برنامه درسی رشته

فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای

NUCLEAR PHYSICS

مقطع دکتری

بر اساس مصوبه جلسه شماره .... شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی در تاریخ ..... به تصویب رسید.

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

دانشگاه صنعتی اصفهان

برنامه درسی رشته

فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای

NUCLEAR PHYSICS

مقطع دکتری

مشتمل بر گرایش‌های:

۱. **فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای**| Nuclear Physics

تهیه‌کنندگان:

دکتر سید ظفرالله کلانتری — **عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان**

دکتر مریم حسنوند — **عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان**

نام درس	نوع درس	تعداد واحد درسی		
		جمع	نظری	عملی
موضوعات ویژه فیزیک هسته‌ای	تخصصی	۳	۳	۰
فیزیک محاسباتی	تخصصی	۳	۳	۰
ذرات بنیادی پیشرفته ۱	تخصصی	۳	۳	۰
سمینار (دکتری فیزیک)	تخصصی	۱	۱	۰
کارگاه ایمنی و بهداشت عمومی	تخصصی	۰	۰	۰
کارگاه ایمنی و بهداشت تخصصی	تخصصی	۰	۰	۰
ساختار هسته	اختیاری	۳	۳	۰
گداخت هسته‌ای	اختیاری	۳	۳	۰
آشکارسازی و دوزیمتری پیشرفته	اختیاری	۳	۳	۰
فیزیک دستگاه‌های بس‌ذره‌ای ۱	اختیاری	۳	۳	۰
فیزیک دستگاه‌های بس‌ذره‌ای ۲	اختیاری	۳	۳	۰
ذرات بنیادی پیشرفته ۲	اختیاری	۳	۳	۰
نظریه میدان‌های کوانتومی ۱	اختیاری	۳	۳	۰
نظریه میدان‌های کوانتومی ۲	اختیاری	۳	۳	۰
درس اختیاری از گرایش دیگر	اختیاری	۳	۳	۰

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

الف. مقدمه:

- عنوان رشته به فارسی و انگلیسی : فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای Nuclear Physics
- مقطع: دکتری
- معرفی حوزه علمی و شاخه‌های آن (آشنایی اجمالی با حوزه علمی و شاخه‌های آن):

به عنوان بخشی از علم فیزیک، فیزیک هسته‌ای به بررسی ساختار و ویژگی‌های هسته‌های اتمی (شامل ویژگی‌های استاتیکی و دینامیکی) می‌پردازد. این شاخه از علم را می‌توان پایه‌ای برای علوم ذرات بنیادی و مهندسی هسته‌ای دانست که دارای گرایش‌ها و زمینه‌های تحقیقاتی متنوعی است. فیزیک هسته‌ای بر روی هسته اتم‌ها متمرکز است و سعی دارد که به شناختی از هسته حاوی نوکلئون‌ها (پروتون‌ها و نوترون‌ها) و کوارک‌ها (ذرات کوچک‌تر درون پروتون‌ها و نوترون‌ها) برسد. از موضوعات اساسی فیزیک هسته‌ای می‌توان به مطالعه روی برهم‌کنش‌های قوی، پتانسیل و نیروهای هسته‌ای، بررسی سامانه‌های چند ذره‌ای هسته‌ای، ساختار هسته‌ها، خواص هسته‌ها و واکنش‌های هسته‌ای اشاره کرد که در زمینه‌های نظری، تجربی و شبیه‌سازی انجام می‌شود. ماهیت گسترده این گرایش از بررسی ابعاد بسیار کوچک در حد فرمی تا تاثیر آن حتی در مباحث کیهان‌شناسی و ستاره شناسی مشهود است و در بررسی علوم و گرایش‌های مختلف کاربرد دارد. علاوه بر آن در فناوری‌های پیشرفته و نوین نقش اساسی دارد و به کاربردهای متنوع آن در زمینه‌های مهندسی هسته‌ای و پزشکی هسته‌ای می‌توان اشاره کرد. این گرایش در زیرشاخه‌های مختلفی ارائه می‌شود: بررسی برهم‌کنش‌های قوی و سامانه‌های چند ذره‌ای، کاربرد پرتوها، همجوشی هسته‌ای، راکتورهای هسته‌ای، پرتوپزشکی، فیزیک هادرون‌ها و ... . هر کدام از این شاخه‌ها می‌توانند در بخش‌های نظری، کاربردی و بین رشته‌ای مورد مطالعه قرار گیرند. فیزیک هسته‌ای از نظر گستردگی، در بخش‌های مختلفی در حوزه های علوم ، صنعت، پزشکی و کشاورزی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

ب. تعریف رشته و مشخصات دوره تحصیلی:

- حوزه مطالعاتی و مرزهای رشته، چیستی رشته، و معرفی گرایش‌های آن
- مشخصات دوره تحصیلی (تعداد کل واحدها، طول دوره تحصیل، کارآموزی‌ها و کارورزی‌ها، بخش‌های مختلف دوره تحصیلی)
- در صورت بازنگری برنامه درسی، مشخص شود که این برنامه درسی جایگزین کدام برنامه‌های درسی است

گرایش هسته‌ای یکی از گرایش‌های رشته فیزیک است و در شاخه‌های متنوعی از علوم مرتبط با هسته‌های اتمی و کاربرد آنها فعالیت می‌کند. بررسی برهم‌کنش‌های قوی و سامانه‌های چند ذره‌ای، خواص هسته‌ها، کاربرد پرتوها، گداخت هسته‌ای، فیزیک راکتور، پرتوپزشکی و فیزیک هادرون‌ها از جمله زیرشاخه‌های این رشته هستند. مطالعه هسته‌های اتمی برای شناخت بیشتر ماهیت آنها بخش بنیادی تحقیقات فیزیک هسته‌ای به شمار می‌رود و استفاده از این دانش در تولید انرژی و استفاده از هسته‌های پرتوزا در علوم و صنایع مختلف مانند پزشکی، داروسازی، کشاورزی، شیلات، و ... شناخته شده است.

پ. اهداف برنامه درسی:

۱. ارائه آموزش‌های آکادمیک پیشرفته در زمینه فیزیک هسته‌ای

۲. ارائه دیدگاهی جامع از فیزیک هسته‌ای از جنبه‌های نظری، محاسباتی، تجربی، شبیه‌سازی و کاربردی

۳. توانایی دانشجویان در مشارکت در امور تحقیقات بنیادی و کاربردی در گرایش هسته‌ای

ت. ضرورت و اهمیت:

- چرایی وجود رشته (این رشته کدام یک از نیازهای کشور و منطقه را تامین می‌کند؟، کدام تحولات در علم و فناوری ضرورت ایجاد این رشته را موجب شده است؟، اگر این رشته وجود نداشته باشد چه آسیب‌هایی به کشور خواهد رسید؟)

مطالعات نظری و تجربی فیزیک هسته‌ای نقش برجسته ای در توسعه فیزیک قرن بیستم ایفا کرده است. مطالعه هسته اتم توانایی ما برای درک جهان را افزایش می‌دهد، پاسخ هایی را برای پرسش های اساسی در مورد سازوکار جهان ارائه می‌دهد و دانش ما را در مورد بی نهایت کوچک و بسیار بزرگ گسترش می‌دهد. می دانیم که هسته در نتیجه برهم‌کنش‌های قوی بین پروتونها و نوترونها وجود دارد ولی پتانسیل حاکم بر این نیروها به طور کامل شناخته شده نیست و هنوز موارد زیادی برای پژوهش در مورد این ذرات و نیروهای مؤثر بر آنها وجود دارد. دانشمندان با یادگیری در مورد هسته اتم و نیروهای حاکم بر آن، دانش، تکنیک ها و ابزارهای تحقیقاتی را توسعه می‌دهند که می‌تواند برای توسعه انواع برنامه های کاربردی استفاده شود. به علاوه فیزیک هسته‌ای فنونی در اختیار ما گذاشته است که در علوم دیگر از جمله در فیزیک اتمی، فیزیک حالت جامد و دیگر شاخه‌های علوم نیز کاربرد وسیعی پیدا کرده است و از جنبه های بین رشته‌ای بسیار قابل توسعه است.

این کاربردها شامل دستگاه‌ها و فناوری‌هایی برای تشخیص و درمان پزشکی، تولید انرژی، ایمنی و امنیت ملی، تجزیه و تحلیل مواد و پایه ای برای مهندسی هسته‌ای است.

با توجه به گستردگی دامنه مطالعاتی و کاربردی این رشته و نیاز کشور به فناوری هسته‌ای از جمله تامین انرژی، کاربردهای فراوان آن در تشخیص و درمان بیماری ها، کاربرد پرتوها، شتابگرها، آشکارسازهای هسته‌ای، راکتورهای شکافت و گداخت، تولید رادیو ایزوتوپها و فناوری های نوین، وجود این گرایش بسیار ضروری می نماید.

- چرایی تدوین یا بازنگری این برنامه درسی (مختصری از تاریخچه تغییرات برنامه درسی در ایران و جهان و مرزهای پیش روی رشته، سابقه این رشته در سایر دانشگاه‌ها)

برای پژوهش های بنیادین در این زمینه نیاز است که مباحث نظری این رشته به طور پایه ای آموزش داده شود، از طرفی امروز، جنبه های کاربردی و فناوری مرتبط با گرایش هسته‌ای بسیار مورد توجه و نیاز کشور است، لذا ارتقای ظرفیت علمی در این رشته، ارتقای پژوهش های کاربردی و ورود به عرصه های فناوری هسته‌ای را نیز فراهم می‌کند. جنبه های تجربی و نرم افزارهای محاسباتی و شبیه‌سازی مرتبط با علوم هسته‌ای نیز در برنامه آموزشی مورد نیاز است. لذا مباحث نظری، تجربی، شبیه‌سازی و کاربردیِ به روز در ارائه دروس باید مد نظر قرار گیرد.

ث. تعداد و نوع واحدهای درسی:

مقطع		جمع				
دکترا	عمومی	پایه	اصلی و تخصصی	اختیاری	رساله	
	–	–	۸ – ۱۰	۴–۱۰	۱۸ – ۲۴	۳۶
			۱۰	۶	۲۰	۳۶

ج. توانایی‌ها و شایستگی‌های دانش‌آموختگان:

۱. توانایی مطالعه و تحقیق در موضوعات مرتبط با گرایش در مرزهای دانش در زمینه‌های فیزیک هسته‌ای نظری و تجربی و کاربردهـای فنـاوری و پزشکی.

۲. داشتن نمای کلی از دانش فعلی فرآیندهای تولید ماده و انرژی در جهان، کاوش در جهان با استفاده از ذرات و تشعشعات پرانرژی، توصیف ساختار هسته‌های اتم و برهم‌کنش‌های آنها و ارتباط آنها با ساختارهای بنیادی‌تر.

۳. توانایی استفاده از ابزارها و روش‌های رایج محاسبات و برنامه‌نویسی که در حال حاضر در آزمایش‌های فیزیک هسته‌ای مـورد اسـتفاده قـرار مـی گیرند.

۴. توانایی توسعه کار تحقیقاتی علمی در چارچوب یا تشکیل بخشی از همکاری‌های بزرگ بین‌المللی که هم کار نظری و هم کار تجربی و فناوری را ترکیب می‌کند.

۵. توانایی آموزش و پژوهش های بنیادی در این گرایش جهت تامین اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها

۶. توانایی انجام کارهای بین رشته‌ای و کاربردی برای فعالیت در مراکز پژوهشی از جمله سازمان انرژی اتمی و شرکت‌های دانش بنیان

جدول ارتباط توانایی‌ها و شایستگی‌ها با اهداف برنامه درسی						
توانایی و شایستگی	اهداف					
	۱	۲	۳			
۱	✓	✓	✓			
۲	✓	✓	✓			
۳	✓	✓	✓			
۴	✓	✓	✓			
۵	✓	✓	✓			
۶	✓	✓	✓			

(تمام توانایی‌ها و شایستگی‌ها بایستی در راستای اهداف برنامه درسی قرار داشته باشد)

جدول ارتباط توانایی‌ها و شایستگی‌ها با دروس								
نام درس	توانایی و شایستگی							
	۱	۲	۳	۴	۵	۶		
موضوعات ویژه فیزیک هسته‌ای	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
فیزیک محاسباتی	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
ذرات بنیادی پیشرفته ۱	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
سمینار (دکتری فیزیک)	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
کارگاه ایمنی و بهداشت عمومی	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
کارگاه ایمنی و بهداشت تخصصی	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
ساختار هسته	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
گداخت هسته‌ای	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
آشکارسازی و دوزیمتری پیشرفته	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
فیزیک دستگاه‌های بس‌ذره‌ای ۱	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
فیزیک دستگاه‌های بس‌ذره‌ای ۲	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
ذرات بنیادی پیشرفته ۲	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
نظریه میدان‌های کوانتومی ۱	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
نظریه میدان‌های کوانتومی ۲	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
درس اختیاری از گرایش دیگر	✓	✓	✓	✓	✓	✓		

(تمام دروس برای ایجاد توانایی‌ها و شایستگی‌ها ایجاد می‌شوند)

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول دروس اصلی و تخصصی						
ردیف	نام درس	تعداد واحدهای درسی				شناسه
		جمع	نظری	عملی	کارگاهی	پیشنیاز / هم‌نیاز
۱	موضوعات ویژه فیزیک هسته‌ای	۳	۳	۰	۰	
۲	فیزیک محاسباتی	۳	۳	۰	۰	
۳	ذرات بنیادی پیشرفته ۱	۳	۳	۰	۰	
۴	سمینار (دکتری فیزیک)	۱	۱	۰	۰	
۵	کارگاه ایمنی و بهداشت عمومی	۰	۰	۰	۰	
۶	کارگاه ایمنی و بهداشت تخصصی	۰	۰	۰	۰	

جدول دروس اختیاری						
ردیف	نام درس	تعداد واحدهای درسی				شناسه
		جمع	نظری	عملی	کارگاهی	پیشنیاز / هم‌نیاز
۱	ساختار هسته	۳	۳	۰	۰	
۲	گداخت هسته‌ای	۳	۳	۰	۰	
۳	آشکارسازی و دوزیمتری پیشرفته	۳	۳	۰	۰	
۴	فیزیک دستگاه‌های بس‌ذره‌ای ۱	۳	۳	۰	۰	
۵	فیزیک دستگاه‌های بس‌ذره‌ای ۲	۳	۳	۰	۰	
۶	ذرات بنیادی پیشرفته ۲	۳	۳	۰	۰	
۷	نظریه میدان‌های کوانتومی ۱	۳	۳	۰	۰	
۸	نظریه میدان‌های کوانتومی ۲	۳	۳	۰	۰	
۹	درس اختیاری از گرایش دیگر	۳	۳	۰	۰	

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**دکتری- فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای**				
نام درس (فارسی):	**موضوعات ویژه فیزیک هسته‌ای**				
نام درس (انگلیسی):	**Special Topics in Nuclear Physics**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ **پایه**			■ **نظری**
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	■ **اصلی و تخصصی**	**نظری - عملی** ☐
	۳	۰	۳	☐ **اختیاری**	**عملی / آزمایشگاهی** ☐
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸	☐ **پروژه / پایان‌نامه / رساله** ☐ **جبرانی**	**کارگاهی / عملیات میدانی** ☐ **کارورزی / کارآموزی** ☐

آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ **آزمایشگاه** ☐ **سمینار** ☐ **کارگاه** ☐ **موارد دیگر:** .....

هدف درس: آشنایی دانشجویان با گرایش‌های فعال در دانشکده و مباحث روز مرتبط با گرایش هسته‌ای

مباحث / سرفصل‌ها:

ارائه مباحث با توجه به تخصص مدرس یا مدرسین درس انجام می‌شود. سرفصل دروس توسط مدرس یا مدرسین ارائه و بعد از تصویب در گروه هسته‌ای اجرا می‌شود. مباحث در راستای موضوعات روز در فیزیک هسته‌ای، مفاهیم مرتبط با موضوعات پژوهشی فعال در دانشکده برای انجام پایان‌نامه، ارائه روش‌های محاسباتی و نرم‌افزاری مورد نیاز دانشجویان در انجام پژوهش‌های فیزیک هسته‌ای ارائه می‌شود.

روش یاددهی:

سخنرانی ●مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ● و ...

منابع درسی:

با توجه به موضوعات ارائه شده و با هماهنگی گروه فیزیک هسته‌ای از منابع مختلف استفاده می‌شود (کتاب، مقاله‌ها، پتنت‌ها و ...)

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**دکتری- فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای**				
نام درس (فارسی):	**فیزیک محاسباتی**				
نام درس (انگلیسی):	**Computational Physics**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ پایه			☐ نظری
تعداد واحد:		■ اصلی و تخصصی	**جمع**	**عملی**	**نظری**	■ نظری - عملی
		☐ اختیاری	۳	۰	۳	☐ عملی / آزمایشگاهی
تعداد ساعت:		☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله	۴۸	۰	۴۸	☐ کارگاهی / عملیات میدانی
		☐ جبرانی				☐ کارورزی / کارآموزی
آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): ☐ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:					

هدف درس: شبیه‌سازی سیستم‌های فیزیکی

مباحث / سرفصل‌ها:

آموزش یک زبان برنامه‌نویسی (در حال حاضر پایتون)، آموزش کتابخانه‌های پایتون (numpy, scipy, matplotlib)، آموزش سیستم عامل لینوکس، حل معادلات دیفرانسیل: روش اویلر (مثال: حرکت پرتابه)، روش رانگ کوتا (مثال: حرکت پرتابه با مقاومت هوا)، حل معادلات لاپلاس و پواسون)، شبیه‌سازی سیستم‌های تصادفی: شبیه‌سازی ولگشت تصادفی، شبیه‌سازی پدیده تراوش، شبیه‌سازی پولیمرها، شبیه‌سازی مونت کارلو: محاسبه عدد پی، شبیه‌سازی سیستم آیزینگ دو بعدی، شبیه‌سازی سیستم‌های کوانتومی: شبیه‌سازی معادله شرودینگر وابسته به زمان، شبیه‌سازی معادله شرودینگر مستقل از زمان با روش مونت کارلوی کوانتومی، شبیه‌سازی سیستم‌های آشوب‌ناک و یادگیری ماشین

روش یاددهی:

سخنرانی ● مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ● و ...

منابع درسی:

Landau, D. P. and Binder, K. (2009). *A Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical Physics*. Cambridge University Press.

Bishop, C. M. (2006). *Pattern Recognition And Machine Learning*. Springer.

Geron, A. (2022). Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras & TensorFlow. 3rd ed. . Springer

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**دکتری- فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای**				
نام درس (فارسی):	**ذرات بنیادی پیشرفته ۱**				
نام درس (انگلیسی):	**Advanced Elementary Particle Physics 1**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ **پایه**	■ **نظری**		
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	■ **اصلی و تخصصی**	☐ **نظری - عملی**
	۳	۰	۳	☐ **اختیاری**	☐ **عملی / آزمایشگاهی**
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸	☐ **پروژه / پایان‌نامه / رساله**	☐ **کارگاهی / عملیات میدانی**
				☐ **جبرانی**	☐ **کارورزی / کارآموزی**

آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف درس: آموزش اصول فیزیک ذرات بنیادی و برهم‌کنش‌ها

مباحث / سرفصل‌ها:

ذرات بنیادی در مدل استاندارد، برهم‌کنش‌های ذرات با ماده، واحدها در ذرات بنیادی، مروری بر نسبیت خاص، مروری بر مکانیک کوانتومی غیرنسبیتی، قانون طلایی فرمی، فضای فاز و بهنجارش تابع موج، واپاشی ذرات، سطح مقطع برخورد، سطح مقطع برخورد دیفرانسیلی، معادله کلن- گوردون، معادله دیراک، جریان احتمال و چگالی احتمال، اسپین و معادله دیراک، شکل هموردای معادله دیراک، جواب‌های معادله دیراک، پاد ذرات، حالات اسپینی و هلیسیتی، پاریته ذاتی فرمیون‌های دیراک، اختلال مرتبه اول و دوم، نمودارهای فاینمن و ذرات مجازی، معرفی الکترودینامیک کوانتومی QED، قوانین فاینمن برای الکترودینامیک کوانتومی، محاسبات در نظریه اختلال، نابودی الکترون- پوزیترون، اسپین در نابودی الکترون- پوزیترون، دست‌سانی یا کایرالیتی، تکنیک‌های رد گیری، کاوش ساختار پروتون، پراکندگی مات- رادرفورد، عامل شکل، پراکندگی کشسانی الکترون- پروتون، فرمول رزنبولوت.

روش یاددهی:

سخنرانی ● مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ●ارائه کلاسی ○ و ...

منابع درسی:

Thomson, M. (2013). *Modern Particle Physics*. Cambridge University Press.

Halzen, F. and Martin, A. D. (1984). *Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics*. John Wiley and Sons.

Morri, T., Lim, C. S. and Mukherjee. S. N. (2004). *The Physics of the Standard Model and Beyond*. World Scientific.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

<table>
<tr><td>مقطع و نام رشته‌گرایش:</td><td colspan="5">دکتری – فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای</td></tr>
<tr><td>نام درس (فارسی):</td><td colspan="5">سمینار (دکترای فیزیک)</td></tr>
<tr><td>نام درس (انگلیسی):</td><td colspan="5">Seminar</td></tr>
<tr><td>دروس پیش‌نیاز:</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">نوع واحد</td></tr>
<tr><td>دروس هم‌نیاز:</td><td colspan="3"></td><td>☐ پایه</td><td>■ نظری</td></tr>
<tr><td rowspan="2">تعداد واحد:</td><td>نظری</td><td>عملی</td><td>جمع</td><td>■ اصلی و تخصصی</td><td>☐ نظری - عملی</td></tr>
<tr><td>۱</td><td>۰</td><td>۱</td><td>☐ اختیاری</td><td>☐ عملی / آزمایشگاهی</td></tr>
<tr><td>تعداد ساعت:</td><td></td><td></td><td></td><td>☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله</td><td>☐ کارگاهی / عملیات میدانی</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td>☐ جبرانی</td><td>☐ کارورزی / کارآموزی</td></tr>
<tr><td colspan="6">آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ■ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....</td></tr>
<tr><td colspan="6">هدف درس: آشنایی با اصول انتخاب موضوع، جمع‌آوری اطلاعات مربوط به آن و ارائه مطالب به شیوه مناسب در یکی از موضوع‌های روز در فیزیک هسته‌ای</td></tr>
<tr><td colspan="6">مباحث / سرفصل‌ها:
بستگی به پروژه دکتری و نظر استاد راهنما دارد.</td></tr>
<tr><td colspan="6">روش یاددهی:
سخنرانی ● مباحثه ○ بازدید ○ پژوهش ● تمرین و تکرار ○ مطالعه موردی ● آزمایش و ساخت ○ و ...</td></tr>
<tr><td colspan="6">روش ارزشیابی:
امتحان کتبی ○ پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ○ ارائه کلاسی ● و ...</td></tr>
<tr><td colspan="6">منابع درسی:
کتاب، مقاله، پتنت و سایر منابع علمی معتبر و به‌روز مرتبط با موضوع انتخاب شده برای سمینار</td></tr>
<tr><td colspan="6">ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>مقطع و نام رشته‌گرایش:</td><td colspan="5">دکتری - فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای</td></tr>
<tr><td>نام درس (فارسی):</td><td colspan="5">کارگاه ایمنی و بهداشت عمومی</td></tr>
<tr><td>نام درس (انگلیسی):</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>دروس پیش‌نیاز:</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">نوع واحد</td></tr>
<tr><td>دروس هم‌نیاز:</td><td colspan="3"></td><td>☐ پایه</td><td>■ نظری</td></tr>
<tr><td rowspan="2">تعداد واحد:</td><td>نظری</td><td>عملی</td><td>جمع</td><td>■ اصلی و تخصصی</td><td>نظری - عملی ☐</td></tr>
<tr><td>۰</td><td>۰</td><td>۰</td><td>☐ اختیاری</td><td>عملی / آزمایشگاهی ☐</td></tr>
<tr><td>تعداد ساعت:</td><td>۰</td><td>۰</td><td>۰</td><td>☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله
☐ جبرانی</td><td>کارگاهی / عملیات میدانی ☐
کارورزی / کارآموزی ☐</td></tr>
<tr><td colspan="6">آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....</td></tr>
<tr><td colspan="6">هدف درس: آشنایی و ارتقای سطح ایمنی در آزمایشگاه‌های دانشکده</td></tr>
<tr><td colspan="6">مباحث / سرفصل‌ها:
با نظر استاد کارگاه</td></tr>
<tr><td colspan="6">روش یاددهی:
سخنرانی ● مباحثه ● بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ○ مطالعه موردی ○ آزمایش و ساخت ○ و ...</td></tr>
<tr><td colspan="6">روش ارزشیابی:
امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ○ ارائه کلاسی ○ و ...</td></tr>
<tr><td colspan="6">منابع درسی: (منبع نویسی به روش APA)
با نظر استاد کارگاه</td></tr>
<tr><td colspan="6">ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>مقطع و نام رشته‌گرایش:</td><td colspan="5">دکتری - فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای</td></tr>
<tr><td>نام درس (فارسی):</td><td colspan="5">کارگاه ایمنی و بهداشت تخصصی</td></tr>
<tr><td>نام درس (انگلیسی):</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>دروس پیش‌نیاز:</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">نوع واحد</td></tr>
<tr><td>دروس هم‌نیاز:</td><td colspan="3"></td><td>☐ پایه</td><td>نظری ☐</td></tr>
<tr><td rowspan="2">تعداد واحد:</td><td>نظری</td><td>عملی</td><td>جمع</td><td>■ اصلی و تخصصی</td><td>نظری - عملی ■</td></tr>
<tr><td>۰</td><td>۰</td><td>۰</td><td>☐ اختیاری</td><td>عملی / آزمایشگاهی ☐</td></tr>
<tr><td>تعداد ساعت:</td><td></td><td></td><td></td><td>☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله</td><td>کارگاهی / عملیات میدانی ☐</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td><td>☐ جبرانی</td><td>کارورزی / کارآموزی ☐</td></tr>
<tr><td colspan="6">آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ■ موارد دیگر: .....</td></tr>
<tr><td colspan="6">هدف درس: آشنایی و ارتقای سطح ایمنی در آزمایشگاه‌های تخصصی</td></tr>
<tr><td colspan="6">مباحث / سرفصل‌ها:
با نظر استاد کارگاه</td></tr>
<tr><td colspan="6">روش یاددهی:
سخنرانی ● مباحثه ● بازدید ● پژوهش ○ تمرین و تکرار ○ مطالعه موردی ○ آزمایش و ساخت ○ و ...</td></tr>
<tr><td colspan="6">روش ارزشیابی:
امتحان کتبی ○ پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ○ ارائه کلاسی ○ و ...</td></tr>
<tr><td colspan="6">منابع درسی: (منبع نویسی به روش APA)
با نظر استاد کارگاه</td></tr>
<tr><td colspan="6">ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:</td></tr>
</table>

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**دکتری- فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای**				
نام درس (فارسی):	**ساختار هسته**				
نام درس (انگلیسی):	**Nuclear Structure**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ **پایه**	■ **نظری**		
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	☐ **اصلی و تخصصی**	☐ **نظری - عملی**
	۳	۰	۳	■ **اختیاری**	☐ **عملی / آزمایشگاهی**
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸	☐ **پروژه / پایان‌نامه / رساله**	☐ **کارگاهی / عملیات میدانی**
				☐ **جبرانی**	☐ **کارورزی / کارآموزی**

آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف درس: بررسی ساختار کلی هسته‌ها با مطالعه برهم‌کنش‌های هسته‌ای

مباحث / سرفصل‌ها:

خواص عمومی هسته‌ها، چگالی ماده و چگالی بار، ساختار نوکلئون‌ها، حالت‌های برانگیخته نوکلئون‌ها، آزمایش‌های پراکندگی، پراکندگی از پتانسیل مرکزی، نیروی هسته‌ای و سیستم‌های دو- نوکلئونی، فاکتور شکل نوکلئون، شکل هسته و گشتاورهای الکترومغناطیسی، انرژی بستگی هسته‌ای، فرمول نیمه تجربی جرم، حرکت دسته جمعی هسته‌ای، مدل‌های میکروسکوپی ساختار هسته، مدل پوسته‌ای هسته، هامیلتونی تک- ذره هارتری- فوک، اندرکنش الکترومغناطیس و ضعیف، واکنش‌های هسته‌ای، سطح مقطع برخورد، مدل اپتیکی، واکنش‌های یون‌های سنگین، گذار فاز و پلاسمای کوارک- گلئون، تئوری ماده هسته‌ای، پرتوهای یونی رادیواکتیو، اخترفیزیک هسته‌ای، روش‌های تجربی و نتایج اخیر

روش یاددهی:

سخنرانی ●مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ● و ...

منابع درسی:

Benhar, O. and Fantoni, S. (2020). *Nuclear Matter Theory*. CRC Press.

Karataglidis, S., Amos, K., Fraser P. R., and Canton, C. (2019). *A New Development at the Intersection of Nuclear Structure and Reaction Theory*. Springer.

Rowe, D. J. and Wood, J. L. (2010). *Fundamentals of Nuclear Models: Foundational Models*. World Scientific.

Wong, Samuel. S. M. (2004). *Introductory Nuclear Physics*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Casten, R. F. (2000). *Nuclear Structure from a Simple Perspective*. Oxford University Press.

Sitenko, A. and Tartakovskii, V. (1997). *Theory of Nucleus*. Springer.

Roy, R. R. and Nigam, B. P. (1983). *Nuclear physics*. Wiley.

Pal, M. K. (1982). *Theory of nuclear structure*. East-West Press.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**دکتری- فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای**				
نام درس (فارسی):	**گداخت هسته‌ای**				
نام درس (انگلیسی):	**Nuclear Fusion**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ **پایه**			■ **نظری**
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	☐ **اصلی و تخصصی**	☐ **نظری - عملی**
	۳	۰	۳	■ **اختیاری**	☐ **عملی / آزمایشگاهی**
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸	☐ **پروژه / پایان‌نامه / رساله**	☐ **کارگاهی / عملیات میدانی**
				☐ **جبرانی**	☐ **کارورزی / کارآموزی**
آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ **آزمایشگاه** ☐ **سمینار** ☐ **کارگاه** ☐ **موارد دیگر:**					

هدف درس: آشنایی با همجوشی هسته‌ای و پدیده‌های مرتبط

مباحث / سرفصل‌ها:

مبانی واکنش‌های همجوشی هسته‌ای، مقایسه گداخت و شکافت هسته‌ای، همجوشی گرما هسته‌ای، چرخه واکنش‌های همجوشی در ستاره‌ها، آهنگ واکنش‌های گداخت، پارامتر$<\sigma v>$، اتلاف انرژی و موازنه در پلاسمای گداخت هسته‌ای، گرمایش پلاسما، تعادل پلاسما، دمای خود اشتغالی، معیار لاوسون، معادلات دینامیکی چگالی یون‌ها و تحلیل عددی آنها، بهره انرژی گداخت، روش محصورسازی مغناطیسی (MCF)، برهمکنش ذرات باردار در میدانهای الکتریکی و مغناطیسی، آینه مغناطیسی، راکتور گداخت توکامک (Tokamak)، اثرات نوترونی و تولید سوخت، روش محصورسازی اینرسی(ICF)، راه اندازهای لیزری، یون سبک و سنگین، ساختار ساچمه‌های سوخت، ناپایدارهای پلاسما، همجوشی به روش کاتالیزور میونی (μCF)، اتم‌ها و مولکول‌های میوندار، گذارهای آبشاری، چرخه میون، معادلات دینامیکی چرخه همجوشی μCF و تحلیل عددی آنها

روش یاددهی:

سخنرانی ●مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ● و ...

منابع درسی:

Niu, K. (2009). *Nuclear Fusion (1st edition)*. Cambridge University Press.

Harms, A. A. et al. (2000). *Principles of fusion energy (1st edition)*. World Scientific

Morse, E. (2018). *Nuclear Fusion (1st edition)*. Springer.

Atzeni, S. and Meyer-Ter-Vehn, J. (2004). *The Physics of Inertial Fusion (1st. edition)*. Oxford University Press.

Stacey, W. M. (2008). *Fusion Plasma Physics*. John Wiley & Sons .

Chen, F. F. (2016). *Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion (Third edition)*. Springer.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**دکتری- فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای**				
نام درس (فارسی):	**آشکارسازی و دوزیمتری پیشرفته**				
نام درس (انگلیسی):	**Advanced Nuclear Radiation Detection and Dosimetry**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ **پایه**			**نظری** ■
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	☐ **اصلی و تخصصی**	**نظری - عملی** ☐
	۳	۰	۳	■ **اختیاری**	**عملی / آزمایشگاهی** ☐
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸	☐ **پروژه / پایان‌نامه / رساله** ☐ **جبرانی**	**کارگاهی / عملیات میدانی** ☐ **کارورزی / کارآموزی** ☐
آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ **آزمایشگاه** ☐ **سمینار** ☐ **کارگاه** ☐ **موارد دیگر:**					
هدف درس: آشنایی با اصول و طرز کار انواع آشکارسازهای تابش‌های هسته‌ای و روش‌های دوزیمتری					
مباحث / سرفصل‌ها: منابع تابش هسته‌ای، برهم‌کنش‌های تابش با ماده، آمار شمارش و برآورد خطا، مبانی فیزیک آشکارسازهای هسته‌ای، آشکارسازهای گازی، شمارنده‌های تناسبی، شمارنده‌های گایگر مولر، آشکارسازهای سوسوزن، تکثیرکننده فوتونی، آشکارسازهای نیم‌رسانا و انواع آشکارسازهای حالت جامد، آشکارسازی و طیف‌نگاری پرتوهای X و گاما، آشکارسازی و طیف‌سنجی ذرات باردار، آشکارسازی و طیف‌نمایی نوترون، الکترونیک آشکارسازی هسته‌ای، مبانی دوزیمتری، آشنایی با دوزیمترهای مختلف و روش کار آنها، تجزیه و تحلیل به روش فعال‌سازی.					
روش یاددهی: سخنرانی ●مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...					
روش ارزشیابی: امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ● و ...					
منابع درسی: Knoll, C. F. (2010). *Radiation Detection and Measurement*. John Wiley and Sons. Tsoulfanidis, N. and Landsberger, Sh. (2015). *Measurement and Detection of Radiation*. Taylor and Francis.					
ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:					

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**دکتری- فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای**				
نام درس (فارسی):	**فیزیک دستگاه‌های بس‌ذره‌ای ۱**				
نام درس (انگلیسی):	**Physics of Many Body Systems I**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ پایه	☐ اصلی و تخصصی	■ اختیاری	☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله ☐ جبرانی
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	■ نظری	☐ نظری - عملی ☐ عملی / آزمایشگاهی ☐ کارگاهی / عملیات میدانی ☐ کارورزی / کارآموزی
	۳	۰	۳		
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸		

آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف درس: آشنایی با روش‌های مرسوم بس‌ذره‌ای

مباحث / سرفصل‌ها:

کوانتش دوم، گاز الکترونی، برهمکنش الکترون-فونون، نظریه میدان میانگین، تصویر شرودینگر، هایزنبرگ، برهم‌کنشی، نظریه پاسخ خطی، رابطه کوبو، تابع گرین، نظریه معادله حرکت، تابع گرین زمان موهومی، نظریه اختلال و دیاگرام‌های فاینمن، گاز الکترونی برهمکنشی، نظریه مایع فرمی کوانتومی، رسانندگی و پراکندگی از ناخالصی

روش یاددهی:

سخنرانی ● مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ○ و ...

منابع درسی:

Fetter, A. L. and Walecka, J. D. (1971). *Quantum Theory of Many Particle Systems*. McGraw-Hill Co.

Coleman, P. (2015). *Introduction to Many-Body Physics*. Cambridge University Press.

Bruus, H. and Flesenberg, K. (2016). *Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter*. Oxford University Press.

Mahan, G. D. (2000). *Many Particle Physics*. Springer.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**دکتری- فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای**				
نام درس (فارسی):	**فیزیک دستگاه‌های بس‌ذره‌ای ۲**				
نام درس (انگلیسی):	**Physics of Many-body Systems II**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ پایه			■ نظری
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	☐ اصلی و تخصصی	☐ نظری - عملی
	۳	۰	۳	■ اختیاری	☐ عملی / آزمایشگاهی
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸	☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله ☐ جبرانی	☐ کارگاهی / عملیات میدانی ☐ کارورزی / کارآموزی

آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

هدف درس: آشنایی با روش‌های مرسوم بس‌ذره‌ای با رویکرد کاربردی

مباحث / سرفصل‌ها:

قواعد جمع، پاسخ خطی و حالت‌های دسته جمعی، مایع هلیوم ۳، توابع موج سیستم‌های بس‌ذره‌ای بوزونی و فرمیونی، نظریه لاندائو درباره مایعات فرمی، تئوری BCS ابررسانایی، ماده هسته‌ای، هسته‌های معین، مقایسه روش‌های بس‌ذره‌ای، تابع گرین برای فونون‌ها، نظریه BCS، ابررسانایی دمای بالا، ابرشاره‌ها، گاز الکترونی یک بعدی و مایع لاتینجر، الکترون‌های با همبستگی قوی، مدل هابارد، روش‌های خوشه‌ای کوانتومی، نظریه میدان میانگین دینامیکی، فازهای توپولوژیکی، مقولات ویژه در مغناطیس

روش یاددهی:

سخنرانی ● مباحثه ● بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ● مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...

روش ارزشیابی:

امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ● و ...

منابع درسی:

Fetter, A. L. and Walecka J. D. (1971). *Quantum Theory of Many Particle Systems*. McGraw-Hill Co.

Coleman, P. (2015). *Introduction to Many-Body Physics*. Cambridge University Press.

Bruus, H. and Flesenberg, K. (2016). *Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter*. Oxford University Press.

Mahan, G. D. (2000). *Many Particle Physics*. Springer.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**دکتری- فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای**				
نام درس (فارسی):	**ذرات بنیادی پیشرفته ۲**				
نام درس (انگلیسی):	**Advanced Elementary Particle Physics II**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ پایه			**نظری** ■
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	☐ اصلی و تخصصی	**نظری - عملی** ☐
	۳	۰	۳	■ اختیاری	**عملی / آزمایشگاهی** ☐
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸	☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله ☐ جبرانی	**کارگاهی / عملیات میدانی** ☐ **کارورزی / کارآموزی** ☐
آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ **آزمایشگاه** ☐ **سمینار** ☐ **کارگاه** ☐ **موارد دیگر:**					
هدف درس: آموزش اصول فیزیک ذرات بنیادی و برهم‌کنش آنها					
مباحث / سرفصل‌ها: مباحث غیر از مباحث ارائه شده در درس ذرات بنیادی پیشرفته ۱ از منابع درسی زیر با نظر استاد درس					
روش یاددهی: سخنرانی ● مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...					
روش ارزشیابی: امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ○ و ...					
منابع درسی: Thomson, M. (2013*). Modern Particle Physics*. Cambridge University Press. Halzen, F. and Martin, A. D. (1984). *Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics*. John Wiley and Sons. Morri, T., Lim, C. S. and Mukherjee. S. N. (2004). *The Physics of the Standard Model and Beyond*. World Scientific.					
ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:					

<table>
<tr><td>مقطع و نام رشته‌گرایش:</td><td colspan="5">دکتری- فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای</td></tr>
<tr><td>نام درس (فارسی):</td><td colspan="5">نظریه میدان‌های کوانتومی ۱</td></tr>
<tr><td>نام درس (انگلیسی):</td><td colspan="5">Quantum Field Theory I</td></tr>
<tr><td>دروس پیش‌نیاز:</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">نوع واحد</td></tr>
<tr><td>دروس هم‌نیاز:</td><td colspan="3"></td><td>☐ پایه</td><td>■ نظری</td></tr>
<tr><td rowspan="2">تعداد واحد:</td><td>نظری</td><td>عملی</td><td>جمع</td><td>☐ اصلی و تخصصی</td><td>☐ نظری - عملی</td></tr>
<tr><td>۳</td><td>۰</td><td>۳</td><td>■ اختیاری</td><td>☐ عملی / آزمایشگاهی</td></tr>
<tr><td>تعداد ساعت:</td><td>۴۸</td><td>۰</td><td>۴۸</td><td>☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله
☐ جبرانی</td><td>☐ کارگاهی / عملیات میدانی
☐ کارورزی / کارآموزی</td></tr>
<tr><td colspan="6">آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....</td></tr>
<tr><td colspan="6">هدف درس: آموزش اصول نظریه‌ی میدان‌های کوانتومی</td></tr>
<tr><td colspan="6">مباحث / سرفصل‌ها:
میدان کلاین گوردون، میدان دیراک، برهم‌کنش میدان‌ها و نمودارهای فاینمان، مباحث اولیه‌ی الکترودینامیک کوانتومی، تصحیح تابشی</td></tr>
<tr><td colspan="6">روش یاددهی:
سخنرانی ● مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...</td></tr>
<tr><td colspan="6">روش ارزشیابی:
امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ○ و ...</td></tr>
<tr><td colspan="6">منابع درسی:
Schwartz, M. D. (2014). Quantum Field Theory and Standard Model. Cambridge University Press.
Schroeder, D. V and Peskin, M. E. (1995). An Introduction to Quantum Field Theory. Perseus Books Publishing.</td></tr>
<tr><td colspan="6">ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>مقطع و نام رشته‌گرایش:</td><td colspan="5">دکتری- فیزیک، گرایش فیزیک هسته‌ای</td></tr>
<tr><td>نام درس (فارسی):</td><td colspan="5">نظریه میدان‌های کوانتومی ۲</td></tr>
<tr><td>نام درس (انگلیسی):</td><td colspan="5">Quantum Field Theory ll</td></tr>
<tr><td>دروس پیش‌نیاز:</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">نوع واحد</td></tr>
<tr><td>دروس هم‌نیاز:</td><td colspan="3"></td><td>☐ پایه</td><td>■ نظری</td></tr>
<tr><td rowspan="3">تعداد واحد:</td><td>نظری</td><td>عملی</td><td>جمع</td><td>☐ اصلی و تخصصی</td><td>☐ نظری - عملی</td></tr>
<tr><td>۳</td><td>۰</td><td>۳</td><td>■ اختیاری</td><td>☐ عملی / آزمایشگاهی</td></tr>
<tr><td>تعداد ساعت:</td><td>۴۸</td><td>۰</td><td>۴۸</td><td>☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله
☐ جبرانی</td><td>☐ کارگاهی / عملیات میدانی
☐ کارورزی / کارآموزی</td></tr>
<tr><td colspan="6">آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....</td></tr>
<tr><td colspan="6">هدف درس: آموزش اصول نظریه‌ی میدان‌های کوانتومی</td></tr>
<tr><td colspan="6">مباحث / سرفصل‌ها:
کات‌آف فرابنفش و نوسان‌های بحرانی، روش‌های تابعی، روش بازبهنجارش، بازبهنجارش و تقارن، گروه باز بهنجارش، نمای بحرانی و نظریه میدان اسکالر، مدل پارتونِ ساختار هادرون، ناوردایی پیمانه‌ای غیرآبلی</td></tr>
<tr><td colspan="6">روش یاددهی:
سخنرانی ● مباحثه ●بازدید ○ پژوهش ○ تمرین و تکرار ●مطالعه موردی ●آزمایش و ساخت ○ و ...</td></tr>
<tr><td colspan="6">روش ارزشیابی:
امتحان کتبی ● پروژه عملی ○ گزارش ○ آزمونک کلاسی ● ارائه کلاسی ○ و ...</td></tr>
<tr><td colspan="6">منابع درسی:
Schwartz, M. D. (2014). Quantum Field Theory and Standard Model. Cambridge University Press.
Schroeder, D. V and Peskin, M. E. (1995). An Introduction to Quantum Field Theory. Perseus Books Publishing.</td></tr>
<tr><td colspan="6">ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:</td></tr>
</table>