برنامه درسی رشته

فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها

ELEMENTARY PARTICLE PHYSICS AND FIELD THEORY

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته

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 ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها

ELEMENTARY PARTICLE PHYSICS AND FIELD THEORY

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته

مشتمل بر گرایش‌های:

۱. **فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها** | Elementary Particle Physics And Field Theory

تهیه‌کنندگان:

دکتر بهروز میرزا	**عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان**
دکتر فرهنگ لران	**عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان**
دکتر عبیده جعفری	**عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان**

نام درس	نوع درس	تعداد واحد درسی		
		جمع	نظری	عملی
مکانیک کوانتومی پیشرفته	تخصصی	۴	۴	۰
مکانیک آماری پیشرفته ۱	تخصصی	۳	۳	۰
الکترودینامیک	تخصصی	۴	۴	۰
کارگاه ایمنی و بهداشت عمومی	تخصصی	۰	۰	۰
سمینار (ارشد ذرات بنیادی)	اختیاری	۲	۲	۰
نسبیت عام	اختیاری	۳	۳	۰
ذرات بنیادی پیشرفته ۱	اختیاری	۳	۳	۰
ذرات بنیادی پیشرفته ۲	اختیاری	۳	۳	۰
نظریه گروه‌ها	اختیاری	۳	۳	۰
کیهان‌شناسی	اختیاری	۳	۳	۰
نظریه میدان‌های کوانتومی ۱	اختیاری	۳	۳	۰
موضوعات ویژه در ذرات بنیادی ۱	اختیاری	۳	۳	۰
موضوعات ویژه در ذرات بنیادی ۲	اختیاری	۳	۳	۰
فیزیک محاسباتی	اختیاری	۳	۳	۰
فیزیک پدیده‌های بحرانی	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 ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها
Elementary Particle Physics and Field Theory
- مقطع: کارشناسی ارشد
- معرفی حوزه علمی و شاخه‌های آن (آشنایی اجمالی با حوزه علمی و شاخه‌های آن)

فیزیک ذرات بنیادی شامل گرایش‌های تجربی و نظری است. هدف فیزیکدانان در این گرایش شناخت نیروها و برهم‌کنش‌های بنیادی در طبیعت است. شناخت بهتر نیروهای حاکم در طبیعت به پیشرفت و به‌وجود آمدن تکنولوژی‌های جدید منجر می‌شود. شناخت نیروهای طبیعت یکی از الزامات برای به کنترل در آوردن پدیده‌های طبیعی توسط انسان است. در طول تاریخ موضوع شناخت طبیعت و به‌وجود آمدن اختراعات جدید کاملا به یکدیگر وابسته بوده‌اند. گرایش گرانش و کیهان‌شناسی مسایلی نظیر رفتار زمین و سیارات در منظومه شمسی و شناخت ساختار آنها مورد تحقیق است. ساختار و دینامیک کهکشان راه شیری و مطالعه در مورد عمر ستارگان و چگونگی به‌وجود آمدن و سرنوشت ستارگان از موضوعات مورد توجه فیزیکدانان است. تحقیق در مورد رفتار دیگر کهکشان‌ها در عالم و به‌طور کلی پیدایش و تحول آنها ازدیگر مسایل مرتبط با این گرایش است.

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

فیزیک علم شناخت طبیعت است. بنیادی‌ترین گرایش‌ها عبارتند از فیزیک ذرات بنیادی و گرانش و کیهان‌شناسی. آیات متعددی در قرآن کریم انسان را دعوت به تفکر و تحقیق در آسمان‌ها و زمین نموده است و هدف این گرایش دقیقا شناخت نیروهای حاکم بر آسمان‌ها و زمین است. شناخت برهم‌کنش‌های بین اتم‌ها و هسته‌ها از اهداف فیزیکدانان ذرات بنیادی است. چگونگی بوجود آمدن هسته‌ها و نوع نیروهای بین ذرات تشکیل دهنده آنها از مسایل مورد تحقیق در این گرایش است. مطالعه تحول منظومه شمسی و کهکشان راه شیری و دیگر کهکشان‌ها در عالم یکی از موضوعات مرتبط با این گرایش است. سوالاتی نظیر زمان به‌وجود آمدن کهکشان‌ها و ستارگان و سیارات در این گرایش بررسی می‌شود. این‌که میزان فراوانی عناصر مختلف درآسمان‌ها و زمین چقدر است و چرا طبیعت به این صورت دیده می‌شود از دیگر مطالب مرتبط با گرایش کیهان‌شناسی است.

پ. اهداف برنامه درسی:

۱. بوجود آوردن توانایی انجام پژوهش با کمک روش‌های نظری و محاسباتی

۲. آماده شدن برای شروع به کارهای تحقیقی انفرادی و جمعی

۳. آموزش مطالب پایه‌ای و اساسی در فیزیک بنیادی به دانشجویان

۴. آماده ساختن ذهنی فعال و خلاق و پرسش‌گر در مسایل علمی

۵. آشنایی با آخرین دستاوردهای علمی در فیزیک ذرات بنیادی و گرانش و کیهان‌شناسی

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؟)
- 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)

هدف فیزیکدانان درک و پیش‌بینی پدیده‌های جهان فیزیکی بر اساس درک تجربی مفهومی و ریاضی از قوانین جهان است.

فیزیک نظری یکی از کم‌هزینه‌ترین حوزه‌های پژوهشی با بیشترین تاثیر است. بسیاری از فن‌آوری‌ها بر اساس فیزیک نظری ساخته شده‌اند. سلول‌های خورشیدی، رایانه‌ها، فناوری‌های بی‌سیم و تصویربرداری تشخیصی همگی ریشه در پیشرفت‌های فیزیکدانان نظری دارند چرا که فناوری بر قوانین طبیعت متکی است، پس درک بهتر آن قوانین به ما امکان می‌دهد فناوری‌های بهتری ایجاد کنیم.

به عنوان مثال، الکترومغناطیس توسط نظریه پرداز جیمز کلرک ماکسول کشف شد که عمدتاً بر اساس کار تجربی مایکل فارادی است. نظریه‌ی ماکسول، به ساخت موتورهای الکتریکی، ژنراتورها و شبکه‌ی توزیع ایمن برق منجر شد. پیام‌های بی‌سیم زمانی به وجود آمد که گوگلیلمو مارکونی از الکترومغناطیس ماکسول استفاده کرد و در نهایت منجر به ارتباطات Wi-Fi و ماهواره‌ای شد.

آلبرت انیشتین با به دست آوردن درک عمیق‌تری از گرانش، دانش لازم برای GPS را فراهم کرد. با تأمل در فضا و زمان، ما دریافتیم که نور ستاره‌ها محصول فرآیند همجوشی هسته‌ای است. امروز، ما راه‌هایی را بررسی می‌کنیم که همجوشی ممکن است مشکلات انرژی جهان را حل کند و تأثیر انسان بر محیط‌زیست را کاهش دهد.

برای کشف اسرار اتم، فیزیکدانان نظری نظریه کوانتومی را توسعه دادند که پایه فناوری هایی مانند ترانزیستور ، لیزر، MRI است.

هدف فیزیک انرژی بالا (همچنین به عنوان فیزیک ذرات شناخته می‌شود) شناخت بنیادی‌ترین اجزای سازنده ماده و درک تعاملات بین این ذرات است. ساختار نظری زیربنایی در فیزیک ذرات مدل استاندارد نامیده می‌شود و شامل ۶ کوارک، ۶ لپتون، ۴ بوزون پیمانه‌ای و یک بوزون اسکالر (بوزون هیگز) است که از طریق سه نیروی هسته‌ای قوی، هسته‌ای ضعیف و الکترومغناطیس با هم برهم کنش می کنند.

ما می‌کوشیم که آن‌چه که در انرژی های بالاتر (نظیر فواصل کوچکتر) اتفاق می افتد، را درک کنیم. در این انرژی‌ها شاید ذرات جدیدی پدید آیند و یا شکل برهم‌کنش‌ها تغییر کند. این پژوهش‌ها درک بهتری از نحوه کار کیهان ارائه می‌کند و به طور بالقوه به دسته‌ای از پرسش‌های بنیادی پاسخ می‌دهند. پرسش‌هایی مانند اینکه چرا جرم هیگز بسیار سبک است، ماده تاریک از چه چیزی ساخته شده است، آیا در انرژی‌های بالا، همه‌ی نیروها در یک نیروی منفرد متحد می‌شوند، چه اتفاقی برای پادماده افتاده است و یا کیهان اولیه چگونه بوده است.

شواهد غیرمستقیم فراوانی از مطالعات مختلف نجومی وجود دارد که نشان می‌دهد سیاهچاله‌ها وجود دارند، از جمله بررسی اجرام مجاور که تحت کشش گرانشی یک سیاهچاله قرار دارند و یا ثبت امواج گرانشی حاصل از برخورد و ادغام سیاه‌چاله‌ها با یکدیگر یا با ستاره‌های نوترونی. این شرایط به خوبی توسط نظریه نسبیت عام توضیح داده شده است.

سیاهچاله‌ها آزمایشگاه‌هایی برای آزمایش نظریه‌های بنیادی مثل نسبیت عام و فیزیک کوانتومی هستند که نحوه عملکرد کیهان را در بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین مقیاس‌ها توضیح می‌دهند. در حالی که هر یک از این نظریه ها در حوزه‌ی مربوطه‌ی خود به خوبی کار می‌کنند، فیزیکدانان در حال حاضر نمی‌دانند که چگونه یک نظریه فیزیکی واحد ایجاد کنند که جهان‌شمول باشد و به ویژه بتواند فیزیک سیاهچاله ها را با جزئیات توضیح دهد. نبودن این گرایش باعث عقب افتادن ایران از پیشرفت‌های سریع نظری و کاربردی در دیگر کشورهای جهان می‌شود.

ث. تعداد و نوع واحدهای درسی:

مقطع	نوع درس					جمع
	عمومی	پایه	اصلی و تخصصی	اختیاری	پایان‌نامه	
کارشناسی‌ارشد	–	–	۱۰ – ۱۲	۱۴ – ۱۶	۴ – ۶	۲۸ – ۳۲
			۱۱	۱۴	۶	۳۱

ج. توانایی‌ها و شایستگی‌های دانش‌آموختگان:

۱. توان انجام محاسبات نظری و کامپیوتری که امکان استفاده و کاربرد در دیگر مسایل مربوط به رشته‌ها مهندسی و علوم پایه وعلوم انسانی را نیز به فارغ التحصیلان می‌دهد

۲. بوجود آوردن توانایی در انجام پروژه های تحقیقاتی گروهی

۳. داشتن تجربه ودانشی که می تواند برای همکاری با دیگر متخصصین از رشته‌های مهندسی و علوم پایه مفید باشد

۴. آماده شدن برای تحقیقات علمی مستقل و با اهمیت در رشته فیزیک

چ. شرایط و ضوابط ورود به دوره تحصیلی:

مطابق مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

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

(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					
مکانیک کوانتومی پیشرفته	✓	✓	✓	✓					
مکانیک آماری پیشرفته ۱	✓	✓	✓	✓					
الکترودینامیک	✓	✓	✓	✓					
کارگاه ایمنی و بهداشت عمومی	✓	✓	✓	✓					
سمینار (ارشد ذرات بنیادی)	✓	✓	✓	✓					
نسبیت عام	✓	✓	✓	✓					
ذرات بنیادی پیشرفته ۱	✓	✓	✓	✓					
ذرات بنیادی پیشرفته ۲	✓	✓	✓	✓					
نظریه گروه‌ها	✓	✓	✓	✓					
کیهان‌شناسی	✓	✓	✓	✓					
نظریه میدان‌های کوانتومی ۱	✓	✓	✓	✓					
موضوعات ویژه در ذرات بنیادی ۱	✓	✓	✓	✓					
موضوعات ویژه در ذرات بنیادی ۲	✓	✓	✓	✓					
فیزیک محاسباتی	✓	✓	✓	✓					
فیزیک پدیده‌های بحرانی	✓	✓	✓	✓					
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	مکانیک کوانتومی پیشرفته	۴	۴	۰	۰	
۲	مکانیک آماری پیشرفته ۱	۳	۳	۰	۰	
۳	الکترودینامیک	۴	۴	۰	۰	
۴	کارگاه ایمنی و بهداشت عمومی	۰	۰	۰	۰	

جدول دروس اختیاری						
ردیف	نام درس	تعداد واحدهای درسی				شناسه
		جمع	نظری	عملی	کارگاهی	پیشنیاز / هم‌نیاز
۱	سمینار (ارشد ذرات بنیادی)	۲	۲	۰	۰	
۲	نسبیت عام	۳	۳	۰	۰	
۳	ذرات بنیادی پیشرفته ۱	۳	۳	۰	۰	
۴	ذرات بنیادی پیشرفته ۲	۳	۳	۰	۰	
۵	نظریه گروه‌ها	۳	۳	۰	۰	
۶	کیهان‌شناسی	۳	۳	۰	۰	
۷	نظریه میدان‌های کوانتومی ۱	۳	۳	۰	۰	
۸	موضوعات ویژه در ذرات بنیادی ۱	۳	۳	۰	۰	
۹	موضوعات ویژه در ذرات بنیادی ۲	۳	۳	۰	۰	
۱۰	فیزیک محاسباتی	۳	۳	۰	۰	
۱۱	فیزیک پدیده‌های بحرانی	۳	۳	۰	۰	
۱۲	درس اختیاری از گرایش دیگر	۳	۳	۰	۰	

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد- فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها**				
نام درس (فارسی):	**مکانیک کوانتومی پیشرفته**				
نام درس (انگلیسی):	**Advanced Quantum Mechanics**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ پایه	■ نظری		
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**	■ اصلی و تخصصی	نظری - عملی ☐
	۴	۰	۴	☐ اختیاری	عملی / آزمایشگاهی ☐
تعداد ساعت:	۶۴	۰	۶۴	☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله	کارگاهی / عملیات میدانی ☐
				☐ جبرانی	کارورزی / کارآموزی ☐

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

هدف درس: تبیین پدیده‌های فیزیکی در مقیاس میکروسکوپی

مباحث / سرفصل‌ها:

مفاهیم اولیه: آزمایش اشترن گرلاخ، کت‌ها، براها و عملگرها، نمایش‌های ماتریسی، توابع موج در فضای مختصه و تکانه، دینامیک کوانتومی: معادله شرودینگر و تحول زمانی، نمایش شرودینگر و نمایش هایزنبرگ، حل‌های مقدماتی معادلات شرودینگر، انتشارگر و انتگرال مسیر فاینمن، پتانسیل‌ها و تبدیلات پیمانه‌ای، نظریه تکانه زاویه‌ای: دوران‌های اویلر، انسامبل‌های امیخته و عملگر چگالی، ویژه مقادیر و ویژه حالت‌های تکانه زاویه‌ای، جمع تکانه زاویه‌ای، نامساوی بل و اندازه‌گیری همبستگی اسپینی، تقارن در مکانیک کوانتومی: تقارن‌ها - قوانین پایستگی و تبهگنی‌ها، تقارن‌های گسسته – پاریته – تقارن گسسته وارونی زمانی، روش‌های اختلالی: نظریه اختلال مستقل از زمان، حالت ناتبهگن، حالت تبهگن – پتانسیل‌های وابسته به زمان، تصویر برهمکنش

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:

Sakurai, J. J. and Napolitano, J. (2020). *Modern Quantum Mechanic*s, 3rd ed. . Cambridge University Press.
Merzbacher, E. (1970). *Quantum Mechanics*, 2nd ed. . Wiley.
Greiner, W. (1985). *Quantum Mechanics*, 3rd ed. . Springer-verlag.
Messiah, A. (1966). *Quantum Mechanics*, Wiley.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد- فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها**				
نام درس (فارسی):	**مکانیک آماری پیشرفته ۱**				
نام درس (انگلیسی):	**Advanced Statistical Mechanics I**				
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 مطالعه سیستم‌های با درجات آزادی بالا (تعداد ذرات زیاد)

مباحث / سرفصل‌ها:

مبانی آماری ترمودینامیک، فضای فاز و قضیه لیوویل، نظریه آنسامبل، آمار کلاسیک بولتزمن، ترمودینامیک سامانه‌های مغناطیسی، آنسمبل کانونی بزرگ، مبانی آمار کوانتومی، نظریه گازهای کوانتومی، گاز ایده‌آل بوزونی، گاز ایده‌آل فرمیونی

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:

Reichl, E. (2016). *A Modern Course in Statistical Physics*, 4th ed. . Wiley.
Kardar, M. (2007). *Statistical Physics of Particles*. Cambridge.
Pathria, P. K. (1996). *Statistical Mechanics*, 2nd ed. . Butterworth – Heinemann.
Kardar, M. (2007). *Statistical Physics of Fields*. Cambridge.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

<table>
<tr><td>مقطع و نام رشته‌گرایش:</td><td colspan="5">کارشناسی ارشد- فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها</td></tr>
<tr><td>نام درس (فارسی):</td><td colspan="5">الکترودینامیک</td></tr>
<tr><td>نام درس (انگلیسی):</td><td colspan="5">Electrodynamics</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>۴</td><td>۰</td><td>۴</td><td>☐ اختیاری</td><td>☐ عملی / آزمایشگاهی</td></tr>
<tr><td>تعداد ساعت:</td><td>۶۴</td><td>۰</td><td>۶۴</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: آمادگی نظری برای تبیین پدیده‌های الکتریکی و مغناطیسی</td></tr>
<tr><td colspan="6">مباحث / سرفصل‌ها:
روش‌های حل معادله‌های الکتروستاتیک با شرایط مرزی، محیط دی‌الکتریک، مغناطوستاتیک، دینامیک میدان‌های الکترومغناطیسی، توابع گرین، فرمول‌بندی هم‌وردای الکترودینامیک، تابش بارهای شتاب‌دار، برهم‌کنش نسبیتی ذره‌های باردار و میدان‌ها</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:
Jackson, J. D. (2021). Classical Electrodynamics. 3rd ed. . J. Wiley & Sons.
Ohanian, H. C. (2006). Classical Electrodynamics. Infinity Science Press, LLC.
Zangwill, A. (2012). Modern Electrodynamics. Cambridge University Press.
Greiner, W. (1998). Classical Electrodynamics. Springer.</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">کارشناسی ارشد - فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها</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">کارشناسی ارشد- فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها</td></tr>
<tr><td>نام درس (فارسی):</td><td colspan="5">سمینار (ارشد ذرات بنیادی)</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>۲</td><td>۰</td><td>۲</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: مطالعه و تحقیق در راستای پروژه کارشناسی ارشد</td></tr>
<tr><td colspan="6">مباحث / سرفصل‌ها:
بستگی به پروژه کارشناسی ارشد 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:
بستگی به پروژه کارشناسی ارشد و نظر استاد راهنما دارد.</td></tr>
<tr><td colspan="6">ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:</td></tr>
</table>

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد- فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها**				
نام درس (فارسی):	**نسبیت عام**				
نام درس (انگلیسی):	**General Relativity**				
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 مفاهیم فضا زمان و ارائه توجیهی برای گرانش

مباحث / سرفصل‌ها:

منیفلدها و چارچوب‌ها، محاسبات برداری روی منیفلدها، محاسبات تانسوری روی منیفلدها، معادلات میدان گرانشی، هندسه شوارتزشیلد، آزمون‌های تجربی نسبیت عام، سیاه‌چاله‌های شوارتزیلد، مباحث کلی‌تر سیاه‌چاله‌ها، هندسه فریدمن، روبرتسون، واکر، مدل‌های کیهان‌شناسی

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:

Ferrari, V., Gualtieri, L., and Pani, P. (2021). *General Relativity and its Applications*. CRC Press.
Carrol, S. (2004). *Spacetime and Geometry*. Addison Wesley.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد- فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها**				
نام درس (فارسی):	**ذرات بنیادی پیشرفته ۱**				
نام درس (انگلیسی):	**Advanced Elementary Particle Physics I**				
دروس پیش‌نیاز:		**نوع واحد**			
دروس هم‌نیاز:		☐ پایه ☐ اصلی و تخصصی ■ اختیاری ☐ پروژه / پایان‌نامه / رساله ☐ جبرانی			■ نظری ☐ نظری - عملی ☐ عملی / آزمایشگاهی ☐ کارگاهی / عملیات میدانی ☐ کارورزی / کارآموزی
تعداد واحد:	**نظری**	**عملی**	**جمع**		
	۳	۰	۳		
تعداد ساعت:	۴۸	۰	۴۸		
آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ■ کارگاه ☐ موارد دیگر:					

هدف درس: آموزش مفاهیم برهم‌کنش‌های بنیادی طبیعت شامل نیروهای الکترومغناطیس، ضعیف و قوی هسته‌ای

مباحث / سرفصل‌ها:

ذرات فیزیکی 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 همواردای 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">کارشناسی ارشد- فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها</td></tr>
<tr><td>نام درس (فارسی):</td><td colspan="5">ذرات بنیادی پیشرفته ۲</td></tr>
<tr><td>نام درس (انگلیسی):</td><td colspan="5">Advanced Elementary Particle Physics II</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 مفاهیم برهم‌کنش‌های بنیادی طبیعت شامل الکترودینامیک کوانتومی، برهم کنش‌های ضعیف و قوی هسته‌ای</td></tr>
<tr><td colspan="6">مباحث / سرفصل‌ها: کرودینامیک کوانتومی، برهم کنش‌های ضعیف لپتون‌ها، نوترینوها، نقص CP، وحدت الکترو ضعیف، بوزون هیگز و مدل استاندارد ذرات بنیادی</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:
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.</td></tr>
<tr><td colspan="6">ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:</td></tr>
</table>

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد- فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها**				
نام درس (فارسی):	**نظریه گروه‌ها**				
نام درس (انگلیسی):	**Group Theory**				
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: مطالعه تقارن‌های طبیعت نظیر دوران، انتقال، تبدیل لورنتز، تقارن‌های پیمانه‌ای و .... شناخت این ساختارها و نمایش‌های آن

مباحث / سرفصل‌ها: تعریف گروه، مثال‌ها و گروه‌های مهم، کلاس‌های هم‌یوغ، زیرگروه نرمال، قضیه خودریختی، نمایش‌های گروه‌ها، مشخصه، تقلیل‌پذیری، تعامد نمایش‌ها و مشخصه‌ها، جدول مشخصه، گروه‌های $SU(2) - SO(3) - SO(2)$، تعریف جبر لی و ضرایب ساختار، نمایش الحاقی، وزنه و ریشه، گروه $SU(3)$ ، تابلوهای یانگ

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:

Jones, H. F. (1998). *Groups, Representations and Physics*. Taylor and Francis Group.
Georgi, h. (1999). *Lie Algebras in Particle Physics*. West View.
Wu-Ki Tong. (1985). *Group Theory in Physics*. World Scientific.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد- فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها**				
نام درس (فارسی):	**کیهان‌شناسی**				
نام درس (انگلیسی):	**Cosmology**				
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 کیهان و مدل‌های مرتبط برای توصیف آن

مباحث / سرفصل‌ها:

نسبیت عام، کیهان همگن و همسانگرد، دینامیک انبساط کیهان، تاریخچه گرمایی کیهان، دوره بازترکیب، دوره هسته‌زایی، افت و خیزهای کیهان شناسی، تشکیل ساختارها، مدل‌های تورمی، فیزیک تابش زمینه کیهانی و عدسی گرانشی

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:

Baumann, Daniel. (2021). *Cosmology*. Cambridge University Press.

Padmanabhan, T. (1996). *Cosmology and Astrophysics Through Problems*. Cambridge University Press.

Amendola, Luca, Tsujikawa, Shinji,. (2010). *Dark Energy Theory and Observations*. Cambridge University Press.

Schneider, Peter. (2006). *Extragalactic astronomy and cosmology an introduction*, Springer.

Wolschin, Georg. (2010). *Lectures on Cosmology: Accelerated Expansion of the Universe*. Springer.

Parsons, Paul. (2018). *The Beginning and the End of Everything: From the Big Bang to the End of the Universe*. Amazon.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:

<table>
<tr><td>مقطع و نام رشته‌گرایش:</td><td colspan="5">کارشناسی ارشد- فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها</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 ناوردائی لورنتس و کوانتش دوم، نظریه میدان کلاسیک، سطح مقطع برخورد و نرخ واپاشی، ماتریس S و قواعد فاینمن، نـاوردائی پیمانـه ای، الکترودینامیک اسکالر، اسپینورها، اسپین و آمار و الکترودینامیک کوانتومی</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">کارشناسی ارشد- فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها</td></tr>
<tr><td>نام درس (فارسی):</td><td colspan="5">موضوعات ویژه درذرات بنیادی ۱</td></tr>
<tr><td>نام درس (انگلیسی):</td><td colspan="5">Special Topics in Elementary Particles 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: آشنایی با مباحث ویژه در فیزیک ذرات بنیادی، گرانش و کیهان‌شناسی</td></tr>
<tr><td colspan="6">مباحث / سرفصل‌ها:
طبق نظر استاد درس</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:
طبق نظر استاد درس</td></tr>
<tr><td colspan="6">ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:</td></tr>
</table>

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد- فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها**				
نام درس (فارسی):	**موضوعات ویژه در ذرات بنیادی ۲**				
نام درس (انگلیسی):	**Special Topics in Elementary Particles ll**				
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 مباحث ویژه در فیزیک ذرات بنیادی، گرانش و کیهان‌شناسی					
مباحث / سرفصل‌ها: طبق 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: طبق نظر استاد درس					
ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز:					

مقطع و نام رشته‌گرایش:	**کارشناسی ارشد- فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها**				
نام درس (فارسی):	**فیزیک محاسباتی**				
نام درس (انگلیسی):	**Computational 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: 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:	**کارشناسی ارشد- فیزیک، گرایش فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدان‌ها**				
نام درس (فارسی):	**فیزیک پدیده‌های بحرانی**				
نام درس (انگلیسی):	**Physics of Critical Phenomena**				
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 گذار فازها و نماهای بحرانی

مباحث / سرفصل‌ها:

مکانیک آماری گذار فاز، رده‌بندی گذارهای فاز، نماهای بحرانی و جهان‌شمولی، مدل آیزینگ، نظریه‌ی میدان میانگین، نظریه لاندائو گینزبورگ، مقیاس‌بندی در پدیده‌های استاتیک، دینامیک و غیرتعادلی، گروه بازبهنجارش در فضای حقیقی، گروه بازبهنجارش در فضای تکانه، بسط سری‌ها، گذار کاسترلیتس- تالس

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:

Goldenfeld, N. (2018). *Lectures on phase transitions and the renormalization group*. CRC Press.
Chaikin, P. M., and Lubensky, T. C. (2000). *Principles of Condensed Matter Physics*. Cambridge University Press.

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز: