ دروس فوق ندارند.

جدول ۵-۳- دروس الزامی گرایش مهندسی گداخت هسته‌ای

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
۹۴	مهندسی گداخت هسته‌ای ۱	۳	۴۸	-	۴۸	–
۹۵	مهندسی گداخت هسته‌ای۲	۳	۴۸	-	۴۸	مهندسی گداخت هسته‌ای ۱
۹۶	توکامک ماشین مولد گداخت هسته‌ای ۱	۳	۴۸	-	۴۸	مهندسی گداخت هسته‌ای۱
۹۷	آزمایشگاه گداخت هسته ای ۱	۲	–	۶۴	۶۴	مهندسی گداخت هسته‌ای ۱
۹۸	آزمایشگاه گداخت هسته‌ای ۲	۲	–	۶۴	۶۴	آزمایشگاه گداخت هسته ای ۱
۹۹	ریاضیات مهندسی پیشرفته	۲	۳۲	-	۳۲	–

جدول ۵-۴- دروس اختیاری گرایش مهندسی گداخت هسته‌ای

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
۱۰۰	حفاظت در برابر اشعه گداخت هسته‌ای	۳	۴۸	–	۴۸	مهندسی گداخت هسته‌ای ۱
۱۰۱	فیزیک و مهندسی پلاسما۱	۳	۴۸	–	۴۸	–
۱۰۲	فیزیک و مهندسی پلاسما۲	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک و مهندسی پلاسما ۱
۱۰۳	اصول پلاسمای آماری	۳	۴۸	–	۴۸	–
۱۰۴	توکامک ماشین مولد گداخت هسته‌ای ۲	۳	۴۸	–	۴۸	مهندسی گداخت هسته‌ای ۱
۱۰۵	مگنتوئیدرو دینامیک	۳	۴۸	–	۴۸	–
۱۰۶	مبانی طراحی راکتورهای گداخت هسته‌ای	۳	۴۸	–	۴۸	مهندسی گداخت هسته‌ای ۱
۱۰۷	ماشین های مولد پلاسمای کانونی	۳	۴۸	–	۴۸	–
۱۰۸	آشکارسازی و دوزیمتری راکتورهای گداخت هسته‌ای	۳	۴۸	–	۴۸	–
۱۰۹	کابردهای صنعتی پلاسما	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک و مهندسی پلاسما۱
۱۱۰	لیزر و کاربردهای آن در گداخت هسته‌ای	۳	۴۸	–	۴۸	–
۱۱۱	برنامه ریزی و مدلسازی انرژی	۳	۴۸	–	۴۸	–
۱۱۲	مباحث ویژه در مهندسی گداخت هسته‌ای	۳	۴۸	–	۴۸	مهندسی گداخت هسته‌ای ۱
۱۱۳	مباحث ویژه در مهندسی پلاسما	۳	۴۸	–	۴۸	–
۱۱۴	شبیه سازی و مدلسازی و کاربرد آن در گداخت هسته‌ای	۳	۴۸	–	۴۸	–
۱۱۵	سوخت گداخت هسته ای	۳	۴۸	–	۴۸	مهندسی گداخت هسته‌ای ۱
۱۱۶	مواد کاربردی در ساختار (Fusion Material)	۳	۴۸	–	۴۸	مهندسی گداخت هسته‌ای ۱
۱۱۷	ابزارهای آشکارسازی و تشخیصی ۱	۳	۴۸	–	۴۸	مهندسی گداخت هسته‌ای ۱
۱۱۸	ابزارهای آشکارسازی و تشخیصی۲	۳	۴۸	–	۴۸	مهندسی گداخت هسته‌ای ۱

٦- گرایش مهندسی فیزیک بهداشت

تعداد کل واحدهای دوره ۳۲ واحد به شرح مندرج در جدول ۱ می‌باشد. دروس این گرایش باید مطابق جدول ۲ برای دروس جبرانی، جدول ۳ برای دروس الزامی و جدول ۴ برای دروس اختیاری اخذ شود.

جدول ۶-۱- دروس و تعداد واحدهای دوره

دروس	تعداد واحد
دروس الزامی	۲۰
دروس اختیاری	۶
سمینار	۰
پایان نامه	۶

جدول ۶-۲- دروس جبرانی گرایش مهندسی فیزیک بهداشت

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
۱۲۰	ریاضیات در فیزیک و مهندسی(جبرانی)	۳	۴۸	-	۴۸	–
۱۲۱	"مهارت نگارش و نگارش مهارت" در فیزیک و مهندسی(جبرانی)	۱	۱۶	-	۱۶	–
(۱)	* فیزیک هسته‌ای(جبرانی)	۳	۴۸	-	۴۸	–
(۲)	*آزمایشگاه فیزیک هسته ای(جبرانی)	۱	-	۳۲	۳۲	–

* فارغ‌التحصیلان رشته فیزیک نیاز به اخذ دروس جبرانی فوق ندارند

جدول ۶-۳- دروس الزامی گرایش مهندسی فیزیک بهداشت

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
۱۲۲	فیزیک بهداشت پایه	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک هسته ای
۱۲۳	فیزیک بهداشت ۱:حفاظت کارکنان با پرتو	۳	۳۲	۳۲	۶۴	فیزیک بهداشت پایه
۱۲۴	فیزیک بهداشت ۲:حفاظت بیماران در پرتوپزشکی	۳	۳۲	۳۲	۶۴	فیزیک بهداشت پایه
۱۲۵	فیزیک بهداشت ۳:حفاظت مردم و محیط زیست	۳	۳۲	۳۲	۶۴	فیزیک بهداشت پایه
۱۲۶	دزیمتری پرتوها	۲	۳۲	–	۳۲	فیزیک بهداشت پایه
۱۲۷	پرتوبیولوژی	۲	۳۲	–	۳۲	فیزیک بهداشت پایه
۱۲۸	حفاظت در برابر پرتوهای غیر یون ساز	۳	۴۸	–	۴۸	–
۱۲۹	آزمایشگاه آشکارسازی و دزیمتری	۱	–	۳۲	۳۲	فیزیک بهداشت پایه دزیمتری پرتوها

جدول ۶-۴- دروس اختیای گرایش مهندسی فیزیک بهداشت

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش نیاز
			نظری	عملی	جمع	
۱۳۰	فیزیک تصویربرداری تشخیصی	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک بهداشت ۲
۱۳۱	فیزیک درمان با پرتوها	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک بهداشت ۲
۱۳۲	مهندسی حفاظ و طراحی سیستم های پرتوئی و هسته ای	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک بهداشت پایه
(۶۰)	شتابدهنده ها و کاربرد آنها در پزشکی	۳	۴۸	–	۴۸	فیزیک هسته ای
۱۳۳	تولید و کاربرد کدهای شبیه سازی کامپیوتری	۲	۳۲	–	۳۲	فیزیک بهداشت پایه
۱۳۴	شیمی هسته ای و پرتوی	۲	۳۲	–	۳۲	فیزیک بهداشت پایه
۱۳۵	مباحث ویژه پیشرفته(حداکثر یک بار در هر مقطع)	۳	۴۸	–	۴۸	
۱۳۶	مبانی مهندسی هسته ای	۲	۳۲	–	۳۲	فیزیک هسته ای
۱۳۷	قوانین، مقررات و استانداردهای حفاظت در برابر اشعه	۱	۱۶	–	۱۶	فیزیک بهداشت پایه

۷- دروس اختیاری مشترک بین کلیه گرایش

کلیه گرایش های مهندسی هسته‌ای در صورت نیاز می‌توانند دروس اختیاری زیر را اخذ نمایند.

۷-۱- دروس مشترک

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعت		
			نظری	عملی	جمع
۱۴۰	استاندارد و اطمینان از کیفیت	۲	۳۲	-	۳۲
۱۴۱	اقتصاد در پژوهش و توسعه	۲	۳۲	-	۳۲
۱۴۲	اخلاق مهندسی	۲	۳۲	-	۳۲
۱۴۳	مدیریت مهندسی انرژی	۳	۴۸	-	۴۸

فصل سوم

سرفصل دروس

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۱</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
فیزیک هسته ای</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="2">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="2">دروس پیش نیاز: ندارد</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="6">عنوان درس به انگلیسی:
Nuclear Physics</td><td rowspan="6">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="6">الزامی</td><td rowspan="2">نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اختیاری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="5">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر ☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐ علمی</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

آشنایی دانشجویانی که فارغ التحصیل رشته هایی غیر فیزیک بوده اند با مبانی فیزیک هسته ای که در طی دوره گرایش فوق نیاز مند دانستن آن هستند.

سرفصل دروس:

۱- کلیاتی درباره هسته اتم

۲- مبانی مکانیک کوانتمی

۳- ساختمان هسته (انرژی پیوند هسته، فرمول نیمه تجری جرم، ترازهای انرژی هسته، مدل قطره ای و مدل پوسته ای Shell)،

۴- واپاشی"Decay" (رادیو اکتیویته، واپاشی گاما، آلفا، بتا)

۵- اندر کنشهای"Interaction" ذرات باردارو اشعه گاما با ماده

۶- واکنشهای هسته ای (سطح مقطع، انواع واکنشهای هسته ای، شکافت هسته ای، قدرت راکتور، میزان

و سوختن سوخت، میزان مصرف سوخت، همجوشی هسته ای)

۷- اندرکنشهای نوترونی (سطح مقطع ها، تضعیف باریکه نوترون، پویش آزاد متوسط Mean Free Path ، سطح مقطع های نوترونی، توزیع سرعت نوترون حرارتی، تصحیح سطح مقطع هـا، شـارنوترون، فعـال کـردن بوسیله نوترون، تجزیه و تحلیل از طریق فعال کردن نوترون، تعیین شار نوترون توسط پرتودهی پولک ، تجزیه و تحلیل گامای حاصل از گیراندازی"Capture"نـوترون، پراکنـدگی در سیسـتم مرکـز جـرم ، مقـدار متوسـط کسینوس زاویهٔ پراکندگی پویش آزاد، متوسط انتقال "Transport".

فهرست منابع:

۱. مایرهوف، و ، ا ، مبانی فیزیک هسته ای ترجمهٔ دکتر عبدالحمید اردلان و دکتر محمد پیشـه ور، انتشـارات دانشگاه تهران، شماره، مسلسل ۱۶۵۹، چاپ اول سال ۱۳۵۷ تهران.

2. MEYERHOF, W. E,"ELEMENTS OF NUCLERA PHYSICS," "MC GRAW – HILL, 1967.
3. FOSTER, A. R. & WRIGHT, R. L. "BASIC NUCLEAR ENGINEERING". 3Rd Ed .1977
4. LAMARSH, J, "NUCLEAR REACTOR THEORY".ADDISON WESLEY INC., 1966.
5. EVANS, R. D., "THE ATOMIC NUCLEUS".MCGRAW – HILL,NEWYORK, 1955

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس :۲</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
آزمایشگاه فیزیک هسته ای</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۱</td><td rowspan="8">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="8">دروس پیش نیاز:
فیزیک هسته ای</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="3">عنوان درس به انگلیسی:
Nuclear Physics Lab.</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۳۲</td><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="6">آموزش تکمیلی عملی : دارد■ ندارد☐
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه■ سمینار☐</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

آشنایی عملی با مبانی فیزیک هسته ای مذکور در فوق

سرفصل دروس:

آزمایش ۱- آشنایی با وسائل و سیستمهای اندازه گیری الکترونیک هسته ای.

آزمایش ۲- تکنیک های اندازه گیری با شمارنده گایگر.

آزمایش ۳ – طیف نگاری پرتو گاما با استفاده از آشکارساز.

آزمایش ۴- طیف نگاری ذره با استفاده از آشکارسازهای مانع سطحی SURFACE – BARRIER

آزمایش ۵- افت انرژی ذرات باردار (الفا)

آزمایش ۶- طیف نگاری بتا.

آزمایش ۷- طیف نگاری پرتو گاما با قدرت تفکیک بالا.

آزمایش ۸- طیف نگاری پرتو X با قدرت تفکیک بالا.

فهرست منابع:

1. MEASUREMENT & DETECTION OF RADIATION, N. TN. TWOULFARDIS, 1983, MCGRAW HILL.
2. RADIATION DETECTION, W. H. TAIT, 1980, BUTTERWORTHS.
3. METNODS OF EXPERIMENTAL PHYSICS, VOL. 5, DARA, RUC. PHYSICS, ACADEMIC PRESS, 1961.

کد درس : ۳					
عنوان درس به فارسی: اصول ترمو هیدرولیک	تعداد واحد: ۴	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Principles of Thermohydraulic	تعداد ساعت: ۶۴		الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری	
				عملی	
	آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐				

اهداف کلی درس:

آشنایی با مبانی کلا سیک ترموهیدرولیک، مکانیک سیالات وانتقال حرارت عمومی، از دیدگاه مهندسی

سرفصل دروس:

بخش اول: مکانیک سیالات

۱- خواص سیالات و تعاریف: خواص مکانیکی و ترمودینامیکی سیالات، فشار، تنش برشی، جرم و وزن مخصوص، کشش سطحی، قانون نیوتن، سیالات نیوتونی و غیر نیوتونی.

۲- استاتیک سیالات:نیروی وارده برسطوح مستوی و منحنی،نیروی هیدرواستاتیکی،پایداری اجسام غوطه ور.

۳- جریان سیالات: خطوط جریان Flow Pattern، روابط پیوستگی، موازنه مومنتم خطی و زاویه ای، معادله اویلر وبرنولی و ناویراستوکس، جریان سیال در لوله ها و کانال ها، توزیع سرعت و فشار در جریان ایده آل دو بعدی، جریان چرخشی و غیر چرخشی، عدد رینولدز، جریان لایه ای و درهم، جریان بین دو صفحه موازی، لایه مرزی، جریان بر روی اجسام.

۴- افت فشار و پمپ ها: ضریب اصطکاک ـ رابطه l و افت فشار ـ افت در لوله های و اتصالات ـ شبکه لوله ها ـ قطر معادل ـ محاسبات مربوط به قدرت پمپ ها، انواع پمپ، Head، سانتریفوژ، پمپ های سری و موازی، راندمان عوامل مؤثر در انتخاب پمپ.

۵- سیالات غیر نیوتونی: معادلات حرکت، لایه مرزی، افت فشار.

۶- اعداد بدون بعد و آنالیز ابعادی:تعاریف مربوط به اعداد بدون بعد.

۷- اندازه گیری دبی و فشار.

بخش دوم: انتقال حرارت

۱- مقدمات: انواع انتقال حرارت، هدایت، جابجائی، تابش، تعریف ضرائب، اثر عوامل مختلف بر ضرائب.

۲- هدایت یک بعدی: قانون فوریه، هدایت روال پایای یک بعدی، هدایت ازوراء چند لایه، در استوانه و در کره با منبع حرارتی، سیستمهای هدایت توأم با جابجایی (پره ها) معادلات فوق در مختصات استوانه ای و کروی، ضریب کلی انتقال حرارت.

۳- هدایت دو و سه بعدی:معادلات هدایت دو و سه بعدی پایا به روشهای تحلیلی، ترسیمی، عددی و تشابهات الکتریکی

۴- جابجائی: کلیات، لایه های مرزی در روی صفحه، لایه مرزی حرارتی، تعیین ضریب جابجائی، لایه مرزی در هم، حل تحلیلی و تقریبی معادلات لایه مرزی، جابجائی آزاد و اجباری، تعریف اعداد بدون بعد NU ,GR RE, PR, آنالوژی رینولدز، کولبورن.

۵- روابط تجربی جابجائی: روابط آزاد و اجباری بصورت تجربی (استوانه افقی و قائم، صفحه افقی و قائم) جریان آرام و درهم در لوله ها، انتقال حرارت در اطراف اجسام Tube Bundle، جابجائی در فلزات مایع.

۶- انتقال حرارت توأم با تغییر فاز: جوش و میعان ـ (ذوب و انجماد)

۷- تابش: ضریب وضعی در تابش (شکلی) تعریف اجسام سیاه، خاکستری، تابش گازها، تابش توأم با جابجائی و هدایت، تابش خورشیدی.

۸-تعریف ضریب کلی، ضریب جرم گرفتگی، انواع مبدلها، محاسبه با استفاده از LMTD استفاده از ε و F محاسبه مبدلها با استفاده از روش NTU.

فهرست منابع:

1. PRINCIPLES OF UNIT OPERATION, MC CABE SMITH.
2. FLUID MECHANICS, WHITE, 1986, MCGRAW HILL
3. FLUID MECHANICS, V. L. STREETER, 1979, MC GRAW HILL.
4. HEAT TRANSFER, J. P. HOLMAN, MCGRAW – HILL, 1982, 6th Ed.
5. PRINCIPLES OF HHEAT TRANSFER, KREITH, INTEXT PUB. CO, 1973.
6. BASIC HEAT TRANSRER, N, OZISIK, MC GROW –HILL, 1980.

کد درس : ۴					
عنوان درس به فارسی: فیزیک بهداشت	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Health Physics	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی	نظری	
				عملی	
			اختیاری	نظری	
				عملی	
	آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐				

اهداف کلی درس:

مرور مبانی فیزیک هسته ای ماده ، پرتو، و بر هم کنش این دو، اثرات کیفی وکمی پرتوهاروی مواد و یکاهای مربوطه، دستگاه های اندازه گیری پرتو وچگونگی کاهش ریسک در کار با مواد پرتو زا

سرفصل دروس:

۱- مروری بر اتم، هسته اتم، پرتوزائی و قوانین پرتو زائی

۲- برخورد متقابل اشعه با ماده:

الف) اشعه های یونساز مستقیم: آلفا، دئوترون، الکترون، . . .

ب) اشعه های یونساز غیر مستقیم: فوتون، نوترون

۳- کمیت و آحاد اشعه:تابش ـ واحد جدید و قدیم، دز جذب شده (واحد جدید و قدیم)، دزمعادل (واحد جدید و قدیم)، کرما (KERMA)، کمیت های ذیربط.

۴- وسائل اندازه گیری منابع خارجی اشعه:آشکارسازهای اشعه یونساز، آشکار سازهای اشعه های غیر یونساز، وسائل دزیمتری فردی(جیبی ـ فیلم ـ ترمولومیسانس).

۵- محاسبات پرتوگیری داخلی

۶- اصول حفاظت در برابر اشعه:تعدیل تشعشعات منابع خارجی (زمان، فاصله، حفاظ گذاری)، جلوگیری از پرتو گیری داخلی (کنترل و ضوابط کار)،اصول طراحی آزمایشگاههای رادیو ایزوتوپ، تهویه هوا، توصیه های سازمان های ذیصلاح بین المللی

۷- فیزیک بهداشت اشعه ایکس:تولید و خواص اشعه ایکس، کمیت و کیفیت اشعه ایکس، ردیابی حفاظ گذاری ـ کنترل خطرات اشعه ایکس.

۸- فیزیک بهداشت شتاب دهنده ها:انواع و موارد استفاده از شتاب دهنده ها، روشهای استاندارد کار با شتاب دهنده ها

۹- فیزیک بهداشت لیزر و مایکروویو:بینابهای الکترومغناطیسی، کاربرد و خطرات تشعشعات الکترومغناطیسی، خطرات لیزر و مایکروویو در پزشکی و صنعت، حد تابش و کنترل خطرات لیزر و مایکروویو.

۱۰- بررسی آخرین اطلاعات مربوط به ضایعات احتمالی اشعه اولتراسوند بر جنین

فهرست منابع:

1- Intro, Health phy s. Cember 1983.
2- Health phys, for scientists. Eng. J. cob Shapiro.
3- Atom Radiation & Radiation protection. Turner 1986.
4- Radiation Dosimeterattics.

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۵</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
فیزیک راکتور۱</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="4">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="3">عنوان درس به انگلیسی:
Reactor Physics 1</td><td rowspan="3">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="6">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

مرور مبانی اولیه، تعریف شار نوترون ومیزان اندر کنش آن، فیزیک نوترون وکند شدن آن درماده، استخراج معادله پخش واطلاق آن بر محیط های گوناگون با هندسه های متفاوت، اصول اساسی فیزیک راکتور برای محیط های تکثیری وحل مسایل مربوطه

سرفصل دروس:

۱- واکنشهای زنجیره ای و مقدمه ای در راکتورهای هسته ای: ضریب تکثیر و بحرانی شدن راکتور ـ کلیاتی درباره نیروگاه های هسته ای ـ طرح راکتور هسته ای.

۲- تئوری بخش: میزان اندرکنشها و شارنوترون ـ دانسیته جریان نوترون حل معادله پخش ـ قانون Fick ـ تفسیر فیزیکی قانون Fick ـ شرایط مرزی برای حل معادلات پخش در حالت پایا.

۳- کاربردهای معادلات پخش: حل معادله پخش در محیط های بدون تکثیر ـ حل معادله پخش در محیطهای با تکثیر.

۴- سینتیک راکتور: مدل نقطه ای ـ حل معادلات مدل نقطه ای ـ پسخور راکتیویته و دینامیک راکتور ـ تعیین تجربی پارامترهای سینتیک راکتور و راکتیویته.

۵- کنترل راکتیویته:ارزش و اثرات میله های کنترل متحرک ـ سموم قابل سوختن.

اثرات ذاتی راکتیویته

۶- تجزیه و تحلیل تغییرات ترکیب قلب راکتور: مسمومیت ناشی از محصولات شکافت ـ محاسبات.

فهرست منابع:

1. Lamarsh J, Introduction to nuclear reactor engineering.
2. Lamarsh J, Nuclear reactor teory.

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۶</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
آزمایشگاه راکتور</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۱</td><td rowspan="4">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:
فیزیک راکتور ۱</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="3">عنوان درس به انگلیسی:
Reactor Lab.</td><td rowspan="3">تعداد ساعت:
۳۲</td><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td colspan="2">آموزش تکمیلی عملی : دارد■ ندارد☐
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه■ سمینار☐</td><td>عملی</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

انجام عملی پاره ای از مهمترین آزمایشات در یکراکتور تحقیقاتی

سرفصل دروس:

۱- تعیین جرم بحرانی

۲- مدرج کردن میله های کنترل با روش‌های زمان دو برابر شدن و سقوط آزاد (Rod Calibrator)

۳- تعیین توزیع شار نوترون‌های سریع و حرارتی در قلب راکتور (Flux Distribution)

۴- تعیین قدرت راکتور با روش کالیمتری Reactor Power Calibration

۵- اندازه گیری ضریب خلا و دما

۶- اندازه گیری تولید و سوختن گاز زنون

۷- اندازه گیری دوز گاما و نوترون در قلب راکتور

۸- تعیین قدرت راکتور با روش اندازه گیری شار نوترون

۹- اندازه گیری طول پخش نوترون‌های حرارتی در آب

۱۱- اندازه گیری مقدار β/l

فهرست منابع:

1- W.J. Strum, "Reactor Laboratory Experiments", ANL- 6410, 1961

<table>
<tr><td colspan="7">کد درس : ۷</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
انتقال حرارت هسته ای</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="4">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:
اصول ترموهیدرولیک و فیزیک راکتور ۱</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Nuclear Heat Transfer</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ سمینار☐</td><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

منابع تولید حرارت در راکتور ودسته بندی حرارت ناشی از جذ ب پرتو گاما در مولفه های راکتور، استخراج معادله انتقال حرارت وحل آن در هندسه های مختلف، حل عددی ،انتقال حرارت در راکتور نوعی به شیوه های هدایت ، جابجایی و تشعشع، انتقال حرارت تکفازی و مختصری از دو فازی

سرفصل دروس:

۱- مقدمه‌ای بر تولید حرارت در راکتور: انرژی شکافت در راکتورها- سطح مقطع- سوخت شکافت پذیر در راکتورها- تولید انرژی توسط یک میله سوخت- تولید حرارت در راکتورهای با قلب (core) همگن و ناهمگن- تولید حرارت در زمان خاموش کردن راکتور.

۲- هدایت حرارتی در میله سوخت یک بعدی پایا: معادلات هدایت حرارت در سوخت‌های از نوع صفحه‌ای، استوانه‌ای، استوانه تو خالی کروی- انتقال حرارت در یک تیغه تحت تابش (برای حفاظ های حرارتی) روش های بهبود انتقال حرارت بین سطوح و گازها (پره‌ها و ...) حل معادله پواسون (Poisson) وابسته به زمان.

۳- انتقال حرارت در میله سوخت برای حالت ناپایا: تفکیک پارامترهای Lumped- محاسبه درجه حرارت ناپایا از طریق روش تفاضل‌های معین Finite difference- حل عددی هدایت دو بعدی گذرا- حل ترکیبی برای شکل‌های صفحه‌ای، استوانه‌ای و بدون لایه مرزی- حل تحلیلی دقیق.

۴- انتقال حرارت و جریان یک فازی سیال‌های خنک کننده، غیر فلزی: تخلیه حرارت و قدرت پمپ- ضرایب انتقال حرارت- اثر عدد پراندتل بر انتقال حرارت به صورت جابجایی- خنک کننده‌های غیر فلزی (جریان در لوله با مقطع دایروی و یا غیر داوری) اثرات شار حررتی غیر یکنواخت محوری و توزیع درجه حرارت- اثر افزایش سرعت گاز در انتقال حرارت.

۵- خنک کننده‌های فلزی مایع: کلیاتی درباره انتقال حرارت فلزات مایع (در لوله‌های دایروی و مجاری غیر دایروی) توزیع شعاعی و محوری درجه حرارت.

۶- انتقال حرارت با تغییر در فاز: فرآیندهای تغییر فاز (جوش و میعان)- نطفه حباب، بزرگ شدن حباب- منطقه‌های جوش، بحران جوش و سوختن و تاثیرات پارامترها در آنها- روابط شار حرارتی بحرانی برای آب و سیالات دیگر- مختصری در مورد جریان‌های دو فازی- انواع جریان دو فازی

۷- طراحی قلب راکتور: توزیع درجه حرارت برای میله‌های سوخت- گلوگاه بحرانی خنک کننده- عوامل گرمایش نقطه‌ای- مبانی در رابطه با تعیین کردن فاکتور گرمایش نقطه ای- فاکتور گرمایش نقطه‌ای بطور کلی- طرح قلب راکتور.

۸- قلب جوشان: موازنه انرژی و جرم برای راکتورهای جوشان- ایجاد فشار در مجاری جوش- جرم مخصوص میانگین در مجاری جوش- اثر Chimney- قلب جوشان برای کانال‌های چند تایی

فهرست منابع:

1- EL Wakile, E., "Nuclear Heat Transfer", Int'l, Text book Co, 1971

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۸</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
تکنولوژی نیروگاه های هسته ای</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="4">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:
فیزیک راکتور ۱
انتقال حرارت هسته‌ای</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Nuclear Power plants Technology</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="2">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td><td colspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td>عملی</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

مروری براصول نیروگاهی، دسته بندی نیروگاه های هسته ای، اندر کنش نیروگاه با محیط اطراف و منابع سوخت، مسایل پسمان و فشار بر محیط زیست، آشنایی با مشخصات انواع نیروگاه های هسته ای با تأکید بر PWR ، BWR ، HWR ، نیروگاه سریع و انواع آتی.

سرفصل دروس:

۱- جنبه‌های ترمودینامیکی نیروگاه هسته‌ای: چرخه‌های واقعی و مفهوم برگشت پذیری- چرخه رانکین- کارایی و قدرت خروجی یک نیروگاه هسته‌ای بر مبنی چرخه برگشت پذیری باز تولید- افزایش گرما با یک چشمه گرایی دمای متغیر- فوق گرما و چرخه‌های بازگرما (Reheat cycle) - انتخاب سیال کاری (Working Fluid) - چرخه‌های بخار چند سیاله

۲- نیروگاه هسته‌ای آب جوشان: ضریب حفره در راکتورهای آبی- حالت راکتورهای آب معمولی با سوخت غنی شده زیاد و غنی شده کم- ضرایب فشار در راکتورهای جوشان- رادیو اکتیویته سیستم بخار- نیروگاه با چرخه مستقیم- نیروگاه با چرخه دوگانه- مقایسه نیروگاه با چرخه مستقیم و چرخه دوگانه- کنترل نیروگاه با

جریان بازگشتی- شرح کامل یک نیروگاه هسته‌ای آب جوشان (برانس فری Broun Ferry و یا BWR- 6)- توربین‌های نیروگاه آب جوشان

۳- نیروگاه هسته‌ای آب تحت فشار: مقدمه- مواد برای راکتورهای آبی- مولدهای بخار- محفظه کنترل فشار راکتور- کنترل توسط محلول شیمیایی- شرح کامل یک نیروگاه هسته‌ای آب تحت فشار (در صورت امکان نیروگاه دائمی برند)

۴- نیروگاه هسته‌ای سنگین، خنک کننده گازی: مشخصات هسته‌ای آب سنگین- استفاده اورانیوم طبیعی به عنوان سوخت- توضیح و مشخصات نیروگاه هسته‌ای آب سنگین- نیروگاه آب سنگین تحت فشار (HWR Pressurized) - نیروگاه آب سنگین نوع لوله تحت فشار (Pressure tube H.W.R) به عنوان مثال (نیروگاه هسته‌ای آب سنگین Pichring) راکتورهای با خنک کننده گازی (بطور مختصر)

۵- راکتورهای سریع زاینده : مقدمه- واکنش‌های هسته‌ای در راکتورهای سریع زاینده- تبدیل و زایش- نسبت زایندگی زمان دو برابر شدگی- جنبه‌های ایمنی راکتورهای سریع- سینتیک راکتور سریع- ضریب حفره سدیم- اثر دوپلر در راکتورهای سریع- خنک کننده‌های راکتورهای سریع، فلزات مایع- تورم مواد در راکتورهای سریع- تشریح یک نیروگاه هسته‌ای سریع زاینده (مانند chinch river).

۶- ایمنی نیروگاه هسته‌ای: مقدمه- موجودی مواد رادیو اکتیو در قلب راکتور- طبقه بندی حوادث- حوادث مبنای طرح (DBA)- حوادث ناشی از فقدان سیال- حوادث ناشی از فقدان خنک کننده (LOCA)- حوادث مربوط به محفظه ایمنی (تحت فشار قرار گرفتن محفظه ایمنی)، ذوب شدن قلب- حوادث خارجی- آزاد شدن مواد رادیو اکتیو (رفتار محصولات شکافت در داخل مدار اولیه)، آزاد شدن در محفظه ایمنی، پخش مواد رادیو اکتیو- نتایج رادیولوژیکی)- بررسی حادثه TMI

۷- تجزیه و تحلیل ریسک حوادث: مفهوم ریسک- ارزیابی ریسک (روش‌های درخت عیب و درخت حوادث)- ریسک حوادث نیروگاه‌های هسته‌ای LWR- مقایسه ریسک‌هااقتصاد هسته‌ای: مقدمه- هزینه‌های نیروگاه هسته‌ای- هزینه‌های سرمایه گذاری مستقیم- هزینه‌های غیرمستقیم- هزینه‌های تعدیل و بهره در دوران ساخت- هزینه‌های ثابت سالیانه- هزینه چرخه سوخت- هزینه کارگردان- محاسبه هزینه تولید الکتریسیته

فهرست منابع:

1- Nuclear Energy conversion M. EL-WAR, 1971.
2- BIR-6 General Description of a Boiling water reactor 10 the printing, Jan 1973.
3- Basic Nuclear ENG. Foster & Wright, 1977
4- Systems summary of awwestinghous PWR Nuclear power plant.
5- CANDU, Nuclear power station, at ic Energy o of Canada limited, OCT, 1977.
6- PHWR- 300, Pressurized heavy water reactor Nuclear power plant, KWU, March1984.
7- Nuclear Energy Technology: Theory & practice of commercial Nuclear power, Ronald Allen Kief, 1981.

کد درس : ۹					
عنوان درس به فارسی: فیزیک راکتور۲	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک راکتور ۱
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Reactor Physics 2	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

استخراج معادلات پخش چند گروهی و نحوه حل آن، حل عددی معادلات پخش وجستجوی حالت بحرانی، اثرات شبکه روی ضریب تکثیر، سلول بنیادی شبکه و حل سلولی معادله پخش (فضایی وانرژی) ، کند شرن وحرارتی شدن میله جاذب نوترون

سرفصل دروس:

۱- تئوری پخش چند گروهی : بدست آوردن معادله چند گروهی با استفاده از تئوری- پخش تابع انرژی چند گروهی- کاربردهای ساده مدل پخش چند گروهی حل عددی معادلات پخش چند گروهی

۲- محاسبات طیف سریع و ثابت‌های گروه سریع: کند شدن نوترون در محیط بی نهایت- جذب رزنانس تشدید- کند شدن نوترون در محیط های محدود- محاسبات طیف سریع و ثابت‌های گروه سریع.

۳- محاسبات طیف حرارتی و ثابت‌های گروهی حرارتی: کلیاتی درباره طیف نوترون حرارتی، روش‌های تقریبی حرارتی شدن نوترون محاسبات طیف حرارتی.

۴- محاسبات سلولی برای شبکه‌های قلب راکتور ناهمگن: اثرات شبکه در محاسبات راکتور- اثرات ناهمگنی در فیزیک نوترون حرارتی، اثرات ناهمگنی در فیزیک نوترون سریع.

۵- تئوری پرتورباسیون و تئوری ترانسپورت

فهرست منابع:

1- DUDERSTADT, J, T., HAMILTON, L.J. NUCLEAR REACTOR ANALYSIS, JOHN WILEY & SONS
2- LAMARASH J, NUCLEAR REACTOR THEORY WESLEY INC, 1966.

کد درس : ۱۰					
عنوان درس به فارسی: جریان های دو فازی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: انتقال حرارت هسته‌ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Two-Phase Flow	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

تغییرات دما-فشار (حالت) آب وتغییر حالت ، پروسه تبخیر، پروسه جوش وایجاد حباب ، شرایط مرزی ، معادلات تجربی ونیمه تجربی حاکم بر جوش با تاکید در داخل راکتور، تشریح جریان دو فازی درBWR .

سرفصل دروس:

۱- جریان‌های دو فازی، اشکال مختلف جریان- طبقه بندی اشکال جریان و دسته پارامترهای جریان دو فازی- دیاگرام‌های مربوطه- جریان‌های واسطه- تعیین تجربی و تئوریک نوع جریان

۲- معادلات موازنه جرم و انرژی و اندازه حرکت: روابط جریان‌های تک فازی- مدل همگن- مدل یک بعدی یک سرعتی- کسر حفره (Void Fraction) لغزش (Slip) پسماند (Holdup) معادلات براساس متوسط های فضایی، معادلات براساس متوسط های زمانی، مبانی مدل دو فاز جدا (Tow phase separated flow)

۳- جریان‌های حبابی و لخته‌ای (slug & Bubble): مدل دو بعدی یک سرعتی (مدل Bank off) مدل یک بعدی دو سرعتی (مدل Wallis) مدل عمومی.

۴- جریان حلقه‌ای (Annular): حمل مایع توسط گاز در جریان حلقه‌ای- انتقال جرم بین قطرات مایع و فاز گاز در جریان حلقه‌ای- محاسبات جریان‌های حلقه‌ای غیر تعادلی.

۵- انتقال حرارت در جریان‌های دو فازی: تعادل گاز- مایع- عبور از تعادل ترمودینامیکی- میعان، انواع جوش- تبخیر تشکیل نقطه‌های (Nucleation) رشد حباب، روابط جوش نقطه‌ای- جوش در حرکت اجباری- روابط جوش در جریان‌های دو فازی با کیفیت بالا در حالت‌های لایه‌ای و گردابی (Turbulent)- روابط جوش فیلمی- روابط جوش مختلط نقطه ای- فیلمی

۶- سوختگی (Burn out): تعریف سوختگی- مشاهدات تجربی٠ مکانیسم سوختگی- اثرات پارامترهای مختلف در سوختگی- پیش بینی سوختگی در جریان حلقه‌ای.

۷- روابط اساس (Constitutive) در جریان‌های دو فازی: مدل‌های لغزش دار، مدل‌های غیر تعادلی، مدل پخش (Diffusion) مدل‌های دو سیالی، مدل دو بعدی دو سرعتی (مدل Zuber & Findlay).

۸- جریان‌های دو فازی بحرانی و نوسانی (Critical & Oscillatory Two phase flow) مدل‌های ریاضی بحرانی- معیارهای لازم- تعابیر فیزیکی جریان بحرانی- نتایج تجربی (توزیع محوری فشار و حفره) (vois)، تغییرات حرارتی غیر تعادلی (فاز مایع)- طبقه بندی ناپایداری‌های جریان- ملاحظات کلی در نوسان‌های جریان- نوسان‌های صوتی حرارتی- نوسان‌های وزن مخصوص- نوسان‌های وزن مخصوص متوسط و جریان-های افت فشار.

۹- کسر حفره (void faction) و افت فشار در حالت پایا در راکتورهای آبی: تعاریف کمیت‌ها (کسر حفره- سرعت فاز- لغزش - کیفیت- سرعت سطحی فازها- وزن مخصوص متوسط) روش‌های قدیمی اندازه گیری ضریب حفره و نتایج تجربی حاصل از آن- روش Findly Zuber و پی آمدهای آن- افت فشار دو فازی (موازنه اندازه حرکت (ممنتوم)- افت فشار در حالت پایا- افت فشار شتابی، اصطکاکی و ثقلی- افت کل).

۱۰- مسائل دو فازی در نیروگاه‌های هسته‌ای: مسائل دو فازی در بهره برداری نیروگاه‌های هسته‌ای.

۱۱- تحلیل جریان پایا در مجراهای جزئی (S.S.Subchannel Analysis): تعاریف پارامترهای پایه در مجراهای جزئی، معادله‌های موازنه جرم و انرژی و اندازه حرکت، معادلات تکمیلی (همزدگی یک فازی و دو فازی).

۱۲- شار حرارتی بحرانی پایا در میله‌های سوخت راکتورهای آبی: غیر یکنواخت و توزیع شعاعی و محوری آن، روابط تجربی شار حرارتی بحرانی در شرایط گذرا (Trans)

۱۳- خنک کردن اضطراری قلب راکتور: Blow down- آزمایش‌هایی با مدارهای آبی، آزمایش‌هایی با مدار فرئون ۱۲، مدل‌های محاسباتی تئوریک (مدل DNB، مدل انتقال حرارت پس از DNB)- پر کردن مجدد قلب راکتور در حالت اضطراری- سرد کردن ناگهانی (Quenching) انتقال حرارت پس از خشک شدن (post dray out) پیوستگی و تراکم بخار (steam Binding) تورم میله سوخت (Ballooning) انسداد مجرای خنک کننده (Cooling Channel Block age)

فهرست منابع:

1- Two phase flow & heat transfer with apply application to unclear reactor design problems by J. Giroux Hemisphere publishing co, 1973.
2- Nuclear heat Transfer H, M, EL-W IRJ, and Text book Co. 1971.
3- Tow phase flow & heat transfer in the power & process industry, A.E. Bergles, J.G. collier, J.M.Delhay, C.F. Hewitt, F. Mayinger Hemisphere pub. Crop, 1981.

کد درس : ۱۱					
عنوان درس به فارسی: محاسبات عددی پیشرفته	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Advanced Numerical Computations	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی با محاسبات عددی مورد نیاز در مسایل مهندسی هسته ای، ریشه یابی، برازش منحنی ، حل معادلات جبری، حل معادلات دیفرانسیل ،حل معادلات انتگرال و ..

سرفصل دروس:

۱- مبانی تحلیل عددی کامل: عددی، تحلیلی، درون یابی، انتگرال گیری و کاربرد آنها در حل مسایل مقدار اولیه و معادلات دیفرانسیل- روش‌های حل معادلات خطی، مقادیر و بردارهای ویژه، تبدیل متشابه و فرم مخروطی جوردن.

۲- راه حل‌های کامپیوتری مسائل یک بعدی شامل: تعیین مقادیر مشخصه یا مرزی از رئوس‌های اختلافات محدود، توان ویلاندت (Wielandt)، معادلات چند گروهی یک بعدی، چندجمله‌ای شبیشیف.

۳- روش‌های محاسباتی تکراری در حل معادله پاره‌ای دیفرانسیل شامل روش‌های ضمنی، همگرایی، جاکوبی، نیمه تکراری شبیشیف، کاربرد در معادلات پخش نوترون در دو بعد.

۴- حل عددی معادلات دیفرانسیل جزئی از نوع سهموی شامل پایداری معادلات به روش‌های مختلف، تبدیل نمایی و (Truncation) خطا، کاربرد در حل یک و دو بعدی وابسته به زمان معادلات پخش نوترونی

۵- روش‌های پسماند متعادل شده (WRM) و اصول تغییری (Variational): معادله ایولر-لاگرانژ، روش‌های مستقیم، اصل تغییری و استفاده از روش چند جمله‌ای

۶- معرفی روش اجزا محدود (F.E) در حل مسائل میدان

۷- روش مونت کارلو و استفاده از آن در حل مسائل مختلف.

فهرست منابع:

1- SHRCHIRO & NAKAMURA, "COMPUTATIONAL IN ENGINEERING AND SCIENCE WITH APPLICATIONS TO FLUID DYNAMICS AND NUCLEAR SYSTEMS", JOHN WILEY & SONS, 1977

2- CLARIC Jr.M., & HANSEN K.F., "NUMERICAL METHODS of REACTOR ANALYSIS", A.P., 1964.

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۱۲</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
حفاظ سازی
(شیلدینگ)</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="4">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:
فیزیک راکتور ۱</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Shielding</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="2">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td><td colspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td><td>عملی</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

مروری بر مبانی فیزیک اتمی و فیزیک راکتور، واکنش انواع پرتو با انواع مواد با تاکید برکاربرد های راکتور،تضعیف گاما و نوترون در مواد مختلف با هندسه های گو ناگون، معادلات تحلیلی ونیمه تجربی در طراحی حفاظ، روش های احتمالاتی در تخمین حفاظ ومسایل مربوطه .

سرفصل دروس:

۱- مقدمه و اصول تئوری شیلدینگ

۲- چشمه‌های نوترون

۳- چشمه‌های گاما

۴- تضعیف نوترون

۵- تضعیف پرتوهای گاما

۶- روش‌های تحلیلی طرح حفاظ

۷- مواد شیلدینگ

۸- تولید حرارت در حفاظ

فهرست منابع:

1- Cember, H., Introduction to Health Physics
2- D Ed., Pergamum Press, 1983.

<table>
<tr><td colspan="7">کد درس : ۱۳</td></tr>
<tr><td rowspan="5">عنوان درس به فارسی:
فیزیک راکتورهای سریع زاینده</td><td rowspan="5">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="9">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="9">دروس پیش نیاز:
فیزیک راکتور۱
اصول ترموهیدرولیک</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="4">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td rowspan="4">عنوان درس به انگلیسی:
Fast Breeders Reactor</td><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="5">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■</td></tr>
<tr><td colspan="5">سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

آشنایی با فیزیک راکتوری سریع وکارکرد آنها ، مزایای بکار گیری راکتوری سریع وتاثیر آن بر منابع انرژی ، انواع گوناگون راکتوری سریع

سرفصل دروس:

۱- زایندگی ، نقش راکتورهای زاینده سریع: مبانی فیزیکی زایندگی- برنامه‌های توسعه راکتورهای زاینده

۲- مقدمات طراحی: طراحی کلی سیستم‌های مکانیکی و حرارتی- انتخاب مواد و پارامترهای قلب راکتور

۳- طراحی هسته‌ای: تئوری پخش چند گروهی- حل فضایی معادله چند گروهی و موازنه- نوترونی- دانسیته قدرت- طیف نوترونی- پارامترهای عملکرد هسته‌ای.

۴- سطح مقطع‌های چند گروهی: سطح مقطع‌های کلی- رزونانس و پهن شدگی سطح مقطع‌ها برای ترکیب خاص- ادغام سطح مقطع‌های چند گروهی

۵- سینتیک و اثرات راکتیویته: سینتیک راکتورها- تئوری پرتورباسیون- درصد موثر نوترون‌های تاخیری و عمر نوترونی- اثر Doppler- راکتیویته ناشی از کاهش سدیم- توزیع ارزش راکتیویته- نیازهای کنترلی راکتیویته.

۶- مدیریت سوخت: سوختن سوخت- معادلات سوختن- ترکیب اولیه و نهایی راکتیویته سوخت- نسبت زایندگی- زمان دو برابر زایندگی- مقایسه محصولات و چرخه‌های سوخت –

۷- طراحی میله و مجموعه سوخت: ملاحظات طراحی میله- معیارهای از کار افتادگی و تحلیل تنش در طراحی میله- طراحی مجموعه سوخت- رفتار مجموعه خوشه‌ای

۸- عملکرد میله سوخت: تحلیل حرارتی میله و غلات- انتقال حرارت خنک کننده- توزیع دما در میله

۹- طراحی ترموهیدرولیکی قلب راکتور: توزیع دما و سرعت سیال خنک کننده در مجموعه- توزیع شار خنک کننده و افت فشار راکتورها

۱۰- سوخت غلاف و مجاری- خنک کننده- کنترل

۱۱- سیستم‌های راکتور: سیستم‌های انتقال حرارت- اجزاء- حفاظ- سوخت گذاری مجدد- ابزار دقیق- سیستم‌های کمکی.

فهرست منابع:

1- Walter, A., Fast Breader Reactor, 1980, M. G. Hill

کد درس : ۱۴					
عنوان درس به فارسی: ایمنی راکتورهای هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: دینامیک راکتورها انتقال حرارت هسته‌ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Nuclear Reactor Safety	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

بررسی کلی نیروگاه های هسته ای از نظر عملکرد ایمنی، درخت عیب وبررسی احتمالاتی ایجاد حوادث

سرفصل دروس:

بخش اول:

۱- مقدمه‌ای بر احتمالات: مفهوم احتمالات و قوانین آن، توابع توزیع احتمالات

۲- قابلیت اطمینان سیستم: از کار افتادگی سیستم‌ها ،قابلیت اطمینان سیستم‌های ساده قابل تعمیر

۳- روش‌های محاسبه خطای سیستم: درخت عیب (Fault tree) ،درخت حادثه (Accident tree)

۴- بررسی ریسک در راکتورها: مفهوم و تعریف ریسک ، بررسی ریسک در راکتورهای آب سبک ، بررسی ریسک در حمل مواد رادیواکتیو ، بررسی ریسک در پسماندهای هسته‌ای ،مقایسه ریسک‌های ناشی از حوادث مختلف با ریسک راکتورها ،آنالیز ریسک در مقابل سود

۵کنترل کیفی و کنترل کمی: مفهوم ، اهمیت در ایمنی راکتورها ، نحوه انجام و مراحل

بخش دوم:

۱- تغییرات راکتیویته و نتایج آن: مقدمه‌ای بر کینتیک راکتور ، اثر پسخور ، بررسی حالت گذرای راکتور در اثر تغییرات راکتیویته

۲- بررسی local در یک راکتور آبی تحت فشار LWR

۳- محفظه راکتور و مسائل ایمنی آن: تحت فشار قرار گرفتن محفظه راکتور ،آزاد شدن انرژی حاصل از فشار، ذوب شدن قلب راکتور

۴- پخش مواد رادیو اکتیو: موجودی محصولات شکافت در قلب راکتور و آزاد شدن آنها ، آزاد شدن مواد رادیواکتیو در محفظه ،پخش مواد رادیواکتیو در فضا ، پی آمدهای رادیولوژیکی

۵- بررسی حوادث اتفاق افتاده در راکتورها: تاریخچه- حادثه- حوادث سایر راکتورها

فهرست منابع:

1- Leuise, E.E., "nuclear power reactor safety", JOHN WILEY, 1977
2- MC Cromick, N.J., "Reliability& Risk Analysis", Academic Press, 1981

کد درس : ۱۵					
عنوان درس به فارسی: فیزیک راکتور پیشرفته	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک راکتور ۲
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Advanced Reactor Physics	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

روش های پیشرفته ریاضی آنالیز راکتور ، تئوری پرتوربا سیون وعملکرد آن در راکتور

سرفصل دروس:

۱- حل معادلات دیفرانسیل به روش تفاضل محدود: روش مستقیم (حذف گاوس، تجزیه مثلثی و ماتریس‌های سه قطری ...) روش تکرار (ژاکوبی، زایدل روش فوق خلاصی (SOR)) همگرایی روش‌های تکرار، نرخ‌های همگرایی، روش شتاب.

۲- روش ترانسپورت نوترون: حل معادله با استفاده از توابع هارمونیک کروی، حل Discrete Ordinate (SN)، معادلات SN در مختصات دکارتی و منحنی الخط پارامترهای مطلوب گاوس.

۳- روش پاسخ ماتریسی: کرنل ریسپانس، معادلات پاسخ ماتریسی و روابط بین آنها، استخراج ماتریسی، تحلیل روش، روش تئوری ترانسپورت و پاسخ ماتریسی.

۴- روش اجزاء محدود: حل معادلات به کمک روش باقی مانده‌ها، ماتریس‌های جرم و سختی توابع تقریب درجه یک و دو و سه، حل به کمک روش Variational، تقریب تقریب خطی و یک بعدی، تقریب درجه سوم روش، اجزاء محدود در دو بعد.

۵- روش نودال: تعریف ضرایب وابستگی (Coupling Constants) تعریف جریان‌های جزئی (partial current) در سطح و ارتباط آنها با شار متوسط در گره استخراج معادلات دیفیوژن براساس روش نودال.

فهرست منابع:

1- Bell and Glasstone, Nuclear reactor theory.

کد درس : ۱۶					
عنوان درس به فارسی: مواد هسته ای ۱	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک هسته‌ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Nuclear Materials 1	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی دانشجویان با خواص، طرز تهیه و کاربرد موادی است که در راکتورهای هسته ای بخصوص در سیکل اول مورد استفاده قرار می گیرند.

بررسی علم مواد بیشتراز دیدگاه کلاسیک ،آشنایی با ترم های رایج در علم مواد از قبیل گسیختگی، شکنندگی ، خستگی و غیره ، بررسی مقدماتی مواد هسته ای.

سرفصل دروس:

۱-اهمیت مواد در راکتورهای اتمی ،اصول انتخاب مواد برای راکتورهای اتمی

۲-مواد به کار رفته در راکتورهای اتمی: خنک کنندهٔ راکتورها (Coolants)، کند کننده ها(Moderators)، غلاف، میله و بستهٔ سوخت، منعکس کننده ها (Reflectors)، کنترل کننده ها(Control materials)، مواد ساختمانی (Structural materials)، بلانکت(Blanket materials)

مواد محافظت کننده(Shielding Materials)

۳–خواص عمومی مواد: ساختمان کریستالی، نقص ساختمانی، دیفیوژن در مواد جامد، خواص مکانیکی تغییر فازها، خوردگی مواد

۴– اثرتشعشع بر مواد هسته ای: تغییر ساختمان کریستالی و جابجایی اتمها، ایجاد ترک، حفره، تردی و شکنندگی، تورم (swelling)، خستگی(fatigue) و خزش، اسپیک های جابجایی و گرمایی (Thermal & Displacement Spikes)، سخت شدن (Radiation Hardening)

۵–خنک کننده ها (روش تهیه، خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و اثر تشعشع) آب ،آب سنگین،گاز هیلیوم، کربن دی اکسید، فلز سدیم، سرب، نمک مذاب

۶– کند کننده ها (روش تهیه، خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و اثر تشعشع) آب وآب سنگین

۷–منعکس کننده ها، (Reflectors) (تهیه، خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و اثر تشعشع) برلیم و اکسید برلیم، گرافیت، آب و آب سنگین، زیرکونیم هیدرید

۸–مواد کنترل کننده (تهیه، خواص شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی واثر تشعشع)

- بور و ترکیبات آن (BC_4، بوریک اسید)
- کادمیم، Ag-Cd-In
- هافنیم، Ag –Hf Ag – Ir – Hf
- جاذب های سوختنی $Eu_2O_3, Er_2O_3, Gd_2O_3$ (Burnable absorber)

فهرست منابع:

1-Olander, "Fundamental Aspects of Nuclear Reactor Material"National, Technical Information.
2-Benjamin M.Ma, Nuclear Reactor Materials and Application, Oct, 1982,Springer.
3-Characterization and Testing of Material for Nuclear Reactors, IAEA, Tech Doc-1545,2005.

کد درس : ۱۷					
عنوان درس به فارسی: مواد هسته ای ۲	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: مواد هسته‌ای ۱
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Nuclear Materials 2	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

اهداف کلی درس:

آشنایی دانشجویان با خواص، طرز تهیه و کاربرد موادی است که در راکتورهای هسته ای بخصوص در سیکل اول مورد استفاده قرار می گیرند.

سرفصل دروس:

۱-غلاف میله سوخت و متعلقات آن (تهیه، خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی واثرتشعشع)

- آلیاژهای زیرکونیم Zr-2وZr-4
- آلومینیم
- استن لس استیل

۲-بسته سوخت و متعلقات آن (تهیه، خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی واثرتشعشع)

- گریدز(Grids)،Spacers
- لوله های هدایت کننده(Guide tube)
- نازل ها(Nozzles)

۳-مواد ساختمانی(Structural Materials)،(تهیه، خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی واثرتشعشع)

- مخزن تحت فشار قلب راکتور Pressure Vessel

- استن لس استیل
- انواع کربن استیل
- خطوط بخار(انواع استن لس استیل)
- خطوط آب (انواع استن لس استیل)
- کندانسورها(Al-Cu-Ni , Ti)
- پمپ ها
- سیستم تنظیم کننده فشار(Pressurizer)
- خطوط سدیم(انواع استن لس استیل)
- لوله های تحت فشار (راکتورهای کندو)
- گرافیت
- انواع بتن
- سایر اجزای ساختمانی راکتور در سیکل اول

۴-بلانکت Blanket Materials(تهیه، خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی واثرتشعشع)

U-238،Th-232و اورانیم تهی شده

۵- مواد حفاظ ها Shielding Materials

- انواع بتن
- سرب
- مواد هیدروژن دار
- آب
- سایر موارد

۶-خوردگی مواد ساختمانی راکتور

فهرست منابع:

1-Olander, "Fundamental Aspects of Nuclear Reactor Material"National, Technical Information.
2-Benjamin M.Ma, Nuclear Reactor Materials and Application, Oct, 1982,Springer.
3-Characterization and Testing of Material for Nuclear Reactors, IAEA, Tech Doc-1545,2005.

کد درس : ۱۸					
عنوان درس به فارسی: چرخه سوخت ۱	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: تکنولوژی نیروگاه‌های هسته‌ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Fuel Cycle 1	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی با کلیه مراحل چرخه سوخت هسته ای شامل تولید کیک زرد از سنگ معدن، تولید دی اکسید اورانیوم طبیعی و غنی شده، خواص و کاربرد اورانیوم، پلوتونیم ،توریم و انواع چرخه سوخت هسته ای .

سرفصل دروس:

۱- مقدمه: دیاگرام فرآیند سوخت، نحوه کار چرخه سوخت، باز فرایش، جداسازی ایزوتوپ.

۲- چرخه‌های سوخت برای راکتورهای هسته‌ای: سوخت‌های هسته‌ای، اثرات تابش بر روی سوخت‌های هسته‌ای ،استفاده از کدهای محاسباتی Burn- up، فرآیندهای چرخه سوخت، محاسبه ساده شده مربوط به کارایی چرخه سوخت ، دیاگرام گردش مواد در چرخه سوخت

۳- استخراج فلزات به کمک حلال: اصول استخراج به کمک حلال، ضرایب توزیع، نظریه استخراج تعادلی ناهمسو

۴- اورانیوم: ایزوتوپ‌های اورانیوم، سرب‌های واپاشی اورانیوم، اورانیوم فلزی، ترکیبات اورانیوم، شیمی محلول اورانیوم، منابع اورانیوم، تخمین منابع اورانیوم، تغلیظ اورانیوم، تصفیه اورانیوم، تولید فلز اورانیوم.

۵- خواص سوخت تابش داده شده و سایر مواد راکتور: رادیو اکتیویته محصولات شکافت، رادیو اکتیویته اکتنیدها، اثر چرخه‌های سوخت متناوب بر روی خواص سوخت تابش داده شده، رادیو اکتیویته ناشی از اکتیواسیون نوترون.

۶- پلوتونیوم: ایزوتوپ‌های پلوتونیوم، رادیو اکتیوپلوتونیوم، فلز پلوتونیوم، ترکیبات پلوتونیوم، تولید فلز پلوتونیوم.

۷- توریم

۸-سوخت انواع راکتورهای تحقیقاتی(U-ALX، AL-U3O8، U-Si، U-Mo)

کد درس : ۱۹					
عنوان درس به فارسی: چرخه سوخت ۲	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: چرخه سوخت ۱
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Fuel Cycle 2	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

چرخه سوخت داخل قلب، مسایل پیشرفته در ارتباط با تولید مواد هسته ای بویژه سوخت هسته ای.

سرفصل دروس:

۱- ایزوتوپ‌های پایدار، کاربردها و روش‌های جداسازی، کاربرد ایزوتوپ‌های پایدار، روش‌های جداسازی ایزوتوپ، واحد جداسازی، مرحلهٔ بهمنشار (Cascade)، خواص مرحلهٔ بهمنشار ساده (Simple cascade)، بهمنشار بازگشتی (Recycle cascade)، بهمنشار ایده آل (Ideal Cascade)، بهمنشار جداسازی بسته (close-separation cascade)، ظرفیت جداسازی، کار جداسازی، پتانسیل جداسازی، زمان تعادل برای جداسازی ایزوتوپ‌ها، جداسازی سه ایزوتوپ از یکدیگر.

۲- جداسازی اورانیوم: بررسی وضعیت جداسازی اورانیوم در جهان و روش‌های مختلف، پخش گازی Gaseous Diffusion، سانتریفوژ گازی Gaseous Centrifuge، جداسازی به طریق تحول شیپوره‌ای ، جداسازی توسط لیزر

۳- جداسازی ایزوتوپ‌های هیدروژن: منابع دوتریم، تهیه آب سنگین، روش‌های جداسازی دوتریم از هیدروژن، بررسی وضعیت جداسازی هیدروژن در جهان

۴- ساخت قرص، میله و بسته های سوخت راکتورهای قدرت

۵- باز فرایش سوخت: ترکیب سوخت پرتو داده شده، روش‌های مختلف باز فرایش فرآیند Purex، جلوگیری از بحرانی شدن در کارخانه‌های باز فرایش

فهرست منابع:

1- Benediet, Pigford &level, Nuclear chemical Engineering, McGraw Hill, 198

کد درس : ۲۰					
عنوان درس به فارسی: فیزیک راکتورهای گداخت۱	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک هسته‌ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Fusion Reactor 1	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی با مبانی فیزیک پلاسما و حرکت ذرات باردار در میدان های الکتریکی و مغناطیسی ، نا پایداریها ی پلاسما و غیره.

سرفصل دروس:

۱- مقدمه: محصور کردن مغناطیسی، توجیه گداخت

۲-خواص اصلی: پلاسما، میدان مغناطیسی و الکتریکی، فرکانس پلاسما، پراکندگی کولمبی، زمان‌های مشخصه، مقاومت، حرکت ژیروسکوپی، انحرافات Drift

۳-تعادل و انتقال: تعادل و موازنه فشار، انتقال کلاسیک.

۴-اصول محصور کردن: آیینه‌های مغناطیسی، توکامک Tokamak، سایر اصول محصور کردن.

۵-گرم کردن پلاسما: گرم کردن اهمی، تزریق باریکه ذرات خنثی، گرم کردن موجی، تراکم، گرم کردن ناشی از گداخت آلفا.

۶-برخورد پلاسما با جداره: سایش سطحی، تابش ناشی از ناخالصی، کنترل ناخالصی.

۷-مغناطیس‌ها: میدان‌ها و نیروهای مغناطیسی، هادی‌ها، پدیده الکترومغناطیسی گذرا، سیستم مغناطیسی توکامک.

۸-ذخیره سازی و انتقال انرژی، توان لازم، تئوری مدار الکتریکی مقدماتی، سیستم‌های ذخیره سازی انرژی، سوئیچینگ و شکل دادن پالس.

۹-برخورد پرتو با ماده: انتقال پرتو، تکثیر نوترون، گرم کردن هسته‌ای، خسارات ناشی از پرتو نوترون، رادیو اکتیویته، حفاظ پرتو.

فهرست منابع:

1- Weston M.S.Ir., An Introduction to the Physics & Technology of Magnetic continement fusion, Iohn Wiley, 1984.
2- Chen, F., Introduction to Plasma Physics, Plenum Press 1974.

کد درس : ۲۱					
عنوان درس به فارسی: فیزیک راکتورهای گداخت ۲	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک راکتورهای گداخت ۱
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Fusion Reactor 2	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

تکنولوژی های محصور سازی پلاسما به روش های مختلف، آشنایی با انواع راکتور های گداخت به ویژه توکامک.

سرفصل دروس:

۱-تولید قدرت در اثر گداخت (سیکل‌های سوخت و فعل و انفعال‌هایزاینده- توازن انرژی و شرایط راکتور- محفظه مغناطیسی- ناپایداری هیدرودینامیک آهنربایی MHD).

۲-فرآیندهای پایه- توازن‌ها در راکتورهای گداخت (توازن انرژی و درجه حرارت اشتعال، قدرت تابش ترمزیBremsstrahlung) تشعشع سیکلوترون- توازن ذرات و کسر تولید سوخت، جزئیات توازن انرژی پلاسما.

۳-ویژگی‌های نوترونی در راکتورهای گداخت (پخش نوترونی- زایندگی تریتیوم و زمان دو برابر شدگی- آسیب پذیری تشعشع نوترونی در مواد راکتور).

۴-تراکم آدیا باتیکی و اشتعال در راکتورهای گداخت (مختصات هندسی توکامک (Tokamak)- محاسبه حوزه عمودی- کاربرد).

۵-دینامیک و کنترل راکتورهای گداخت (ناپایداری حرارتی و ناپایداری پسخور، رفتار دینامیکی برای یک راکتور توکامک).

۶-ویژگی‌های محیطی یک نیروگاه گداخت- راندمان حرارتی و حرارت اتلافی (آنالیز و نتایج- اصول انتقال مستقیم در سیستم‌های آینه‌ای).

۷-سیستم‌های گداخت محفظه‌ای لخت (تکنیک‌های در نظر گرفته شده انفجارهای میکرونی- اثرات هدایت حرارتی الکترون و حرارت ناشی از تابش آلفا- مفهوم گداخت- لیزر).

۸-ویژگی‌های طراحی راکتورهای گداخت (دیوارگذاری- حوزه مغناطیسی و دانسیته پلاسما- پارامتر محفظه‌ای NC-توجیه راکتور آینه‌ای- پارامترهای اصلی طراحی یک راکتور آینه‌ای- مشخصات طراحی یک راکتور گداخت تپشی).

۹-تخلیه گرما و ویژگی‌های حرارتی در پوشش راکتور گداخت (معادلات جریان MHD در لوله‌ها- بعضی از ویژگی‌های فیزیکی جریان MHD در لوله‌ها- محاسبه افت فشار و قدرت پمپ- ویژگی‌های تنش در لوله‌های سرد).

۱۰-مطالعه مقایسه‌ای روش‌های مختلف تولید قدرت گداخت (فرمول کلی معادلات توازن قدرت- محاسبه برای سیستم‌های در حالت پایا و تپشی- کاربرد مفهومات مختلف گداخت- راکتور لیزری- گداخت مستقل شده، راکتور گداخت آینه‌ای، راکتور گداخت تتاپینچ Theta- pinch، راکتور گداخت توکومک- مقایسه و نتایج).

فهرست منابع:

1- Kammash, Terry, Fusion Reactor Physics Ann arbor Science, 1976
2- Chen, F.F., Introduction to Plasma Physics, Plenum press, 1974.
3- Snonet, J.L. the plasma attar, Academic press, 1971

کد درس : ۲۲					
عنوان درس به فارسی: مباحث پیشرفته مواد	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: مواد هسته‌ای ۲
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Advanced Topics in Materials	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی با فن اوری های نوین علم مواد به ویژه در تولید سوخت هسته ای.

سرفصل دروس:

سرفصل دروس توسط گروه آموزشی دانشکده مربوطه ارائه می‌شود.

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۲۳</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
مباحث پیشرفته در ایمنی و حفاظت هسته ای</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="4">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:
ایمنی راکتورهای هسته-ای</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Advanced Topics in Safety & Nuclear Protection</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="2">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td><td>اختیاری</td><td>نظری</td><td>عملی</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

آشنایی با علوم روز در زمینه ایمنی هسته ای.

سرفصل دروس:

سرفصل دروس توسط گروه آموزشی دانشکده مربوطه ارائه می‌شود.

کد درس : ۲۴					
عنوان درس به فارسی: مباحث پیشرفته در مهندسی راکتور	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: تکنولوژی نیروگاه‌های هسته‌ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Advanced Topics in Reactor Engineering	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی باتکنولوژی های جدید وپیشرفته در خصوص راکتور های نسل جدید.

سرفصل دروس:

سرفصل دروس توسط گروه آموزشی دانشکده مربوطه ارائه می‌شود.

کد درس : ۲۵					
عنوان درس به فارسی: مباحث پیشرفته در راکتورهای گداخت	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک راکتورهای گداخت ۲
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Advanced Topics in Fusion Reactors	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی با تکنولوژیهای محصور سازی لختی

سرفصل دروس:

سرفصل دروس توسط گروه آموزشی دانشکده مربوطه ارائه می‌شود.

کد درس : ۲۶					
عنوان درس به فارسی: مدیریت سوخت	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک راکتور ۱
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Fuel Management	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

اهداف کلی درس:

آشنایی با انواع تکنیک های جابجایی سوخت در قلب، روشهای بهینه سازی مصرف سوخت در قلب و حداکثر استفاده اقتصادی

سرفصل دروس:

ادامه سرفصل دروس توسط گروه آموزشی دانشکده مربوطه ارائه می‌شود.

کد درس : ۲۷					
عنوان درس به فارسی: اقتصاد انرژی هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Nuclear Energy Economy	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

بررسی کلان نیروگاه های هسته ای با توجه به وام بانکی، هزینه های ثابت و جاری و قیمت تمام شده برق هسته ای

سرفصل دروس:

۱- مبانی اقتصاد مهندسی:

۱-۱- ارزش زمانی پول

۱-۲- فرمول‌های مختلف بهره، ربح ساده، ارزش فعلی ساده، بازیافت یکنواخت سرمایه ارزش فعلی سری یکنواخت پرداخت، ارزش آتی سری یکنواخت پرداخت، وجوه استهلاکی

۱-۳- افزایش قیمت و تورم، پول ثابت و پول جاری

۱-۴- معیارهای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها، معیارهای مبتنی بر ارزش فعلی، حداکثر ارزش فعلی سود خالص، حداقل ارزش فعلی هزینه‌ها، روش منافع/ هزینه، معیارهای مبتنی بر سوددهی، نرخ بازگشت سرمایه، معیارهای مبتنی بر زمان بازگشت سرمایه، معیار ارزش آتی.

۵-۱- استهلاک و روش‌های مختلف محاسبهٔ آن، استهلاک خطی، روش جمع ارقام سنوات، روش موجودی نزولی، روش وجوه استهلاکی، انواع استهلاک صنعتی اقتصادی، مالیاتی، حسابداری

۲- اجزاء هزینه تولید انرژی الکتریکی

۲-۱- ساختار هزینه‌های تولید: هزینه‌های سرمایه گذاری، سوخت، بهره برداری هزینه‌های ثابت، هزینه‌های متغیر (تناسبی)

۲-۲- اجزاء هزینه سرمایه گذاری، هزینه‌های مستقیم، غیر مستقیم، موارد خاص نیروگاه‌های هسته‌ای.

۲-۳- هزینه سوخت، اجزاء هزینه چرخه سوخت هسته‌ای

۲-۴- هزینه‌های بهره برداری و نگهداری- موارد خاص نیروگاه‌های هسته‌ای

۳- تجزیه و تحلیل هزینه تولید انرژی الکتریکی

۳-۱- محاسبه قیمت هم تراز شده تولید اصول هم تراز کردن هزینه‌ها، روش کلاسیک محاسبه قیمت تمام شده بر مبنای محاسبه استهلاک، روش محاسبه قیمت میانگین هم تراز شده بر مبنای روش ارزش فعلی، ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها بر مبنای قیمت هم تراز شده تولید، مقایسه دو روش، مثال‌های کاربردی.

۳-۲- عوامل موثر روی تولید انرژی الکتریکی و هزینه تولید- ضریب طرفیت، قابلیت دسترسی، نرخ حرارتی، ترتیب بارگذاری

۳-۳- قابلیت اعتماد سیستم تولید و اهمیت اقتصادی آن- معیارهای ارزیابی قابلیت اعتماد، معیارهای یقینی، حاشیه رزرو، رزرو گیران، ضابطه بزرگ‌ترین واحد، مقیاساحتمالاتی، نرخ خروج از خط اضطراری، احتمال از دست دادن بار (load)، انرژی تامین نشده، تاثیر اقتصادی قابلیت اعتماد.

۳-۴- توسعه بهینه سیستم تولید، روش شبیه سازی احتمالاتی، روش غربال کردن.

۴- اقتصاد چرخه سوخت هسته‌ای

۴-۱- مدیریت سوخت هسته‌ای، مدیریت داخلی راکتور، مدیریت خارجی، استراتژی‌های مختلف چرخه سوخت، چرخه‌های باز، چرخه‌های بسته، معیارهای بهینه یابی.

۴-۲- اقتصاد اورانیوم غنی شده، اجزاء هزینه‌های غنی سازی، کار جداسازی هزینه انرژی، نرخ بهینه پسماند.

۴-۳- اقتصاد پلوتونیوم، تولید و بازگردانی پلوتونیوم در راکتورهای حرارتی و سریع مسائل فنی- اقتصادی

۴-۴- اقتصاد توریوم، تولید و بازگردانی اورانیوم ۲۲۳ در راکتورهای حرارتی مسائل فنی- اقتصادی

۴-۵- اقتصاد باز فرابری سوخت مصرف شده و پسماندارى.

۵- مدل‌های کامپیوتری مورد استفاده:

۵-۱- مدل‌های کامپیوتری محاسبه هزینه سیستم تولید

۵-۲- مدل‌های کامپیوتری توسعه بهینه شبکه

۵-۳- مدل‌های کامپیوتری محاسبات هزینه چرخه سوخت هسته‌ای

۶- مدل‌های قراردادی و ارزیابی مناقصه‌های بین المللی

۶-۱- انواع مدل‌های قراردادی خرید و انتقال تکنولوژی نیروگاه‌های هسته‌ای، مدل کلید در دست، مدل اجزاء، محدود، مدل مهندسی مشاور.

۶-۲- ضوابط تهیه مشخصات فنی و اسناد مناقصه

۶-۳- ضوابط ارزیابی پیشنهادات مناقصه

فهرست منابع:

- اقتصاد مهندسی، دکتر اسکونژاد، انتشارات دانشگاه امیرکبیر

2- Expansion Planning for Electric Generation Systems IAEA, Tech- Rep. Series No … 1984
3- Least Cost Electric Utility Planning Stoll, 1989
4- Eid Invitation Specification for N.P.P. IAEA. Tech. Rep. No 175, 1988
5- Economic Evaluation of Bids for N.P.P. IAEA, Tech. Rep. No 169, 1987
6- Promotion and Financing of Nuclear power program in dev. lopping countries IaEa, 1987.
7- Nuclear power project management, IAEA, Tech, rep. No. 179, 1988.

کد درس : ۲۸					
عنوان درس به فارسی: کاربرد روش مونت کارلو درمحاسبات هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک راکتور ۱
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Application of Monte-Carlo Method in Nuclear Calculation	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

بکار گیری روش احتمالاتی با تکیه برتوابع احتمال در ردیابی ذرات خنثی مانند نوترون در محیط مادی

سرفصل دروس:

۱- آشنایی با کاربرد مونت کارلو

۲- متغیرهای کتره‌ای و توابع توزیع احتمال

۳- تولید و آزمون اعداد کتره‌ای

۴- کاربرد روش مونت کارلو برای یک مسئله ترانسپورت نوعی

۵- شمارش فلاکس و جریان

۶- روش‌های تسریع محاسبات

۷- ردگیری گاما و نوترون‌ها (ذرات خنثی)

۸- مسائل چند بعدی

۹- استاتیستیک

فهرست منابع:

1- Monte Carlo Methods, volume 1: Basics By: M.H.kalos & P.A. WhitlockJohn Wiley & Sons Inc. (1986)

2- Particle- Transport simulation with the MonteCarlo method , L.L. carter & E.D. cash well.

2- Computing methods in Reactor physics (chap 5) By: M.H. kalos et al. Gordon & Breach (1968)

کد درس : ۲۹					
عنوان درس به فارسی: دینامیک راکتورها	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک راکتور ۱
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Reactor Dynamics	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

اهداف کلی درس:

استخراج وحل معادله پخش تابع زمان در راکتور ، روش های مختلف حل مسایل سینتیک راکتور

سرفصل دروس:

۱- بدست آوردن معادلات دینامیکی

۲- راکتیویته ثابت و تغییرات پله‌ای راکتیویته (شرایط تعادل و بحرانی، معادله در ساعت (In hour) حالت یک گروهی، پاسخ سیستم در اثر ورودی پله‌ای، چشمه‌های تابع زمان، پاسخ فرکانسی سیستم و توابع انتقال.

۳- راکتیویته تابع زمان (معادله تقریبی دینامیکی، نوسانات راکتیویته، پاسخ سیستم در اثر ورودی مثلثی ramp (توابع hypergemetry و روش انتگرال راه اندازی راکتور).

۴- پسخور راکتیویته و خیز قدرت Reactivity feedback and power Excursion (راکتورهای حرارتی همگن، راکتورهای حرارتی ناهمگن، راکتورهای سریع، کرنل پس خور خطی، مدل نورد هایم- فوکس Nordheim- Fucks، خیزهای راکتیویته کوچک، کرنل ورودی، مثلثی فوکس)

۶- پایداری سیستم‌های خطی (سیستم‌های خطی با پسخور، معیار روث Routh Criterion، نمایش پاسخ فرکانسی، معیار نایکوئیست Nyquist Criterion روش روث- لوکاس Root- Lucas، پایداری سیستم‌های

ساده راکتور، پس خورد (مدت‌های طول عمر و نوترون‌های تاخیری)، پایداری راکتورهای سریع، راکتورهای آب جوشان).

فهرست منابع:

1- HETRICK, DAVID L., "DYNAMIC OF NUCLEAR REACTORS", THE UN.OF CHICAGO PRESS, 1971

2- ASH, M. "NUCLEAR REACTOR KINETICS", MCGRAW- HILL, NEWYORK, 1965.

3- WEAVER, L.E.., "SYSTEM ANALYSIS OF NUCLEAR REACTOR DYNAMICS", NEWYORK, ROWMAN AND LITTLE FIELD, 1963.

4- WEAVER, L.E., "REACTOR DYNAMICS AND CONRIL STATE SPACE TECHNIQUES", NEWYORK, AM.ELSEVIER, 1968.

کد درس : ۳۰					
عنوان درس به فارسی: آزمون انواع سوخت مواد هسته ای و مواد ساختمانی راکتورها پس از تابش دهی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Post-Iradiation Examination of Nuclear Fuels and Cunstruction Materials	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
	آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی ☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐				

اهداف کلی درس:

آشنایی دانشجو یان با روش های آزمون مواد هسته ای به ویژه در دوران پس از تابش دهی در راکتور.

سرفصل دروس:

۱-اهمیت بررسی عملکرد سوخت، مواد هسته ای و مواد ساختمانی راکتورها پس از تابش دهی

۲-انواع سوخت راکتورهای قدرت و تحقیقاتی با تأکید بر سوخت های جدید راکتورهای تحقیقاتی و سوخت های راکتورهای نسل چهارم

۳-مواد هسته ای و مواد ساختمانی راکتورها با تأکید بر سیکل اول راکتور

۴-انواع آزمون های سوخت ، مواد هسته ای و مواد ساختمانی راکتور ها پس از تابش دهی (Examination postIrradiation) آزمون های غیر مخرب و آزمون های مخرب

۵-وسائل و تجهیزات لازم برای انجام آزمون های PIE

۶-راکتورهای مناسب برای تابش دهی(MTR(Material Testing Reactor : بررسی چند نوع راکتور تحقیقاتی چند منظوره در حال کار و در حال احداث

۷-بررسی انواع سیستم ها و تجهیزات لازم برای انجام تابش دهی سوخت و مواد هسته ای، شامل انواع لوپ ها، کپسول ها، ابزار دقیق و وسائل و تجهیزات مکانیکی و ...

۸-آزمایشگاه ها، کارگاه ها، گلاو باکس ها و سلول های داغ برای انجام انواع آزمون های PIE

۹-چگونگی حمل مواد تابش داده شده از راکتورها به محل آزمون های PIE

۱۰-چگونگی انتقال سوخت و مواد هسته ای به سلول های داغ و گلاو باکس ها

۱۱-حفاظت پرسنل در هنگام انجام آزمون های PIE از نقطه نظر کار با مواد پرتوزا

۱۲-پسماندازی مواد رادیواکتیو در حین و پس از انجام آزمون های تابش دهی

۱۳-همکاری با دیگر کشورها برای انجام PIE

۱۴-بررسی عملکرد سوخت تولید شده در ایران پس از تابش دهی

لزوم احداث یک راکتور تحقیقاتی چند منظوره برای تولید رادیوایزوتوپ ها، تابش دهی مواد و مطالعات نوترونیک

فهرست منابع:

1-Post Irradiation Examination and Testing, a requlatory perspective, National Post-Irradiation Examination Workshop, Maryland, 2011.

2- High Temperature Gas Cooled Reactor Fuels and Materials, IAEA TECDOC 1645,2010.

3-WWW.roseators.ru-BN-800,2013.

4-WWW.world –nuclear.org, research reactors,2013.

5-Oak Ridge national Laboratory, ORNL/TM-7607, Fabrication of High-Uranium loaded U3O8-Al development fuel plates, Dec,1980.

6-Current Status of U3Si2 Fuel Elements Fabrication in Brazil, M. Durazzo, et al,Brazel, 1996.

activities for Hanaro Fuel Production at Kaeri,2004.

7-Multipurpos Research Reactor (RMB),CNEN,2013.

8-Proceding of IAEA technical meeting held in Haden, Tech doc 1635 “Irradiation Facility Project”,2007.

کد درس : ۳۱					
عنوان درس به فارسی: پسماندازی در تمامی مراحل چرخه سوخت (از معدن تا سوخت مصرف شده)	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Waste Management in All Stages of Fuel Cycle	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر □ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□ علمی					

اهداف کلی درس:

روش های جمع آوری ، کاهش حجم ، و محصور سازی ایمن ضایعات هسته ای و تابش دیده

سرفصل دروس:

۱- اهمیت پسماندازی در چرخه سوخت هسته ای

۲- طبقه بندی پسماندها

- پسماندها با اکتیویته کم
- پسماندها با اکتیویته متوسط
- پسماندها با اکتیویته زیاد

۳- پسماندهای ایجاد شده در مرحله استخراج اورانیم از سنگ معدن

- پسماندهای ایجاد شده در مرحله جداسازی اولیه سنگ های غنی
- پسماندهای ایجاد شده در مراحل خردایش، لیچینگ، جداسازی توسط حلال، رسوب گیری
- پسماند جامد باقی مانده پس از مراحل جداسازی

۴- پسماندهای ایجاد شده در مراحل مختلف تبدیل کیک زرد به UO_2،UF_6،غنی سازی UF_6وتبدیل مجدد به UO_2

- پسماندهای حاصل از تبدیل کیک زرد به UO_2 طبیعی
- پسماندهای حاصل از تبدیل UO_2 **به** UF_6
- پسماندهای جاصل در مرحله غنی سازی UF_6
- پسماندهای حاصل در مرحله تبدیل UF_6 **به** UO_2

۵- پسماندهای حاصل در مرحله ساخت قرص و میله های سوخت

- پسماندهای حاصل در مرحله آماده سازی پود UO_2 برای پرس
- پسماندهای حاصل در مراحل پرس وسینترینگ

۶- پسماندهای حاصل در مراحل بازفرآبری سوخت مصرف شده

۷- چگونگی نگهداری سوخت های مصرف شده راکتورهای تحقیقاتی و قدرت

۸- مسائل ایمنی پسماندهای هسته ای

فهرست منابع:

1-World Nuclear Association, Radiactive Waste Management, Nov, 2013.
2-Disposal Approaches for Long Lived Low and Intermediate Level Radioactive Waste, IAEA, NW-T-i-20,2009.
3-Costing of Spent Nuclear Fuel Storage, IAEA, NF-T-3.5,2009.
Policies and Strategies for Radioactive Waste Management, IAEA, NW-G-1.1,2009.

کد درس : ۳۲					
عنوان درس به فارسی: تئوری ترانسپورت	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک راکتور ۱
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Transport Theory	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

استخراج و حل معادله ترانسپورت با تأکید بر شار نوترونی تابع زاویه در محیط های مختلف

سرفصل دروس:

۱- تعاریف اولیه، معانی آماری متغیرها،فورمولاسیون معادله ترانسپورت بولتزمن و صورت های متفاوت آن، به دست آوردن معادله ترانسپورت نوترون، شرایط حدی ومرزی شکل انتگرال گیری معادله ترانسپورت، پراکندگی ایزوتروبیک وغیر ایزوتروپیک، تابع گرین در حل معادله ترانسپورت، ساده سازی های خاص در راه حل معادله ترانسپورت،...

۲-به دست آوردن معادله ترانسپورت تک- سرعته،هندسه صفحه بینهایت بزرگ، استفاده از تابع گرین، حل معادله تک- سرعته به روش جدا سازی متغیر ها، محیط بی نهایت بزرگ بدون حضور چشمه، خاصیت تعامد

جواب های اولیه، محیط بی نهایت بزرگ با حضور چشمه صفحه ای، روش حل از طریق با روش هارمونیک های کروی، پراکندگی ایزوتروبیک وغیر ایزوتروپیک.

۳–حل عددی معادله ترانسپورت با تقریب PN، بسط فلاکس به چند جمله ای های لژاندر برای هندسه تخت، روش معرفیPN،تقریب p1 وشرایط مرزی،مقایسه نتایج تقریب p1با معادله پخش،بسط تابع فلاکس در هندسه ی کروی، شرایط مرزی در هندسه کروی، تقریب p3و مقایسه با نتایج معادله پخش، تقریب های بالانز و طیف های ویژه، روش های دیگر حل معادله ترانسپورت، روش حل به طریق MOMENTDECOMPOSITION،روش تقریب P0-دوجمله ای.

فهرست منابع:

1- Bell and Glasstone, Nuclear Reactor theory

کد درس : ۳۳					
عنوان درس به فارسی: آشنایی با کدهای هسته ای	تعداد واحد: ۲	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Introduction to Nuclear Codes	تعداد ساعت: ۹۶		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد■ ندارد□ سفر علمی□ کارگاه■ آزمایشگاه□ سمینار□					

اهداف کلی درس:

آشنایی عملی با بکارگیری و اجرای کدهای استاندارد هسته ای ناظر بر حل مسائل نوترونیک، انتقال حرارت و غیره در راکتورها

سرفصل دروس:

۱-تعاریف اولیه،مروری بر مسیر تکاملی محاسبات هسته ای از نظر تاریخی،فلو چارت ساده یک محاسبه کامل نیرو گاه هسته ای،تقسیم بندی نحوه محاسبات به روش جبریdeterministic و احتمالاتی probabilistic ،تعریف محاسبات مونت کارلو و تمایز آن از روش های دیگر،طبقه بندی محاسبلت قلب به سه نوع کلی سلولی، قلب ، ترموهیدرولیک،شرح کلی محاسبات روش آماری و ارزیابی آن در قبال روش جبری.

۲-مروری بر فیزیک راکتور۲ و محاسبات چند گروهی،توصیف کد WIMS به عنوان یک کد سلولی، شرح مختصر ورودی و خروجی کد،حل یک مثال عملی و تفسیر خروجی ها،

۳-مروری بر محاسبات قلب و روش تکرار،توصیف کد CITATION به عنوان کد نوعی محاسبات قلب،شرح مختصر ورودی وخروجی کد، استفاده از خروجی WIMS به عنوان ورودی این کد،حل یک مثال عملی با تفسیر نتایج.

۴-مروری بر محاسبات ترموهیدرولیک قلب،توصیف کد COBRA به عنوان یک کد نوعی محاسبه حرارتی،شرح مختصر ورودی وخروجی کد،حل یک مثال عملی با تفسیر نتایج.

۵-مروری بر محاسبات مونت کارلو و اصول آن،توصیف کدMCNP محاسبات هسته ای به عنوان یک کد نوعی محاسبات هسته ای،شرح مختصر ورودی وخروجی کد،حل یک مثال عملی و مقایسه با سایر نتایج و تفسیر آن ها.

۶- مروری بر سایر جنبه های محاسبات هسته ای واهمیت آن ها، توصیف مختصری از کد ها ی دیگر و کاربرد های جانبی، محاسبات حفاظ،محاسبات دز خروجی نیروگاه ها،محاسبات ایمنی،محاسبات اقتصادی و سایر جنبه ها به طور مختصر.

کد درس : ۴۰					
عنوان درس به فارسی: شیمی عملیات چرخه سوخت	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Chemistry of Fuel Cycle Operations	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

اهداف کلی درس:

آشنایی با شیمی چرخه سوخت

سرفصل دروس:

۱- مبانی شیمی: حلالیت، تعادل‌هایب شیمیایی، اسید، باز، یونیزاسیون، تشکیل کمپلکس، ضریب توزیع، اکسیداسیون و احیاء

۲- اصول استخراج توسط حلال‌های آلی Solvent Extraction و کاربردهای آن

۳- اصول جداسازی توسط رزین‌ها و کاربردهای آن

۴- شیمی اکتنیدها: شیمی اورانیوم، پلوتونیوم و توریوم

۵- هیدرومتالوژی اورانیوم، لیچینگ، خالص سازی، رسوب گیری

۶- شیمی آب و تاثیر تشعشع بر آن

۷- شیمی سیالات و مواد متشکله راکتور

۸- کنترل کیفی ترکیبات (مواد) واسطه‌ای و نهایی چرخه سوخت هسته‌ای، کنترل شیمیایی، کنترل فیزیکی.

فهرست منابع:

مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی در سال‌های ۱۹۸۳، ۱۹۷۷ و ۱۹۸۰

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۴۱</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
آزمون انواع سوخت مواد هسته ای و مواد ساختمانی راکتورها
پس از تابش دهی</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="4">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Post-Iradiation Examination of Nuclear Fuels and Cunstruction Materials</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="2">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی ☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td><td colspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td>عملی</td><td></td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

آشنایی دانشجو یان با روش های آزمون مواد هسته ای به ویژه در دوران پس از تابش دهی در راکتور.

سرفصل دروس:

۱-اهمیت بررسی عملکرد سوخت، مواد هسته ای و مواد ساختمانی راکتورها پس از تابش دهی

۲-انواع سوخت راکتورهای قدرت و تحقیقاتی با تأکید بر سوخت های جدید راکتورهای تحقیقاتی و سوخت های راکتورهای نسل چهارم

۳-مواد هسته ای و مواد ساختمانی راکتورها با تأکید بر سیکل اول راکتور

۴-انواع آزمون های سوخت ، مواد هسته ای و مواد ساختمانی راکتور ها پس از تابش دهی (Examination postIrradiation) آزمون های غیر مخرب و آزمون های مخرب

۵-وسائل و تجهیزات لازم برای انجام آزمون های PIE

۶-راکتورهای مناسب برای تابش دهی(MTR(Material Testing Reactor : بررسی چند نوع راکتور تحقیقاتی چند منظوره در حال کار و در حال احداث

۷-بررسی انواع سیستم ها و تجهیزات لازم برای انجام تابش دهی سوخت و مواد هسته ای، شامل انواع لوپ ها، کپسول ها، ابزار دقیق و وسائل و تجهیزات مکانیکی و ...

۸-آزمایشگاه ها، کارگاه ها، گلاو باکس ها و سلول های داغ برای انجام انواع آزمون های PIE

۹-چگونگی حمل مواد تابش داده شده از راکتورها به محل آزمون های PIE

۱۰-چگونگی انتقال سوخت و مواد هسته ای به سلول های داغ و گلاو باکس ها

۱۱-حفاظت پرسنل در هنگام انجام آزمون های PIE از نقطه نظر کار با مواد پرتوزا

۱۲-پسماندارى مواد رادیواکتیو در حین و پس از انجام آزمون های تابش دهی

۱۳-همکاری با دیگر کشورها برای انجام PIE

۱۴-بررسی عملکرد سوخت تولید شده در ایران پس از تابش دهی

لزوم احداث یک راکتور تحقیقاتی چند منظوره برای تولید رادیوایزوتوپ ها، تابش دهی مواد و مطالعات نوترونیک

فهرست منابع:

1-Post Irradiation Examination and Testing, a requlatory perspective, National Post-Irradiation Examination Workshop, Maryland, 2011.

2- High Temperature Gas Cooled Reactor Fuels and Materials, IAEA TECDOC 1645,2010.

3-WWW.roseators.ru-BN-800,2013.

4-WWW.world –nuclear.org, research reactors,2013.

5-Oak Ridge national Laboratory, ORNL/TM-7607, Fabrication of High-Uranium loaded U3O8-Al development fuel plates, Dec,1980.

6-Current Status of U3Si2 Fuel Elements Fabrication in Brazil, M. Durazzo, et al,Brazel, 1996.
activities for Hanaro Fuel Production at Kaeri,2004.

7-Multipurpos Research Reactor (RMB),CNEN,2013.

8-Proceding of IAEA technical meeting held in Haden, Tech doc 1635 “Irradiation Facility Project”,2007.

کد درس : ۴۲					
عنوان درس به فارسی: مواد هسته ای ۱	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک هسته‌ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Nuclear Materials 1	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی دانشجویان با خواص، طرز تهیه و کاربرد موادی است که در راکتورهای هسته ای بخصوص در سیکل اول مورد استفاده قرار می گیرند.

سرفصل دروس:

فصل اول:

- اهمیت مواد در راکتورهای اتمی
- اصول انتخاب مواد برای راکتورهای اتمی

فصل دوم :مواد به کار رفته در راکتورهای اتمی

- خنک کننده ی راکتورها (Coolants)
- کند کننده ها(Moderators)
- غلاف، میله و بسته سوخت
- منعکس کننده ها (Reflectors)
- کنترل کننده ها(Control materials)

- مواد ساختمانی (Structural materials)
- بلانکت(Blanket materials)
- مواد محافظت کننده(Shielding Materials)

فصل سوم:خواص عمومی مواد

- ساختمان کریستالی
- نقص ساختمانی
- دیفیوژن در مواد جامد
- خواص مکانیکی
- تغییر فازها
- خوردگی مواد

فصل چهارم:اثرتشعشع بر مواد هسته ای

- تغییر ساختمان کریستالی و جابجایی اتمها
- ایجاد ترک، حفره
- تردی و شکنندگی
- تورم (swelling)
- خستگی(fatigue) ، خزش
- اسپیک های جابجایی و گرمایی(Thermal & Displacement Spikes)
- سخت شدن (Radiation Hardening)

فصل پنجم:خنک کننده ها (روش تهیه، خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و اثر تشعشع)

- آب
- آب سنگین
- گاز هیلیوم
- کربن دی اکسید

- فلز سدیم
- سرب
- نمک مذاب

فصل ششم:کند کننده ها (روش تهیه، خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و اثر تشعشع)

- آب
- آب سنگین

فصل هفتم:منعکس کننده ها، (Reflectors) (تهیه، خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و اثر تشعشع)

- برلیم و اکسید برلیم
- گرافیت
- آب و آب سنگین
- زیرکونیم هیدرید

فصل هشتم:مواد کنترل کننده (تهیه، خواص شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی واثر تشعشع)

بور و ترکیبات آن (BC_4، بوریک اسید)

- کادمیم، Ag-Cd-In
- هافنیم، Ag –Hf Ag – Ir – Hf
- جاذب های سوختنی $Eu_2O_3, Er_2O_3, Gd_2O_3$ (Burnable absorber)

فهرست منابع:

1-Olander, "Fundamental Aspects of Nuclear Reactor Material"National, Technical Information.
2-Benjamin M.Ma, Nuclear Reactor Materials and Application, Oct, 1982,Springer.
3-Characterization and Testing of Material for Nuclear Reactors, IAEA, Tech Doc-1545,2005.

کد درس : ۴۳					
عنوان درس به فارسی: چرخه سوخت ۱	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: تکنولوژی نیروگاه‌های هسته‌ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Nuclear Fuel Cycle 1	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی با کلیه مراحل چرخه سوخت هسته ای شامل تولید کیک زرد از سنگ معدن، تولید دی اکسید اورانیوم طبیعی و غنی شده، خواص و کاربرد اورانیوم، پلوتونیم ،توریم و انواع چرخه سوخت هسته ای.

سرفصل دروس:

۱- مقدمه: دیاگرام فرآیند سوخت، نحوه کار چرخه سوخت، باز فرایش، جداسازی ایزوتوپ.

۲- چرخه‌های سوخت برای راکتورهای هسته‌ای: سوخت‌های هسته‌ای، اثرات تابش بر روی سوخت‌های هسته‌ای ،استفاده از کدهای محاسباتی Burn- up، فرآیندهای چرخه سوخت، محاسبه ساده شده مربوط به کارایی چرخه سوخت ، دیاگرام گردش مواد در چرخه سوخت

۳- استخراج فلزات به کمک حلال: اصول استخراج به کمک حلال، ضرایب توزیع، نظریه استخراج تعادلی ناهمسو

۴- اورانیوم: ایزوتوپ‌های اورانیوم، سرب‌های واپاشی اورانیوم، اورانیوم فلزی، ترکیبات اورانیوم، شیمی محلول اورانیوم، منابع اورانیوم، تخمین منابع اورانیوم، تغلیظ اورانیوم، تصفیه اورانیوم، تولید فلز اورانیوم.

۵- خواص سوخت تابش داده شده و سایر مواد راکتور: رادیو اکتیویته محصولات شکافت، رادیو اکتیویته اکتنیدها، اثر چرخه‌های سوخت متناوب بر روی خواص سوخت تابش داده شده، رادیو اکتیویته ناشی از اکتیواسیون نوترون.

۶- پلوتونیوم: ایزوتوپ‌های پلوتونیوم، رادیو اکتیوپلوتونیوم، فلز پلوتونیوم، ترکیبات پلوتونیوم، تولید فلز پلوتونیوم.

۷- توریم

۸-سوخت انواع راکتورهای تحقیقاتی(U-ALX، AL-U3O8، U-Si، U-Mo)

فهرست منابع:

1- Benediet, Pigford &level, Nuclear chemical Engineering, McGraw Hill, 198

کد درس : ۴۴					
عنوان درس به فارسی: تضمین و کنترل کیفیت در چرخه سوخت هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Quality Control and Quality Assurance in Nuclear Fuel Cycle	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی دانشجویان با کلیه مراحل کنترل کیفی و تضمین کیفیت چرخه سوخت هسته ای و نقش آن در تولید سوخت هسته ای استاندارد.

سرفصل دروس:

۱-اهمیت تضمین و کنترل کیفیت QA/QC مواد در چرخه سوخت هسته ای

۲-دیاگرام چرخه سوخت هسته ای و نقاط مهم برای انجام QC(Quality Control)

۳-انجام آزمون های QC برای کیک زرد

٤-انجام آزمون هایQC برای UO_2 طبیعی و ترکیبات میانی

٥-انجام آزمون هایQCبرای UF_6 طبیعی

٦-انجام آزمون های QC برای UF_6غنی شده

۷-انجام آزمون های QC برای UO_2 غنی شده و ترکیبات میانی

۸-انجام آزمون های QC برای قرص پس از پرس و سینترینگ

۹-انجام آزمون هایQC برای میله سوخت و بسته سوخت

۱۰- انجام آزمون های QCبرای ترکیبات میانی و نهایی در مرحله بازفرآوری

۱۱- مسائل ایمنی در QC

۱۲- سیستم تضمین کیفیت مواد هسته ای در چرخه سوخت هسته ای

- سیستم مدیریت کیفیتQuality Management system

-داشتن مقررات ایمنی هسته ایNuclear Safety Regulationمعادل IAEA50-C/S6Q

-داشتن ISO -9000

- سیستم تضمین اندازه گیریMeasurement Assurance system
- داشتن سیستم رعایت استانداردها Standardization system
- سیستم ارائه ی مجوز برای ادامه تولیدClearance system

فهرست منابع:

1-Advanced Methods of Process/Quality Control in Nuclear Reactor Fuel Manufacture, IAEA-TECDOC-1166,18-22 Oct,1999.

2-Quality Assurance Requirements For Nuclear Facility Applications, Presented By – Robert G. Burns, PE 32nd national energy and environmental division conference in San Antonio, Texas,2005.

3-Characterisation and Quality Control of Nuclear Fuels, C Ganguly R N Jayaraj,2004.

4-Quality Assurance in Nuclear Fuel Research at the Laboratory of High and Medium level Activity at SCK.CE L.Sannen,A.Gys&M. Verwerft,1999.

کد درس : ۴۵					
عنوان درس به فارسی: کارآموزی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: On The Job Training	تعداد ساعت: ۱۹۲		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد■ ندارد☐ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐ کارآموزی■					

کد درس : ۵۰					
عنوان درس به فارسی: آناتومی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Anatomy	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

هدف: آشنایی با اصول و مبانی آناتومی

سرفصل دروس:

۱-مقدمات آناتومی

۲-سیستم اسکلتی ، کلیات مورفولوژیک بعلاوه ابعاد و اندازه ها و وزن مخصوص

۳-سیستم عضلانی، کلیات مورفولوژیک بعلاوه ابعاد و اندازه ها و وزن مخصوص

۴-کلیات مفاصل، کلیات مورفولوژیک بعلاوه ابعاد و اندازه ها و وزن مخصوص

۵-سیستم گوارش، کلیات مورفولوژیک بعلاوه ابعاد و اندازه ها و وزن مخصوص

۶-غدد، کلیات مورفولوژیک بعلاوه ابعاد و اندازه ها و وزن مخصوص

۷-سیستم شریانی و قلب، کلیات مورفولوژیک بعلاوه ابعاد واندازه ها و وزن مخصوص

۸-سیستم وریدی پورت ، کلیات مورفولوژیک بعلاوه ابعاد و اندازه ها و وزن مخصوص

۹-سیستم لنفاوی، کلیات مورفولوژیک بعلاوه ابعاد و اندازه ها و وزن مخصوص

۱۰-مغز نخاع، کلیات مورفولوژیک بعلاوه ابعاد و اندازه ها و وزن مخصوص

۱۱-اعصاب محیطی، کلیات مورفولوژیک بعلاوه ابعاد و اندازه ها و وزن مخصوص

۱۲-سیستم اتونوم، کلیات مورفولوژیک بعلاوه ابعاد و اندازه ها و وزن مخصوص

۱۳-سیستم تناسلی، کلیات مورفولوژیک بعلاوه ابعاد و اندازه ها و وزن مخصوص

-۱۴خواص پنجگانه، کلیات مورفولوژیک بعلاوه ابعاد و اندازه ها و وزن مخصوص

۱۵-پوست و ضمائم آن (نقش پوست در دفع و جذب تشعشعات) کلیات مورفولوژیک بعلاوه ابعاد و اندازه ها و وزن مخصوص

۱۶-بررسی عمومی ابعاد و اوزان بخش های مختلف بدن و وزن مخصوص آنها بر اساس استانداردهای کنگره بین المللی حفاظت از تشعشع.

فهرست منابع:

1- Bendiet, Pigford & levi, Nuclear Chemical Engineering, Mc Graw – Hill, 1981

کد درس : ۵۱					
عنوان درس به فارسی: فیزیولوژی	تعداد واحد: ۵	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Physiology	تعداد ساعت: ۸۰		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

سرفصل دروس:

۱- فیزیولوژی سلول: سازمان بندی عملی سلول، بخش های مایعات بدن، نیروهای مولد حرکت مواد بین بخشهای مایع (شامل پمپ سدیم ـ پتاسیم) ، غشاء سلول و پتانسیل استراحت غشاء ، پدیده های الکتریکی در سلول های عصبی، پایه یونی اکسیناسیون و هدایت عضله اسکلتی و پدیده های الکتریکی و فلاکسهای یونی در آن ـ الکترو ایوگرافی ـ فیزیولوژی عضله قلبی و عضله صاف ـ انتقال سیناپس و وقایع الکتریکی در سیناپسها ـ مهار و تسهیل در سیناپسهاـ انتقال عصبی عضلانی.

۲- فیزیولوژی خون:سلول های خونی گویچه های سفید ـ مکانیسم های ایمنی ـ پلاکت ها ـ گویچه های سرخ ـ گروه های خونی ـ پلاسما ـ هموستاز ـ لنف.

۳- فیزیولوژی دستگاه تنفس: خواص گازهاـ اعمال مکانیکی تنفس ـ تبادلات گازی در ریه ـ تنظیم عصبی و شیمیایی تنفس

۴- فیزیولوژی قلب و گردش خون: منشأ ضربان و فعالیت الکتریکی قلب ـ الکتروکاردیوم ـ آریتمی های قلبی ـ عمل تلمبه ای قلب ـ برون ده قلبی ـ دینامیک جریان خون و ملاحظات بیوفیزیکی آن ـ گردش خون شریانی ـ مویرگی ـ وریدی و لنفی ـ مکانیسم های تنظیم کننده قلبی عروقی ـ فشار خون.

۵- فیزیولوژی غدد مترشحه داخلی: فیزیولوژی غده هیپوفیز (قدامی ـ خلفی) ـ غده تیروئید ـ لوزالمعده ـ غده فوق کلیوی (قسمت قشری و بخش مغزی) ـ کنترل هورمونی متابولیسم کلسیم و فیزیولوژی استخوان و غده پاراتیروئید ـ غدد تناسلی زن و مرد.

۶- فیزیولوژی گوارش: اعمال هضم و جذب ـ ترشح و حرکت لوله گوارش ـ اعصاب لوله گوارش ـ هورمونهای گوارشی ـ کبد و سیستم صفراوی.

۷- فیزیولوژی کلیه و تعادل اسید و باز: نقرون ـ خود تنظیمی جریان خون کلیوی ـ فیلتراسیون گلومرولی اعمال توبولها ـ جذب مجدد مواد ـ ترشح مواد ـ دفع آب ـ کنترل تخلیه مثانه ـ مکانیسم های جریان مخالف ـ حفظ غلظت یون هیدروژن ـ اسید و زوالکالوز ـ متابولیک و تنفسی.

۸- فیزیولوژی مغز و اعصاب و حواس ویژه: تولید ایمپالس در اندامهای حسی ـ رفلکسهای نخاعی ـ حس های پوستی ـ عمقی و احشائی درد ـ فعالیت الکتریکی مغز ـ خواب و بیداری ـ کنترل وضع و حرکات بدن ـ دستگاه دهلیزی ـ عقده های قاعده ای ـ مخچه ـ سیستم عصبی اتونومیک ـ سیستم لیمبیک عملی هیپوتالاموس تنظیم درجه حرارت بدن ـ تشنگی و گرسنگی ـ حس های بینائی ـ چشائی ـ شنوائی و بویایی.

سر فصل درس عملی: ۱ واحد

آزمایشات خون شناسی ـ قلب و عروق که شامل اندازه گیری فشار خون و الکتروکاردیوگرافی و آزمایشات قلب قورباغه ـ اسپیرومتری ـ آزمایشات مربوط به عضلات مخطط ـ الکترومیوگرافی ـ سیستم عصبی .

کتاب پیشنهادی: فیزیولوژی پزشکی گاتیون و گنانگ.

کد درس : ۵۲					
عنوان درس به فارسی: دستگاههای پرتوپزشکی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک هسته ای و فیزیک بهداشت
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Radiobiology Insrtuments	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

سرفصل دروس:

۱- مولدهای اشعه ایکس تشخیصی

۲- توموگرافی (CT scan)

۳- NMR

۴- PET

۵- سیستمهای پرتو دهی اشعه ایکس و کبالت درمانی

۶- سیستم شبیه ساز SIMULATOR

۷- پرتو درمانی INTER STITIAL, INTRA CAVITARY

۸- سیستم اولتراسوند ULTRA – SOUND

۹- اسکن خطی (RECTILINEAR SCANNER)

۱۰- انواع دوربین های گاما

۱۱- کالیبراسیون

فهرست منابع:

مرجع واحد برای این درس وجود ندارد و سرفصل های مشخص شده می تواند از کتابهای مختلف استخراج گردد.

کد درس : ۵۳					
عنوان درس به فارسی: کارآموزی دستگاههای پرتوپزشکی	تعداد واحد: ۱	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: دستگاههای پرتو پزشکی
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Radiobiology Insrtuments Internship	تعداد ساعت: ۶۴		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد■ ندارد□ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□ کارآموزی■					

سرفصل دروس:

دانشجو همزمان با فراگیری اصول کار سیستمهای پرتو پزشکی موظفاست دستگاههای زیر را مشاهده و طرز کار عملی آنها را گزارش نماید.

۱- سیستمهای پرتو دهی اشعه ایکس درمانی و تشخیصی

۲- سیستمهای سونوگرافی

۳- سیستمهای کبالت درمانی

۴- توموگرافی به کمک کامپیوتر (Computerized Tomography Scanning)

۵- لیزرهای پزشکی

۶- سیستمهای دیاترمی واولتراسونیک

۷- شتاب دهنده های خطی و سیکلوترون

۸- براکی تراپی Brachy Therapy داخل سنجی و داخل حفره ای

۹- دستگاه های دوربین گاما(Rectilinear Scanner (Gamma Camera

کد درس : ۵۴					
عنوان درس به فارسی: آشکارسازی ودزیمتری	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک هسته ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Detection & Dosimetry	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

سرفصل دروس:

۱- آمار و خطاها: تئوری احتمالات، تابع توزیع و متغیرهای اتفاقی، توابع ـ توزیع Binomial پواسن و نرمال، خطاهای اندازه گیری، انحراف معیار، روشهای کاهش خطا، اندازه گیری زمان مرده اندازه گیری، فعالیت حداقل، رگرسیون (Regression)

۲- آشکار سازهای گازی: روابط بین ولتاژ بار جمع شده، انواع شمارنده های گازی، اطاقکهای یونساز شمارنده های تناسبی، شمارنده های گایگر، شمارنده های دارای جریان گاز.

۳- آشکار سازهای جرقه ای آشکار سازهای BF_3برای شمارش نوترونهای حرارتی: جرقه زنهای کریستالی (غیرآلی)، جرقه زنهای آلی، جرقه زنهای گازی، روابط بین دامنه پالس و انرژی و نوع ذرات ورودی اولیه لامپهای PM ، زمان مرده و اشعه زمینه در آشکارسازهای جرقه ای.

۴- آشکار سازهای نیمه هادی: نیمه هادی ها، اتصال p-n انواع آشکارسازهای نیمه هادی تخریب آشکارسازهای نیمه هادی توسط اشعه.

۷- الکترونیک: تعاریف، مدارهای مشتقی و انتگرالی، خطوط تأخیری، شکل دهی پالس، مدارهای زمانی، اندازه گیری های همزمان و غیر همزمان، پیش تقویت کننده، مبدلهای مانسته به رقمی (ADC).

۸- اسپکتروسکوپی پرتوهای گاما: بررسی طیف انرژی، روابط بین دامنه پالس و طیف انرژی، تعیین تفکیک پذیری انرژی اهمیت آشکار ساز با تفکیک پذیری بالای انرژی معرفی آنالیزورهای چند کانالی، معرفی آشکار سازهای NE213 Scintillator, NaI (TI) (جرقه زنی آلی)، HPGE , GE (LI) و آشکارسازهای Si (Li) جهت شمارش پرتوهای ایکس.

۹- کاهش اکسپونانسیل: کاهش ذرات خنثی در شعاع باریک، کاهش ذرات خنثی در شعاع پهن شده، اثرات طیفی انرژی، فاکتور افزایش Buildup.

۱۰- تولید و کیفیت پرتو ایکس: تولید پرتو ایکس و طیف انرژی، پرتو ایکس فلوئورسانس، پرتو ایکس Bremsstrahlung صافی پرتو ایکس و کیفیت باریکه پرتو ایکس.

۱۱- تئوری حفره: تئوری و روابط Bragg – Gray میانگین قدرت توقف، تئوری حفره Spencer تئوری حفره Burlin، تئوری Fano، میزان دز در مرز بین دو ماده تحت پرتو دهی گاما.

۱۲- مبانی دزیمتری: تعاریف دزیمتری، دزیمتر و غیره، روشهای تفسیر اندازه گیریهای دز برای گاما، نوترون و ذرات باردار، خصوصیات کلی دزیمترها، مطلق بودن، دقت و تکرار پذیری، حدود دز، حدود نرخ دز پایداری، وابستگی انرژی و غیره.

۱۳- اطاقک های یونساز و دزیمتری های انتگرالی: اطاقک یونساز با هوای آزاد، اطاقک های یونساز حفره ای، اندازه گیری بار و جریان و اثرات تغییرات محیط بر آنها، اشباع شدن و باز ترکیب یونی یونسازی، برانگیختگی و W دزیمترهای ترمولومینسانس، دزیمتری از طریق فتوگرافی، دزیمتری شیمیائی، دزیمتری کالریمتری.

فهرست منابع:

1- N. Tsoulfanidis, "Measurement and detecton of Radiation" 1983 Hemisphere publ. Corp.

2- F .H .Attix,. Introduction to Radiological physics and Radiation Dosimetry. 1986, John Wiley & Sons Inc.

کد درس : ۵۵					
عنوان درس به فارسی: آزمایشگاه آشکارسازی ودزیمتری	تعداد واحد: ۱	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: آشکارسازی و دزیمتری و یا همزمان
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Detection & Dosimetry Lab	تعداد ساعت: ۳۲		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد■ ندارد□ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه■ سمینار□					

سرفصل دروس:

۱- آزمایشهای پایه: آشکار سازهای گازی (اطاقک یونساز، تناسبی و گایگر)، سنتیلاسیون MCA، مقایسه , Ce (Li) NAI ـ تعیین قدرت تفکیک، جذب و پراکندگی ذرات بتا، تضعیف اشعه گاما ، آشکار ساز نوترون ، آشکار ساز، آمار شمارش ، شناسائی چشمه مجهول به روش طیف نگاری گاما

۲- دزیمتری: روش فیلم ، روش تی. ال. دی، بحرانی (آشنائی)، تعیین دز چشمه های داخلی

۳- اندازه گیری (ردیابی) اشعه: نشست دستگاههای مواد اشعه، چشمه های بسته پرتو زا، اماکن آلوده، نشت اشعه مایکروویو ، تعیین فاصله های امن برای رویت اشعه لیزر (مستقیم و جنبی)

۴- واسنجی: واسنجی دستگاه های آشکار ساز، باریکه های چشمه های پرتو درمانی و مولدهای اشعه، تصویر گرهای پزشکی هسته ای، کنترل کیفی پرتو داروها، شدت جریان هود

فهرست منابع:

5- ORTEC Manual for Nuclear Experiments.
6- IAEA Syllabus for Post Graduate Educational Courses
7- Frank H. Attix; Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry by (Sep 1986)
8- Herman Cember and Thomas Johnson; Introduction to Health Physics: Fourth Edition. July 2008, McGraw-Hill Medical Publishing Division, ISBN-13: 9780071423083.
9- Glenn F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons, Aug 16, 2010 - 860 pages.
10- Nicholas Tsoulfanidis, Ph.D., Sheldon LandsbergerMeasurement and Detection of Radiation, Third Edition; books.google.com/books?isbn=1420091859, 2010.
11- Klaus Becker, Solid State Dosimetry ,CRC Press (1973) ISBN-10: 0878190465; ISBN-13: 978-0878190461 .
12- Frank H. Attix and William C. Roesch; Radiation Dosimetry: Fundamentals [Volume 1] by (Jan 1, 1968).
13- Kenneth R. Kase, Bengt E. Bjarngard and Frank H. Attix; The Dosimetry of Ionizing Radiation by (Feb 1986)
14- Radiation Dosimetry, Volume 3: Sources, Fields, Measurements and Applications. Second Edition. by Frank H. Attix(1969)
15- William C. Roesch Edited by Frank H. Attix; Radiation Dosimetry, Volume II (2): Instrumentation by (Jan 1, 1966).
16- Frank H Attix Radiation dosimetry; Supplement: Topics in radiation dosimetry (1972).

کد درس : ۵۶					
عنوان درس به فارسی: حفاظ سازی در پرتو پزشکی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: : فیزیک هسته ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Shielding in Radiobiology	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

سرفصل دروس:

۱- شناسایی میدانهای پرتو:

- اصول پارامترهای میدانهای پرتو
- خواص پخش میدانهای پرتو.
- مقادیر دزیمتری پارامترهای پرتو مربوط به خطرات بیولوژیک

۲- اندر کنش پرتو و ماده:

- ضرائب اندر کنش، سطح مقطع های میکروسکوپی، سطح مقطع های اندر کنش های فوتون
- ضرائب کاهش فوتونها ضرائب جذب فوتونها، سطح مقطع های اندر کنش های نوترون
- اندرکنش های پخش نوترون، جذب پرتونی، نفوذ ذرات باردار در ماده

۳- منابع مولد پرتو:

- چشمه های نوترونی، چشمه های فوتونی، مولدهای پرتو ایکس

۴- توابع عکس العمل آشکارسازها:

- فرمولاسیون کلی عکس العمل آشکار سازها، رابطه نرخ گرما و نرخ دز جذبی شرائط تعادل

- ذرات باردار، گرمای نوترون، در جذب شده و نرخ دز معادل تابع عکس العمل دزیمتری
- فوتونها، توابع عکس العمل محاسبه خطرات به انسانها.

۵- مفاهیم نفوذ ذرات خنثی

- کاهش ذرات برخورد نکرده، عکس العملی کلی آشکار ساز، فرمولهای تقریبی برای عکس العمل کلی، روشهای تحلیلی پرتو، Kernel
- نقطه ای، جابجائی هندسی

۶-تکنیک های خاص برای کاهش فوتون:

- فاکتور و افزایش فوتون (buildup) مقادیر فاکتور افزایش فوتون و روابط تجربی
- تکنیک های خاص برای مراکز پزشکی

۷-تکنیک های خاص برای کاهش نوترونها:

-اختلاف بین محاسبات شاربین نوترونهای سریع و فوتونها، کاهش نوترون های سریع ناشی از شکافت در محیط های هیدروژنی، سطح مقطع های removal، کاهش نوترونهای سریع در محیط های غیر هیدروژنی، محاسبات شارهای با انرژی میانی و حرارتی، کاهش گامای جذبی، حفاظ سازی نوترونی توسط دیواره های بتنی.

۸-انجام پروژه طراحی و محاسبه حفاظ برای یک سیستم پرتوزا (چشمه یا دستگاه مولد پرتو) توسط دانشجو.

فهرست منابع:

1- Principles of Radiation Shielding
A .B. Chilton, J. K. Shelties, R, E, Faw
Prentice – Hall – Inc. 1984.
2- NCRP -49
3- NERP -34

کد درس : ۵۷					
عنوان درس به فارسی: طراحی و محاسبه دوز در پرتودرمانی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک بهداشت فیزیک هسته ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Design and Calculation of Dose in Radiotherapy	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

سرفصل دروس:

سرفصل دروس: فیزیک بهداشت- فیزیک هسته‌ای

۱- مقدمه‌ای بر پرتو درمانی کلینیکی

۲- فیزیک پرتوها

الف- تولید پرتوها

ب- برخورد پرتوها با ماده

ج- اندازه گیری پرتوها

۳- محاسبه دز برای پرتوهای خارجی

الف- درصد دز عمقی

ب- نسبت بافت به هوا

ج- منحنی‌های هم دز

د- محاسبه دز برای میدان‌های نامنظم

ه- محاسبه دز خارج از محور

ط- ناهمگنی بافت

۴- اقدامات قبل از درمان

الف- شبیه سازی

- ساختمان و طرز کار شبیه ساز

- تکنیک‌های شبیه سازی برای طراحی درمان

ب- هندسه درمان

ج- وسایل بزرگنمایی

د- وسایل تنظیم مکان و ثابت سازی بیمار

ه- روش‌های رادیوگرافی

و- توموگرافی کامپیوتری

ز- تعیین پیرامون بدن بیمار

ح- وسایل محدودکننده پرتوها

۵- براکی تراپی

الف- حالات فیزیکی ایزوتوپ‌ها

ب- دستگاه‌ها و وسایل

ج- محاسبه دز

۶- اصول طراحی درمان

الف- اشعه خارجی

ب- براکی تراپی

فهرست منابع:

1- Physics of Radiology Johns & Cuningham
2- Treatment Planning and Dose Calculation in Radiation oncology, 4 th Edition, K.T. Noe 11. G.V Bentel, E. Nelson, Pergamon Press, 1989.

کد درس : ۵۸					
عنوان درس به فارسی: ابزار دقیق مهندسی پرتوپزشکی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Precise Engineering Instruments in Radiobiology	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

سرفصل دروس:

۱- سیستم‌های ارتباطی دستگاه‌های اندازه گیری بیومدیکال و انسان شامل: جمع آوری اطلاعات تشخیص وضعیت بدن مانیتورینگ و ارزشیابی کنترل- ارزشیابی سیستم‌های اندازه گیری- ایزوله کردن دستگاه و بیمار.

۲- مبدل‌ها (Transducers)

۳- وسایل نمایش شامل: تیوب اشعه کاتدیک CRT- ترموگرافی

۴- روش‌های انتقال اطلاعات شامل: بیوتله متری- رادیوتله متری

۵- کامپیوتر در پزشکی

۶- پتانسیل‌های الکتریکی شامل: پتانسیل‌های بیومدیکال- پتانسیل‌های استراحت و عمل سلول عصبی

۷- سیستم‌های قلب و عروق شامل: کنترل عمل قلب- الکتروکاردیاگرام

۸- درمان الکتریکی شامل: درمان الکتروکانوالسیو (Electroconvulsive) ECT عمل تداخلی افراطی (Defibrillation)، تنظیم کننده‌های ضربان قلب (pacemaker)- دیاترمی- سوزانیدن و بریدن توسط برق (Electro cautery&Electro surgery)

۹- اندازه گیری فشار خون شامل: فشارسنج معمولی مبدل‌ها Sphygmomanometer

۱۰- اندازه گیری توسط نور (optics) شامل: فیلترهای نوری، اندوسکوپی، لیزر و موارد استفاده آن در پزشکی.

۱۱- اولتراسوند شامل: مبدل‌های پیزوالکتریک، برخورد امواج اولتراسوند در بدن- تصویرگیری با اولتراسوند، روش‌های داپلر، آثار بیولوژیکی اولتراسوند

فهرست منابع:

مرجع واحد برای این درس وجود ندارد و سرفصل‌های مشخص شده می‌تواند از کتاب‌های مختلف استخراج گردد.

کد درس : ۵۹					
عنوان درس به فارسی: سیستم های تصویرگر پزشکی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: آشکارسازی و دوزیمتری
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Medical Imaging Systems	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

سرفصل دروس:

۱- آشنایی با سیستم‌ها و سیگنال‌های دو بعدی (تصویر)

۲- فرآیندهای توقف اشعه X در ماده

۳- بررسی تاثیر شکل منبع اشعه در عکسبرداری با اشعه X

۴- بررسی آشکارسازهای اشعه X و نحوه ضبط تصویر

۵- اثر اغتشاش (noise) و پراکندگی (Scatter) در عکسبرداری با اشعه X

۶- عکسبرداری مقطعی با توموگرافی

۷- عکسبرداری در پزشکی هسته‌ای Nuclear Medicine

۸- عکسبرداری با مافوق صوت Ultrasonic Imaging

۹- استفاده از آرایه array در عکسبرداری با مافوق صوت

۱۰- عکسبرداری با میدان مغناطیسی یا Nuclear Magnetic Resonance Imaging(NMRI)

۱۱- عکسبرداری با استفاده از اشعه نوترونی

۱۲- عکسبرداری مقطعی با استفاده از اشعه نوترونی

فهرست منابع:

1- E.MACOVSKI Medical imaging system 1983.

2- S. NUDELMAN D. PETTOW Imaging for Medicine 1980

4- K.PRESTON, Medical Imaging Techniques, 1979.

کد درس : ۶۰					
عنوان درس به فارسی: شتاب دهنده ها و کاربرد آنها در پزشکی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک هسته‌ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Accelerators and their Application in Medical	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

سرفصل دروس:

- مقدمه‌ای بر اصول شتاب دهنده‌ها

۲- شتاب دهنده‌های خطی

۳- شتاب دهنده سیکلوترون

۴- شتاب دهنده بتاترون

۵- شتاب دهنده سینکروترون

۶- کاربرد شتاب دهنده‌ها در رادیوتراپی

۷- کاربرد شتاب دهنده‌ها برای استریلیزاسیون

۸- کاربرد شتاب دهنده‌ها در تولید رادیو ایزوتوپ‌ها

۹- توموگرافی با پوزیترون

فهرست منابع:

1- Particle Accelerators and their uses part 1 & 2 By: Waldemar Scharf 1986.

۳- Techniques in Nuclear Structure physics part 1, By: J.B.a England (1974).

کد درس : ۶۱					
عنوان درس به فارسی: الکترونیک هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: الکترونیک عمومی آشکارساز و دزیمتری
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Muclear Electronics	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

سرفصل دروس:

۱- مدارات پالس پایه:

- مدارات خطی (فیلترهای RC و CR، انتقال پالس در سیستم‌های مختلف)

- پاسخ گذاری سیستم‌های خطی (روش‌های تبدیل Transform)- پاسخ ضربه و روش کانولوشن (Convolution)

- مدارات دیجیتالی (مدار منطقی، مدارات فلیپ فلاپ- مدارات موتو استابل (Monostable) و مدارات دیود تونلی (Tunnel Diode)

- مدارات شمارش و ذخیره (شمارندها و Scaler ها، رجیسترها و حافظه‌ها، اندازه گیری نرخ شمارش (Conutrate).

۲- مدارات تشکیل دهنده پالس و اسپکتروسکوپی:

- عوامل موثر در حد تفکیک انرژی (ارتفاع پالس، پایل آپ، نویز، شکل موج آشکارساز، شکل پالس یک قطبی و دو قطبی).

- روش‌های خطی شکل دادن پالس (مدارات CR-RC-، مدار$(CR)^2 - RC$، استفاده از خط تاخیر DL و یا $(DL)^2$، استفاده از DL و انتگرال گیری شکل دادن نیمه گوسی، حذف قطب و صفر).

- Baseline restorer (هدف- مدارات ساده دیودی- انواع مدارات Baseline restorer)

۳- حد تفکیک در سیستم‌های اسپکتروسکوپی:

- نویز (نویز آماری- نویز حرارتی- نویز جریان shot -noise، نویز فلیکر Flicker)

- نسبت سیگنال به نویز FWHM و بار معادل نویز ENC

- بهینه سازی نسبت سیگنال به نویز (حالت عمومی- مورد آشکارسازهای هسته‌ای- بهینه سازی تحت محدودیت‌های اضافی).

- نسبت سیگنال به نویز در مدارات عملی (مدارات RC-CR و سیستم‌های مختلف)

- اثرات پایل آپ (همراه هم رسیدن پالس‌ها- تخمین تضعیف حد تفکیک- اثرات کولاژ و بار محدود آشکارساز).

- تاثیر Base line restoration در نسبت سیگنال به نویز

- روش‌های نمونه برداری، شکل دادن پالس غیر خطی و تغییرپذیر با زمان.

۴- تقویت کننده‌ها

- ترانزیستورهای اثر میدان FET (خواص، نویز، مدارات معادل الکتریکی).

- پیش تقویت کننده‌ها (شرایط ورودی- نوع حساس به بار- نوع حساس به جریان).

- پیش تقویت کننده‌های آشکارسازهای نیمه هادی (مسائل عمومی- مدارات و طراحی).

- تقویت کننده‌های اصلی در اسپکتروسکوپی

(توضیح محدودیت‌ها- محدودیت‌های عرض باند- محدودیت‌های پایداری بهره- پایداری در برابر نوسان).

- مثال‌های عملی از تقویت کننده با پایداری زیاد

- تقویت کننده‌های سریع

۵- دسکریمیناتورهای ارتفاع و شکل پالس

- انواع مدارات دیسکریمیناتور و آنالیز و ارتفاع پالس

- حفظ اطلاعات زمانی

- شرایط عمومی دیسکریمیناتورها

- مدارات عملی (مدار اشمیت ترگر مدارات دیودی- مدارات دیود تانلی).

- مدارات دیسکریمیناتور شکل پالس

۶- مدارات زمانی Timing Circuits

- مشخصه‌های مدارات زمانی

- انواع مدارات استخراج اطلاعات زمانی (Time pick- off) (شامل محدود کننده‌ها، تریگرها- مدارات عبور از صفر و مدارات Constant Fraclz)

- مدارات زمانی برای آشکارسازهای سینتیلاتوری

- انواع مدارات همزمانی سریع

- آنالیز چندین کاناله زمانی (نوع یا چندین مدار همزمانی، TDCS، TACS، دروازه‌های خطی، مدارات حذف پایل آپ)

۷- آنالیز و دامنه پالس چند کاناله (MCPHA و یا MCA)

- اجزاء یک سیستم MCA (ADC، ضبط اطلاعات و ...)

- انواع ADC

- دقت و سرعت در ADC
- طرح‌های نمونه از مدارات ADC
- پایدار نمودن طیف
- امکانات دیگر موجود در MCA

فهرست منابع:

1- Nuclear Electronics P.W. Nicholson John Willey & sons 1974.

کد درس : ۶۲					
عنوان درس به فارسی: رادیو ایزوتوپ ها و کاربرد آنها	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Radioisotopes and their Application	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

سرفصل دروس:

۱- اندازه گیری ها و ادوات هسته ای

آشکار سازهای هسته ای، انواع ادوات اندازه گیری و آنالیز پایه، اصول اولیه کاربردهای صنعتی اندازه گیری های هسته ای، تعیین مشخصات فیزیکی با اندازه گیری های هسته ای (تعیین سطح، اندازه گیری چگالی، اندازه گیری مقدار، اندازه گیری ضخامت، اندازه گیری ضخامت پوشش، اندازه گیری رطوبت)، ادوات سیار هسته ای

۲- روشهای ردیابی با پرتوهای

ملاحظات کلی (آماده سازی، انتخاب رادیو ایزوتوپ مناسب، محاسبات مورد نیاز)، تعیین سرعت جابجائی مواد، مطالعه جریان در فرآیندهای صنعتی، اندازه گیری جرمها، حجمها و انتقال جرم، مطالعات ردیابی در فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی، کاربرد ردیابهای پرتوی در مطالعات بیولوژیکی.

۳- چاه پیمائی هسته ای

چاه پیمائی با پرتوهای گامای طبیعی روشهای مبتنی بر چشمه های گاما، روشهای مبتنی بر چشمه های نوترون

۵-فن آوریهای پرتوی

تغییر ساختار ماده بر اثر پرتوها، فرآیندهای شیمیایی پرتوها، فرآیندهای رادیو بیولوژیکی، تخریبهای پرتوی، فن آوری پرتو دهی، کنترل پرتودهی

۶- رادیو گرافی صنعتی

طبقه بندی روشهای رادیوگرافی، روشهای رادیو گرافی، روشهای رادیوگرافی با گاما، حساسیت تصاویر رادیوگرافیکی، ارزیابی تصاویر پرتونگاری، رادیو گرافی با نوترون و پروتون

فهرست منابع:

1- G. FOLDIAK, Industrial applications of radioisotopes

کد درس : ۶۳					
عنوان درس به فارسی: شبیه سازی در پرتو پزشکی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Simulation in Radiobiology	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

<table>
<tr><td colspan="7">کد درس : ۷۰</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
دستگاههای مولد پرتو</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="4">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Radiation Generator Apparatus</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="6">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td></tr>
</table>

سرفصل دروس:

۱-منابع تابش

۲-منابع نوترون

۳-منابع رادیو ایزوتوپ

۴-راکتورهای هسته ای و حرارتی

۵-آشنایی با دستگاه پلاسمای کانونی

۶-دستگاه های تولید اشعه ایکس

۷-شتابده هنده های الکترون و کاربرد آن در پزشکی

۸-شتابدهنده های الکترون صنعتی و کاربرد آنها در بهینه سازی مواد، استریل پزشکی و نگهداری م.اد غذایی

کد درس : ۷۱					
عنوان درس به فارسی: کاربردهای صنعتی رادیو ایزوتوپها	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک هسته‌ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Industrial Applications of Radioisotopes	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

سرفصل دروس:

۱- اندازه گیری ها و ادوات هسته ای

آشکار سازهای هسته ای، انواع ادوات اندازه گیری و آنالیز پایه، اصول اولیه کاربردهای صنعتی اندازه گیری های هسته ای، تعیین مشخصات فیزیکی با اندازه گیری های هسته ای (تعیین سطح، اندازه گیری چگالی، اندازه گیری مقدار، اندازه گیری ضخامت، اندازه گیری ضخامت پوشش، اندازه گیری رطوبت)، ادوات سیار هسته ای

۲- روشهای ردیابی با پرتوهای

ملاحظات کلی (آماده سازی، انتخاب رادیو ایزوتوپ مناسب، محاسبات مورد نیاز)، تعیین سرعت جابجائی مواد، مطالعه جریان در فرآیندهای صنعتی، اندازه گیری جرمها، حجمها و انتقال جرم، مطالعات ردیابی در فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی، کاربرد ردیابهای پرتوی در مطالعات بیولوژیکی.

۳- چاه پیمائی هسته ای

چاه پیمائی با پرتوهای گامای طبیعی روشهای مبتنی بر چشمه های گاما، روشهای مبتنی بر چشمه های نوترون

۵- فن آوریهای پرتوی

تغییر ساختار ماده بر اثر پرتوها، فرآیندهای شیمیایی پرتوها، فرآیندهای رادیو بیولوژیکی، تخریبهای پرتوی، فن آوری پرتو دهی، کنترل پرتودهی

۶- رادیو گرافی صنعتی

طبقه بندی روشهای رادیوگرافی، روشهای رادیو گرافی، روشهای رادیوگرافی با گاما، حساسیت تصاویر رادیوگرافیکی، ارزیابی تصاویر پرتونگاری، رادیو گرافی با نوترون و پروتون

فهرست منابع:

۱-G. FOLDIAK, Industrial applications of radioisotopes

کد درس : ۷۲					
عنوان درس به فارسی: آشکارسازی تابش های هسته ای ۱	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک هسته ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Detection of Nuclear Radiation 1	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

سرفصل دروس:

۱- منابع تابش

۲- اثرات متقابل تابش

۳- شمارش اماری و پیش بینی خطا

۴- خواص کلی آشکارسازهای تابشی

۵- محفظه یونیزاسیون

۶- شمارشگر تناسبی

۷- شمارشگر گایگر- مولر

۸- خواص آشکارساز های سنیلاتور

۹- لوله های فوتو مولتی پلایر و فتو دیودها

۱۰- اسپکتروسکوپی تابشی با سنتیلاتورها

فهرست منابع:

1- C. F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons (2000).

2- N. Tsoulfanidis, Measurement and Detection of Radiation, Taylor& Francis (1995).

3- W.J. Price, Nuclear Radiation Detection, Mc Graw – Hill, New York (1964).

4- R. Leo. Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, A How – to Approach, Springer – Verlag (1993).

کد درس : ۷۳					
عنوان درس به فارسی: آشکارسازی تابش های هسته ای ۲	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: آشکارسازی ۱
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Detection of Nuclear Radiation 2	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه■ سمینار☐					

سرفصل دروس:

۱-آشکارسازهای دیود نیمه رسانا

۲- آشکارسازهای ژرمانیوم پرتو گاما

۳- سایر اشکارسازهای حالت جامد

۵-روشهای آشکارسازی نوترون کند

۶-اشکارسازی و اسپکتروسکوپی نوترون های سریع

۷- شکل دهی و پردازش پالس

۸- توابع پالس منطقی و خطی

۹- آنالیز پالس چند کاناله

۱۰-انواع اشکارسازهای متفرقه

۱۱-سابقه و حفاظ سازی آشکارسازها

فهرست منابع:

5- C. F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons (2000).

6- N. Tsoulfanidis, Measurement and Detection of Radiation, Taylor& Francis (1995).

7- W.J. Price, Nuclear Radiation Detection, Mc Graw – Hill, New York (1964).

8- R. Leo. Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, A How – to Approach, Springer – Verlag (1993).

کد درس : ۷۴					
عنوان درس به فارسی: آزمایشگاه آشکارسازی	تعداد واحد: ۲	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: آشکارسازی۱
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Detection Lab	تعداد ساعت: ۶۴		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد■ ندارد□ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه■ سمینار□					

سرفصل دروس:

۱-تعاریف کلی در سیستم های اندازه گیری الکترونیک

۲-شمارشگر گایگر

۳-اسپکتروسکوپی اشعه گاما با استفاده از یدور سدیم

۴-اسپکتروسکوپی آلفا با آشکارسازهای سد سطحی

۵-انرژی لاس ذرات باردار (آلفا)

۶-اسپکتروسکوپی بتا

۷-اسپکتروسکوپی اشعه گاما با رزولوشن بالا

۸-اسپکتروسکوپی اشعه ایکس با رزولوشن بالا

۹-تکنیک های بازخورد زمانی

۱۰-پراکندگی کامپتون

فهرست منابع:

۱- ORTEC AN34 Experiments in Nuclear Science Laboratory Manual

۲- ORTEC AN42 - Principles and Applications of Timing Spectroscopy

کد درس : ۷۵					
عنوان درس به فارسی: حفاظ سازی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Shielding	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

سرفصل دروس:

۱- مقدمه و اصول تئوری شیلدینگ

۲- چشمه‌های نوترون

۳- چشمه‌های گاما

۴- تضعیف نوترون

۵- تضعیف پرتوهای گاما

۶- روش‌های تحلیلی طرح حفاظ

۷- مواد شیلدینگ

۸- تولید حرارت در حفاظ

فهرست منابع:

1- Cember, H., Introduction to Health Physics
2- d Ed., Pergamon Press, 1983.

کد درس : ۷۶					
عنوان درس به فارسی: فناوری خلا	تعداد واحد: ۲	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Vaccum Technology	تعداد ساعت: ۳۲		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

سرفصل دروس:

۱-طبیعت خلاء؛ کاربردهای فناوری خلاء، تاریخچه پمپهای خلاء

۲-خواص گازها (فشار، چگالی، قانون اساسی گاز، سرعت و دمای گازها، فشار بخار،تبخیر محتویات گازی مواد، گازدهی، بخار آب)

۳-مبانی جریان سیال و پمپ کردن

۴-سیستمهای خلاء

۵-پمپهای خلاء، عمده

۶-شناخت انواع پمپها، جت بخار (دیفیوژن)، توربوملکولار، کرایوجینک

۷-پمپهای یونی و Gettering

۸-بارگذاری بر پمپهای خلاء

۹-خلاءهای بسیار بالا

۱۰-پیمانه های خلاء و آنالیزورهای گاز

۱۱-آشکارسازی نشت

فهرست منابع:

1- M. Dekker, High Vacuum Technology, New York, (1997).

2- N. S. Harris, Modern Vacuum Practice, Mc Graw – Hill, (1989).

3- R. Glang. R. A. Holmwood and J. A. Kurtz, High Vacuum Technology, IBM Components Division, New York, (1970).

4- A. Chambers, R. K. Fitch and B. S. Hallidag., Basic Vacuum Technology, IOP Publishing Ltd, New York, (1989).

کد درس : ۷۷					
عنوان درس به فارسی: روش های آنالیز هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: آشکار سازی ۱ دستگاههای مولد پرتو
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Nuclear Analysis techniques	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

سرفصل دروس:

۱-آشنائی با روشهای آنالیز و خصوصیات آنها

۲-طیف نگاری پس پراکندگی و پس زنی ذرات باردار

۳-پس پراکندگی راترفورد (RBS)، پس پراکندگی کشسان (EBS)، پراکندگی کشسان پروتون (PES)، پس ۴-پراکندگی یون سنگین (HIRBS).

۵-گسیل پرتو ایکس حاصل از ذره (PIXE)

۶-فلوئورسانس اشعه ایکس(XRF)

۷-طیف نگاری موسبازر

۸-آنالیز فعالسازی نوترونی

۹-آنالیز فعالسازی نوترونی دستگاهی (INAA)

۱۰-آنالیز فعالسازی نوترونی پرتوهای گامای آنی (PGNAA)

۱۱-آنالیز فعالسازی با ذرات باردار (CPAA) , (PIGE)

۱۲-آنالیز فعالسازی فوترونی دستگاهی (IPAA)

فهرست منابع:

1- W.D. Ehmann and D.D. Vance, "Radiochemistry and Nuclear Methods of Analysis". (1991).
2- W. K. Chu. J. w. Mayer and M. A. Nicolet, Baekscattering Spectrometry, Academic fress, New York,(1978).
3- S. A. e. Johansson and J. L. Campbell, PIXE: A Noved Technique for Elemental Analysis, Wiley, New York, (1988).
4- Z. B. Alfassi, Chemical Analysis by Nuclear Methods, (1994).
5- A. B. Alfassi and C. Chung, Prompt Gamma Neutron Activation Analysis, CRC Press (1995).
6- S. S. Nargolwalla and E.P. Przybylowicz, Activation analysis with Generators, John wiley & Sons (1973).

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۷۸</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
مباحث پیشرفته در کاربرد پرتوها</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="2">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Advanced Topics in Applied Radiation</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="3">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td><td>اختیاری</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

کد درس : ۷۹					
عنوان درس به فارسی: محاسبات ترابرد پرتوها	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Radiation Transport Computations	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

سرفصل دروس:

۱-اندرکنشهای نوترون

۲-پخش نوترون ها

۳-کنده شدن پخش چند گروهی

۴-معادله ترابرد (نوترون و گاما)

۵-روشهای حل معادله ترابرد S_N, P_N

۶-روش مونت کارلو

فهرست منابع :

1- J. R. Lamarsh, Introduction to Nuclear Reactor theory, Addison – Wesley, (1966)

2- G. Bell& S. Glastone, Nuclear Reactor Theory, New York, (1970)

3- A. F. Henry, Nuclear Reactor Analysis, MIT Press, (1948).

4- J. I. Duderstadt and L. J. Hamilton, Nuclear Reactor Analysis, John Wiley & Sons, (1975)

کد درس : ۸۰					
عنوان درس به فارسی: شتاب دهنده ۱	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Accelerator 1	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

سرفصل دروس:

۱-اپتیک باریکه ذرات

۲-سیستم های کانونی باریکه

۳-مقدمه ای بر شتاب دهنده ها

۴-شتابدهنده های خطی

۵-سیکلوترون و سینکروترون

۶-بتاترون

۷-سینکروترون ها

۸-میکروترون ها و شتابدهنده های الکترونی چرخشی

۹-کاربرد شتاب دهنده ها در پزشکی و رادیولوژی

۱۰-کاربرد شتاب دهنده ها در صنعت و مهندسی

فهرست منابع:

1- Circular Accelerators and Storage rings, Philip J. Bryant, Kjell Johssen, 1993
2- Particle Accelerator Physics, wiedemann, Hemut, 3rd Edition, 2007
3- Particle Accelerators, M. Stanley Livingston & John P. Blewett , McGraw-Hill BookCompany Inc. 1962

کد درس : ۸۱					
عنوان درس به فارسی: شتاب دهنده ها ۲	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: شتابدهنده ۱
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Accelerator 2	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

سرفصل دروس:

۱-روش ها و کدهای طراحی چشمه های یونی

۲-روش ها و کدهای طراحی شتابدهنده **Linac**

۳-روش ها و کدهای طراحی شتابدهنده سیکلوترون

۴-روش ها و کدهای طراحی شتابدهنده سینکروترون

۵-شتابدهنده های آینده در انرژی های بالا

۶-شتابدهنده های **Laser Wake Field-**

فهرست منابع:

1- Circular Accelerators and Storage rings, Philip J. Bryant, Kjell Johssen, 1993
2- Particle Accelerator Physics, wiedemann, Hemut, 3rd Edition, 2007
3- Particle Accelerators, M. Stanley Livingston & John P. Blewett , McGraw-Hill BookCompany Inc. 1962

کد درس : ۸۲					
عنوان درس به فارسی: پرتو دهی مواد غذایی و کشاورزی هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Food Irradiation & Nuclear Agriculture	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

فهرست منابع:

1- Isotopes and Radiation in Agricultural Sciences, Michael F. L'Annunziata, J. O. Legg, Academic Press, 1984
2- Nuclear radiation in food and agriculture ,Willard Ralph Singleton Van Nostrand, 1958
3- Nuclear methods in agriculture ,European Society of Nuclear Methods in Agriculture. Working Group Sessions, H. Glubrecht Pergamon, 1983

کد درس : ۸۳					
عنوان درس به فارسی: چشمه های یونی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Ion Sources	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

سرفصل دروس:

۱-فیزیک پلاسمای چشمه های یونی

۲-استخراج یون

۳-ترابرد باریکه

۴-مدل سازی رایانه ای

۵-چشمه های یونی: پایه گاری جریان بالا، Freeman , PIG، تشدید سیکلوترونی الکترون، میکروویو و باریکه الکترونی، باریکه ـ پلاسما، لیزر، فلز مایع، قوس خلاء بخار فلز و یون منفی

۶-چشمه های یونی سبک برای ICF

۷-چشمه های یونی برای باریکه های با درخشندگی زیاد پالسی

فهرست منابع:

1- The Physics and Technology of Ion Sources, Edited by I. G. BROWN John Wiley & Sons (1989)

کد درس : ۸۴					
عنوان درس به فارسی: طراحی هدف های هسته ای	تعداد واحد: ۲	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: دستگاه های مولد پرتو
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Design of Nuclear Targets	تعداد ساعت: ۳۲		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

سرفصل دروس:

۱-اندرکنش های هسته ای

۲-مدلهای هسته ای

۳-ملاحظات عمومی در طراحی هدف های فیزیک هسته ای

۴-طراحی و ساخت هدف های جامد و مایع

۵-انتقال حرارت از هدف های هسته ای

۶-روش های لایه نشانی

۷-ملاحظات تجربی ساخت پوسته های نازک

فهرست منابع:

1- J. Jaklovsky, Preparation of Nuclear Targets for Particle Accelerators. Plenum press (1981).

کد درس : ۸۵					
عنوان درس به فارسی: تست های غیر مخرب	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Nondestructive Tests	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

سرفصل دروس:

۱-شناخت آزمون های غیر مخرب و جایگاه آن در تکنولوژی عصر حاضر

۲-روشهای مشاهده ای (بازرسی های چشمی)

۳-بررسی های غیر مخرب با استفاده از مایعات نافذ

۴-روش بررسی با امواج ماوراء صوت (التراسونیک)

۵-رادیوگرافی

۶-بازرسی های غیر مخرب با ذرات مغناطیسی

۷-بررسی های غیر مخرب با استفاده از جریان گردابی

۸-رادیوگرافی با اشعه ایکس و گاما

فهرست منابع:

1- Nondestructive Testing, Ultrasonic, Second Edition, General Dynamic, 1981
2- Nondestructive Test Methods, mellier Charles, 1973
3- Nondestructive Evaluation and Quality Control, American society for Matals, Vol. 17, May 1992

کد درس : ۸۶					
عنوان درس به فارسی: دزیمتری پرتوهای هسته ای	تعداد واحد: ۲	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Nuclear Radiations Dosimetry	تعداد ساعت: ۳۲		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

سرفصل دروس:

۱- مقدمه آشکارسازی و دزیمتری

۲-ویژه‌های یک آشکارساز و دزیمتر

۳- کمیت‌ها و یکاهای دزیمتری پرتوها

- کمیت‌ها و یکاهای فیزیکی
- ضرایب تبدیل دز
- کمیت‌ها و یکاهای حفاظت در برابر اشعه
- کمیت‌های کاربردی (Operational) حفاظت در برابر اشعه
- حدود دز و سطوح نیاز به اقدام

۴- اصول آشکارسازی و دزیمتری(برای پرتوهای x،γ،β،α، یون‌ها و نوترون‌ها)

۵- اجزاء یک سیستم شمارش

۶- آشکارسازها و دزیمتری گازی

- اتاقک یونساز (با تأکید بر سیستم‌های مونیتورینگ دستی)
- تناسبی
- شمارنده گایگرمولر

۷- آشکارسازی‌ها و دزیمتری‌های سوسوزن و اسپکترومتری پرتوها

- سوسوزن‌های جامد
- سوسوزن‌های مایع
- سوسوزن‌های گازی
- سیستم‌های اسپکترومتری با سوسوزن‌ها

۸- آشکارسازی‌های حالت جامد

- آشکارسازهای سیلیکون و اسپکترومتری
- آشکارسازهای ژرمانیم و اسپکترومتری

۹- آشکارسازی‌ها و دزیمتری‌های حالت جامد

- دزیمتری با فیلم
- آشکارسازی ترمولومینسانس
- آشکارسازی‌های لومینسانس با تحریک نوری
- آشکارسازی‌های ردپای هسته‌ای
- آشکارسازی‌های حبابی
- آشکارسازی‌های متفرقه دیگر

۱۰- آشکارسازهای پرتوزاشده

۱۱- آشکارسازهای دستی (پرتابل) برای مونیتورینگ

۱۲- آمار(استاتیستیک) شمارش و اندازه گیری

۱۳- تعیین حدپائین شمارش(MDL)

۱۴- میدان های پرتو برای کالیبره کردن

۱۵- کالیبره کردن یک آشکارساز یا دزیمتر

۱۶- پروژه کلاسی

۱۷- جمع بندی و نتیجه گیری

فهرست منابع:

1. Frank H. Attix; Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry by (Sep 1986)
2. Herman Cember and Thomas Johnson; Introduction to Health Physics: Fourth Edition. 2009, McGraw-Hill Medical Publishing Division, ISBN-13: 978-0-07-164323-8.
3. Glenn F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons, Aug 16, 2010 - 860 pages.
4. Nicholas Tsoulfanidis, Ph.D., Sheldon LandsbergerMeasurement and Detection of Radiation, Third Edition; books.google.com/books; isbn=1420091859, 2010.
5. Klaus Becker, Solid State Dosimetry, CRC Press (1973) ISBN-10: 0878190465; ISBN-13: 978-0878190461.
6. Frank H. Attix and William C. Roesch; Radiation Dosimetry: Fundamentals [Volume 1] by (Jan 1, 1968).
7. Kenneth R. Kase, Bengt E. Bjarngard and Frank H. Attix; The Dosimetry of Ionizing Radiation by (Feb 1986)
8. Radiation Dosimetry, Volume 3: Sources, Fields, Measurements and Applications. Second Edition. by Frank H. Attix(1969)
9. William C. Roesch, Edited by Frank H. Attix; Radiation Dosimetry, Volume II (2): Instrumentation by (Jan 1, 1966).
10. Frank H. Attix, Radiation Dosimetry; Supplement: Topics in Radiation Dosimetry (1972).

کد درس : ۸۷					
عنوان درس به فارسی: کدهای محاسبات هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Nuclear Computation Codes	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

سرفصل دروس:

۱-آشنایی با ساختار کتابخانه های داده های هسته ای

۲-معادله انتگرالی ترابرد- روش احتمالات برخورد

۳-تقریب PL برای حل معادله ترابرد و تقریب پخش

۴-روش زوایای گسسته (SN)

۵-روش نودال، همگن سازی و محاسبات سلولی

۶-روش های چند گروهی و بازگشتی

۷-ثابت های گروهی در ناحیه تشدید

۸-محاسبات مصرف سوخت

فهرست منابع:

1- Methods of Steady –state Reactor, Physics in Nuclear Design, Rudi J.J. Stammler, K. J. Abbate, 1983
2- Nuclaer Reactor Theory, George. I. Bell, S. Glasstone, Van Nastrand Reinhold Company, 1970
3- Computational Methods ofNeutron Transprt, E.E. Lewis, W.F. Miller, John Wiley & Sons (1984)

کد درس : ۹۲					
عنوان درس به فارسی: الکترومغناطیس مهندسی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Electromagnetic Engineering	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی دانشجویان با معادلات الکترومغناطیس و نحوه حل آن

سرفصل دروس:

الکترو استاتیک و قانون کولن، میدان الکتریکی و قانون گوس، الکترو استاتیک و سیستم های دی الکتریک، نظریه میکروسکوپی دی الکتریک ها، جریان الکتریکی، انرژی الکترواستاتیکی، میدان مغناطیسی، القای الکترومغناطیسی، معادلات ماکسول، شرایط مرزی و لایه ها و رفتار میدانهای الکترومغناطیسی، الکترودینامیک، فیزیک پلاسما

فهرست منابع:

1- Essentials of Electromagnetism, David Dugdale, Amer Inst of Physics, 1994, ISBN- 13: 9781563962530

2- Foundations of Electromagnetic Theory (4^{th} Edition) (Hardcover) by John R. reitz, Frederick J. Milford , Robert W. Chresty, Addison Wesley; 4 edition (October 31, 1992),ISBN – 13: 978-0201526340

۳- الکترومغناطیس میدان و موج ـ دیدیدک . چنگ، ترجمه پرویز جبه دار مارالانی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۹۳</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
مبانی مهندسی هسته ای</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="2">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="6">دروس پیش نیاز:</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Nuclear Engineering Fundamentals</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="6">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

آشنایی دانشجویان با مبانی شکافت هسته ای، ساختار یک راکتور هسته ای و مسائل مرتبط با آن

سرفصل دروس:

در آمدی بر مهندسی هسته ای، واکنش های زنجیره ای هسته ای، تابش های هسته ای، فیزیک مهندسی قلب راکتورهای هسته ای، محاسبات توزیع توان در قلب راکتور، کنترل و سینتیک راکتور، جابجایی انرژی در راکتور، سیستم های راکتور هسته ای، سوخت هسته ای، اصول ایمنی در راکتورهای هسته ای

فهرست منابع:

۱-J.R. Lamarsh - " Introduction. To Nuclear Engineering" , 2nd Edition, Addison – Wesley (1983)

کد درس : ۹۴					
عنوان درس به فارسی: مهندسی گداخت هسته ای ۱	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Nuclear Fusion Engineering 1	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی دانشجویان با مبانی گداخت هسته ای، سیستم های محصورسازی مغناطیسی و مسائل مرتبط با آن

سرفصل دروس:

مفاهیم پایه انرژی هسته ای (شکافت و گداخت هسته ای) ـ حرکت ذرات باردار در میدان هـای الکتریکـی و مغناطیسی ـ واکنش های هسته ای و برخوردهای کلمبی ـ مبانی فیزیک پلاسما ـ واکنش های گـداخت هسـته ای ـ روش ها و سیستم های محصور سازی مغناطیسی پلاسما ـ اصول و مهندسی راکتورهای گـداخت هسـته ای ـ مبانی توکامک ـ توازن توان در راکتورهای گداخت هسته ای

فهرست منابع:

1- Nuclear Fusion, by keishiro Niu, K. Sugiura, Cambridge University Press (July 28 , 198) , ISBN- 13: 978-0521329941

2- Plasma Physics for Nuclear Fusion: Revised edition. By kenro Miyamoto, The MIT Press; Revised edition (March 13, 1989) , ISBN- 13: 978-0262631174

3- Plasma Physics and Fusion Energy, Jeffrey P. Freidberg, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. First published 2007

4- Fusion Research, Vol. 1. by T. Dolan, Pergamon Press, 1982

<table>
<tr><td colspan="7">کد درس : ۹۵</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
مهندسی گداخت هسته ای ۲</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="6">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="6">دروس پیش نیاز:
مهندسی گداخت هسته ای ۱</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Nuclear Fusion Engineering 2</td><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="6">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

آشنایی دانشجویان با مبانی محصورسازی لختی، مبانی لیزر، سیستم های محصورسازی لختی و مسائل مرتبط با آن

سرفصل دروس:

اصول و مبانی محصور سازی لختی ـ سیستم های محصور ساز لختی ـ اصول و کاربردهای لیـزر در گـداخت لختی ـ اصول و مهندسی طراحی قرص های سوخت گداخت لختی ـ محرک های نیروگاه های گداخت لختی ـ اصول و مهندسی طراحی نیروگاه های گداخت لختی ـ ایمنی نیروگاه های گداخت لختی

فهرست منابع:

1- Miyamoto, K. Plasma Physics for Nuclear Fusion. Revised Ed. Cambridge, MA: MIT Press, 1989. ISBN: 0262631172

2- Rose, D. J., M. Clark, Jr., and John Wiley. Plasmas and Controlled Fusion. Cambridge, MA: MIT Press, 1961. ISBN: 0262180065.

3- Fusion Plasma Physics, Weston M. Stacey, John Wiley & Sons, October 17, 2005

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۹۶</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
توکامک ماشین مولد گداخت هسته ای ۱</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="4">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:
: مهندسی گداخت هسته ای ۱</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td rowspan="3">عنوان درس به انگلیسی:
Tokamak,Fusion-Generating Machine 1</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td colspan="3">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td><td>عملی</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

آشنایی با توکامک به عنوان مهمترین سیستم محصورسازی مغناطیسی، تنها رهیافت گداخت

سرفصل دروس:

روش های محصور سازی پلاسما در توکامک ها – اجزای ساختاری توکامک ها – پردازش و طراحی منحـرف کننده ها و محدود کننده ها در توکامک ـ دیواره اولیه توکامک ها ـ مهندسی و طراحی پوشش بـارور توکامـک ها ـ مهندسی سوخت و انتقال آن در توکامک ها

فهرست منابع:

1- TOKAMAKS, By John Wesson, Published 2004, Oxford University Press, ISBN 0198509227

2- Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion, By Weston M. St, Published 2007, Wiley VCH, ISBN 3527406794

<table>
<tr><td colspan="7">کد درس : ۹۷</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
آزمایشگاه گداخت هسته ای ۱</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۲</td><td rowspan="4">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:
مهندسی گداخت هسته ای (۱)</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Nuclear Fusion Lab1</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۶۴</td><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="6">آموزش تکمیلی عملی : دارد■ ندارد☐
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه■ سمینار☐</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

آشنایی دانشجویان با چگونگی عملکرد سیستم های محصورسازی مغناطیسی با تأکید بر ماشین پلاسمای کانونی

سرفصل دروس:

مبانی خلاء سازی و خلاء سنجی ـ سیستم های خلاء و محفظه های تحت فشار ـ سیستم های تریگر و اسپارک گپ ـ ساختار و عملکرد پیچه روگوفسکی ـ مدارات و الکترونیک پلاسمای کانونی ـ تخلیه الکتریکی و کاربردهای آن در سیستم های پلاسمای پالسی ـ عملکرد و مهندسی پلاسمای کانونی ـ کاربردهای پلاسمای کانونی ـ آشکار سازی و نوترون سنجی سیستم های مولد نوترون ـ آنالیز و تحلیل داده های تجربی ابزار تشخیصی ـ ابزرا تشخیصی در پلاسمای کانونی

کد درس : ۹۸					
عنوان درس به فارسی:آزمایشگاه گداخت هسته ای ۲	تعداد واحد: ۲	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: آزمایشگاه گداخت هسته ای (۱)
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Nuclear Fusion Lab 2	تعداد ساعت: ۶۴		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد■ ندارد□ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه■ سمینار□					

اهداف کلی درس:

آشنایی عملی دانشجویان با چگونگی عملکرد سیستم های محصورسازی مغناطیسی با تأکید بر ماشین توکامک

سرفصل دروس:

ساختار و عملکرد توکامک ها ـ دیواره اولیه توکامک ها و مواد اساسی مورد استفاده در آنها ـ بررسی پلاسمای توکامک و مطالعه ناپایداری و گسیختگی ها ـ ابزار تشخیصی در توکامک ها و اندازه گیری طیف های مشخصه آنها ـ اجزاء و ساختار توکامک

کد درس : ۹۹					
عنوان درس به فارسی: ریاضیات مهندسی پیشرفته	تعداد واحد: ۲	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Advanced Engineering Mathematics	تعداد ساعت: ۳۲		اختیاری	نظری	
				عملی	
	آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□				

اهداف کلی درس:

آشنایی بیشتر دانشجویان با چگونگی حل معادلات به صورت تحلیلی و عددی به منظور استفاده در شبیه سازی های مورد نیاز در توکامک و سایر ماشین های مولد پلاسما

سرفصل دروس:

تبدیل لا پلاس ـ انتگرال روی خط و سطح و قضایای انتگرالی ـ سری وانتگرال فوریه ـ معادلات با مشتق جزئی ـ اعداد مختلط ـ توابع تحلیلی مختلط ـ انتگرال مختلط ـ دنباله و سری هاـ سری توانی و سری تیلور ـ انتگرالگیری به روش مانده ها ـ آنالیز عددی ـ احتمال و آمار ـ کاربرد احتمال در مهندسی هسته ای

فهرست منابع:

ریاضیات مهندسی پیشرفته ، اروین کرویت سبک ، ترجمه: عبدالله شیدفر ـ حسین فرمان، مرکز نشر دانشگاهی ، شابک "۶-۰۲۱۰-۰۱-۹۶۴

کد درس : ۱۰۰					
عنوان درس به فارسی: حفاظت در برابر اشعه گداخت هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: مهندسی گداخت هسته ای۱
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Radiation Protection for Nuclear Fusion Radiation	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
	آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□				

اهداف کلی درس:

آشنایی دانشجویان با چگونگی حفاظت در برابر اشعه گداخت هسته ای در نیروگاه های گداخت، پرداختن به مسائل ایمنی و زیست محیطی

سرفصل دروس:

سوخت های راکتورهای گداخت هسته ای ـ پوشش بارور و اکتیویته مواد ساختاری نیروگاه های گداخت هسته ای ـ باز فراوری سوخت هسته ای در نیروگاه های گداخت هسته ای ـ پسمان سوخت راکتورهای گداخت و مدیریت آن ـ مبانی حفاظت در برابر اشعه و دزیمتری در نیروگاه های گداخت هسته ای ـ اصول ایمنی و احتمال وقوع حوادث در نیروگاه های گداخت هسته ای ـ مبانی زیست محیطی نیروگاه های گداخت هسته ای

فهرست منابع:

1- Nuclear Fusion and Waste, John R. Vacca, ISBN: 1934015075 , Infinity Science Pr Llc.

2- The Nuclear Fuel Cycle: Analysis and Management, R.G. Cochran and N. Tsoulfanidis, America Nuclear Society, 1990

3- Nuclear Chemical Engineering, 2nd Ed., M. Benedict, T. H. Pigford, and H. Levi, McGraw-Hill, 1981

کد درس : ۱۰۱					
عنوان درس به فارسی: فیزیک و مهندسی پلاسما۱	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Physics & Plasma Engineering 1	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی با فیزیک پلاسما در سیستم های محصورسازی مغناطیسی و لختی

سرفصل دروس:

مبانی فیزیک پلاسما ـ حرکت ذرات باردار در میدان های الکترومغناطیسی ـ سیستم های محصور سازی مغناطیسی و لختی ، اصول و کاربردهای مغناطوهیدرودینامیک (MHD) ـ فرایندهای برخورد در پلاسما ـ پخش و ناپایداری ها در پلاسما ـ امواج در پلاسما، نظریه جنبشی ـ امواج در پلاسما ـ معادلات شاره ها

فهرست منابع:

1- Chen, F. F. Introduction to Plasma Physics. 2nd ed. Plenum Press, 1984.
2-Shohet, J. L. The Plasma State. Burlington, MA: Academic Press, 1971. ISBN:0126405506.
3-Goldston, R. J., and P. H. Rutherford. Introduction to Plasma Physics. IOP Publ, 1995. ISBN: 075030183X.
4-Krall, N. A., and A. W. Trivelpiece. Principles of Plasma Physics. New York, NY: McGraw-Hill, 1973. Reissued by San Francisco Press, 1986. ISBN: 0911302581.

کد درس : ۱۰۲					
عنوان درس به فارسی: فیزیک و مهندسی پلاسما۲	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک و مهندسی پلاسما۱
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Physics & Plasma Engineering 2	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی با فیزیک پلاسما در سیستم های محصورسازی مغناطیسی و لختی

سرفصل دروس:

الکترودینامیک ذرات باردار ـ خواص بنیادی و رفتار محیط های پلاسما ـ بر هم کنش لیزر پلاسما و کاربرد آن در نیروگاه های گداخت لختی ـ کاربردهای صنعتی پلاسما ـ فیزیک پلاسمای خورشیدی ـ فیزیک پلاسمای دمای پائین و کاربردهای صنعتی آن ـ سیستم های پینچ پلاسما ـ شبیه سازی و مدلسازی رفتار پلاسمای توکامک ، شبیه سازی و مدلسازی عملکرد قلب نیروگاه های گداخت لختی

فهرست منابع:

1-Ichimaru, S. Principles of Plasma Physics-a Statistical Approach. W.H. Benjamin, 1973. ISBN: 0805387536.

2-Spitzer, Jr., L. Physics of Fully Ionized Gases. 2nd ed. New York, NY: Interscience-John Wiley, 1962. ISBN: 0470817232.

3-Clemmow, P. C., and J. P. Dougherty. Electrodynamics of Particles and Plasmas. Reading, MA: Addison-Wesley, 1969. ISBN: 020۱۵۱5008.

4-Stix, T. H. Waves in Plasmas. American Institute of Physics, 1992. ISBN: 0883188597.
5-Rose, D. J., M. Clark, Jr., and John Wiley. Plasmas and Controlled Fusion. Cambridge, MA: MIT Press, 1961. ISBN: 0262180065.
6- An Introduction to Inertial Confinement Fusion (Hardcover)
Susanne Pfalzner, Crc Pr I Llc, ISBN : 0750307013, 2006

کد درس : ۱۰۳					
عنوان درس به فارسی: اصول پلاسمای آماری	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Principles of Statistical Plasma	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی با اصول پلاسمای آماری به منظور تحلیل آماری

سرفصل دروس:

آمار و احتمالات مهندسی ـ اصول ترمودینامیک ـ نظریه جنبشی گازها ـ مکانیک آماری کلاسیک ـ مکانیک آماری کوانتومی ـ دینامیک بوزونی و فرومیونی ـ نظریه جنبشی پلاسما ـ دینامیک آماری پلاسمای دمای بالا ـ مدلسازی آماری رفتاری پلاسمای گداخت هسته ای ـ شبیه سازی مونت کارلو در گداخت هسته ای ـ تحلیل آماری عملکرد قلب توکامک ها.

فهرست منابع:

3- Ichimaru, S. Principles of Plasma Physics-a Statistical Approach. W.H. Benjamin, 1973. ISBN: 0805387536.
4- Statistical Plasma Physics, Ichimaru, Setsuo, Perseus Books, 2004, ISBN : 0813341795

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۱۰۴</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
توکامک ماشین مولد گداخت هسته ای۲</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="4">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:
مهندسی گداخت هسته ای۱</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Tokamak,Fusion-Generating Machine 2</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td colspan="4">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td><td>عملی</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

آشنایی با توکامک و بررسی اجزاء آن به عنوان مهمترین ماشین محصورساز مغناطیسی

سرفصل دروس:

تحلیل پلاسمای توکامک ـ پایداری و گسیختگی های پلاسمای توکامک ـ اصول ایمنی در توکامک ها ـ طراحی توکامک های با ساختارهای ویژه ـ فن آوری تولید سوخت هسته ای درون توکامک ها ـ سیستم های کنترل در توکامک ها ـ تریتیم و هلیم در توکامک ـ تحلیل مفهومی راکتور ITER ـ اجزاء اساسی توکامک ITERـ بر هم کنش پلاسما ـ مواد در توکامک ـ ابر رسانایی و کاربرد آن در تو کامک ها

کد درس : ۱۰۵					
عنوان درس به فارسی: مگنتوهیدرودینامیک	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Magnetohydrodynamics	آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐				

اهداف کلی درس:

آشنایی با اصول مگنتوهیدرودینامیک به منظور استفاده از آن در بررسی پلاسمای گداخت

سرفصل دروس:

مبانی پلاسما ـ اصول و معادلات حاکم بر MHD– معادلات MHD و اعتبار آن در پلاسمای دمای بالا ـ ساختار مغناطیسی و شار مغناطیسی ـ ناپایداری ها و گسیختگی ها در پلاسمای محصور شده دمای بالا ـ تعادل MHD ایده آل ـ ناپایداری های MHD ایده ال ـ ناپایداری های MHD مقاومتی ـ کاربرد MHD در پلاسمای توکامک ـ کاربرد MHD در پلاسمای فضایی ـ مدلسازی و شبیه سازی MHD ـ تحلیل MHD پلاسمای گداخت هسته ای

فهرست منابع:

1- An introduction to magnetohydrodynamics ,by P. H Roberts, American Elsevier Pub. Co (1967), ASIN: B0007DXE62

2- An Introduction to Plasma Astrophysics and Magnetohydrodynamics, By Marcel Goossens, Published2003 Springer, ISBN 1402014333

کد درس : ۱۰۶					
عنوان درس به فارسی: مبانی طراحی راکتورهای گداخت هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: مهندسی گداخت هسته ای۱
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Principles of Nuclear Fusion Reactor Design	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی با راکتورهای گداخت هسته ای و بررسی اجزاء آن

سرفصل دروس:

اجزاء اساسی نیروگاه های گداخت هسته ای ـ اصول طراحی راکتورهای مبدل توان متعارف و پیشرفته ـ شبیه سازی و طراحی نیروگاه های گداخت هسته ای ـ آنالیز و شبیه سازی عملکرد راکتورهای گداخت هسته ای ـ مدلسازی و پیش بینی رفتار نیروگاه های گداخت هسته ای ـ مدلسازی ایمنی راکتورهای گداخت هسته ای ـ اصول طراحی و مهندسی نیروگاه های محصور سازی لختی ـ طراحی و شبیه سازی سیستم های پینچ پلاسما

4- Fusion Reactor Design and Technology by UNIPUB, Bernan Associates, 1983, ISBN-13: 9789201310835
5- An Introduction to Inertial Confinement Fusion (Hardcover) Susanne Pfalzner, Crc Pr I Llc, ISBN : 0750307013, 2006
6- Mechanical and Thermal Problems of Fusion Reactors by Folker H. Wittmann, Taylor & Francis, Inc., 1987, ISBN-13: 9789061917755

کد درس : ۱۰۷					
عنوان درس به فارسی: ماشین های مولد پلاسمای کانونی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Focal Plasma Fusion-Generating Machines	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

اهداف کلی درس:

آشنایی با ماشین مولد پلاسمای کانونی به عنوان یکی از سیستم های محصورساز مغناطیسی

سرفصل دروس:

روش های محصور سازی پلاسما ـ تکنیک خلاء و سیستم های خلاء در پلاسمای کانونی ـ سیستم های محصور سازی و تخلیه پالسی ـ مشخصات پلاسمای کانونی ـ اصول طراحی سیستم های پلاسمای کانونی ـ طیف های مشخصه پلاسمای کانونی ـ نوترون زایی دوتریم در پلاسمای کانونی ـ طراحی سیستم های میکروپینچ پلاسمای کانونی.

کد درس : ۱۰۸					
عنوان درس به فارسی: آشکارسازی و دوزیمتری راکتورهای گداخت هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Detection and Dosimetry for Nuclear Fusion Reactors	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر ☐ علمی کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی با تکنیک های آشکارسازی و دوزیمتری در سیستم های محصورسازی

سرفصل دروس:

تابش های هسته ای، روش های آماری و خطا در آشکار سازی تابش، آشکارسازی های تابش های هسته ای، تکنیک های آشکار سازی نوترون، تکنیک های آشکار سازی اشعه ایکس و گاما، تکنیک های آشکار سازی ذرات باردار، آشکار سازی طیف های پلاسمای کانونی، آشکار سازهای گداخت هسته ای ـ مدل سازی آشکار سازهای گداخت هسته ای، کاربردهای لیزر در آشکار سازی، اصول و مبانی دوزیمتری، دوزیمتری سیستم های گداخت هسته ای

فهرست منابع:

2- Radiation Detection and Measurement : Glenn F. Knoll, John Wiley & Sons Inc; Dec 1 1999

3- Measurement and Detection of Radiation by Nicholas Tsoulfanidis, Tsoulfanidis, N. Tsoulfanidis, Taylor & Francis, Inc., 1995, ISBN-13: 9781560323174

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۱۰۹</td></tr>
<tr><td rowspan="5">عنوان درس به فارسی:
کاربردهای صنعتی پلاسما</td><td rowspan="5">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="5">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="5">دروس پیش نیاز:
فیزیک و مهندسی پلاسما۱</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Industrial Applications of Plasma</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="4">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

آشنایی با کاربردهای صنعتی پلاسما

سرفصل دروس:

مبانی پلاسما و سیستم های مولد پلاسما ـ مشخصات پلاسمای دمای پایین ـ کاربردهای صنعتی پلاسمای دمای پائین ـ مشخصات پلاسمای دمای بالا ـ کاربردهای صنعتی پلاسمای دمای بالا ـ کاربردهای صنعتی پلاسمای کانونی ـ کنده کاری و انباشت کاری پلاسمایی ـ کاربردهای صنعتی لیزر ـ پلاسما

فهرست منابع:

1- Industrial Plasma Engineering: Applications (Industrial Plasma Engineering, Vol. 1(principles) by J Reece Roth, IOP publishing, Ltd 2001
2- Industrial Plasma Engineering: Applications (Industrial Plasma Engineering, Vol. 2 by J Reece Roth, IOP publishing, Ltd 2001
3- Plasma Etching: Fundamentals and Applications by M. Sugawara, Oxford University Press (May 1998),ISBN-13: 978-0198562870

کد درس : ۱۱۰					
عنوان درس به فارسی: لیزر و کاربردهای آن در گداخت هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Laser and its Applications in Nuclear Fusion	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی با مبانی و اصول انواع لیزر به منظور به کارگیری در سیستم های گداخت

سرفصل دروس:

مبانی و اصول لیزر ـ چشمه های مولد لیزرهای توان بالا ـ کاربرد لیزر در سیستم های گداخت لختی ـ فیزیک و مهندسی سیستم NIF- بر هم کنش لیزر ـ هدف در نیروگاه های گداخت لختی ـ طراحی نیروگاه های گداخت لختی با محرک های لیزری

فهرست منابع:

1-Introduction to Laser Fusion, by C. Yamanaka , HARWOOD ACADEMIC PUBLISHERS, 1991, ISBN-13: 978-3718650637

2- The Physics of Laser Fusion , by Hans Motz, Academic Pr (October 1979), ISBN-13: 978-0125093507

3- Inertial Confinement Fusion, by James J. Duderstadt, Gregory A. Moses, John Wiley & Sons Inc (March 1982), ISBN-13:978-0471090502

کد درس : ۱۱۱					
عنوان درس به فارسی: برنامه ریزی و مدلسازی انرژی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Energy Planning & Simulation	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

ارزیابی چگونگی تولید و مصرف انرژی در جهان و ایران، جایگاه انرژی هسته ای در این میان و مسائل اقتصادی مرتبط

سرفصل دروس:

ارزیابی اقتصادی انرژی در جهان و ایران و دورنمای آن ـ اقتصاد انرژی هسته ای ـ اقتصاد انرژی گداخت هسته ای و جنبه های محیطی آن ـ دورنمای انرژی گداخت و اثرات محیطی آن بر زندگی بشر ـ تنوع و امنیت در انرژی – ساختار نیروگاه های گداخت و اثرات محیطی آن در آینده – بررسی اقتصادی انواع راکتورهای گداخت هسته ای و مدلسازی تنوع و ترکیب آنها در آینده ـ برنامه ریزی میان مدت و بلند مدت تقاضای انرژی در ایران با تکیه بر سبد انرژی گداخت هسته ای

فهرست منابع:

1- Fusion: The Search for Endless Energy, by Robin Herman, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 1990

کد درس : ۱۱۲					
عنوان درس به فارسی: مباحث ویژه در مهندسی گداخت هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Special Topics in Fusion Engineering	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

کد درس : ۱۱۳					
عنوان درس به فارسی: مباحث ویژه در مهندسی پلاسما	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Special Topics in Plasma Engineering	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۱۱۴</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی: شبیه سازی و مدل سازی و کاربرد آن در گداخت هسته ای</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="4">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Simulation and Modelling Applications in Nuclear Fusion</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="5">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

آشنایی با چگونگی شبیه سازی و روش های مورد استفاده در سیستم های گداخت هسته ای

سرفصل دروس:

مبانی و اصول بنیادی شبیه سازی، تکنیک های شبیه سازی، شبیه سازی رانگ کوتا، الگوریتم های روش اولر، مدل ها و بر هم کنش های دینامیکی سیستم، شبیه سازی های حرکت تصادفی ، نظریه پخش، اصول و کاربردهای شبیه سازی مونت کارلو در گداخت هسته ای، الگوریتم ژنتیک، کاربرد نرم افزار مطلب در گداخت هسته ای، کدهای محاسباتی گداخت هسته ای

فهرست منابع:

4- C. Pozrikidis, “Numerical Computation in Scienceand Engineering”, Oxford University Press, NY (1998)

5- Introduction to Computational Science: Modeling and Simulation for the Sciences Angela B. Shiflet & George W. Shiflet, PRINCETON UNIVERSITY PRESS

6- R.L. Burden and J.D. Faires, “Numerical Analysis”, PWS Publishing, MA (1993)

7- Computational Plasma Physics: With Applications To Fusion And Astrophysics (Frontiers in Physics), by TAJIMA Tajima, westview press, 2004

کد درس : ۱۱۵					
عنوان درس به فارسی: سوخت گداخت هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Nuclear Fusion Fuel	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی با سوخت های مورد استفاده در گداخت هسته ای، چرخه سوخت، سیستم های سوخت رسانی، بازیافت و مدیریت پسمان سوخت های مصرف شده

سرفصل دروس:

چرخه‌ی سوخت‌های گداخت- فیزیک و محاسبات واکنش‌های گداخت هسته‌ای- سوخت‌های متعارف و پیشرفته‌ی گداخت هسته‌ای- اصول و سیستم‌های بازفراوری تریتیم – اصول و مهندسی نسبت زایش تریتیم- اصول و روش‌های تزریق سوخت در توکامک- فیزیک احتراق قرص سوخت گداخت لختی- فیزیک و اصول طراحی قرص‌های سوخت گداخت لختی-روش‌های پرکردن سوخت در قرص‌های گداخت لختی-ذخیره و توزیع سوخت گداخت در نیروگاه‌ها- بازیافت مواد غیر تریتیم در نیروگاه- مدیریت پسمان در سوخت‌های گداخت

فهرست منابع:

1. Fusion Research, T. Dolan, 2000, Pergamon press
2. PLASMA PHYSICS AND FUSION ENERGY, Jeffrey P. Freidberg, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2007

۳. توکامک، جان وسون، ترجمه دکتر رضا امراللهی، انتشارات سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۷۵
۴- انرژی هسته‌ای به روش محصورسازی گداخت لختی، هوگان و همکاران، ترجمه دکتر رضا امراللهی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

کد درس : ۱۱۶					
عنوان درس به فارسی: مواد کاربردی در ساختار	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Fusion Materials	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی با فیزیک و شیمی مواد ساختاری به کار رفته در سیستم های محصورسازی گداخت و بررسی چگونگی تأثیرات پلاسما و مواد ساختاری بر هم

سرفصل دروس:

فیزیک و شیمی کربن و تنگستن-اصول و مهندسی مواد ساختاری راکتورهای گداخت- فیزیک اندرکنش پلاسما و مواد ساختاری- فیزیک و مهندسی برهمکنش نوترون و مواد ساختاری- نفوذ هیدروژن در مواد ساختاری- نفوذ و گیراندازی دوتریم در کربن- مواد پیشرفته‌ی ساختاری- پوشش بارور و مواد ساختاری

گداخت- تخریب مواد ساختاری در اثر تشعشع و محصولات گداخت- منحرف کننده و اثر آن بر مواد ساختاری-کدهای محاسباتی تحلیل مواد ساختاری

فهرست منابع:

1. Fusion Research, T. Dolan, 2000, Pergamon press
2. PLASMA PHYSICS AND FUSION ENERGY, Jeffrey P. Freidberg, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2007
۳. توکامک، جان وسون، ترجمه دکتر رضا امراللهی، انتشارات سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۷۵
۴- انرژی هسته‌ای به روش محصورسازی گداخت لختی، هوگان و همکاران، ترجمه دکتر رضا امراللهی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

کد درس : ۱۱۷					
عنوان درس به فارسی: ابزارهای آشکارسازی و تشخیصی۱	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Detection and Diagnostic Instruments 1	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

آشنایی بااصول عملکردسیستم های آشکارساز مورد استفاده در سیستم های محصورسازی گداخت هسته ای

سرفصل دروس:

اصول و ابزارهای کاهش نویز- فیلترهای بالا و پایین گذر در ابزارهای آشکارسازی- اصول و روش‌های آشکارسازی نوترون‌های پالسی گداخت- اصول و روش‌های آشکارسازی نوترون‌های پیوسته‌ی گداخت- اصول و عملکرد پیچه‌ی روگوفسکی- اصول و عملکرد پروب ولتاژ بالا– اصول و عملکرد پیچه‌ی میرنوف- اصول و عملکرد پروب مغناطیسی- اصول و عملکرد پروب اثرهال- اصول و عملکرد پروب لانگمویر- اصول و عملکرد آشکارساز پین دیود- اصول و عملکرد آشکارساز فارادی کاپ-- اصول و عملکرد آشکارساز CR-39– اصول و عملکرد آشکارساز پلی کربنات- اصول و عملکرد آشکارساز سنتیلاتور- اصول و عملکرد آشکارساز NaI– اصول و عملکرد طیف سنج اشعه ایکس بلور خمیده- دوربین روزنه‌ی سوزنی

فهرست منابع:

1. Principles of Plasma Diagnostics, I. H. Hutchinson, Cambridge University Press, 2005
2. PLASMA DIAGNOSTICS, A.A. Ovsyannikov, M.F. Zhukov, Cambridge International Science Publishing, 2005

کد درس : ۱۱۸					
عنوان درس به فارسی: ابزارهای آشکارسازی و تشخیصی۲	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Detection and Diagnostic Instruments 2	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

اهداف کلی درس:

آشنایی بااصول عملکردسیستم های آشکارساز مورد استفاده در سیستم های محصورسازی گداخت هسته ای

سرفصل دروس:

اصول و عملکرد آشکارساز پراکندگی تامسون- اصول و عملکرد طیف سنج رامان- اصول و روش‌های طیف سنجی یون‌های گداخت- اصول و انواع ابزار تشخیصی مایکروویو در پلاسمای گداخت-اصول و عملکرد آشکارساز تبادل بار خنثی- اصول و هندسه‌ی آشکارسازهای مبتنی بر لیزر- روش های کالیبراسیون آشکارسازها- چیدمان آزمایشگاهی آشکارسازها- ابزارهای ثبت داده‌های تجربی- نرم‌افزارهای تحلیل داده‌های تجربی- ابزارهای تشخیصی

فهرست منابع:

1. Principles of Plasma Diagnostics,I.H.Hutchinson, Cambridge University Press, 2005
2. PLASMA DIAGNOSTICS, A.A. Ovsyannikov, M.F. Zhukov, Cambridge International Science Publishing, 2005

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۱۲۰</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
ریاضیات در فیزیک و مهندسی</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="2">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="2">دروس پیش نیاز:</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="4">عنوان درس به انگلیسی:
Mathematics in Physics and Engineering</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="6">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td></tr>
</table>

کد درس : ۱۲۱					
عنوان درس به فارسی: "مهارت نگارش و نگارش مهارت" در فیزیک و مهندسی	تعداد واحد: ۱	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Writing Skill and Skill Writing in Physics & Engineering	تعداد ساعت: ۳۲		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

سرفصل دروس:

۱- اصول نگارش مقاله‌های علمی و فنی

۲- اصول نگارش پیشنهاد پروژه دکتری

۳- اصول نگارش پایان نامه

۴- اصول نگارش مقاله‌های مروری

۵- اصول تهیه و ارائه یک مقاله بطور شفاهی

۶- پروژه کلاسی

۷-جمع بندی و نتیجه گیری

فهرست منابع:

1-Writing in English, A practical Guide for Scientific and Technical Writers, Pilot Project, Leonardo da Vinci Publications, European Commission.
2-R Chandrasekhar, How to Write a Thesis: A Working Guide, Australian Research Centre for Medical Engineering (ARCME), The University of Western Australia, 35 Sterling Highway, Crawley, WA 6009, Australia, Written: 24 Feb 2000; Revised: 30 April 2002.

کد درس : ۱۲۲					
عنوان درس به فارسی: فیزیک بهداشت پایه	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک هسته ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Introduction to Health Physics	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

هدف از ارائه این درس آموزش دانشجویان ورودی به اصول پایه مهندسی فیزیک بهداشت است که بر اساس دانش‌آموخته شده در این درس دانشجویان بتوانند به آسانی دروس تخصصی این رشته از جمله فیزیک بهداشت ۱، ۲ و۳ و سایر دروس ازجمله دزیمتری را بگذرانند.

سرفصل دروس:

۱- فلسفه فیزیک بهداشت (حفاظت کارکنان، بیماران، مردم و محیط زیست در برابر پرتوها).

۲- مروری بر فیزیک اتمی پایه

۳- مروری بر فیزیک هسته‌ای

۴- پرتوزایی (طبیعی و مصنوعی) و روابط آن بویژه تعادل ها

۵- برخورد پرتوهای یونساز باماده

۶- چشمه پرتوها

- چشمه‌های پرتوزا
- دستگاه‌های پرتوساز

۷- مروری بر کاربرد پرتوها در پزشکی، صنعت، کشاورزی و غیره.

۸- سیستم کمیت‌ها و یکاهای بین‌المللی پرتوها شامل:

- کمیت‌ها و یکاهای فیزیکی
- کمیت‌ها و یکاها در حفاظت در برابر اشعه (Dose Limiting Quantities)
- کمیت‌ها و یکاها در حفاظت در برابر اشعه کاربردی (Operational Quantities)
- حدود دز (Dose Limits)

۹- اصول حفاظت دربرابر پرتوگیری خارجی بدن

- اصول حفاظت در برابر اشعه (زمان، فاصله و حفاظ و محاسبات مربوط)

۱۰- اصول حفاظت دربرابر پرتوگیری داخلی بدن

۱۱- مروری بر پرتوهای غیریونساز و دستگاه‌های پرتو غیر یونساز

۱۲- مروری بر قانون، مقررات و استانداردهای حفاظت در برابر اشعه

ارکان درس

- گذراندن سرفصل های درس با استفاده از کتاب‌ها و منابع
- حل مسائل فیزیک بهداشت
- آزمون‌های میان ترم و پایان ترم
- ارائه یک پروژه ترمی، تهیه مقاله آن وارائه شفاهی با Power Point

فهرست منابع:

1. Herman Cember and Thomas Johnson; Introduction to Health Physics: Fourth Edition. 2009, McGraw-Hill Medical Publishing Division, ISBN-13: 978-0-07-164323-8.
2. Turner, J. E., Atoms, Radiation, and Radiation Protection, 2007, BN: 978-3-527-40606-7.
3. M. G. Stabin, Radiation and Dosimetry; An introduction to Health Physics, Springer, 1st Edition, New York, 2007.
4. J. Schuler, Understanding Radiation Science; Basic Nuclear and Health Physics, Universal Publishers, 1st Edition, 2011.
5. Martin, J. E., Physics for Radiation Protection; A Handbook, 2006, ISBN: 978-3-527-40611-1
6. K. Z.Morgan and J. E. Turner; Principles of Radiation Protection: a Textbook of Health Physics, New York, N. Y., Wiley.
7. K. L. Miller, CRC Handbook of Management of Radiation Protection Programs, 1992, 496 pages. Cat. No. C113. ISBN 08493-3770-4.
8. IAEA Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards –Interim Edition, General Safety Requirements Part 3; IAEA Safety Standards Series GSR Part 3 (Interim) Subject Classification: 0600-Nuclear and Radiological Safety STI/PUB/1531(ISBN: 978-92-0-120910-8)138.

کد درس : ۱۲۳					
عنوان درس به فارسی: فیزیک بهداشت ۱: حفاظت کارکنان با پرتوها	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک بهداشت پایه
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Health Physics1: Radiation Protection of Workers	تعداد ساعت: ۶۴		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد■ ندارد□ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه■ سمینار□					

اهداف کلی درس:

هدف از ارائه این درس اموزش تخصصی پرتوگیری شغلی ووسائل مونیتورینگ فردی و محیط کاری و حفاظت کارکنان در برابرپرتوها در کاربردهای گوناگون است بطوریکه در انتها دانشجویان بتوانند در این شاخه از فیزیک بهداشت دانش تخصصی بر اساس دانش بروز و استانداردهای ملی و بین‌المللی داشته باشند.

سرفصل دروس:

۱- پرتوگیری شغلی و حفاظت کارکنان با پرتوها: مقدمه وفلسفه

- اصول پرتوگیری فردی
- اصول مونیتورینگ محیط کار

۲- قانون و مقررات و استانداردهای پرتوگیری شغلی

۳- کمیت‌ها و یکاهای دزیمتری پرتوها

- کمیت‌های فیزیکی
- ضرایب تبدیل دز
- کمیت‌های حفاظت در برابراشعه
- کمیت‌های کاربردی حفاظت در برابراشعه
- حدود دز کارکنان و سطوح نیاز به اقدام

۴- مونیتورینگ و دزیمترهای فردی برای پرتوگیری خارجی بدن.

- روش‌ها در شرایط کاری عادی
- روش‌ها در شرایط اضطراری

۵- مونیتورینگ دزیمتری جهت تعیین پرتوگیری داخلی بدن

- روش‌های مستقیم
- روش‌های غیرمستقیم

۶- مونیتورینگ محیط کار برای پرتوگیری خارجی و داخلی بدن

- اصول مونیتورینگ محیط کار
- روش‌های مونیتورینگ محیط کار برای پرتوگیری خارجی
- روش‌های مونیتورینگ محیط کار برای پرتوگیری داخلی بدن
- نگهداری و حفظ وسائل مونیتورینگ

۷- کالیبره‌کردن دزیمترهای فردی و محیط کاری و کنترل کیفی

۸- بررسی وضعیت پرتوگیری و سلامت کارکنان

- ارزیابی دز پرتوگیری کارکنان
- کنترل سلامت و بهداشت عمومی کارکنان
- سیستم ثبت دز و وضعیت سلامت کارکنان
- اقدامات در صورت پرتوگیری بیش از حد

۹-پروژه کلاسی

۱۰- جمع بندی و نتیجه گیری

آز فیزیک بهداشت۱: حفاظت کارکنان با پرتوها

کارهای عملی وبازدید علمی

ارکان درس

- گذراندن سرفصل درس با استفاده از کتاب‌ها و منابع
- حل مسائل فیزیک بهداشت
- آزمون‌های میان ترم و پایان ترم
- ارائه یک پروژه ترمی، تهیه مقاله آن وارائه شفاهی با Power Point

فهرست منابع:

1. Herman Cember and Thomas Johnson; Introduction to Health Physics: Fourth Edition. 2009, McGraw-Hill Medical Publishing Division, ISBN-13: 978-0-07-164323-8.
2. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards – Interim Edition, General Safety Requirements Part 3; IAEA Safety Standards Series GSR Part 3 (Interim) Subject Classification: 0600-Nuclear and Radiological SafetySTI/PUB/1531(ISBN:978-92-0-120910-8)138.
3. Eberhard Scherer, Christian Streffer, Klaus-Rüdiger Trott and Luther W. Brady; Radiation Exposure and Occupational Risks (Medical Radiology / Radiation Oncology; Jul 31, 2012.
4. Approaches to Attribution of Detrimental Health Effects to Occupational Ionizing Radiation Exposure and Their Application in Compensation Programs. Occupational Safety and Health Series, No. 73 by International Labor Office (July 9, 2010).
5. Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation Safety Guide, IAEA Safety Standards Series RS-G-1.3 Subject Classification: 0609-Radiation protection, STI/PUB/1076(ISBN:92-0-101799-5) 89 pp. English, 1999.
6. Assessment of Occupational Exposure Due to Intakes of Radionuclides Safety Guide, IAEA Safety Standards Series RS-G-1.2 Subject Classification: 0609-Radiation protection, STI/PUB/1077(ISBN:92-0-101999-8) 85 pp. English, 1999.

7. Occupational Radiation Protection in the Mining and Processing of Raw Materials Safety GuideSeries No. RS-G-1.6, published Thursday, May 13, 2004.
8. Occupational Radiation Exposure Monitoring; http://www-ns.iaea.org/tech-areas/rw-ppss/occ-rad-exposure-monitoring.asp, 17 Jan 2012.
9. Health surveillance of persons occupationally exposed to ionizing radiation: guidance for occupational physicians, IAEA, ILO, WHO, 1999 - 73 pages

کد درس : ۱۲۴					
عنوان درس به فارسی: فیزیک بهداشت ۲: حفاظت بیماران در پرتو پزشکی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری عملی	دروس پیش نیاز: فیزیک بهداشت پایه
			الزامی	نظری عملی	
عنوان درس به انگلیسی: HealthPhysics2: Protection of Patients in Radiation Medicine	تعداد ساعت: ۶۴		اختیاری	نظری عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد■ ندارد□ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه■ سمینار□					

اهداف کلی درس:

از ارائه این درس اموزش تخصصی پرتوگیری و حفاظت بیماران در پر توپزشگی است بطوریکه در انتها دانشجویان بتوانند در این شاخه از فیزیک بهداشت دانش تخصصی بر اساس دانش روزو استانداردهای ملی و بین‌المللی داشته باشند

سرفصل دروس:

۱- مقدمه وفلسفه پرتوگیری وحفاظت بیماران در تشخیص و درمان

۲- مقدمه بر کاربرد پرتوهای یونساز در پزشکی (آنالوگ و دیجیتال)

الف- دستگاه‌های پرتوپزشکی

- رادیولوژی عمومی

- فلورسکپی
- CT
- ماموگرافی
- دندانپزشکی

ب : دستگاهها و روشهای پرتو درمانی

- پرتودرمانی با کبالت (گاما)
- پرتو درمانی(الکترون و x) با شتابدهنده‌های خطی
- پرتودرمانی با سایر پرتوها (نوترون، پروتون و یون‌های سنگین‌تر)
- پرتودرمانی با پزشگی هسته‌ای

۳- دزیمتری میدان‌های پرتوپزشکی

- کمیت‌های دزیمتری
- انواع دزیمتری
- روش‌های دزیمتری
- استانداردکردن دزیمترها

۴- کنترل کیفی پرتوگیری بیمار

- رادیولوژی
- پرتودرمانی
- پزشکی هسته‌ای

۵- طراحی و حفاظ‌سازی برای دستگاه‌های پرتوپزشکی

- دستگاه‌های رادیولوژی
- دستگاه‌های رادیوتراپی
- دستگاه‌های پرتوپزشکی

۶- ساختار حفاظت در برابر اشعه در مراکز پرتوپزشکی

- تشکیلات سازمانی
- کارکنان پرتوکار
- وسائل مونیتورینگ
- اجرای قانون، مقررات و استانداردها

۷- پروژه کلاسی

۸- جمع بندی و نتیجه گیری

آز فیزیک بهداشت۲ : حفاظت بیماران در پرتوپزشگی

- کارهای عملی وبازدید علمی بیمارستانی

فهرست منابع:

1- F. M. Khan, Physics of Radiation Therapy, 4th Edition, 2010.
2- H.E. Johns, J.R. Cunningham, the Physics of Radiology, Fourth Edition. Charles C.Tomas Publishers (ISBN 0 300-04669-7).
3- F. M. Khan, Treatment Planning in radiation Oncology, Lipincot Williams and Wilking, 2nd Edition, 2006
4- Herman Cember and Thomas Johnson; Introduction to Health Physics: Fourth Edition. 2009, McGraw-Hill Medical Publishing Division, ISBN-13: 978-0-07-164323-8.
5- Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards – Interim Edition, General Safety Requirements Part 3; IAEA Safety Standards Series GSR Part 3 (Interim) Subject Classification: 0600-Nuclear and Radiological SafetySTI/PUB/1531(ISBN: 978-92-0-120910-8)138.
6- Frank H. Attix; Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry by (September 1986).
7- Radiological Protection for Medical Exposure to Ionizing Radiation Safety Guide Series No. RS-G-1.5, published in April 02, 2002.

کد درس : ۱۲۵					
عنوان درس به فارسی: فیزیک بهداشت ۳: حفاظت مردم و محیط زیست دربرابر پرتوها	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک بهداشت پایه
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Health Physics 3: Protection of Public & Environment Against Ionizing Radiation	تعداد ساعت: ۶۴		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد■ ندارد□ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه■ سمینار□					

اهداف کلی درس:

هدف از ارائه این درس آموزش تخصصی پرتوگیری و حفاظت مردم در کاربردهای گوناگون پرتوهااست بطوریکه در انتها دانشجویان بتوانند در این شاخه از فیزیک بهداشت دانش تخصصی بر اساس دانش بروز و استانداردهای ملی و بین‌المللی داشته باشند.

سرفصل دروس:

۱- منابع طبیعی پرتودهی محیط زیست

- زمینی (NORM)
- کیهانی (Cosmic)

۲- پرتوگیری از صنایع ناشی از منابع طبیعی در چرخه سوخت هسته‌ای:

- معادن اورانیم و غیراورانیوم
- استخراج و تصفیه
- غنی‌سازی
- تولید سوخت هسته‌ای
- راکتورهای هسته‌ای
- راکتورهای هسته‌ای
- بازفرابرش سوخت
- پسمان‌داری
- حمل و نقل

۳- پرتوگیری از پزشکی و صنایع

- پزشکی
- صنایع

۴- روش‌های مونیتورینگ پرتوها و مواد پرتوزا در محیط زیست

- هوا
- آب
- خاک
- موادغذایی

۵- روش‌های محاسباتی ومدلهای تعیین پرتوگیری مردم

۶- حمل و نقل(ترانسپورت) مواد پرتوزا

۷- اورژانس رادیولوژیکی و هسته‌ای

- رادیولوژیکی
- هسته‌ای

۸- مروری بر گزارش ها و استانداردهای مراجع ذیصلاح ملی و بین‌المللی (ISO, ILO, WHO, IAEA, ICRP, UNSCEAR و غیره).

۹- قانون، مقررات و استانداردهای حفاظت مردم و محیط زیست در برابر با پرتوها.

۱۰- پروژه کلاسی

۱۱- جمع بندی و نتیجه گیری

آز فیزیک بهداشت۳ : حفاظت مردم و محیط زیست در برابر با پرتوها

فهرست منابع:

1. M. Eisenbudand, Environmental Radioactivity from Natural, Industrial & Military Sources: From Natural, Industrial and Military Sources, Acad. Press, 1997 - 656 pages.
2. Herman Camber and Thomas Johnson; Introduction to Health Physics: Fourth Edition. 2009, McGraw-Hill Medical Publishing Division, ISBN-13: 978-0-07-164323-8.
3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards – Interim Edition, General Safety Requirements Part 3; IAEA Safety Standards Series GSR Part 3 (Interim) Subject Classification: 0600-Nuclear and Radiological SafetySTI/PUB/1531(ISBN: 978-92-0-120910-8)138.
4. Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment Safety Guide Series No. WS-G-2.3, published Friday, September 15, 2000.
5. M. Sohrabi, J. U. Ahmed, S. A. Durrani (Editors), Procs. of Int. Conf. on High Levels of Natural Radiation, Ramsar, IR Iran, 3-7 November (1990), IAEA Proceeding Series, (1993).
6. M. Sohrabi, High Radon Levels in Nature and in Dwellings: Remedial Actions, Chapter of the Book on Radon Entitled "Radon Measurements by Etched Track Detectors; Applications in Radiation Protection, Earth Sciences and the Environment, R. Iliac and S. A. Durrani (Editors), by World Scientific Publisher (1997).
7. W. Burkart, M. Sohrabi, and A. Bayer, Editors; Proces. of International Conference on High Levels of Natural Rad. and Radon Areas; Radiation Dose and Health effects; 4-7 Sept. 2000; Elsevier (2002).
8. T. Sugahara, H. Morishima, M.Sohrabi, et al. (Editors); Int. Cong. Series 1276, 6th Int. Conf. on High Levels of Natural Rad. and Radon Areas; Radiation Dose and Health Effects. 06-10 Sept. 2004; Elsevier Publ. pp. 405-453, (2005).

کد درس : ۱۲۶					
عنوان درس به فارسی: دزیمتری پرتوها	تعداد واحد: ۲	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک بهداشت پایه
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Radiation Dosimetry	تعداد ساعت: ۳۲		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد■ ندارد□ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه■ سمینار□					

اهداف کلی درس:

هدف از ارائه این درس اموزش تخصصی روشهای اندازه گیری پرتوگیری و دز کارکنان، بیماران و مردم و محیط کار و زیست در کاربردهای گوناگون پرتوهااست بطوریکه در انتها دانشجویان بتوانند در این شاخه از فیزیک بهداشت دانش تخصصی بر اساس دانش بروز و استانداردهای ملی و بین‌المللی داشته باشند.

سرفصل دروس:

۱- مقدمه آشکارسازی و دزیمتری

۲-ویژه‌های یک آشکارساز و دزیمتر

۳- کمیت‌ها و یکاهای دزیمتری پرتوها

- کمیت‌ها و یکاهای فیزیکی
- ضرایب تبدیل دز

- کمیت‌ها و یکاهای حفاظت در برابر اشعه
- کمیت‌های کاربردی (Operational) حفاظت در برابر اشعه
- حدود دز و سطوح نیاز به اقدام

۴- اصول آشکارسازی و دزیمتری(برای پرتوهای x،γ،β،α، یون‌ها و نوترون‌ها)

۵- اجزاء یک سیستم شمارش

۶- آشکارسازها و دزیمتری گازی

- اتاقک یونساز (با تأکید بر سیستم‌های مونیتورینگ دستی)
- تناسبی
- شمارنده گایگرمولر

۷- آشکارسازی‌ها و دزیمتری‌های سوسوزن و اسپکترومتری پرتوها

- سوسوزن‌های جامد
- سوسوزن‌های مایع
- سوسوزن‌های گازی
- سیستم‌های اسپکترومتری با سوسوزن‌ها

۸- آشکارسازی‌های حالت جامد

- آشکارسازهای سیلیکون و اسپکترومتری
- آشکارسازهای ژرمانیم و اسپکترومتری

۹- آشکارسازی‌ها و دزیمتری‌های حالت جامد

- دزیمتری با فیلم

- آشکارسازی ترمولومینسانس
- آشکارسازی‌های لومینسانس با تحریک نوری
- آشکارسازی‌های ردپای هسته‌ای
- آشکارسازی‌های حبابی
- آشکارسازی‌های متفرقه دیگر

۱۰- آشکارسازهای پرتوزاشده

۱۱- آشکارسازهای دستی (پرتابل) برای مونیتورینگ

۱۲- آمار(استاتیستیک) شمارش و اندازه گیری

۱۳- تعیین حدپائین شمارش(MDL)

۱۴- میدان های پرتو برای کالیبره کردن

۱۵- کالیبره کردن یک آشکارساز یا دزیمتر

۱۶- پروژه کلاسی

۱۷- جمع بندی و نتیجه گیری

فهرست منابع:

11. Frank H. Attix; Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry by (Sep 1986)
12. Herman Cember and Thomas Johnson; Introduction to Health Physics: Fourth Edition. 2009, McGraw-Hill Medical Publishing Division, ISBN-13: 978-0-07-164323-8.
13. Glenn F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons, Aug 16, 2010 - 860 pages.
14. Nicholas Tsoulfanidis, Ph.D., Sheldon LandsbergerMeasurement and Detection of Radiation, Third Edition; books.google.com/books; isbn=1420091859, 2010.
15. Klaus Becker, Solid State Dosimetry, CRC Press (1973) ISBN-10: 0878190465; ISBN-13: 978-0878190461.
16. Frank H. Attix and William C. Roesch; Radiation Dosimetry: Fundamentals [Volume 1] by (Jan 1, 1968).
17. Kenneth R. Kase, Bengt E. Bjarngard and Frank H. Attix; The Dosimetry of Ionizing Radiation by (Feb 1986)

18. Radiation Dosimetry, Volume 3: Sources, Fields, Measurements and Applications. Second Edition. by Frank H. Attix(1969)
19. William C. Roesch, Edited by Frank H. Attix; Radiation Dosimetry, Volume II (2): Instrumentation by (Jan 1, 1966).
20. Frank H. Attix, Radiation Dosimetry; Supplement: Topics in Radiation Dosimetry (1972).

<table>
<tr><td colspan="7">کد درس : ۱۲۷</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
پرتوبیولوژی</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۲</td><td rowspan="4">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:
فیزیک بهداشت پایه</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Radiobiology</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۳۲</td><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

هدف ااز ارائه این درس اموزش تخصصی شناخت اثرات بیولوژیکی پرتوها بر سلول، عضو و کل بدن است بطوریکه در انتها دانشجویان بتوانند در این شاخه از فیزیک بهداشت دانش تخصصی بر اساس دانش بروز و استانداردهای ملی و بین‌المللی داشته باشند.

سرفصل دروس:

۱- مروری بر حفاظت در برابر اشعه

- فلسفه حفاظت در برابر اشعه

- مروری بر یکاها
- اصول حفاظت در برابر اشعه (زمان، فاصله، حفاظ)
- توجیه‌پذیری، بهینه‌سازی و محدودسازی دز (حد دز)

۲- ساختار سلول: میتوز و میوز

۳- منحنی کسر زنده مانده (Survival Curve) و پرتودهی جزء جزء (Fractionation)

۴- ترمیم زیان رسیده به سلول

۵- حساسیت سلولی و اصل برگونیه و تریبوندو
- اثر اکسیژن
- اثر انتقال خطی انرژی
- اثر حرارت

۶- اثر وراثتی پرتوها

۷- اثر پرتوها بر جنین

۸- اثر پرتوها بر اعضاء مختلف بدن (Q, RBE, W_T)

۹- اثر پرتوها بر کل بدن (خونی، گوارشی و عصبی) و دزهای مختلف
- اثرات مستقیم و غیر مستقیم
- اثرات سماتیک و ژنتیک
- اثرات حاد و مزمن
- اثرات استوکاستیک و غیر استوکاستیک (دترمینیستیک یا تعیین کننده شامل LNT و non-LNT

۱۰- سطوح دز پرتوهادر کاربرهای مختلف

۱۱- دزیمتری بیولوژیکی

۱۲- اپیدمیولوژی پرتوهای یونساز و نتایج پژوهش‌های اپیدمیولوژی در گروه‌های مختلف انسانی

۱۳- جمع بندی و نتیجه گیری

۱۴- پروژه کلاسی

فهرست منابع:

1- E.J. Hall, Radiobiology for the Radiologist, 5th Edition, Philadelphia, Lippincott, Williams and Wilkins, 2000. Required.
2- A.H.W. Nias, An Introduction to Radiobiology, Second Edition, John Wiley and Sons, 1998 (reprinted in 2000). Optional.
3- Herman Cember and Thomas Johnson; Introduction to Health Physics: Fourth Edition. July 2008, McGraw-Hill Medical Publishing Division, ISBN-13: 9780071423083.
4- Kedar N. Prasad, Handbook of Radiobiology, Department of Radiology, School of Medicine, University of Colorado. Published in 1995, 352 pages, Cat. No. C101. ISBN 0-8493-2501-3.
5- Selected readings from the literature.

<table>
<tr><td colspan="7">کد درس : ۱۲۸</td></tr>
<tr><td rowspan="5">عنوان درس به فارسی:
حفاظت در برابر پرتوهای غیر یون ساز</td><td rowspan="5">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="5">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="5">دروس پیش نیاز:</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Non- Ionizing Radiation Protection</td><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="5">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■
سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td></tr>
</table>

اهداف کلی درس:

هدف از ارائه این درس اموزش تخصصی شناخت وکاربرد پرتوهای غیریونسازو اثرات بیولوژیکی این پرتوها بر سلول، عضو و کل بدن است بطوریکه در انتها دانشجویان بتوانند در این شاخه از فیزیک بهداشت دانش تخصصی بر اساس دانش بروز و استانداردهای ملی و بین‌المللی داشته باشند.

سرفصل دروس:

۱- کاربرد پرتوهای غیریونساز

۲- طیف گسترده نوری

۳- اولتراسوند و تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) در پزشکی

۴- پرتوهای ماوراء بنفش

- چشمه‌ها ماوراء بنفش و حفاظت در برابر آن
- محاسبات ایمنی نوری پرتوهای ماوراء بنفش

۵- امواج فرکانس رادیویی

- چشمه‌های میکروویو و حفاظت در برابر آن
- محاسبات میکروویو

۶- پرتوهای مادون قرمز

۷- امواج فرکانس رادیویی

۸-اثرات بیولوژیکی مایکروویو

۹- امواج فرکانس کم و میدان‌های استاتیک

۱۰- لیزر

- موج مداوم
- موج پالسی

۱۰- جمع بندی و نتیجه گیری

۱۱-پروژه کلاسی

فهرست منابع:

1. American National Standards Institute ANSI Z136.1 "Safe Use of Lasers" American National Standards Institute ANSI Z136.1 "Safe Use of Lasers"
2. American National Standards Institute/Institute of Electrical and Electronics Engineers ANSI/IEEE C95.1 "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz"
3. Introduction to Health Physics, 3rd Ed, Herman Cember, McGraw Hill
4. EMF Questions and Answers, NIEHS, June 2002 (http://www.epri.com/emf/EMF_InfoPacket_2005.html)
5. ICNIRP (1997) Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3 μm). Health Physics 73, 539-554.
6. ICNIRP (2006) ICNIRP Statement On Far Infrared Radiation Exposure
7. ICNIRP (2004) Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths between 180 nm and 400 nm (Incoherent optical radiation). Health Physics, 73, 172-186.
8. Laser Safety by Roy Henderson, Karl Schoolmaster ISBN: 075030

کد درس : ۱۲۹					
عنوان درس به فارسی: آزمایشگاه آشکارسازی و دزیمتری	تعداد واحد: ۱	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک بهداشت پایه ۲ دزیمتری پرتوها
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Radiation Detection and Dosimetry Lab	تعداد ساعت: ۳۲		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد■ ندارد□ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه ■ سمینار□					

اهداف کلی درس:

هدف از ارائه این درس اموزش روشهای تخصصی وعملی آشکارسازی ودزیمتری پرتوها برای کاربردهای گونا گون است بطوریکه در انتها دانشجویان بتوانند در این شاخه از فیزیک بهداشت دانش تخصصی بر اساس دانش بروز داشته باشند.

سرفصل دروس:

۱-آزمایشهای پایه: آشکار سازهای گازی (اطاقک یونساز، تناسبی و گایگر)، سنتیلاسیون MCA، مقایسه Ce (Li) , NAI ـ تعیین قدرت تفکیک، جذب و پراکندگی ذرات بتا، تضعیف اشعه گاما ، آشکار ساز نوترون ، آشکار ساز، آمار شمارش ، شناسائی چشمه مجهول به روش طیف نگاری گاما

۲-دزیمتری: روش فیلم ، روش تی. ال. دی، بحرانی (آشنائی)، تعیین دز چشمه های داخلی

۳-اندازه گیری (ردیابی) اشعه: نشست دستگاههای مواد اشعه، چشمه های بسته پرتو زا، اماکن آلوده، نشت اشعه مایکروویو ، تعیین فاصله های امن برای رویت اشعه لیزر (مستقیم و جنبی)

۴-واسنجی: واسنجی دستگاه های آشکار ساز، باریکه های چشمه های پرتو درمانی و مولدهای اشعه، تصویر گرهای پزشکی هسته ای، کنترل کیفی پرتو داروها، شدت جریان هود

فهرست منابع:

1- ORTEC Manual for Nuclear Experiments.
2- IAEA Syllabus for Post Graduate Educational Courses
3- Frank H. Attix; Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry by (Sep 1986)
4- Herman Cember and Thomas Johnson; Introduction to Health Physics: Fourth Edition. July 2008, McGraw-Hill Medical Publishing Division, ISBN-13: 9780071423083.
5- Glenn F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons, Aug 16, 2010 - 860 pages.
6- Nicholas Tsoulfanidis, Ph.D., Sheldon LandsbergerMeasurement and Detection of Radiation, Third Edition; books.google.com/books?isbn=1420091859, 2010.
7- Klaus Becker, Solid State Dosimetry ,CRC Press (1973) ISBN-10: 0878190465; ISBN-13: 978-0878190461 .
8- Frank H. Attix and William C. Roesch; Radiation Dosimetry: Fundamentals [Volume 1] by (Jan 1, 1968).
9- Kenneth R. Kase, Bengt E. Bjarngard and Frank H. Attix; The Dosimetry of Ionizing Radiation by (Feb 1986)
10- Radiation Dosimetry, Volume 3: Sources, Fields, Measurements and Applications. Second Edition. by Frank H. Attix(1969)
11- William C. Roesch Edited by Frank H. Attix; Radiation Dosimetry, Volume II (2): Instrumentation by (Jan 1, 1966).
12- Frank H Attix Radiation dosimetry; Supplement: Topics in radiation dosimetry (1972).

کد درس : ۱۳۰					
عنوان درس به فارسی: فیزیک تصویربرداری پزشکی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک بهداشت ۲
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Medical Imaging Physics	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

هدف از ارائه این درس اموزش تخصصی شامل:

- یادگیری پدیده‌ها و پروسه‌های فیزیکی پرتوهای یونساز و غیریونساز
- درک اینکه چطور روش‌های تصویربرداری متفاوت در یک برنامه کلینیکی بکار برده می‌شود.
- یادگیری اینکه چطور پارامترهای کلیدی تصویربرداری تغییر داده می‌شود تا پرتوگیری بیمار کاهش داده شود در حالی که کیفیت تصویر بهتر می‌گردد.
- یادگیری روش‌هایی که روی این تصویربرداری بطور ایمن بکار برده شود.
- ارائه مروری بر فیزیک تصویربرداری رادیولوژی.

سرفصل دروس

۱- اصول تصویربرداری با پرتوهای x

- مقدمه تصویربرداری پزشکی
- مروری بر فیزیک اتمی
- تولید پرتوهای x
- برخورد پرتوهای x با ماده و کاهش آن در ماده
- فیلترگذاری نامحدودکردن میدان و شبکه اگرید
- تصویربرداری با اسکرین فیلم و پروسس فیلم
- بهینه سازی کنتراست تصویر اسکرین- فیلم و توان تفکیک

۲- کاربردهای تصویربرداری با پرتوهای x

- فلورسکپی
- تصویر دیجیتالی
- بایگانی تصویر دیجیتالی، پخش و نمایش
- رادیوگرافی
- رادیوگرافی و فلورسکپی دیجیتالی
- مثال‌های کلینیکی : پلانر آنالوگ و تصویربرداری دیجیتالی
- تشکیل تصویر در کامپیوتر توموگرافی (CT)

۳- تصویربرداری هسته‌ای

- پرتوزایی، تولید رادیوایزوتوپ‌ها و رادیوداروها

- روش‌های آشکارسازی پرتوها
- تصویربرداری پلانر
- تصویربرداری با PET و SPET
- حفاظت در برابر اشعه در کاربرد رادیوایزوتوپ
- تصویربرداری با پرتوهای گاما (مثال)

۴- تصویربرداری اولتراسوند

- تولید اولتراسوند
- برخورد پرتوهای اولتراسوند با ماده
- تصویربرداری اولتراسوند ۱ : خصوصیت میدان پرتو
- تصویربرداری اولتراسوند ۲ : مدهای نمایش

۵- تصویربرداری رزنانس مغناطیسی (MRI)

- طراحی اسکنر MRI و ایمنی MRI
- سیگنال MRI
- سری پالس‌ها و تولید تصویر
- Fast , Flow and Punctual Imaging
- کیفیت تصویر در MRI و اطمینان از کیفیت

-پروژه کلاسی

-جمع بندی و نتیجه گیری

فهرست منابع:

1. H.E. Johns, J.R. Cunningham, The Physics of Radiology, Fourth Edition. Charles C.Tomas Publishers (ISBN 0 300-04669-7).
2. Herman Cember and Thomas Johnson; Introduction to Health Physics: Fourth Edition. 2009, McGraw-Hill Medical Publishing Division, ISBN-13: 978-0-07-164323-8.
3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards –Interim Edition, General Safety Requirements Part 3; IAEA Safety Standards Series GSR Part 3 (Interim) Subject Classification: 0600-Nuclear and Radiological SafetySTI/PUB/1531(ISBN: 978-92-0-120910-8)138.
4. Frank H. Attix; Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry by (Sep 1986).
5. Radiological Protection for Medical Exposure to Ionizing Radiation Safety Guide Series No. RS-G-1.5, IAEA, published April 02, 2002.

کد درس :۱۳۱					
عنوان درس به فارسی: فیزیک درمان با پرتوها	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک بهداشت ۲
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Radiotherapy Physics	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
	آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐				

اهداف کلی درس:

هدف از ارائه این درس اموزش تخصصی شامل:

- اخذ دانش اصول فیزیکی دادن دقیق و تکوارپذیر دز پرتوها برای مقاصد درمانی.
- توانایی بکارگیری اصول فیزیکی مسائل رادیوتراپی بیمار ویژه در یک محیط پرتو درمانی.
- دانش دقیق پرتو درمانی با پرتوها.

سرفصل دروس:

۱-پرتو درمانی با فوتون

- ژنراتورها یا منابع تولید فوتون‌ها
- خصوصیات باریکه پرتو شتابدهنده‌های خطی

- کالیبره‌کردن شتابدهنده‌های خطی
- اصول کالیبره‌کردن میدان پرتو شتابدهنده‌های خطی
- محاسبات دستی دز فوتون‌ها
- آلوگاریتم‌های تجاری محاسباتی دز فوتون‌ها
- ثابت‌کردن بیمار و شبیه‌سازی
- تعریف هدف سه بعدی و ویژه‌گی دز
- برنامه‌ریزی سه بعدی درمان
- پرتو درمانی با تصویر راهنما (Image guides)(IGRT)
- استریوتاکتیک جراحی پرتویی (SRS)
- پرتو درمانی با شدت مدوله شده(IMRT)
- رسپراتوری گیتینگ (Respiratory Gating) و پرتودهی تمام بدن
- روش‌های حفاظ‌سازی شتابدهنده‌های خطی
- آزمایش اطمینان ازکیفیت شتابدهنده‌های خطی

۲- پرتودرمانی با ذرات

- برخورد باریکه الکترونی، مشخصات و ویژگی‌ها
- کالیبره‌کردن باریکه الکترونی شتابدهنده‌ها
- آلوگاریتم‌های تجارتی محاسبات دز الکترونی
- برنامه‌ریزی درمان با باریکه الکترونی

- پرتودهی الکترونی تمام پوست
- درمان این اپراتیو (inoperative)
- درمان با پروتون
- درمان با نوترون و یون‌ها

۳- درمان با رادیو ایزوتوپ‌ها در براکی‌تراپی

- تجزیه ماده پرتوزا و روابط آن
- ویژگی‌های چشمه‌های براکی تراپی
- محاسبات پخش دز در براکی تراپی
- محاسبات دستی پخش دز در براکی تراپی
- سیستم‌های تاریخی دزیمتری درون‌نسجی (implant)
- مثال هایی از براکی تراپی با آهنگ دز کم (درون‌نسجی و درون حفره‌ای)
- براکی‌تراپی با آهنگ دز زیاد
- براکی تراپی اینتراوسکولر (intravascular)
- درمان رادیوایزوتوپی
- حفاظت در برابر پرتوها در براکی تراپی

۴-پروژه کلاسی

۵- جمع بندی و نتیجه گیری

فهرست منابع:

1. F. M. Khan, Physics of Radiation Therapy, 4th Edition, 2010.
2. H.E. Johns, J.R. Cunningham, The Physics of Radiology, Fourth Edition. Charles C.Tomas Publishers (ISBN 0 300-04669-7).

3. F. M. Khan, Treatment Planning in radiation Oncology, Lipincot Williams and Wilking, 2nd Edition, 2006.
4. Herman Cember and Thomas Johnson; Introduction to Health Physics: Fourth Edition. 2009, McGraw-Hill Medical Publishing Division, ISBN-13: 978-0-07-164323-8.
5. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards –Interim Edition, General Safety Requirements Part 3; IAEA Safety Standards Series GSR Part 3 (Interim) Subject Classification: 0600-Nuclear and Radiological SafetySTI/PUB/1531(ISBN:978-92-0-120910-8)138.
6. Frank H. Attix; Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry by (Sep 1986).
7. Radiological Protection for Medical Exposure to Ionizing Radiation Safety Guide Series No. RS-G-1.5, published Tuesday, April 02, 2002.

کد درس : ۱۳۲					
عنوان درس به فارسی: مهندسی حفاظ و طراحی سیستم های پرتوئی و هسته ای	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک بهداشت پایه
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Shielding Engineering & Design of Nuclear Systems	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

کد درس : ۱۳۳					
عنوان درس به فارسی: تولید و کاربرد کدهای شبیه سازی کامپیوتری	تعداد واحد: ۲	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک بهداشت پایه
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Development and Application of Computer Simulation Codes In Health Physics	تعداد ساعت: ۳۲		اختیاری	نظری	
				عملی	
	آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■				
	سفر علمی☐	کارگاه☐	آزمایشگاه☐	سمینار☐	

اهداف کلی درس:

آشنایی با مونت کارلو و کاربردهای آن در محاسبات مربوط به فیزیک بهداشت و پزشگی پرتوها می باشد.

سرفصل های درس:

نظری:

۱-آشنایی با تاریخچه و روش مونت کارلو

۲-متغیرهایکاتوره ای و توابع توزیع احتمال

۳-تولید اعداد کاتوره ای

۴-کاربرد روش مونت کارلو در حل مسائل

۵-روشهای تسریع محاسبات

۶-مسائل چند بعدی

۷-آشنایی با کدهای شبیه ساز بویژهMCNPوFLUKA

۸-محاسبه ترابرد ذرات باردار در محیط با استفاده از MCNP

۹-ردگیری گاما و نوترون با استفاده از MCNP

۱۰-محاسبه حفاظ مورد نیاز در مراکز رادیولوژی و پرتو پزشکی با استفاده از MCNP

۱۱-محاسبه ترابرد ذرات باردار در محیط با استفاده از FLUKA

۱۲-ردگیری گاما و نوترون با استفاده از FLUKA

۱۳-محاسبه حفاظ مورد نیاز در مراکز رادیولوژی و پرتو پزشکی با استفاده از

۱۴-پروژه کلاسی

۱۴- جمع بندی و نتیجه گیریژ

عملی:

شبیه سازی، حل مسائل ویژه گرایش و پروژه های درسی

فهرست منابع:

:

- Monte Carlo Methods, Volume 1: Basic, M. H. Kalos& P. A. Whitlock, John Wiley & Sons Inc, 2008.
- J.S. Liu, Monte Carlo Strategies in Scientific Computing, (Springer, New York, 2001).
- Monte Carlo Statistical Methods, C.P. Robert and G.Casella, 2nd ed., Springer,NY, 2004.
- J.E. Gentle,Random Number Generation and Monte Carlo Methods, 2nd ed.,Springer, New York
- www.fluka.org

<table>
<tr><td colspan="6">کد درس : ۱۳۴</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
شیمی هسته ای و پرتوی</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۲</td><td rowspan="4">نوع درس:</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="4">دروس پیش نیاز:
فیزیک بهداشت پایه</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Radiation and Nuclear Chemistry</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۳۲</td><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="6">آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■
سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□</td></tr>
</table>

سرفصل دروس:

۱-عناصر پرتوزا در محیط زیست

۲- عناصر پرتوزا، ایزوتوپها و رادیونوکلئیدها

۳- ویژگیهای فیزیکی هسته‌ای و ذرات بنیادی

۴- تجزیه مواد پرتوزا

۵- حالت های تجزیه

۶- اندرکنش‌های هسته‌ای

۷- اثرات شیمیایی اندرکنش‌های هسته‌ای

۸- تأثیر باندهای شیمیایی بر خواص هسته‌ای

۹-روشهای شیمیائی تعیین مقدار آلودکی در آب، هوا، مواد غذائی، خاک، ادرار و مدفوع و پسمانهای هسته ای (سرفصل اصلی)

۱۰- تولید رادیونوکلئیدها و مواد پرتوزای نشاندار

۱۱- جنبه های ویژۀ شیمی رادیونوکلئیدها

۱۲- رادیونوکلئیدها در ژئو وکاسموشیمی

۱۳- سالیابی با روش‌های هسته‌ای

۱۴- رادیوآنالیز

۱۵- رادیوتریسرها در شیمی

۱۶-پروژه کلاسی

۱۷- جمع بندی و نتیجه گیری

<table>
<tr><td colspan="7">کد درس : ۱۳۵</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به فارسی:
مباحث ویژه پیشرفته
(حداکثریکبار در هر مقطع)</td><td rowspan="2">تعداد واحد:
۳</td><td rowspan="2">نوع درس:</td><td>جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="3">دروس پیش نیاز:</td></tr>
<tr><td></td><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس به انگلیسی:
Advanced Special Topics</td><td rowspan="2">تعداد ساعت:
۴۸</td><td rowspan="2">الزامی</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="3">آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■</td><td rowspan="2">اختیاری</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td colspan="3">سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐</td><td>عملی</td></tr>
</table>

کد درس : ۱۳۶					
عنوان درس به فارسی: مبانی مهندسی هسته ای	تعداد واحد: ۲	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک هسته ای
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Introduction to Nuclear Engineering	تعداد ساعت: ۳۲		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی ☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

هدف از ارائه این درس، آشنایی عمومی دانشجویان ورودی به رشته مهندسی فیزیک بهداشت بویژه برای آن دسته از دانشجویانی که در نظر دارند در آینده در رابطه با حفاظت و ایمنی راکتورهای هسته‌ای و اثرات آنها بر محیط زیست و یا بعنوان مسئول فیزیک بهداشت در چنین تأسیساتی فعالیت نمایند.

سرفصل‌های درس

۱- مقدمه‌ای بر انرژی هسته‌ای و راکتورها

۲- تاریخچه کوتاهی از توسعه راکتورهای هسته‌ای و انواع آن

۳- انرژی از شکافت هسته

- منابع انرژی
- اصول پایه انرژی هسته‌ای
- شکافت هسته در مواد مختلف

۴- واکنش‌های هسته‌ای و پرتوها

- پرتوزایی
- برخورد پرتوها با ماده (بویژه نوترون‌ها)
- مقطع مؤثر (بویژه نوترون)
- زنجیره شکافت هسته‌ای

۵- دیفیوژن و آهسته یاکندشدن نوترون‌ها

- تئوری دیفیوژن نوترون‌ها
- سیستم تکثیر نوترون‌ها
- کندشدن نوترون‌ها
- بحرانی‌شدن
- مدل یک گروهی
- مدل دو گروهی
- اصول مدل چندگروهی

۶- ریموال انرژی

- تولید حرارت در سیستم راکتور
- انرژی شکافت
- اصول انتقال حرارت ازمواد هسته‌ای

- چگالی (دانسیته) توان
- توان ویژه
- تخت‌کردن توان
- حرارت باقی‌مانده

۷- اجزاء یک راکتور هسته‌ای

- ساختار راکتورهای پژوهشی
- ساختار راکتورهای قدرت برای تولید انرژی
- ساختار راکتورهای ویژه برای مصارف دیگر
- مروری براثرات پرتوها بر محیط زیست

۸- مروری بر اثرات پرتوها بر محیط زیست

- راه‌های نفوذ مواد پرتوزا از راکتور به محیط
- پخش پرتوها در محیط

۹-پروژه کلاسی

۱۰- جمع بندی و نتیجه گیری

کتابها و منابع

- John R. Lamarsh and Anthony J. Baratta"Introduction to Nuclear Engineering" (3RD 01)(Hardback | ISBN10: 0201824981; ISBN13: 9780201824988)

کد درس : ۱۳۷					
عنوان درس به فارسی: قوانین، مقررات و استانداردهای حفاظت در برابر پرتوها	تعداد واحد: ۱	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: فیزیک بهداشت پایه
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Radiation Protection Laws, Regulations, and Standards	تعداد ساعت: ۱۶		اختیاری	نظری	
				عملی	
	آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی ☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐				

اهداف کلی درس:

هدف از ارائه این درس اموزش تخصصی شناخت و بکارگیری قوانین، مقررات و استانداردهای حفاظت در برابر اشعه ملی و بین‌المللی و اخذ مجوز های لازم از واحد قانونی جهت حفاظت کارکنان، بیماران و مردم و محیط کار و زیست در کاربردهای گوناگون پرتوهااست بطوریکه در انتها دانشجویان بتوانند در این شاخه از فیزیک بهداشت دانش تخصصی بر اساس دانش روز و استانداردهای ملی و بین‌المللی داشته باشند.

سرفصل دروس:

۱-قانون حفاظت در برابر اشعه ایران

۲-مقررات حفاظت در برابر اشعه ایران

۳-استانداردهای حفاظت در برابر اشعه ایران

۴-استانداردهای بین‌المللی حفاظت در برابر اشعه

۵-اخذ مجوز و پروانه های لازم از واحد قانونی جهت کاربا پرتوها

۶-رعایت قوانین، مقررات و استانداردهای حفاظت در برابر اشعه ملی و بین‌المللی و اخذ مجوز های لازم از واحد قانونی جهت حفاظت کارکنان، بیماران و مردم و محیط کار و زیست در کاربردهای گوناگون پرتوها.

۷-جمع بندی و نتیجه گیری

۸-پروژه کلاسی

فهرست منابع:

Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards – Interim Edition, General Safety Requirements Part 3; IAEA Safety Standards Series GSR Part 3 (Interim) Subject Classification: 0600-Nuclear and Radiological Safety STI/PUB/1531(ISBN: 978-92-0-120910-8)138.

1. Regulatory Control of Radiation Sources Safety Guide Series No. GS-G-1.5, IAEA, Vienna, December 13, 2004.

۲. قانون حفاظت در برابر اشعه ایران

۳. مقررات حفاظت در برابر اشعه ایران

۴. استانداردهای حفاظت در برابر اشعه ایران

کد درس : ۱۴۰					
عنوان درس به فارسی: استاندارد و اطمینان از کیفیت	تعداد واحد: ۲	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Standard and Quality Verification	تعداد ساعت: ۳۲		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

اهداف کلی درس:

هدف از ارائه این درس آشنایی عمومی دانشجویان با فرهنگ و روشهای استاندارد و اطمینان از کیفیت و بویژه اهتمام در تهیه یک استاندارد ملی است .

کد درس : ۱۴۱					
عنوان درس به فارسی: اقتصاد در پژوهش وتوسعه	تعداد واحد: ۲	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Economics in Research and Development	تعداد ساعت: ۳۲		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد□ ندارد■ سفر علمی□ کارگاه□ آزمایشگاه□ سمینار□					

کد درس : ۱۴۲					
عنوان درس به فارسی: اخلاق مهندسی	تعداد واحد: ۲	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Engineering Ethics	تعداد ساعت: ۳۲		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					

کد درس : ۱۴۳					
عنوان درس به فارسی: مدیریت مهندسی انرژی	تعداد واحد: ۳	نوع درس:	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Manahement of Energy Engineering	تعداد ساعت: ۴۸		اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : دارد☐ ندارد■ سفر علمی☐ کارگاه☐ آزمایشگاه☐ سمینار☐					