جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

برنامه درسی رشته

مهندسی شتابگر ذرات

Particle Accelerator Engineering

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته

گروه بینارشته ای

ویژه دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

(فقط ۳ دوره پذیرش آزمایشی)

دفتر برنامه ریزی آموزشی

باسمه تعالی

نام رشته: مهندسی شتابگر ذرات | **عنوان گرایش: –**

گروه: بینارشته ای | **دوره تحصیلی: کارشناسی ارشد ناپیوسته**

کارگروه تخصصی: – | **نوع مصوبه: تدوین**

پیشنهادی: دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) | **تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۷/۰۴**

برنامه درسی تدوین شده دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته مهندسی شتابگر ذرات، در جلسه شماره ۹۴۶ به‌تاریخ ۱۴۰۰/۰۷/۰۴ شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی به شرح زیر تصویب شد:

ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که پس از تصویب این برنامه درسی در دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره) پذیرفته می‌شوند، قابل اجرا است.

ماده دو- این برنامه درسی در سه فصل: مشخصات کلی، جدول‌های واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و برای اجرا در دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) پس از اخذ مجوز پذیرش دانشجو از شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی و سایر ضوابط و مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ابلاغ می‌شود.

ماده سه- این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ به مدت ۳ دوره قابل اجرا است و پس از آن، در صورت تایید کمیسیون برنامه ریزی آموزشی، نیاز به بازنگری و ادامه پذیرش دانشجو دارد.

دکتر محمدرضا آهنچیان
دبیر کمیسیون برنامه‌ریزی آموزشی

دکتر علی خاکی صدیق
دبیر شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی و آموزشی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

برنامه درسی رشته

مهندسی شتابگر ذرات

Particle Accelerator Engineering

مقطع کارشناسی ارشد

گروه علوم پایه

پیشنهادی دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

با همکاری پژوهشگاه دانش‌های بنیادی- چشمه نور ایران

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس

رشته مهندسی شتابگر ذرات

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته

دانشکده علوم پایه

تهیه کنندگان:

دکتر جواد رحیقی — عضو هیأت علمی پژوهشگاه دانش‌های بنیادی

دکتر سیده زهرا مرتضوی — عضو هیأت علمی دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

دکتر احسان سلیمی — پژوهشگر پژوهشگاه دانش‌های بنیادی

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

الف) مقدمه

امروزه شتابگرهای ذرات یکی از مهمترین ابزارها برای مطالعات علمی مواد در محدوده اتمی و همچنین برای کشف ذرات جدید در فیزیک هسته‌ای و ذرات بنیادی به شمار می‌روند. با استفاده از شتابگرهای ذرات، دانشمندان به اطلاعات بسیار مهمی از ذرات بنیادی و قوانین فیزیک حاکم بر ماده، انرژی، فضا و زمان دست یافته‌اند. چشمه‌های نور به عنوان شتابگرهای تولید کننده فوتون کمک شایان توجهی به پیشرفت پژوهش‌های علمی در زمینه‌های بسیار متنوعی همچون فیزیک، شیمی، علم مواد، زیست‌شناسی، پزشکی، محیط‌زیست و علم‌زمین کرده‌اند. نقش پررنگ فناوری شتابگرهای ذرات در تشخیص و درمان بیماری‌ها، آن را به یک ابزار توانمند در علم پزشکی تبدیل کرده است. همچنین شتابگرهای ذرات نقش ویژه‌ای در پژوهش‌های صنعتی دارند. صنایع نفت و گاز، اکتشاف معدن، صنایع امنیتی و نظامی، الکترونیک، داروسازی، مواد غذایی، آرایشی- بهداشتی به طور وسیع از این فناوری استفاده می‌کنند.
شتابگرهای ذرات در انواع گوناگون با اندازه و کاربری‌های مختلف طراحی و ساخته می‌شوند؛ از یک شتابگر کوچک و نسبتا ارزان با کاربری خاص تا شتابگرهای بسیار بزرگ با محیط چند کیلومتری و تجهیزات پیشرفته و هزینه‌های بسیار زیاد که ساخت آن‌ها تنها با مشارکت بین‌المللی امکان‌پذیر است.

سرمایه‌گذاری کلان کشورهای پیشرفته در صنعت شتابگرهای ذرات نشان از رشد چشمگیر کاربری و نیاز روزافزون به این فناوری در آینده دارد. بالاخص ساخت آزمایشگاه‌های مقیاس بزرگ با هدف استفاده از شتابگرهای پیشرفته با هدف توسعه دانش و فناوری علمی روز همچنان رو به گسترش است و در دهه‌های آینده شاهد بهره‌برداری آزمایشگاه‌های جدید در دنیا خواهیم بود. چشمه‌های نوری سنکروترونی، برخورددهنده‌های ذرات، سنکروترون‌های هادرون‌تراپی، لیزرهای الکترون آزاد و چشمه‌های تلاشی نوترونی از جمله این آزمایشگاه‌ها هستند.

در ایران نیز استفاده از شتابگرهای ذرات هم برای تحقیقات علمی صنعتی و هم برای استفاده در پزشکی همواره مورد توجه بوده است و اکنون نیز در حال پیشرفت است. در حال حاضر بیش از ۶۰ شتابگر خطی در بیمارستان‌های کشور به درمان سرطان اختصاص یافته‌اند. سیکلوترون‌های تولید کننده رادیودارو، شتابگر واندوگراف، شتابگر رودوترون و شتابگرهای خطی که به امور صنعتی و نظامی- امنیتی اختصاص یافته‌اند، عمده تجهیزات شتابگری در کشور را تشکیل می‌دهند. با این‌حال توسعه فناوری ساخت و استفاده از این شتابگرها برای آینده کشور بسیار ضروری است؛ بر اساس استانداردهای جهانی به‌ازاء هر ۱۸۰.۰۰۰ نفر یک دستگاه شتابگر خطی پزشکی مورد نیاز است و این نشانگر ضرورت سرمایه‌گذاری و گسترش دانش در این حوزه است.

ایران با عضویت در دو آزمایشگاه شتابگر بین‌المللی یعنی آزمایشگاه سرن که بزرگترین آزمایشگاه فیزیک ذرات بنیادی در دنیا است و ۲۳ عضو دائم و تعدادی عضو پیوسته دارد و همچنین سنکروترون سزامی که با مشارکت چند کشور خاورمیانه از جمله ایران در کشور اردن ساخته شده است، عملا امکان استفاده از تجربیات بین‌المللی و انتقال فناوری ساخت و استفاده از شتابگرهای بزرگ را داشته است. همچنین طرح ملی چشمه نور ایران که یک آزمایشگاه شتابگر سنکروترونی نسل چهارم است نخستین تجربه کشور در ساخت شتابگرهای بزرگ‌مقیاس خواهد بود. این مجتمع آزمایشگاهی بزرگ در زمینی به وسعت پنجاه هکتار در نزدیکی شهر قزوین به بهره‌برداری خواهد رسید که با تولید پرتوهای فوتونی بسیار درخشنده در محدوده مادون‌قرمز تا پرتو ایکس سخت امکان انجام پژوهش‌های علمی به‌روز را فراهم می‌کند. طراحی و ساخت چنین تجهیزات عظیمی نیازمند سطح بالاتری از دانش و فناوری در زمینه‌های مختلف مهندسی و در نتیجه توسعه دانش مرتبط با علم شتابگرهاست. به‌علاوه ساخت مرکز ملی یون درمانی که یک سنکروترون پروتونی برای پژوهش و همچنین درمان بسیاری از سرطان‌ها خواهد بود، نیاز آتی کشور به فناوری شتابگرهای ذرات را بیش از پیش نشان می‌دهد.

دفتر برنامه ریزی آموزشی

نظام کارشناسی ارشد **رشته مهندسی شتابگر ذرات** (Particle Accelerator Engineering) شامل دو بخش آموزشی و پژوهشی (سمینار و پایان‌نامه) است. حداقل و حداکثر مدت مجاز تحصیل در این دوره تحصیلی مطابق آیین‌نامه دروه کارشناسی ارشد است. نظام آموزشی آن واحدی است و مدت زمان هر نیم‌سال ۱۶ هفته است. مشابه همه رشته‌های تحصیلی، واحدهای آموزشی این دوره تلفیقی از واحدهای درسی الزامی و اختیاری است و تفکیک دروس در این دو شاخه نیز با توجه به اهمیت و پایه‌ای بودن درس‌ها در شکل‌گیری دانش و مهارت‌های مورد نیاز انجام شده است. تعداد کل واحدهای درسی و پژوهشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی شتابگر ذرات(بدون احتساب دروس جبرانی) ۳۲ واحد است شامل ۱۲ واحد درسی تخصصی الزامی، ۱۲ واحد درسی تخصصی اختیاری، ۲ واحد سمینار و ۶ واحد پایان‌نامه. انتخاب موضوع پایان‌نامه در زمینه فناوری مهندسی و ساخت شتابگرهای ذرات با نظر استاد/استادان راهنما و توافق شورای پژوهشی مربوطه در گروه و یا دانشکده مرتبط انجام می‌گیرد. همچنین امکان استفاده از آزمایشگاه تحقیق و توسعه چشمه نور ایران برای دروس آزمایشگاهی و بخش عملی سایر دروس (اندازه‌گیری مغناطیسی، آزمایشگاه فرکانس رادیویی، آزمایشگاه منابع تغذیه، آزمایشگاه مشخصه‌یابی باریکه و آشکارسازی و آزمایشگاه خلاء) فراهم است.

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

دانشجویان این رشته توانمندی‌های علمی و عملی در زمینه طراحی، ساخت و نگهداری انواع شتابگرهای ذرات و کاربردهای آن را می‌آموزند به‌طوری‌که پس از پایان دوره کارشناسی ارشد بتوانند در طرح‌های کوچک و بزرگ ساخت و نصب تجهیزات شتابگرهای ذرات مشغول به کار شوند و نیازهای مهندسی و علمی بخش‌های مختلف پژوهشی، پزشکی و صنعتی مرتبط در کشور را مرتفع سازند. همچنین دانش‌آموختگان این رشته قادر خواهند بود در مراکز کاربری صنعتی و پژوهشی مرتبط با فناوری شتابگرهای ذرات مشغول به کار و تحقیق شوند.

از فارغ التحصیلان دوره کارشناسی ارشد مهندسی شتابگر ذرات انتظار می‌رود فناوری طراحی، ساخت، بهره‌برداری و نگهداری از تجهیزات مختلف شتابگر را به خوبی فرا گرفته و در بخش‌های مختلف مهندسی و صنعتی مرتبط با شتابگرها ایفای نقش نمایند. دانش‌آموخته این دوره همچنین باید بتواند طراحی و ساخت اجزای یک شتابگر را بیاموزد و بسته به زمینه تحصیلی خود، در طرح‌های مرتبط مانند ساخت سامانه‌های خلاء، الکترومغناطیس‌ها، تقویت‌کننده‌های فرکانس رادیویی و سیستم‌های تصویربرداری پزشکی مشارکت داشته باشد.

پ) ضرورت و اهمیت

وجود فناوری‌های گوناگون مانند ساخت الکترومغناطیس‌های دقیق، فناوری خلاء، بسامد رادیویی، سامانه‌های کنترلی، سامانه‌های الکترونیکی، منابع تغذیه الکتریکی، ابزارهای اندازه‌گیری مشخصات باریکه، طراحی مکانیک و اپتیک پرتوی در طراحی و ساخت یک شتابگر، نیازمند به‌کارگیری افراد مختلف با تخصص‌های متفاوت است. از این‌رو گسترش دانش در این زمینه، سبب گسترش رشته و گرایش‌های مهندسی و علمی بسیاری خواهد شد.

در حال حاضر هیچ رشته یا گرایش تحصیلی مشخصی در کشور برای توسعه دانش مهندسی و ساخت شتابگرها اختصاص نیافته است و کمبود نیروی متخصص هم برای ساخت شتابگرهای جدید و هم برای نگهداری و توسعه تجهیزات موجود به شدت احساس می‌شود. رشته "مهندسی شتابگر ذرات" با هدف گسترش دانش مهندسی و فناوری حوزه‌های مختلف در زمینه شتابگرها در کشور تأسیس شده است.

دفتر برنامه ریزی آموزشی

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

جدول (۱)- توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس تخصصی الزامی	۱۲
دروس اختیاری	۱۲
سمینار	۲
پایان‌نامه	۶
جمع	۳۲

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط
فناوری طراحی، ساخت، بهره‌برداری و نگهداری از تجهیزات مختلف شتابگر	شتابگرهای ذرات دینامیک باریکه در شتابگرهای ذرات کاربردهای شتابگرهای ذرات ۱ روش‌های محاسباتی در شتابگرهای ذرات
طراحی و ساخت اجزای یک شتابگر	شتابگرهای ذرات دینامیک باریکه در شتابگرهای ذرات کاربردهای شتابگرهای ذرات ۱ روش‌های محاسباتی در شتابگرهای ذرات
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	**دروس مرتبط**
ساخت سامانه‌های خلاء، الکترومغناطیس‌ها، تقویت‌کننده‌های فرکانس رادیویی	مغناطیس در شتابگرهای ذرات فناوری و مهندسی خلاء در شتابگرهای ذرات ابزارهای الکترونیکی در شتابگرهای ذرات
ساخت سیستم‌های تصویربرداری پزشکی	کاربردهای شتابگرهای ذرات ۱ و ۲ مغناطیس در شتابگرهای ذرات فناوری و مهندسی خلاء در شتابگرهای ذرات ابزارهای الکترونیکی در شتابگرهای ذرات

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

دانشجویان این دوره از طریق آزمون ورودی و از بین دانش‌آموختگان کارشناسی مهندسی برق، مهندسی مکانیک، مهندسی پزشکی و فیزیک مطابق با ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری انتخاب می‌شوند.

دفتر برنامه ریزی آموزشی

تبصره: دانشجویانی که رشته مقطع قبلی آنان با این رشته غیرمرتبط می‌باشد بایستی تا ۱۲ واحد را به عنوان دروس جبرانی در نیمسال اول تا دوم بگذرانند. انتخاب این دروس به تشخیص گروه آموزشی دانشگاه/مؤسسه می‌باشد و بایستی شامل دروسی باشد که دانش پایه و اصلی این رشته را در بر بگیرد.

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول (۲)- عنوان و مشخصات کلی دروس جبرانی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد (۱-۳ واحد)	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی		
۱	الکترومغناطیس	۳	۳	-	-	۴۸	-	-	-
۲	فیزیک هسته‌ای	۳	۳	-	-	۴۸	-	-	-
۳	الکترونیک ۱	۳	۳	-	-	۴۸	-	-	-
۴	مکانیک سیالات و انتقال حرارت	۳	۳	-	-	۴۸	-	-	-

جدول (۳)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی الزامی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد (۱-۳ واحد)	نوع واحد		تعداد ساعات		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری	عملی		
۱	شتابگرهای ذرات	۳	۳	–	۴۸	–	–	–
۲	دینامیک باریکه در شتابگرهای ذرات	۳	۲	۱	۳۲	۳۲	شتابگرهای ذرات	–
۳	کاربردهای شتابگرهای ذرات ۱	۳	۳	–	۴۸	–	–	–
۴	روش‌های محاسباتی در شتابگرهای ذرات	۳	۳	–	۴۸	–	–	شتابگرهای ذرات

جدول (٤)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی اختیاری

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد (۱-۳ واحد)	نوع واحد		تعداد ساعات		پیش نیاز
			نظری	عملی	نظری	عملی	
۱	مغناطیس در شتابگرهای ذرات	۳	۲	۱	۳۲	۳۲	شتابگرهای ذرات
۲	فناوری و مهندسی خلاء در شتابگرهای ذرات	۳	۲	۱	۳۲	۳۲	شتابگرهای ذرات
۳	ابزارهای الکترونیکی در شتابگرهای ذرات	۳	۲	۱	۳۲	۳۲	شتابگرهای ذرات
۴	کاربردهای شتابگر ذرات ۲	۳	۳	–	۴۸	–	کاربردهای شتابگر ذرات ۱
۵	حفاظ‌سازی پرتوها	۳	۳	–	۴۸	–	شتابگرهای ذرات
۶	مشخصه‌یابی باریکه	۳	۳	–	۴۸	–	حفاظ‌سازی پرتوها
۷	آزمایشگاه ابزار دقیق و مشخصه‌یابی باریکه	۳	–	۳	–	۹۶	شتابگرهای ذرات
۸	سیستم‌های کنترل و اندازه‌گیری در شتابگرهای ذرات	۳	–	۳	–	۹۶	شتابگرهای ذرات
۹	اصول مهندسی مکانیک در ساخت شتابگرهای ذرات	۳	۲	۱	۳۲	۳۲	شتابگرهای ذرات
۱۰	موضوعات ویژه در شتابگرهای ذرات ۱	۳	۳	–	۴۸	–	شتابگرهای ذرات
۱۱	موضوعات ویژه در شتابگرهای ذرات ۲	۳	۳	–	۴۸	–	شتابگرهای ذرات

دفتر برنامه ریزی آموزشی

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

عنوان درس به فارسی:	شتابگرهای ذرات		
عنوان درس به انگلیسی:	Particle Accelerators	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی الزامی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	٤٨	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- شناخت انواع شتابگرهای ذرات و اصول کلی عملکرد آن‌ها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱- مقدمه (تاریخچه شتابگرهای ذرات و سیر تکاملی آن‌ها-تعاریف پایه و معادلات-اصول حاکم بر شتابگرهای ذرات (مروری بر مبانی الکترومغناطیس کلاسیک و نسبیت)

۲- انواع شتابگرهای ذرات و اصول کار آن‌ها: شتابگر خطی (اصول شتابگر های خطی- شتابدهی به وسیله RF- اصول اولیه چشمه‌های یونی و الکترونی) ، شتابگرهای دایروی (بتاترون- سیستم‌های همگرا کننده ضعیف- میرایی آدیاباتیک- شتابدهی به وسیله RF- میکروترون- سیکلوترون- سنکروسیکلوترون)، سنکروترون (حلقه انبارش)

۳- دینامیک خطی باریکه (سیستم انتقال خطی ذرات- فرمالیسم ماتریسی برای دینامیک خطی باریکه- حل معادله هیل و تئوری فلوکئت- نمایش باریکه ذرات در فضای فاز- توابع بتاترون- تابع پاشندگی- فضای فاز و معادله لیوویل- اختلالات خطی- جفت شدگی)

٤- تابش سنکروترونی

٥- روش های طراحی شبکه و بهینه سازی غیرخطی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱) Wiedemann, Helmut. Particle accelerator physics. Springer, ۲۰۱٥.
۲) Wille, Klaus. The physics of particle accelerators: an introduction. Clarendon Press, ۲۰۰۰.
۳) Andrzej, Wolski. Beam dynamics in high-energy particle accelerators. World Scientific, ۲۰۱٤. S.Y.Lee-Accelerator Physics (۲nd edition).
٤) Lee, Shyh-Yuan. Accelerator physics. World scientific publishing, ۲۰۱۸.
٥) Scharf, Waldemar. Particle accelerators and their uses. CRC Press, ۱۹۸٦.

عنوان درس به فارسی:	دینامیک باریکه در شتابگرهای ذرات		
عنوان درس به انگلیسی:	Beam Dynamics in Particle Accelerators	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	شتابگرهای ذرات	پایه ☐	نظری ☐
دروس هم‌نیاز:		تخصصی الزامی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	٦٤	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ■ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

شناخت دینامیک باریکه ذرات

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. فرمالیسم همیلتونین دینامیک باریکه
۲. نمایش نگاشت انتقال ذرات
۳. انتگرال‌های سیمپلکتیک
٤. اختلالات غیرخطی
٥. خطوط رزنانس
٦. خطاهای الکترومغناطیس و معادلات حرکت
۷. ناپایداری‌های دینامیکی
۸. روش‌های تحلیل و بهینه سازی غیرخطی
۹. روش‌های عددی پیشرفته بهینه سازی و طراحی شبکه

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱) Wiedemann, Helmut. Particle accelerator physics. Springer, ۲۰۱٥.
۲) Wille, Klaus. The physics of particle accelerators: an introduction. Clarendon Press, ۲۰۰۰.
۳) Andrzej, Wolski. Beam dynamics in high-energy particle accelerators. World Scientific, ۲۰۱٤. S.Y.Lee-Accelerator Physics (۲nd edition).
٤) Lee, Shyh-Yuan. Accelerator physics. World scientific publishing, ۲۰۱۸.

عنوان درس به فارسی:	کاربردهای شتابگرهای ذرات ۱		نوع درس و واحد
عنوان درس به انگلیسی:	Applications of Particle Accelerators 1		پایه ☐ نظری ■
دروس پیش‌نیاز:			تخصصی الزامی ■ عملی ☐
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	٤٨		

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- آشنایی با کاربرد انواع شتابگرهای ذرات در علوم، پزشکی و صنعت

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. کاربرد شتابگرها در پژوهش‌های علمی
۱/۱. کاربرد در فیزیک (فیزیک هسته‌ای- تولید ذرات و مواد جدید- فیزیک انرژی زیاد- فیزیک ذرات سنگین)
۱/۲. کاربرد در علم مواد
۱/۳. کاربرد در شیمی
۱/٤. کاربرد در زیست شناسی
۲. کاربرد در پزشکی
۲/۱. تصویربرداری و پرتودرمانی
۲/۲. استرلیزه کردن با استفاده از تابش
۲/۳. تولید رادیوداروها
۳. کاربرد در مهندسی و صنعت (فرآوری با استفاده از تابش- کاشت یونی- فیلترهای هسته‌ای- تست مواد- تولید نوترون- آنالیز فعال‌سازی- صنایع نفت و پتروشیمی- صنایع خودروسازی- صنایع هوا فضا)

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱) Scharf W. Particle accelerators and their uses. CRC Press; ۱۹۸٦.
۲) Scharf W. Biomedical particle accelerators. [sn]; ۱۹۹۸.
۳) Karzmark CJ, Nunan CS, Tanabe E. Medical electron accelerators. McGraw-Hill; ۱۹۹۳.
٤) Willmott P. An introduction to synchrotron radiation: techniques and applications. John Wiley & Sons; ۲۰۱۱ Jun ۱۰.
٥) Codling K, Gudat W, Koch EE, Kotani A, Lynch DW, Rowe EM, Sonntag BF, Toyozawa Y. Synchrotron radiation: techniques and applications. Springer Science & Business Media; ۲۰۱۳ Nov ۱۱.
٦) Hamm RW, Hamm ME, editors. Industrial accelerators and their applications. World Scientific; ۲۰۱۲.

دفتر برنامه ریزی آموزشی

عنوان درس به فارسی:	روش‌های محاسباتی در شتابگرهای ذرات		
عنوان درس به انگلیسی:	Computational Methods in Accelerators	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	شتابگرهای ذرات	تخصصی الزامی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	٤٨	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- آشنایی با روش‌ها، کدها و نرم‌افزارهای محاسباتی در طراحی انواع شتابگرهای ذرات

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر روش‌های محاسبات عددی
۲. مروری بر روش‌های حل معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی
۳. روش المان محدود
   ۳/۱. حل معادله لاپلاس
   ۳/۲. حل معادله پواسون
   ۳/۳. حل معادله موج
   ۳/٤. روش‌های مش‌بندی
   ۳/٥. المان‌های مرتبه بالاتر و سه‌بعدی
٤. روش مونت کارلو
   ٤/۱. تئوری توزیع احتمال
   ٤/۲. تولید اعداد تصادفی
   ٤/۳. نمونه برداری
   ٤/٤. تخمین خطا
٥. محاسبات تعقیب ذرات
٦. آشنایی با کدهای محاسباتی شتابگر

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱) Sadiku, Matthew NO. Numerical techniques in electromagnetics. CRC press, ۲۰۰۰.
۲) Bielajew AF. Fundamentals of the Monte Carlo method for neutral and charged particle transport. The University of Michigan. ۲۰۰۱ Sep ۱۷.

دفتر برنامه ریزی آموزشی

عنوان درس به فارسی:	مغناطیس در شتابگرهای ذرات		
عنوان درس به انگلیسی:	Electromagnet in Particle Accelerators	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	شتابگرهای ذرات	پایه ☐	نظری ☐
دروس هم‌نیاز:		تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	٦٤	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ■ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- آشنایی با تئوری مغناطیس‌ها و مواد مغناطیسی
- اصول طراحی و اندازه‌گیری مغناطیسی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه ای بر تئوری و مفاهیم اساسی مغناطیس‌ها
۲. مواد مغناطیسی و معرفی انواع مغناطیس‌ها (دائمی- مغناطیس ابررسانا- الکترومغناطیس)
۳. تنوع مغناطیس‌ها، کاربرد و اصول (دوقطبی- چهارقطبی- شش قطبی- ترکیبی- مغناطیس‌های تزریق و استخراج (سپتوم و کیکر)-ابزارهای الحاقی)
٤. چندقطبی‌ها و طراحی قطب
٥. اصول طراحی هسته مغناطیس و شبیه‌سازی دو بعدی و سه بعدی
٦. اختلال و عوامل موثر
۷. اشباع مغناطیسی، طراحی سیم پیچ و مدار خنک‌کننده
۸. انرژی ذخیره شده، نیروی مغناطیسی و تاثیرات دینامیکی
۹. مهندسی طراحی مغناطیس‌ها و ملاحظات ساخت
۱۰. روش‌های اندازه‌گیری و اصول آن
۱۱. ابزارهای اندازه‌گیری و کنترل کیفیت مغناطیسی (اثر هال- پیچه چرخان- سیم کشنده- سیم مرتعش)

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱) Tanabe, Jack T. Iron dominated electromagnets: design, fabrication, assembly and measurements. World Scientific Publishing Company, ۲۰۰۵.
۲) CERN Accelerator School, Magnets, Bruges, Belgium, ۱٦ – ۲٥ June ۲۰۰۹.
۳) Fischer, G. E. "Iron dominated magnets." AIP Conference Proceedings. Vol. ۱٥۳. No. ۲. AIP, ۱۹۸۷.
٤) Karl-hubert, Mess, Schmueser Peter, and Wolff Siegfried. Superconducting accelerator magnets. World Scientific, ۱۹۹٦.

دفتر برنامه ریزی آموزشی

عنوان درس به فارسی:	فناوری و مهندسی خلاء در شتابگرهای ذرات		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Vacuum Engineering Technology in Particle Accelerators		پایه ☐	نظری ☐
دروس پیش‌نیاز:	شتابگرهای ذرات		تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ■
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	٦٤			

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ■ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- آشنایی با مبانی خلاء، روش‌های ایجاد خلاء و کاربردهای آن

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. آشنایی با مبانی خلاء
۲. مواد و خصوصیات آن‌ها در شرایط خلاء (رفتار مکانیکی و واجذب حرارتی)
۳. آشنایی با روش‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری در خلاء (حسگرهای فشار-روش‌های اندازه‌گیری سرعت پمپ‌های خلاء-اندازه‌گیری نوع و مقدار گازهای موجود در خلاء-نشت‌یابی خلاء)
٤. آشنایی با پمپ‌های خلاء مکانیکی (پمپ‌های مکانیکی روغنی-پمپ‌های دیافراگمی-پمپ‌های مارپیچی-پمپ‌های توربو مولکولار)
٥. آشنایی با پمپ‌های خلاء غیر مکانیکی (پمپ‌های یونی-پمپ‌های NEG-پمپ‌های تبریدی)
٦. محاسبات خلاء
۷. مشخصه‌یابی سطوح تحت خلاء
۸. کاربردهای خلاء
۹. شبیه سازی رایانه‌ای در طراحی محفظه‌های خلاء
۱۰. برهمکنش بین ذرات پر انرژی با دیواره محفظه خلاء در شتابگرهای ذرات
۱۱. آشنایی با انواع اتصالات خلاء و استانداردهای مرتبط با خلاء

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱) مبانی تکنیک خلاء، مولفین: چمبرزا، آر.کی. فیچ، بی.اس. هالیدی ، مترجم: غضنفر میرجلیلی
۲) Strasser, Barbara. "CERN Accelerator School: vacuum for particle accelerators." (۲۰۱۷).
۳) Harris, Nigel. Modern vacuum practice. Nigel Harris, ۲۰۰۷.
٤) Yarwood, John. High Vacuum Technique: Theory, Practice and Properties of Materials, ۱۹۷٥.

دفتر برنامه ریزی آموزشی

عنوان درس به فارسی:	ابزارهای الکترونیکی در شتابگرهای ذرات		
عنوان درس به انگلیسی:	Electronic Instrumentations in Particle Accelerators	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	شتابگرهای ذرات	پایه ☐	نظری ☐
دروس هم‌نیاز:		تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	٦٤	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ■ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- آشنایی با سامانه‌های الکترونیکی مورد نیاز شتابگرها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. سامانه‌های بسامد رادیویی در شتابگرها (معرفی کاربردهای بسامد رادیویی در شتابگرها- مولدهای RF- انواع کاواک‌های RF و مبانی طراحی- انتقال توان RF و مباحث مربوط به تطبیق امپدانس- سامانه‌های RF در چشمه‌های یونی-کنترل تقویت کننده‌های RF (LLRF))
۲. سامانه‌های اندازه‌گیری و کنترل مشخصات باریکه‌های ذرات (معرفی مشخصه‌های قابل اندازه‌گیری باریکه-ابزارهای اندازه‌گیری مشخصات باریکه- ملاحظات و جانمایی ابزارهای اندازه‌گیری مشخصات باریکه- معرفی سامانه‌های کنترلی در شتابگرها)
۳. انواع منابع تغذیه در شتابگر(کاربرد منابع تغذیه تولید ولتاژ زیاد و انواع آن- انواع منابع جریان و کاربردهای آن-منابع تغذیه پالسی در شتابگرها-مباحث مربوط به پایداری منابع تغذیه)
٤. مدارهای پالس پایه (مدارهای خطی (فیلترهای RC و CR ، انتقال پالس در سیستم‌های مختلف)- پاسخ‌گذاری سیستم‌های خطی روش‌های تبدیل (Transform)پاسخ ضربه و روش کانولوشن (Convolution)- مدارهای دیجیتالی-مدارهای شمارش و ذخیره)
٥. مدارهای تشکیل‌دهنده پالس و طیف‌سنجی (عوامل موثر در حد تفکیک انرژی (ارتفاع پالس، پایل آپ، نویز، شکل موج آشکارساز، شکل پالس یک قطبی و دو قطبی)- روش‌های خطی شکل دادن پالس)
٦. تقویت کننده‌ها (ترانزیستورهای اثر میدان (FET، نویز، مدارهای معادل الکتریکی- پیش تقویت کننده‌ها (شرایط ورودی، نوع حساس به بار، نوع حساس به جریان- پیش تقویت کننده‌های آشکارسازهای نیمه هادی (مسائل عمومی، مدار و طراحی)- تقویت کننده‌های اصلی در طیف‌سنجی)
۷. مدارهای زمانی Timing Circuits
۸. آنالیز و دامنه پالس چند کاناله MCPHA و یا MCA

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Collin RE. Foundations for microwave engineering. John Wiley & Sons; ۲۰۰۷.
۲. Erickson RW, Maksimovic D. Fundamentals of power electronics. Springer Science & Business Media; ۲۰۰۷ May ۸.
۳. Gilmour AS. Klystrons, traveling wave tubes, magnetrons, crossed-field amplifiers, and gyrotrons. Artech house; ۲۰۱۱.
٤. Smith PW. Transient electronics: pulsed circuit technology. John Wiley & Sons; ۲۰۱۱ Sep ۲۳.
٥. Strehl P. Beam instrumentation and diagnostics. Berlin: Springer; ۲۰۰٦ Mar ۹.
٦. Klingbeil H, Laier U, Lens D. Theoretical foundations of synchrotron and storage ring RF systems. Springer; ۲۰۱٤ Sep ۱۰.
۷. Knoll, Glenn F. Radiation detection and measurement. John Wiley & Sons, ۲۰۱۰.
۸. Nicholson, Paul W. "Nuclear electronics." (۱۹۷٤).

دفتر برنامه ریزی آموزشی

عنوان درس به فارسی:	کاربردهای شتابگرهای ذرات ۲		نوع درس و واحد
عنوان درس به انگلیسی:	Applications of Particle Accelerators II		
دروس پیش‌نیاز:	کاربردهای شتابگرهای ذرات ۱		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	٤٨		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- آشنایی با روش‌های مختلف آنالیز و مشخصه‌یابی مواد
- آشنایی با کاربرد شتابگرهای ذرات در درمان سرطان

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تکنیک های پراکندگی (پراش پودری- پراش تک بلور- پراش درشت مولکول ها- پراش از سطح- پراکندگی در زوایای کوچک با پرتو ایکس)
۲. تکنیک های طیف سنجی (طیف سنجی جذبی ساختارهای ریز- مبانی طیف سنجی- طیف سنجی جذبی نزدیک لبه ی جذب- طیف سنجی جذبی ساختارهای ریز گسترش یافته- طیف سنجی فلورسنس
۳. تکنیک های میکروسکوپی (ریزسنجی): میکروسکوپی عبوری روبشی (Scanning Transmission X-ray Microscopy) - میکروسکوپی تابشی الکترونی- طیف سنجی گسیل فوتونی
٤. تکنیک‌های تصویربرداری (رادیوگرافی- مقطع‌نگاری کامپیوتری- تصویربرداری اختلاف فاز- تصویربرداری نوترونی)
٥. مقدمه‌ای بر پرتو درمانی بالینی
٦. محاسبه دز برای پرتوهای خارجی (درصد دز عمقی- نسبت بافت به هوا-منحنی‌های هم دز-محاسبه دز برای میدان‌های نامنظم- محاسبه دز خارج از محور)
۷. براکی تراپی (حالات فیزیکی ایزوتوپ‌ها- دستگاه‌ها و ابزارها- محاسبه دز)
۸. رادیوتراپی نوین (رادیوتراپی سه بعدی تطابقی- رادیوتراپی با شدت مدوله شده (Intensity-Modulated Radiation Therapy)- رادیوتراپی تحت هدایت تصویر (Image-guided radiation therapy - هادرون تراپی)
۹. اصول طراحی درمان

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱) Codling K, Gudat W, Koch EE, Kotani A, Lynch DW, Rowe EM, Sonntag BF, Toyozawa Y. Synchrotron radiation: techniques and applications. Springer Science & Business Media; ۲۰۱۳ Nov ۱۱.
۲) Blake, Alexander J., et al. Crystal structure analysis: principles and practice. Vol. ۱۳. Oxford University Press, ۲۰۰۹.
۳) Will, Georg. Powder diffraction: The Rietveld method and the two stage method to determine and refine crystal structures from powder diffraction data. Springer Science & Business Media, ۲۰۰٦.
٤) Pecharsky, Vitalij, and Peter Zavalij. Fundamentals of powder diffraction and structural characterization of materials. Springer Science & Business Media, ۲۰۰۸.
٥) Ezquerra, Tiberio A., et al., eds. Applications of synchrotron light to scattering and diffraction in materials and life sciences. Vol. ۷۷٦. Springer, ۲۰۰۹.
٦) Chao A, Chou W, editors. Reviews of Accelerator Science and Technology. World Scientific; ۲۰۱۲ Feb ۲۰.
۷) Khan, Faiz M., and John P. Gibbons. The physics of radiation therapy. Lippincott Williams & Wilkins, ۲۰۱٤.
۸) Khan, Faiz M., and Bruce John Gerbi. Treatment planning in radiation oncology. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins,, ۲۰۱۲.
۹) Bentel, Gunilla C., Charles E. Nelson, and K. Thomas Noell. Treatment planning and dose calculation in radiation oncology. Elsevier, ۲۰۱٤.

دفتر برنامه ریزی آموزشی

عنوان درس به فارسی:	حفاظ‌سازی پرتوها		
عنوان درس به انگلیسی:	Radiation Shielding	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	شتابگرهای ذرات	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	٤٨	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- آشنایی با تولید پرتو ایکس و ذرات یونیزان،
- برهمکنش پرتوها با ماده، کمیت‌ها و واحدهای تابش،
- آشکارسازی تابش،
- طراحی حفاظ در شتابگرهای ذرات

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مولدهای تولید تابش (روش‌های تولید پرتو ایکس- روش‌های تولید نوترون- روش‌های تولید ذرات باردار)
۲. برهمکنش پرتو با ماده(برهمکنش نوترون با ماده- برهمکنش فوتون با ماده- برهمکنش ذرات باردار (سبک و سنگین) با ماده)
۳. پرتوزایی (تعریف پرتوزایی و مواد پرتوزا- نیمه عمر فیزیکی و نیمه عمر بیولوژیکی- استحاله و انواع استحاله پرتوزا -روشهای تولید مواد پرتوزا)
٤. واحدها و کمیت های تشعشع (اکسپوژر- دوز جذبی - دوز معادل- دوز موثر)
٥. آشکارسازی تابش (معرفی آشکارسازها و اصول کلی عملکرد آن‌ها)
٦. اصول حفاظ‌سازی (تضعیف تابش- اصول حفاظ‌سازی تابش- مواد مورد استفاده در حفاظ‌سازی)
۷. مقدمه و اصول تئوری حفاظ‌سازی و حفاظت در برابر اشعه
۸. منابع تولید تابش در شتابگرهای ذرات
۹. تضعیف تابش
۱۰. روش‌های تحلیلی طراحی حفاظ
۱۱. کاربرد کدهای محاسباتی در طراحی حفاظ
۱۲. مواد مورد استفاده در حفاظ‌سازی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱) Cember, Herman. “Introduction to Health Physics.” Fourth Edition. McGraw Hill Companies, Inc., New York, NY, ۲۰۰۸.
۲) Lamarsh, John R., and Anthony John Baratta. Introduction to nuclear engineering. Vol. ۳. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, ۲۰۰۱.
۳) Knoll, Glenn F. Radiation detection and measurement. John Wiley & Sons, ۲۰۱۰.
٤) Martin, James E. Physics for radiation protection: a handbook. John Wiley & Sons, ۲۰۰٦.
٥) Liu, James C. Radiation Protection at High-Energy Electron Accelerators. No. SLAC-PUB-۹٥٥۷. Stanford Linear Accelerator Center, Menlo Park, CA (US), ۲۰۰۲.
٦) Chilton, Arthur B., J. Kenneth Shultis, and Richard E. Faw. "Principles of radiation shielding." (۱۹۸٤).
۷) Shultis, J. Kenneth, Richard E. Faw, and Kenneth R. Kase. *Radiation shielding*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall PTR, ۱۹۹٦.

دفتر برنامه ریزی آموزشی

عنوان درس به فارسی:	مشخصه‌یابی باریکه		
عنوان درس به انگلیسی:	Beam Diagnostics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	حفاظ‌سازی پرتوها	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	٤٨	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- آشنایی با روش‌های آشکارسازی تابش در شتابگرهای ذرات، شناخت انواع آشکارسازها و کاربرد آن‌ها، روش‌های مشخصه‌یابی باریکه در شتابگرهای ذرات

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر آمار شمارش و خطا
۲. مشخصات عمومی آشکارسازها
۳. دسته‌بندی آشکارسازها بر اساس مُد کاری (جریانی یا پالسی)
٤. آشکارسازهای گازی
٥. محفظه‌های یونیزاسیون
٦. شمارنده‌های تناسبی
۷. شمارنده گایگر-مولر
۸. آشکارسازهای سوسوزن
۹. سوسوزن‌های غیر آلی
۱۰. سوسوزن‌های آلی
۱۱. انواع تکثیرکننده‌های نوری (PMT ، SiPM ، PIN-Diode)
۱۲. اصول طیف‌نگاری هسته‌ای
۱۳. آشکارسازهای نیمه‌هادی
۱٤. آشکارسازی نوترون
۱٥. روش‌های آشکارسازی نوترون‌های کند
۱٦. آشکارسازی و طیف‌نگاری نوترون‌های سریع
۱۷. دینامیک مشخصه‌یابی باریکه
۱۸. انواع سامانه‌های مشخصه‌یابی باریکه

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱) Knoll, Glenn F. Radiation detection and measurement. John Wiley & Sons, ۲۰۱۰.
۲) Brandt D. CERN Accelerator School Beam Diagnostics, ۲۰۰۹.

دفتر برنامه ریزی آموزشی

عنوان درس به فارسی:	آزمایشگاه ابزاردقیق و مشخصه‌یابی باریکه		
عنوان درس به انگلیسی:	Beam Instrumentation and Diagnostics Laboratory		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	شتابگرهای ذرات		پایه ☐ نظری ☐
دروس هم‌نیاز:			تخصصی الزامی ☐ عملی ■
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۹۶		رساله / پایان‌نامه ☐

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ■ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- آموزش ساخت ابزارهای الکترونیک در شتابگرها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. پردازش و شکل‌دهی پالس برای طیف‌سنجی تابش
۲. توابع پالسی خطی و منطقی
۳. استانداردهای داده‌برداری برای طیف‌سنجی هسته‌ای و ذره‌ای
٤. تکنیک‌های آشکارسازی ذرات با تاکید بر مشخصه‌یابی باریکه در شتابگرهای ذرات

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱) Knoll, Glenn F. Radiation detection and measurement. John Wiley & Sons, ۲۰۱۰.
۳) Brandt D. CERN Accelerator School Beam Diagnostics, ۲۰۰۹.
۲) CAEN Electronic Instrumentation Catalogue, ۲۰۱٦, ۲۰۱۷, CAEN S.p.A , Via Vetraia ۱۱ ۵۵۰٤۹- Viareggio, Italy, www.caen.it

دفتر برنامه ریزی آموزشی

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های کنترل و اندازه‌گیری در شتابگرهای ذرات		
عنوان درس به انگلیسی:	Measurement Systems in Particle Accelerator Facilities	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	شتابگرهای ذرات	پایه ☐	نظری ☐
دروس هم‌نیاز:		تخصصی الزامی ☐	عملی ■
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۹۶	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ■ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- آشنایی با روش‌های اندازه‌گیری اجزای مختلف شتابگرهای ذرات

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه ای بر اندازه‌گیری مغناطیسی و اصول آن
۲. تکنیک های اندازه‌گیری مغناطیسی
۳. چندقطبی‌های مغناطیسی
٤. اختلال و عوامل موثر
٥. ابزارهای اندازه‌گیری و کنترل کیفیت مغناطیسی
٦. سنسور اثر هال، فیزیک و کاربردهای آن (طراحی و کالیبراسیون سنسورهای هال سه بعدی- الکترومغناطیس‌ها-ابزارهای الحاقی)
۷. پیچه چرخان و اصول فیزیکی (خطاهای اندازه گیری و کالیبراسیون)
۸. اندازه‌گیری بر مبنای سیم پیچ و کویل (سیم مرتعش- سیم کشنده)
۹. پایداری مغناطیسی و تکرارپذیری
۱۰. تجهیزات اندازه گیری مغناطیسی
۱۱. مقدمه‌ای بر اندازه‌گیری مشخصه‌های امواج رادیویی و سامانه‌های مرتبط با آنها
۱۲. اندازه‌گیری مشخصات کاواک‌های RF با روش موسوم به Bead-pulling
۱۳. روش‌های اندازه‌گیری دقیق جریان‌های الکتریکی بسیار زیاد
۱٤. اندازه‌گیری سرعت مکش پمپ‌های خلا و تشخیص نوع نشت با استفاده از آن
۱٥. سامانه‌های اندازه‌گیری مکان باریکه و نحوه کالیبراسیون آنها در آزمایشگاه

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱) Iron Dominated Electromagnets - Design Fabrication, Assembly and Measurements (World Scientific ۲۰۰٥)
۲) CERN Accelerator School, Magnets, Bruges, Belgium, ۱٦ – ۲٥ June ۲۰۰۹.
۳) Proc. International Magnet Technology Conferences, MT-۱ (۱۹٦٥) to MT-۲۰ (۲۰۰۷).
٤) Proc. International Magnetic Measurement Workshops, MMW-۱ (۱۹۸۱) to IMMW-۱٦ (۲۰۰۹).
٥) B. Berkes, Hall generators, CERN Accelerator School on Magnetic Measurement and Alignment, Montreux, Switzerland, ۱۹۹۲, CERN-۹۲-۰٥, ۱٦۷–۱۹۲.

دفتر برنامه ریزی آموزشی

عنوان درس به فارسی:	اصول مهندسی مکانیک در ساخت شتابگرهای ذرات		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Principles of Mechanical Engineering in Particle Accelerators		پایه ☐	نظری ☐
دروس پیش‌نیاز:	شتابگرهای ذرات		تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ■
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	٦٤			

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ■ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- آشنایی با اصول طراحی و ساخت مکانیکی ابزارها در شتابگرهای ذرات

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. طراحی اتصالات پیچی
۲. بررسی ارتعاشاتی اجزا
۳. رفتار مکانیکی مواد (تنش-کرنش-معیارهای تسلیم)
٤. کارپذیری و انجام کار بر روی مواد
٥. شکل دهی سرد
٦. شکل دهی گرم
۷. شکل دهی ورق های فلزی
۸. ریزساختار در شکل دهی
۹. تاثیر شکل دهی بر خواص مغناطیسی فلزات

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱) Kalpakjian S. Manufacturing processes for engineering materials. Pearson Education India; ۱۹۸٤.CERN Accelerator School, Magnets, Bruges, Belgium, ۱٦ – ۲٥ June ۲۰۰۹.
۲) Klocke F, Kuchle A. Manufacturing processes. Heidelberg: Springer; ۲۰۰۹.
۳) Ashby MF. Materials selection in mechanical design. Metallurgia Italiana. ۱۹۹٤ Oct ۲۸;۸٦:٤۷٥-.
٤) Dieter GE, Kuhn HA, Semiatin SL, editors. Handbook of workability and process design. ASM international; ۲۰۰۳.

دفتر برنامه ریزی آموزشی

عنوان درس به فارسی:	موضوعات ویژه در شتابگرهای ذرات ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	Special *Topics* in Accelerators I	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	شتابگرهای ذرات	☐ پایه	■ نظری
دروس هم‌نیاز:		☐ تخصصی الزامی	☐ عملی
تعداد واحد:	۳	■ تخصصی اختیاری	☐ نظری-عملی
تعداد ساعت:	٤٨	☐ رساله / پایان‌نامه	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- در درس موضوعات ویژه ۱ با دعوت از متخصصین داخلی و بین‌المللی با سابقه، دانشجویان در جریان آخرین تحولات مهندسی و علمی روز در زمینه شتابگرها قرار خواهند گرفت.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

دفتر برنامه ریزی آموزشی

عنوان درس به فارسی:	موضوعات ویژه در شتابگرهای ذرات ۲		
عنوان درس به انگلیسی:	Special Topics in Accelerators II	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	شتابگرهای ذرات	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	٤٨	رساله / پایان‌نامه ☐	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف کلی:

- در درس موضوعات ویژه ۲ با دعوت از متخصصین داخلی و بین‌المللی با سابقه، دانشجویان در جریان آخرین تحولات مهندسی و علمی روز در زمینه شتابگرها قرار خواهند گرفت.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

آزمون پایان نیم‌سال

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

دفتر برنامه ریزی آموزشی