

باسمه تعالی



دانشکده علوم و فناوری‌های نوین

گروه مهندسی هسته‌ای

## مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس

کارشناسی ارشد رشته مهندسی هسته‌ای

گرایش کاربرد پرتوها

تابستان ۱۳۹۲



### پیش‌گفتار

در راستای تحقق اهداف کلی برگزاری دوره کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای- گرایش کاربرد پرتوها و و بنابر تجارب حاصله در دوره‌های پیشین، لزوم بازنگری سرفصل دروس این دوره احساس می‌گردد. بنابراین مجموعه حاضر با هدف ایجاد منبعی مناسب برای برنامه‌های آموزشی و پژوهشی این دوره تهیه شده است. در این مجموعه ضمن تفکیک دروس در مجموعه‌های اصلی مشترک، تخصصی گرایش و اختیاری، برای هر درس تعداد واحد نظری یا عملی، دروس پیش‌نیاز و هم‌نیاز، هدف از ارائه درس و رئوس مطالبی که بایستی پوشش داده شود، نحوه ارزیابی، نیازسنجی، بازدیدهای عملی و منابع و مراجع مربوطه به طور مفصل ارائه شده است. امید است تهیه این مجموعه گامی مؤثر در دستیابی بهتر و کاملتر دانش‌آموختگان این دوره به اهداف تعیین شده باشد تا بتوانند قابلیت‌های خود را در مراکز و صنایع مختلف به کار برند.



## تعداد واحدهای درسی

دانشجویان این دوره می بایست تعداد ۳۱ واحد درسی را مطابق جدول ۱ بگذرانند.

جدول ۱: تعداد کل واحدهای درسی رشته مهندسی هسته ای گرایش کاربرد پرتوها

واحد	شرح درس
۶	اصلی مشترک
۱۰	تخصصی گرایش
۹	اختیاری
۶	پایان نامه
۳۱	جمع

## دروس دوره

### (۱) دروس جبرانی

پذیرفته شدگان این دوره بنابر نیاز و با تشخیص گروه تعدادی از دروس جبرانی جدول ۲ را می گذرانند.

جدول ۲: دروس جبرانی

تعداد واحد	نام درس
۳	فیزیک هسته ای
۱	آزمایشگاه فیزیک هسته ای
۲	محاسبات عددی
۳	ریاضی مهندسی
۳	شیمی هسته ای

### (۲) دروس اصلی مشترک

دانشجویان می بایست تعداد ۶ واحد از دروس اصلی مشترک را با نظر گروه طبق جدول ۳ بگذرانند.

جدول ۳: دروس اصلی مشترک

هم نیاز	پیش نیاز	تعداد واحد	نام درس
-	-	۳	فیزیک بهداشت
-	-	۳	محاسبات عددی پیشرفته
-	-	۳	آشکارسازی تابش های هسته ای ۱



### ۳) دروس تخصصی گرایش

دانشجویان موظف هستند دروس تخصصی گرایش را مطابق جدول ۴ بگذرانند.

جدول شماره ۴: دروس تخصصی گرایش

نام درس	تعداد واحد	پیش نیاز	هم نیاز
دستگاه های مولد پرتو	۳	-	-
کاربردهای صنعتی رادیویایزوتوپها	۳	-	-
آشکارسازی تابش های هسته ای ۲	۳	آشکارسازی تابش های هسته ای ۱	-
آزمایشگاه آشکارسازی تابش های هسته ای	۱	-	آشکارسازی تابش های هسته ای ۱

### ۴) دروس اختیاری

دانشجویان لازم است تعداد ۹ واحد از دروس جدول ۵ را به عنوان دروس اختیاری به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید گروه انتخاب کنند.

جدول ۵: دروس اختیاری\*

نام درس	تعداد واحد	پیش نیاز	هم نیاز
الکترونیک هسته ای	۳	-	-
حفاظ سازی	۳	-	-
فناوری خلاء	۳	-	-
روش های آنالیز هسته ای	۳	-	-
محاسبات ترابرد پرتو	۳	-	-
شتاب دهنده ها و کاربرد آنها	۲	-	-
سیستم های تصویربرداری پزشکی	۳	-	-
کشاورزی هسته ای	۳	-	-
طراحی هدف های هسته ای	۳	-	-
چشمه های یونی	۳	-	-
مدیریت بحران هسته ای	۳	-	-
مباحث ویژه در کاربرد پرتوها	۳	-	-
سمینار ۱	۱	-	-
سمینار ۲	۲	-	-

\* دانشجویان می توانند با نظر استاد راهنما و تصویب گروه تا دو درس (۶ واحد درسی) از جدول شماره ۳ یا سایر گرایش ها و رشته های مرتبط موجود در دانشگاه اخذ نمایند.



۵) پایان نامه

دانشجویان این دوره موظفند ۶ واحد پایان نامه را زیر نظر استاد راهنما و با تصویب گروه بگذرانند.

تبصره: دانشجویان آموزش محور می بایست به جای ۶ واحد پایان نامه، ۳ واحد سمینار و ۳ واحد درس از جدول دروس اختیاری اخذ نمایند.



فهرست دروس

صفحه	عنوان
۷	فیزیک بهداشت
۸	محاسبات عددی پیشرفته
۱۰	آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۱
۱۱	دستگاه‌های مولد پرتو
۱۲	کاربردهای صنعتی رادیو ایزوتوپ‌ها
۱۳	آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای ۲
۱۴	آزمایشگاه آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای
۱۵	الکترونیک هسته‌ای
۱۶	حفاظ سازی
۱۷	فناوری خلاء
۱۸	روش‌های آنالیز هسته‌ای
۱۹	محاسبات ترابرد پرتو
۲۰	شتاب دهنده‌ها و کاربرد آنها
۲۱	سیستم‌های تصویربرداری پزشکی
۲۲	کشاورزی هسته‌ای
۲۳	طراحی هدف‌های هسته‌ای
۲۴	چشمه‌های یونی
۲۵	مدیریت بحران هسته‌ای
۲۶	مباحث ویژه در کاربرد پرتوها
۲۷	سمینار ۱
۲۸	سمینار ۲
۲۹	جداول تطبیقی



فیزیک بهداشت  
Health physics

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: اصلی مشترک
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز: -

هدف درس:

معرفی کمیتهای مورد استفاده در دزسنجی تابش های یوننده و تجهیزات دزیمتری، فراگیری اصول فیزیک بهداشت پرتوهای یوننده، 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، شتابدهنده ها و دستگاههای پرتو پزشکی.
- ۲- برهم کنش پرتوهای یوننده اعم از فوتون، نوترون و ذرات باردار با ماده.
- ۳- دز سنجی و معرفی کمیتهای آن.
- ۴- اثرات زیست شناختی پرتوهای یوننده.
- ۵- قوانین و راهنمای حفاظت در برابر تابش های یوننده.
- ۶- تجهیزات دزیمتری و اصول عملکردی آنها.
- ۷- اصول حفاظت در برابر تابش های خارجی و طراحی حفاظ.
- ۸- حفاظت در برابر پرتوگیری داخلی و محاسبات دز داخلی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	-

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.



## Advanced Numerical Methods

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: اصلی مشترک
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز: -

### هدف درس:

فراگیری روشها و اصول حل عددی معادلات کاربردی در مهندسی هسته ای.

### رئوس مطالب:

- ۱- مقدمه ای بر جبر خطی، مقادیر و بردارهای ویژه.
- ۲- مبانی تحلیل عددی: روش های عددی، تحلیلی، درونیایی، انتگرالگیری و کاربرد آنها در حل مسائل مقدار اولیه و معادلات دیفرانسیل، روش های حل معادلات خطی، تبدیل متشابه و فرم مخروطی جردن.
- ۳- روش های عددی برای حل معادلات دیفرانسیل معمولی و آنالیز خطای آن ها: روش اویلر، روش تیلور، روش رانگ کوتا، روشهای چند گامی، روشهای پیشبینی و تصحیح، آنالیز پایداری و خطاهای عددی.
- ۴- روش های Moment، حداقل مربعات، Collocation، Penalty، Galerkin و Ritz.
- ۵- روش های محاسباتی تکراری در حل معادلات دیفرانسیل جزئی: روش های ضمنی، همگرایی، جاکوبی، چند جمله ای چیشیف، روش نیمه تکراری چیشیف، کاربرد در معادلات پخش نوترون در دو بعد.
- ۶- روش های تفاضل محدود: تقریب مشتقها، روش صریح، روش ضمنی، روش کرانک-نیکلسون، حل در مختصات استوانه ای و قطبی، روش ADI، روش SOR، روش برخط.
- ۷- روش های پسماند متعادل شده و اصول تغییری (Variation): معادلات اویلر-لاگرانژ، روش های مستقیم، اصل تغییری و استفاده از روش چند جمله ای.
- ۸- راه حل های کامپیوتری مسائل یک بعدی شامل تعیین مقادیر مشخصه یا مرزی از روش های تفاضل محدود، توان، ویلانند.
- ۹- روش های اجزاء محدود.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: ندارد.





منابع اصلی:

1. C. F. Gerald, P. O. Wheatley, "Applied Numerical Calculation", Addison- Welsley, 1999.
2. J. H. Ferziger, "Numerical Methods for Engineering Application", John Wiley, 1998.
3. E. E. Lewis, W. F. Miller, "Computational Methods of Neutron Transport", American Nuclear Society, 1993.
4. R. H. Pennington, "Computer Methods and Numerical Analysis", Macmilan, 2000.
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.



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

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: اصلی مشترک
تعداد واحد عملی: -	پیش‌نیاز: -

**هدف درس:**

فراگیری اصول آشکارسازی و طرز کار انواع آشکارسازهای تابش‌های هسته‌ای.

**رئوس مطالب:**

- ۱- مروری بر چشمه‌های 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	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	-

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.



دستگاه‌های مولد پرتو  
Radiation Generating Devices

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: تخصصی گرایش
تعداد واحد عملی: -	پیش‌نیاز: -

هدف درس:

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

رئوس مطالب:

- ۱- چشمه‌های پرتوزا.
- ۲- راکتورهای شکافت هسته‌ای: مشخصات کلی راکتورها و معرفی انواع آنها.
- ۳- انواع شتاب دهنده‌های ذرات باردار: شامل شتابدهنده‌های خطی، واندوگراف، سیکلوترون، بتاترون و ...
- ۴- دستگاه‌های پلاسمای کانونی: معرفی اجزاء و نحوه عملکرد؛ نحوه تولید پرتوهای مختلف.
- ۵- راکتورهای گداخت هسته‌ای: مشخصات کلی و نحوه عملکرد توکامک‌ها و اسفرومک‌ها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

بازدید: دارد (یک روز بازدید از دستگاه‌های مولد پرتو سازمان انرژی اتمی و مراکز پرتودرمانی).

منابع اصلی:

1. F. A. Smith, "A primer in Applied Radiation Physics", John Wiley & Sons, 2000.
2. J. Lamarsh, "Introduction to Nuclear Engineering", 2<sup>nd</sup> Edition, 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.
5. T. R. Jarboe, "The spheromak confinement device", Physics of Plasma, 2005.



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

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: تخصصی گرایش
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز: -

**هدف درس:**

فراگیری اصول و روش های تشخیص پارامترها مختلف صنعتی مانند ضخامت سنجی، رطوبت سنجی و غیره با استفاده از چشمه های پرتوزا.

**رئوس مطالب:**

- ۱- چشمه های پرتوزا: معرفی انواع چشمه های آلفا، بتا، گاما و نوترون مورد استفاده در کاربردهای صنعتی.
- ۲- سیستم های اندازه گیری و ابزار دقیق هسته ای: شامل انواع آشکارسازهای مورد استفاده در صنعت.
- ۳- روش های ردیابی هسته ای: شامل شناسایی مواد، تشخیص نواقص، تعیین آهنگ جریان، مطالعه جریان مواد، اندازه گیر جرم و حجم، روش های ردیابی و تشخیص سن رادیوایزوتوپی.
- ۴- روش های تحلیلی هسته ای: روش های تحلیلی بر اساس واکنش های فیزیک و شیمیایی، تجزیه به روش فعال سازی، تجزیه بر اساس روش ردیابی
- ۵- زمین شناسی هسته ای: نمونه برداری پرتو گامای طبیعی، روش های مبتنی بر چشمه های نوترونی، روش های ردیابی در چاه پیمایی.
- ۶- فناوری پرتوها: فرایندهای فیزیکی، فرایندهای شیمی پرتو، فرایندهای زیست پرتویی، مقاومت پرتویی مواد مختلف، فناوری پرتودهی صنعتی و کنترل پرتودهی.
- ۷- پرتونگاری صنعتی: انواع روش های پرتونگاری با پرتوهای مختلف، حساسیت پرتونگاری و ارزیابی پرتونگار.

**روش ارزیابی:**

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

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.



## آشکارسازی تابش های هسته ای ۲ Nuclear Radiation Detection II

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: تخصصی گرایش
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز: آشکارسازی تابش های هسته ای ۱

### هدف درس:

فراگیری اصول آشکارسازی و طرز کار انواع آشکارسازهای نیمه هادی و آشکارسازهای نوترون کند و تند و معرفی انواع دستگاه های الکترونیک هسته ای و نحوه عملکرد آنها.

### رئوس مطالب:

- ۱- آشکارسازهای نیمه رسانا: 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 نوترون های کند: برهمکنشهای مورد استفاده در آشکارسازی نوترون های کند، آشکارسازهای مبتنی بر برهمکنش با بور، آشکارسازهای مبتنی بر برهمکنش با لیتیوم و هلیوم ۳، آشکارسازهای مورد استفاده در راکتورها.
- ۴- آشکارسازی و طیف نگاری نوترون های سریع: روشهای مبتنی بر کند سازی، روشهای مبتنی بر برهمکنش نوترون تند، روش های مبتنی بر پراکندگی نوترون های تند.
- ۵- پردازش و شکل دهی پالس: امپدانس دستگاه ها و تطبیق امپدانس، کابل های کواکسیال و تجهیزات اتصال دهنده، انواع روش های شکل دهی پالس در الکترونیک هسته ای.
- ۶- معرفی استانداردهای الکترونیک هسته ای و انواع مدول های خطی و منطقی مورد استفاده در آشکارسازی شامل پیش تقویت کننده ها، تقویت کننده های خطی، مدارهای تأخیری، مدارت هم زمانی و تحلیلگر تک کاناله و چند کاناله.
- ۷- آشکارسازهای خاص: آشکارساز چرنکوف، شمارنده های تناسبی و یونشی مایع، آشکارسازهای گرمالیانی، آشکارسازهای رد شیمیایی، فعال سازی نوترونی.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	-

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.



آزمایشگاه آشکارسازی تابش های هسته ای  
Nuclear Radiation Detection Laboratory

تعداد واحد نظری: -	نوع درس: تخصصی گرایش
تعداد واحد عملی: ۱	هم‌نیاز: آشکارسازی تابش های هسته ای ۱

هدف درس:

فراگیری اصول کار با انواع تجهیزات الکترونیک و آشکارسازهای تابش های هسته ای، طیف سنجی.

رئوس مطالب:

- ۱- آشنایی با دستگاه های الکترونیک هسته ای پایه.
- ۲- شمارنده گایگر-مولر.
- ۳- طیف سنجی گاما با NaI.
- ۴- طیف سنجی گاما رزولوشن بالا با HPGe.
- ۵- طیف سنجی آلفا با آشکارساز سد سطحی.
- ۶- اندازه گیری کاهش انرژی ذرات باردار در ماده.
- ۷- طیف سنجی بتا.
- ۸- روش های همزمانی و اندازه گیری اکتیویته مطلق.
- ۹- دزیمتری با آشکارسازهای ترمولومینسانس.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	-	+	-

بازدید: ندارد.

منابع اصلی:

- ۱- دستور کار آزمایشگاه آشکارسازی تابش های هسته ای، گروه مهندسی هسته ای دانشگاه اصفهان.
- 2- AN-34 Laboratory Manual, "Experiments in Nuclear Science", ORTEC, 3rd Edition, 1987.



الکترونیک هسته ای  
Nuclear Electronics

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: اختیاری
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز: -

هدف درس:

فراگیری استانداردهای الکترونیک هسته ای و نحوه عملکرد انواع مدول های استاندارد الکترونیک سیستم های آشکارسازی تابش های هسته ای.

رئوس مطالب:

- ۱- مروری بر روش های آشکارسازی.
- ۲- مدارهای پالس پایه.
- ۳- روش های شکل دهی پالس برای مقاصد طیف سنجی.
- ۴- حد تفکیک در سیستم های طیف نگاری.
- ۵- تقویت کننده ها.
- ۶- تبعیضگر ارتفاع پالس و شکل پالس.
- ۷- مدارهای زمان سنجی .
- ۸- تحلیلگر ارتفاع تک کاناله و چند کاناله.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

بازدید: ندارد.

منابع اصلی:

- 1- P. W. Nicholson , “Nuclear Electronics”, John Wiley & Sons, 1974.
- 2- L. J. Herbst, “Electronics for Nuclear Particle Analysis”, Oxford U.P., 1970.
- 3- E. Kowalski, “Nuclear Electronics”, Springer-Verlag, 1970.



## حفاظ سازی Shielding

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: اختیاری
تعداد واحد عملی: -	پیش‌نیاز: -

### 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.
- ۶- روش‌های تحلیلی طراحی حفاظ.
- ۷- روش مونت کارلو در طراحی حفاظ و کدهای مونت کارلو.
- ۸- مواد حفاظ: مقاومت مواد، تخریب پرتویی مواد حفاظ، انتخاب ماده حفاظ.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

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

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: اختیاری
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز: -

هدف درس:

فراگیری اصول و روش های خلاء سازی و خلاء سنجی و مشخصات و قابلیت های انواع پمپ ها و گیج های 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.
- ۴- سیستم های خلاء.
- ۵- پمپ های خلاء: جت بخار (دیفیوژن)، توربو مولکولار، کرایوجینک و پمپ های یونی.
- ۶- بارگذاری بر پمپ های خلاء.
- ۷- خلاء های بالا.
- ۸- پیمانته های خلاء و آنالیزورهای گاز.
- ۹- آشکارسازی نشت.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

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. Halliday., "Basic Vacuum Technology", IOP Publishing Ltd, New York, 1989.



روش های آنالیز هسته ای  
**Nuclear Analysis Methods**

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: اختیاری
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز: -

**هدف درس:**

فراگیری روش های مختلف آنالیز مواد با استفاده از تکنیک های هسته ای.

**رئوس مطالب:**

- ۱- معرفی انواع روش های آنالیز و خصوصیات کلی آن ها.
- ۲- طیف نگاری پس پراکندگی و پس زنی ذرات باردار: پس پراکندگی رادرفورد (RBS)، پس پراکندگی کشسان (EBS)، پراکندگی کشسان پروتون (PES)، پس پراکندگی یون سنگین (HIRBS).
- ۳- گسیل پرتو ایکس حاصل از ذره (PIXE).
- ۴- فلورسانس اشعه ایکس (XRF).
- ۵- طیف نگاری موسبار.
- ۶- آنالیز فعال سازی نوترونی: آنالیز فعال سازی نوترونی دستگاهی (INAA)، آنالیز فعال سازی نوترونی پرتوهای گامای آنی (PGNAA).
- ۷- آنالیز فعال سازی با ذرات باردار: CPAA و PIGE
- ۸- آنالیز فعال سازی فوتونی دستگاهی: IPAA
- ۹- روش های آنالیز ایزوتوپی

**روش ارزیابی:**

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

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**

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: اختیاری
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز: -

هدف درس:

بررسی ترابرد ذرات باردار و بدون بار در محیط و فراگیری روش های محاسباتی و مدل سازی ترابرد.

رئوس مطالب:

- ۱- اندرکنش های ذرات باردار و بدون بار در محیط.
- ۲- معرفی کمیت های چگالی ذرات، شار و جریان.
- ۳- نظریه ترابرد ذرات: به دست آوردن معادله ترابرد، ویژگیها و شرایط مرزی معادله ترابرد.
- ۴- فرضیات موجود جهت ساده سازی معادله ترابرد: معادله پخش.
- ۵- ترابرد ذرات بدون بار در محیط.
- ۶- ترابرد ذرات باردار در محیط: نظریه CSDA.
- ۷- روش های گسسته سازی معادله ترابرد: گروه بندی انرژی، گسسته سازی مکانی و زاویه ای ( $S_N$  و  $T_N$ ,  $P_N$ ).
- ۸- روش های حل معادله ترابرد: روش های قطعی ( $S_N$ ,  $P_N$ ), روش آماری (روش مونت کارلو).

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

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.



شتاب دهنده ها و کاربرد آنها

Accelerators and Their Applications

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس : اختیاری
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز:-

هدف درس:

فراگیری فیزیک و فناوری انواع شتاب دهنده های ذرات باردار و کاربرد آنها.

رئوس مطالب :

- ۱- مقدمه ای بر اصول شتاب دهنده ها.
- ۲- شتاب دهنده های الکترواستاتیک.
- ۳- شتاب دهنده های خطی.
- ۴- شتاب دهنده سیکلوترون.
- ۵- شتاب دهنده بتاترون.
- ۶- شتاب دهنده سینکروترون و سنکروسیکلوترون.
- ۷- کاربرد شتابدهنده ها: انواع کاربردهای پزشکی و صنعتی.
- ۸- کاربرد شتاب دهنده ها در تولید رادیوایزوتوپ ها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

بازدید: دارد (یک روز شتابدهنده سیکلوترون کرج و واندوگراف تهران، یک روز رودترونیازد و یک روز شتابدهنده های خطی پزشکی مراکز درمانی)

منابع اصلی :

- 1- W. Scharf, "Particle Accelerator and Their Uses", part 1 & 2, CRC Press, 1986.
- 2- S. Y. Lee, "Accelerator Physics", World Scientific Publishing Co. 2nd Edition, 2004.
- 3- E. Wilson, "An Introduction to Particles Accelerators", Oxford University Press, 2001.



سیستم‌های تصویربرداری پزشکی  
Medical Imaging Systems

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: اختیاری
تعداد واحد عملی: -	پیش‌نیاز: -

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 سیستم‌های 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 تصویربرداری تشدید مغناطیسی، تکنیک‌های مختلف تصویربرداری به روش تشدید مغناطیسی.
- ۷- دوربین گاما: معرفی ساختار و عملکرد دوربین انگر، انواع موازی‌سازها و کاربرد آنها.
- ۸- پزشکی هسته‌ای و سیستم‌های برش‌نگاری نشری: PET و SPECT.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

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.



کشاورزی هسته ای  
**Nuclear Agriculture**

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: اختیاری
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز: -

**هدف درس:**

فراگیری کاربردهای تکنولوژی هسته ای در کشاورزی، علوم دامی و اصلاح نباتات.

**رئوس مطالب:**

- ۱- مبانی فیزیک هسته ای و حفاظت در برابر پرتو رادیواکتیو.
- 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	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

بازدید: دارد (یک روز مرکز کشاورزی هسته ای سازمان انرژی اتمی کرج).

**منابع اصلی:**

- ۱- "کشاورزی هسته ای"، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۸۸.
- ۲- ف. مجد و م. ر. اردکانی، "تکنیک های هسته ای در علوم کشاورزی"، دانشگاه تهران، ۱۳۸۲.
- 3- H. Chandrasekharan, N. Gupta, "Fundamental of Nuclear Science: Application in Agriculture", Northern Book Centre, India, 2006.
- 4- W. R. Singleton, "Nuclear Radiation in Food and Agriculture", Van Nostrand, 1958.



طراحی هدف های هسته ای  
**Designing Nuclear Targets**

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: اختیاری
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز: -

**هدف درس:**

معرفی انواع هدف ها و اصول آماده سازی آنها برای مقاصد مختلف پرتو دهی.

**رئوس مطالب:**

- ۱- اندرکنش های هسته ای.
- ۲- ملاحظات عمومی در طراحی هدف های هسته ای.
- ۳- طراحی و ساخت هدف های گازی.
- ۴- طراحی و ساخت هدف های جامد و مایع.
- ۵- انتقال حرارت از هدف های هسته ای و پایداری هدف.
- ۶- روش های لایه نشانی.
- ۷- ملاحظات تجربی ساخت پوسته های نازک.

**روش ارزیابی:**

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	+

بازدید: ندارد.

**منابع اصلی:**

- 1) J. Jaklovsky, "Preparation of Nuclear Targets for Particle Accelerators", Springer, 1981.



چشمه های یونی  
Ion Sources

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس: اختیاری
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز: -

هدف درس:

فراگیری اصول طراحی و ساخت انواع چشمه های یونی مورد استفاده در شتابدهنده ها.

رئوس مطالب:

- ۱- اصول تخلیه گاز، فیزیک پلاسمای چشمه های یونی و اصول کلی تولید چشمه های یونی.
- ۲- سیستم های انتقال و استخراج باریکه برای چشمه ها.
- ۳- چشمه های یونی مثبت.
- ۴- چشمه های یونی بزرگ.
- ۵- چشمه های یونی با بار تکثیر شده.
- ۶- طیف انرژی و طیف جرمی چشمه های یونی.
- ۷- چشمه های یونی با بار منفی.
- ۸- ابزار اندازه گیری چشمه های یونی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

بازدید: ندارد.

منابع اصلی:

- 1- I. G. Brown, "The physics and Technologies of Ion Sources", Wiley-VCH, 2nd Edition, 2004.
- 2- H. Zhang و "Ion Sources", Springer, 1999.
- 3- B. Wolf, "Hand book of Ion sources", CRC Press Inc., 1995.





مدیریت بحران هسته ای  
**Nuclear Emergency Planning**

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس : اختیاری
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز:-

**هدف درس:**

فراگیری اصول مدیریت رویارویی با حوادث و سوانح هسته ای و برنامه ریزی شرایط اضطراری و کنترل پیامدهای ناشی از آن.

**رئوس مطالب :**

- ۱- بحران هسته ای و رادیولوژی: حوادث نیروگاه های هسته ای، صنایع هسته ای و چرخه ی سوخت، حادثه بحرانی، حوادث ناشی از انتقال مواد پرتوزا.
- ۲- دسترسی به مدیریت اضطراری هسته ای.
- ۳- تجزیه و تحلیل وضعیت کنونی.
- ۴- پیشگیری از وضعیت اورژانس هسته ای.
- ۵- کاهش وضعیت اورژانس هسته ای.
- ۶- توسعه ظرفیت حالت های اورژانسی هسته ای.
- ۷- پاسخ به شرایط اضطراری هسته ای.
- ۸- دستورالعمل ها و اجرای آنها.

**روش ارزیابی:**

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	+

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.



مباحث ویژه در کاربرد پرتوها

### Special Topics in Radiation Applications

تعداد واحد نظری: ۳	نوع درس : اختیاری
تعداد واحد عملی: -	پیش‌نیاز: -

هدف درس:

فراگیری مباحث روز مرتبط با کاربرد پرتوها.

رئوس مطالب:

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

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	+	+	-

بازدید: ندارد.

منابع اصلی :

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



سمینار ۱  
Seminar I

تعداد واحد نظری: ۱	نوع درس: اختیاری
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز: -

هدف درس:

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

رئوس مطالب:

در این درس دانشجو با هماهنگی یکی از استادان گروه، یکی از موضوعات روز مرتبط را انتخاب کرده و پس از انجام تحقیقات کامل در مورد موضوع سمینار، نتایج تحقیقات را به صورت یک سخنرانی علمی عمومی ارائه می نماید.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	-	-	+

بازدید: ندارد.

منابع اصلی:

کلیه کتاب ها، مقالات و منابع علمی معتبر مرتبط با موضوع سمینار.



سمینار ۲  
Seminar II

تعداد واحد نظری: ۲	نوع درس: اختیاری
تعداد واحد عملی: -	پیش نیاز: -

هدف درس:

فراگیری نحوه انجام تحقیق؛ چگونگی انتخاب یک موضوع تخصصی، بررسی منابع علمی و جمع آوری اطلاعات مرتبط با موضوع و نحوه ارائه آن.

رئوس مطالب :

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

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
-	-	-	+

بازدید: ندارد.

منابع اصلی:

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



## جدول تطبیقی

جدول ۶: تعداد واحدهای درسی برنامه جدید و قدیم

تعداد واحدهای درسی برنامه جدید		تعداد واحدهای درسی برنامه قدیم	
واحد	شرح درس	واحد	شرح درس
۶	اصلی مشترک	۱۶	اصلی
۱۰	تخصصی گرایش	۹	تخصصی انتخابی
۹	اختیاری	-	-
-	-	۱	سمینار
۶	پایان نامه	۶	پایان نامه
۳۱	جمع	۳۲	جمع

جدول ۷: مقایسه دروس برنامه جدید و قدیم

ملاحظات	دروس برنامه جدید		دروس برنامه قدیم	
	واحد	نام درس	واحد	نام درس
-	۳	فیزیک هسته‌ای	۳	فیزیک هسته‌ای
-	۱	آزمایشگاه فیزیک هسته‌ای	۱	آزمایشگاه فیزیک هسته‌ای
-	۳	فیزیک بهداشت	۳	فیزیک بهداشت
-	۳	محاسبات عددی پیشرفته	۳	محاسبات عددی پیشرفته
-	۳	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
-	۱	آزمایشگاه آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای	۱	آزمایشگاه آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای
-	۳	الکترونیک هسته‌ای	۳	الکترونیک هسته‌ای
-	۳	حفاظ سازی	۳	حفاظ سازی
-	۳	فناوری خلاء	۳	فناوری خلاء
-	۳	روش‌های آنالیز هسته‌ای	۳	روش‌های آنالیز هسته‌ای
اصلاح عنوان درس	۳	محاسبات ترابرد پرتو	۳	محاسبات ترابرد پرتوها
-	۳	شتاب دهنده‌ها و کاربرد آنها	۳	شتاب دهنده‌ها و کاربرد آنها
اصلاح عنوان درس	۳	سیستم‌های تصویربرداری پزشکی	۳	سیستم‌های تصویرگر پزشکی



ادامه جدول ۷: مقایسه دروس برنامه جدید و قدیم

ملاحظات	دروس برنامه جدید		دروس برنامه قدیم	
	واحد	نام درس	واحد	نام درس
اصلاح عنوان درس	۳	کشاورزی هسته‌ای	۳	پرتوهای مواد غذایی و کشاورزی هسته‌ای
-	۳	طراحی هدف‌های هسته‌ای	۳	طراحی هدف‌های هسته‌ای
-	۳	چشمه‌های یونی	۳	چشمه‌های یونی
درس جدید	۳	مدیریت بحران هسته‌ای	-	-
حذف درس	-	-	۳	مباحث پیشرفته در کاربرد پرتوها
اصلاح عنوان درس	۳	مباحث ویژه در کاربرد پرتوها	۳	مباحث ویژه
تغییر عنوان درس - مخصوص دانشجویان آموزش محور	۱	سمینار ۱	۱	سمینار
-	۶	پروژه	۶	پروژه
مخصوص دانشجویان آموزش محور	۲	سمینار ۲	-	-