دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم و فناوری‌های نوین

گروه مهندسی هسته‌ای

# مشخصات کلی و برنامه درس دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی هسته‌ای، گرایش‌های:
# راکتور، گداخت، کاربردپرتوها و پرتوپزشکی

بهار ۱۳۹۶

## فهرست


پیش‌گفتار ..... ۶

برنامه‌های آموزشی و پژوهشی ..... ۷

درس‌های مقطع کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای، گرایش‌های راکتور، گداخت، کاربردپرتوها و پرتوپزشکی ..... ۸

درس‌های مقطع دکتری مهندسی هسته‌ای- گرایش‌های راکتور، گداخت، کاربردپرتوها و پرتوپزشکی ..... ۹

فیزیک راکتور ۱ ..... ۱۶

فیزیک و مهندسی پلاسما ۱ ..... ۱۸

آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۱ ..... ۲۰

فیزیک راکتور ۲ ..... ۲۲

انتقال حرارت هسته‌ای ..... ۲۴

آزمایشگاه فیزیک راکتور ..... ۲۶

فناوری نیروگاه‌های هسته‌ای ..... ۲۸

محاسبات عددی پیشرفته ..... ۳۰

جریان‌های دوفازی ..... ۳۲

فیزیک راکتورهای سریع زاینده ..... ۳۴

ایمنی راکتورهای هسته‌ای ..... ۳۶

چرخه سوخت ..... ۳۸

مدیریت سوخت ..... ۴۰

کاربرد روش مونت کارلو در محاسبات هسته‌ای ..... ۴۲

دینامیک راکتورهای هسته‌ای ..... ۴۴

مواد هسته‌ای ..... ۴۶

دینامیک راکتورهای هسته‌ای پیشرفته ..... ۴۸

کنترل پیشرفته در مهندسی راکتور ..... ۵۰

ترموهیدرولیک پیشرفته ..... ۵۲

مدیریت و اقتصاد انرژی ..... ۵۴

تحلیل سامانه‌ها و ممیزی انرژی ..... ۵۶

مباحث ویژه در راکتور ..... ۵۸

مهندسی گداخت هسته‌ای ۱ ..... ۵۹

مهندسی گداخت هسته‌ای ۲ ..... ۶۱
توکامک ۱ ..... ۶۳
توکامک ۲ ..... ۶۵
آزمایشگاه گداخت هسته‌ای ..... ۶۷
فیزیک و مهندسی پلاسما ۲ ..... ۶۹
مهندسی گداخت پیشرفته ..... ۷۱
فیزیک و مهندسی پلاسما پیشرفته ..... ۷۳
الکترودینامیک پلاسما ..... ۷۵
گداخت محصورسازی لختی ..... ۷۷
فناوری‌های مرتبط با تحقیقات گداخت ..... ۷۹
مشخصه‌یابی پلاسما ..... ۸۱
فناوری‌های پیشرفته توکامک‌ها ..... ۸۳
فیزیک پلاسمای آماری ..... ۸۵
مبانی طراحی راکتورهای گداخت هسته‌ای ..... ۸۷
سوخت و مواد گداخت هسته‌ای ..... ۸۹
مگنتوهیدرودینامیک ..... ۹۱
دستگاه‌های تحقیقاتی پلاسما ..... ۹۳
کاربردهای صنعتی پلاسما ..... ۹۵
لیزر و کاربردهای آن در گداخت هسته‌ای ..... ۹۷
شبیه‌سازی فرایندهای گداخت هسته‌ای ..... ۹۹
ریاضیات مهندسی پیشرفته ..... ۱۰۱
مباحث ویژه در گداخت هسته‌ای ..... ۱۰۳
آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۲ ..... ۱۰۴
دستگاه‌های مولد پرتو ..... ۱۰۶
کاربردهای صنعتی رادیو ایزوتوپ‌ها ۱ ..... ۱۰۸
آزمایشگاه آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ..... ۱۱۰
الکترونیک هسته‌ای ..... ۱۱۲
حفاظ سازی ..... ۱۱۴

فناوری خلاء ۱۱۶
روش‌های آنالیز هسته‌ای ۱۱۸
محاسبات ترابرد پرتو ۱۲۰
شتاب‌دهنده‌ها و کاربرد آنها ۱۲۲
کشاورزی هسته‌ای ۱۲۴
طراحی هدف‌های هسته‌ای ۱۲۵
چشمه‌های یونی ۱۲۶
مدیریت بحران هسته‌ای ۱۲۸
کاربردهای صنعتی رادیوایزوتوپ‌ها ۲ ۱۳۰
شبیه سازی در مهندسی هسته‌ای ۱۳۲
طیف‌نگاری هسته‌ای ۱۳۴
آشکارسازی تابشهای هسته‌ای پیشرفته ۱۳۸
دستگاه‌های مولد پرتو پیشرفته ۱۴۰
روشهای آنالیز هسته‌ای پیشرفته ۱۴۲
سیستم‌های تصویرگر پزشکی ۱۴۵
بازسازی تصاویر پزشکی ۱۴۷
فیزیک پرتو درمانی ۱۴۹
آزمایشگاه آشکارسازی و دزیمتری ۱۵۱
دزیمتری در پرتوپزشکی ۱۵۳
رادیوبیولوژی ۱۵۵
حفاظ سازی در پرتو پزشکی ۱۵۷
شتابدهنده‌ها و کاربرد آنها در پزشکی ۱۵۹
پردازش تصویر ۱۶۱
پردازش موازی ۱۶۳
شبیه سازی در مهندسی پرتو پزشکی ۱۶۵
پردازش سیگنالهای دیجیتال ۱۶۷
رادیو ایزوتوپ‌ها و کاربرد آنها در پزشکی ۱۶۹
سیستم‌های تصویرگر پزشکی پیشرفته ۱۷۱

پردازش تصاویر پزشکی پیشرفته ..... ۱۷۳
پرتو درمانی پیشرفته ..... ۱۷۵
آشکارسازی و دزیمتری پیشرفته ..... ۱۷۷
مباحث ویژه در مهندسی پرتو پزشکی ..... ۱۷۹
سمینار ۱ ..... ۱۸۰
سمینار ۲* ..... ۱۸۱
جدول تطبیقی ..... ۱۸۲

## پیش‌گفتار

در راستای تحقق اهداف کلی برگزاری دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) مهندسی هسته‌ای و بنابر تجارب حاصله در دوره‌های پیشین، لزوم بازنگری سرفصل درس‌های این دوره احساس می‌گردید. بنابراین مجموعه حاضر با هدف ایجاد منبعی مناسب برای برنامه‌های آموزشی و پژوهشی این دوره در گرایش‌های راکتور، گداخت، کاربردپرتوها و پرتوپزشکی تهیه شده است. امید است تهیه این مجموعه گامی مؤثر در دستیابی بهتر و کامل‌تر دانش آموختگان این دوره به اهداف تعیین شده باشد تا بتوانند قابلیت‌های خود را در مراکز و صنایع مختلف به‌کار برند.

## اهداف کلی

در حال حاضر دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی هسته‌ای دانشگاه اصفهان به تکمیل دروس نظری و امور پژوهشی در چهار گرایش مختلف می‌پردازد. گرایش کاربرد پرتوها به انواع دستگاه‌های مولد پرتو، کاربرد پرتوها در بهبود یا تغییر خواص مواد و استریل کردن مواد پزشکی، آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای، کاربرد روش‌های هسته‌ای در آنالیز مواد، کاربرد صنعتی مواد پرتوزا و موارد دیگر می‌پردازد. در گرایش پرتوپزشکی زمینه‌هایی همچون سیستم‌های تشخیصی و تصویربرداری با استفاده از پرتوهای یونیزان و غیر یونیزان همچون رادیولوژی، برشنگاری رایانه‌ای (سی تی اسکن)، سونوگرافی، تصویربرداری تشدید مغناطیسی (ام آر آی)، روش‌های تصویربراری پزشکی هسته‌ای، روش‌های پرتودرمانی، تولید رادیوداروها و موارد دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد. در گرایش راکتور، آموزشها و پژوهش‌ها در زمینه طراحی و تحلیل انواع راکتورهای هسته‌ای (شکافت)، ایمنی راکتورهای هسته‌ای، فناوری نیروگاه‌های هسته‌ای انجام می‌شود. همچنین در گرایش گداخت طراحی و تحلیل انواع راکتورهای گداخت هسته‌ای و مباحث مربوط به مهندسی پلاسما و کاربردهای آن در صنعت انجام می‌شود.

دروس پیش بینی شده و تعداد واحدی که برای تحقیقات و پژوهش در نظر گرفته شده به گونه‌ای است که دانش آموختگان این دوره بر حسب گرایش، علاوه بر قابلیت فعالیت در مراکز مختلف سازمان انرژی اتمی می‌توانند در سایر مراکز صنعتی (صنایع دفاعی، صنایع فولاد، صنایع غذایی و صنعت نفت و گاز) و پزشکی (مراکز پزشکی هسته‌ای، پرتودرمانی و شرکت‌های مهندسی پزشکی) مشغول به کار شوند. همچنین فارغ التحصیلان می‌توانند با ادامه تحصیلات خود به امور آموزشی و پژوهشی بپردازند.

**۱- برنامه‌های آموزشی و پژوهشی**

دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی هسته‌ای گرایش‌های راکتور، گداخت، کاربردپرتوها و پرتوپزشکی تعداد ۳۱ واحد درسی را مطابق جدول شماره ۱ می‌گذرانند.

جدول۱: برنامه کلی کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای (راکتور، گداخت، کاربردپرتوها و پرتوپزشکی)

| ردیف | نوع واحد | تعداد واحد | توضیحات |
|---|---|---|---|
| ۱ | اصلی-مشترک | ۶ | - |
| ۲ | تحصیلات تکمیلی | ۱۹ | اختیاری |
| ۳ | پایان نامه | ۶ | - |

**تبصره:** دانشجویان آموزش محور لازم است به جای ۶ واحد پایان‌نامه، ۳ واحد سمینار و ۳ واحد درس از جدول تحصیلات تکمیلی گرایش مربوطه (جدول‌های ۶، ۷ یا ۸) اخذ نمایند.

تعداد کل واحد در نظر گرفته شده برای دوره دکتری مهندسی هسته‌ای گرایش‌های راکتور، گداخت، کاربردپرتوها و پرتوپزشکی برابر ۳۶ واحد بوده و در جدول‌های ۲ و ۳ برای دو شیوه آموزشی-پژوهشی و پژوهشی آمده است. این درس‌ها به منظور تسلط بر مفاهیم نوین رشته مهندسی هسته‌ای و تقویت توان علمی دانشجویان برای اجرای فعالیت‌های پژوهشی برنامه‌ریزی شده‌اند.

جدول۲: برنامه کلی دوره دکتری مهندسی هسته‌ای (راکتور، گداخت، کاربردپرتوها و پرتوپزشکی)

شیوه آموزشی-پژوهشی

| ردیف | نوع واحد | تعداد واحد |
|---|---|---|
| ۱ | تحصیلات تکمیلی | ۱۵ |
| ۲ | سمینار | ۱ |
| ۳ | پایان نامه | ۲۰ |

جدول۳: برنامه کلی دوره دکتری مهندسی هسته‌ای (راکتور، گداخت، کاربردپرتوها و پرتوپزشکی)

شیوه پژوهشی

| ردیف | نوع واحد | تعداد واحد |
|---|---|---|
| ۱ | تحصیلات تکمیلی | ۳ |
| ۲ | سمینار | ۱ |
| ۳ | پایان نامه | ۳۲ |

**۲- درس‌های مقطع کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای، گرایش‌های راکتور، گداخت، کاربردپرتوها و پرتوپزشکی**

در جدول ۴ لیست درس‌های اصلی-مشترک این دوره و تعداد واحدهای آن آمده است. دانشجویان لازم است با تایید شورای گروه، تعداد ۶ واحد (۲ درس) از درس‌های این جدول را بگذراند.

جدول۴: درس‌های اصلی-مشترک کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای (راکتور، گداخت، کاربردپرتوها و پرتوپزشکی)

| نام درس | تعداد واحد |
|---|---|
| فیزیک بهداشت | ۳ |
| فیزیک راکتور ۱ | ۳ |
| فیزیک و مهندسی پلاسما ۱ | ۳ |
| آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۱ | ۳ |

دانشجویان بایستی تعداد ۱۹ واحد درسی را نیز بنابر نظر استاد راهنما و تصویب شورای گروه از جدول تحصیلات تکمیلی گرایش مربوطه (جدول‌های ۶، ۷، ۸ یا ۹) به عنوان درس‌های اختیاری اخذ نمایند.

**تبصره ۱:** دانشجویان می‌توانند با نظر استاد راهنما و تصویب گروه تا دو درس (۶ واحد درسی) از درس‌های دوره‌های تحصیلات تکمیلی سایر گرایش‌های مهندسی هسته‌ای و رشته‌های مرتبط موجود در دانشگاه اخذ نمایند.

**تبصره ۲:** پذیرفته‌شدگان این دوره بنابر نیاز و با تشخیص گروه، لازم است تعدادی از درس‌های جدول ۵ را تا سقف ۱۲ واحد به عنوان درس‌های جبرانی با موفقیت بگذرانند.

جدول۵: درس‌های جبرانی کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای (راکتور، گداخت، کاربردپرتوها)

| نام درس | تعداد واحد |
|---|---|
| اصول ترموهیدرولیک | ۴ |
| فیزیک هسته‌ای | ۳ |
| آزمایشگاه فیزیک هسته‌ای | ۱ |
| محاسبات عددی | ۲ |
| ریاضی مهندسی | ۳ |
| الکترومغناطیس | ۳ |
| فیزیولوژی | ۵ |
| آناتومی | ۳ |

**۳- درس‌های مقطع دکتری مهندسی هسته‌ای- گرایش‌های راکتور، گداخت، کاربردپرتوها و پرتوپزشکی**

دانشجویان مقطع دکتری شیوه آموزشی-پژوهشی (گرایش‌های راکتور، گداخت، کاربردپرتوها و پرتوپزشکی)، با نظر استاد راهنما و تایید گروه ملزم به اخذ ۵ درس (۱۵ واحد) از میان درس‌های تحصیلات تکمیلی گرایش مربوطه (جدول‌های ۶، ۷، ۸ یا ۹)، سمینار (۱ واحد) و پایان نامه (۲۰ واحد) هستند. دانشجویان مقطع دکتری شیوه پژوهشی (گرایش‌های راکتور، گداخت، کاربردپرتوها و پرتوپزشکی) نیز با نظر استاد راهنما و تایید گروه، ملزم به اخذ یک درس ( ۳ واحد) از میان درس‌های تحصیلات تکمیلی گرایش مربوطه (جدول‌های ۶، ۷، ۸ یا ۹)، سمینار (۱ واحد) و پایان نامه (۳۲ واحد) می‌باشند.

**تبصره:** دانشجویان می‌توانند با نظر استاد راهنما و تصویب گروه تا دو درس (۶ واحد درسی) از درس‌های دوره‌های تحصیلات تکمیلی سایر گرایش‌های مهندسی هسته‌ای و رشته‌های مرتبط موجود در دانشگاه اخذ نمایند.

جدول۶: درس‌های تحصیلات تکمیلی مهندسی هسته‌ای، گرایش راکتور

| ردیف | نام درس | تعداد واحد |
|---|---|---|
| ۱ | فیزیک راکتور ۲ | ۳ |
| ۲ | انتقال حرارت هسته‌ای | ۳ |
| ۳ | آزمایشگاه فیزیک راکتور | ۱ |
| ۴ | فناوری نیروگاه‌های هسته‌ای | ۳ |
| ۵ | محاسبات عددی پیشرفته | ۳ |
| ۶ | جریان‌های دو فازی | ۳ |
| ۷ | فیزیک راکتورهای سریع زاینده | ۳ |
| ۸ | ایمنی راکتورهای هسته‌ای | ۳ |
| ۹ | چرخه سوخت | ۳ |
| ۱۰ | مدیریت سوخت | ۳ |
| ۱۱ | کاربرد روش مونت‌کارلو در محاسبات هسته‌ای | ۳ |
| ۱۲ | دینامیک راکتورهای هسته‌ای | ۳ |
| ۱۳ | مواد هسته‌ای | ۳ |
| ۱۴ | دینامیک راکتورهای هسته‌ای پیشرفته | ۳ |
| ۱۵ | کنترل پیشرفته در مهندسی راکتور | ۳ |
| ۱۶ | ترموهیدرولیک پیشرفته | ۳ |
| ۱۷ | مدیریت و اقتصاد انرژی | ۲ |
| ۱۸ | تحلیل سامانه‌ها و ممیزی انرژی | ۲ |
| ۱۹ | مباحث ویژه در راکتور | ۳ |
| ۲۰ | سمینار ۱ | ۱ |
| ۲۱ | سمینار ۲* | ۲ |

* مخصوص دانشجویان آموزش محور

جدول۷: درس‌های تحصیلات تکمیلی مهندسی هسته‌ای، گرایش گداخت

| ردیف | نام درس | تعداد واحد |
|---|---|---|
| ۱ | مهندسی گداخت هسته‌ای ۱ | ۳ |
| ۲ | مهندسی گداخت هسته‌ای ۲ | ۳ |
| ۳ | توکامک ۱ | ۳ |
| ۴ | توکامک ۲ | ۳ |
| ۵ | آزمایشگاه گداخت هسته‌ای | ۱ |
| ۶ | فیزیک و مهندسی پلاسما ۲ | ۳ |
| ۷ | مهندسی گداخت پیشرفته | ۳ |
| ۸ | فیزیک و مهندسی پلاسمای پیشرفته | ۳ |
| ۹ | الکترودینامیک پلاسما | ۳ |
| ۱۰ | گداخت محصورسازی لختی | ۳ |
| ۱۱ | فناوری‌های مرتبط با تحقیقات گداخت | ۳ |
| ۱۲ | مشخصه‌یابی پلاسما | ۳ |
| ۱۳ | فناوری‌های پیشرفته توکامک‌ها | ۳ |
| ۱۴ | فیزیک پلاسمای آماری | ۳ |
| ۱۵ | مبانی طراحی راکتورهای گداخت هسته‌ای | ۳ |
| ۱۶ | سوخت و مواد گداخت هسته‌ای | ۳ |
| ۱۷ | مگنتوهیدرودینامیک | ۳ |
| ۱۸ | دستگاه‌های تحقیقاتی پلاسما | ۳ |
| ۱۹ | کاربردهای صنعتی پلاسما | ۲ |
| ۲۰ | لیزر و کاربردهای آن در گداخت هسته‌ای | ۲ |
| ۲۱ | شبیه‌سازی فرایندهای گداخت هسته‌ای | ۳ |
| ۲۲ | ریاضیات مهندسی پیشرفته | ۳ |
| ۲۳ | مباحث ویژه در گداخت هسته‌ای | ۳ |
| ۲۴ | سمینار ۱ | ۱ |
| ۲۵ | سمینار ۲* | ۲ |

* مخصوص دانشجویان آموزش محور

جدول۸: درس‌های تحصیلات تکمیلی مهندسی هسته‌ای، گرایش کاربردپرتوها

| ردیف | نام درس | تعداد واحد |
|---|---|---|
| ۱ | آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۲ | ۳ |
| ۲ | دستگاه‌های مولد پرتو | ۳ |
| ۳ | کاربردهای صنعتی رادیوایزوتوپ‌ها ۱ | ۳ |
| ۴ | آزمایشگاه آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای | ۱ |
| ۵ | الکترونیک هسته‌ای | ۳ |
| ۶ | حفاظ سازی | ۳ |
| ۷ | فناوری خلاء | ۳ |
| ۸ | روش‌های آنالیز هسته‌ای | ۳ |
| ۹ | محاسبات ترابرد پرتو | ۳ |
| ۱۰ | شتاب دهنده‌ها و کاربرد آن‌ها | ۳ |
| ۱۱ | کشاورزی هسته‌ای | ۳ |
| ۱۲ | طراحی هدف‌های هسته‌ای | ۲ |
| ۱۳ | چشمه‌های یونی | ۳ |
| ۱۴ | مدیریت بحران هسته‌ای | ۲ |
| ۱۵ | کاربردهای صنعتی رادیوایزوتوپ‌ها ۲ | ۳ |
| ۱۶ | شبیه‌سازی در مهندسی هسته‌ای | ۳ |
| ۱۷ | طیف‌نگاری هسته‌ای | ۳ |
| ۱۸ | دزیمتری | ۳ |
| ۱۹ | آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای پیشرفته | ۳ |
| ۲۰ | دستگاه‌های مولد پرتو پیشرفته | ۳ |
| ۲۱ | روش‌های آنالیز هسته‌ای پیشرفته | ۳ |
| ۲۲ | مباحث ویژه در کاربردپرتوها | ۳ |
| ۲۳ | سمینار ۱ | ۱ |
| ۲۴ | سمینار ۲* | ۲ |

* مخصوص دانشجویان آموزش محور

جدول۹: درس‌های تحصیلات تکمیلی مهندسی هسته‌ای، گرایش پرتوپزشکی

| ردیف | نام درس | تعداد واحد |
|---|---|---|
| ۱ | سیستم‌های تصویرگر پزشکی | ۳ |
| ۲ | بازسازی تصاویر پزشکی | ۳ |
| ۳ | فیزیک پرتو درمانی | ۳ |
| ۴ | آزمایشگاه آشکارسازی و دزیمتری | ۱ |
| ۵ | دزیمتری در پرتوپزشکی | ۳ |
| ۶ | رادیوبیولوژی | ۳ |
| ۷ | حفاظ سازی در پرتوپزشکی | ۳ |
| ۸ | شتاب‌دهنده‌ها و کاربرد آنها در پزشکی | ۳ |
| ۹ | پردازش تصویر | ۳ |
| ۱۰ | پردازش موازی | ۳ |
| ۱۱ | شبیه‌سازی و کاربرد آن در پرتوپزشکی | ۳ |
| ۱۲ | پردازش سیگنالهای دیجیتال | ۳ |
| ۱۳ | رادیوایزوتوپ‌ها و کاربرد آنها در پزشکی | ۳ |
| ۱۴ | سیستم‌های تصویرگر پزشکی پیشرفته | ۳ |
| ۱۵ | پردازش تصاویر پزشکی پیشرفته | ۳ |
| ۱۶ | پرتودرمانی پیشرفته | ۳ |
| ۱۷ | آشکارسازی و دزیمتری پیشرفته | ۳ |
| ۱۸ | مباحث ویژه در پرتوپزشکی | ۳ |
| ۱۹ | سمینار ۱ | ۱ |
| ۲۰ | سمینار ۲* | ۲ |

* مخصوص دانشجویان آموزش محور

# سرفصل درس‌ها

**فیزیک بهداشت**
**Health Physics**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**فیزیک بهداشت**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Health Physics** | تعداد واحد: **۳**<br><br>تعداد ساعت: **۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓اصلی-مشترک | ✓ نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

معرفی کمیت‌های مورد استفاده در دزسنجی تابش‌های یونندە و تجهیزات دزیمتری، فراگیری اصول فیزیک بهداشت پرتوهای یونندە، محاسبه دز داخلی و خارجی و طراحی حفاظ.

**رئوس مطالب:**

۱- پرتوزایی و منابع آن: مواد پرتوزای طبیعی و مصنوعی، دستگاه‌های مولد پرتو اعم از انواع راکتورها، شتابدهنده‌ها و دستگاههای پرتوپزشکی

۲- برهم‌کنش پرتوهای یونندە اعم از فوتون، نوترون و ذرات باردار با ماده

۳- دز سنجی و معرفی کمیتهای آن: مفاهیم دزیمتری، اصل براگ-گری، گسیل ویژه پرتو گاما، رسوب ایزوتوپ های پرتوزا داخل بدن، نیمه عمر بیولوژیک و نیمه عمر موثر، جذب جزئی انرژی پرتو گاما در اندام ها و بافت ها، روش MIRD

۴- اثرات زیست شناختی پرتوهای یونندە: مشخصه‌های پاسخ دز، اثرات حاد، اثرات تاخیری، اثرات ژنتیکی، تاثیر نسبی زیست شناختی RBE و ضریب کیفیت QF، دز معادل

۵- قوانین و راهنمای حفاظت در برابر تابش‌های یونندە: معیارهای اصلی ایمنی تابش، دز معادل موثر، پرتوگیری افراد جامعه، پرتوگیری جماعات

۶- تجهیزات دزیمتری و اصول عملکردی آن‌ها

۷- حفاظت در برابر تابش خارجی: اصول پایه، فنون حفاظت، حفاظ‌گذاری در برابر پرتوهای گاما، نوترون و بتا

۸- حفاظت در برابر تابش داخلی: خطرات تابش داخلی، اصل کنترل، محاسبات دز داخلی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. H. Cember, T. Johnson, “Introduction to Health physics”, MC Graw Hill, 2008.
2. J. Shapiro, “Radiation Protection: A Guide for Scientists, Regulators and Physicians”, Harvard University Press, 2002.
3. J. E. Turner, “Atoms, Radiation, and Radiation Protection”, Wiley-VCH, 2007.
4. F. H. Attix, “Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry”, Wiley-VCH, 2007.
5. E. J. Hall, “Radiobiology for the Radiologist”, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.

**فیزیک راکتور ۱**
**Reactor Physics I**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**فیزیک راکتور۱**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Reactor Physics I** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓اصلی-مشترک | ✓ نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری مفاهیم اساسی فیزیک نوترون راکتور از قبیل سطح مقطع‌ها، شکافت هسته‌ای، ضریب تکثیر، قانون فیک، نظریه پخش، نظریه فرمی، کندشوندگی

**رئوس مطالب:**

۱- مقدمه‌ای بر فیزیک هسته‌ای، انرژی همبستگی، پرتوزایی

۲- برخورد نوترون با ماده، سطح مقطع‌ها، مختصات LAB و COM، اثر داپلر

۳- واکنش‌های زنجیره‌ای، شکافت هسته‌ای، Burnup، نوترون‌های آنی و تاخیری، کلیاتی در مورد راکتورهای هسته‌ای، ضریب تکثیر، بحرانیت راکتور

۴- ضریب تکثیر، وضعیت بحرانی راکتور، کلیاتی درباره نیروگاه‌های هسته‌ای، طرح راکتور هسته‌ای.

۵- نظریه پخش: نرخ اندرکنش، شار نوترون، دانسیته جریان نوترون، معادله پیوستگی، قانون Fick، تفسیر فیزیکی قانون Fick، معادله پخش، شرایط مرزی معادله پخش در حالت پایا، حل معادله پخش، ملاحظات کلی معادله پخش، طول پخش.

۶- کند شوندگی نوترون بدون در نظر گرفتن جذب: SLD، خستگی، تئوری فرمی، حل معادله فرمی.

۷- کند شوندگی نوترون در محیط های جاذب.

۸- نظریه فرمی در راکتورهای لخت حرارتی، Buckling جرمی و هندسی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. J. R. Lamarsh, “Introduction to Nuclear Reactor Theory”, American Nuclear Society, 2002.
2. J. J. Duderstadt, L. J. Hamilton, “Nuclear Reactor Analysis”, John Wiley, 1976.
3. W. M. Stacey, “Nuclear Reactor Physics”, Wiley-VCH, 2007.
4. E. E. Lewis, “Fundamentals of Nuclear Reactor Physics”, Burlington, MA: Academic Press, 2008.
5. G. I. Bell, “Nuclear Reactor Theory”, Krieger Pub. Co., 1979.
6. J. R. Lamarsh, A. J. Baratta, “Introduction to Nuclear Engineering”, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2001.

## فیزیک و مهندسی پلاسما ۱
## Plasma Physics and Engineering I

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**فیزیک و مهندسی پلاسما ۱**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Plasma Physics and Engineering I** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری<br>عملی | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | پایه | نظری<br>عملی | |
| | | | ✓اصلی-مشترک | نظری ✓<br>عملی | |
| | | | تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | نظری<br>عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول فیزیکی محیط‌های پلاسما، الکترودینامیک ذرات باردار در محیط‌های پلاسمایی و رفتار پلاسما.

**رئوس مطالب:**

۱- مبانی فیزیک پلاسما، خواص بنیادی و رفتار محیط‌های پلاسما
۲- الکترودینامیک ذرات باردار در میدان‌های الکترومغناطیسی
۳- برخوردهای کولنی در محیط‌های پلاسما
۴- توصیف سیالی پلاسما شامل مدل دوسیالی و مدل مگنتوئیدرودینامیک
۵- پخش و ناپایداری‌ها در پلاسما
۶- امواج در پلاسما، نظریه جنبشی
۷- معادلات شاره‌ها
۸- سامانه‌های محصورسازی مغناطیسی و لختی، اصول و کاربردهای مگنتوئیدرودینامیک (MHD)

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. F. F. Chen, “Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion”, Springer, 2010.
2. A. Fridman, L. A. Kennedy, “Plasma Physics and Engineering”, CRC Press; 2nd edition, 2011.

3. U. S. Inan, M. Gołkowski, “Principles of Plasma Physics for Engineers and Scientists”, Cambridge University Press, 2011.
4. J. L. Shohet, “Plasma State”, Academic Press Inc., 1971.
5. R. J. Goldston, P. H. Rutherford, “Introduction to Plasma Physics”, Taylor & Francis, 1995.
6. N. A. Krall, A. W. Trivelpiece, “Principles of Plasma Physics”, San Francisco Pr., 1986

**آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۱**
**Nuclear Radiation Detection I**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۱**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Radiation Detection I** | تعداد واحد: **۳**<br><br>تعداد ساعت: **۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓اصلی- مشترک | نظری ✓ | |
| | | | | عملی | |
| | | | تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**
فراگیری اصول آشکارسازی و طرز کار انواع آشکارسازهای تابش‌های هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**
۱- مروری بر چشمه های پرتوزا و اندرکنش‌های پرتوها با ماده
۲- آمار شمارش و برآورد خطا در شمارش
۳- خواص عمومی آشکارسازهای پرتو: معرفی طیف‌های انتگرالی و دیفرانسیلی؛ معرفی حد تفکیک انرژی، راندمان آشکارسازی و زمان مرده آشکارسازها
۴- آشکارسازهای گازی: معرفی ساختار، مشخصات و طرز کار انواع آشکارسازهای گازی شامل اتاقک‌های یونش، شمارنده‌های تناسبی و شمارنده‌های گایگرمولر
۵- آشکارسازهای سوسوزن: معرفی انواع آنها شامل سوسوزن‌های معدنی و آلی، معرفی و طرز کار تیوب‌های تکثیرکننده فوتونی
۶- طیف سنجی گاما با آشکارسازهای سوسوزن

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. C. F. Knoll, “Radiation Detection and Measurement”, John Wiley & Sons, 4th Edition, 2010.
2. N. Tsoulfanidis, “Measurement and Detection of Radiation”, Taylor & Francis, 2nd Edition, 1995.

**فیزیک راکتور ۲**
**Reactor Physics II**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی: **فیزیک راکتور۲** | تعداد واحد: **۳** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز: **فیزیک راکتور۱** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| عنوان درس به انگلیسی: **Reactor Physics II** | تعداد ساعت: **۴۸** | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی: ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری مفاهیم تکمیلی فیزیک راکتورهای هسته‌ای، ضریب تکثیر در محیط محدود، کمانش (Buckling) شار، نظریه چند گروهی و Multiregion، ثوابت گروه‌های حرارتی و سریع، راکتورهای ناهمگن، محاسبات سلولی، نظریه ترابرد و اغتشاش.

**رئوس مطالب:**

۱- راکتورهای همگن لخت حرارتی: ضریب تکثیر، معادله راکتور، کمانش (Buckling) شار (در هندسه‌های مختلف)، اندازه بهینه راکتور، معادله بحرانی، راکتورهای بزرگ، کاربرد معادله بحرانی در تعیین اندازه و یا جرم راکتور، طراحی اولیه قلب راکتور

۲- گروه بندی انرژی نوترون‌ها در معادله پخش، معادلات دوگروهی و حل آنها، معادلات چندگروهی

۳- محاسبات طیف سریع و ثابت‌های گروه سریع: کند شدن نوترون در محیط بی‌نهایت، جذب رزنانس، کند شدن نوترون در محیط های محدود، محاسبات طیف سریع و ثابت‌های گروه سریع

۴- محاسبات طیف حرارتی و ثابت‌های گروه حرارتی: کلیاتی درباره طیف نوترون حرارتی، روش‌های تقریبی حرارتی شدن نوترون، محاسبات طیف حرارتی

۵- Multiregion Reactors، اثر بازتابنده

۶- راکتورهای ناهمگن، محاسبه ثوابت در راکتورهای ناهمگن، محاسبات سلولی

۷- راکتیویته، سینتیک راکتور

۸- نظریه ترابرد: معادله ترابرد، روش‌های حل معادله ترابرد، معادله ترابرد چند گروهی، ساده‌سازی‌های معادله ترابرد

۹- نظریه اغتشاش

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. J. R. Lamarsh, “Introduction to Nuclear Reactor Theory”, American Nuclear Society, 2002.
2. J. J. Duderstadt, L. J. Hamilton, “Nuclear Reactor Analysis”, John Wiley, 1976.
3. W. M. Stacey, “Nuclear Reactor Physics”, Wiley-VCH, 2007.
4. E. E. Lewis, “Fundamentals of Nuclear Reactor Physics”, Burlington, MA: Academic Press, 2008.
5. G. I. Bell, “Nuclear Reactor Theory”, Krieger Pub. Co., 1979.
6. J. R. Lamarsh, A. J. Baratta, “Introduction to Nuclear Engineering”, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 2001.

**انتقال حرارت هسته‌ای**
**Nuclear Heat Transport**

<table>
<tr><td rowspan="10">عنوان درس به فارسی:<br>انتقال حرارت هسته‌ای<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>Nuclear Heat Transport</td><td rowspan="10">تعداد واحد:<br>۳<br><br>تعداد ساعت:<br>۴۸</td><td rowspan="10">نوع واحد</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="10">درس پیش نیاز:<br>ندارد</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">پایه</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اصلی-مشترک</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری )</td><td>✓نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="5">آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار</td></tr>
</table>

**هدف درس:**

فراگیری چگونگی تولید گرما در قلب راکتورهای هسته‌ای و نحوه انتقال حرارت در آن، معرفی انواع خنک‌کننده‌ها و چگونگی برداشت گرما از قلب توسط آنها، طراحی اولیه ترموهیدرولیکی قلب راکتور.

**رئوس مطالب:**

۱- مقدمه ای بر تولید حرارت در راکتور: انرژی شکافت در راکتورها، سوخت شکافت پذیر در راکتورها، تولید انرژی توسط یک میله سوخت، تولید حرارت در راکتورهای با قلب همگن و ناهمگن، تولید حرارت در زمان خاموشی راکتور

۲- هدایت حرارتی در میله سوخت پایا: معادلات هدایت حرارت در سوخت‌های از نوع صفحه‌ای، استوانه‌ای، استوانه توخالی و کروی، انتقال حرارت در یک تیغه تحت تابش (برای حفاظ‌های حرارتی)، روش‌های بهبود انتقال حرارت بین سطوح و گازها، 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 تفاضل محدود، حل عددی هدایت دو بعدی گذرا، حل ترکیبی برای شکل‌های صفحه‌ای، استوانه‌ای و بدون لایه مرزی، حل تحلیلی دقیق

۴- مقدمه‌ای بر انتقال حرارت جابجایی، لایه مرزی، جابجایی آزاد و اجباری

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

۶- خنک کننده های فلزی مایع: کلیاتی درباره انتقال حرارت فلزات مایع (در لوله های دایروی و مجاری غیر دایروی)، توزیع شعاعی و محوری درجه حرارت

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

۸- طراحی قلب راکتور: توزیع درجه حرارت برای میله‌های سوخت، گلوگاه بحرانی خنک کننده، عوامل گرمایش نقطه‌ای، مثالی در رابطه با تعیین فاکتور گرمایش نقطه‌ای، فاکتور گرمایش نقطه‌ای به طور کلی، طرح قلب راکتور

۹- قلب جوشان: موازنه انرژی و جرم برای راکتورهای جوشان، ایجاد فشار در مجاری جوش، جرم مخصوص میانگین در مجاری جوش، اثر Chimney، قلب جوش برای کانال‌های چندتایی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. M. M. El-Wakil, “Nuclear Heat Transport”, American Nuclear Society, 1981.
2. N. E. Todreas, M. Kazimi, “Nuclear Systems Volume I: Thermal Hydraulic Fundamentals”, Taylor & Francis, 2011.
3. F. P. Incropera, “Fundamentals of Heat and Mass Transfer’’, John Wiley & Sons, 2006.
4. L. S. Tong, Y. S. Tang, “Boiling Heat Transfer And Two-Phase Flow”, CRC Press, 1997.

**آزمایشگاه فیزیک راکتور**
**Reactor Physics Laboratory**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**آزمایشگاه فیزیک راکتور**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Reactor Physics Laboratory** | تعداد واحد:<br>**۱**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۳۲** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**فیزیک راکتور ۱** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | نظری | |
| | | | | ✓عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری نحوه عملکرد یک راکتور هسته‌ای آزمایشگاهی و اندازه‌گیری فاکتورهای مربوط.

**رئوس مطالب:**

۱- تعیین جرم بحرانی
۲- مدرج کردن میله های کنترل با روش‌های زمان دو برابر شدن و سقوط آزاد (Rod Calibration)
۳- تعیین توزیع شار نوترون های سریع و حرارتی در قلب راکتور (Flux Distribution)
۴- تعیین قدرت راکتور (Reactor Power Calibration)
۵- اندازه‌گیری ضریب خلاء
۶- اندازه‌گیری تولید و سوختن زینان
۷- اندازه‌گیری دز گاما و نوترون در قلب راکتور
۸- تعیین قدرت راکتور با روش اندازه گیری شار نوترون
۹- اندازه‌گیری طول پخش نوترون‌های حرارتی در آب
۱۰- اندازه گیری مقدار $\beta/l$

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **ندارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** دارد (راکتورهای سازمان انرژی اتمی اصفهان یا تهران)

**منابع اصلی:**


1. W. J. Strum, “Reactor Laboratory Experiments”, ANL-6410, 1961.
۲. مرتضی قریب، محمد ارکانی، "آزمایشات راکتورهای هسته‌ای"، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، ۱۳۸۷.

**فناوری نیروگاه‌های هسته‌ای**
**Nuclear Power Plant Technology**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی: **فناوری نیروگاه‌های هسته‌ای**<br>عنوان درس به انگلیسی: **Nuclear Power Plant Technology** | تعداد واحد: **۳**<br>تعداد ساعت: **۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز: **ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی: ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری چگونگی تولید انرژی هسته‌ای در نیروگاه‌های هسته‌ای، نحوه عملکرد انواع نیروگاه‌های هسته‌ای متداول، معرفی نسل‌های جدید راکتورهای هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- جنبه‌های ترمودینامیکی نیروگاه هسته‌ای: مقدمه، چرخه کار، چرخه های واقعی و مفهوم ترکیب پذیری، چرخه رانکین، کارایی و قدرت خروجی یک نیروگاه هسته‌ای مبنی بر چرخه برگشت پذیری باز تولید، افزایش گرما با یک چشمه گرمایی دما متغیر، چرخه‌های فوق گرما و باز گرما، انتخاب سیال‌کاری، چرخه‌های بخار چند سیاله

۲- نیروگاه هسته‌ای آب جوشان: ضریب حفره در راکتورهای آبی، حالت راکتورهای آب معمولی با سوخت غنی‌شده زیاد و غنی‌شده کم، ضرایب فشار در راکتورهای جوشان، رادیو اکتیویته سامانه بخار، نیروگاه با چرخه مستقیم، نیروگاه با چرخه دوگانه، مقایسه نیروگاه با چرخه مستقیم و چرخه دو گانه، کنترل نیروگاه با جریان بازگشتی، شرح کامل یک نیروگاه هسته‌ای آب جوشان، 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

۴- نیروگاه هسته‌ای آب سنگین: مشخصات هسته‌ای آب سنگین، استفاده اورانیوم طبیعی به عنوان سوخت، توضیح و مشخصات نیروگاه هسته‌ای آب سنگین، نیروگاه آب سنگین تحت فشار، نیروگاه آب سنگین نوع لوله تحت فشار

۵- نیروگاه هسته‌ای با خنک کننده گازی

۶- 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 داپلر در راکتورهای

سریع، خنک کننده‌های راکتورهای سریع، فلزات مایع، تورم مواد در راکتورهای سریع، تشریح یک نیروگاه هسته‌ای سریع زاینده

۷- نیروگاه‌های هسته‌ای نسل چهارم

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** دارد (نیروگاه هسته‌ای بوشهر؛ یا راکتورهای هسته‌ای آزمایشگاهی سازمان انرژی اتمی در اصفهان یا تهران؛ یا مرکز ساخت میله‌های سوخت اصفهان)

**منابع اصلی:**


1. M. M. El-Wakil, “Nuclear Energy Conversion”, American Nuclear Society, 1982.
2. R. A. Knief, “Nuclear Engineering: Theory and Technology of Commercial Nuclear Power, “American Nuclear Society; 2nd Edition, 2008.
3. J. A. Angelo Jr, “Nuclear Technology”, Greenwood, 2004.
4. N. E. Todreas, “Nuclear Systems Volume 2: Elements of Thermal Design”, Taylor & Francis, 1990.
5. G. Kessler, “Sustainable and Safe Nuclear Fission Energy: Technology and Safety of Fast and Thermal Nuclear Reactors (Power Systems)”, Springer, 2012.
6. Y. Oka, S. Koshizuka, Y. Ishiwatari, A. Yamaji, “Super Light Water Reactors and Super Fast Reactors: Supercritical-Pressure Light Water Cooled Reactors”, Springer, 2010.

**محاسبات عددی پیشرفته**
**Advanced Numerical Methods**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**محاسبات عددی پیشرفته**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Advanced Numerical Methods** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓ نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری روش‌ها و اصول حل عددی معادلات کاربردی در مهندسی هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- مقدمه‌ای بر جبر خطی، مقادیر و بردارهای ویژه

۲- مبانی تحلیل عددی: روش‌های عددی، تحلیلی، درونیابی، انتگرال‌گیری و کاربرد آنها در حل مسائل مقدار اولیه و معادلات دیفرانسیل، روش‌های حل معادلات خطی، تبدیل متشابه و فرم مخروطی جردن

۳- حل عددی مسائل مقدار ویژه: Power Method، Deflation Power Method

۴- انتگرال‌گیری با استفاده از روش‌های عددی پیشرفته گوسی
Guess-Laugre, Guess- Guess-Hermit, Guess-Legender, Guess-Chebyshev

۵- روش‌های عددی برای حل معادلات دیفرانسیل معمولی و آنالیز خطای آن‌ها: روش اویلر، روش تیلور، روش رانگ کوتا، روش‌های چند گامی، روش‌های پیشبینی و تصحیح، آنالیز پایداری و خطاهای عددی

۶- روش‌های Moment، حداقل مربعات، Collocation، Penalty، Galerkin و Ritz

۷- روش‌های محاسباتی تکراری در حل معادلات دیفرانسیل جزئی: روش‌های ضمنی، همگرایی، جاکوبی، چند جمله‌ای چبیشف، روش نیمه تکراری چبیشف، کاربرد در معادلات پخش نوترون در دو بعد

۸- روش‌های تفاضل محدود: تقریب مشتق‌ها، روش صریح، روش ضمنی، روش کرانک-نیکلسون، حل در مختصات استوانه‌ای و قطبی، روش ADI، روش SOR، روش برخط

۹- روش‌های پسماند متعادل شده و اصول تغییری (Variation): معادلات اویلر-لاگرانژ، روش‌های مستقیم، اصل تغییری و استفاده از روش چند جمله‌ای

۱۰- راه‌حل‌های رایانه‌ای مسائل یک بعدی شامل تعیین مقادیر مشخصه یا مرزی از روش‌های تفاضل محدود، توان، ویلاندت

۱۱- روش‌های اجزاء محدود

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. E. E. Lewis, W. F. Miller, “Computational Methods of Neutron Transport”, American Nuclear Society, 1993.
2. S. Nakamura, “Computational Methods in Engineering and Science with Applications to Fluid Dynamics and Nuclear System”, John Wiley & Sons Inc., 1977.
3. M. Clark, “Numerical Methods of Reactor Analysis”, Academic Press, 1964.
4. C. F. Gerald, P. O. Wheatley, “Applied Numerical Calculation”, Addison- Welsley, 1999.
5. R. T. Ackroyd, “Finite Element Methods for Particle Transport”, Research Studies Pre., 1997
6. J. S. Dehesa, J. M. G. Gomez, “Mathematical and Computational Methods in Nuclear Physics”, Springer-Verlag, 1984.
7. J. Escher, “Computational and Group-Theoretical Methods in Nuclear Physics”, World Scientific Pub. Co. Inc., 2004.
8. S. Theodore, M. George, “Computation in Modern Science and Engineering”, American Institute of Physics, 2012.
9. J. H. Ferziger, "Numerical Methods for Engineering Application", John Wiley, 1998.

**جریان‌های دوفازی**
**Two Phase Flows**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**جریان‌های دوفازی**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Two Phase Flows** | تعداد واحد: **۳**<br><br>تعداد ساعت: **۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓ نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

بررسی و تحلیل جریان‌های دو فازی سیال داخل راکتور یا مدار ثانویه در مولدهای بخار هسته‌ای و نحوه انتقال حرارت.

**رئوس مطالب:**

۱- مقدمه‌ای بر جریان‌های دوفازی: اشکال مختلف جریان، طبقه بندی اشکال جریان و دسته‌بندی پارامترهای جریان دوفازی، جریان‌های واسطه

۲- معادلات موازنه جرم و انرژی و اندازه حرکت

۳- جریان‌های حبابی و لخته‌ای (Slug & Bubble): مدل دوبعدی یک سرعتی (مدل Bankoff)، مدل یک بعدی دوسرعتی (مدل Wallis)، مدل عمومی

۴- جریان‌های 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 دوفازی

۶- سوختگی (Burn Out): تعریف، سازوکار سوختگی، اثرات پارامترهای مختلف در سوختگی، پیش بینی سوختگی در جریان حلقه‌ای

۷- روابط اساسی جریان‌های دوفازی: مدل‌های لغزش‌دار، مدل‌های غیر تعادلی، مدل پخش (Diffusion)، مدل‌های دو سیالی، مدل دوبعدی دوسرعتی (مدل Zuber & Findlay)

۸- جریان‌های دوفازی بحرانی و نوسانی

۹- مسایل دوفازی در نیروگاه‌های هسته‌ای، کسر حفره (Void Fraction) و افت فشار در حالت پایا در راکتورهای آبی

۱۰- تحلیل جریان پایا در مجراهای جزئی، شار حرارتی بحرانی پایا در میله‌های سوخت راکتورهای آبی

۱۱- خنک‌سازی اضطراری قلب راکتور: مدل‌های محاسباتی DNB، مدل انتقال حرارت پس از DNB، پرکردن مجدد قلب راکتور در حالت اضطراری، سرد کردن ناگهانی (Quenching)، انتقال حرارت پس از خشک شدن (Post dray out)

۱۲- تورم میله سوخت (Ballooning)، انسداد مجرای خنک کننده (Cooling Channel Blockage)

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. J. J. Ginoux, “Two Phase Flow and Heat Transfer with Application to nuclear Reactor Design Problem”, McGraw-Hill Inc.; 6th Edition, 1978.
2. A. E. Bergless, “Two Phase Flow and Heat Transfer in the Power Process Industry”, MC Graw-Hill Inc., 1981.
3. L. S. Tong, Y. S. Tang, “Boiling Heat Transfer and Two-Phase Flow”, CRC Press, 1997.
4. C. Kleinstreuer, “Two-Phase Flow: Theory and Applications”, Taylor & Francis, 2003.
5. J. G. Collier, J. R. Thome, “Convective Boiling and Condensation”, Oxford University Press, 1996.
6. M. A. Styrikovich, “Two-Phase Cooling and Corrosion in Nuclear Power Plants”, Taylor & Francis, 1987.
7. C. E. Brennen, “Fundamentals of Multiphase Flow”, Cambridge University Press, 2009.

**فیزیک راکتورهای سریع زاینده**
**Fast Breeder Reactor Physics**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**فیزیک راکتورهای سریع زاینده**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Fast Breeder Reactor Physics** | تعداد واحد: **۳**<br><br>تعداد ساعت: **۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓ نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری نحوه کار و عملکرد راکتورهای سریع زاینده.

**رئوس مطالب:**

۱- سطح مقطع‌های چند گروهی
۲- مبانی زایندگی و نقش راکتورهای زاینده سریع
۳- مقدمات طراحی راکتورهای سریع زاینده: طراحی سامانه‌های مکانیکی و حرارتی، انتخاب مواد و پارامترهای قلب
۴- طراحی هسته‌ای قلب راکتور
۵- سینتیک و اثرات راکتیویته در راکتورهای سریع زاینده
۶- مدیریت سوخت راکتورهای زاینده سریع
۷- طراحی میله و مجموعه سوخت، طراحی ترموهیدرولیکی قلب
۸- سامانه‌های راکتور: سامانه‌های انتقال حرارت، سامانه‌های کنترل و ابزار دقیق

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. B. Walter, “Fast Breeder Reactor”, Pergamon Press, 1981.
2. N. Singh, “Basic Concepts Behind Fast Breeder Reactor Core Design”, Lap Lambert Academic Publishing, 2012.
3. P. Hirsch, T. N. Marsham, R. S. Pease, B. L. Eyre, “The Fast Neutron Breeder Fission Reactor”, Scholium Intl., 1991.
4. L. J. Koch, “Experimental Breeder Reactor-II (EBR-II): An Integrated Experimental Fast Reactor Nuclear Power Station”, American Nuclear Society, 2008.
5. G. Kessler, “Sustainable and Safe Nuclear Fission Energy: Technology and Safety of Fast and Thermal Nuclear Reactors (Power Systems)”, Springer, 2012.
6. Y. Oka, S. Koshizuka, Y. Ishiwatari, A. Yamaji, “Super Light Water Reactors and Super Fast Reactors: Supercritical-Pressure Light Water Cooled Reactors”, Springer, 2010.

**ایمنی راکتورهای هسته‌ای**
**Nuclear Reactor Safety**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**ایمنی راکتورهای هسته‌ای**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Reactor Safety** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓ نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری مفاهیم خطر و قابلیت اطمینان و بررسی آنها، انواع حوادث و ارزیابی آنها، سامانه‌های ایمنی نیروگاه‌های هسته‌ای، بررسی انواع حوادث محتمل نیروگاه‌های هسته‌ای و تحلیل آثار آن‌ها، بررسی اثرات زیست محیطی حوادث هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- مقدمه ای بر احتمالات
۲- قابلیت اطمینان سامانه: از کارافتادگی سامانه‌ها، قابلیت اطمینان سامانه‌های ساده و قابل تعمیر، تست سامانه‌ها، سامانه‌های $l/n$ و ویژگی‌ها
۳- روش‌های محاسبه خطای سامانه: درخت عیب و درخت حادثه
۴- بررسی خطر در راکتورها: مفهوم و تعریف خطر، بررسی خطر در راکتورهای آبی، بررسی خطر در حمل مواد رادیواکتیو، مقایسه مخاطرات ناشی از حوادث مختلف با خطر راکتورها، تحلیل خطر در مقابل سود (Risk Benefit Analysis)
۵- کنترل کیفی و کنترل کمی: مفهوم و اهمیت آن در راکتورها، نحوه انجام و مراحل آن
۶- تغییرات راکتیویته و نتایج آن: بررسی حالت گذرای راکتور در اثر تغییرات راکتیویته
۷- حوادث محتمل در نیروگاه‌های هسته‌ای: انواع دسته‌بندی و ویژگی‌ها، ارزیابی حوادث اتفاق افتاده در صنایع هسته‌ای
۸- بررسی و ارزیابی سامانه‌های طراحی شده در راکتورهای نسل جدید به‌منظور کنترل حوادث
۹- بررسی و ارزیابی حوادث مهم نیروگاه‌های هسته‌ای از قبیل LOFA، LOCA، Black Out
۱۰- مسائل تکمیلی در مورد نسل جدید راکتورها و ایمنی آن

۱۱- ارزیابی موجودی محصولات شکافت در قلب راکتور و نحوه انشار آن در محفظه راکتور و Containment، بررسی پخش مواد رادیواکتیو در محیط اطراف نیروگاه

۱۲- دسته بندی محصولات شکافت و بررسی پی‌آمدهای زیست‌محیطی آن‌ها

۱۳- کمیته‌ها و مجامع نظارتی صنعت هسته‌ای، قوانین وضع شده در مورد ایمنی راکتورهای هسته‌ای

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. E. E. Lewis, “Nuclear Power Reactor Safety”, John Wiley, 1978.
2. J. C. Lee, N. J. McCormick, “Risk and Safety Analysis of Nuclear Systems”, John Wiley, 2011.
3. G. A. Greene, J. P. Hartnett, T. F. Irvine, Y. I. Cho, “Nuclear Reactor Safety”, Academic Press , 1997.
4. G. Petrangeli, “Nuclear Safety”, Butterworth-Heinemann publications, 2006.
5. N. J. McCormick, “Reliability and Risk Analysis”, Academic Press, 1981.
6. M. Modarres, M. Kaminskiy, V. Krivtsov, “Reliability Engineering and Risk Analysis”, CRC Press, 2009.

**چرخه سوخت**
**Fuel Cycle**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**چرخه سوخت**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Fuel Cycle** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓ نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری فرایندهای تولید و بهره‌برداری از سوخت راکتورهای هسته‌ای، بازفراوری و جداسازی ایزوتوپ‌های سوخت، پسمانداری سوخت هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- مقدمه: دیاگرام فرایند سوخت، نحوه کار چرخه سوخت، بازفرآوری (Reprocessing)، جداسازی ایزوتوپ

۲- چرخه‌های سوخت برای راکتورهای هسته‌ای: سوخت‌های هسته‌ای، مدیریت سوخت و سموم، مدیریت سوخت در راکتورهای تحت فشار و استفاده از کدهای محاسباتی Burn-Up

۳- میله‌ها و بسته‌های سوخت راکتورهای هسته‌ای: مشخصات و ویژگی‌ها، نحوه ساخت، تحلیل تنش‌های وارد شده به آنها در طول کار راکتور

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

۵- اورانیوم: ایزوتوپ‌های اورانیوم، سری‌های واپاشی اورانیوم، اورانیوم فلزی، ترکیبات اورانیوم، شیمی محلول اورانیوم، منابع و اصول استخراج اورانیوم، تغلیظ اورانیوم، تصفیه اورانیوم، غنی سازی اورانیوم، تولید فلز اورانیوم، تولید قرص سوخت اورانیوم

۶- پلوتونیوم: ایزوتوپ‌های پلوتونیوم، ترکیبات پلوتونیوم، تولید فلز پلوتونیوم

۷- خواص سوخت تابش داده شده و مواد موجود در راکتور: پرتوزایی محصولات شکافت، اثر چرخه‌های سوخت متناوب بر روی خواص سوخت تابش داده شده، پرتوزایی ناشی از فعال‌سازی نوترونی

۸- باز فرآوری سوخت: ترکیب سوخت پرتو داده شده، روش‌های مختلف بازفرآوری، فرایند PUREX، محاسبات بحرانی شدن در کارخانه‌های بازفراوری

۹- ایزوتوپ‌های پایدار، روش‌ها و اصول جداسازی، جداسازی اورانیوم، جداسازی ایزوتوپ‌های هیدروژن

۱۰- مسائل و پسماندهای هسته‌ای

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** دارد (مرکز فرآوری سوخت هسته‌ای اصفهان)

**منابع اصلی:**


1. M. Benedict, T. Pigford, “Nuclear Chemical Engineering”, MC Graw Hill, 1981.
2. R. G. Cochran, N. Tsoulfanidis, W. F. Miller, “Nuclear Fuel Cycle”, American Nuclear Society, 1993.
3. G. J. Lumetta, K. L. Nash, S. B. Clark, J. I. Friese, “Separations for the Nuclear Fuel Cycle in the 21st Century”, American Chemical Society, 2006.
4. P. D. Wilson, “The Nuclear Fuel Cycle: From Ore to Waste”, Oxford University Press, 1996.
5. Core Management and Fuel Handling for Research Reactors: Safety Guide (Safety Standards), International Atomic Energy Agency, 2008.
6. M. R. Greenberg, B. M. West, K. W. Lowrie, H. J. Mayer, “The Reporter's Handbook on Nuclear Materials, Energy, and Waste Management”, Vanderbilt University Press, 2009.

**مدیریت سوخت**
**Fuel Management**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**مدیریت سوخت**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Fuel Management** | تعداد واحد: **۳**<br><br>تعداد ساعت: **۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓ نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

بررسی فرسایش سوخت، چیدمان سوخت داخل قلب راکتور و مدیریت بهینه سوخت در راکتورهای هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- معرفی سطوح مختلف مدیریت سوخت: مدیریت سوخت در داخل قلب، مدیریت سوخت در خارج قلب

۲- بررسی بهره و فرسایش سوخت: معرفی بهره سوخت و واحدهای آن، بررسی تغییرات راکتیویته سوخت بر حسب بهره در راکتور های مختلف

۳- مدل راکتیویته خطی راکتورهای آب سبک: بررسی تغییرات طول چرخه و بهره سوخت در حالت چند دسته‌ای (Multi-Batch) نسبت به حالت تک دسته‌ای (Single-Batch)

۴- کدهای محاسباتی تحلیل قلب: ساختار کدهای مربوطه و بررسی روش‌های محاسباتی هر یک

۵- مدل‌سازی سوخت گذاری داخل قلب راکتور

۶- نحوه چیدمان بهینه سوخت آب سبک

۷- زمان بهینه سوخت گذاری آب سبک

۸- بهینه سازی طراحی قلب راکتور آب سبک

۹- مدیریت سوخت در راکتورهای هسته‌ای آب سنگین

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** دارد (مرکز هسته‌ای اصفهان)

**منابع اصلی:**


1. P. Silvennoinen, “Reactor Core Fuel Management”, Pergamon Press, 1976.
2. M. J. Driscoll, T. J. Downar, E. E. Pilat, “The Linear Reactivity Model for Nuclear Fuel Management”, La Grange Park, IL: American Nuclear Society, 1991.
3. Core Management and Fuel Handling for Research Reactors: Safety Guide (Safety Standards), International Atomic Energy Agency, 2008.
4. M. R. Greenberg, B. M. West, K. W. Lowrie, H. J. Mayer, “The Reporter's Handbook on Nuclear Materials, Energy, and Waste Management”, Vanderbilt University Press, 2009.
5. M. B. Nikitin, A. Andrews, M. Holt, “Managing the Nuclear Fuel Cycle: Policy Implications of Expanding Global Access to Nuclear Power”, BiblioGov, 2010.

**کاربرد روش مونت کارلو در محاسبات هسته‌ای**

**Application of the Monte Carlo Method in Nuclear Calculations**

<table>
<tr><td rowspan="10">عنوان درس به فارسی:<br>کاربرد روش مونت کارلو در محاسبات هسته‌ای<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>Application of the Monte Carlo Method in Nuclear Calculations</td><td rowspan="10">تعداد واحد:<br>۳<br><br>تعداد ساعت:<br>۴۸</td><td rowspan="10">نوع واحد</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="10">درس پیش نیاز:<br>ندارد</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">پایه</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اصلی-مشترک</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">✓تحصیلات تکمیلی<br>(اختیاری )</td><td>✓ نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="5">آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار</td></tr>
</table>

**هدف درس:**

معرفی روش مونت کارلو و فراگیری نحوه استفاده آن در ترابرد ذرات و شبیه‌سازی‌های هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- مقدمه‌ای بر روش مونت کارلو

۲- متغیرهای تصادفی پیوسته و گسسته، متغیرهای تصادفی چندگانه، توابع توزیع احتمال، میانگین/ واریانس/ انحراف از معیارِ متغیرهای نمونه‌گیری شده

۳- قانون اعداد بزرگ، قضیه حد مرکزی

۴- تولید و آزمون اعداد تصادفی، اعداد شبه تصادفی

۵- انواع روش‌های نمونه‌گیری و نحوه Scoring

۶- دقت محاسبات در روش مونت کارلو: Accuracy، Precision

۷- کاربرد روش مونت کارلو در ترابرد ذرات: ترابرد ذرات بدون بار، نحوه به‌دست آوردن شار و جریان، حل یک مسئله نوعی، مسائل چند بعدی

۸- روش‌های تسریع محاسبات: کاهش انحراف

۹- آشنایی با نحوه اجرا و عملکرد یک کد هسته‌ای مونت کارلو، برنامه‌نویسی چند مثال

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. W. L. Dunn, J. K. Shultis, “Exploring Monte Carlo Methods”, Academic Press. Elsevier, 2012.
2. M. H. Kalos, P. A. Whitlock, “Monte Carlo Methods”, Wiley-VCH, 2008.
3. MCNP, A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5, Vol. I, Overview and Theory, LA-UR-03-1987, Los Alamos National Lab., Los Alamos, NM, 2003.
4. C. P. Robert, G, Casella, “Monte Carlo Statistical Methods”, Springer, 2009.
5. D. P. Kroese, T. Taimre, Z. I. Botev, “Handbook of Monte Carlo Methods”, Wiley, 2011.

**دینامیک راکتورهای هسته‌ای**
**Nuclear Reactor Dynamics**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**دینامیک راکتورهای هسته‌ای**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Reactor Dynamics** | تعداد واحد: **۳**<br><br>تعداد ساعت: **۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓ نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

راکتیویته و پس‌خورهای آن، مطالعه و تحلیل حالات‌گذرای راکتورهای هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- اصول محاسبه معادلات دینامیک: مفاهیم اساسی، معادلات دینامیکی، چرخه ساده شده نوترونی، نوترون‌های تاخیری
۲- راکتیویته ثابت و شرایط تعادل و بحرانی، معادله در ساعت (In Hour Eq.) حالت یک گروهی
۳- تغییرات پله‌ای راکتیویته، پاسخ سامانه در اثر ورودی پله‌ای، چشمه های تابع زمان، پاسخ فرکانسی سامانه و توابع انتقال
۴- معرفی پس‌خور راکتیویته و خیز قدرت (Reactivity Feedback and Power Excursion) در راکتورهای حرارتی همگن، راکتورهای حرارتی غیرهمگن
۵- کرنل پس‌خور خطی، مدل نوردهایم فوکس، خیزهای راکتیویته کوچک، مدل ورودی و مثلثی فوکس
۶- تحلیل تغییر ترکیب سوخت

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

منابع اصلی:


1. D. L. Hetrick, “Dynamics of Nuclear Reactors”, American Nuclear Society, 1993.
2. K. O. Ott, R. J. Neuhold, “Introductory Nuclear Reactor Dynamics”, American Nuclear Society, 1985.
3. M. S. Ash, “Nuclear Reactor Kinetics”, MC Graw-Hill, 1979.
4. D. G. Cacuci, “Handbook of Nuclear Engineering”, Springer, 2012.
5. N. E. Todreas, M. S. Kazimi, “Nuclear Systems”, Taylor & Francis, 2011.
6. J. J. Duderstadt, L. J. Hamilton, “Nuclear Reactor Analysis”, John Wiley, 1976.

**مواد هسته‌ای**
**Nuclear Materials**

<table>
<tr><td rowspan="10">عنوان درس به فارسی:<br>مواد هسته‌ای<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>Nuclear Materials</td><td rowspan="10">تعداد واحد:<br>۳<br><br>تعداد ساعت:<br>۴۸</td><td rowspan="10">نوع واحد</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="10">درس پیش نیاز:<br>ندارد</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">پایه</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اصلی-مشترک</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری )</td><td>✓ نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="5">آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار</td></tr>
</table>

**هدف درس:**

مطالعه و بررسی ساختار و خواص فیزیکی و مکانیکی مواد هسته‌ای و پارامترهای موثر بر آنها.

**رئوس مطالب:**

۱- پیوندهای بین اتمی، ساختارهای بلوری، عیوب بلوری

۲- بررسی خواص مکانیکی مواد: رابطه تنش و کرنش، شکست انعطاف پذیری و تافنس، شکست ترد به انعطاف پذیر، شکست خستگی، خزش

۳- تجزیه و تحلیل تنش: شدت تنش، تنش‌های حرارتی

۴- مشخصه‌های عملکرد مواد در محیط‌های هسته‌ای: سوخت، غلاف، کندکننده، بازتابنده، خنک‌کننده، محفظه راکتور، لوله‌های رابط، شیرها، پمپ‌ها

۵- مکانیزم تخریب مواد در محیط‌های هسته‌ای بر اثر تابش: اصول کلی، جابجایی اتمی، شکنندگی، تورم خستگی ( Swelling Fatigue) با توجه به تنش‌های حرارتی

۶- سازوکار تخریب مواد در محیط‌های هسته‌ای بر اثر خوردگی

۷- بررسی فرایندهای محتمل بین مواد در محیط‌های هسته‌ای (به خصوص فعل و انفعالات هسته‌ای- مکانیکی و روابط موجود): سوخت با غلاف سوخت، کندکننده با بازتابنده، مواد داخلی محفظه راکتور

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** دارد (مرکز هسته‌ای اصفهان)

**منابع اصلی:**


1. R. Abbaschian, R. E. Reed Hill, “Physical Metallurgy Principles”, CL Engineering, 2008.
2. M. Benjamin, "Nuclear Reactor Materials and Applications", Van Nostrand Reinhold, 1983.
3. K. L. Murty, I. Charit, “An Introduction to Nuclear Materials”, Wiley-VCH, 2012.
4. D. R. Olander, “Fundamental Aspects of Nuclear Reactor Fuel Elements”, US Dept. of Energy, 1976.
5. G. S. Was, “Fundamentals of Radiation Materials Science: Metals and Alloys”, Springer, 2007.

**دینامیک راکتورهای هسته‌ای پیشرفته**

**Advanced Nuclear Reactors Dynamic**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**دینامیک راکتورهای هسته‌ای پیشرفته**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Advanced Nuclear Reactors Dynamic** | تعداد واحد: **۳**<br><br>تعداد ساعت: **۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز: **ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓ نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

مطالعه و تحلیل تکمیلی حالات گذرای راکتورهای هسته‌ای، تحلیل پایداری راکتور در حضور فیدبک‌ها و بررسی سامانه‌های کنترلی آن.

**رئوس مطالب:**

۱- راکتیویته وابسته به زمان، معادله تقریبی دینامیکی، نوسانات راکتیویته، پاسخ سامانه در اثر ورودی مثلثی (Ramp)، توابع فوق هندسی (Hypergeometry) و روش انتگرال

۲- حل عددی معادلات دینامیک راکتور در راکتیویته وابسته به زمان.

۳- پسخور راکتیویته و خیز قدرت (Reactivity Feedback and Power Excursion) در انواع راکتورهای هسته‌ای و تحلیل تغییر ترکیب سوخت آن‌ها، خطی سازی مدل‌های ارائه شده و استخراج تابع تبدیل آنها

۴- مدل سینتیک چند نقطه‌ای

۵- انحرافات محوری قدرت و نوسانات زینان در راکتورهای حرارتی

۶- پایداری سامانه‌های خطی: سامانه‌های خطی با پسخور، معیار روث (Routh Criterion)، نمایش پاسخ فرکانسی، معیار نایکویست (Nyquist Criterion)، روش روت لوکاس (Root-Lucas)

۷- محاسبات پایداری راکتور، تحلیل پایداری سامانههای غیرخطی بر اساس معیار لیاپانوف

۸- اصول طراحی رویتگرها در راکتورهای هسته ای بنظور تخمین پارامترهای غیر قابل اندازه گیری در قلب راکتور

۹- محاسبات تراز راکتیویته

۱۰- طراحی سامانه‌های کنترل و رویتگرها در تنظیم قدرت و فرایند تعقیب بار در راکتورهای مختلف

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. D. L. Hetrick, “Dynamics of Nuclear Reactors”, American Nuclear Society, 1993.
2. K. O. Ott, R. J. Neuhold, “Introductory Nuclear Reactor Dynamics”, American Nuclear Society, 1985.
3. M. S. Ash, “Nuclear Reactor Kinetics”, MC Graw-Hill, 1979.
4. D. G. Cacuci, “Handbook of Nuclear Engineering”, Springer, 2012.
5. N. E. Todreas, M. S. Kazimi, “Nuclear Systems”, Taylor & Francis, 2011.
6. J. J. Duderstadt, L. J. Hamilton, “Nuclear Reactor Analysis”, John Wiley, 1976.

**کنترل پیشرفته در مهندسی راکتور**
**Advanced Control in Nuclear Engineering**

<table>
<tr><td rowspan="10">عنوان درس به فارسی:<br>کنترل پیشرفته در مهندسی راکتور<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>Advanced Control in Nuclear Engineering</td><td rowspan="2">تعداد واحد:<br>۳</td><td rowspan="10">نوع واحد</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="10">درس پیش نیاز:<br>ندارد</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">تعداد ساعت:<br>۴۸</td><td rowspan="2">پایه</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اصلی-مشترک</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری )</td><td>✓ نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="5">آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار</td></tr>
</table>

**هدف درس:**

تحلیل پایداری سامانه‌های خطی و غیرخطی برای طراحی سامانه‌های کنترل راکتور و سایر اجزاء نیروگاه‌های هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- توصیف ریاضی سامانه‌ها، مفهوم فضای حالت و تحقق سامانه‌ها در فضای حالت، خطی‌سازی سامانه‌های غیرخطی

۲- فضاهای خطی، استقلال خطی، پایه‌ها، تغییر پایه، معادلات جبری خطی، مقادیر و بردارهای ویژه، توابع ماتریسی، چندجمله‌ای مینیمال، قضیه کیلی همیلتون

۳- معادلات دینامیکی در فضای حالت و توصیف ماتریسی سامانه، معادلات حالت و ماتریس انتقال حالت برای سامانه‌های خطی تغییرناپذیر و تغییرپذیر با زمان

۴- کنترل‌پذیری و رویت‌پذیری، تست‌های کنترل‌پذیری و رویت‌پذیری، تئوری تحقق

۵- تحلیل پایداری سامانه‌ها: سامانه‌های تک ورودی-تک خروجی (SISO)، سامانه‌های چند ورودی-چند خروجی (MIMO).

۶- سامانه‌های غیر کمینه فاز

۷- معیار پایداری لیاپانوف

۸- معیار پایداری نایکویست تعمیم یافته

۹- مقدمه‌ای بر کنترل غیرخطی و کنترل تطبیقی

۱۰- کنترل ساختار متغیر

۱۱- طراحی سامانه‌های کنترل بر اساس معیار پایداری لیاپانوف

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. K. Ogata, “Modern control engineering”, Prentice-Hall, 2012.
2. A. Lsidori, “Nonlinear Control Systems”, Springer, New York, 2010.
۳. ع. خاکی صدیق، "تحلیل سامانه‌های کنترل چند متغیره"، تهران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۷۵.
4. V. Utkin, “Sliding Modes in Control Optimization”, Berlin: Springer, 2000.

**ترموهیدرولیک پیشرفته**
**Advanced Thermohydrulic**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**ترموهیدرولیک پیشرفته**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Advanced Thermohydrulic** | تعداد واحد: **۳**<br><br>تعداد ساعت: **۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓ نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

مباحث تکمیلی مربوط به انتقال حرارت در نیروگاه‌های هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- روش‌های عددی در تحلیل انتقال حرارت هدایتی دائم و گذرا: روش اختلاف محدود در تحلیل مسائل انتقال حرارت دائم، تعیین توزیع دما در دامنه فیزیکی، تعیین میزان انتقال حرارت از مرزهای فیزیکی، تحلیل انتقال حرارت گذرا

۲- انتقال حرارت جابجایی: انتقال حرارت جابجایی روی صفحات مسطح و منحنی، انتقال حرارت در داخل لوله‌ها و کانال‌ها، انتقال حرارت از دسته لوله‌ها، سطوح گسترده (پره‌ها)، انتقال حرارت در سرعت‌های بالا، انتقال حرارت جابجایی در محیط‌های متخلخل

۳- انتقال حرارت در نانو سیالات: روابط تجربی در انتقال حرارت جابجایی توسط نانو سیالات، تاثیر نوع، اندازه و درصد نانو ذرات در سیال بر خواص حرارتی سیال

۴- انتقال حرارت تشعشعی

۵- مبدل‌های حرارتی: مبدل‌های حرارتی دو لوله‌ای، جریان موافق و مخالف، مبدل‌های پوسته-لوله‌ای، دمای متوسط لگاریتمی، روش ضریب بهره در طراحی مبدل‌ها، مبدل‌های متراکم

۶- جریان سیال در لوله‌ها و کانال‌ها: افت فشار در لوله‌ها، افت فشار در اجزاء و انشعابات، شبکه‌های انتقال، انواع پمپ‌ها، افت‌ها در پمپ، بازده پمپ، انتخاب پمپ، پمپ های سری و موازی

۷- انتقال حرارت همراه با تغییر فاز: فرآیندهای تغییر فاز، حباب و رشد آن، منطقه‌های جوشش، جوشش بحرانی، سوختگی و تأثیر پارامترها در آن‌ها، شار حرارتی بحرانی، جریان های دو فازی، انواع جریان‌های دو فازی

۸- قلب راکتورهای آب جوشان: تاثیر متغیرها بر کیفیت بخار و ضریب حفره، توزیع دما و افت فشار در کانال های جوشان، افت فشار اصطکاکی تک فازی و دو فازی، افت فشار حاصل از جدایش در اجزاء، افت فشار حاصل از شتاب سیال دو فازی، ناحیه دودکش و اثر آن در جریان سیال

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. J. P. Holman, "Heat Transfer", 10th Ed., McGraw Hill, 2013.
2. V. L. Streeter, "Fluid Mechanics", 9th ed., McGraw Hill, 2015.
3. D. A. Anderson, J. C. Tannehill, R. H. Pletcher, "Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer", 3rd ed., Hemisphere Pub. Co., 2013.
4. J. F. Douglas, J. M. Gasiorek, J. A. Swaffield, "Fluid Mechanics", 3rd ed., Pitman Pub., 1995
5. L. S. Tong, Y. S. Tang, "Boiling Heat Transfer And Two-Phase Flow", CRC Press, 1997.
6. C. Kleinstreuer, "Two-Phase Flow: Theory and Applications", Taylor & Francis, 2003.

**مدیریت و اقتصاد انرژی**

**Management and Energy Economics**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**مدیریت و اقتصاد انرژی**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Management and Energy Economics** | تعداد واحد: **۲**<br>تعداد ساعت: **۳۲** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓ نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

بررسی مسائل اقتصادی و نحوه مدیریت انرژی.

**رئوس مطالب:**

۱- تقاضای انرژی در بخش صنعت، تقاضای انرژی در بخش خانگی
۲- روند تقاضای انرژی در ایران، کاربرد منطقی انرژی
۳- عرضه انرژی، ساختار عرضه سامانه انرژی، روش تحلیل سامانه عرضه انرژی
۴- تجارت جهانی انرژی، مصرف انرژی اولیه در ایران
۵- محاسبات اقتصادی مهندسی در بخش انرژی، روش محاسبات پایا، روش محاسبات پویا، تعیین بازگشت سرمایه
۶- بررسی مدلهای برنامه ریزی انرژی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


۱. م. صالحی، "انرژی در ساختمان"، ویرایش اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۲.

۲. م. کسمائی، "پهنه بندی و راهنمای طراحی اقلیمی"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۷۹.

3. B. Sorensen, “Renewable Energy”, 4nd Edition, Academic Press, 2010.

4. M. Russell, “Energy, Economics and the Environment”, Prentice-Hall, Inc, 1985.

**تحلیل سامانه‌ها و ممیزی انرژی**

**Energy Auditing and System Analyze**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**تحلیل سامانه‌ها و ممیزی انرژی**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Energy Auditing and System Analyze** | تعداد واحد:<br>**۲**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۳۲** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓ نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

آشنایی با تحلیل سامانه‌های انرژی و روش‌های ممیزی انرژی.

**رئوس مطالب:**

۱- انرژی و اکسرژی
۲- روش‌های ممیزی انرژی
۳- مفاهیم قوانین اول و دوم ترمودینامیک
۴- آنالیز پینچ (Pinch Analysis)، ترسیم Composition Curve برای فرایند، تعین نقاط Pinch Violation، Minimum Cooling and Heating Requirement
۵- سامانه تبرید، سیکل‌های قدرت و سرمایش و گرمایش
۶- آنالیز اقتصادی(Cost Analysis)، زمان برگشت هزینه (Pay Back Analysis)، آنالیز حساسیت (Sensitivity Analysis)
۷- مطالعات موردی در سامانه‌های خانگی
۸- مطالعات موردی در سامانه‌های صنعتی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. A. Bejan, “Advanced Thermodynamic”, 3nd Edition, Wiley, 2006.
2. N. Khartchenko, N. V. Khartchenko, V. M. Kharchenko, “Advanced Energy Systems”, 3nd Edition, CRC Press, 2012.
3. B. K. Hodge, R. P. Taylor, “Analysis and Design of Energy System”, 3nd Edition, Prentice Hall, 1999.
4. C. B. Smith, “Energy Management Principles: Applications, Benefits, Savings”, Pergamon Press, 1981.

**مباحث ویژه در راکتور**
**Special Topics in Reactor**

<table>
<tr><td rowspan="10">عنوان درس به فارسی:<br>مباحث ویژه در راکتور<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>Special Topics in Reactor</td><td rowspan="10">تعداد واحد:<br>۳<br><br>تعداد ساعت:<br>۴۸</td><td rowspan="10">نوع واحد</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="10">درس پیش نیاز:<br>ندارد</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">پایه</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اصلی-مشترک</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری )</td><td>✓ نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="5">آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار</td></tr>
</table>

**هدف درس:**

فراگیری مباحث تکمیلی و به‌روز مهندسی راکتورهای هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

سرفصل درس توسط استاد درس تهیه و پس از تأیید گروه ارائه می‌شود.

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

منابع با نظر استاد مربوطه، به‌روز و متناسب با موضوعات تعیین شده ارائه می‌گردد.

## مهندسی گداخت هسته‌ای ۱
## Nuclear Fusion Engineering I

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**مهندسی گداخت هسته‌ای ۱**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Fusion Engineering I** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری مفاهیم اولیه گداخت هسته‌ای، فیزیک پلاسما و واکنش‌های گداخت و همچنین اصول مهندسی گداخت هسته‌ای مبتنی بر محصورسازی مغناطیسی.

**رئوس مطالب:**

۱- مفاهیم پایه انرژی هسته‌ای: شامل شکافت و گداخت هسته‌ای
۲- مشخصه های فیزیکی گداخت هسته ای
۳- پراکندگی ذرات باردار
۴- محصورسازی در گداخت
۵- بررسی مدل ذره منفرد
۶- بررسی مدل های سیالی و جنبشی
۷- بررسی ترابرد ذرات
۸- احتراق در گداخت

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. W. M. Stacey, “Fusion: An Introduction to Physics and Technology of Magnetic Confinement Fusion”, Wiley-VCH, 2nd eition, 2010.
2. K. Niu, K. Sugiura, “Nuclear Fusion”, Cambridge University Press, 2009.
3. K. Miyamato, “Plasma Physics for Nuclear Fusion”, the MIT Press, 1989.
4. J. P. Freidberg, “Plasma Physics and Fusion Energy”, Cambridge University Press, 2008.
5. T. J. Dolan, “Fusion Research: Principles, Experiments and Technology”, Pergamon Pr., 1981.
6. A. A. Harms, K. F. Schoepf, G. H. Miley, D. R. Kingdon, “Principles of Fusion Energy: An Introduction to Fusion Energy for Students of Science and Engineering”, World Scientific Pub Co Inc., 2000.
7. M. Kikuchi, “Frontiers in Fusion Research: Physics and Fusion”, Springer, 2011.

## مهندسی گداخت هسته‌ای ۲
## Nuclear Fusion Engineering II

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**مهندسی گداخت هسته‌ای ۲**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Fusion Engineering II** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**مهندسی گداخت هسته‌ای ۱** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری مفاهیم اولیه گداخت هسته‌ای، فیزیک پلاسما و واکنش‌های گداخت و همچنین اصول مهندسی گداخت هسته‌ای مبتنی بر محصورسازی مغناطیسی.

**رئوس مطالب:**

۱- بررسی مباحث مربوط به انرژی در رآکتورهای گداخت
۲- محصورسازی مغناطیسی باز
۳- محصورسازی مغناطیسی بسته
۴- گداخت محصورسازی لختی
۵- گداخت در دماهای پائین
۶- بررسی محفظه در رآکتورهای گداخت
۷- دینامیک سوخت تریتیوم
۸- روش مجتمع گداخت-شکافت

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. W. M. Stacey, “Fusion: An Introduction to Physics and Technology of Magnetic Confinement Fusion”, Wiley-VCH, 2nd eition, 2010.
2. K. Niu, K. Sugiura, “Nuclear Fusion”, Cambridge University Press, 2009.
3. K. Miyamato, “Plasma Physics for Nuclear Fusion”, the MIT Press, 1989.
4. J. P. Freidberg, “Plasma Physics and Fusion Energy”, Cambridge University Press, 2008.
5. T. J. Dolan, “Fusion Research: Principles, Experiments and Technology”, Pergamon Pr., 1981.
6. A. A. Harms, K. F. Schoepf, G. H. Miley, D. R. Kingdon, “Principles of Fusion Energy: An Introduction to Fusion Energy for Students of Science and Engineering”, World Scientific Pub Co Inc., 2000

**توکامک ۱**

**Tokamak I**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**توکامک ۱**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Tokamak I** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>✓ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری ساختار کلی توکامک‌ها، روش‌های محصورسازی مغناطیسی در توکامک، بررسی اجزا مختلف توکامک و نقش آن‌ها در فرآیند تشکیل همجوشی.

**رئوس مطالب:**

۱- روش‌های محصورسازی پلاسما در توکامک‌ها
۲- اجزای ساختاری توکامک‌ها
۳- پردازش و طراحی منحرف‌کننده‌ها و محدودکننده‌های توکامک
۴- دیواره اولیه توکامک‌ها
۵- برهمکنش پلاسما با دیواره
۶- مهندسی و طراحی پوشش بارور توکامک‌ها
۷- مهندسی سوخت و انتقال آن در توکامک‌ها

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** دارد

منابع اصلی:

1. J. Wesson, “TOKAMAKS”, Oxford University Press, 2004.
2. K. Miyamoto, “Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion”, Springer; 2005.
3. W. M. Stacey, “Nuclear Reactor Physics”, Wiley-VCH, 2007.

**توکامک ۲**

**Tokamak II**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**توکامک ۲**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Tokamak II** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**توکامک ۱** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری سامانه‌ها و عملکرد آنها در توکامک‌ها، تحلیل اصول حاکم بر توکامک‌ها و بررسی توکامک ITER.

**رئوس مطالب:**

۱- تحلیل پلاسمای توکامک، پایداری و گسیختگی‌های پلاسمای توکامک
۲- اصول ایمنی در توکامک‌ها
۳- طراحی توکامک‌های با ساختارهای ویژه
۴- فناوری‌های تولید سوخت هسته‌ای درون توکامک‌ها
۵- سامانه‌های کنترل توکامک‌ها
۶- تریتیوم و هلیم در توکامک
۷- تحلیل مفهومی راکتور ITER و اجزاء اساسی آن
۸- مواد در توکامک
۹- ابررسانایی و کاربرد آن در توکامک‌ها

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد** | **ندارد** |
| | | عملکردی: **ندارد** | |

**بازدید:** ندارد

منابع اصلی:

1. J. Wesson, “TOKAMAKS”, Oxford University Press, 2004.
2. M. Ariola, A. Pironti, “Magnetic Control of Tokamak Plasmas”, Springer, 2010.
3. R. B. White, “The Theory of Toroidally Confined Plasmas”, World Scientific Publishing Company; 2nd edition, 2006.
4. T. J. Dolan, “Fusion Research”, Pergamon Press, 2000.
5. M. N. Rosenbluth, “New Ideas in Tokamak Confinement”, American Inst. of Physics, 1994.
6. R. B. White, “Theory of Tokamak Plasmas”, Elsevier Science Ltd, 1989.

**آزمایشگاه گداخت هسته‌ای**

**Nuclear Fusion Laboratory**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**آزمایشگاه گداخت هسته‌ای**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Fusion Laboratory** | تعداد واحد:<br>**۱**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۳۲** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | نظری | |
| | | | | ✓عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری عملکرد و راه‌اندازی دستگاه پلاسمای کانونی وابزارهای اندازه‌گیری آن و آشنایی با راکتور توکامک و اندازه‌گیری پارامترها آن.

**رئوس مطالب:**

۱- راه اندازی سامانه‌های خلاء و محفظه‌های تحت فشار
۲- تنظیم سامانه‌های تریگر و اسپارک گپ و مشاهده پالسهای خروجی
۳- اندازه‌گیری جریان تخلیه پلاسما کانونی با استفاده پیچه روگوفسکی
۴- اندازه گیری تابش ایکس دستگاه پلاسمای کانونی
۵- اندازه‌گیری شدت باریکه یون با استفاده از فنجان فاراده
۶- آشکارسازی نوترون های گداخت D-D
۷- راه اندازی راکتور توکامک و اندازه‌گیری پارامترهای آن

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد** | **ندارد** |
| | | عملکردی: **ندارد** | |

**بازدید:** دارد

**منابع اصلی:**


۱. دستورکار آزمایشگاه گداخت، گروه مهندسی هسته‌ای، دانشگاه اصفهان، ۱۳۹۱

**فیزیک و مهندسی پلاسما ۲**
**Plasma Physics and Engineering II**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**فیزیک و مهندسی پلاسما ۲**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Plasma Physics and Engineering II** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری مفاهیم تکمیلی فیزیک محیط‌های پلاسما و خواص انواع محیط‌های پلاسما .

**رئوس مطالب:**

۱- برهم‌کنش لیزر پلاسما و کاربرد آن در نیروگاه‌های گداخت لختی
۲- فیزیک پلاسمای خورشیدی
۳- فیزیک پلاسمای دمای پایین و کاربردهای صنعتی آن
۴- سامانه‌های پینچ پلاسما
۵- کاربردهای صنعتی پلاسما
۶- شبیه سازی و مدل سازی رفتار پلاسمای توکامک
۷- شبیه سازی و مدل سازی عملکرد قلب نیروگاه‌های گداخت لختی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. L. Spitzer Jr, “Physics of Fully Ionized Gases”, Dover Publications; 2nd edition, 2006.
2. S. Pfalzner, “Introduction to Inertial Confinement Fusion”, Taylor and Francis, 2006.
3. S. Ichimaru, “Basic Principles of Plasma Physics: A Statistical Approach”, W. H. Benjamin, 1973.
4. P. C. Clemmow, J.P. Dougherty, “Electrodynamics of particles and Plasmas”, Westview Press, 1995.
5. T. H. Stix, “Waves in Plasmas”, American Institute of Physics, 1992.
6. K. Miyamoto, “Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion”, Springer; 2005.
7. D.J. Rose, M. Clark, “plasma and Controlled Fusion”, The MIT Press, 2th Edition. 1965.

**مهندسی گداخت پیشرفته**

**Advanced Fusion Engineering**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**مهندسی گداخت پیشرفته**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Advanced Fusion Engineering** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف:**

فراگیری اصول و مفاهیم پیشرفته گداخت هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- نحوهٔ پراکندگی ذرات باردار در محیطی که در آن گداخت رخ می‌دهد (پلاسما)
۲- روش‌های گوناگون محصورسازی پلاسمای گداخت هسته‌ای
۳- حرکت تک ذرات در محیط گداخت
۴- ترابرد توده‌ای ذرات در محیط گداخت
۵- احتراق در محیط گداخت
۶- جنبه‌های مرتبط با انرژی در راکتورهای گداخت
۷- محصورسازی مغناطیسی باز
۸- سامانه‌های مغناطیسی بسته
۹- ممکن‌سازی گداخت هسته‌ای با محصورسازی لختی
۱۰- گداخت در دماهای پائین
۱۱- محفظهٔ راکتورهای گداخت
۱۲- دینامیک سوخت تریتیم
۱۳- ادغام گداخت و شکافت هسته‌ای
۱۴- اجزاء و دستگاه‌های مورد استفاده در گداخت هسته‌ای

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. W. M. Stacey, “Fusion: An Introduction to Physics and Technology of Magnetic Confinement Fusion”, Wiley-VCH, 2nd eition, 2010.
2. K. Niu, K. Sugiura, “Nuclear Fusion”, Cambridge University Press, 2009.
3. J. P. Freidberg, “Plasma Physics and Fusion Energy”, Cambridge University Press, 2008.
4. T. J. Dolan, “Fusion Research: Principles, Experiments and Technology”, Pergamon Pr., 1981.
5. A. A. Harms, K. F. Schoepf, G. H. Miley, D. R. Kingdon, “Principles of Fusion Energy: An Introduction to Fusion Energy for Students of Science and Engineering”, World Scientific Pub Co Inc., 2000.
6. M. Kikuchi, “Frontiers in Fusion Research: Physics and Fusion”, Springer, 2011.
7. K. Miyamoto, “Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion”, Springer; 2005.
8. W. M. Stacey, “Fusion Plasma Physics”, John Wiley and Sons, 2005.

**فیزیک و مهندسی پلاسما پیشرفته**
**Advanced Plasma Physics and Engineering**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**فیزیک و مهندسی پلاسما پیشرفته**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Advanced Plasma Physics and Engineering** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | | |

**هدف:**

فراگیری اصول و مفاهیم پیشرفته در زمینه فیزیک و مهندسی پلاسما.

**رئوس مطالب:**

۱- جنبه‌های اساسی پلاسما
۲- مدل‌های ولاسوف، دوسیالی و تک سیالی برای بررسی دینامیک پلاسما
۳- حرکت یک تک ذرهٔ موجود در محیط پلاسما
۴- مباحث مقدماتی امواج پلاسما
۵- ناپایدارهای ناشی از شارش پلاسما و مسئلهٔ لاندائو
۶- امواج مدل پلاسمای سرد در پلاسمای مغناطیده
۷- امواج در پلاسماهای ناهمگن و روابط موج-انرژی
۸- نظریهٔ ولاسوف در مورد امواج الکتروستاتیکی گرم در پلاسمای مغناطیده
۹- تعادل‌های مگنتوهیدرودینامیکی
۱۰- پایداری تعادل‌های مگنتوهیدرودینامیکی پایا
۱۱- تعبیر هلیسیتی مغناطیسی
۱۲- بازاتصال مغناطیسی
۱۳- نظریهٔ فوکر- پلانک در برخوردها
۱۴- اثرات غیرخطی موج-ذره
۱۵- اثرات غیرخطی موج-موج
۱۶- پلاسماهای غیرخنثی
۱۷- پلاسماهای غباری

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. P. M. Bellan, “Fundamentals of Plasma Physics”, Cambridge, 2006.
2. F. F. Chen, “Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion”, Springer, 2010.
3. A. Fridman, L. A. Kennedy, “Plasma Physics and Engineering”, CRC Press; 2nd edition, 2011.
4. U. S. Inan, M. Gołkowski, “Principles of Plasma Physics for Engineers and Scientists”, Cambridge University Press, 2011.
5. N. A. Krall, A. W. Trivelpiece, “Principles of Plasma Physics”, San Francisco Pr., 1986.
6. L. Spitzer Jr, “Physics of Fully Ionized Gases”, Dover Publications; 2nd edition, 2006.
7. T.H. Stix, waves in plasmas, AIP Press, 1992
8. K.Nishikawa, M. Wakatani, plasma Physics: Basic Theory with Fusion Applications, Springer-Vwrlag, 2000.

**الکترودینامیک پلاسما**
**Plasma Electrodynamics**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**الکترودینامیک پلاسما**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Plasma Electrodynamics** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | | |

**هدف:**

کاربرد پیشرفته ی الکترودینامیک در محیط های پلاسما.

**رئوس مطالب:**

۱- مفاهیم اساسی در فیزیک پلاسما: پلاسما در طبیعت، پلاسماهای تبهگن و غیر تبهگن، تقریب گازی و تقریب پلاسمایی
۲- مبانی الکترودینامیکی مواد پاشنده: شکل کلی معادلات میدان در مواد، شرایط مرزی در محیط های ناهمسانگرد، تانسورهای رسانندگی و گذردهی الکتریکی
۳- معادلات دینامیک پلاسما: مدل ذرات مستقل، مدل هیدرودینامیکی، انتگرال برخورد در پلاسماهای تبهگن و ماکسولی
۴- کاربرد طیف فرکانسی و گذردهی الکتریکی در پلاسماهای غیرمغناطیسی: تانسور گذردهی در پلاسماهای همگن غیر برخوردی، امواج فرکانس بالا، امواج یونی – صوتی
۵- کاربرد طیف فرکانسی و گذردهی الکتریکی در پلاسماهای مغناطیسی: تانسور گذردهی در پلاسماهای مغناطیسی، انتشار امواج در پلاسماهای مغناطیسی
۶- برهم کنش موج – ذره (امواج در پلاسما)

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد** | **ندارد** |
| | | عملکردی: **ندارد** | |

**بازدید:** ندارد

**مراجع:**

1. A.F. Alexandrov, L.S. Bogdankevich, A.A. Rukhadze, “Principle of Plasma Electrodynamics”, Springer-Verlag, Heidelberg, 1984.
2. A.L. Akhiezer, R.V. Polovin, A.G. Sitenko, K.N. stepanov, “Plasma Electrodynamics”, Pergamon Press, 1975.

**گداخت محصورسازی لختی**
**Inertial Confinement Fusion**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**گداخت محصورسازی لختی**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Inertial Confinement Fusion** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری گداخت لیزری، مهندسی گداخت هسته‌ای مبتنی بر محصورسازی لختی و اصول و طراحی نیروگاه‌های گداخت لختی.

**رئوس مطالب:**

۱- مبانی محصورسازی لختی
۲- سامانه‌های محصورساز لختی
۳- کاربردهای لیزر در گداخت لختی
۴- مهندسی طراحی قرص‌های سوخت گداخت لختی
۵- محرک نیروگاه‌های گداخت لختی
۶- مهندسی طراحی نیروگاه‌های گداخت لختی
۷- ایمنی نیروگاه‌های گداخت لختی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد** | **ندارد** |
| | | عملکردی: **ندارد** | |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. K. Miyamoto, “Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion”, Springer; 2005.
2. W. M. Stacey, “Fusion Plasma Physics”, John Wiley and Sons, 2005.

3. K. Miyamoto, “Plasma Physics for Nuclear fusion”, Revised Ed., Cambridge, MA: MIT press, 1989.
4. D. J. Rose, M. Clark, “Plasma and Controlled Fusion”, the MIT Press; 2nd edition, 1965.
5. S. Pfalzner, “Introduction to Inertial Confinement Fusion”, Taylor and Francis, 2006.

**فناوری‌های مرتبط با تحقیقات گداخت**
**Fusion Research Technology**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**فناوری‌های مرتبط با تحقیقات گداخت**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Fusion Research Technology** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف:**

بررسی مسائل فنی سامانه‌های مرتبط با گداخت از نقطه نظر تجهیزات، مواد و اقتصاد.

**رئوس مطالب:**

۱- مسائل مهندسی گداخت
۲- سامانه های خلاء
۳- مگنت های خنک شده با آب
۴- سامانه های آهنربایی پالسی
۵- آهنربای ابر رسانا
۶- مسائل حوزه مواد
۷- خلوص پلاسما و سوخت رسانی
۸- مسائل نوترونیک
۹- اقتصاد و محیط
۱۰- سامانه های ترکیبی همجوشی- شکافت
۱۱- تکنولوژی های تولید لیزر
۱۲- سامانه انتقال قرص سوخت
۱۳- خنک کننده های مسیر انتقال لیزر و سوخت

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. Thomas James Dolan, “Fusion Research Technology”, Pergamon press, 2000.
2. W. M. Stacey, “Fusion Plasma Physics”, John Wiley and Sons, 2010.

**مشخصه‌یابی پلاسما**
**Plasma Diagnostics**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**مشخصه‌یابی پلاسما**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Plasma Diagnostics** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی- مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف:**

فراگیری اصول، مفاهیم و دستگاه‌های مشخصه‌یابی پلاسما در رآکتورهای گداخت هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- اهمیت مشخصه‌یابی پلاسما
۲- مشخصه‌یابی ویژگی‌های مغناطیسی پلاسما
۳- شارش ذرات در پلاسما
۴- اندازه‌گیری ضریب شکست پلاسما
۵- گسیل پرتو الکترومغناطیسی توسط الکترون‌های آزاد
۶- تابش الکترومغناطیسی از الکترون‌های مقید
۷- پراکندگی تابش الکترومغناطیسی در پلاسما
۸- مشخصه‌یابی اتم‌های خنثی در پلاسما
۹- مشخصه‌یابی یون‌های سریع و محصولات گداخت
۱۰- روش های اندازه گیری دما، چگالی و شدت میدان مغناطیسی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. I. H. Hutchinson, “Principles of Plasma Diagnostics”, Cambridge University Press, 2002.
2. A. A. Ovsyannikov, “Plasma Diagnostics”, Cambridge Int Science Publishing, 2000.
3. V. T. Tolok, “Recent Advances in Plasma Diagnostics”, Consultants Bureau, 1971.
4. I. Podgornyi, “Topics in Plasma Diagnostics”, Springer Science & Business Media, 2012.
5. B. R. Konstantinov, “Plasma Diagnostics: Collection of Articles”, U.S. Atomic Energy Commission, Division of Technical Information, 1964.
6. K. Muraoka, M. Maeda, Laser-aided diagnostics of plasmas and gases, IOP, 2001

**فناوری‌های پیشرفته توکامک‌ها**

**Advanced Technologies of Tokamaks**

<table>
<tr><td rowspan="11">عنوان درس به فارسی:<br>فناوری‌های پیشرفته توکامک ها<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>Advanced Technologies of Tokamaks</td><td rowspan="11">تعداد واحد:<br>۳<br><br>تعداد ساعت:<br>۴۸</td><td rowspan="11">نوع واحد</td><td rowspan="2">جبرانی</td><td>نظری</td><td rowspan="11">درس پیش نیاز:<br>ندارد</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">پایه</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">اصلی-مشترک</td><td>نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td rowspan="2">✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری )</td><td>✓نظری</td></tr>
<tr><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="5">آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار</td></tr>
</table>

**هدف:**

ساختار کلی توکامک‌ها، بررسی اجزا مختلف توکامک، سامانه‌ها و عملکرد آنها در توکامک‌ها، تحلیل اصول حاکم بر توکامک‌ها

**رئوس مطالب:**

۱- فرآیند گداخت در توکامک‌ها
۲- ویژگی‌های پلاسمای توکامک‌ها
۳- شرایط تعادل در توکامک‌ها
۴- شرایط محصورسازی توسط توکامک‌ها
۵- گرمایش پلاسمای توکامک‌ها
۶- ناپایداری‌ها
۷- ریزناپایداری‌ها
۸- برهمکنش‌های بین پلاسما و سطوح
**۹-** فناوری‌های تشخیصی
۱۰- توکامک‌های فعال در سطح جهان
۱۱- توکامک‌های دارای ابعاد بزرگ
۱۲- آیندهٔ توکامک‌ها

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. J. Wesson, “TOKAMAKS”, Oxford University Press, 2004.
2. K. Miyamoto, “Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion”, Springer; 2005.
3. W. M. Stacey, “Nuclear Reactor Physics”, Wiley-VCH, 2007.
4. M. Ariola, A. Pironti, “Magnetic Control of Tokamak Plasmas”, Springer, 2010.
5. R. B. White, “The Theory of Toroidally Confined Plasmas”, World Scientific Publishing Company; 2nd edition, 2006.
6. T. J. Dolan, “Fusion Research”, Pergamon Press, 1981.
7. M. N. Rosenbluth, “New Ideas in Tokamak Confinement”, American Inst. of Physics, 1994.
8. R. B. White, “Theory of Tokamak Plasmas”, Elsevier Science Ltd, 1989.
9. D. Naujoks, Plasma Material Interaction in Controlled Fusion, springer-Verlag 2006.

## فیزیک پلاسمای آماری
## Statistical Plasma Physics

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**فیزیک پلاسمای آماری**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Statistical Plasma Physics** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول دینامیک آماری پلاسما و مدل‌سازی رفتار پلاسمای گداخت هسته‌ای مبتنی بر دینامیک آماری.

**رئوس مطالب:**

۱- اصول ترمودینامیک و نظریه جنبشی گازها
۲- مکانیک آماری کلاسیک
۳- مکانیک آماری کوانتومی
۴- دینامیک بوزونی و فرومیونی
۵- نظریه جنبشی پلاسما
۶- دینامیک آماری پلاسمای دمای بالا
۷- مدل‌سازی آماری رفتار پلاسمای گداخت هسته‌ای
۸- شبیه سازی مونت کارلو در گداخت هسته‌ای
۹- تحلیل آماری عملکرد قلب توکامک‌ها

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

منابع اصلی:

1. S. Ichimaru, “Statistical Plasma Physics", Westview Press, 2004.
2. S. Ichimaru, “Basic Principles of Plasma Physics: A Statistical Approach”, W.H. Benjamin, 1973.

**مبانی طراحی راکتورهای گداخت هسته‌ای**
**Fundamentals of Fusion Reactors Design**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**مبانی طراحی راکتورهای گداخت هسته‌ای**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Fundamentals of Fusion Reactors Design** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول، تحلیل و طراحی نیروگاه‌های گداخت هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- اجزاء اساسی نیروگاه‌های گداخت هسته‌ای
۲- اصول طراحی راکتورهای مبدل توان متعارف و پیشرفته
۳- شبیه‌سازی و طراحی نیروگاه‌های گداخت هسته‌ای
۴- تحلیل عملکرد راکتورهای گداخت هسته‌ای
۵- مدل‌سازی و پیش‌بینی رفتار نیروگاه‌های گداخت هسته‌ای
۶- مدل‌سازی ایمنی راکتورهای گداخت هسته‌ای
۷- اصول طراحی و مهندسی نیروگاه‌های محصورسازی لختی
۸- طراحی و شبیه سازی سامانه‌های پینچ پلاسما

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد** | **ندارد** |
| | | عملکردی: **ندارد** | |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. B. Associates, “Fusion Reactor Design and Technology”, UNIPUB, 1983.
2. S. Pfalzner, “Introduction to Inertial Confinement Fusion”, Taylor and Francis, 2006.
3. F. H. Baker, P. Wittmann, “Mechanical and Thermal Problems of Fusion Reactors”, A. A. Balkema, 1987.
4. M. Akiyama, “Design Technology of Fusion Reactors”, World Scientific Pub. Co. Inc., 1991.

## سوخت و مواد گداخت هسته‌ای
## Nuclear Fusion Fuel and Materials

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**سوخت و مواد گداخت هسته‌ای**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Fusion Fuel and Materials** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

بررسی انواع سوخت‌های گداخت هسته‌ای، مواد فعال و پرتوهای حاصل از فرایند گداخت هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- سوخت‌های راکتورهای گداخت هسته‌ای
۲- پوشش بارور و اکتیویته مواد ساختاری نیروگاه‌های گداخت هسته‌ای
۳- بازفرآوری سوخت هسته‌ای در نیروگاه‌های گداخت هسته‌ای
۴- مدیریت پسمان سوخت راکتورهای گداخت
۵- اصول ایمنی و احتمال وقوع حوادث در نیروگاه‌های گداخت هسته‌ای
۶- مبانی زیست محیطی نیروگاه‌های گداخت هسته‌ای

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد** | **ندارد** |
| | | عملکردی: **ندارد** | |

**بازدید:** ندارد

منابع اصلی:

1. J. R. Vacca, “Nuclear Fusion and Waste”, Infinity Science Press, 2007.
2. R. G. Cochran, N. Tsoulfanidis, W. F. Miller, “The Nuclear fuel Cycle: Analysis and Management”, America Nuclear Society, 2nd sub edition, 1993.
3. M. Benedict, T. Pigford, “Nuclear Chemical Engineering”, MC Graw-Hill, 1981.

**مگنتوهیدرودینامیک**
**Magnetohydrodynamics**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**مگنتوهیدرودینامیک**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Magnetohydrodynamics** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری مباحث تعادل در پلاسما، روابط حاکم بر مگنتوهیدرودینامیک (MHD) و بررسی و تحلیل آن.

**رئوس مطالب:**

۱- اصول و معادلات حاکم بر MHD.
۲- معادلات MHD و اعتبار آن در پلاسمای دمای بالا
۳- ناپایداری‌ها و گسیختگی‌ها در پلاسمای محصور شده دمای بالا
۴- تعادل MHD ایده‌آل
۵- ناپایداری‌های MHD ایده‌آل
۶- ناپایداری‌های MHD مقاومتی
۷- کاربرد MHD در پلاسمای توکامک
۸- کاربرد MHD در پلاسمای فضایی
۹- مدل‌سازی و شبیه‌سازی MHD
۱۰- تحلیل MHD پلاسمای گداخت هسته‌ای

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. P. A. Davidson, “An Introduction to Magnetohydrodynamics”, Cambridge University Press, 2001.
2. M. Goossens, “An Introduction to Plasma Astrophysics and Magnetohydrodynamics”, Springer, 2003.
3. P. H. Roberts, “An Introduction to Magnetohydrodynamics”, American Elsevier Pub. Co., 1967.

**دستگاه‌های تحقیقاتی پلاسما**
**Plasma Research Devices**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**دستگاه‌های تحقیقاتی پلاسما**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Plasma Research Devices** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری ویژگی‌های پلاسمای رادیو فرکانسی، گداخت به روش محصورسازی لختی الکترواستاتیک، پلاسمای کانونی، اجزا، و نحوه عملکرد دستگاه های وابسته و کاربردهای آنها.

**رئوس مطالب:**

۱- تخلیه الکتریکی رادیو فرکانسی القائی در گازها
۲- منابع پلاسمای رادیو فرکانسی جفت شده القائی
۳- کاربرد رآکتورهای پلاسمای جفت شده القائی (ICP)
۴- تخلیه الکتریکی رادیو فرکانسی خازنی در گازها
۵- منابع پلاسمای رادیو فرکانسی جفت شده خازنی
۶- کاربرد رآکتورهای پلاسمای جفت شده خازنی(CCP)
۷- موضوعات مرتبط با رآکتور گداخت (IEC)
۸- نظریه دام ها ی چاه پتانسیل در IEC
۹- مواد گرید IEC و ساخت
۱۰- اثر هندسه گرید بر روی بهره IEC
۱۱- دستگاه پلاسمای کانونی PF و اساس کار آن
۱۲- ویژگی پرتوهای گسیلی از دستگاه های PF، ICP و IEC
۱۳- کاربرد دستگاه های PF، ICP و IEC

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. J Reece Roth, “Industrial Plasma Engineering”, Institute of Physics Publishing Bristol and Philadelphia, Volume 1, 2000.
2. George H. Miley, S. Krupakar Murali, “Inertial Electrostatic Confinement (IEC) Fusion”, Springer Science+Business Media New York 2014.
3. M. Khalid, “Study of 2.3 KJ Plasma Focus as K-Radiation (Al, Ne, Cu, Ar) Source: High efficient X-ray source, Lithography, Tailored X-ray source, Contact microscopy, Radiography”, VDM Verlag, 2009.

**کاربردهای صنعتی پلاسما**

**Industrial Applications of Plasma**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**کاربردهای صنعتی پلاسما**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Industrial Applications of Plasma** | تعداد واحد:<br>**۲**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۳۲** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

شناخت انواع پلاسماها و کاربردهای آن در صنعت.

**رئوس مطالب:**

۱- مبانی پلاسما و سامانه‌های مولد پلاسما
۲- مشخصات پلاسمای دمای پایین و کاربردهای صنعتی آن
۳- مشخصات پلاسمای دمای بالا کاربردهای صنعتی آن
۴- مشخصات و کاربردهای صنعتی پلاسمای کانونی
۵- کنده‌کاری و انباشت پلاسمایی
۶- انواع کاربردهای صنعتی پلاسما

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد** | **ندارد** |
| | | عملکردی: **ندارد** | |

**بازدید:** دارد

**منابع اصلی:**


1. J. R. Roth, “Industrial Plasma Engineering: Applications”, Taylor and Francis, 2001.
2. Y. Kawai, H. Ikegami, N. Sato, A. Matsuda, “Industrial Plasma Technology”, Wiley-VCH, 2010.

3. M. sugawara, B. L. Stansfield, S. Handa, K. Fujita, “Plasma Etching: Fundamentals and Applications”, Oxford University Press, USA, 1998.
4. F.G. Major, V.N. Gheorghe, G. Werth, Springer-verlag, 2007.
5. M. Lieberman, A.A.J. Lichtenberg,, Principles of Plasma Discharges and Materials Processing, John Wiley & Sons, 2005.

**لیزر و کاربردهای آن در گداخت هسته‌ای**

**Laser and Its Applications in Nuclear Fusion**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**لیزر و کاربردهای آن در گداخت هسته‌ای**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Laser and Its Applications in Nuclear Fusion** | تعداد واحد:<br>**۲**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۳۲** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری مبانی فیزیک لیزر، انواع لیزرها و برهمکنش‌های لیزر و پلاسما و کاربردهای آن در مهندسی گداخت لختی.

**رئوس مطالب:**

۱- مبانی و اصول لیزر
۲- چشمه‌های مولد لیزرهای توان بالا
۳- برهم‌کنش‌های لیزر
۴- کاربرد لیزر در سامانه‌های گداخت لختی
۵- فیزیک و مهندسی سامانه NIF
۶- هدف در نیروگاه‌های گداخت لختی
۷- طراحی نیروگاه‌های گداخت لختی با محرک‌های لیزری

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. C. Yamanaka, “Introduction to Laser Fusion”, Harwood Academic Publishers, 1991.
2. S. Eliezer, K. Mima, “Applications of Laser-Plasma Interactions”, Taylor and Francis, 2008.
3. H. Motz, “The Physics of Laser Fusion”, Academic Pr., 1981.
4. J. J. Duderstadt, G. A.Moses, “Inertial Confinement Fusion”, John Wiley and Sons Inc., 1982.
5. K. Muraoka, M. Maeda, Laser-aided diagnostics of plasmas and gases, IOP, 2001.

## شبیه‌سازی فرایندهای گداخت هسته‌ای
## Simulation of Nuclear Fusion Processes

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**شبیه‌سازی فرایندهای گداخت هسته‌ای**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Simulation of Nuclear Fusion Processes** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

شبیه‌سازی فرایندهای گداخت هسته‌ای با استفاده از کدهای محاسباتی متداول.

**رئوس مطالب:**

۱- مبانی و اصول شبیه‌سازی و روش های شبیه‌سازی

۲- مدل‌ها و برهمکنش‌های دینامیکی سامانه‌های پلاسمایی

۳- شبیه‌سازی حرکت‌های تصادفی و نظریه پخش

۴- اصول و کاربردهای شبیه‌سازی مونت کارلو در فرایندهای گداخت هسته‌ای

۵- معرفی کدها و نرم‌افزارهای مرتبط با گداخت هسته‌ای

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. T. Tajima, “Computational Plasma Physics: With Applications to Fusion and Astrophysics”, Westview Press, 2004.

2. C. Pozrikidis, “Numerical Computation in Science and Engineering”, Oxford University Press, USA, 2nd edition, 2008.
3. A.B. Shiflet, G. W. Shiflet, “Introduction to Computational Science: Modeling and Simulation for the Sciences”, Princeton University Press, 2006.
4. R.L. Burden, J. D. Faires, “Numerical Analysis”, Brooks Cole; 8th edition, 2004.

**ریاضیات مهندسی پیشرفته**
**Advanced Engineering Mathematics**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**ریاضیات مهندسی پیشرفته**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Advanced Engineering Mathematics** | تعداد واحد: **۳**<br><br>تعداد ساعت: **۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

روش‌های حل تحلیلی معادلات دیفرانسیل و به کارگیری آنها در حل بعضی از مسائل معمول مهندسی هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- دنباله‌ها و سری‌ها

۲- آنالیز اعداد مختلط: معرفی فضای اعداد مختلط و فراگیری روش‌های حل معادلات مختلط

۳- معرفی نگاشت‌های همدیس

۴- طبقه‌بندی معادلات دیفرانسیل: مروری بر روش‌های حل تحلیلی معادلات دیفرانسیل معمولی (ODE)

۵- آنالیز برداری و تانسوری: عملیات برداری از دیدگاه هندسی، عملیات تانسوری بر حسب مولفه‌ها، عملیات دیفرانسیلی بر روی بردار و تانسور

۶- معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی (PDE): معرفی انواع معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی، معادله لاپلاس، معادله پواسون، معادله هلمهولتز، معادله نفوذ، معادله موج، انواع شرایط مرزی، معرفی معادلات مربوطه در مهندسی هسته‌ای

۷- استفاده از روش تفکیک متغیرها در حل PDE ها: مسئله مقدار ویژه اشتورم لیوویل و توابع عمود برهم، بسط توابع ویژه، تبدیل مسئله با شرایط مرزی ناهمگن به مسئله با شرایط مرزی همگن، بکارگیری روش بسط توابع ویژه برای مسائلی با شرایط مرزی همگن، بکارگیری روش بسط توابع ویژه با کمک رابطه گرین

۸- اصل دوهامل، استفاده از اصل برهم‌نهش درحل معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی

۹- استفاده از روش تابع گرین در حل PDE ها: تعریف و کاربرد توابع گرین در حل معادلات دیفرانسیل پاره‌ای، بکارگیری تابع گرین برای معادلات دیفرانسیل مستقل از زمان، بکارگیری تابع گرین برای معادلات دیفرانسیل وابسته به زمان

۱۰- روش‌های حساب تغییرات، فرمول‌بندی وردش (Variational Formulation)

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. W. E. Boyce, R. C. Diprima, “Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems”, John Wiley, 2009.
2. S. J. Farlow, “Partial Differential Equations for Scientists and Engineers”, Dover Publications, 1998.
3. E. Kreyszig, “Advanced Engineering Mathematics”, John Wiley, 2006.
4. E. E. Lewis, W. F. Miller, “Computational Methods of Neutron Transport”, American Nuclear Society, 1993.
5. S. Nakamura, “Computational in Engineering and Science with Applications to Fluid Dynamics and Nuclear System”, John Wiley & Sons Inc., 1977.
6. D. G. Zill, W. S. Wright, “Advanced Engineering Mathematics”, Jones and Bartlett Publishers, 2011.

**مباحث ویژه در گداخت هسته‌ای**
**Special Topics in Nuclear Fusion**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**مباحث ویژه در گداخت هسته‌ای**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Special Topics in Nuclear Fusion** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری مباحث تکمیلی و به‌روز مهندسی گداخت هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

سرفصل درس توسط استاد درس تهیه و پس از تأیید گروه ارائه می‌شود.

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد** | **دارد** |
| | | عملکردی: **ندارد** | |

**منابع اصلی:**

منابع با نظر استاد مربوطه، به روز و متناسب با موضوعات تعیین شده ارائه می‌گردد.

## آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای۲
## Nuclear Radiation Detection II

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۲**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Radiation Detection II** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول آشکارسازی و طرز کار انواع آشکارسازهای نیمه‌هادی و آشکارسازهای نوترون کند و تند و معرفی انواع دستگاه‌های الکترونیک هسته‌ای و نحوه عملکرد آنها.

**رئوس مطالب:**

۱- آشکارسازهای نیمه‌رسانا: خواص نیمه رساناها به عنوان آشکارساز و پارامترهای آنها، آشکارسازهای نیمه رسانای دیودی، آشکارسازهای ژرمانیومی، آشکارسازهای سوق لیتیومی و آشکارسازهای نیمه رسانای غیر از سیلیسیوم و ژرمانیوم

۲- طیف نگاری با آشکارسازهای نیمه رسانا

۳- آشکارسازی نوترون‌های کند: برهمکنش‌های مورد استفاده در آشکارسازی نوترون‌های کند، آشکارسازهای مبتنی بر برهمکنش با بور، آشکارسازهای مبتنی بر برهمکنش با لیتیوم و هلیوم۳، آشکارسازهای مورد استفاده در راکتورها

۴- آشکارسازی و طیف نگاری نوترون‌های سریع: روش‌های مبتنی بر کند سازی، روش‌های مبتنی بر برهمکنش نوترون تند، روش‌های مبتنی بر پراکندگی نوترون‌های تند

۵- پردازش و شکل دهی پالس: امپدانس دستگاه‌ها و تطبیق امپدانس، کابل‌های کواکسیال و تجهیزات اتصال دهنده، انواع روش‌های شکل دهی پالس در الکترونیک هسته‌ای

۶- معرفی استانداردهای الکترونیک هسته‌ای و انواع مدول‌های خطی و منطقی مورد استفاده در آشکارسازی شامل پیش تقویت کننده‌ها، تقویت کننده‌های خطی، مدارهای تأخیری، مدارت هم‌زمانی و تحلیلگر تک کاناله و چند کاناله

۷- آشکارسازهای خاص: آشکارساز چرنکوف، شمارنده‌های تناسبی و یونشی مایع، آشکارسازهای گرمالیانی، آشکارسازهای رد شیمیایی، فعال سازی نوترونی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. C. F. Knoll, “Radiation Detection and Measurement”, John Wiley & Sons, 4th Edition, 2010.
2. N. Tsoulfanidis, “Measurement and Detection of Radiation”, Taylor & Francis, 2nd Edition, 1995.
3. Syed Naeem Ahmed, “Physics and Engineering of Detection”, 2007.

## دستگاه‌های مولد پرتو
## Radiation Generating Devices

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**دستگاه‌های مولد پرتو**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Radiation Generating Devices** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

آشنایی با فیزیک و نحوه عملکرد دستگاه‌های مولد انواع پرتوها اعم از ذرات باردار، فوتون و نوترون.

**رئوس مطالب:**

۱- چشمه‌های پرتوزا: چشمه‌های تابش ایکس، چشمه‌های گاما، چشمه‌های الکترون سریع، چشمه‌های ذرات باردار سنگین، چشمه‌های نوترون

۲- اصول عملکرد راکتورهای شکافت هسته‌ای: اجزاء راکتور، واکنش زنجیره‌ای

۳- مشخصات انواع راکتورها و کاربردهای آن‌ها: راکتور آب جوشان، راکتور آب تحت فشار، راکتور آب سنگین، راکتور مینیاتوری چشمه نوترون، راکتور با خنک کننده گازی

۴- انواع شتاب دهنده‌های ذرات باردار: شتابدهنده‌های الکترواستاتیک، وان دوگراف، سیکلوترون، بتاترون، خطی، خطی رادیوفرکانسی

۵- دستگاه‌های پلاسمای کانونی: معرفی اجزاء و نحوه عملکرد، نحوه تولید پرتوهای مختلف، مشخصات طراحی پلاسمای کانونی

۶- راکتورهای گداخت هسته‌ای: مشخصات کلی و نحوه عملکرد توکامک‌ها و اسفرومک‌ها.

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. F. A. Smith, “A primer in Applied Radiation Physics”, John Wiley & Sons, 2000.
۲. دونالد جان بنت، "مبانی نیروگاه‌های هسته‌ای"، ترجمه رحیم کوهی فایق، انتشارات کوهرنگ، ۱۳۷۸.
3. J. Lamarsh, A. J. Baratta, “Introduction to Nuclear Engineering”, 3rd Edition, Addison-Wesley Publishing Company Inc, 2001.
4. S. Y. Lee, “Accelerator Physics”, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 1999.
5. H. Wiedemann, D, Brandt, E. A. Perevedentsev, S. I. Kurokawa, "Physics and Thechnology of Linear Acceleraors System", World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2002.
6. Weston .M Stacey, “Fusion: An Introduction to the Physics and Technology of Magnetic Confinement Fusion”, Wiley-VCH, 2010.

**کاربردهای صنعتی رادیو ایزوتوپ‌ها ۱**
**Industrial Applications of Radioisotopes I**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**کاربردهای صنعتی رادیو ایزوتوپ‌ها ۱**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Industrial Applications of Radioisotopes I** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول و روش‌های تشخیص پارامترها مختلف صنعتی مانند ضخامت سنجی، رطوبت سنجی و غیره با استفاده از چشمه‌های پرتوزا.

**رئوس مطالب:**

۱- چشمه‌های پرتوزا: معرفی انواع چشمه‌های آلفا، بتا، گاما و نوترون مورد استفاده در کاربردهای صنعتی
۲- سامانه‌های اندازه‌گیری و ابزار دقیق هسته‌ای: شامل انواع آشکارسازهای مورد استفاده در صنعت
۳- اصول اولیه کاربردهای صنعتی رادیوایزوتوپ‌ها، تعیین مشخصات فیزیکی با روش‌های اندازه گیری هسته‌ای (تعیین سطح، اندازه گیری چگالی، اندازه گیری مقدار، اندازه گیری ضخامت، اندازه گیری ضخامت پوشش، اندازه گیری رطوبت)
۴- روش‌های ردیابی هسته‌ای: شامل شناسایی مواد، تشخیص نواقص، تعیین آهنگ جریان، مطالعه جریان مواد، اندازه‌گیر جرم و حجم، روش‌های ردیابی و تشخیص سن رادیوایزوتوپی
۵- روش‌های تحلیلی هسته‌ای: روش‌های تحلیلی بر اساس واکنش‌های فیزیک و شیمیایی، تجزیه به روش فعال سازی، تجزیه بر اساس روش ردیابی
۶- زمین‌شناسی هسته‌ای: نمونه برداری پرتو گامای طبیعی، روش‌های مبتنی بر چشمه‌های نوترونی، روش‌های ردیابی در چاه پیمایی
۷- فناوری پرتوها: فرایندهای فیزیکی، فرایندهای شیمی پرتو، فرایندهای زیست پرتویی، مقاومت پرتویی مواد مختلف، فناوری پرتودهی صنعتی و کنترل پرتودهی
۸- پرتونگاری صنعتی: انواع روش‌های پرتونگاری با پرتوهای مختلف، حساسیت پرتونگاری و ارزیابی پرتونگار

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. G. Foldiak, “Industrial application of radioisotopes”, Elsevier, 1986.
2. G. A. Johansen, P. Jackson, “Radioisotope Gauges for Industrial Process Measurements”, John Wiley & Sons, 2004.
3. Robert J. Woods, Alexei K. Pikaev, "Applied Radiation Chemistry: Radiation Processing" 1st Edition, John Wiley and Sons Inc, 1994.
4. Darwin V. Ellis, Julian M. Singer, "Well Logging for Earth Scientists" , Springer, 2007
5. Z. B. Alfassi, “Chemical Analysis by Nuclear Methods”, Wiley, 1994.

## آزمایشگاه آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای
## Nuclear Radiation Detection Laboratory

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**آزمایشگاه آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Radiation Detection Laboratory** | تعداد واحد:<br>**۱**<br>تعداد ساعت:<br>**۳۲** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | نظری | |
| | | | | ✓عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول کار با انواع تجهیزات الکترونیک و آشکارسازهای تابش‌های هسته‌ای و طیف سنجی.

**رئوس مطالب:**

۱- آشنایی با دستگاه های الکترونیک هسته ای پایه
۲- مدارهای شکل دهی پالس، پیش تقویت کننده و تقویت کننده‌ها
۳- تبعیض گرهای ارتفاع وشکل پالس
۴- طیف سنجی گاما با NaI
۵- طیف سنجی گاما رزولوشن بالا با HPGe
۶- طیف سنجی آلفا با آشکارساز سد سطحی
۷- اندازه‌گیری کاهش انرژی ذرات باردار در ماده
۸- آشکارسازی نوترون با استفاده از سوسوزن‌های پلاستیکی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **ندارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **دارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

۱. دستور کار آزمایشگاه آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای، گروه مهندسی هسته‌ای دانشگاه اصفهان.

2. AN-34 Laboratory Manual, “Experiments in Nuclear Science”, ORTEC, 3rd Edition, 1987.

**الکترونیک هسته‌ای**
**Nuclear Electronics**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**الکترونیک هسته‌ای**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Electronics** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری استانداردهای الکترونیک هسته‌ای و نحوه عملکرد انواع ماژول‌های استاندارد الکترونیک سامانه‌های آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- مدارات پالس پایه ( مدارات خطی، پاسخ گذرای سامانه های خطی، مدارات شمارش و ذخیره سازی)

۲- مدارات شکل دهنده پالس و اسپکتروسکوپی (عوامل موثر در حد تفکیک انرژی، روش های خطی شکل دادن پالس، بازیابی خط مرجع)

۳- حد تفکیک در سامانه های اسپکتروسکوپی (نویز، نسبت سیگنال به نویز، بهینه سازی نسبت سیگنال به نویز، نسبت سیگنال به نویز در مدارات عملی، اثرات پایل آپ، تاثیر "بازیابی خط مرجع" در نسبت سیگنال به نویز، روش‌های نمونه برداری، شکل دادن پالس غیر خطی و تغییر پذیر با زمان)

۴- تقویت کننده‌ها (ترانزیستورهای اثر میدان FET، پیش تقویت‌کننده‌ها، پیش تقویت کننده‌های آشکارسازهای نیمه هادی، تقویت کننده‌های اصلی در اسپکتروسکوپی، تقویت کننده با پایداری زیاد، تقویت کننده های سریع)

۵- تبعیض‌گرهای ارتفاع و شکل پالس (انواع مدارات تبعیض‌گر و آنالیز و ارتفاع پالس، حفظ اطلاعات زمانی، شرایط عمومی تبعیض‌گر، مدارات عملی، مدارات تبعیض‌گر شکل پالس)

۶- مدارات زمانی (مشخصه های مدارات زمانی، انواع مدارات استخراج اطلاعات زمانی، مدارات زمانی برای آشکارسازهای سینتیلاتوری، انواع مدارات همزمانی سریع، آنالیز چندین کاناله زمانی)

۷- تحلیلگر چند کاناله دامنه پالس (اجزاء یک سامانه MCA، دقت و سرعت در ADC، طرح های نمونه از مدارات ADC، پایدار نمودن طیف، امکانات دیگر موجود در MCA)

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. Vladimir Polushkin, "Nuclear Electronics: Superconducting Detectors and Processing Techniques", John Wiley and Sons, 2004
2. P. W. Nicholson, “Nuclear Electronics”, John Wiely & Sons, 1974.
3. L. J. Herbst, “Electronics for Nuclear Particle Analysis”, Oxford U.P., 1970.
4. E. Kowalski, “Nuclear Electronics”, Springer-Verlag, 1970.

**حفاظ سازی**
**Shielding**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**حفاظ سازی**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Shielding** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**
آموزش اصول طراحی حفاظ برای انواع منابع و مولدهای پرتوهای یونیزان.

**رئوس مطالب:**
۱- مقدمه و اصول تئوری حفاظ سازی
۲- حفاظ سازی نوترون: چشمه‌های نوترون، برهمکنش نوترون با ماده و تضعیف نوترون، فعال سازی نوترونی، اصول حفاظ سازی در برابر پرتوهای نوترونی
۳- حفاظ سازی فوتون: چشمه‌های گاما، برهمکنش‌های فوتون با ماده و تضعیف فوتون، فوتو نوترون، اصول حفاظ سازی در برابر پرتوهای گاما
۴- مولدهای اشعه ایکس و اصول طراحی حفاظ برای این دستگاه‌ها
۵- حفاظ سازی ذرات باردار: برهمکنش‌ها و تضعیف ذرات باردار؛ حفاظ سازی ذرات باردار (الکترون، آلفا، ذرات باردار سنگین).
۶- روش‌های تحلیلی طراحی حفاظ
۷- روش مونت کارلو در طراحی حفاظ و کدهای مونت کارلو (MCNP ، GATE)
۸- مواد حفاظ: مقاومت مواد، تخریب پرتویی مواد حفاظ، انتخاب ماده حفاظ.

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. A. B. Chilton, J. K. Shultis, R. E. Faw, “Principles of Radiation Shielding”, Prentice Hall, 1983.
2. J. K. Shultis, R. E. Faw, “Radiation Shielding”, American Nuclear Society, 2000.
3. Distributed through American National Standards Institute (ANSI), “Neutron Radiation Protection Shielding - Design Principles and Considerations for the Choice of Appropriate Materials”, 2007.
4. OECD Nuclear Energy Agency, “Shielding Aspects of Accelerators, Targets and Irradiation Facilities”, Volume 4, 1999.

**فناوری خلاء**

**Vacuum Technology**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**فناوری خلاء**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Vacuum Technology** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول و روش‌های خلاء سازی و خلاء سنجی و مشخصات و قابلیت‌های انواع پمپ‌ها و گیج‌های خلاء.

**رئوس مطالب:**

۱- طبیعت خلاء، کاربردهای فناوری خلاء، تاریخچه پمپ های خلاء
۲- خواص گازها: فشار، چگالی ، قانون اساسی گاز، سرعت و دمای گازها، فشار بخار ، تبخیر محتویات گازی مواد، گاز دهی، بخار آب
۳- مبانی جریان سیال و پمپ کردن: مفاهیم فشار و جریان، جریان جرمی و جریان حجمی، جریان ملکولی، سرعت پمپ کردن، پمپ‌ها و کمپرسورها
۴- سامانه‌های خلاء: طراحی محفظه خلاء، فرآیند تخلیه گاز، زمان تخلیه، فشار نهایی، اثرات تصعید سطح
۵- پمپ‌های خلاء: جت بخار (دیفیوژن)، توربو مولکولار، کرایوجینک و پمپ‌های یونی
۶- بارگذاری بیش از حد بر پمپ های خلاء
۷- خلاء بسیار بالا: پمپ‌های نوع گیراندازی، عملیات پخت و خروج گازهای سطح
۸- ابزار اندازه گیری خلاء و آنالیزورهای گاز: گیج‌های با مکانیزم انتقال حرارت، گیج‌های اندازه‌گیری نیرو، گیج‌های یونش
۹- نشت‌یابی محفظه‌های خلاء: میزان نشت و واحدهای اندازه‌گیری نشت

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


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.

## روش‌های آنالیز هسته‌ای
## Nuclear Analysis Methods

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**روش‌های آنالیز هسته‌ای**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Analysis Methods** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه ■ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری روش‌های مختلف آنالیز مواد با استفاده از تکنیک‌های هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- معرفی انواع روش‌های آنالیز مواد و خصوصیات کلی آن‌ها
۲- آنالیز فعال‌سازی نوترونی و آنالیز فعال‌سازی نوترونی دستگاهی (INAA): مبانی نظری، مفاهیم زمان پرتودهی، زمان خنک سازی و زمان شمارش، چشمه‌های نوترون، آشکارسازهای گاما، دقت روش، حد تشخیص روش
۳- آنالیز فعال‌سازی نوترونی پرتوهای گامای آنی (PGNAA)
۴- آنالیز فعال‌سازی فوتونی: کاربردهای خاص روش فعال‌سازی فوتونی، چشمه‌های فوتون پر انرژی
۵- طیف‌نگاری پس پراکندگی و پس زنی ذرات باردار: پس پراکندگی راترفورد (RBS)، پس پراکندگی کشسان (EBS) ، پراکندگی کشسان پروتون (PES)، پس پراکندگی یون سنگین(HIRBS): شتاب‌دهنده‌های ذرات باردار، آشکارسازهای ذرات باردار سنگین، تحلیل طیف انرژی ذرات باردار
۶- آنالیز فعال‌سازی با ذرات باردار(CPAA و PIGE): کاربردها، مشخصات آشکارساز، دقت روش و حد تشخیص
۷- آنالیز گسیل پرتو ایکس حاصل از ذره (PIXE)
۸- فلورسانس اشعه ایکس (XRF): مبانی نظری، مولدهای ایکس کم انرژی، آشکارسازهای ایکس کم انرژی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد** | **ندارد** |
| | | عملکردی: **ندارد** | |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. W. D. Ehmann, D. E. Vance, “Radiochemistry and Nuclear Methods of Analysis”, Wiley-Interscience, 1993.
2. W. K. Chu, J.W. Mayer, M. A. Nicolet, “Backscattering Spectrometry”, Academic Press, New York, 1978.
3. S. A. E. Johansson, J. L. Campbell, “PIXE: A Novel Technique for Elemental Analysis”, Wiley, New York, 1988.
4. Z. B. Alfassi, “Chemical Analysis by Nuclear Methods”, Wiley, 1994.
5. Z. Alfassi, C. Chung, “Prompt Gamma Neutron Activation Analysis”, CRC Press, 1995.
6. S.S. Nargolwalla, E.P. Przybylowicz, “Activation analysis with Neutron Generators”, John wiley & Sons Inc., 1974.

**محاسبات ترابرد پرتو**
**Radiation Transport Calculations**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**محاسبات ترابرد پرتو**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Radiation Transport Calculations** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

اصول ترابرد ذرات باردار و بدون بار در محیط و فراگیری روش‌های محاسباتی و مدل‌سازی ترابرد ذرات.

**رئوس مطالب:**

۱- اندرکنش‌های ذرات باردار و بدون بار در محیط
۲- معرفی کمیت‌های چگالی ذرات، آهنگ اندرکنش، شار و جریان ذرات
۳- نظریه ترابرد ذرات: ترابرد ذرات بدون‌بار در محیط، به‌دست آوردن معادله ترابرد، ویژگی‌ها و شرایط مرزی معادله ترابرد
۴- فرضیات موجود برای ساده‌سازی معادله ترابرد: قانون فیک، معادله پخش، اعتبار معادله پخش، شرایط مرزی معادله پخش
۵- روش‌های گسسته سازی معادله ترابرد: گروه‌بندی انرژی، گسسته سازی مکانی و زاویه‌ای ($P_N$، $T_N$ و $S_N$)
۶- روش‌های حل معادله ترابرد: روش‌های قطعی ($S_N$، $P_N$)، روش آماری (روش مونت کارلو)
۷- ترابرد ذرات باردار در محیط: نظریه CSDA

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. J. J. Duderstadt, L. J. Hamilton, “Nuclear Reactor Analysis”, John Wiley, 1976.
2. E. E. Lewis, W. F. Miller, “Computational Methods of Neutron Transport”, American Nuclear Society, 1993.
3. W. M. Stacey, “Nuclear Reactor Physics”, Wiley-VCH, 2007.
4. Y. Ronen, “CRC Handbook of Nuclear Reactors Calculation”, CRC Press Inc., 1986.
5. E. E. Lewis, “Fundamentals of Nuclear Reactor Physics”, Burlington, MA: Academic Press, 2008.
6. G. I. Bell, “Nuclear Reactor Theory”, Krieger Pub Co., 1979.

**شتاب‌دهنده‌ها و کاربرد آنها**
**Accelerators and Their Applications**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**شتاب‌دهنده‌ها و کاربرد آنها**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Accelerators and Their Applications** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری فیزیک و فناوری انواع شتاب دهنده‌های ذرات باردار و کاربرد آنها.

**رئوس مطالب:**

۱- تاریخچه شتاب‌دهنده‌ها و کاربردهای شتاب دهنده‌ها
۲- مقدمه ای بر اصول شتاب دهنده‌ها: محفظه شتاب‌دهنده، مگنت‌ها، معادلات حرکت ذرات در مگنت‌های تک‌قطبی و دوقطبی، اثر نیروی بار فضایی در شتاب‌دهنده‌ها
۳- شتاب دهنده‌های الکترواستاتیک: ملاحظات ولتاژ بالا در گازها، شتاب‌دهنده‌ی وان دو گراف، شتاب‌دهنده تاندم، شتاب‌دهنده کوکرافت والتون
۴- شتاب دهنده‌های خطی: مبانی نظری شتابدهنده خطی، مولدهای امواج رادیوفرکانسی، شتاب دهی ذرات توسط امواج الکترومغناطیسی، شتاب دهنده‌های خطی موج ایستا، شتاب‌دهنده‌های خطی موج رونده، مفاهیم زمان گذر، امپدانس شنت، فاکتور کیفیت
۵- شتاب دهنده سیکلوترون و بتاترون: محاسبات حرکت چرخشی ذره در میدان مغناطیسی، واگرایی طولی و عرضی باریکه، شرط تشدید، طراحی شتاب دهنده سیکلوترون، محدودیت‌های شتاب‌دهنده سیکلوترون
۶- شتاب دهنده سینکروترون و سنکروسیکلوترون: محاسبه حرکت سینکروترونی ذرات باردار، شرط تشدید نسبیتی، پایداری فاز، حلقه انبارش، کاربردهای تابش سینکروترونی
۷- ابزار اندازه گیری در شتاب‌دهنده‌ها: اندازی گیری جریان باریکه، انرژی، سطح مقطع، امیتنس
۸- کاربرد شتابدهنده‌ها: انواع کاربردهای پزشکی و صنعتی
۹- کاربرد شتابدهنده‌ها در آنالیز مواد
۱۰- کاربرد شتابدهنده‌ها در استریل کردن
۱۱- کاربرد شتاب دهنده ها در تولید رادیوایزوتوپ‌ها و رادیوداروها

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. W. H. Scharf, "Particle Accelerator and their Uses", Vol 1 & 2, CRC Press, (1986).
2. S. Y. Lee, "Accelerator Physics", World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd (1999).
3. Edmund Wilson, "An Introduction to Particles Accelerators", Oxford University Press, (2001).
4. H. Wiedemann, "Particle Accelerator Physics", Vol 1 & 2, Springer, (2007).

## کشاورزی هسته‌ای
## Nuclear Agriculture

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**کشاورزی هسته‌ای**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Agriculture** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری کابردهای تکنولوژی هسته‌ای در کشاورزی، علوم دامی و اصلاح نباتات.

**رئوس مطالب:**

۱- مفاهیم مقدماتی: مبانی فیزیک هسته‌ای، حفاظت در برابر پرتو رادیواکتیو، اندرکنش پرتوها با ماده، آشکارسازی تابش‌ها، اثر پرتوهای یونیزان بر سامانه‌های زیستی
۲- کاربرد فناوری هسته ای در اصلاح نباتات
۳- کاربرد فناوری هسته ای در مطالعات روابط خاک، آب و تغذیه گیاه
۴- نقش و کاربرد رادیوایزوتوپ ها در کنترل عوامل بیماری زا، آفات و گیاهان هرز
۵- کاربرد فناوری هسته ای در دامپزشکی و علوم دامی
۶- پرتودهی محصولات کشاورزی و دامی و بررسی تأثیر آن

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**منابع اصلی:**


۱- "کشاورزی هسته‌ای"، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۸۸.
۲- ف. مجد و م. ر. اردکانی، "تکنیک‌های هسته‌ای در علوم کشاورزی"، دانشگاه تهران، ۱۳۸۲.
3- H. Chandrasekharan, N. Gupta, “Fundamental of Nuclear Science: Application in Agriculture”, Northern Book Centre, India, 2006.

## طراحی هدف‌های هسته‌ای
## Designing Nuclear Targets

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**طراحی هدف‌های هسته‌ای**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Designing Nuclear Targets** | تعداد واحد:<br>**۲**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۳۲** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

معرفی انواع هدف‌ها و اصول آماده‌سازی آنها برای مقاصد مختلف پرتودهی.

**رئوس مطالب:**

۱- اندرکنش‌های هسته‌ای
۲- ملاحظات عمومی در طراحی هدف‌های هسته‌ای
۳- طراحی و ساخت هدف‌های گازی
۴- طراحی و ساخت هدف‌های جامد و مایع
۵- انتقال حرارت از هدف‌های هسته‌ای و پایداری هدف
۶- روش‌های لایه نشانی
۷- ملاحظات تجربی ساخت پوسته‌های نازک

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. J. Jaklovsky, “Preparation of Nuclear Targets for Particle Accelerators”, Springer, 1981.

**چشمه‌های یونی**
**Ion Sources**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**چشمه‌های یونی**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Ion Sources** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**
فراگیری اصول طراحی و ساخت انواع چشمه‌های یونی مورد استفاده در شتابدهنده‌ها.

**رئوس مطالب:**
۱- اصول تخلیه گاز، فیزیک پلاسمای چشمه‌های یونی و اصول کلی تولید چشمه‌های یونی
۲- سامانه‌های انتقال و استخراج باریکه برای چشمه‌ها
۳- چشمه‌های یونی مثبت
۴- چشمه‌های یونی بزرگ
۵- چشمه‌های یونی با بار تکثیر شده
۶- طیف انرژی و طیف جرمی چشمه‌های یونی
۷- چشمه‌های یونی با بار منفی
۸- ابزار اندازه‌گیری چشمه‌های یونی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**
1. I. G. Brown, “The physics and Technologies of Ion Sources”, Wiley-VCH, 2nd Edition, 2004.

2. H. Zhang, “Ion Sources”, Springer, 1999.
3. B. Wolf, “Hand book of Ion Sources”, CRC Press Inc., 1995.

## مدیریت بحران هسته‌ای
## Nuclear Emergency Planning

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**مدیریت بحران هسته‌ای**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Emergency Planning** | تعداد واحد:<br>**۲**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۳۲** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول مدیریت رویارویی با حوادث و سوانح هسته‌ای و برنامه‌ریزی شرایط اضطراری و کنترل پیامدهای ناشی از آن.

**رئوس مطالب:**

۱- بحران هسته‌ای و رادیولوژی: حوادث نیروگاه‌های هسته‌ای، صنایع هسته‌ای و چرخه‌ی سوخت، حادثه بحرانی، حوادث ناشی از انتقال مواد پرتوزا
۲- دسترسی به مدیریت اضطراری هسته‌ای
۳- تجزیه و تحلیل وضعیت کنونی
۴- پیشگیری از وضعیت اورژانس هسته‌ای
۵- کاهش وضعیت اورژانس هسته‌ای
۶- توسعه ظرفیت حالت‌های اورژانسی هسته‌ای
۷- پاسخ به شرایط اضطراری هسته‌ای
۸- دستورالعمل‌ها و اجرای آنها

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. National Disaster Management Guidelines, Government of India, “Management of Nuclear and Radiological Emergencies”, 2009.
2. IAEA Safety Standards Series, “Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency”, 2011.
3. IAEA, “Generic Procedures for Monitoring in a Nuclear or Radiological Emergency”, TECDOC-1092, 1999.

**کاربردهای صنعتی رادیوایزوتوپ‌ها ۲**
**Industrial Application of Radioisotopes II**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**کاربردهای صنعتی رادیوایزوتوپ‌ها ۲**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Industrial Application of Radioisotopes II** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

کاربرد روش‌های مدرن هسته‌ای در صنعت، ایجاد توانایی در زمینه تحلیل نیاز صنایع مختلف به روش‌های هسته‌ای، توانایی طراحی سامانه های اتوماسیون صنعتی بر مبنای روش‌های هسته‌ای در حوزه نیازهای جدید صنعت

**رئوس مطالب:**

۱- روش‌های ردیابی هسته‌ای در صنعت
۲- مطالعه جریان مواد در فرآیندهای صنعتی
۳- بررسی فرسایش قطعات در صنعت با روش‌های هسته‌ای
۴- کاربرد روش‌های رادیوایزوتوپی در تحقیقات فیزیک و شیمی
۵- تعیین سن رادیوایزوتوپی (کربن ۱۴، زنجیره واپاشی اورانیوم)
۶- زمین شناسی هسته‌ای (پرتوزایی طبیعی، روش گاما-گاما، روش گاما-نوترون، روش نوترون پالسی)
۷- فناوری تغییر خواص پلیمرها با استفاده از پرتو
۸- استریلیزاسیون مواد و تجهیزات دارویی پزشکی با روش پرتودهی گاما
۹- پرتودهی مواد غذایی
۱۰- طراحی سامانه‌های پرتودهی و پرتوفرآوری
۱۱- کنترل کیفی در پرتوفرآوری
۱۲- دزیمتری با دز بالا
۱۳- اهمیت رادیوگرافی صنعتی، نحوه انجام و مراحل
۱۴- انواع باتری‌های رادیوایزوتوپی و اصول عملکرد آن‌ها

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد** | **دارد** |
| | | عملکردی: **ندارد** | |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. G. FÖLDIÁK, "Industrial applications of radioisotopes", Akademiai Kiado, (1986).
2. Geir Anton Johansen and Peter Jackson, "Radioisotope Gauges for Industrial Process Measurements", John Wiley & Sons, (2004).

## شبیه سازی در مهندسی هسته‌ای
## Simulation in Nuclear Engineering

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**شبیه سازی در مهندسی هسته‌ای**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Simulation in Nuclear Engineering** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف:**

فراگیری روش‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی در مهندسی هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

۱- مقدمه و تعاریف، اصول مدل‌سازی، دسته‌بندی مدل‌های شبیه‌سازی، مراحل یک مطالعه شبیه‌سازی
۲- تعین فرضیات و تبدیل به مدل ریاضی، انتخاب توابع ریاضی و کاهش پارامترها
۳- تایید (Verification) و اعتبارسنجی (Validation) مدل‌ها
۴- مروری بر معادلات اساسی در مهندسی هسته‌ای، استخراج معادلات، ساده سازی معادلات، گروه بندی انرژی
۵- روش‌های قطعی (Deterministic) شبیه‌سازی در مهندسی هسته‌ای
۶- روش آماری (Monte Carlo) شبیه‌سازی در مهندسی هسته‌ای
۷- آشنایی با نرم‌افزارهای رایج در طراحی و شبیه‌سازی مهندسی هسته‌ای
۸- طراحی و شبیه‌سازی یک مطالعه موردی در مهندسی هسته‌ای توسط نرم‌افزار

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


۱. مهآبادی، ب. ۱۳۸۹ . "شبیه سازی". انتشارات آذرخش.

2. Tosun I., “Modeling in Transport Phenomena: A Conceptual Approach**”,** 2nd Ed, Elsevier B.V., 2007.

**طیف‌نگاری هسته‌ای**

**Nuclear Spectroscopy**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**طیف نگاری هسته‌ای**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Spectroscopy** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول طیف نگاری، فراگیری مکانیزم عملکرد طیف نگارهای تابش‌های هسته‌ای، طراحی و تحلیل سامانه طیف نگاری مناسب برای تابش‌ها و ذرات مختلف در محدوده‌های مختلف انرژی.

**رئوس مطالب:**

۱- اندرکنش‌های تابش‌های هسته‌ای با ماده

۲- مفاهیم اصلی طیف نگاری: آمار شمارش، توزیع پواسن، توزیع گوسی، قدرت تفکیک انرژی، تابع پاسخ آشکارساز

۳- طیف نگاری گاما با استفاده از سوسوزن‌ها

۴- طیف نگاری گاما با رزولوشن بالا توسط ژرمانیوم فوق خالص

۵- الگوریتم‌ها و نرم افزارهای تحلیل طیف گاما

۶- طیف نگاری ایکس کم انرژی

۷- روش‌های طیف نگاری نوترون

۸- طیف نگاری نوترون توسط سوسوزن های پلاستیک

۹- الگوریتم‌های بازیابی طیف نوترون

۱۰- طیف نگاری الکترون

۱۱- طیف نگاری ذرات باردار

۱۲- طیف نگاری تابش‌های پالسی

۱۳- طیف نگاری چشمه‌های با فعالیت بسیار پایین

۱۴- تاثیر الکترونیک بر سامانه طیف نگاری: پیش تقویت کننده، تقویت کننده، نویز، پایل آپ، نقص ارتفاع پالس

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. G. Gilmore, "Practical Gamma-Ray Spectroscopy", John Wiley & Sons, 2008.
2. C.F. Knoll, “Radiation Detection and Measurement”, John Wiley & Sons, 2010.
3. N. Tsoulfanidis, “Measurement and Detection of Radiation”, Taylor & Francis, 1995.
4. R. Leo, “Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, A How-to Approach”, Springer-Verlag, 1993.
5. S. N. Ahmed, “Physics and engineering of Radiation detection”, Academic Press Inc., 2007.

**دزیمتری**

**Dosimetry**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**دزیمتری**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Dosimetry** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری مفاهیم اساسی دزیمتری، انواع روش‌های دزیمتری، انواع دزیمترهای کاربردی، کاربردهای نوین انواع دزیمترها در حوزه‌های پزشکی، صنعتی و تحقیقاتی، کسب توانایی طراحی و تحلیل عملکرد دزیمترهای جدید.

**رئوس مطالب:**

۱- روش‌های تفسیر اندازه‌گیری‌های دز برای گاما، نوترون و ذرات باردار
۲- خصوصیات کلی دزیمترها: مطلق بودن، دقت و تکرار پذیری، حدود دز، نرخ دز پایداری، وابستگی به انرژی
۳- روش‌های دزیمتری مطلق: اتاقک یوش، شیمیایی و کالریمتری
۴- دیگر روش‌های دزیمتری: دزیمترهای ترمولومینسانس، فیلم دزیمتری، دزیمتری با گایگر مولر، دزیمتری با سوسوزن‌ها و دزیمتری با آشکارسازهای نیمه رسانا.
۵- اتاقک‌های یونساز و دزیمترهای انتگرالی: اطاقک یونساز با هوای آزاد، اطاقک‌های یونساز حفره‌ای، اندازه‌گیری بار و جریان و اثرات تغییرات محیط بر آنها، اشباع شدن و بازترکیب یونی
۶- کالیبراسیون دزیمترها
۷- دزیمتری دزهای بالا
۸- نهادهای بین المللی تنظیم مقررات و استانداردهای دزیمتری و آشنایی با قوانین
۹- مباحث مربوط به دزیمتری ذرات باردار: دزیمتری الکترون، پروتون و یونهای سنگین
۱۰- دزیمتری نوترون: دزیمتری نوترونهای حرارتی و تند

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد** | **ندارد** |
| | | عملکردی: **ندارد** | |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. G. Shani, "Radiation Dosimetry: Instrumentation and Methods", CRC Press LLC, 2001.
2. F. H. Attix, “Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry”, Wiley-VCH, 2007.

**آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای پیشرفته**
**Advanced Nuclear Radiation Detection**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای پیشرفته**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Advanced Nuclear Radiation Detection** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

کاربردهای نوین انواع آشکارسازها در حوزه‌های پزشکی، صنعتی و تحقیقاتی، کسب توانایی طراحی و تحلیل عملکرد آشکارسازها و چیدمان‌های مدرن آشکارسازی، فراگیری دانش فنی و محاسباتی لازم در زمینه انتخاب انواع آشکارسازها و چیدمان های آشکارسازی برای کاربردهای مختلف.

**رئوس مطالب:**

۱- طراحی‌های مدرن آشکارسازهای گازی، سوسوزن و نیمه رسانا
۲- طیف نگاری الکترون با استفاده از آشکارسازهای سوسوزن
۳- تحلیل پاسخ آشکارسازهای سوسوزن به نوترون
۴- طیف نگاری با استفاده از آشکارسازهای نیمه‌رسانا
۵- مواد نیمه رسانای جدید جایگزین سیلیکون و ژرمانیوم
۶- کاربرد کدهای شبیه سازی در تحلیل آشکارسازها
۷- آشکارسازهای حساس به مکان
۸- روش‌های جداسازی نوترون-گاما در میدان‌های مختلط و معرفی کدهای مربوطه
۹- ذخیره‌سازی و پردازش دیجیتال پالس آشکارسازهای هسته‌ای
۱۰- ابزار و روش‌های آشکارسازی در راکتورهای گداخت هسته‌ای
۱۱- اصول طراحی آشکارسازهای تابش پالسی برای سامانه‌های گداخت هسته‌ای
۱۲- روش های آشکارسازی در سامانه‌های تصویرگر پزشکی
۱۳- ملاحظات آشکارسازی در سامانه‌های اندازه گیری هسته‌ای در صنعت
۱۴- آشکارسازهای خاص: آشکارساز حبابی، آشکارساز چرنکوف، آشکارساز رد هسته‌ای، آشکارسازهای ابررسانا

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. C.F. Knoll, “Radiation Detection and Measurement”, John Wiley & Sons, 2010.
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.
5. S. N. Ahmed, “Physics and engineering of Radiation detection”, Academic Press Inc., 2007.
6. F. H. Attix, “Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry”, Wiley-VCH, 2007.

**دستگاه‌های مولد پرتو پیشرفته**
**Advanced Radiation Generating Devices**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**دستگاه‌های مولد پرتو پیشرفته**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Advanced Radiation Generating Devices** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول عملکرد و طراحی دستگاه‌های جدید مولد پرتو با تمرکز بر کاربردهای صنعتی و پزشکی، بررسی و تحلیل پیشرفت‌های نوین در ساخت شتاب دهنده‌های جدید، توانایی ارائه پیشنهاد و طراحی دستگاه‌های مولد پرتو برای کاربردهای متنوع صنعتی و پزشکی

**رئوس مطالب:**

۱- مشخصه‌های طیف انرژی چشمه‌های رادیوایزوتوپی
۲- نحوه ساخت چشمه‌های رادیوایزوتوپی برای صنایع و پزشکی
۳- مقایسه و تحلیل مشخصه‌های پرتویی انواع راکتورهای شکافت هسته‌ای
۴- دستگاه‌های مولد پرتو ایکس (تیوب‌های اشعه ایکس پزشکی و صنعتی)
۵- اجزاء و نحوه عملکرد شتاب دهنده‌های خطی الکترون با کاربرد درمانی (Linac)
۶- اجزاء و نحوه عملکرد شتاب دهنده‌های حلقوی الکترون (مگنترون، بتاترون)
۷- شتاب دهنده‌های خطی القایی الکترون
۸- شتاب دهنده‌های ذرات باردار (وان‌دوگراف، شتاب دهنده‌های الکترواستاتیک خطی)
۹- دستگاه پلاسمای کانونی (ساختارهای مختلف، انواع پرتوها، ارتباط بین مشخصه‌های باریکه پرتو و انرژی تخلیه در دستگاه پلاسمای کانونی)
۱۰- دستگاه همجوشی محصورسازی لختی الکترواستاتیکی (IECF)
۱۱- دستگاه‌های مولد پرتو پالسی، ویژگی‌ها و کاربردهای آن‌ها
۱۲- اصول انتخاب و طراحی چشمه پرتویی مناسب برای کاربردهای صنعتی و پزشکی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. F. A. Smith, A primer in Applied Radiation Physics, John Wiley & Sons, 2000.
2. J. Lamarsh, Introduction to Nuclear Engineering, Addison-Wesley Publishing Company, Inc, 1983.
3. S. Y. Lee, Accelerator Physics, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 1999.
4. H. Wiedemann, D, Brandt, E. A. Perevedentsev, S. I. Kurokawa, Physics and Technology of Linear Accelerators System, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2002.

**روش‌های آنالیز هسته‌ای پیشرفته**
**Advanced Nuclear Analysis Methods**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**روش‌های آنالیز هسته‌ای پیشرفته**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Advanced Nuclear Analysis Methods** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>□ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه □ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری روش‌های مختلف آنالیز مواد با اســتفاده از تکنیک‌های هســته‌ای، کاربردهای روش‌های هســته‌ای در حوزه‌های مختلف علم و صنعت، توانایی انتخاب روش مناسب و طراحی اجزاء روش برای آنالیز مواد.

**رئوس مطالب:**

۱- الگوریتم های تحلیل طیف گاما
۲- نرم افزارهای تحلیل کامپیوتری طیف گاما
۳- مفهوم و روش‌های محاسبه حد تشخیص در روش‌های آنالیز هسته‌ای
۴- کاربرد کدهای شبیه‌سازی در روش‌های آنالیز هسته‌ای
۵- تحلیل خطاهای اندازه‌گیری در روش‌های آنالیز هسته‌ای
۶- روش نسبی و روش مقایسه‌گر در آنالیز فعال سازی
۷- آنالیز فعال سازی با استفاده از نوترون های ۱۴MeV
۸- آنالیز فعال سازی با استفاده از نوترون های تاخیری
۹- کاربرد گسیلنده‌های پرتو ایکس در آنالیز فعال سازی
۱۰- گسیل پرتو ایکس حاصل از ذره (CIXE)
۱۱- گسیل پرتو گاما حاصل از ذره (CIGE)
۱۲- کریستالوگرافی با استفاده از باریکه یون
۱۳- طیف نگاری موسبار
۱۴- کاربردهای روش‌های هسته‌ای آنالیز مواد در علوم مختلف
۱۵- تشخیص عناصر کمیاب با استفاده از روش های هسته ای

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. Z.B. Alfassi, "Activation Analysis" Volume 1,2, CRC press, 1990.
2. Z.B. Alfassi, "Determination of trace elements",Balaban publishers, 1994.
3. Z.B. Alfassi, Chemical Analysis by Nuclear Methods, 1994.
4. A.B. Alfassi and C. Chung, "Prompt Gamma Neutron Activation Analysis", CRC Press, 1995.
5. M.B.H. Breese, "Materials analysis using a nuclear microprobe", Wiley, 1996.
6. Z.B. Alfassi, "Nun-destructive elemental analysis", Blackwell science Ltd, 2001.
7. S.A.E. Johansson and J.L. Campbell, "PIXE: A Novel Technique for Elemental Analysis", Wiley, New York, 1988.

**مباحث ویژه در کاربردپرتوها**

**Special Topics in Radiation Applications**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**مباحث ویژه در کاربرد پرتوها**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Special Topics in Radiation Applications** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری مباحث روز مرتبط با کاربردپرتوها.

**رئوس مطالب:**

سرفصل درس توسط استاد درس تهیه و پس از تأیید گروه ارائه می‌شود.

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **ندارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**منابع اصلی:**

منابع با نظر استاد درس، متناسب با موضوعات تعیین شده و با هماهنگی گروه ارائه می‌شود.

**سیستم‌های تصویرگر پزشکی**
**Medical Imaging Systems**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**سیستم‌های تصویرگر پزشکی**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Medical Imaging Systems** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول فیزیکی و قابلیت‌های دستگاه‌های تصویربرداری پزشکی مبتنی بر پرتوهای یونیزان و غیر یونیزان.

**رئوس مطالب:**

۱- مولدهای اشعه ایکس تشخیصی: نحوه تولید اشعه ایکس، تیوب‌ها و ژنراتورهای اشعه ایکس، مشخصه‌یابی کیفیت اشعه ایکس و عوامل مؤثر بر آن
۲- روش‌های رادیولوژی: رادیوگرافی، فلوروسکوپی، ماموگرافی
۳- کیفیت تصویر: تعریف نویز، حد تفکیک فضایی، MTF، کنتراست، راندمان آشکارسازی کوانتومی QDE، روش‌های مقایسه کیفیت سامانه‌های تصویربرداری
۴- سونوگرافی: تولید امواج اولتراسوند، فیزیک امواج اولتراسوند و برهم‌کنش اولتراسوند با ماده، روش‌ها و اصول تصویربرداری سونوگرافی
۵- برش‌نگاری رایانه‌ای: اصول حاکم بر برشنگاری رایانه‌ای، نسل‌های مختلف دستگاه‌های سی‌تی، بازسازی تصاویر سی‌تی، عیوب تصاویر سی‌تی
۶- تصویربرداری تشدید مغناطیسی: فیزیک تشدید مغناطیسی هسته‌ای، اصول تصویربردای تشدید مغناطیسی، تکنیک‌های مختلف تصویربرداری به روش تشدید مغناطیسی
۷- دوربین گاما: معرفی ساختار و عمکرد دوربین انگر، انواع موازی‌سازها و کاربرد آنها
۸- پزشکی هسته‌ای و سامانه‌های برش‌نگاری نشری: PET و SPECT

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** دارد (یک روز مراکز تصویربرداری پزشکی)

**منابع اصلی:**


1. J. T. Bushberg, J. A. Seibert, E. M. Leidholdt, J. M. Boone, “The Essential Physics of Medical Imaging”, Lippincott Williams & Wilkins, 3rd Edition, 2011.
2. D. J. Dowsett, P. A. Kenny, R. E. Johnston, “The Physics of Diagnostic Imaging”, CRC Press; 2nd Edition, 2006.

**بازسازی تصاویر پزشکی**
**Medical Image Reconstruction**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**بازسازی تصاویر پزشکی**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Medical Image Reconstruction** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری روش‌های بازسـازی تصاویر برش نگاری پزشکی شامل بازسازی تصاویر CT، MRI، PET و SPECT و الگوریتمهای بازسازی تصویر

**رئوس مطالب:**

۱- اصول برش نگاری
۲- روشهای بیم-موازی بازسازی تصویر: تبدیل فوریه، نظریه برش مرکزی، الگوریتمهای بازسازی تصویر
۳- روشهای بیم-بادبزنی بازسازی تصویر: هندسه بیم-بادبزنی و تابع توزیع نقطه‌ای، تبدیل الگوریتم بیم-موازی به بیم-بادبزنی، الگوریتمهای بازسازی بیم-بادبزنی
۴- برش نگاری پرتو عبوری و پرتو نشری: بازسازی تصاویر CT، بازسازی تصاویر PET و SPECT، اصطاح تضعیف در بازسازی تصاویر نشری
۵- بازسازی تصویر سه بعدی: بازسازی پرتوهای موازی، بازسازی صفحات موازی، بازسازی بیم مخروطی
۶- بازسازی به روش جبری: حل معادلات خطی، روشهای بازسازی جبری، روش MLEM، روش OSEM، روشهای حذف نویز
۷- بازسازی تصاویر MRI.

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. Gengsheng Lawrence Zeng “Medical Image Reconstruction- A Conceptual Tutorial”, Springer, 3rd Edition, 2010.
2. A. C. Kak, M. Slaney, “Principles of Computerized Tomographic Imaging”, IEEE Press, 1988.

**فیزیک پرتو درمانی**
**Physics of Radiation Therapy**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**فیزیک پرتو درمانی**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Physics of Radiation Therapy** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول فیزیکی، روشهای پرتودرمانی و محاسبه دز در پرتودرمانی.

**رئوس مطالب:**

۱- مشخصات و ساختار مولدهای پرتو ایکس و شتابدهنده مورد استفاده در پرتودرمانی
۲- اندازه‌گیری دز جذبی: دز جذبی، محاسبه دز جذبی، تئور حفره، پرتکل‌های دزیمتری TG-21، TG-51 و TRS-398، دزیمتری فوتون و الکترون
۳- توزیع‌های دز و تحلیل پراکندگی در پرتودرمانی خارجی فوتون: درصد دز عمقی، پروفایل دز، TAR، TPR، TMR، SAR و SMR، فاکتورهای پراکندگی فانتوم و کولیماتور
۴- روشهای درمانی SSD و SAD در پرتودمانی فوتون: محاسبه MU، میدانهای نامتقارن، میدانهای بی قاعده
۵- طراحی درمان در پرتودرمانی خارجی فوتون: توزیع‌های دز، داده‌های بیمار، تنظیمات بیمار، شکل دهی میدان تابشی، دز پوست، میدانهای مجاور
۶- پرتودرمانی با الکترون: برهمکنشهای الکترون، توزیع دز عمقی الکترون و مشخصه یابی بیم الکترون، مشخصات درمانی بیم الکترون، طراحی درمان، شکل دهی میدان تابشی، روشهای پرتودرمانی در الکترون تراپی
۷- براکی تراپی: چشمه های مورد استفاده در براکی تراپی، کالیبراسیون چشمه‌های براکی تراپی، محاسبه توزیع دز، سیتمهای دزیمتری در براکی تراپی (پاترسون-پارکر، کویمبی، ممموریال، پاریس، رایانه‌ای)، روشهای کاشت، سیستمهای بارگذاری کنترل از راه دور LDR و HDR

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** دارد (یک روز مراکز پرتودرمانی)

**منابع اصلی:**


1. F. M. Khan, J. B. Gibbons, “The Physics of Radiation Therapy”, Lippincott Williams & Wilkins, 5th Edition, 2014.
2. E. B. Podgorsak, “Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students”, IAEA Press, 2005.

**آزمایشگاه آشکارسازی و دزیمتری**
**Nuclear Radiation Detection Laboratory**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**آزمایشگاه آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Nuclear Radiation Detection Laboratory** | تعداد واحد:<br>**۱**<br>تعداد ساعت:<br>**۳۲** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | نظری | |
| | | | | ✓عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**
فراگیری اصول کار با انواع تجهیزات الکترونیک و آشکارسازهای تابش‌های هسته‌ای و طیف سنجی.

**رئوس مطالب:**
۱- آشنایی با دستگاه‌های الکترونیک هسته‌ای پایه
۲- شکل دهی پالس و مدارهای پیش تقویت کننده و تقویت کننده‌های پالس
۳- دستگاه تحلیلگر چند کاناله و طیف سنجی
۴- طیف سنجی گاما با NaI
۵- طیف سنجی گاما رزولوشن بالا با HPGe
۶- دزیمتری فوتون با TLDو کالیبراسیون
۷- دزیمتری نوترون با TLD
۸- فیلم دزیمتری
۹- دزیمتری مطلق با اتاقک یونش

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **ندارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **دارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

۱. دستور کار آزمایشگاه آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای، گروه مهندسی هسته‌ای دانشگاه اصفهان.

2. AN-34 Laboratory Manual, “Experiments in Nuclear Science”, ORTEC, 3rd Edition, 1987.

## دزیمتری در پرتوپزشکی
## Medical Radiation Dosimetry

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**دزیمتری در پرتوپزشکی**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Medical Radiation Dosimetry** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**فیزیک بهداشت** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول فیزیکی و روشهای دزیمتری در پرتودرمانی، پزشکی هسته‌ای و رادیولوژی.

**رئوس مطالب:**

۱- کمیتهای دزیمتری: دز جذبی، دز معادل، دز مؤثر، کرما، رابطه دز و کرما

۲- کمیتهای و واحدهای دزیمتری در پزشکی شامل ESE، DAP، AGD، CTDI و ...

۳- دزیمتری مطلق و نسبی و تئوریهای حفره: تئوری براگ گری، تئوری اسپنسر-اتیکس، تئوری برلین، توان ایستانندگی جرمی، اصول دزیمتری فوتون و ذرات باردار

۴- روشهای دزیمتری مطلق: اتاقک یونش، کالریمتری، دزیمتر شیمیایی

۵- روشهای دزیمتری نسبی: فیلم دزیمتری، ترمولومینسانس دزیمتری، دزیمتری با نیمه رساناها

۶- میکرو دزیمتری: روشها و کاربردهای آن

۷- پرتکل‌های دزیمتری پزشکی: TG-51 ، TRS-398 و TG-43

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. F. H. Attix, “Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry”, Wiley-VCH, 2007.

2. B. J. McParland, “Medical Radiation Dosimetry: Theory of Charged Particle Collision Energy Loss”, Springer, 2014.
3. B. J. McParland, “Nuclear Medicine Radiation Dosimetry: Advanced Theoretical Principales”, Springer, 2010.

**رادیوبیولوژی**
**Radiationbilogy**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**رادیوبیولوژی**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Radiobiology** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**
فراگیری مکانیزم و آثار پرتوهای یونیزان بر سلولها و بافت‌های بدن.

**رئوس مطالب:**
۹- فیزیک و شیمی جذب تشعشع
۱۰- پارگی‌های رشته DNA و ناهنجاری‌های کروموزومی
۱۱- منحنی‌های بقای سلول
۱۲- حساسیت پرتویی و سن سلول در چرخه میتوزی
۱۳- ترمیم آسیب تشعشعی و اثر آهنگ دز
۱۴- اثر اکسیژن و اکسیژندار شدن مجدد
۱۵- انتقال خطی انرژی و اثر بیولوژیکی نسبی
۱۶- آثار حاد تابش‌گیری کل بدن و محافظهای پرتویی
۱۷- سرطانزایی، آثار وراثتی و کاتارکت‌زایی تشعشع

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. E, J. Hall, “Radiobiology for the Radiologist ”, Lippincott Williams & Wilkins, 7rd Edition, 2011.

**حفاظ سازی در پرتو پزشکی**
**Medical Radiation Shielding**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**حفاظ سازی در پرتوپزشکی**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Medical Radiation Shielding** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول طراحی حفاظ در برابر پرتوهای ایکس، گاما، نوترون و ذرات باردار و طراحی حفاظهای دستگاهی و ساختمانی مراکز پرتوپزشکی از قبیل دستگاه‌های رادیولوژی، مراکز پرتودرمانی، پزشکی هسته‌ای و شتابدهنده مورد استفاده در درمان و تولید رادیودارو.

**رئوس مطالب:**

۱- اصول تئوری حفاظ سازی.

۲- حفاظ سازی در برابر پرتوهای نوترون: چشمه‌های نوترون، برهمکنش‌های هسته‌ای تولید کننده نوترون، فوتو نورتون، برهمکنش نوترون با ماده، فعال سازی نوترونی، اصول حفاظ سازی در برابر پرتوهای نوترونی

۳- حفاظ سازی فوتون: چشمه‌های گاما و ایکس، برهمکنش‌های فوتون با ماده، اصول حفاظ سازی در برابر پرتوهای گاما و ایکس

۴- مواد حفاظ: مواد مورد استفاده در حفاظ سازی نوترون، مواد مورد استفاده در حفاظ سازی فوتون، خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی مواد حفاظ

۵- حفاظ سازی ژنراتورهای اشعه ایکس تشخصی: حفاظ سازی ساختمان‌های رادیولوژی، حفاظ سازی اتاق های سی تی اسکن

۶- حفاظ سازی مراکز پرتودرمانی: حفاظ سازی اتاق‌های درمان با شتابدهنده LINAC، حفاظ سازی اتاق‌های درمان براکی تراپی LDR و HDR

۷- حفاظ سازی مراکز پزشکی هسته‌ای: حفاظ سازی ساختمانی سیستم تصویربردای گاما کمرا، SPECT و PET

۸- معرفی دستورالعمل‌های AAPM و IAEA مرتبط به طراحی حفاظ مراکز پرتو تشخیصی و پرتودرمانی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. A. B. Chilton, J. K. Shultis, R. E. Faw, “Principles of Radiation Shielding”, Prentice Hall, 1983.
2. J. K. Shultis, R. E. Faw, “Radiation Shielding”, American Nuclear Society, 2000.
3. OECD Nuclear Energy Agency, “Shielding Aspects of Accelerators, Targets and Irradiation Facilities”, Volume 4, 1999.
4. AAPM Task Group 108, “PET and PET/CT Shielding Requirements”, 2005.
5. IAEA Safety Reports Series No. 47, “Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities”, 2006.

**شتاب‌دهنده‌ها و کاربرد آنها در پزشکی**
**Accelerators and their uses in Medicine**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**شتاب‌دهنده‌ها و کاربرد آنها در پزشکی**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Accelerators and their uses in Medicine** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**
فراگیری اصـــول فیزیکی شـــتاب‌دهنده‌های ذرات باردار و کاربرد انواع شـــتابددهنده‌ها در پزشـــکی از قبیل پرتودرمانی، تولید رادیودارو و استریل کردن تجهیزات پزشکی.

**رئوس مطالب:**
۱- اصول کلی شتاب‌دهنده‌های ذرات باردار: دینامیک ذره، نیروهای الکتریکی و مغناطیسی، شتاب‌گیری و انحراف باریکه ذرات در میدانهای الکتریکی و مغناطیسی
۲- فیزیک و ویژگی انواع شتاب‌دهنده‌ها: شتاب‌دهنده‌های الکترواستاتیک، شتاب‌دهنده‌های رادیو فرکانسی، شتاب‌دهنده‌های القایی
۳- شتاب‌دهنده خطی پزشکی LINAC: اجزاء، عملکرد و کاربردهای شتاب‌دهنده خطی پزشکی
۴- شتاب‌دهنده سیکلوترون و سینکروسیکلوترون: فیزیک و کاربردهای پزشکی
۵- شتاب‌دهنده سنکروترون: فیزیک و کاربرد آن در هادرون تراپی
۶- شتاب‌دهنده بتاترون: فیزیک و کاربردهای پزشکی آن

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. W.Scharf, “Particle Accelerators and Their Uses”, ng”, Harwood Academic Publishers, 1986.
2. C. J. Karzmark, “Medical Electron Accelerators”, McGraw-Hill, 1993.
3. W. Wieszczycka, W. Scharaf, “Proton Radiotherapy Accelerators”, World Scientific, 2001.
4. T. P. Wangler, “Principles of RF Linear Accelerators”, John Wiley & Sons, Inc., 1998.
5. S. Humphries, Principles of Charged Particle Acceleration, John Wiley & Sons, Inc., 1999.

**پردازش تصویر**
**Image Processing**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**پردازش تصویر**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Image Processing** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول پرداش تصاویر دیجیتال و کاربردهای آن در پردازش و تحلیل تصاویر پزشکی.

**رئوس مطالب:**

۱- اصول و پردازش تصاویر دیجیتال: تاریخچه، انوا تصویرگرها، نمونه برداری و کوانتیزه کردن تصاویر

۲- بهبود کیفیت تصاویر دیجیتال در حوزه مکان: تبدیلات سطوح خاکستری، پردازش بر مبنای هیستوگرام، اصول فیلترهای مکانی هموار ساز و برجسته ساز

۳- بهبود کیفیت تصاویر دیجیتال در حوزه فرکانس: تبدیل فوریه گسسته دو بعدی، پیاد سازی فیلتر در فضای فرکانس، فیلترهای برجسته سازی، هموار سازی و هم ریختی در حوزه فرکانس

۴- بازیابی تصویر: مدلی برای فرایند بازیابی، مدل‌های نویز در پردازش تصاویر، بازیابی تصویر در حضور نویز، بازیابی تصویر با تخمین توابع تخریب کننده، تبدیلات هندسی

۵- پردازش تصاویر مبتنی بر ریخت شناسی، اصول عملگرهای ریخت شناسی، فرسایش و اتساع، عملگرهای باز و بسته کردن، بعضی از الگوریتم های اصلی مبنتی بر ریخت شناسی

۶- تقطیع تصویر، آشکارسازی انواع ناپیوستگیها، انواع لبه‌یاب ها، پیوند لبه‌ها، تقطیع بر مبنای آستانه گذاری، تقطیع بر مبنای نواحی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. R.C. Gonzalez, R.E. Woods, “Digital Image Processing”, 3rd Edition, Prentice Hall, 2007.
2. T. Acharya, “Image Processing”, John Wiley & Sons, Inc., 2005.
3. R.C. Gonzalez, R.E. Woods, S.L. Eddins, “Digital Image Processing using MATLAB”, 1st Edition, Pearson Prentice Hall, 2004.
4. T. Bose, “Digital Signal and Image Processing”, John Wiley & Sons, Inc., 2004.

**پردازش موازی**
**Parallel Processing**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**پردازش موازی**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Parallel Processing** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

معرفی High Perfirance Computing یا HPC و آشـنایی انواع معماری‌های متداول در پردازش موازی و روشـهای نرم افزاری موازی سـازی کدهای محاسـباتی با تمرکز بر نحوه راه اندازی سـامانه‌های کلاسـتری تحت ویندوز و لینوکس و اجرای کدهای تخصصی تحت کلاستر.

**رئوس مطالب:**

۱- پردازنده‌های مدرن: معرفی معمارهای مختلف پردازنده(multicoreProcessors، multithread processors و vector processors) و محدودیتها و قابلیت‌های هریک شامل
۲- روشهای بهینه سازی کدهای محاسباتی سریال و بهینه سازی دسترسی به داده‌ها
۳- انواع ابر رایانه‌های مورد استفاده در پرداش موازی: رایانه‌ها حافظه مشترک، رایانه‌های حافظه توزیعی، سیستمهای حافظه هیبریدی، شبکه‌ها
۴- اصول پردازش موازی: فلسفه موازی سازی، موازی سازی داده‌ها، موازی سازی عملگرها، مقیاس پذیری موازی سازی شامل پارامترهای مؤثر بر راندمان پردازش موازی
۵- برنامه نویسی موازی با حافظه اشراکی تحت OpenMP: معرفی OpenMP، نحوه برنامه نویسی موازی تحت OpenMP
۶- برنامه نویسی موازی با حافظه توزیعی تحت MPI: مفهوم message passing: نحوه برنامه نویسی تحت MPI
۷- برنامه نویسی هیبریدی با OpenMP و MPI: مدلهای اصلی برنامه نویسی هیبریدی
۸- ستاپ کلاستری از ایستگاه‌های کاری تحت ویندوز و لینوکس و اجرای کدهای هسته‌ای به صورت موازی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **دارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. G. Hager, G. Wellein, “Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers”, CRC Press, 2011.
2. V. Eijkhout, E. Chow, R. V. Geijn, “Introduction to High Performance Scientific Computing”, Texas Advanced Computing Center, 2011.
3. F. Nielsen, “Introduction to HPC with MPI for Data Science”, Springer, 2016.

**شبیه سازی در مهندسی پرتو پزشکی**
**Simulation in medical radiation Engineeing**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**شبیه سازی در مهندسی پرتو پزشکی**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Simulation in medical radiation Engineeing** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول شبیه‌سازی و مدل سازی برهم‌کنش پرتوها به روش مونت کارلو در آشکارسازها، دستگاه‌های تصویرساز و دستگاه‌های پرتودرمانی به منظور طراحی و بهینه سازی آنها و معرفی کدهای تخصصی عمومی و ویژه.

**رئوس مطالب:**

۱- روش مونت کارلو: معرفی و تاریخچه، نظریه احتمالی، چند مثال
۲- تولید اعداد تصادفی: اعداد تصادفی و اعداد شبه تصادفی، روشهای تولید اعداد تصادفی و شبه تصادفی
۳- روش‌های نمونه برداری: توابع توزیع تجمعی معکوس، روش طرد، روش‌های آمیخته
۴- تخمین خطا: تخمین خطای مستقیم، تخیم نخطای آماری دسته‌ای، تلفیق خطای اجراهای مجزا، خطاهای ناشی از اعداد تصادفی، خطای تجمعی
۵- ردیابی پرتو و چرخش: جابه جایی‌ها، چرخش دستگاه مختصات و تغییرات جهتی
۶- ترابرد پرتو در محیط مادی و مدل‌های برهمکنش: احتمال برهمکنش در محیط نامحدود، محیطهای محدود، نواحی با پراکندگی‌های مختلف، استخراج ضریب تضعیف ماکروسکوپیک از میکروسکوپیک، مدل‌های برهمکنش
۷- تئوری لوئیس: راه حل مرسوم، پراکندگی همسانگرد از هدف‌های یکنواخت
۸- هندسه: عبور از مرزهای هندسی، ساخت اشیاء از سطوح، ترابرد در حجم‌ها، قوانین انعکاس
۹- شبیه سازی ترابرد فوتون به روش مونت کارلو: برهمکنش‌های فوتون با ماده، منطق ترابرد فوتون
۱۰- شبیه سازی ترابرد الکترون: برهمکنش‌های الکترون با ماده، منطق ترابرد الکترون، خطای step-size در ترابرد الکترون.
۱۱- روش‌های کاهش واریانس: مفهوم کاهش واریانس، روش‌های ویژه الکترون و فوتون، روش‌های عام
۱۲- معرفی کدهای مونت کارلوی تخصصی: MCNP، BEAMnrc، EGSnrc، GATE، GEANT4، PENELOPE، FLUKA، SIMIND، SIMSET

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **دارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. A. F. Bielajew, “Fundamentals of the Monte Carlo method for neutral and charged particle transport”, The University of Michigan, 2001.
2. A. Haghighat, “Monte Carlo Methods for Particle Transport”, CRC Press; 2nd Edition, 2015.

**پردازش سیگنالهای دیجیتال**
**Digital Signal Processing**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**پردازش سیگنالهای دیجیتالی**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Digital Signal Processing** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری مباحث پایه در پردازش سیگنال‌های گسسته در زمان و دیجیتال

**رئوس مطالب:**

۱- سیستم‌های گسسته در زمان: تبدیل فوریه گسسته در زمان، سیگنال‌های گسسته در زمان تصادفی
۲- تبدیل Z: تعریف، ناحیه همگرایی و خواص تبدیل Z
۳- نمونه برداری: تعبیر فرکانسی نمونه برداری، پردازش گسسته (زمانی) سیگنال‌های پیوسته (زمانی)، پردازش چند نرخی سیگنال، نمونه برداری با نرخ بالاتر از نرخ نایکویست
۴- تحلیل تابع تبدیل سیستم‌های خطی تغییر ناپذیر با زمان: سیستم‌های کسری، تمام گذر، کمینه فازی و با فاز خط تعمیم یافته
۵- ساختارهای سیستم‌های گسسته دز زمان: نمایش بلوک-دیاگرام و نمایش جریان سیگنال، ساختارهای اصلی سیستم‌های IIR و FIR، فرم ترانهاده، اثرات خطای گرد کردن
۶- روش‌های طراحی فیلتر: طراحی فیلترهای گسسته (زمانی) با استفاده از فیلترهای پیوسته، طراحی فیلتر با استفاده از windowing، تبدیل‌های بهینه از فیلترهای FIR
۷- تبدیل فوریه گسسته (DFT) و تبدیل هیلبرت: معرفی DFT و خواص آن، تبدیل کسینوسی گسسته دز زمان، تجزیه و تحلیل سیگنال‌ها با استفاده از DFT

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. A. Oppenheim, R. Schafer, “Discrete-Time Signal Processing”, 3nd Edition, Prentice-Hall 2010.
2. M. Moonen, “Digital Signal Processing”, Course notes, KU Leuven, 2011.
3. V. K. Madisetti, D. B. Williams, “Digital Signal Processing Handbook”, CRC Press, 1999.

**رادیو ایزوتوپ‌ها و کاربرد آنها در پزشکی**
**Radioisotopes and their application in medicine**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**رادیو ایزوتوپ‌ها و کاربرد آنها در پزشکی**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Radioisotopes and their application in medicine** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری نحوه تولید رادیوایزوتوپ‌ها و بررسی عوامل مؤثر در تولید و روش تولید آنها و معرفی و بررسی رادیوداروهای مورد استفاده در پزشکی.

**رئوس مطالب:**

۱- تهیه و تولید رادیوایزوتوپها: عوامل مؤثر در انتخاب و تهیه هدف‌های مورد نظر برای پرتودهی، نحوه محاسبات تولید رادیوایزوتوپها
۲- رادیوایزوتوپ‌های مورد استفاده در پزشکی: روش‌های تولید، بررسی سطح مقطع واکنش‌های مختلف و راندمان تولید، اصول و روش تهیه و تولید رایوداروها و کیت‌های مربوطه، کنترل کیفی رادیودارها
۳- رادیوایزوتوپ‌ها و نانو مواد: رفتار نانو مواد در بدن، کاربردهای نانو رادیو داروها در پزشکی
۴- رادیو ایزوتوپ‌های مورد استفاده در تحقیقات دارویی و توسعه روش‌های ساخت دارو به ویژه داروهای مورد استفاده در اسکن PET
۵- کاربرد رادیوایزوتوپ‌های در آنالیزهای بیوشیمیایی بدن
۶- انواع رادیودارهای مورد استفاده در تصویربرداری پزشکی هسته‌ای
۷- تولید رادیوایزوتوپ‌های مورد استفاده در برشنگاری نشری پوزیترون PET
۸- تولید نانو رادیوداروهای مورد استفاده در تشخیص و درمان تومورهای سرطانی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

1. N. Singh, “Radioisotopes – Applications in Bio-Medical Science”, InTech, 2011.

## سیستم‌های تصویرگر پزشکی پیشرفته
## Advanced Medical Imaging Systems

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**مباحث پیشرفته در سیستم‌های تصویرگر پزشکی**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Advanced Topics in Medical Imaging Systems** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری اصول فیزیکی، قابلیت‌ها و روش‌های بازسازی تصویر در دستگاه‌های تصویربرداری پزشکی به ویژه سیستم‌های تصویربرداری برشنگاری.

**رئوس مطالب:**

۱- برشنگاری رایانه‌ای (CT): اجزا، اصلی دستگاه سی تی، آشکارسازهای چند آرایه‌ای (Multi-Array) و صفحه تخت (Flat Panel) حالت جامد، سی تی قلبی، سی تی دو انرژی، سی تی اسپیرال، سی تی چند سالایس، روشهای بازسازی تصویر در سی تی، ارزیابی دستگاه‌های سی تی، پارامترهای راندمانی سی تی، آرتیفکتها در سی تی و روشهای حذف آنها، دزیمتری در سی تی و روشهای کاهش دز، کاربردهای پیشرفته سی تی

۲- سونوگرافی: برهمکنش صوت با ماده، ترانسدیوسرهای تکی و آرایه‌ای، ترانسدیوسرهای آرایه‌ای خطی و فازی، خصوصیتهای بیم اولتراسوند در ترانسدیوسرهای مختلف، اجزاء سیستمهای سونوگرافی مدرن، جمع آوری داده و تصویرسازی در سیستمهای آرایه‌ای، داپلر سونوگرافی، سونوگرافی داپلر رنگی، تفسیر طیف داپلر، کاربردهای ویژه سونوگرافی، مواد کنتراست در سونوگرافی، سونوگرافی سه بعدی، آرتیفکتهای سونوگرافی و روشهای حذف یا کاهش آنها، کنترل کیفی و ارزیابی دستگاه‌های سونوگرافی

۳- تصویربرداری تشدید مغناطیسی: اجزای اصلی دستگاه MRI، خواص مغناطیسی بافت، جمع آوری داده و پارامترهای آن در MRI، انواع توالی پالس در MRI و ویژگی‌ها، مکانیزم‌های تعیین مکان سیگنال‌ها، فضای K و بازسازی تصویر، جمع آوری داده multislice، توالی پالس سریع، تصویربردای موازی، خصوصیات تصاویر MRI، اثر جریان مایعات در MRI، آرتیفکت‌های تصاویر MRI و روش کاهش آنها، طیف سنجی تشدید مغناطیسی، کنترل کیفی و ارزیابی دستگاه MRI، MRI عملکردی، بازسازی تصاویر MRI

۴- برشنگاری رایانه‌ای تک فوتونی (SPECT): روش جمع آوری داده‌ها، روشهای تصحیح تضعف در SPECT، کولیماتورها و ویژگی‌ها، راندمان و فاکتورهای مؤثر بر آن، کنترل کیفی

۵- برشنگاری نشری پوزیترونی: روش جمع داده‌ها، انواع همزمانی‌ها در PET، آشکاسازهای جدید مورد استفاده در PET و ساختارها، PET دو بعدی و سه بعدی، پارامترهای راندمان، روشهای تصحیح تضعیف، آرتیفکت‌های تصاویر PET و روشهای کاهش یا حذف آنها

۶- سیستم‌های چند دستگاهی: PET-CT، PET-MRI، SPECT-CT، آرتیفکتهای این نوع دستگاه‌ها، مزایا و نواقص، کاربردها

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. J. T. Bushberg, J. A. Seibert, E. M. Leidholdt, J. M. Boone, “The Essential Physics of Medical Imaging”, Lippincott Williams & Wilkins, 3rd Edition, 2011.
2. R. Cierniak, X-Ray Computed Tomography in Biomedical Engineering”, Springer, 2011.
3. J. Hsieh, “Computed tomography: principles, design, artifacts, and recent advances”, SPIE Press, 2009.
4. D. L. Bailey, D. W. Townsend, P. E. Valk, M. N. Maisey, “Positron Emission Tomography”, Springer, 2005.
5. H. Zaidi, “Quantitative Analysis in Nuclear Medicine Imaging”, Spinger, 2006.

**پردازش تصاویر پزشکی پیشرفته**
**Advanced Medical Image Processing**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**پردازش تصاویر پزشکی پیشرفته**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Advanced Medical Image Processing** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**پردازش تصویر** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

آموزش مباحث و روشهای پیشرفته در تجزیه و تحلیل تصاویر پزشکی و پردازش تصاویر پزشکی.

**رئوس مطالب:**

۱- مقدمه بر تصاویر دیجیتال پزشکی و استاندارد DICOM
۲- بهبود کیفیت تصاویر: روش‌های پایه‌ای، فیلتر تطبیقی، عملگرهای غیر خطی، فیلترهای هیبریدی
۳- تقطیع تصاویر پزشکی: روش خوشه فازی، روش شبکه عصبی، مدل‌های قابل تنظیم، اطلاعات شکل در مدل‌ای قابل تنظیم، تقطیع خودکار هیبریدی مغز، طبقه بندی بافت، تقسیم جزئی حجم از هیستوگرام واکسلی
۴- الگوریتم‌های کمی سازی اطلاعات تصویر: استخراج اطلاعت دو بعدی و سه بعدی بافت، مدل سازی رشد تومور، تخمین ریسک سرطان پستان
۵- رجیستر کردن تصاویر: اعوجاجات فضای تصاویر MRI، اعوجاجات فضایی تصاویر PET، مدل‌های تبدیل فضایی، اعتبار سنجی رجیستر کردن تصاویر، الگوریتم‌های رجیستر کردن تصاویر پزشکی
۶- نمایش تصاویر پزشکی: تجسم تصاویر پزشکی، سه بعدی سازی تصاویر، تصویر سازی حجمی، روش‌های رایانه‌ای آندوسکوپی مجازی
۷- فشرده سازی، ذخیره سازی و انتقال تصاویر پزشکی: اصول و استانداردهای فشرده سازی و انتقال تصاویر، ذخیره سازی و انتقال تصاویر پزشکی، PACS

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. G. Doughertys, “Medical Image Processing”, Springer, 2011.
2. I. Bankman, “Handbook of Medical Image Processing and Analysis”, Academic Press, 2009.
3. W. Birkfellner, “Applied Medical Image Processing, Second Edition: A Basic Course”, CRC Press, 2014.

**پرتو درمانی پیشرفته**
**Advanced Radiation therapy**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**پرتو درمانی پیشرفته**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Advanced Radiation therapy** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**
فراگیری روش‌های نوین پرتودرمانی، چالش‌ها و مزایای آنها.

**رئوس مطالب:**
۱- پرتودرمانی کانفورمال سه بعدی: طراحی درمان، بهینه سازی و ارزیابی درمان، روشهای محاسبه دز
۲- پرتودرمانی با شدت مدوله شده (IMRT): طراحی درمان، مکانیزم درمان، روش‌های پرتودهی، توموتراپی، روش VMAT، راه اندازی یا Commissioning، روشهای محاسبه دز، کاربردهای کلینیکی، چالش‌ها و مزایا
۳- پرتودرمانی و جراحی استریوتاکتیک: روشهای جراحی استریوتاکتیک (چاقوی اشعه ایکس و چاقوی گاما)، روش دزیمتری، الگوریتم‌های محاسبه دز، کنترل کیفی و تضمین کیفیت، کاربردهای کلینیکی
۴- پرتودرمانی استریوتاکتیک بدن: شبیه سازی و طراحی درمان، راه اندازی و تضمین کیفیت، کاربردهای کلینیکی
۵- براکی تراپی HDR و براکی تراپی داخل عروقی: یونیتهای HDR متداول، طراحی و روند درمانی HDR، دستورالعمل شرایط اضطراری، کالیبراسیون چشمه‌های HDR، طراحی درمان و الگوریتمهای محاسبه دز، تضمین کیفیت، کاربردهای کلینیکی، روش درمان براکی تراپی داخل عروقی، کاربردها و محاسبه دز
۶- پرتودرمانی با هدایت تصویر: روش درمان، دستگاه‌ها و روش‌های تصویربرداری، مدیریت حرکت تنفسی، مدیریت دز تصویربرداری
۷- پرتودرمانی پرتون: هادرون تراپی چیست، هاردون‌ها و فیزیک برهمکنش آنها با بافت، رادیوبیولوژی هادرون‌ها، شتابدهنده‌های پرتون (سیکلوترون، سنکروسیکلوترون و سنکروترون)، سامانه‌های انتقال باریکه، دزیمتری، طراحی درمان، کنترل کیفی
۸- سیستم‌های طراحی درمان: سیتمها و الگوریتمهای محاسبه دز در طراحی درمان فوتون، الکترون، پروتون و براکی تراپی.

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. F. M. Khan, “The Physics of Radiation Therapy”, LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS, a WOLTERS KLUWER, 4th Edition, 2014.
2. E. B. Podgorsak, “Radiaiton Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students”, IAEA, 2005.

**آشکارسازی و دزیمتری پیشرفته**
**Advanced Radiation Detection and Dosimetry**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**آشکارسازی و دزیمتری پیشرفته**<br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Advanced Radiation Detection and Dosimetry** | تعداد واحد:<br>**۳**<br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری روشهای پیشرفته در آشکارسازی دزیمتری تابش‌های هسته‌ای با رویکرد کاربردهای پزشکی.

**رئوس مطالب:**

۱- آشکارسازهای نیمه‌رسانا: آشکارسازهای نیمه رسانای دیودی، آشکارسازهای ژرمانیومی، آشکارسازهای سوق لیتیومی و آشکارسازهای نیمه رسانای غیر از سیلیسیوم و ژرمانیوم، طیف نگاری با آشکارسازهای نیمه رسانا

۲- آشکارسازی نوترون‌های کند و تند: برهمکنش‌های مورد استفاده در آشکارسازی نوترون‌های کند، آشکارسازهای مبتنی بر برهمکنش با بور، آشکارسازهای مبتنی بر برهمکنش با لیتیوم و هلیوم۳، آشکارسازی و طیف نگاری نوترون‌های سریع: روش‌های مبتنی بر کند سازی، روش‌های مبتنی بر برهمکنش نوترون تند، روش‌های مبتنی بر پراکندگی نوترون‌های تند

۳- پردازش و شکل دهی پالس: امپدانس دستگاه‌ها و تطبیق امپدانس، کابل‌های کواکسیال و تجهیزات اتصال دهنده، انواع روش‌های شکل دهی پالس در الکترونیک هسته‌ای

۴- معرفی استانداردهای الکترونیک هسته‌ای و انواع مدول‌های خطی و منطقی مورد استفاده در آشکارسازی شامل پیش تقویت کننده‌ها، تقویت کننده‌های خطی، مدارهای تأخیری، مدارت هم‌زمانی و تحلیلگر تک کاناله و چند کاناله

۵- دزیمترهای اتاقک یونش: دزیمتری مطلق با اتاقک یونش، انواع دزیمترهای اتاقک یونش (فارم، مارکوس، ...)، پرتکل دزیمتری TG-51 و TRS-398

۶- فیلم دزیمتری: فیلم‌های رادیوگرافی و رادیوکرومیک، کالیبراسیون، منحنی مشخصه، محدوده دز

۷- آشکارسازی و دزیمتری گرمالیانی (TLD): انواع، عملکرد و مشخصات فیزیکی، کاربردها، کالیبراسیون، دزیمتری

۸- آشکارسازهای ویژه: شمارنده‌های تناسبی و یونشی مایع، آشکارسازهای رد شیمیایی، فعال سازی نوترونی

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **دارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **ندارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**


1. C.F. Knoll, “Radiation Detection and Measurement”, John Wiley & Sons, 2010.
2. R. Leo, “Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, A How-to Approach”, Springer-Verlag, 1993.
3. F. H. Attix, “Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry”, Wiley-VCH, 2007.
4. G. Shani, “Instrumentation and Methods”, CRC Press, 2nd Edition, 2001.

## مباحث ویژه در مهندسی پرتو پزشکی
## Special Topics in Medical Radiation Engineering

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**مباحث ویژه در مهندسی پرتو پزشکی**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Special Topics in Medical Radiation Engineering** | تعداد واحد:<br>**۳**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۴۸** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش‌نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| | آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | |

**هدف درس:**

فراگیری مباحث روز مرتبط با مهندسی پرتوپزشکی.

**رئوس مطالب:**

سرفصل درس توسط استاد درس تهیه و پس از تأیید گروه ارائه می‌شود.

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **دارد** | **دارد** | آزمون‌های نوشتاری: **ندارد** | **دارد** |
| | | عملکردی: **ندارد** | |

**منابع اصلی:**

منابع با نظر استاد درس، متناسب با موضوعات تعیین شده و با هماهنگی گروه ارائه می‌شود.

**سمینار ۱**
**Seminar I**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**سمینار ۱**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Seminar I** | تعداد واحد:<br>**۱**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۱۶** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

**هدف درس:**

تبیین اصول انتخاب یک موضوع علمی، جمع‌آوری اطلاعات مرتبط با آن موضوع و ارائه آن.

**رئوس مطالب:**

در این درس دانشجو با هماهنگی یکی از استادان گروه، یکی از موضوعات تخصصی و به‌روز مرتبط با مهندسی هسته‌ای را انتخاب کرده و پس از انجام تحقیقات کامل در مورد سمینار، نتایج تحقیقات را هم به صورت یک سخنرانی علمی عمومی و هم به صورت مدون ارائه می‌نماید.

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **ندارد** | آزمون های نوشتاری: **ندارد** | **دارد** |
| | | عملکردی: **ندارد** | |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

کلیه کتاب‌ها، مقالات و منابع علمی معتبر مرتبط با سمینار.

**سمینار ۲***
**Seminar II**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| عنوان درس به فارسی:<br>**سمینار ۲**<br><br>عنوان درس به انگلیسی:<br>**Seminar II** | تعداد واحد:<br>**۲**<br><br>تعداد ساعت:<br>**۳۲** | نوع واحد | جبرانی | نظری | درس پیش نیاز:<br>**ندارد** |
| | | | | عملی | |
| | | | پایه | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | اصلی-مشترک | نظری | |
| | | | | عملی | |
| | | | ✓تحصیلات تکمیلی (اختیاری ) | ✓نظری | |
| | | | | عملی | |
| آموزش تکمیلی عملی:<br>☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار | | | | | |

* مخصوص دانشجویان آموزش محور

**هدف درس:**

تبیین اصول انتخاب یک موضوع علمی، جمع‌آوری اطلاعات مرتبط با آن موضوع و ارائه آن.

**رئوس مطالب:**

در این درس دانشجو با هماهنگی یکی از استادان گروه، یکی از موضوعات تخصصی و به‌روز مرتبط با مهندسی هسته‌ای را انتخاب کرده و پس از انجام تحقیقات کامل در مورد سمینار، نتایج تحقیقات را هم به صورت یک سخنرانی علمی عمومی و هم به صورت مدون ارائه می‌نماید.

**روش ارزیابی:**

| ارزشیابی مستمر | آزمون میان ترم | آزمون نهایی | پروژه |
|---|---|---|---|
| **ندارد** | **ندارد** | آزمون های نوشتاری: **ندارد**<br>عملکردی: **ندارد** | **دارد** |

**بازدید:** ندارد

**منابع اصلی:**

کلیه کتاب‌ها، مقالات و منابع علمی معتبر مرتبط با سمینار.

# جدول تطبیقی

جدول۱۰: مقایسه درس برنامه جدید و قدیم

| درس برنامه قدیم | | درس برنامه جدید | | ملاحضات |
|---|---|---|---|---|
| نام درس | واحد | نام درس | واحد | |
| فیزیک بهداشت | ۳ | فیزیک بهداشت | ۳ | بازنگری سرفصل |
| فیزیک راکتور ۱ | ۳ | فیزیک راکتور ۱ | ۳ | بازنگری سرفصل |
| فیزیک راکتور ۲ | ۳ | فیزیک راکتور ۲ | ۳ | بازنگری سرفصل |
| انتقال حرارت هسته‌ای | ۳ | انتقال حرارت هسته‌ای | ۳ | - |
| آزمایشگاه فیزیک راکتور | ۱ | آزمایشگاه فیزیک راکتور | ۱ | - |
| فناوری نیروگاه‌های هسته‌ای | ۳ | فناوری نیروگاه‌های هسته‌ای | ۳ | - |
| محاسبات عددی پیشرفته | ۳ | محاسبات عددی پیشرفته | ۳ | بازنگری سرفصل |
| جریان‌های دو فازی | ۳ | جریان‌های دو فازی | ۳ | - |
| فیزیک راکتورهای سریع زاینده | ۳ | فیزیک راکتورهای سریع زاینده | ۳ | - |
| ایمنی راکتورهای هسته‌ای | ۳ | ایمنی راکتورهای هسته‌ای | ۳ | بازنگری سرفصل |
| چرخه سوخت | ۳ | چرخه سوخت | ۳ | - |
| مدیریت سوخت | ۳ | مدیریت سوخت | ۳ | - |
| کاربرد روش مونت کارلو در محاسبات هسته‌ای | ۳ | کاربرد روش مونت کارلو در محاسبات هسته‌ای | ۳ | - |
| دینامیک راکتورهای هسته‌ای | ۳ | دینامیک راکتورهای هسته‌ای | ۳ | بازنگری سرفصل |
| مواد هسته‌ای | ۳ | مواد هسته‌ای | ۳ | - |
| ریاضیات مهندسی پیشرفته | ۳ | ریاضیات مهندسی پیشرفته | ۳ | - |
| - | - | دینامیک راکتورهای هسته‌ای پیشرفته | ۳ | درس جدید |
| - | - | کنترل پیشرفته در مهندسی راکتور | ۳ | درس جدید |
| ترموهیدرولیک پیشرفته | ۳ | ترموهیدرولیک پیشرفته | ۳ | بازنگری سرفصل |
| - | - | مدیریت و اقتصاد انرژی | ۲ | درس جدید |
| - | - | تحلیل سامانه‌ها و ممیزی انرژی | ۲ | درس جدید |
| مباحث ویژه در راکتور | ۳ | مباحث ویژه در راکتور | ۳ | - |

ادامه جدول ۹

| دروس برنامه قدیم | | دروس برنامه جدید | | ملاحضات |
|---|---|---|---|---|
| نام درس | واحد | نام درس | واحد | |
| حفاظت در برابر اشعه گداخت هسته‌ای | ۳ | فیزیک بهداشت | ۳ | تغییر نام درس به فیزیک بهداشت |
| آشکارسازی و دزیمتری راکتورهای گداخت هسته‌ای | ۳ | آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۱ | ۳ | تغییر به درس‌های آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای و دزیمتری |
| مهندسی گداخت هسته‌ای ۱ | ۳ | مهندسی گداخت هسته‌ای ۱ | ۳ | - |
| مهندسی گداخت هسته‌ای ۲ | ۳ | مهندسی گداخت هسته‌ای ۲ | ۳ | - |
| توکامک ماشین مولد گداخت هسته‌ای۱ | ۳ | توکامک ۱ | ۳ | تغییر نام درس |
| آزمایشگاه گداخت هسته‌ای ۱ | ۲ | آزمایشگاه گداخت هسته‌ای | ۱ | کاهش تعداد واحد |
| فیزیک و مهندسی پلاسما ۱ | ۳ | فیزیک و مهندسی پلاسما ۱ | ۳ | - |
| فیزیک و مهندسی پلاسما ۲ | ۳ | فیزیک و مهندسی پلاسما ۲ | ۳ | - |
| اصول پلاسمای آماری | ۳ | فیزیک پلاسمای آماری | ۳ | تغییر نام درس |
| مبانی طراحی راکتورهای گداخت هسته‌ای | ۳ | مبانی طراحی راکتورهای گداخت هسته‌ای | ۳ | - |
| توکامک ماشین مولد گداخت هسته‌ای۲ | ۳ | توکامک ۲ | ۳ | تغییر نام درس |
| - | - | سوخت و مواد گداخت هسته‌ای | ۳ | درس جدید |
| مگنتوئیدرودینامیک | ۳ | مگنتوئیدرودینامیک | ۳ | - |
| دستگاه‌های پلاسمای کانونی | ۳ | دستگاه های تحقیقاتی پلاسما | ۳ | تغییر نام درس |
| آزمایشگاه گداخت هسته‌ای ۲ | ۱ | - | - | حذف درس |
| کاربردهای صنعتی پلاسما | ۳ | کاربردهای صنعتی پلاسما | ۳ | - |
| لیزر و کاربردهای آن در گداخت هسته‌ای | ۳ | لیزر و کاربردهای آن در گداخت هسته‌ای | ۲ | - |
| برنامه‌ریزی و مدل‌سازی انرژی | ۳ | - | - | حذف درس |
| شبیه‌سازی و مدل‌سازی و کاربرد آن در گداخت هسته‌ای | ۳ | مدل‌سازی و شبیه‌سازی فرایندهای گداخت هسته‌ای | ۳ | تغییر نام درس |
| مباحث ویژه در مهندسی گداخت هسته‌ای | ۳ | مباحث ویژه در گداخت هسته‌ای | ۳ | تغییر نام درس |
| مباحث ویژه در مهندسی پلاسما | ۳ | - | - | حذف درس |
| آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۱ | ۳ | آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۱ | ۳ | - |
| دستگاه‌های مولد پرتو | ۳ | دستگاه‌های مولد پرتو | ۳ | - |
| کاربردهای صنعتی رادیوایزوتوپ‌ها | ۳ | کاربردهای صنعتی رادیوایزوتوپ‌ها | ۳ | - |
| آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۲ | ۳ | آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۲ | ۳ | - |

ادامه جدول ۹

| دروس برنامه قدیم | | دروس برنامه جدید | | ملاحضات |
|---|---|---|---|---|
| نام درس | واحد | نام درس | واحد | |
| آزمایشگاه آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای | ۱ | آزمایشگاه آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای | ۱ | - |
| روش‌های آنالیز هسته‌ای | ۳ | روش‌های آنالیز هسته‌ای | ۳ | - |
| سیستم‌های تصویربرداری پزشکی | ۳ | سیستم‌های تصویرگر پزشکی | ۳ | اصلاح عنوان درس |
| حفاظ سازی | ۳ | حفاظ سازی | ۳ | بازنگری سرفصل |
| محاسبات ترابرد پرتو | ۳ | محاسبات ترابرد پرتو | ۳ | - |
| الکترونیک هسته‌ای | ۳ | الکترونیک هسته‌ای | ۳ | - |
| شتاب‌دهنده‌ها و کاربرد آنها | ۳ | شتاب‌دهنده‌ها و کاربرد آنها | ۳ | - |
| فناوری خلاء | ۳ | فناوری خلاء | ۳ | - |
| کشاورزی هسته‌ای | ۳ | کشاورزی هسته‌ای | ۳ | - |
| طراحی هدف‌های هسته‌ای | ۳ | طراحی هدف‌های هسته‌ای | ۳ | - |
| چشمه‌های یونی | ۳ | چشمه‌های یونی | ۳ | - |
| مدیریت بحران هسته‌ای | ۳ | مدیریت بحران هسته‌ای | ۳ | - |
| مباحث ویژه در کاربرد پرتوها | ۳ | مباحث ویژه در کاربرد پرتوها | ۳ | - |
| - | - | دزیمتری | ۳ | درس جدید |
| - | - | آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای پیشرفته | ۳ | درس جدید |
| - | - | دستگاه‌های مولد پرتو پیشرفته | ۳ | درس جدید |
| - | - | روش‌های آنالیز هسته‌ای پیشرفته | ۳ | درس جدید |
| - | - | شبیه‌سازی در مهندسی هسته‌ای | ۳ | درس جدید |
| - | - | طیف نگاری هسته‌ای | ۳ | درس جدید |
| - | - | مباحث ویژه در کاربردپرتوها | ۳ | درس جدید |
| دستگاه‌های پرتوپزشکی | ۳ | - | - | حذف درس |
| کارآموزی دستگاه‌های پرتوپزشکی | ۱ | - | - | حذف درس |
| آشکارسازی و دزیمتری | ۳ | آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۱ | ۳ | تغییر نام درس |
| آزمایشگاه آشکارسازی و دزیمتری | ۱ | آزمایشگاه آشکارسازی و دزیمتری | ۱ | بازنگری سرفصل |
| حفاظ سازی در پرتوپزشکی | ۳ | حفاظ سازی در پرتوپزشکی | ۳ | بازنگری سرفصل |
| طراحی و محاسبه دز در پرتودرمانی | ۳ | فیزیک پرتودرمانی | ۳ | تغییر نام درس و بازنگری سرفصل |
| ابزار دقیق مهندسی پرتوپزشکی | ۳ | - | - | حذف درس |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| سیستم‌های تصویرگر پزشکی | ۳ | سیستم‌های تصویرگر پزشکی | ۳ | بازنگری سرفصل |
| شتاب‌دهنده‌ها و کاربرد آنها در پزشکی | ۳ | شتاب‌دهنده‌ها و کاربرد آنها در پزشکی | ۳ | بازنگری سرفصل |
| الکترونیک هسته‌ای | ۳ | - | - | حذف از جدول پرتوپزشکی |
| رادیوایزوتوپ‌ها و کاربرد آنها | ۳ | رادیوایزوتوپ‌ها و کاربرد آنها در پزشکی | ۳ | تغییر نام درس و بازنگری سر فصل |
| مباحث پیشرفته در آشکارسازی و دزیمتری | ۳ | آشکارسازی و دزیمتری پیشرفته | ۳ | تغییر نام درس و بازنگری سرفصل |
| مباحث پیشرفته در روش‌های درمان با پرتوها | ۳ | - | - | حذف درس |
| مباحث پیشرفته در سیستم‌های تصویرگر پزشکی با پرتوهای یونساز | ۳ | سیستم‌های تصویرگر پزشکی پیشرفته | - | تغییر نام درس و بازنگری سرفصل |
| مباحث پیشرفته در سیستم‌های تصویرگر پزشکی با پرتوهای غیر یونساز | ۳ | - | - | حذف درس |
| محاسبات عددی پیشرفته | ۳ | - | - | حذف از جدول پرتوپزشکی |
| مباحث پیشرفته در پرتودرمانی | ۳ | پرتودرمانی پیشرفته | ۳ | تغییر نام درس و بازنگری سرفصل |
| مباحث پیشرفته در دزیمتری | ۳ | دزیمتری در پرتوپزشکی | ۳ | تغییر نام درس و بازنگری سرفصل |
| اثرات زیست محیطی پرتوها | ۳ | - | - | حذف درس |
| پردازی سیگنال‌های دیجیتالی | ۳ | پردازی سیگنال‌های دیجیتالی | ۳ | بازنگری سرفصل |
| مدارهای واسطه کامپیوتر | ۳ | - | - | حذف درس |
| هوش مصنوعی و سیستم‌های هوشمند | ۳ | - | - | حذف درس |
| شبکه‌های عصبی و منطق فازی | ۳ | - | - | حذف درس |
| پردازش موازی | ۳ | پردازش موازی | ۳ | بازنگری سرفصل |
| پردازش تصویر | ۳ | پردازش تصویر | ۳ | بازنگری سرفصل |
| شبیه سازی | ۳ | شبیه سازی در مهندسی پرتوپزشکی | ۳ | تغییر نام درس و بازنگری سرفصل |
| روش‌های آنالیز پرتوپزشکی | ۳ | - | - | حذف درس |
| مباحث ویژه | ۳ | مباحث ویژه در مهندسی پرتوپرشکی | ۳ | تغییر نام درس |
| - | - | بازسازی تصاویر پزشکی | ۳ | درس جدید |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| - | - | رادیو بیولوژی | ۳ | درس جدید |
| سمینار ۱ | ۱ | سمینار ۱ | ۱ | - |
| سمینار ۲ | ۱ | سمینار ۲ | ۲ | افزایش واحد درس- مخصوص دانشجو یان آموزش محور |
| پایان نامه | ۶ | پایان نامه | ۶ | - |