جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

برنامه درسی رشته

فیزیک

Physics

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته

پیشنهادی دانشگاه تهران

گروه علوم پایه

باسمه تعالی

نام رشته: فیزیک | **عنوان گرایش: –**

گروه: علوم پایه | **دوره تحصیلی: کارشناسی ارشد ناپیوسته**

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

پیشنهادی: دانشگاه تهران | **تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۱/۰۵**

برنامه درسی تدوین شده دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته فیزیک، در جلسه شماره ۹۳۷ به‌تاریخ ۱۳۹۹/۱۱/۰۵ شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی به شرح زیر تصویب شد:

ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که پس از تصویب برنامه درسی یاد شده وارد دانشگاه ها و مؤسسات آموزش عالی 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 ها و ومؤسسات آموزش عالی 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 نمی تواند به صورت همزمان با برنامه درسی فیزیک دارای گرایش در یک دانشگاه یا موسسه آموزش عالی پذیرش دانشجو داشته باشد.

ماده چهار- این برنامه درسی از سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ قابل اجرا است و پس از ۵ سال، در صورت تشخیص کارگروه تخصصی مربوطه، نیاز به بازنگری دارد.

دکتر محمدرضا آهنچیان
دبیر کمیسیون برنامه‌ریزی آموزشی

دکتر علی خاکی صدیق
دبیر شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

الف) مقدمه

رشته فیزیک که از رشته های بنیادی علوم است و دانشگاه تهران که اولین مرکز آموزش رسمی فیزیک در کشور است ؛ با در نظر گرفتن تحولات دهه های اخیر سرفصل جدید رشته فیزیک که در دنیا نیز متداول هستند را ارایه می کند.

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

این دوره جهت تربیت و آماده سازی دانشجویان مقطع بالاتر از کارشناسی برای انجام تحقیق و پژوهش در فیزیک تدوین شده است.

فارغ التحصیلان کارشناسی ارشد فیزیک می توانند در مقاطع دکتری رشته فیزیک و برخی رشته های نزدیک ادامه تحصیل داده و یا در شرکت های دانش بنیان و سایر نهاد های پژوهشی و صنعتی که متولی توسعه فنون نوین در کشور هستند مشغول به کار شوند. این دانش آموخته گان توانایی تدریس در برخی نهاد های آموزشی مانند دبیرستان ها و دوره های آموزش عالی را نیز دارند.

طول دوره کارشناسی ارشد فیزیک ، حداقل و حداکثر مجاز تعداد واحدهای قابل اخذ در هر نیمسال و سایر مقررات این برنامه مطابق آئین نامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد دانشگاه تهران است . تعداد کل واحدهای دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته فیزیک ۲۸ واحد است.

پ) ضرورت و اهمیت

رشته فیزیک به عنوان دانش پایه ای برای پیشبرد مرز های دانش و شناخت جهان هستی از یک سو و به عنوان مادر علوم مهندسی یکی از پایه ای ترین شاخه های علوم است

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

جدول (۱)- توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس تخصصی الزامی	۱۲
دروس تخصصی اختیاری	۱۰
پایان‌نامه	۶
جمع	۲۸

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط
قابلیت حل مسائل بنیادی و کاربردی در حوزه علوم	
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط
قابلیت تخصصی در شاخه های مختلف رشته فیزیک در سطح کارشناسی ارشد	همه دروس اختیاری

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

بر اساس شرایط و ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول (۱)- عنوان و مشخصات کلی دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد			تعداد ساعات			پیشنیاز/همنیاز
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع	
۱	مکانیک کوانتومی ۱	۳	–	۳	۴۸	–	۴۸	ندارد
۲	مکانیک کوانتومی ۲	۳	–	۳	۴۸	–	۴۸	مکانیک کوانتومی ۱
۳	الکترومغناطیس۱	۳	–	۳	۴۸	–	۴۸	ندارد
٤	الکترومغناطیس ۲	۳	–	۳	۴۸	–	۴۸	الکترومغناطیس۱
۵	مکانیک تحلیلی۱	۳	–	۳	۴۸	–	۴۸	ندارد
٦	مکانیک تحلیلی ۲	۳	–	۳	۴۸	–	۴۸	مکانیک تحلیلی۱
	جمع کل	۱۸	–	۱۸	۲۸۸	–	۲۸۸	

* استاد راهنما می‌تواند تا سقف ۱۲ واحد از جدول فوق و یا از مقطع پایین‌تر برای دانشجو درس جبرانی تعیین نماید

جدول (۲)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۱.	مکانیک کوانتومی پیشرفته ۱	۳	*			۴۸		ندارد
۲.	مکانیک کوانتومی پیشرفته ۲	۳	*			۴۸		مکانیک کوانتومی پیشرفته ۱
۳.	الکترودینامیک ۱	۳	*			۴۸		ندارد
۴.	مکانیک آماری پیشرفته ۱	۳	*			۴۸		ندارد

جدول (۴)- عنوان و مشخصات کلی دروس اختیاری

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۱	مبانی فوتونیک	۳	*			۴۸		ندارد
۲	مبانی فیزیک اتمی و مولکولی	۳	*			۴۸		پ: مکانیک کوانتومی پیشرفته ۱
۳	اپتیک فوریه	۳	*			۴۸		مبانی فوتونیک و یا اپتیک پیشرفته ۱
۴	اپتیک پیشرفته ۱	۳	*			۴۸		ندارد
۵	اپتیک پیشرفته ۲	۳	*			۴۸		اپتیک پیشرفته ۱
۶	طیف سنجی لیزری	۳	*			۴۸		مکانیک کوانتومی پیشرفته ۱
۷	مبانی فیزیکی فیبرهای نوری	۳	*			۴۸		ندارد
۸	نانو فوتونیک	۳	*			۴۸		مبانی فوتونیک
۹	اطلاعات کوانتومی	۳	*			۴۸		ندارد
۱۰	پردازش تصویر	۳	*			۴۸		مبانی فوتونیک و یا اپتیک پیشرفته ۱
۱۱	اپتیک غیر خطی ۱	۳	*			۴۸		ندارد
۱۲	اپتیک غیر خطی ۲	۳	*			۴۸		اپتیک غیر خطی ۱
۱۳	فیزیک محاسباتی	۲	*			۳۲		ندارد
۱۴	کاربردهای لیزر ۱	۳	*			۴۸		مبانی فوتونیک و یا فیزیک لیزر پیشرفته
۱۵	کاربردهای لیزر ۲	۳	*			۴۸		کاربردهای لیزر ۱
۱۶	اپتیک کوانتومی ۱	۳	*			۴۸		ندارد
۱۷	اپتیک کوانتومی ۲	۳	*			۴۸		اپتیک کوانتومی ۱

کارشناسی ارشد فیزیک / ۸

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۱۸	الکترودینامیک ۲	۳	*			۴۸		الکترودینامیک ۱
۱۹	طراحی اپتیکی	۳	*			۴۸		اپتیک پیشرفته ۱
۲۰	فناوری لیزر	۳	*			۴۸		فیزیک لیزر پیشرفته و یا مبانی فوتونیک
۲۱	فیزیک و فناوری لیزرهای پالسی کوتاه	۳	*			۴۸		قیزیک لیزر پیشرفته و یا مبانی فوتونیک
۲۲	آشنایی با نرم افزارهای شبیه سازی و طراحی لیزر و اپتیک	۳	*			۴۸		مبانی فوتونیک و یا اپتیک پیشرفته ۱
۲۳	آزمایشگاه کاربردهای لیزر	۲		*		-	۶۴	فیزیک لیزر پیشرفته
۲۴	فیزیک لیزر پیشرفته	۳	*			۴۸		ندارد
۲۵	آزمایشگاه پیشرفته اتمی و مولکولی	۱		*		-	۳۲	ندارد
۲۶	اپتیک پراشی	۳	*			۴۸		مبانی فوتونیک و یا اپتیک پیشرفته ۱
۲۷	نانو ساختارها، ویزگیها و کاربردها	۳	*			٤٨		ندارد
۲۸	مکانیک آماری پیشرفته ۲	۳	*			٤٨		مکانیک آماری پیشرفته ۱
۲۹	فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱	۳	*			٤٨		ندارد
۳۰	فیزیک پلاسمای پیشرفته ۲	۳	*			۴۸		فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱
۳۱	فیزیک تخلیه الکتریکی گازها	۳	*			۴۸		فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱
۳۲	مکانیک شاره های پیشرفته	۳	*			٤٨		
۳۳	فیزیک بر هم کنش لیزر با پلاسما	۳	*			٤٨		فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱
۳۴	منابع و فناوری پلاسما	۳	*			٤٨		فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱
۳۵	کاربردهای پلاسما	۳	*			٤٨		فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۳۶	فیزیک پلاسمای غیر خنثی و دینامیک ذرات باردار	۳	*			۴۸		فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱
۳۷	لیزرهای الکترون آزاد	۳	*			۴۸		فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱
۳۸	پلاسمای غباری	۳	*			۴۸		فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱
۳۹	پلاسمای فضایی	۳	*			۴۸		فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱
۴۰	شیمی پلاسما	۳	*			۴۸		فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱
۴۱	نظریه میدان‌های کوانتومی ۱	۳	*			۴۸		پ مکانیک کوانتومی پیشرفته۱
۴۲	فیزیک ذرات بنیادی پیشرفته ۱	۳	*			۴۸		ندارد
۴۳	مکانیک کلاسیک پیشرفته	۳	*			۴۸		ندارد
۴۴	ریاضی فیزیک پیشرفته	۳	*			۴۸		ندارد
۴۵	گرانش ۱	۳	*			۴۸		ندارد
۴۶	مباحث ویژه در ذرات بنیادی	۳	*			۴۸		پ: فیزیک ذرات بنیادی پیشرفته ۱
۴۷	مکانیک آماری پیشرفته ۲	۳	*			۴۸		پ:مکانیک آماری پیشرفته ۱
۴۸	آزمایشگاه پیشرفته هسته‌ای ۱	۱		*		-	۳۲	ندارد
۴۹	کیهان‌شناسی ۱	۳	*			۴۸		ندارد
۵۰	فیزیک ذرات بنیادی پیشرفته ۲	۳	*			۴۸		پ: فیزیک ذرات بنیادی پیشرفته ۱
۵۱	فیزیک هسته‌ای پیشرفته	۳	*			۴۸		ندارد
۵۲	فیزیک شتاب‌دهنده	۳	*			۴۸		ندارد
۵۳	کرمودینامیک کوانتومی ۱	۳	*			۴۸		ه: نظریه میدان‌های کوانتومی ۱
۵۴	فیزیک آشکارسازها	۳	*			۴۸		ندارد

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۵۵	فیزیک حالت جامد پیشرفته ۱	۳	*			۴۸		ندارد
۵۶	آزمایشگاه پیشرفته حالت جامد۱	۱		*		-	۳۲	ندارد
۵۷	فیزیک حالت جامد پیشرفته ۲	۳	*			۴۸		پ: فیزیک حالت جامدپیشرفته ۱
۵۸	فیزیک و فناوری قطعات نیم‌رسانا	۳	*			۴۸		ندارد
۵۹	فیزیک سطح	۳	*			۴۸		پ: فیزیک حالت جامدپیشرفته ۱
۶۰	بلور شناسی پیشرفته	۳	*			۴۸		ندارد
۶۱	ابررسانایی پیشرفته	۳	*			۴۸		پ: فیزیک حالت جامدپیشرفته ۱
۶۲	خواص مغناطیسی جامدات	۳	*			۴۸		پ: فیزیک حالت جامدپیشرفته ۱
۶۳	نانوساختارمواد	۳	*			۴۸		پ: فیزیک حالت جامدپیشرفته ۱
۶۴	مبانی ماده چگال نرم	۳	*			۴۸		ندارد
۶۵	فیزیک سیستمهای نامنظم	۳	*			۴۸		ندارد
۶۶	یادگیری ماشینی در فیزیک	۳	*			۴۸		ندارد
۶۷	گرانش ۲	۳	*			۴۸		پ*: گرانش۱
۶۸	اختر فیزیک نسبیتی	۳	*			۴۸		پ*: گرانش ۱
۶۹	کیهان‌شناسی ۲	۳	*			۴۸		پ: کیهان شناسی۱
۷۰	نظریه میدان‌های کوانتومی در فضازمان خمیده	۳	*			۴۸		پ: گرانش ۱ ه: نظریه میدان‌های کوانتومی ۱
۷۱	گرانش نیمه‌کلاسیک	۳	*			۴۸		ه: گرانش ۱

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۷۲	فیزیک سیاهچاله‌ها	۳	*			۴۸		پ: گرانش ۱
۷۳	نسبیت عام عددی	۳	*			۴۸		پ: گرانش ۱
۷۴	فیزیک هسته‌ای پیشرفته	۳	*			۴۸		ندارد
۷۵	ساختار هسته	۳	*			۴۸		ه: فیزیک هسته‌ای پیشرفته
۷۶	فیزیک دستگاه‌های بس‌ذره‌ای ۱	۳	*			۴۸		پ: فیزیک هسته‌ای پیشرفته
۷۷	مباحث ویژه در فیزیک هسته‌ای	۳	*			۴۸		پ: فیزیک هسته‌ای پیشرفته
۷۸	فیزیک هسته‌ای انرژی‌های زیاد	۳	*			۴۸		پ: فیزیک هسته‌ای پیشرفته
۷۹	آزمایشگاه پیشرفته هسته‌ای ۲	۱		*		-	۳۲	پ: آزمایشگاه پیشرفته هسته ای ۱
۸۰	فیزیک راکتور پیشرفته	۳	*			۴۸		ه: فیزیک هسته‌ای پیشرفته
۸۱	تشدید مغناطیسی و کاربردهای آن	۳	*			۴۸		ندارد

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

عنوان درس به فارسی:	مکانیک کوانتومی پیشرفته ۱		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Quantum Mechanics ۱		پایه ☐	نظری ■
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		تخصصی ■	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:	ندارد		اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۴۸			

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مکانیک کوانتمی در سطح پیشرفته

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مفاهیم بنیادی
- معادله شرودینگر و کاربردهای آن
- نظریه تبدیل
- انتگرال های مسیر فاینمن و انتشارگر و کاربرد های آن
- اندازه حرکت زاویه ای
- تقارن در مکانیک کوانتومی
- مشکلات نظری مکانیک کوانتومی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Modern Quantum Mechanics, ۲nd ed.,J. J. Sakurai Addison-Wesley (۱۹۹۹).

۲- Quantum Mechanics, ۲nd ed., E. Merzbacher,Wiley (۱۹۷۰).

۳- Quantum Mechanics, A.SDavydov, Addison-Wesley (۱۹٦۸).

٤- QuantumMechanics Intermediate, ۲nd ed., H. A. Bethe & R. W. Jackiw, Benjamin (۱۹٦۸).

٥- Quantum Mechanics, ۳rd ed., W. Greiner, Springer-Verlag, (۱۹۸٥).

٦- Lectures on Quantum Mechanics, G. Baym, Benjamin (۱۹٦۹).

۷- Quantum Mechanics, A. Messiah, Wiley (۱۹٦٦).

۸- Quantum Mechanics, L. E. Ballentine, Prentice – Hall (۱۹۹۰).

عنوان درس به فارسی:	مکانیک کوانتومی پیشرفته ۲		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Quantum Mechanics ۲	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	مکانیک کوانتومی پیشرفته ۱	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مکانیک کوانتومی پیشرفته

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- روش های تقریبی
- ذرات یکسان
- نظریه اختلالات وابسته به زمان میزان گذار
- نظریه پراکندگی
- آشنایی با کوانتش دوم

× با ذکر کاربرد های عملی بعضی مباحث فوق

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Modern Quantum Mechanics, ۲nd ed., J. J. Sakurai, Addison-Wesley (۱۹۹۹).

۲- Quantum Mechanics, ۲nd ed., E. Merzbacher,Wiley (۱۹۷۰).

۳- Quantum Mechanics, A.S. Davydov, Addison-Wesley (۱۹۶۸).

٤- QuantumMechanics Intermediate, ۲nd ed., H. A. Bethe & R. W. Jackiw, Benjamin (۱۹۶۸).

٥- Quantum Mechanics, ۳rd ed., W. Greiner, Springer-Verlag (۱۹۸٥).

٦- Lectures on Quantum Mechanics, G. Baym, Benjamin (۱۹۶۹).

۷- Quantum Mechanics, A. Messiah, Wiley (۱۹۶٦).

۸- Quantum Mechanics, L. E. Ballentine, Prentice – Hall (۱۹۹۰).

عنوان درس به فارسی:	الکترودینامیک ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	Electrodynamics ۱	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	ندارد	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی ■	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به الکترودینامیک در سطح پیشرفته.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- الکترواستاتیک
- حل مسائل مرزی الکترواستاتیک با استفاده از تابع Green
- روش تصویری
- روش حل مسائل الکترواستاتیک توسط بسط توابع متعامد
- بسط تابع Green در مختصات کروی و استوانه‌ای
- چندقطبی‌ها
- حل مسائل مرزی در حضور عایق‌ها
- مگنیتواستاتیک
- گشتاور مغناطیسی
- روش‌های حل مسائل مرزی مگنیتواستاتیک
- خودالقایی والقای متقابل
- معادلات ماکسول
- قوانین بقا و خواص تبدیلی میدان‌های الکترومغناطیسی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Classical Electrodynamics, J. D. Jackson, J. Wiley &Sons (۱۹۹۸).
۲- Classical Electromagnetic Radiation, ۳rd ed., M. A. Heald, J. B. Marion, Saunders College pub (۱۹۹۵).
۳- Classical Electricity and Magnetism, P. Panofsky, Addison – Wesley (۱۹۷۶).
٤- Classical Electrodynamics, H. C. Ohanian, Infinity Science Press, LLC (۲۰۰٦).

عنوان درس به فارسی:	مکانیک آماری پیشرفته ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Statistical Mechanics ۱		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ☐ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به آشنایی با مکانیک آماری در سطح پیشرفته

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مروری بر آمار و احتمالات
- برهم کنش بین سیستم های ماکروسکوپیک
- سیستم ایزوله
- محاسبه مقادیر متوسط در مجموعه کانونیک
- مکانیک آماری در حال تعادل (کلاســـیک و کوانتومی) شامل انسامبل ها و مدال های حل شدنی از قبیل گاز کامل و مدل آیزینگ
- پدیده های بحرانی و افت و خیز های تعادلی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Statistical Mechanic, ۲nd ed., R.K. Pathria, Butterworth – Heinemann,(۱۹۹۶).

۲- Statistical Mechanics, K. Huang Wiley, (۱۹۸۷).

۳- Statistical Mechanics, K. Reif, McGraw – Hill (۱۹۸۷).

٤- Statistical Mechanics, S. K. Ma, World Scientific (۱۹۸۵).

٥- Statistical Physics, Landau, Lifshitz, Pitaevskii, Elsevier (۱۹۸۰).

٦- Modern Course in Statistical Physics, ۲nd ed., E.Rrichle Wiley (۱۹۹۸).

فصل چهارم

سرفصل دروس اختیاری

عنوان درس به فارسی:	مبانی فوتونیک		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Principles of Photonics		■ نظری	☐ پایه
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		☐ عملی	☐ تخصصی
دروس هم‌نیاز:	ندارد		☐ نظری-عملی	■ اختیاری
تعداد واحد:	۳		☐	☐ رساله / پایان‌نامه
تعداد ساعت:	۴۸			

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مبانی اپتیک و لیزر که پیشنیاز اساسی برای گرایش اتمی و مولکولی محسوب میگردد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- **امواج الکترومغناطیسی و قطبش نور**: مروری بر معادله موج و معادلات ماکسول، بسته موج، سرعت‌های گروه و فاز بردار پوینتینگ، انواع روش های ایجاد نور قطبیده، نحوه‌ی تشخیص نوع قطبش نور و روش‌های ماتریسی در تحلیل نور قطبیده.
- **موجبرهای نوری**: اپتیک لایه‌های نازک و موجبرهای تخت، اساس کار فیبرهای نوری.
- **تداخل و تداخل سنجی**: همدوسی نور، اصل برهم‌نهش و تداخل دو و چند باریکه‌ای، تداخل نور قطبیده، انواع تداخل‌سنج‌ها، اندازه‌گیری‌های دقیق به کمک تداخل‌سنجی.
- **پراش نور و اپتیک فوریه**: پراش فرانهوفر، پراش فرنل، توری پراش، تبدیل فوریه و مفهوم correlation و convolution.
- **مواد فوتونیکی و اپتیک غیرخطی**: محیط‌ها و مواد غیرخطی نوری، اثر Kerr ، بلورهای فوتونیکی، بلورهای شید شکست (Photorefractive Crystals) و ویژگی‌های نوری نانوذرات (مفهوم پلاسمون سطحی). پرتو یابی و روش‌های ماتریسی در اپتیک، مشخصه‌یابی و انتشار باریکه‌های گاوسی، مشددهای اپتیکی، تابش: جذب و گسیل نور، تقویت نور، پهن‌شدگی‌های همگن و ناهمگن.
- نو سان لیزری: آستانه نو سان، مفهوم اشباع بهره، تقویت در کاواک و جفت‌شدگی به بیرون.
- **برانگیختگی لیزری**: سیستم‌های سه و چهار ترازی، انواع دمش‌ها (pumping).
- **انواع لیزر**: لیزرهای گازی، لیزرهای نیمه‌رسانا، لیزرهای جامد، لیزرهای شیمیایی، لیزرهای الکترون آزاد، لیزرهای اگزایمر

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱ -Modern Optics, R. D. Guenther, John Wiley & Sons (۱۹۹۰).

۲ Fundamentals of Photonics, ۲nd ed., Saleh (۲۰۰۷).

۳ Principles of Optics, ۷th ed., Born & Wolf (۲۰۰۷).

٤ Laser Electronics, J. T. Verdeyen, Prentice

٥ Hall. Lasers, A. E. Siegman, University Science Books.Classical Electrodynamics, 4th C. Ohanian, Infinity Science Press, LLC (۲۰۰٦).

عنوان درس به فارسی:	مبانی فیزیک اتمی و مولکولی		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Principles of Atomic and Molecular physics		نظری ■	پایه ☐
دروس پیش‌نیاز:	مکانیک کوانتومی پیشرفته ۱		عملی ☐	تخصصی ☐
دروس هم‌نیاز:	ندارد		نظری-عملی ☐	اختیاری ■
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۴۸			

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مبانی اتم‌ها و مولکول‌ها و برهم‌کنش آن‌ها با نور

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- **جذب و نشر نور**: مدهای کاواک، تابش گرمایی و قانون پلانک و روابط انیشتین، احتمالات گذار (اختلال مرتبه اول شامل جذب و نشر)، ماتریس‌های چگالی، اثر فوتوالکتریک.
- **پهنا و نمایه خطوط طیفی**: تعاریف، پهن‌شدگی‌های همگن و ناهمگن (طبیعی، برخوردی، داپلری، زمان عبور و...)، اثرات اشباع.
- **پراکندگی نور و اثر رامان**: اختلال مرتبه دوم شامل پراکندگی‌های ریلی، رامان تشدیدی و غیر تشدیدی، تامسون.
- **ساختار اتم‌ها**: ترازهای انرژی هیدروژن و اتم‌های هیدروژن‌گونه، اتم هلیوم، ساختار ریز و فوق ریز اتمی، برهم‌کنش با میدان‌های خارجی الکتریکی و مغناطیسی (اثرات استارک و زیمان)، ساختار اتم‌های چند الکترونی.
- **ساختار مولکول‌ها**: تقریب‌های بورن-اپنهایمر و آدیاباتیک، تقارن‌های مولکول‌ها، مولکول‌های دو اتمی، طیف‌های چرخشی-ارتعاشی مولکولی.
- **ابزارها و تجهیزات طیف‌نگاری**: چشمه‌ها و آشکارسازهای نوری (لیزرها، لامپ‌ها، آشکارسازهای حرارتی، آشکارسازهای نیمه‌هادی، PMT ، CCD ، طیف‌نگارها و تک‌رنگ‌کننده‌ها (طیف‌سنج‌های توری و منشوری: قدرت و بازه طیفی، پاشندگی زاویه‌ای، توانایی تشخیص طیفی)

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Physics of Atoms and Molecules, ۲nd ed., B. H. Bransden & C. J. Joiachain, Prentice-Hall.

۲- Laser Spectroscopy, ۳rd ed., W. Demtroder, Springer.

۳- Molecular Physics, ۲nd ed., W. Demtroder, Wiley-VCH.

عنوان درس به فارسی:	**اپتیک فوریه**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Fourier Optics**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	مبانی فتونیک و یا اپتیک پیشرفته		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**تخصصی** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به اپتیک فوریه و کاربردهای آن

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مفهوم همدوسی زمانی و فضایی
- تداخل و پراش نور
- مبانی تشکیل تصویر با نور همدوس و ناهمدوس
- مرور تبدیلات فوریه
- پراش فرانهوفر و ارتباط آن با تبدیل فوریه
- قضیه همگشت و قضیه خود همبستگی
- **پراش پرتوهای ایکس به عنوان تبدیل فوریه ساختار شبکه:**
  - شرط براگ و شرط لاوه، اندازه‌گیری همدوسی زمانی (تداخل سنجی طیفی مایکلسون) و همدوسی فضایی (تداخل سنج ستاره ای مایکلسون)، تشکیل تصویر در دستگاههای نوری: نظریه ریلی و نظریه آبه برای تشکیل تصویر، سیستمهای خطی و ناوردا، تابع انتقال تصویر (OTF) ، پدیده‌های خود تصویر (تالبوت، لاوه).
- **کاربردهای اپتیک فوریه** :اندازه گیری توان تفکیک و کیفیت دستگاههای نوری، پالایش فضایی تصویر ، تمام نگاری، شناسایی حروف به روش اپتیکی (OCR)، تکنیک بازسازی تابع دریچه (aperture synthesis)، پردازش دیجیتالی تصویر

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Fourier Optics an introduction, ۲nd ed.; Steward, ۲۰۰٤.

۲- The New Physical Optics Notebook: Tutorials in Fourier Optics (SPIE Press Book); Editor(s): Reynolds, DeVelis, Parrent, Thompson; ۱۹۸۹.

۳- Introduction to Fourier Optics; ۲nd ed.; Goodman; ۱۹۹٦. Diffraction, fourier optics, and imaging; Ersoy ; ۲۰۰۷.

عنوان درس به فارسی:	اپتیک پیشرفته ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	**Advanced Optics ۱**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مفاهیم اپتیک هندسی و تداخل سنجی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- ویژگی های میدان الکترومغناطیس
- قطبش
- مبانی اپتیک هندسی
- نظریه کلی تصویر اپتیکی
- نظریه کلی ابیراهی
- ابزارهای تشکیل تصویر
- مبانی نظری تداخل و تداخل سنجی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Principles of Optics,Max Born & Emil Wolf (۷th Ed.), Cambridge University Press,(۱۹۹۹)

۲. Physical Optics, S.A. Akhmanov, S.Y.U. Niktin, Oxford University Press (۱۹۹۷).

۳. Modern Optics, Guenther, John Wiley & Sons (۱۹۹۰).

عنوان درس به فارسی:	اپتیک پیشرفته ۲		
عنوان درس به انگلیسی:	**Advanced Optics ۲**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**اپتیک پیشرفته ۱**		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**تخصصی** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مفاهیم اپتیک هندسی و تداخل سنجی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مبانی نظری پراش
- نظریه پراش ابیراهی
- تداخل و پراش با نور همدوس جزئی
- نظریه دقیق (rigorous) پراش
- پراش نور توسط امواج فراصوتی (ultrasonic waves)
- اپتیک فلزات، اپتیک کریستالها

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Principles of Optics,Max Born & Emil Wolf (۷th Ed.), Cambridge University Press,(۱۹۹۹)

عنوان درس به فارسی:	**طیف سنجی لیزری**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Laser spectroscopy**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**مکانیک کوانتومی پیشرفته ۱**		**پایه ☐ نظری ■**
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**تخصصی ☐ عملی ☐**
تعداد واحد:	**۳**		**اختیاری ■ نظری-عملی ☐**
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه ☐**

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

هدف کلی: آشنایی دانشجویان با مفاهیم طیف سنجی لیزری

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- لیزر به عنوان منبع نوری در اسپکتروسکپی
- اسپکتروسکپی جذبی و نشری با لیزر:
  - اسپکتروسکپی تشدید مغناطیسی
  - اسپکتروسکپی زیمن و اشتارک،
  - فلورئورسانس تحریکی با لیزر
  - اسپکتروسکپی حالات تحریک‌شده
  - روش‌های تشدید دوگانه
  - اسپکتروسکپی چند فوتونی
  - اسپکتروسکپی رامان با لیزر
  - اسپکتروسکپی با قدرت تفکیک بالا با لیزر
  - کاربردهای اسپکتروسکپی لیزری

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Laser Spectroscopy, W. Demtroder, Springer –Verlag (۱۹۸۲).
۲- Molecular Physics, ۲nd ed., W. Demtroder, Wiley-VCH.

عنوان درس به فارسی:	مبانی فیزیکی فیبرهای نوری		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Physical principles of optical fibers		پایه ☐	نظری ■
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		تخصصی ☐	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:	ندارد		اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۴۸			

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به عملکرد فیبرهای نوری و فیزیک آنها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- موجبرهای فیبر نوری
- **نظریه عبور باریکه**:
  - بازتاب کلی داخلی
  - زاویه پذیرش
  - عدد گشودگی
  - باریکه‌های مورب
  - نظریه الکترومغناطیس برای انتشار نور
  - فیبرهای با نمایه ضریب شکست پله‌ای
  - فیبرهای با نمایه ضریب شکست تدریجی
  - مشخصه‌های انتقال برای یک فیبر نوری
- **تضعیف و اتلاف‌ها**:
  - ناشی از جذب ماده
  - ناشی از پراکندگی خطی
  - ناشی از خم‌شدگی
  - پاشندگی
  - نوفه‌ها و اتلاف.
- اندازه‌گیری‌های مربوط به فیبرهای نوری
- اندازه گیری های مربوط به تضعیف
- اندازه گیری های مربوط به پاشندگی
- اندازه گیری های مربوط به نمایه ضریب شکست فیبر
- اندازه‌گیری‌های مربوط به عدد گشودگی و اثرات اندازه
- اندازه‌گیری‌های مربوط به میدان
- آشنایی با روش‌های ساخت فیبرهای نوری و اتصالات مربوطه
- ابزارها و وسایل جانبی فیبرهای نوری
- **چشمه‌های نور**:
  - لیزرها
  - دیودهای نوری
  - آشکارسازها
  - کاربردهای فیبرهای نوری
  - روش‌های تشدید دوگانه
  - اسپکتروسکپی چند فوتونی
  - اسپکتروسکپی رامان با لیزر
  - اسپکتروسکپی با قدرت تفکیک بالا با لیزر
  - کاربردهای اسپکتروسکپی لیزری

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Optical Fiber Communications, J. M. Senlor, Prentice Hall (۱۹۸۵).

عنوان درس به فارسی:	نانو فوتونیک		
عنوان درس به انگلیسی:	Nano-photonics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	مبانی فوتونیک	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به برهم‌کنش نور با ماده در مقیاس نانو

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- **مروری بر نور قطبیده**
- **محیط‌های ناهمسانگرد نوری و اپتیک فوریه:**
  - تعریف نور قطبیده
  - ماتریس قطبش
  - روش‌های تولید
  - فعالیت اپتیکی و ناهمسانگردی نوری تبدیلات فوریه
  - تابع زمانی و پهنای طیفی
- مبانی میکروسکوپی میدان نزدیک:
  - SNOM
  - Confocal Microscopy
  - SPM
  - STM
  - Fluorescence Microscopy
- مواد کوانتومی محدود:
  - Quantum Confined Materials
- پلازمونیک:
  - تشدید پلازمون سطحی
  - ویژگی‌های نوری خوشه‌ها و نانوذرات فلزی
  - آرایه‌های متشکل از نانوذرات فلزی
  - روش‌های ساخت و شناسایی مواد نانو:
  - روش‌های لایه‌نشانی (تبادل یون ،لیتوگرافی، استفاده از باریکه‌های یونی)
  - روش‌های طیف‌سنجی
  - XRD
  - XRF
  - روش‌های مبتنی بر پلاسما و غیره
- بلورهای فوتونیکی:
  - اپتیک محیط‌های شامل چند لایه دی‌الکتریک
  - بلورهای فوتونیکی یک دو و سه بعدی
- اپتیک نیم‌رساناها:
  - ساختار الکترونی و نوارهای انرژی نیم‌رساناها
  - پیوند p-n
  - برهم‌کنش نور با حامل‌های انرژی

- چشمه‌های نور کلاسیک و نیم‌رسانا:
- واحدها و کمیت‌های اندازه‌گیری شدت نور
- چشمه‌های التهابی و لامپ‌های تخلیه
- LED
- تقویت‌کننده‌های نوری نیم‌رسانا
- لیزرهای دیودی
- سنجش و آشکارسازی کلاسیک و کوانتومی نور:
  - آشکارسازهای گرمایی: ترموکوپل‌ها و ترموپیل‌ها، بولومتر و ترمیستور، پیروالکتریک و پنوماتیک‌ها؛
  - آشکارسازهای کوانتومی: فوتورساناها، فوتوولتایی، فوتودیودها، فوتودیودهای بهمنی و آرایه‌ایی، CCD؛ نوفه در آشکارسازی
- مواد متا (Metamaterials):
  - تعریف مواد متا
  - چرخش اپتیکی و مواد کایرال
  - ضریب شکست منفی
- نانوکامپوزیت‌ها:
  - تعریف و کاربرد نانوکامپوزیت‌ها و خواص نوری آن‌ها
- بیوفوتونیک:
  - انبرک‌های نوری
  - ساخت و مشخصه‌یابی همیوغ‌های بیولوژیکی
  - دستکاری نوری یاخته‌های بیولوژیکی
  - آشکارسازی بیولوژیکی با کمک نور

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Principle of Nano-Optics, L. Novotny, B. Hecht, Cambridge Univ. Press, (۲۰۰۶).
۲- Fundamental of Photonics, B.E.A. Saleh and M.C. Teich, Wiley Pub., (۲۰۰۷).
۳- Optical Metamaterials, W. Cai, V. Shalaev, Springer, (۲۰۱۰).
٤- Fundamental of light Microscopy and Electronic Imaging, D. B. Murphy, John Wiley ۷ Sons, (۲۰۰۱).
٥- Optical Properties of Metallic Clusters, U. Kreibig and M. Vollmer, Springer, (۱۹۹٥).

عنوان درس به فارسی:	اطلاعات کوانتومی		
عنوان درس به انگلیسی:	Quantum Information		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مبانی اطلاعات کوانتومی، شامل کامپیوترهای کوانتومی، رمزنگاری و انتقال اطلاعات بصورت کوانتومی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- **مفاهیم بنیادی:**
  - مقدمه و مرور،
  - مقدمه‌ای بر مکانیک کوانتومی،
  - مقدمه‌ای بر علوم کامپیوتر
- **محاسبات کوانتومی:**
  - مدارهای کوانتومی،
  - الگوریتم‌های کوانتومی،
  - عملیات تک بیتی،
  - عملیات کنترلی،
  - اندازه‌گیری
- **تبدیل فوریه کوانتومی و کاربردهای آن:**
  - تبدیل فوریه کوانتومی،
  - تحقق فیزیکی کامپیوتر کوانتومی،
  - شرایط مورد نیاز محاسبات کوانتومی.
- کامپیوترهای کوانتومی بر مبنای:
  - نوسانگر هارمونیک،
  - فوتون‌های اپتیکی،
  - الکترودینامیک کوانتومی درون کاواک،
  - تله‌های یونی،
  - تشدید مغناطیسی هسته‌ای،
  - سایر سامانه‌های کوانتومی
- **اطلاعات کوانتومی:**
  - نوفه (noise) و عملیات کوانتومی،
  - تصحیح و خطای کوانتومی،
  - تئوری اطلاعات کوانتمی،
  - فشرده‌سازی اطلاعات،
  - انتقال اطلاعات کلاسیکی از طریق کانال‌های با نوفه،
  - انتقال اطلاعات کوانتومی از طریق کانال‌های با نوفه،
  - درهم‌تنیدگی بعنوان وسیله فیزیکی،
  - رمزنگاری کوانتومی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Quantum computation and quantum information, Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang, Cambridge University Press, London, (۲۰۰۰).

عنوان درس به فارسی:	**پردازش تصویر**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Image Processing**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**مبانی فوتونیک و یا اپتیک پیشرفته ۱**		**پایه ☐ نظری ■**
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**تخصصی ☐ عملی ☐**
تعداد واحد:	**۳**		**اختیاری ■ نظری-عملی ☐**
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه ☐**

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مبانی و تکنیک‌های ساده پردازش دیجیتال تصویر

اهداف ویژه: ایجاد مهارت برای پردازش تصاویر علمی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- یادآوری مبانی تشکیل تصویر در دستگاه‌های تصویرساز از دیدگاه اپتیک فوریه:
  - تبدیل فوریه فضایی،
  - نظریه آبه در مورد تشکیل تصویر با نور همدوس،
  - نظریه ریلی در مورد تشکیل تصویر با نور همدوس و ناهمدوس،
  - توان تفکیک دستگاه‌های تصویرساز،
  - دستگاه‌های خطی و پایا،
  - تابع پاسخ ضربه،
  - تابع انتقال نوری،
  - پالایش فضایی تصویر
- ثبت تصویر:
  - دوربین‌های ویدئویی،
  - دوربین‌های CCD ،
  - توان تفکیک،
  - محدودیت‌های الکترونیکی و اپتیکی در ثبت تصویر،
  - gray level و عمق تصویر،
  - نویز،
  - سیستم‌های ثبت رنگ،
  - انواع تصویر،
  - تصویرهای تکی و چندتایی
- سیستم بینایی انسان:
  - اصول فیزیکی تشکیل تصویر،
  - تشخیص الگو،
  - رابطه چشم و مغز در بینایی،
  - مقایسه و تشخیص
- ذخیره‌سازی تصویر:
  - مفهوم نقطه و تفکیک،
  - محیط‌های ثبت تصویر،
  - توان تفکیک فیلم و کاغذ،
  - تصویر عددی،
  - قضیه نمونه برداری Nyquist و ثبت بدون اتلاف تصویر،
  - الگوریتم‌های فشرده‌سازی تصویر
- روش‌های بهبود کیفیت تصویر و کاهش نویز:
  - میانگین‌گیری ناحیه‌ای،
  - طبقه‌بندی ناحیه‌ای،
  - بیشترین آنتروپی و بیشترین شباهت،
  - پالایش عددی تصویر،
  - یافتن نمایه نور زمینه،
  - ابیراهی هندسی تصویر
- پردازش تصویر در مختصات فضایی:
  - تغییر نمایانی تصویر،
  - یکسان‌سازی نمایه ستونی تغییرات شدت،
  - یکسان‌سازی ناحیه‌ای،
  - مشتق‌گیری و تشخیص مرز،
  - یافتن ساختار (texture)،
  - کم کردن تصویر زمینه،
  - جمع کردن دو تصویر
- پردازش تصویر در فضای بسامد:
  - کاهش نویز،
  - همگشت،
  - اعمال فیلترهای فضایی در فضای فوریه
- تعیین آستانه (Thresholding) و قسمت‌بندی تصویر
- تشخیص الگو (pattern recognition)
- مثال‌هایی از پردازش عددی تصویر:
  - اندازه‌گیری مساحت،
  - تعداد نواحی، طول،
  - پهنا،
  - انحنا،
  - ضخامت و به‌هم‌پیوستگی در تصویر

- روش‌های بازسازی تصویر: تصویربرداری توموگرافی و تصویربرداری سه‌بعدی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- The Image Processing Handbook, ٦th ed., Russ, CRC Press (۲۰۱۱).

۲- Digital Image Processing, ۳rd ed., Gonzalez & Woods, Prentice-Hall (۲۰۰۷).

عنوان درس به فارسی:	**اپتیک غیر خطی ۱**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Nonlinear Optics ۱**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**ندارد**		**نظری** ■ **پایه** ☐
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**عملی** ☐ **تخصصی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): ندارد■ **دارد** ☐ **سفر علمی** ☐ **آزمایشگاه** ☐ **سمینار** ☐ **کارگاه** ☐ **موارد دیگر:**

.....

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مبانی اپتیک غیر خطی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- پذیرفتاری غیر خطی اپتیکی،
- توصیف معادله موج غیرخطی اندرکنش های اپتیکی،
- نظریه کوانتوم مکانیکی پذیرفتاری غیرخطی اپتیکی،
- ضریب شکست وابسته به شدت نور،
- مبانی مولکولی پاسخ اپتیکی غیر خطی،
- اپتیک غیر خطی در تقریب دو ترازی،
- فرایندهای حاصل از ضریب شکست وابسته به شدت نور

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Nonlinear Optics, ۳rd Ed. R. Boyd, Academic Press, (۲۰۰۸).

۲- The Principles of Nonlinear Optics, Y R Shen, Wiely & Sons, (۲۰۰۳).

عنوان درس به فارسی:	**اپتیک غیر خطی۲**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Nonlinear Optics ۲**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**اپتیک غیر خطی ۱**		**نظری** ■ **پایه** ☐
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**عملی** ☐ **تخصصی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**نظری-عملی** ☐ **اختیاری** ■
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): ندارد■ **دارد** ☐ **سفر علمی** ☐ **آزمایشگاه** ☐ **سمینار** ☐ **کارگاه** ☐ **موارد دیگر:**

.....

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مبانی اپتیک غیر خطی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- تولید فرکانسهای جمع و تفریق
- پراکندگی خود بخودی نور و آکوستو اپتیک
- پراکندگی تهییج شده بریلیون و ریلی
- پراکندگی تهییج شده رامان و Rayleigh-wing
- اثر الکترواپتیک و فتوریفرکتیو
- تخریب اپتیکی و جذب چند فوتونی
- اپتیک غیرخطی فوق سریع و میدان قوی (intense-field)

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Nonlinear Optics, ۳rd Ed. R. Boyd, Academic Press, (۲۰۰۸).

۳- The Principles of Nonlinear Optics, Y R Shen, Wiely & Sons, (۲۰۰۳).

عنوان درس به فارسی:	فیزیک محاسباتی		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Computational Physics		پایه ☐	نظری ■
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		تخصصی ☐	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:	ندارد		اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۲		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۳۲			

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مبانی و تکنیکهای شبیه سازی و محاسبات عددی درفیزیک

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- **تحلیل داده ها:** محاســـباتآماری مقدماتی: میانگین،انحراف معیار آزمونZ, L, Xو غیره، بحث خطاها، تقریب توابع: برازش، درون‌یابی.
- **محاســـبات عددی و مدل ســـازی فیزیکی**: حل عددی دســـته معادلات دیفرانســـیل کامل (روشKutta)، روش‌های انتگرال‌گیری عددی، حل دســـتگاه های معادلات خطی و غیرخطی. شبیه‌سازی: روش مونت کارلو، روش متروپولیس.
- **معرفی بسته نرم‌افزاری که موارد بالا را در بر بگیرد.**
- **تذکر:** یک سوم درس را انجام پروژه تشکیل می‌دهد که می تواند یک پروژه مفصل یا چند پروژه مختصر باشد. نمونه‌ای از پروژه‌ها بشرح زیر می‌باشد: پراکندگی از پتانسیل مرکزی، شـبیه‌سـازی مدل آیزینگ دو بعدی، شـبیه‌سـازی دو بعدی گازایده‌آل با روش دینامیک مولکولی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences, ۳rd ed. P. Bevington, D. Keith Robinson, McGraw – Hill (۲۰۰۲).

۲- Computational Physics, Steven E. Koonin and Dawn C. Meredith, Addison – Wesley (۱۹۹۰).

۳-A First Course in Computational Physics, Paul L. Pevries, New York – Wiley (۱۹۹٤).

٤- An Introduction to Computational Physics, Pang tao, New York – University Press (۱۹۹۷).

عنوان درس به فارسی:	**کاربردهای لیزر ۱**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Laser Applications ۱**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**فیزیک لیزر پیشرفته و یا مبانی فوتونیک**		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به کاربردهای متنوع لیزرها در صنعت، علوم و پزشکی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- **کاربردهای لیزر در طیف سنجی شامل**:
  - مشخصه یابی مواد ،سنجش از راه دور، دما سنجی، سرعت سنجی گاز و سیالات
- خنک سازی لیزری شامل:
  - کندسازی اتمها و مولکولها، چاه مگنتو اپتیک، اتمهای سرد و چگالش بوز انیشتین
- لیزرهای قدرت و برهم کنش لیزر با اتمسفر، برهم کنش لیزر پر قدرت با اهداف
- ایجاد پلاسما های لیزری و شتابگرهای پلاسمایی
- **همجوشی اینرسی با لیزر کاربردهای لیزر در اطلاعات کوانتومی**:
  - فوتونهای درهم تنیده، انتقال کد و اطلاعات ایمن
- کاربرد لیزر در ایجاد فوتونهای غیر کلاسیک و اندازه گیریهای دقیق کوانتوم اپتیکی
- **کاربردهای لیزر در فرآوری مواد**:
  - لایه نشانی توسط لیزر پالسی، تمیز کاری، برش قطعات جامد با دقت زیاد، جوشکاری فلزات
  - کاربرد در پزشکی (جراحی، ترمیم پوست، چشم و ...)
  - هولوگرافی،
  - ایجاد تصویرهای سه بعدی در شیشه های اپتیکی با استفاده از اثر خودکانونی (self focusining)
  - قرائت بارکدها،
  - خواندن و نوشتن داده ها.
  - بخشی از سرفصلهای گفته شده در بالا به انتخاب مدرس برای این درس می توانند انتخاب و تدریس شوند.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Laser ablation: principles and applications, John C. Miller, ed. Publisher: Berlin; New York: Springer Verlag, ۱۹۹٤. Series: Springer series in materials science; ۲۸

۲. Laser machining: theory and practice, George Chryssolouris. Publisher: New York: Springer-Verlag, ۱۹۹۱. Series: Mechanical engineering series

۳. -Lasers in manufacturing: an introduction to the technology, J.T. Luxon, D.E. Parker Publisher: Bedford: IFS; Berlin; New York : Springer-Verlag, ۱۹۸۷.
٤. Introduction to lasers and their applications, Donald C. O'Shea, W. Russell Callen, and William T. Rhodes. Publisher: Reading, Mass. : Addison-Wesley Pub. Co., ۱۹۷۷. Series: Addison-Wesley series in physics
٥. Introduction to optics and lasers in engineering, Gabriel Laufer. Publisher: Cambridge; New York: Cambridge University Press, ۱۹۹٦.
٦. Laser speckle and related phenomena, edited by J.C. Dainty. Publisher: Berlin; New York: Springer-Verlag, ۱۹۸٤.
۷. Laser-beam interactions with materials: physical principles and applications, Martin von Allmen. Publisher: Berlin; New York: Springer-Verlag, ۱۹۸۷. Series: Springer series in materials science; v. ۲
۸. Industrial Applications of Lasers John F. Ready,(Second Edition) ۱۹۹۷ Elsevier Inc.
۹. Laser Physics and Applications Editors: G. Herziger, H. Weber, R. Poprawe, Volume ۱۱ ۲۰۰۷
۱۰. - Laser applications in physical chemistry, edited by D.K. Evans. Publisher: New York: M. Dekker, ۱۹۸۹. Series: Optical engineering; v. ۲۰
۱۱. Optical and laser remote sensing, editors, D.K. Killingerand A. Mooradian. Publisher: Berlin; New Series: Springer series in optical sciences; v. ۳۹
۱۲. -Laser cooling and trapping, H.J. Metcalf, Peter van der Straten, Springer, ۱۹۹۹.

عنوان درس به فارسی:	**کاربردهای لیزر ۲**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Laser Applications ۲**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	کاربردهای لیزر ۱		**نظری** ■ **پایه** ☐
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**عملی** ☐ **تخصصی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**نظری-عملی** ☐ **اختیاری** ■
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به کاربردهای متنوع لیزری و تکمیل مباحث کاربرد لیزر ۱

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- **کاربردهای لیزر در طیف نگاری شامل**: مشخصه یابی مواد ، سنجش از راه دور، دما سنجی، سرعت سنجی گاز و سیالات
- **خنک سازی لیزری شامل**: کندسازی اتمها و مولکولها، چاه مگنتو اپتیک، اتمهای سرد و چگالش بوز انیشتین
- لیزرهای قدرت و برهم کنش لیزر با اتمسفر، برهم کنش لیزر پر قدرت با اهداف
- ایجاد پلاسما های لیزری و شتابگرهای پلاسمایی
- همجوشی اینرسی با لیزر
- **کاربرد های لیزر در اطلاعات کوانتومی**: فوتونهای درهم تنیده، انتقال کد و اطلاعات ایمن
- کاربرد لیزر در ایجاد فوتونهای غیر کلاسیک و اندازه گیریهای دقیق کوانتوم اپتیکی
- **کاربردهای لیزر در فرآوری مواد**: لایه نشانی تو سط لیزر پالسی، تمیز کاری، برش قطعات جامد با دقت زیاد، جوشکاری فلزات
- کاربرد در پزشکی (جراحی، ترمیم پوست، چشم و ...)
- هولوگرافی، ایجاد تصویرهای سه بعدی در شیشه های اپتیکی با استفاده از اثر خودکانونی - قرائت بارکدها، خواندن و نوشتن داده ها .
- **توجه شود** که بخشی از سرفصلهای گفته شده در بالا به انتخاب مدرس برای این درس می توانند انتخاب و تدریس شوند.

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Laser ablation: principles and applications, John C. Miller, ed. Publisher: Berlin; New York: Springer Verlag, ۱۹۹٤. Series: Springer series in materials science; ۲۸

۲. Laser machining: theory and practice, George Chryssolouris. Publisher: New York: Springer-Verlag, ۱۹۹۱. Series: Mechanical engineering series

۳. -Lasers in manufacturing: an introduction to the technology, J.T. Luxon, D.E. Parker Publisher: Bedford: IFS; Berlin; New York : Springer-Verlag, ۱۹۸۷.
٤. Introduction to lasers and their applications, Donald C. O'Shea, W. Russell Callen, and William T. Rhodes. Publisher: Reading, Mass. : Addison-Wesley Pub. Co., ۱۹۷۷. Series: Addison-Wesley series in physics
٥. Introduction to optics and lasers in engineering, Gabriel Laufer. Publisher: Cambridge; New York: Cambridge University Press, ۱۹۹٦.
٦. Laser speckle and related phenomena, edited by J.C. Dainty. Publisher: Berlin; New York: Springer-Verlag, ۱۹۸٤.
۷. Laser-beam interactions with materials: physical principles and applications, Martin von Allmen. Publisher: Berlin; New York: Springer-Verlag, ۱۹۸۷. Series: Springer series in materials science; v. ۲
۸. Industrial Applications of Lasers John F. Ready,(Second Edition) ۱۹۹۷ Elsevier Inc.
۹. Laser Physics and Applications Editors: G. Herziger, H. Weber, R. Poprawe, Volume ۱۱ ۲۰۰۷
۱۰. Laser applications in physical chemistry, edited by D.K. Evans. Publisher: New York: M. Dekker, ۱۹۸۹. Series: Optical engineering; v. ۲۰
۱۱. Optical and laser remote sensing, editors, D.K. Killingerand A. Mooradian. Publisher: Berlin; New Series: Springer series in optical sciences; v. ۳۹
۱۲. -Laser cooling and trapping, H.J. Metcalf, Peter van der Straten, Springer, ۱۹۹۹.

عنوان درس به فارسی:	اپتیک کوانتومی ۱		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Quantum Optics ۱		پایه ☐	نظری ■
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		تخصصی ☐	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:	ندارد		اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۴۸			

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به نور کوانتیده و غیر کلاسیک

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- **کوانتش امواج الکترومغناطیسی**: معادلات ماکسول، میدان های تک‌مد، اپراتورهای خلق و فنا، حالت‌های تعداد (number states)، حالت‌های گرمایی، افت و خیزهایی میدان.
- **کوانتش میدان‌های چندمدی**: چگالی حالت‌ها، فرمول پلانک، اپراتورهای چگالی.
- **حالت‌های همدوس**: حالت‌های ویژه اپراتورهای غیرهرمیتی، مسئله کاملیت، خواص حالت‌های همدوس، اپراتورهای جابجایی. اپراتورهای چگالی و توزیع فضای فاز، توزیع P ،
- **برهم‌کنش اتم و میدان**: معادلات نرخ، نوسانات رابی، مدل Jaynes-Cummings ، dressed states ، برهم‌کنش پاشنده (dispersive).
- **توابع همدوس کوانتومی و آشکارسازی**: آشکارسازها و مبانی کوانتومی آشکارسازی، حالتهای فشرده نوری (squeezed states)

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Introductory Quantum Optics, Gerry and Knight.

۲- Quantum Optics, M. O. Scully and M. S. Zubairy.

۳- Quantum Optics, D. F. Walls, G. J. Milburn.

عنوان درس به فارسی:	اپتیک کوانتومی ۲		
عنوان درس به انگلیسی:	Quantum Optics ۲	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	اپتیک کوانتومی ۱	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به نور کوانتیده و غیر کلاسیک و کاربرد آن در اندازه گیری دقیق، محاسبات کوانتومی و غیره

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- **توزیع ویگنر (Wigner)، توابع مشخصه (Characteristic Functions). برهم‌کنش اتم و میدان:** معادلات نرخ، نوسانات رابی، مدل Jaynes-Cummings ، dressed states ، برهم‌کنش پاشنده (dispersive).
- **توابع همدوس کوانتومی و آشکارسازی:** آشکارسازها و مبانی کوانتومی آشکارسازی، همدوسی مرتبه اول، bunching and anti-bunching. QED کاواک تجربی: QED کاواک، اثر Purcell ، میکرو میزر، تولید حالت گربه شرودینگر، سیستم‌های حالت جامد.
- **انترفرومترها و تقسیم‌کننده‌های نوری(Beam Splitters)** : روابط تقسیم‌کننده نوری، سیستم‌های I/O ، انترفرومتر Mach-Zehnder ، آشکارسازی Homodyne و Hetrodyne.
- **حالت‌های فشرده نوری (Squeezed States)** : اپراتور فشردگی، تبدیل Bogolyubov، فشردگی quadrature ، فشردگی تعداد (number squeezing)، فشردگی دو بعدی/درهم تنیدگی، اطلاعات و محاسبات کوانتومی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی): فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱-Introductory Quantum Optics, Gerry and Knight.

۲-Quantum Optics, M. O. Scully and M. S. Zubairy.

۳- Quantum Optics, D. F. Walls, G. J. Milburn.

عنوان درس به فارسی:	**الکترودینامیک ۲**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Electrodynamics ۲**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**الکترودینامیک ۱**		**نظری** ■ **پایه** ☐
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**عملی** ☐ **تخصصی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**نظری-عملی** ☐ **اختیاری** ■
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به امواج الکترومغناطیسی و تشعشع

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- معادلات ماکسول و خواص تبدیلی آن
- تک قطبی مغناطیسی
- انتشار امواج الکترومغناطیسی در ماده
- نسبیت و شکل همموردای معادلات ماکسول
- تابش چند قطبی و پراش
- تابش ذرات باردار

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- Classical Electrodynamics, J. D. Jackson, J. Wiley &Sons (۲۰۰٤).
- Classical Electromagnetic Radiation, ۳rd ed., M. A. Heald, J. B. Marion, Saunders College pub (۱۹۹٥).
- Classical Electricity and Magnetism, P. Panofsky, Addison – Wesley (۱۹۷٦).
- Classical Electrodynamics, H. C. Ohanian, Infinity Science Press, LLC (۲۰۰٦).

عنوان درس به فارسی:	طراحی اپتیکی		
عنوان درس به انگلیسی:	Optical Design	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	اپتیک پیشرفته ۱	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مبانی طراحی سیستمهای اپتیکی.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- ایجاد تصویر
- ابیراهی ها
- منشورها و آینه ها
- قطعات اپتیکی
- محاسبات اپتیکی
- ارزیابی تصاویر،
- طراحی کلی سامانه های اپتیکی
- طراحی سامانه های ویژه اپتیکی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- Modern Optical Engineering, The Design of Optical Systems, Warren J. Smith, McGraw-Hill, (۲۰۰۰).

عنوان درس به فارسی:	فناوری لیزر		
عنوان درس به انگلیسی:	Laser Technology		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک لیزر پیشرفته و یا مبانی فوتونیک		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به سیستمهای مدرن لیزری، شیوه های متنوع پمپاژ و ساخت.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- خواص مواد لیزری،
- نوسان ساز لیزر،
- تقویت کننده لیزر،
- انواع تشدیدگرهای اپتیکی و ایجاد الگوهای پرتو متفاوت،
- **معرفی فناوری انواع لیزرها بر اساس نوع کارکرد و شیوه پمپاژ** : لیزر های نیمه رسانا و دیودی، لیزر های گازی،لیزر های حالت جامد با پمپ فلش و دیودی، لیزر های فیبر نوری، لیزرهای آبشاری کوانتومی، لیزرهای uv، لیزرهای x-ray، ... ، بررسی لیزرها بر اساس رفتار زمانی (پالسی و پیوسته) و محدوده های توانی (توان یالا – متوسط و پایین)، مسائل لیزرهای پر توان

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Solid-State Lasers:A Graduate Text,Walter Koechner, Michael Bass, Springer-Verlag,(۲۰۰۳).
۲. Lasers, A. E. Siegman, University Science Books,(۱۹۸٦).
۳. Quamtum Electronics, A. Yariv, John Wiley Sons (۱۹۸٦).
٤. Laser Electronics, J. T. Verdeyne, Prentice – Hall (۱۹۸۹).
٥. Principlcs of Lasers, O. Svelto, Plenum Press (۱۹۸۹).
٦. Lasers, K. Thyagrajan and A. K. Ghatak, Plenum Press (۱۹۸۱).

عنوان درس به فارسی:	فیزیک و فناوری لیزرهای پالسی کوتاه		
عنوان درس به انگلیسی:	Physics and Technology of ultra short lasers	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک لیزر پیشرفته و یا مبانی فوتونیک	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به پالسهای بسیار کوتاه اپتیکی و پر توان (مقیاسهای پیکو تا اوتو ثانیه و توانهای تا پتا وات) و نحوه تولید آنها و همچنین اثرات این پالسها در بر هم کنش با مواد

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- لیزرهای پالسی با انرژی زیاد و نرخ تکرار بالا،
- مبانی نظری و فناوری سویچهای Q،
- مبانی نظری و فناوری قفل کردن مودها ،
- مبانی نظری و فناوری CPA(Chirp Pulse Amplification) ،
- لیزرهای دیودی فمتوثانیه پر انرژی،
- لیزرهای نیمه هادی دیسکی mode locked،
- نوسانگرهای فوق سریع جمع و جور (compact)،
- تقویت کننده های فوق سریع با کارائی بالا براساس فیبرهای نوری آلائیده شده توسط Yb،
- لیزرهای فوق سریع دیسک نازک،
- لیزرهای فمتو ثانیه،
- فناوری تولید پالسهای اوتو ثانیه،
- برخی کاربردهای لیزرهای فوق سریع
-

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱-Ultrashort Pulse Laser Technology, Laser Sources and Applications S. Nolte, F. Schrempel, F. Dausinger, (Eds.), springer, (۲۰۱۶).

عنوان درس به فارسی:	آشنایی با نرم افزارهای شبیه سازی و طراحی لیزر و اپتیک		
عنوان درس به انگلیسی:	The laser & optical and simulation softwares		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	اپتیک پیشرفته ۱ و یا مبانی فوتونیک		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به نرم افزارهای طراحی در اپتیک و لیزر

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- آشنایی با کد WaveTrain (انتشار موج اپتیکی در محیط) - آشنایی با کد Zemax - آشنایی با OpTaliX
- Comprehensive Software for optical design, thin film coatings and illumination
- http://www.optenso.com/
- آشنایی با ابزار متلب (Simtools) برای شبیه سازی های کامپیوتر
- Simtools: a collection of Matlab tools for optical simulations
- آشنایی با نرم افزار LightPipes شبیه سازی انتشار موج همدوس – پراش – و تداخل امواج همدوس
- http://www.okotech.com/software/lightpipes
- آشنایی با نرم افزار شبیه سازی اپتیک تطبیقی Scilab/Scicos Adaptive Optics Toolbox
- https://sourceforge.net/projects/sciao/
- آشنایی با نرم افزار طراحی لیزر The virtual beamline (VBL) laser simulation code
- آشنایی با نرم افزار طرااحی تشدیدگر لیزر LASCAD (Laser Cavity Modelling Software)
- http://www.pro-lite.co.uk/File/las-cad_software.php
- اشنایی با ASLD Laser simulation and solid-state resonator design software.
- http://www.asldweb.com/
- آشنایی با GLAD Physical Optics and Laser Analysis Software http://www.aor.com /
- آشنایی با Paraxia Laser system design. http://www.sciopt.com /

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

منابع این درس نرم افزارها هستند که از سایتهای اینترنتی دریافت میگردند. دانشجو حداقل به سه نرم افزار طراحی گفته شده در بالا آشنا و مسلط می گردد.

عنوان درس به فارسی:	آزمایشگاه کاربرد های لیزر		
عنوان درس به انگلیسی:	Laser Applications Lab		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک لیزر پیشرفته		پایه ☐ نظری ☐
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی ☐ عملی ■
تعداد واحد:	۲		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۶۴		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: یافتن قابلیت های تخصصی عملی و کار با دستگاه های لیزر

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- -مشخصه یابی برهم کنش لیزر های پالسی با مواد (نظیر سوراخکاری یا برشکاری یا حکاکی)
- - مشخصه یابی پلاسمای تولید شده توسط لیزر پالسی
- - اندازه گیری اندازه ذرات معلق (میکرونی – زیر میکرونی) در مایعات شفاف توسط پراکندگی لیزری
- - اندازه گیری اندازه ذرات معلق(میکرونی – زیر میکرونی) در هوا توسط پراکندگی لیزری
- - اندازه گیری ناصافی و تعیین مشخصات سطوح (با زبری در حدود میکرونی) با روش لیزری
- - فاصله سنجی لیزری (برد کوتاه – یا بلند یا میان برد)
- - دما سنجی دقیق با روش لیزری
- - تعیین غلظت بسیار کم در مایعات با روش لیزری و اپتیکی
- - تعیین مشخصات اپتیکی لایه های نازک به روش لیزری
- - شبیه سازی آزمایشگاهی برای مخابرات لیزری
- - اندازه گیری سرعت نور با لیزر
- - سطح سنجی با لیزر
- - تعیین مشخصات اپتیکی مایعات شفاف با لیزر
- - تعیین مشخصات اپتیکی فلزات صیقلی با لیزر
- -سرعت سنجی مایعات به روش اسپکترئوسکوپی داپلری
- توجه: ۱۲ آزمایش به تشخیص مدرس انتخاب و ارائه می گردند

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

آزمایشگاه عملی – ارائه کار با دستگاه و ارائه گزارش کار

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۷۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

دستگاه های آزمایشگاهی مرتبط با موضوع

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

عنوان درس به فارسی:	فیزیک لیزر پیشرفته		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Lasers		نظری ■	پایه ☐
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		عملی ☐	تخصصی ☐
دروس هم‌نیاز:	ندارد		نظری-عملی ☐	اختیاری ■
تعداد واحد:	۳			رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۴۸			

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مبانی لیزر، فراتر از آنچه در درس مبانی فوتونیک فرا می گیرد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- اندرکنش همدوس میدان تابشی و یک سیستم اتمی
- جذب و نشر-نوسان لیزری در سیستمهای لیزری مختلف
- مدولاسیون تابش اپتیکی (سویچ Q و قفل شدگی مدی لیزرها)
- آشنایی با انواع لیزرها و شیوه های ایجاد محیط فعال شامل: لیزرهای حالت جامد، لیزرهای دیودی، لیزرهای چاه کوانتومی، لیزرهای الکترون آزاد، لیزرهای پر قدرت پالسی، منابع لیزری در ناحیه میانی مادون قرمزو .. ،

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Quamtum Electronics, A. Yariv, John Wiley Sons (۱۹۸٦).

۲- Laser Electronics, J. T. Verdeyne, Prentice – Hall (۱۹۸۹).

۳- Lasers, Siegmann, Univ. Science Books (۱۹۸٦).

٤- Principlcs of Lasers, O. Svelto, Plenum Press (۱۹۸۹).

٥- Lasers, K. Thyagrajan and A. K. Ghatak, Plenum Press (۱۹۸۱).

عنوان درس به فارسی:	آزمایشگاه پیشرفته اتمی و مولکولی		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Atomic and Molecular Physics Lab		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		پایه ☐ نظری ☐
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی ☐ عملی ■
تعداد واحد:	۱		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: یافتن قابلیت های عملی و کار با دستگاه ها در حوزه اتمی و مولکولی شامل اپتیک و لیزر و پلاسما.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- اپتیک: بیضی سنجی، آشنایی با پدیده ماره، پدیده تالبوت و اندازه گیری طول موج، اندازه‌گیری پهنای خط و طول همدوسی، اندازه‌گیری دقیق ضریب شکست (اتوکلیماتور)، اندازه‌گیری ضریب شکست و ضخامت تیغه، مبانی عکاسی، چاپ و ظهور عکس، مبانی اپتیک فوریه و تمام نگاری
- آزمایشهای اتمی و مولکولی: اسپکتروسکوپی جذبی، اسپکتروسکوپی اشباعی، مشاهده پهن شدگی داپلر، اثر زیمن در اتمها، تشدید اسپینی
- پلاسما: ایجاد پلاسمای DBD و مشخصه یابی- آزمایش کرونا- آزمایش تخلیه تابان در فشار پایین- آزمایش تخلیه تپی در فشار اتمسفر- طیف نگاری پلاسما و مشخصه یابی- منحنی پاشن

تبصره: ۱۲ آزمایش از موضوعات گفته شده در سه حوزه بالا، درس آزمایشگاه را تشکیل خواهند داد.

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

آزمایشگاه عملی – ارائه کار با دستگاه و ارائه گزارش کار

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۷۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۳۰ درصد

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

دستگاه های آزمایشگاهی مرتبط با موضوع

عنوان درس به فارسی:	اپتیک پراشی		
عنوان درس به انگلیسی:		نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	مبانی فوتونیک و یا اپتیک پیشرفته ۱	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به پراش در اپتیک و کاربردهای آن

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- طراحی توری پراش،
- ساخت یک قطعه اپتیک پراش (DOE) ،
- روش‌های فوتولیتوگرافیک،
- تکنیک‌های ساخت قطعات اپتیک پراش،
- سنجش و اندازه‌گیری (DOE)،
- کاربردهای اپتیک پراش در طراحی عدسی و دیگر قطعات اپتیکی
- جایگاه اپتیک پراشی،
- عدسی‌های فرنل،
- توری‌ها،
- لیتوگرافی اپتیکی،
- نظریه اسکالر پراش،
- تحلیل الکترومغناطیسی قطعات اپتیک پراش،
- طراحی عدسی پراش،

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Diffractive Optics: Design, Fabrication, and Test, D.C. Oshea, J. J. Suleski, A.D. Kathman, D. W. Prather, Society of Photo – Optical Instrumentation Engineers SPIE (۲۰۰۳).

عنوان درس به فارسی:	نانوساختارها، ویژگی‌ها و کاربردها		
عنوان درس به انگلیسی:	Nano-Structure		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: آشنایی با نانوساختارها، تکنولوژی ساخت و فیزیک حاکم بر آنها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

یادآوری مبانی فیزیک حالت جامد، روش‌های اندازه‌گیری خواص نانوساختارها، خواص نانوذرات، نانوساختارهای کربنی، مواد نانوساختارشده کپه‌ای، فرومغناطیس نانوساختارشده، طیف‌نگاری نوسانی و اپتیکی، چاه‌ها، سیم‌ها و نقطه‌های کوانتومی، پلیمرها و ترکیبات آلی، مواد بیولوژیکی، نانوماشین‌ها و نانوقطعات

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

Introduction to Nanotechnology, C. P. Poole and F.J. Owens, John Wiley (۲۰۰۳).

۲-Carbon Nanotubes: Basic Concepts and Physical Properties, S. Reich, C. Thomsen and J. Maultzsch, Wiley – VCH (۲۰۰٤).

۳-Nanophysics and Nanotechnology: An Introduction to Modern Concepts in Nanoscience, E.L. Wiley – VCH (۲۰۰٤)

٤-Nanotechnology, M. Kohler and W. Frizsche, Wiley – VCH (۲۰۰٤).

٥-Transmission Electron Microscopy: II. Diffraction D. B. Williams and C. B. Carter, Plenum Press (۱۹۹٦).

عنوان درس به فارسی:	مکانیک آماری پیشرفته ۲		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Statistical Mechanics ۲		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	مکانیک آماری پیشرفته ۱		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مکانیک آماری پیشرفته.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- بسط خوشه‌ای و ضرایب ویریال،
- پدیده‌های بحرانی و افت‌وخیز تعادلی
- مدل آیزنیگ،
- سیال کلاسیکی،
- سیال کوانتومی،
- نظریه انتقال و هیدرودینامیک و روابط انساگر (Onsager)،
- قضیه افت وخیز
- اتلاف،
- تبدیل فاز غیرتعادلی،
- پدیده‌های بحرانی و روش لاندائو

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Statistical Mechanics, ۲nd ed., R.K. Pathria, Butterworth – Heinemann (۱۹۹۶).

۲- Statistical Mechanics, K. Huang, Wiley (۱۹۸۷).

۳- Statistical Mechanics, K. Reif, McGraw – Hill (۱۹۸۷).

۴- Statistical Mechanics, S.K. Ma, World Scientific (۱۹۸۵).

۵- Statistical Physics, Landau, Lifshitz, Pitaevskii, Elsevier (۱۹۸۰).

۶- A Modern Course in Statistical Physics, E. Reichle (۲nd edition), Wiley (۱۹۸

عنوان درس به فارسی:	**فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Advanced Plasma Physics ۱**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**ندارد**		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به فیزیک پلاسمای پیشرفته.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- **مقدمه:** مفاهیم اولیه پلاسما (طول Debye ، پارامتر پلاسما، مفهوم دما)، تولید پلاسما،
- تئوری مداری و حرکت تک‌ذره‌ای در میدان‌های یکنواخت و غیریکنواخت،
- کمیت‌های ناوردا آدیاباتیک،
- مدل سیالی پلاسما و معادلات MHD و خواص ماکروسکوپی پلاسما،
- مدل ۲ سیالی،
- مدل تک سیالی،
- تئوری دوگانه آدیاباتیک،
- امواج در پلاسمای سیال،
- امواج الکترواستاتیکی،
- امواج الکترومغناطیسی،
- انتشار در راستای عمود و موازی میدان مغناطیسی هدایتی،
- معادلات سنیتیک پلاسما،
- ناپایداری‌های پلاسمای سیال،
- طبقه‌بندی ناپایداری‌ها،
- پایداری پلاسما بدون میدان مغناطیسی و با میدان مغناطیسی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Principles of Plasma Physics, N. A. Krall & A. W. Trivelpiece, McGraw – Hill (۱۹۷۳).

۲- Fundamental of Plasma Physics, J. A. Bittencourt, Pergamon Press (۱۹۸٦).

۳- Plasma Dynamics, T. J. M Boyld & Sanderson, Bames & Noble (۱۹٦۹).

٤- Plasma Physics, E. W. Laing, Sussex University Press (۱۹۷٦).

عنوان درس به فارسی:	فیزیک پلاسمای پیشرفته ۲		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Plasma Physics ۲	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به فیزیک پلاسما.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- پدیده ترانسپورت در پلاسما،
- معادلات سینتیکی برای پلاسما،
- نظریه ولاسوف برای امواج پلاسما،
- نظریه ولاسوف برای پایداری پلاسما،
- نظریه غیرخطی ولاسوف برای امواج و ناپایداری‌های پلاسما،
- افت‌وخیز،
- وابستگی و تشعشع حرکت ذرات

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Basic Principles of Plasma Physics, A. Statistical Approach, S.I Chimaru, Addison – Wesley (۱۹۷۳).

۲- Principles of Plasma Physics, N.A. Krall and A.W. Trivelpiece, McGraw – Hill (۱۹۷۳).

۳- Fundamental of Plasma Physics, J.A. Bittencourt, Pergamon Press (۱۹۸۶).

عنوان درس به فارسی:	فیزیک تخلیه الکتریکی گاز ها		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Physics of Electrical Discharge in gases		پایه ☐	نظری ■
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۴۸			

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به تخلیه الکتریکی در گازها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر تخلیه الکتریکی گازها (Introduction to gas discharges)
- معادلات نرخ ذرات و MHD
- معادلات بقاء در پلاسمای تخلیه
- مشخصه های جریان و ولتاژ
- رسانش تخلیه الکتریکی
- نرخ تحریک،
- شکست و یونیزاسیون در پلاسمای تخلیه
- تخلیه تاریک (Dark discharge)
- تخلیه‌های پایدار و ناپایدار(Stable and unstable discharge)
- تخلیه‌های کرونا و اسپارک (Corona and Spark discharge)
- تخلیه فرکانس رادیویی (RF discharge)
- تخلیه خازنی (Capacitively coupled plasma)
- تخلیه القایی (Inductively coupled plasma)
- تخلیه مایکروویو (MW discharge)
- پدیده های تخلیه پالسی در فشار بالا

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Gas Discharge Physics, Yuri P. Raizer, ۱۹۹۱, (New York: Springer)
۲. Theory of Gas Discharge Plasma, Boris M. Smirnov, ۲۰۱۵ (Springer)
۳. Industrial Plasma Engineering I, Reece Roth, ۱۹۹۵ (IOP publishing)

عنوان درس به فارسی:	مکانیک شاره های پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Fluid Dynamics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	ندارد	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به سیالات (خنثی از نقطه نظر الکتریکی)

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مفاهیم و معادلات بقا جرم
- بقا اندازه حرکت
- بقا انرژی در سیالات،
- معادله نویر استوکس برای سیالات ویسکوز،
- نظریه lubrication،
- لایه های مرزی و separation ،
- circulation و نظریه ورتیسیتی،
- potential flow،
- اختلال در سیالات،
- کشش سطحی و جریان های ناشی از کشش سطحی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- W. P. Graebel, Adanced fluid mechanics, Academic Press ۲۰۰۷

عنوان درس به فارسی:	فیزیک بر هم کنش لیزر با پلاسما		
عنوان درس به انگلیسی:	The Physics of laser-plasma Interaction		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به پدیده های متنوع بر هم کنش لیزر با پلاسما های مختلف

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه ای بر خصوصیات پرتو لیزر
- مفاهیم اولیه پلاسما و توصیف دو سیالی پلاسما
- نیروی پوندرموتیو
- انتشار امواج الکترومغناطیسی در پلاسما
- انتشار امواج الکترومغناطیسی بصورت مایل در پلاسماهای غیر یکنواخت
- جذب برخوردی
- جذب پارامتریک و تحریک امواج الکترونی و یونی در پلاسما
- پراکندگی رامان القایی
- پراکندگی بریلوییین القایی
- گرم سازی با امواج پلاسمایی
- اصلاح پروفایل چگالی در پلاسما
- فرایند های غیر خطی در پلاسما های زیر چگال و ناپایداری ها در پلاسما
- ترانسپورت انرژی الکترون
- آزمایشات لیزر پلاسما

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. William Kruer, The Physics of Laser Plasma Interactions, Westview Press, ۲۰۰۳.
۲. Paul Gibbon, Short Pulse Laser Interactions with Matter, Imperial College Press, ۲۰۰۰.
۳. C. S. Liu and V. K. Tripathi, Interaction of Electromagnetic Waves with Electron Beams and Plasmas, World Scientific, ۱۹۹۵
٤. Laser Plasma Interactions ٥: Inertial Confinement Fusion, M. Hooper, ed., IOP, ۱۹۹٦.

عنوان درس به فارسی:	منابع و فناوری پلاسما		
عنوان درس به انگلیسی:	Plasma Sources and Technology		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مبانی اتم‌ها و مولکول‌ها و برهم‌کنش آن‌ها با نور

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- انواع تخلیه در پلاسما
- چشمه های باریکه الکترونی
- چشمه های باریکه یونی
- چشمه های یونی تابشی
- چشمه های پلاسمایی در فشار اتمسفر-چشمه های پلاسمایی در فشار خلا
- بررسی دینامیک پلاسما
- پخش و انتقال در پلاسما
- پلاسما در فشارهای خیلی بالا

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. J. Reece Roth, Industrial Plasma Engineering, Vol. ۲ - Applications, IOP, ۲۰۰۱.
۲. Plasma Technology Fundamentals and Applications, Capitelli, M., Gorse, C. (Eds.), Springer (۱۹۹۲).
۳. Plasma Technology for Textiles, R. Shishoo, ed., Woodhead Publ., Cambridge, (۲۰۰۷).
٤. The Physics and Technology of Ion Sources, Ian Brown, ed., Wiley, (۲۰۰٤).
٥. J. Reece Roth, Industrial Plasma Engineering, Vol. ۱ - Principles, IOP, ۱۹۹٥.

عنوان درس به فارسی:	کاربرد های پلاسما			
عنوان درس به انگلیسی:	Plasma Applications		نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مبانی اتم‌ها و مولکول‌ها و برهم‌کنش آن‌ها با نور

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- کاشت یونی در سطح (Ion Implanatation)
- پردازش مواد به روش PVD
- پردازش مواد به روش PECVD
- حکاکی پلاسما (Plasma Etchng)
- تولید نانو ذرات با پلاسما
- تغییر و تبدیل هیدروکربن ها به ذرات سنگین با پلاسما
- صفحات نمایش پلاسمایی (Plasma Display Panel)
- پلاسما در مخابرات
- پلاسما در پزشکی و دندانپزشکی (استریلیزاسون، ترمیم بافت و ...)
- اسپکتروسکوپی پلاسما
- خواص یونوسفر و کاربردهای آن

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Principles of Plasma Discharges and Materials Processing, Lieberman and Litchenberg
۲. Industrial Plasma Engineering volume I, and II, Reece Roth.

عنوان درس به فارسی:	فیزیک پلاسمای غیر خنثی و دینامیک ذرات باردار		
عنوان درس به انگلیسی:	The Physics of non-neutral plasma and the dynamics of charged particles		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به فیزیک پلاسمای غیر خنثی و دینامیک ذرات باردار.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- حرکت ذره باردار در میدان الکترومغناطیسی براساس قوانین مکانیک کلاسیک،
- فرمالیزم هامیلتونی و لاگرانژی،
- قوانین بقاء،
- معادلات مسیر اوسر،
- معادلات نسبیتی اولر در میدان‌های متقارن محوری،
- اپتیک باریکه و سیستم‌های کانونی‌کننده بدون بارفضا،
- درخشندگی و گسیلندگی باریکه،
- معادله باریکه پیرامحوری،
- میدان‌های محوری متقارن به عنوان عدسی،
- عدسی‌های الکترواستاتیک،
- عدسی‌های مغناطیسی،
- عدسی‌های چهار قطبی،
- باریکه با سطح مقطع دایروی،
- کانونی‌کننده‌های لبه،
- سیستم‌های کانونی‌کننده متناوب،
- اپتیک باریکه خطی با در نظر گرفتن اثر بار فضا،
- تئوری خودسازگار باریکه‌ها،
- تعبیر خودسازگار باریکه‌ها و تابع توزیع Vladimirsley - Kapchinsky

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱-Theory and Design of Charged Particle Beams, M. Reiser, Wiley (۱۹۹۴).

عنوان درس به فارسی:	لیزر های الکترون آزاد		
عنوان درس به انگلیسی:	Free Electron Lasers		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به طرز کار و اهمیت لیزرهای الکترون آزاد

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- دینامیک پرتو الکترونی
- اندولاتورها
- تشعشع خود بخودی
- اثر تشعشع بر روی حرکت الکترونی
- مدهای عرضی
- انتشار پالسهای کوتاه در محیط الکترونی
- نرخ تقویت در لیزر
- همدوسی پرتو التروموغناطیسی
- دسته بندی الکترونها

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱ - Classical Theory of Free Electron Lasers, Eric B Szarmes, Morgan&Claypool Publications, (۲۰۱٤).

عنوان درس به فارسی:	پلاسمای غباری		
عنوان درس به انگلیسی:	Dusty Plasmas		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به پدیده های پلاسمای غباری

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مکانیسم باردار شدن ذرات غبار در پلاسما
- دینامیک ذرات غبار
- امواج خطی
- ناپایداریهای پلاسمای غباری
- کریستالهای غباری در پلاسما
- ذرات غبار چرخشی و کشیده

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Introduction to Dusty Plasma Physics, P K Shukla, A A Mamun, IOP (Series in Plasma Physics)-(۲۰۰۱).

عنوان درس به فارسی:	پلاسمای فضایی		
عنوان درس به انگلیسی:	Space Plasmas	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به پلاسمای فضا و اطراف زمین و اهمیت آن بر روی کره زمین

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- خواص پلاسما،
- پلاسمادرفضا،
- پلاسمای ژئوفیزیکی،
- بادخورشیدی،
- مغناطو سپهر،
- یون سپهر،
- جریانهای مغناطیسی سپهر
- حرکت ذره باراردر میدانهای الکترومغناطیسی
- حرکت ذره دریک میدان مغناطیسی نایکنواخت،
- راندگی،
- حرکت ذره دریک میدان مغناطیسی یکنواخت،
- حرکت چرخشی،
- گرادیان راندگی ،
- راندگی خمیده،
- ناورداهای بیدرروگشتاورمغناطیسی،
- حرکت ذره درمیدانهای الکتریکی متغیربازمان
- ذرات به‌دام‌افتاده میدان دوقطبی،
- حرکت جهشی،
- حرکت راندگی،
- چاهها‌وچشمه ها،
- جریانهای حلقوی
- برخوردهاوقابلیت رسانایی پلاسما
- برخوردها،
- پلاسما بایونیدگی ضعیف،
- پلاسما بایونیدگی کامل،
- رسانایی پلاسما،
- شکل گیری یون سپهر،
- رسانایی یون سپهر،
- جریانهای یون سپهر،
- تابش‌های قطبی
- همرفت وطوفانهای مغناطیسی
- پخش مغناطیسی،
- نظریه هیدزومغناطیسی،
- عددمغناطیسی رینولد،
- پیوند مغناطیسی،
- همرفتی میدان الکتریکی،
- حفاظها،
- پلاسما سپهر،
- الکترودینامیک ارتفاعات بالا،
- انتگرال قانون اهم،
- گرمای ژول
- نظریه جنبشی
- تابع توزیع متوسط،
- معادله جنبشی،
- معادله بولتزمن،
- معادله ولاسف،
- توزیعهای Klimontovich-Dupree چگالی ذرات،
- معادله حرکت،
- معادله سرعت،
- توزیع ماکسولی،
- توزیع مخروط افت،
- توزیع انرژی،
- توزیع کاپا،
- شارذرات درفضای نزدیک زمین،
- متغیرهای ماکروسکوپیک

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

منابع پیشنهادی:

۱- Space Plasma: an Introduction, A. C. Das, Alpha Science Int. Ltd., (۲۰۰۴).

عنوان درس به فارسی:	شیمی پلاسما		
عنوان درس به انگلیسی:	Plasma Chemistry		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک پلاسمای پیشرفته ۱		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به پلاسمای فضا و اطراف زمین و اهمیت آن بر روی کره زمین

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مدلهای سینتیکی و ترمو دینامیکی پلاسما شیمی
- واکنشهای شیمیایی اساسی و متداول در پلاسما
- فاز گازی تجزیه مواد غیرآلی توسط پلاسما
- واکنشهای تبادل بار
- تبادل انرژی در بین درجات آزادی مولکولی
- انواع پلاسما در فرآوری شیمیایی مواد
- کاربردهای پلاسما شامل: تولید نانو ذرات و ساختارهای متنوع جامد، تبدیلات گازی، تولید پلیمرها و برهمکنش مواد آلی با پلاسما
- واکنشهای تبدیل سوخت، تولید هیدرژن
- بر همکنش پلاسما با سلولهای زنده و بافت
- کاربرد پلاسما در بیولوژی
- کاربرد پلاسما در دندانپزشکی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Plasma Chemistry, Alexander Fridman, Cambridge University Press (۲۰۰۸, New York)

عنوان درس به فارسی:	نظریه میدان های کوانتومی ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	Quantum Field Theory ۱	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	مکانیک کوانتومی پیشرفته ۱	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مبانی نظریه میدان‌های کوانتومی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- نظریه میدان لاگرانژی، میدان کلاین-گوردون،
- میدان دیراکی،
- نظریه هموردای فوتون،
- بسط ماتریس -S ،
- دیاگرام‌های فاینمن و قواعدQED،
- فرآیندهایQED در مرتبه‌های پایین،
- تصحیحات تشعشعی،
- منظم سازی (regularization) ،
- برهم‌کنش‌های ضعیف،
- شکست خودبه‌خود تقارن،
- نظریه استاندارد الکتروضعیف

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- - Quantum Field Theory, F. Mandl and G. Shaw, John-Wiley and Sons (۱۹۸۴).

۲- Quantum Field Theory, Lewis H. Ryder, Cambridge University Press (۱۹۹۶).

عنوان درس به فارسی:	فیزیک ذرات بنیادی پیشرفته ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Elementary Particle Physics ۱		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مبانی فیزیک ذرات بنیادی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- سینماتیک،
- برهم‌کنش‌ها و طبقه‌بندی ذرات،
- تقارن‌ها وقوانین بقاء ایزواسپین،
- شگفتی،
- قواعد گزینش ایزواسپین و شگفتی در برهم‌کنش‌های ضعیف و الکترومغناطیسی،
- ساختار الکترومغناطیسی نوکلئون،
- تشدیدها،
- برهم‌کنش‌های ضعیف و نقض پاریته،
- واپاشی مزونKو نقضCP،
- نظریه جریان برداری پایسته و تقارن یکانی و مدل کوارک،
- نظریه کابیبو،
- تقارن تکدست و جبر جریان،
- برهم‌کنش‌های ضعیف کرومودینامیک،
- شتاب‌دهنده‌ها و آشکارسازهای ذرات بنیادی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Elementry Particles and Symmetries, Lewis H. Ryder, Gordon and Breach Science Publishers (۱۹۷۵).

۲- Introduction to High Energy Physics, Donald H. Perkins,Cambridge University Press (۲۰۰۰).

۳- Collider Physics, V. Barger and R. Philips, Addison-Wesley (۱۹۸۷).

عنوان درس به فارسی:	**مکانیک کلاسیک پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Advanced Classical Mechanics**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**ندارد**		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مکانیک کلاسیک پیشرفته

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مختصری از اصول اولیه،
- اصول وردش و معادلات لا گرانژ،
- نیروی مرکزی دو جسمی،
- سینماتیک جسم صلب،
- معادلات حرکت جسم صلب،
- نوسانات کوچک،
- معادلات هامیلتونی حرکت،
- تبدیلات کانونیک،
- نظریه اختلال کلاسیک

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Classical Mechanics, ۲nd ed., H. Goldstein, Addison – Wesley (۱۹۸۰).

عنوان درس به فارسی:	ریاضی فیزیک پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Mathematical Physics		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مباحث توپولوژیک و ریاضیات پیشرفته در حد کارشناسی ارشد

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمات ریاضی شامل نگاشت‌ها،
- فضای برداری،
- فضای توپولوژیک و ... ،
- مقدمات توپولوژی،
- هندسه دیفرانسیل: چندگوناها (بسلاها) و فرم‌های دیفرانسیلی، گروه بنیادی، گروه‌های هومولوژی، گروه‌های هموتوپی مرتبه بالا، کوهومولوژی درام (deRham)، کلاف تار (fibre bundle)، بسلاهای مختلط،
- کاربردهای فیزیکی: (Yang - Mills)،نظریه ریسمان ، نسبیت عام و غیره)

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Geometry, Topology and Physics, Nakahara, IOP Publishing (۱۹۹۰).

۲- Topology and Geometry for Physicists, Nash and Sen, Academic Press (۱۹۸۳).

۳- Geometry of Physics, T. Frankel, Cambridge University Press (۱۹۹۹).

۴- Modern Differential Geometry for Physicists, C. J. Isham World Scientific Pub. Co. (۱۹۹۹).

۵- Gauge Fields, Knots and Gravity ,J. Baez, J. P. Muniain, World Scientific Pub .Co. (۱۹۹۴).

عنوان درس به فارسی:	گرانش ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	Gravitation ۱		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به هندسه فضازمان و اصول موضوعه تئوری نسبیت عام و برخی پیش‌بینی ها نسبیت عام اینشتین

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه: هندسه ریمانی،
- ژئودزی‌ها و نمادهای کریستوفل،
- تانسور انحناء و خواص آن،
- قوانین بنیادی فیزیک در فضا
- زمان خمیده،
- معادلات میدان اینشتین،
- حد نیوتونی،
- روش وردشی در نظریه نسبیت عام،
- حل شوارتزشیلد،
- تست‌های نظریه نسبیت عام،
- حل رایسنر
- نوردسترم،
- نظریه خطی‌شده اینشتین،
- امواج گرانشی،
- تقارن‌های فضا
- زمان،
- معادلات و بردارهای کیلینگ،
- سیاهچاله‌ها و جواب شوارتزشیلد به عنوان یک سیاهچاله،
- سیاهچاله چرخان(جواب Kerr)،
- خواص سیاهچاله‌ها

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- General Relativity, H.Stephani, CUP (۲۰۰۳).

۲- Relativity on CurvedManifolds, F. De Felice, and C. J. Clarke, CUP (۱۹۹۰).

۳- Introducing Einsteins Relativity, R. d Inverno, Clarendon Press (۱۹۹۲).

۴- Gravitation and Cosmology, S.Weinberg, John Wiley and Sons (۱۹۷۲).

۵- AFirst Course in GR, B. F. Schutz CUP (۱۹۸۵).

۶- The Classical Theory of Fields, L. D. Landau and E.M.Lifshitz, Pergamon Press (۱۹۷۵).

عنوان درس به فارسی:	مباحث ویژه در ذرات بنیادی		
عنوان درس به انگلیسی:	Special Topics in Elementary Particle	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک ذرات بنیادی پیشرفته ۱	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: کسب دانش یا مهارت لازم در یک زمینه تخصصی در فیزیک ذرات بنیادی که در دروس استاندارد پوشش داده نشده است.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

مباحثی نظیر: گروه بازبهنجارش، ناهنجاری محوری، روش پتانسیل مؤثر، نظریه پیمانه‌ای شبکه‌ای، محبوس‌شدگی کوارک‌ها(confinement)، ابرتقارن،نظریه وحدت بزرگ شامل مدل SU(۵) و پیش‌بینی‌های آن، فرا SU(۵) ، نظریه‌هایTechnicolour، مباحثی از ابرتقارن شامل: نظریه‌های ابرتقارن و پیش‌بینی‌های آن، ارتباط بین کیهان‌شناسی و نظریه‌های وحدت بزرگ(GUT)، مباحثی از نظریه ریسمان‌ها شامل: ریسمان‌های بوزونی و فرمیونی و همچنین مباحث نوینی از فیزیک ذرات بنیادی به انتخاب مدرس درس

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Supersymmetry and Supergravity, J. Wess, J. Bagger, Princeton University press (۱۹۸۳).

۲- Quark, Leptons and Gauge Fields, Kerson Huang, World Scientific (۱۹۹۲).

۳- Quantum Field Theory, Lewis Ryder, Cambridge University Press (۱۹۸۷).

٤- Grand Unified Theories, G. G.Ross, Benjamin /Cummings Publishing Co. (۱۹۸٤).

٥- Superstring Theory, vol. ۱،۲,M.B.Green , J. H. Schwartz and E. Witten, Cambridge University Press (۱۹۸۷).

عنوان درس به فارسی:	مکانیک آماری پیشرفته ۲		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Statistical Mechanics ۲		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	مکانیک آماری پیشرفته ۱		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم و تکمیل مباحث مطرح شده مربوط به مکانیک آماری پیشرفته

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- بسط خوشه‌ای و ضرایب ویریال،
- پدیده‌های بحرانی و افت و خیز تعادلی مدل آیزنیگ،
- سیال کلاسیکی،
- سیال کوانتومی،
- نظریه انتقال و هیدرودینامیک و روابط انساگر (Onsager)،
- قضیه افت وخیز،
- اتلاف،
- تبدیل فاز غیرتعادلی،
- پدیده‌های بحرانی و روش لاندائو

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Statistical Mechanics, ۲nd ed., R. K. Pathria, Butterworth–Heinemann (۱۹۹۶).

۲- Statistical Mechanics, K. Huang, Wiley (۱۹۸۷).

۳- Statistical Mechanics, K. Reif, McGraw–Hill (۱۹۸۷).

٤- Statistical Mechanics, S. K. Ma, World Scientific (۱۹۸۵).

٥- Statistical Physics, Landau, Lifshitz, Pitaevskii, Elsevier (۱۹۸۰).

٦- A Modern Course in Statistical Physics, ۲nd ed., E. Reichle, Wiley (۱۹۹۸).

عنوان درس به فارسی:	آزمایشگاه پیشرفته هسته ای ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Nuclear Physics Labratory ۱		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		پایه ☐ نظری ☐
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی ☐ عملی ■
تعداد واحد:	۱		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: یافتن قابلیت های تخصصل عملی و کار با دستگاه های آزمایش های کلاسیک در فیزیک هسته ای

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- الکترونیک و آشکارسازی،
- مشخصه رادیو اکتیویته،
- اتلاف انرژی ذرات باردار،
- طیف‌سنجی سوسوزن،
- طیف اشعه گامای $Au_{۱۹۸}$،
- تکنیک‌های تطابقی(Coincidence)،
- شارنسبی نوترون‌ها،
- رادیواکتیویه الفائی،
- روش‌های آشکارسازی نوترون و خواص نوترون‌ها،
- مخلوط فعالیت‌های مربوط به تجزیه‌های مستقل

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

آزمایشگاه عملی – ارائه کار با دستگاه و ارائه گزارش کار

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۶۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

دستگاه های آزمایشگاهی مرتبط با موضوع

عنوان درس به فارسی:	کیهان شناسی ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	Cosmology	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	ندارد	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد	تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به شناخت جهان همگن و همسانگرد اطراف ما

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- **مقدمه**: اصول اولیه کیهان‌شناسی.
- **روش‌های فاصله‌سنجی**: روش اختلاف منظر، استفاده از ستارگان متغیر به عنوان شاخص‌های فاصله، استفاده از دیاگرام HR ، استفاده از ابرنواخترها، رابطه هابل، ویژگی همگن و ایزوتروپ بودن کیهان.
- **انبساط کیهان**: انتقال قرمز، پارامتر هابل و پارامتر کاهندگی، کهکشان‌ها و انواع آن‌ها، خوشه‌های کهکشانی و نسبت جرم ـ درخشندگی و مسئله ماده تاریک.
- **مروری بر نظریه نسبیت عام**: استخراج متریک RW ، بررسی ثابت کیهان‌شناسی، بررسی دقیق‌تر انتقال قرمز و تعاریف مختلف فاصله در کیهان‌شناسی.
- **معادلات فریدمن**: حل معادلات فریدمن، مدل‌های مختلف کیهان‌شناسی، تاریخچه حرارتی کیهان، سنتز هسته‌ای، تشکیل ساختار در کیهان، بررسی تابش زمینه، مسائل مطرح شده در کیهان استاندارد، تورم

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱ Cosmology, Weinberg, Oxford University Press (۲۰۰۸).
۲ Physical Foundations of Cosmology, Mukhanov, CUP (۲۰۱۲).
۳ Fundamentals of Cosmology, J. Rich, Springer (۲۰۰۱).
٤ Principles of Physical Cosmology, P. J. E. Peebles, PUP (۱۹۹۳).
٥ The Early Universe, E. W. Kolb and M. S. Turner, Addison–Wesley (۱۹۹۰).
٦ Cosmological Physics, J. A. Peacock, CUP (۱۹۹۹).
۷ Cosmology: The Origin and Evolution of Cosmic Structure, P. Coles and F. Lucchin, J. Wiley & Sons (۲۰۰۲).
۸ The Early Universe, G. Borner, Springer (۱۹۸۸).

عنوان درس به فارسی:	**فیزیک ذرات بنیادی پیشرفته ۲**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Advanced Elementary Particles Physics ۲**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک ذرات بنیادی پیشرفته ۱		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم و تکمیل مباحث مطرح شده مربوط به فیزیک ذرات بنیادی پیشرفته ۱

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر مدل استاندارد،
- نظریه‌های پیمانه‌ای (قضیه نوتر، نظریه یانگ ـ میلز ، QED و QCD ، بازبهنجارش و گروه آن)،
- تقارن‌های برهم‌کنش قوی (تقارن تکدست، شکست خودبه‌خود تقارن و شکست تقارن تک‌دست طعم)،
- برهم‌کنش الکتروضعیف ((U(۱)*SU(۱)) ،ناهنجاری‌ها و مسئله U(۱) محوری و مسئله،
- آزمون‌های مدل استاندارد (نقض مقیاس در QED، اندازه گیری،
- تولیدW و Z ،
- جستجوی بوزون هیگز،
- ماتریس ترکیب کوارک کوبا یاشی ـ ماسکاوا و ...)،
- نظریه‌های وحدت بزرگ (شامل)SU(۵), SO(۱۰)، مقدمه‌ای برابر تقارن و نظریه ریسمان‌ها

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Particle Physics and Cosmology, P. D. B. Collins, A. D. Martin, and E. J. Squires, John–Wiley and Sons Publication (۱۹۸۹).

۲- Quark, Leptons and Gauge Fields, K. Huang,World Scientific (۱۹۹۲).

عنوان درس به فارسی:	فیزیک هسته ای پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Nuclear Physics		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مباحث بنیادین در فیزیک هسته ای شامل نیروهای هسته ای و خواص عمومی هسته ها و مدل های هسته ای.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- **ساختار نوکلئون**: کوارک‌ها و لپتونها، ایزواسپین، گشتاور مغناطیسی نوکلئون‌ها.
- **خواص عمومی هسته‌ها**: هسته‌ها و حالات هسته‌ای، اندازه هسته - شکل هسته، انرژی پیوندی هسته، حالات ایزوبارو آثارکولنی، شیوه‌های واپاشی هسته.
- **حرکت مستقل ذرات**: گازفرمی بدون اندرکنش، چاه‌های پتانسیل با تقارن کروی، چاه‌های پتانسیل برای ذرات با اسپین ۱/۲ ، شواهدی برای ساختار لایه‌ای هسته، مدل با جفت شدگی، پتانسیل اپتیکی، مدل نیلسون (چاه پتانسیل اصلاح شده)
- **پتانسیل نوکلئونی مستقل**:حالات نوکلئونی ضد متقارن، گاز فرمی اندرکنش‌دار، اندرکنش لایه‌ای دلتای اصلاح شده تئوری هارتری-فوک برای هسته‌های متناهی، تئوری هارتری-فوک زوج‌ها و پتانسیل‌های بار آرایش
- **مدل لایه‌ای وجفت‌شدگی**:جفت‌شدگی ونیروی جفت شدگی، لایه‌های بسته و تحریک ذره-ذره
- **مدل‌های تجمعی**: تغییر شکل، فرفره متقارن، ارتعاشات، هسته‌های بیضوی، جفت‌شدگی بین مدل‌های تجمعی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Introductory Nuclear Physics, ۲nd ed.,Samuel. S. M. Wong, Wiley–Interscience (۱۹۹۹).

۲- Theoretical Nuclear Physics, A. De Shalit, H. Feshbach, John Wiley & Sons (۱۹۷٤).

۳- Nuclear Physics, an Introduction, ۲nd ed.,W. E. Burcham, Longman (۱۹۷۳).

٤- Introduction to Nuclear Physics, Harald. A. Enge, Addison Wesley (۱۹٦٦).

٥- Nuclear and Particls Physics, E. B. Paul, North–Holland (۱۹٦۹).

عنوان درس به فارسی:	**فیزیک شتاب دهنده**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Accelerator Physics**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**ندارد**		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	**ندارد**		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به ساختمان و اصول شتابگرها و دینامیک باریکه ها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه،
- حرکت ذره در میدان‌های الکترومغناطیسی،
- اپتیک الکترومغناطیسی ذرات،
- شتابگر الکترواستاتیکی،
- شتابگر القایی خطی،
- بتاترون،
- دینامیک فاز،
- شتابگر خطی فرکانس رادیویی،
- سیکلوترون،
- تشدید غیرخطی بتاترون و اثرات آن بر روی تابش،
- میرایی لاندا برای باریکه‌های غیر خطی ،
- قطبش الکترون وپروتون،
- سرمایش الکترون،
- روش‌های پیشرفته برای تعیین حرکت و مسیر ذره

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Principle & Charge Particle Acceleration, Humphries, Wiley (۱۹۹۹).

۲- Accelerator Physics, S. Y. Lee, World Sientific Pub. (۱۹۹۹).

عنوان درس به فارسی:	**کرومودینامیک کوانتومی ۱**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Quantum Chromodynamics ۱**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**ندارد**		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	نظریه میدان‌های کوانتومی ۱		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به نظریه ساختار کوارکی –گلوئنی ماده

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- QCDبعنوان یک میدان،
- بازبهنجارش در QCD،
- فرایندهایQCD اختلالی ناکشسان ژرف،
- QCD اختلالی،
- OZIواپاشی‌های ممنوع،
- فرایند دریل ـ یان،
- جت‌ها و قوانین جمعSVZ ،
- هادرون‌ها بصورت حالت مقید در کوارک،
- کوارک سبک،
- PCAC و دینامیک کایرال،
- انستانتون،
- شبکه QCD،
- سری اختلالی QCD

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Theory of Quark and Gluon, F. J. Yndurain, ۳rd ed., Springer (۱۹۹۹).

۲- Fundations of Quantum Chromodynamics, T. Muta, ۲nd ed.,World Scientific Pub (۱۹۹۸).

۳- Quantum Chromodynamics W. Greiner, S. Schramm, E. Stein, Springer (۲۰۰۲).

عنوان درس به فارسی:	فیزیک آشکارسازها		
عنوان درس به انگلیسی:	Detectors Physics		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به روش های اندازه گیری متداول در فیزیک هسته ای و ذره ای و آشکارسازی ذرات

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- اهداف آشکارسازهای ذرات،
- اثرات متقابل ذره باردار و ماده،
- اثرات همدوس در ذرات باردار،
- اثرات متقابل الکترون و ذره باردار،
- کالری‌متری مغناطیسی.
- طیف‌سنج افتراق طول موج،
- طیف‌سنج افتراق انرژی،
- کامک کریت،
- جعبه سیمی،
- انواع آشکارسازهای سوسوزن،
- آشکارسازهای نیمه‌هادی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Detectors for Particle Radiation, K. ۱.Kleinknecht, Cambridge Press (۲۰۰۱).

۲- The Particle Detector Brief Book, R. K. Bock and A. Vasilescu, Springer (۱۹۹۸).

۳- Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiment, W. R. Leo, Springer (۱۹۹٤).

عنوان درس به فارسی:	**فیزیک حالت جامد پیشرفته ۱**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Advanced Solid State Physics ۱**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	**ندارد**		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به ساختار بلوری جامدات و شناسایی نوار انرژی آنها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- شبکه‌های بلوری،
- شبکه وارون،
- تعیین ساختار بلور به روش پراش پرتو ـ ایکس،
- طبقه‌بندی شبکه‌های بریلوئن و ساختارهای بلوری،
- نظریه فلزات درود،
- نظریه فلزات زومرفلد،
- کاستی‌های (شکست‌های) مدل الکترون آزاد،
- ترازهای الکترونی در پتانسیل متناوب (دوره‌ای):
  - خواص عمومی،
  - الکترون‌ها در پتانسیل تناوبی ضعیف،
  - روش پیوند محکم،
  - روش‌های دیگر محاسبه ساختار نوار،
  - خواص ترابرد،
  - ساختار نواری فلزات

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Solid State Physics, N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, W. B. Saunders Company (۱۹۷٦).

۲- Solid State Physics, J. K. Hook and H. E. Hall, John Wiley & Sons (۱۹۹۱).

۳- Solid State Physics, G. Grosso and G. P. Parravicini, Academic Press (۲۰۰۰).

٤- Solid State Physics, H. Ibach & H. Luth, Springer (۱۹۹٦).

عنوان درس به فارسی:	آزمایشگاه پیشرفته حالت جامد ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Solid State Laboratory ۲		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		پایه ☐ نظری ☐
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ■
تعداد واحد:	۱		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: یافتن قابلیت های تخصصی عملی و کار با دستگاه های مرتبط با فیزیک ماده چگال

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- انباشت لایه نازک فلز روی شیشه و نیم‌رسانا،
- ویژگی الکتریکی لایه‌های فلز روی شیشه یا نیم‌رسانا با اندازه‌گیری‌های اثر هال،
- ویژگی‌یابی لایه‌های فلز روی شیشه یا نیم‌رسانا به کمک اندازه‌گیری مقاومت ویژه،
- مطالعه ساختمان بلوری به وسیله XRD،
- تعیین عدد آدوگادرو با کمک XRD،
- تشدید پارامغناطیسی الکترون،
- تغییر شکل پلاستیکی و الاستیکی در فلزات،
- میکروسکوپ تونلی روبشی

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

آزمایشگاه عملی – ارائه کار با دستگاه و ارائه گزارش کار

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۷۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۳۰ درصد

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

دستگاه های آزمایشگاهی مرتبط با موضوع

عنوان درس به فارسی:	**فیزیک حالت جامد پیشرفته ۲**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Advanced Solid State Physics ۲**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک حالت جامد پیشرفته ۱		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به ساختار جامدات و خواص فیزیکی آنها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- فراتر از تقریب زمان واهلش،
- فراتر از تقریب الکترون مستقل،
- طبقه‌بندی جامدات،انرژی چسبندگی (بستگی)،
- کاستی‌های (شکست‌های) مدل شبکه استاتیک،
- نظریه کلاسیکی،
- بلور هارمونیک،
- نظریه کوانتومی بلور هارمونیک،
- اندازه‌گیری روابط پاشندگی فونون،
- اثرات غیر هارمونیک در بلورها،
- فونون‌ها در فلزات،
- خواص دی‌الکترونیک عایق‌ها،
- نیم‌رساناهای همگن،
- نیم‌رساناهای ناهمگن،
- نقص‌های بلوری،
- دیامغناطیس و پارامغناطیس،
- برهم‌کنش‌های الکترون وساختار مغناطیسی،
- نظم مغناطیسی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Solid State Physics, N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, W. B. Saunders Company (۱۹۷٦).

۲- Solid State Physics, J. R. Hook and H. E. Hall, John Wiley & Sons (۱۹۹۱).

۳- Solid State Physics, G. Grosso and G. P. Parravicini, Academic Press (۲۰۰۰).

٤- Solid State Physics,H. Ibach & H. Luth, Springer (۱۹۹٦).

عنوان درس به فارسی:	فیزیک و فناوری قطعات نیم رسانا		
عنوان درس به انگلیسی:	Physics of Technology of Semiconductors		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به قطعات الکترونیک و فیزیک مربوطه

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- پدیده‌های انتقال حامل‌ها در نیم‌رساناها،
- پدیده‌های غیرتعادلی در نیم‌رساناها،
- اتصال و ایجاد پیوند p-n،
- ترانزیستورهای BJT،
- ترانزیستورهای تک‌قطبی،
- قطعات کهموجی Microwave Devices ،
- قطعات فوتونیک،
- فرآیندها و تکنولوژی ساخت قطعات،
- قطعات مجتمع،
- قطعات نیم‌رساناهای جدید و سرعت بالا

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Semiconductor Physics and Technology, S. M. SZE, John Wiley & Sons (۱۹۹۰).

۲- Semiconductor Physics & Devices, D. A. Neamen, IRWIN & Sons (۲۰۰۱).

۳- Modern Semiconductor Physics, S. M. SZE, John Wiley (۱۹۹۸).

٤- Semiconductor Physics, K. Seeger, Springer (۱۹۹۸).

٥- High Speed Semiconductor Devices, S. M. SZE, John Wiley & Sons (۱۹۹۰).

٦- Solid State Electronic Devices, B. G. Streetman, Prentice-Hall (۱۹۹٥).

عنوان درس به فارسی:	**فیزیک سطح**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Physics of Technology of Semiconductors**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک حالت جامدپیشرفته ۱		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به لایه های نازک و فیزیک حاکم بر سطوح

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- تعریف و اهمیت فیزیک سطح و فصل مشترک،
- روش‌ها و دستگاه‌های اندازه‌گیری و بازرسی ضخامت لایه،
- روش‌های شیمیایی انباشت لایه‌های نازک،
- روش‌های فیزیکی (تبخیری) انباشت لایه‌های نازک،
- روش‌های فیزیکی (کندوپاشی و روکش کاری یونی) انباشت لایه‌های نازک،
- تحلیل‌گرهای انرژی الکترون،
- شبکه‌های دو بعدی،
- ابرساختار و فضای وارون،
- مکانیزم تشکیل لایه‌های نازک،
- بررسی تجربی نظریه‌های هسته‌بندی،
- مدل منطقه‌ای ساختار (SZM) و اثر پارامترهای انباشت در ساختار لایه‌های نازک،
- دینامیک شبکه سطحی،
- حالت‌های الکترونیکی سطح

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- هادی سوالونی : مبانی علم سطح در نانو فناوری : فیزیک سطح، فصل مشترک و لایه های نازک (جلد اول) ، انتشارات دانشگاه تهران ، پائیز ۱۳۸۳.

۲- Surfaces and Interfaces of Solid Materials, H. Luth, Springer (۱۹۹۷).

۳- Physics at Surfaces, M. Prutton, Clarndon Press Oxford (۱۹۹۹).

٤- Introduction to Surface and Thin Film Processes, J. A. Venables, Cambridge Univ. Press (۲۰۰۰).

Modern Techniques of Surface Science, D. P. Woodruff and T. A. Delchar, Cambridge Univ. Press (۱۹۸۹).

عنوان درس به فارسی:	بلورشناسی پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Crystallography		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به ساختار بلوری جامدات و گروه های تقارنی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- خواص هندسی بلورها،
- سازوکار پراکندگی پرتوهای ایکس از اتم‌ها و بلورها و عامل پراکندگی اتمی،
- تبدیلات فوریه،
- روش‌های تجربی،
- عوامل موثر در شدت پرتوهای ایکس،
- تعیین گروه‌های فضایی،
- تعیین ساختمان بلوری،
- میزان دقت و پالایش،
- سایر روش‌ها: پراش نوترون و الکترون

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Introduction to X- ray Crystallography, M. M. Woolfson, Cambridge University Press (۱۹۹۷).

۲- Fundamentals of Crystallography, C. Giacovazz, Oxford University Press (۱۹۹۵).

۳- Modern Crystallography,

VOL. ۱: S. B. K. Vainshtein Springer–Verlag (۱۹۹٤)

VOL. ۲: S. B. K. Vainshtein et. al. Springer–Verlag (۱۹۸۲)

VOL. ۳: A. A. Chernov et. al. Springer–Verlag (۱۹۸٤)

VOL. ۳: L. A. Shuvalov et. al. Springer–Verlag (۱۹۸۸)

D.W.Sciama Oxford University Press (۱۹۹۷) ٤.The Basics ofCrysallography and Diffraction

٤- Physical and Non - Physical Methods of Solving Crystal, M. M.Woolfson and Hai Fu Fan, Cambridge Univerity Press (۱۹۹٥).

٥- Neutron Diffraction, Bacon, Oxford University Press (۱۹۹۰).

٦- الفبای بلورشناسی به روایت تصویر، نوشته رالف استدمن، ترجمه عزت اله ارضی و مارگریت ماغن چاپ دوم (۱۳۷۶) انتشارات نقش خوارزمی).

عنوان درس به فارسی:	**ابررسانایی پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Advanced Superconductivity**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک حالت جامدپیشرفته ۱		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به فیزیک ابررساناها و روشهای ساخت آنها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مروراجمالی ابررسانایی از ۱۹۱۱ تا زمان حال،
- الکترودینامیک ابررسانایی،
- نظریه لندن،
- نظریه پدیده‌شناختی گنیزبرگ لاندو،
- جریان‌های بحرانی،
- ابررساناهای نوعIوII،
- نظریه میکروسکوپی ابررسانایی،
- اثرات جوزفسون،
- اسکوئیدها،
- ابررساناهای دمای بالا،
- کاربردهای ابررسانایی،
- مباحث ویژه

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Introduction to Superconductivity, M. Tinkham, McGraw–Hill, New York (۱۹۹٦).

۲- Introduction to Superconductivity and High-T Materials, M. Cyrot, D. Pavune, World Scientific, New York (۱۹۹۲).

۳- Superconductivity of Metals and Alloys, P. G. DE Genns, Benjamin, Inc (۱۹٦٦).

٤- Theory of Superconductivity, J. R. Schrieffer, W. A. Benjamin, New York (۱۹۷٥).

٥- High–T Superconductors, P. W. Anderson, Princeton University Press, New Jersry (۱۹۹۷).

٦- Superconductivity, O. Poole, Academic Press, San Diego (۱۹۹٥).

۷- James F. Annett, Superconductivity, Superfluids and Condensates, Oxford University Press, Oxford, ۲۰۰٤.

عنوان درس به فارسی:	**خواص مغناطیسی جامدات**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Magnetic Properties of Solids**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک حالت جامدپیشرفته ۱		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به خواص مغناطیسی جامدات

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- زمینه تاریخی،
- ممان‌های مغناطیسی منزوی،
- میدان‌ها و روش‌ها،
- برهم‌کنش‌ها،
- آراستگی و ساختارهای مغناطیسی،
- آراستگی و تقارن شکسته،
- مغناطیس در فلزات،
- برهم‌کنش‌های رقیب،
- شیشه‌های اسپینی،
- کاربردهای مغناطیس

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Magnetism in Condensed Matter, S. Blundell, Oxford University Press (۲۰۰۱).

۲- The Magnetic Properties of Solids, J. Crangle, Edward Arnold (۱۹۹۰).

۳- Introduction to Magnetism and Magnetic Materials, D. Jiles, Chapman and Hall (۱۹۹۷).

٤- Solid State Physics, G. Grosso and G. P. Parravicini, Academic Press (۲۰۰۰).

٥- The Physics and Chemistry of Solids, S. Elliot, John Wiley (۲۰۰۰).

عنوان درس به فارسی:	**نانو ساختار مواد**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Nano Structure of Materials**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک حالت جامدپیشرفته ۱		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به نانوساختارها، روشهای تولید و فیزیک حاکم بر آنها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مفهوم نانوساختار،
- بلورنگاری و ساختار بلور،
- چشمه‌های پرتو ایکس،
- تحلیل پراش از ساختار بلور،
- میکروسکوپ اپتیکی،
- میکروسکوپ الکترونی،
- تحلیل شیمیائی ترکیب سطح،
- روش‌های تداخلی (فوتونی) تعیین ساختار سطح،
- روش‌های تداخلی (الکترونی) تعیین ساختار سطح(RHEED , LEED)،
- تحلیل کمی نانو ساختارها

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- هادی سوالونی: مبانی علم سطح درنانو فناوری: روش‌های جدید آنالیز سطح، فصل مشترک و لایه‌های نازک (جلد دوم)، انتشارات دانشگاه تهران (زیر چاپ).

۱-Microstructural Characterization of Materials, D. Brandon and W. D. Kaplan, John Wiley & Sons (۱۹۹۹).

۲-Elements of Modern X-ray Physics, J. Als–Nielsen and Des M. John Wiley & Sons (۲۰۰۱).

۳-Modern Techniques of Surface Science, D. P. Woodruff and T. A. Delchar,Cambridge Univ. Press (۱۹۸۹)

عنوان درس به فارسی:	**مبانی ماده چگالی نرم**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Basics of Soft Condensed matter**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		**نظری** ■ **پایه** ☐
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**عملی** ☐ **تخصصی اجباری** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**نظری-عملی** ☐ **تخصصی اختیاری** ■
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مواد نرم و دینامیک آنها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- معرفی گذار فازها (نماهای بحرانی-جهان شمولی- نظریه میدان متوسط- نظریه لانداو-گینزبرگ).
- معرفی فراکتالها. نظریه پرکولاسیون.
- معرفی گشت تصادفی. معادله لانژون- معادله فوکر-پلانک.
- معرفی سیالات. معادله ناویر-استوکس- برهمکنشهای هیدرودینامیکی.
- معرفی نیروهای القایی از افت و خیز.
- معرفی فیزیک پلیمرها (آرایشهای تک رشته پلیمر – محلولهای پلیمری- دینامیک پلیمرها).
- معرفی فیزیک کلوییدها (کشش سطحی – کلوییدهای باردار- نیروهای واندروالس و پایداری کلوییدها).

معرفی فیزیک بلور مایع (ساختار بلور مایع – گذارها- الاسیسیته).

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Principles of Condensed Matter Physics, Chaikin and Lubensky, Cambridge University Press, ۱۹۹۵.

۲- Polymer Physics, Rubinstein and Colby, Oxford University Press, Oxford, ۲۰۰۳.

۳- Applied Colloid and Surface Chemistry, Pashley and Karaman, Wiley, ۲۰۰٤.

٤- The Physics of Liquid Crystals, De Genne and Prost, Clarendon Press, Oxford, ۱۹۹۳.

٥- Statistical Thermodynamics of Surfaces, Interfaces, and Membranes, Safran, Addison-Wesley, Reading, ۱۹۹٤.

عنوان درس به فارسی:	**فیزیک سیستم های نامنظم**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Physics of Disordered Systems**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به سیستم های نامنظم و فیزیک مربوط به آنها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- نظریه متغیرهای رندوم و فرایندهای تصادفی
- نظریه ماتریسهای رندوم: آنسامبلهای ویگنر-دایسون، توزیع آماری توابع موج و ویژه مقادیر
- ضرب ماتریسهای رندوم: قضیه حد مرکزی و حد مرکزی تعمیم یافته، نمای لیاپانوف
- پدیده های بحرانی در حضور بی نظمی
- پخش در محیط های رندوم
- سیستمهای مغناطیسی نامنظم: مدل آیزینگ در میدان رندوم، شیشه اسپینی
- انتشار امواج در محیط های رندوم
- جایگزیدگی اندرسون: جایگزیدگی ضعیف و قوی، نظریه مقیاسی، جایگزیدگی دینامیکی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱) Handbook of stochastic methods, C. W. Gardiner (Springer ۱۹۸۵)
۲) Random Matrices, M. L. Mehta (Academic press ۲۰۰٤)
۳) Products of Random Matrices: in Statistical Physics, A. Crisanti et al (Springer Science ۲۰۱۲)
٤) Scaling and renormalization in statistical physics, J. Cardy (Cambridge university press۱۹۹٦)
٥) Glassy materials and disordered solids: An introduction to their statistical mechanics, K. Binder et al (World Scientific ۲۰۱۱)
٦) Green's Functions in quantum physics, E. N. Economou (Springer ۲۰۰٦)
۷) Introduction to wave scattering, localization and mesoscopic phenomena, P. Sheng (Springer Science ۲۰۰۰٦)

عنوان درس به فارسی:	**یادگیری ماشینی در فیزیک**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Machine Learning in Physics**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به یادگیری ماشینی و کاربردهای آن در فیزیک

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه (مسائل یادگیری خوش وضع، طراحی یک سیستم یادگیری، دورنما و مشکلات یادگیری ماشین)،
- یادگیری مفهوم و ترتیب کل به جزء،
- یادگیری درخت تصمیم گیری،
- شبکه های عصبی مصنوعی،
- ارزیابی فرضیه ها،
- یادگیری بیزی،
- یادگیری محاسباتی،
- یادگیری مبتنی بر نمونه‌ها،
- الگوریتم های ژنتیک،
- یادگیری دسته قوانین،
- ترکیب یادگیری تحلیل و استقرایی،
- یادگیری تقویتی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱ Tom M. Mitchell, Machine learning, McGraw Hill, ۱۹۹۷.

۲ Paul W. Glimcher, Colin F. Camerer, Ernst Fehr, Russell A. Poldrack (editors) (۲۰۰۹) Neuroeconomics: Decision making and the brain, Elsevier

۳ Szepesv C. (۲۰۱۰) Algorithms for Reinforcement Learning. Morgan & Claypool Publishers, ۲۰۱۰

٤ Sutton, R. S. and Barto, A. G. (۱۹۹۸). Reinforcement Learning: An Introduction. Bradford Book. MIT Press.

٥ Olson M., Hergenhahn B.R. (۲۰۰۰), Introduction to the Theories of Learning (۸th edition), Prentice-Hall.

https://physicsml.github.io/papers.html.

عنوان درس به فارسی:	**گرانش۲**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Gravitation ۲**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	گرانش ۱		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به هندسه فضازمان و اصول موضوعه تئوری نسبیت عام و برخی پیش بینی های نسبیت عام اینشتین

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- تقارن‌ها و گروه های حرکت
- فرمالیزم چهارتایی (tetrad) و فرمالیزم نیومن پنروز (Newman-Penrose)،
- فرمول‌بندی هامیلتونی نسبیت عام،
- ساختار علی و دیاگرام‌های پنروز،
- مقدمه‌ای بر سیاه‌چاله‌های شوارتزشیلد و کر(Schwarzschild and Kerr black holes)

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. General Relativity: A Relativist's Toolkit, Poisson, CUP (۲۰۰٤).
۲. Gravitation, Misner, Thorne and Wheeler, Freeman (۱۹۷۳).
۳. The Large Scale Structure of Space time, Hawking & Ellis CUP (۱۹۷۳).
٤. Gravitation and Cosmology, Weinberg, J. Wiley & Sons (۱۹۷۲).
٥. General Relativity, Wald, University of Chicago Press (۱۹۸٤).
٦. The Mathematical Theory of Black Holes, Chandrasekhar, OUP (۱۹۸۳).

عنوان درس به فارسی:	**اختر فیزیک نسبیتی**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Relativistic Astrophysics**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	گرانش ۱		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به کاربرد تئوری نسبت عام در سیستمهای اخترفیزیکی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مفاهیم مقدماتی نظریه نسبیت عام،
- آثار یک میدان گرانشی ضعیف (تقریب PN ، لنزهای گرانشی)،
- ستارگان فشرده (کوتوله‌های سفید، ستارگان نوترونی)،
- سیاه‌چاله‌ها،
- امواج گرانشی،
- تابش زمینه CMBR،
- ماده تاریک

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Basic Concepts in Relativistic Astrophysics, L. Z. Fang and R.Ruffini, World Scienfic (۱۹۸۳).
۲. Relativistic Astrophysics, Ed. By B. J. Jones and D.Markovic, Cambridge Univ. Press (۱۹۹۶).
۳. General Relativity with Applications to Astrophysics, N. Straumann, Springer–Verlag (۲۰۰٤).

عنوان درس به فارسی:	**کیهان شناسی ۲**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Cosmology ۲**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	کیهان شناسی ۱		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به تئوری اختلالاتی که در دوره تورم تولید می شوند و تشکیل ساختارهای بزرگ مقیاس

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- تورم،
- منشأ ساختارها و تشکیل ساختار،
- میدان نرده‌ای و افت و خیزهای خلأ،
- نظریه اختلالات کیهانی،
- تابش زمینه کیهانی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. The primordial density perturbation, cosmology, inflation and the origin of structure, Lyth & Liddle, CUP (۲۰۰۹).
۲. Structure Formation in the Universe, Padmanbhan, CUP (۱۹۹۳).
۳. Particle Physics and Inflationary Cosmology, Linde, Harwood (۱۹۹۰).
٤. The Early Universe, Kolb and Turner, Addison-Wesley (۱۹۹۰).

عنوان درس به فارسی:	نظریه میدان های کوانتومی در فضا-زمان خمیده		
عنوان درس به انگلیسی:	**Quantum Field Theory in Curved Space-Time**		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	گرانش ۱		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	نظریه میدان های کوانتومی ۱		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به چالشهای پیش رو در تعریف میدان کوانتومی در فضا زمان خمیده

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- میدان‌های کوانتومی در فضا-زمان مینکوفسکی،
- فرمولبندی انتگرال مسیری و میدان‌ها در دمای غیرصفر،
- نظریه میدان‌ها درفضای خمیده (مقدمات)،
- مفهوم ذره،
- خلأ بی‌دررو،
- بسط بی‌دررو توابع گرین،
- خلأ همدیس،
- فضا-زمان‌های تخت با توپولوژی غیرعادی،
- اثرکازیمیر،
- اثر مرز،
- مثال‌های بارز فضا-زمان‌های خمیده (فضا-زمان‌های کیهان‌شناختی)،
- بازبهنجارش تانسورتنش،
- انرژی سیاهچاله‌های کوانتومی،
- تشعشع هاوکینگ

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Quantum Fields in Curved Space, Birrell & Davies, CUP (۱۹۸۳).
۲. Aspects of Quantum Field Theory in Curved Spacetime, Fulling, CUP.
۳. Quantum Field Theory in Curved Spacetime, DeWitt, Phys. Rep, ۱۹c, ۲۹۷ (۱۹۷۵).
٤. The Casimir Effect and its Applications, Mostepanenko & Trunov, Clarendon Press (۱۹۹۷).
٥. Quantum Field Theory in Curved Space Time and Black Hole Thermodynamics, Wald, University of Chicago Press (۱۹۹٤).
٦. Introduction to Quantum Effects in Gravity, Mukhanov & Winitzki, CUP (۲۰۰۷).

عنوان درس به فارسی:	**گرانش نیمه کلاسیک**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Semiclassical Gravity**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	گرانش ۱		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به اثرات گرانش بر روی میدان‌های کوانتومی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- کوانتش نوسانگر هماهنگ واداشته.
- بسط مدهای میدان.
- مروری بر میدان‌های کلاسیک.
- نظریه میدان در فضای منبسط شونده.
- تبدیل بوگولیوبف و خلأ بانچ-دیویس و کاربرد آن در تورم کیهان.
- حرکت شتابدار و اثر آنرو.
- تابش هاوکینگ.
- ترمودینامیک سیاهچاله‌ها.

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Introduction to Quantum Effects in Gravity, Mukhanov & Winitzki, CUP (۲۰۰۷).
۲- Quantum Fields in Curved Space, Birrell & Davies, CUP (۱۹۸۳).

فهرست مطالعات:

۳- Quantum Field Theory in Curved Spacetime, DeWitt, Phys. Rep, ۱۹c, ۲۹۷ (۱۹۷۵).
٤- Aspects of Quantum Field Theory in Curved Spacetime, Fulling, CUP (۱۹۸۹).
٥- The Casimir Effect and its Applications, Mostepanenko & Trunov, Clarendon Press, (۱۹۹۷).
٦- Quantum Field Theory in Curved Space Time and Black Hole Thermodynamics, Wald, The University of Chicago Press (۱۹۹٤).
۷- An Introduction To Black Holes Information And The String Theory Revolution, Susskind & Lindesay, World Scientific (۲۰۰٥).

عنوان درس به فارسی:	**فیزیک سیاه‌چاله ها**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Black hole Physics**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	گرانش ۱		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به سیاهچاله‌ها به‌عنوان یکی از پیش‌بینی های تئوری نسبیت عام

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- **سیاهچاله‌های کروی**: تشکیل سیاهچاله‌ها، سفیدچاله‌ها، حرکت ذرات در حضور سیاهچاله‌ها.
- **سیاهچاله‌های چرخان**: سیاهچاله Kerr ، سیاهچاله چرخان باردار، حرکت ذرات آزمون. اختلالات سیاهچاله‌ها.
- **خواص عمومی سیاهچاله‌ها**: قضیه مساحت هاوکینگ، قضایای تکینگی و افق رویداد.
- سیاهچاله‌های پایا و قضایای یگانگی.
- اثرات فیزیکی در حضور سیاهچاله‌ها مانند استخراج انرژی از سیاهچاله‌ها، میدان الکترومغناطیسی در حضور سیاهچاله، برهم‌کنش سیاهچاله‌ها.
- مقدمه‌ای برالکترودینامیک اخترفیزیک و ترمودینامیک سیاهچاله‌ها

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Black Hole Physics, Frolov & Novihov, Kluwer Academic Pub (۱۹۹۸).
۲- Mathematical Theory of Black Holes, Chandrasekhar, OUP (۱۹۸۳).
۳- Black holes, Townsend, DAMTP Lecture Notes (۱۹۹۷).
٤- Les Houches Lectures on Black Holes, Strominger (۱۹۹۵).

عنوان درس به فارسی:	**نسبیت عام عددی**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Numerical General Relativity**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	گرانش ۱		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به اصول روش‌های نسبیت عام عددی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مروری بر نظریه نسبیت عام و فرمالیزم ADM،
- تنظیم داده‌های اولیه،
- انتخاب مختصات،
- چشمه‌های مادی،
- روش‌های عددی،
- سیستم‌های متقارن کروی،
- امواج گرانشی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱- Numerical Relativity: Solving Einstein Equations on the Computer, Shapiro, CUP (۲۰۱۰).

عنوان درس به فارسی:	فیزیک هسته ای پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Nuclear Physics		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مباحث بنیادین در فیزیک هسته ای شامل نیروهای هسته ای و خواص عمومی هسته ها و مدل های هسته ای

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- **ساختار نوکلئون**: کوارک‌ها و لپتونها، ایزواسپین، گشتاور مغناطیسی نوکلئون‌ها.
- **خواص عمومی هسته‌ها**: هسته‌ها و حالات هسته‌ای، اندازه هسته - شکل هسته، انرژی پیوندی هسته، حالات ایزوبارو آثارکولنی، شیوه‌های واپاشی هسته.
- **حرکت مستقل ذرات**: گازفرمی بدون اندرکنش، چاه‌های پتانسیل با تقارن کروی، چاه‌های پتانسیل برای ذرات با اسپین ۱/۲ ، شواهدی برای ساختار لایه‌ای هسته، مدل با جفت شدگی، پتانسیل اپتیکی، مدل نیلسون (چاه پتانسیل اصلاح شده)
- **پتانسیل نوکلئونی مستقل**:حالات نوکلئونی ضد متقارن، گاز فرمی اندرکنش‌دار، اندرکنش لایه‌ای دلتای اصلاح شده تئوری هارتری-فوک برای هسته‌های متناهی، تئوری هارتری-فوک زوج‌ها و پتانسیل‌های بار آرایش
- **مدل لایه‌ای وجفت‌شدگی**:جفت‌شدگی ونیروی جفت شدگی، لایه‌های بسته و تحریک ذره-ذره
- **مدل‌های تجمعی**: تغییر شکل، فرفره متقارن، ارتعاشات، هسته‌های بیضوی، جفت‌شدگی بین مدل‌های تجمعی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱-Introductory Nuclear Physics, ۲nd ed.,Samuel. S. M. Wong, Wiley–Interscience (۱۹۹۹).

۲-Theoretical Nuclear Physics, A. De Shalit, H. Feshbach, John Wiley & Sons (۱۹۷٤).

۳-Nuclear Physics, an Introduction, ۲nd ed.,W. E. Burcham, Longman (۱۹۷۳).

٤-Introduction to Nuclear Physics, Harald. A. Enge, Addison Wesley (۱۹٦٦).

٥-Nuclear and Particls Physics, E. B. Paul, North–Holland (۱۹٦۹).

عنوان درس به فارسی:	**ساختار هسته**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Nuclear Structure**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	فیزیک هسته‌ای پیشرفته		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مشاهده پذیر ها باروش ها ومدل های متداول در هسته ها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مزون ها وحالت‌های برانگیخته نوکلئون‌ها،
- اثرهای مزونی در هسته‌ها،
- آزمایش‌های پراکندگی،
- نیروهای هسته‌ای،
- تابع شکل،
- گشتاورهای الکتریکی و مغناطیسی،
- ماتریس پراکندگی برای امواج جفت‌شده،
- محاسبه پتانسیل از نظریه مزونی پتانسیل OBEP،
- انرژی پیوندی هسته‌ها،
- مدل‌های هسته‌ای،
- مدل‌های ذرات مستقل بستگی در ماده هسته‌ای،
- حرکت‌های دسته جمعی نوکلئون‌ها،
- محاسبات Hartree_ Fock ذره،
- حفره

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱-Structure of the Nucleus, Preston and Bhaduri, Addison-Wesley Co (۱۹۷۵).

۲-Nuclear Structure, J. M. Irvine, Pergamon Press (۱۹۷٤).

۳-Nuclear Physics, Roy and Nigan, Wiley Co (۱۹۸۳).

٤-Theory of Nuclear Structure, M. K. Pal, EAST–West Press (۱۹۸۲).

عنوان درس به فارسی:	**فیزیک دستگاه های بس‌ذره‌ای ۱**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Many Body Systems ۱**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک هسته‌ای پیشرفته		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به مبانی فیزیک دستگاه‌های بس‌ذره‌ای

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- کوانتش دوم،
- توابع گرین در دمای صفر،
- قضیه دیک،
- نمودارهای فاینمن،
- نظریه واکنش خطی،
- توابع گرین در دماهای غیر صفر،
- توابع ماتسویارا،
- فرمول کربو برای هدایت الکترونیکی،
- تبدیل‌های کانونیک،
- قطری‌کردن هامیلتونی مربعی،
- الگوهای دقیقاً حل‌شدنی،
- الگوی بوزون‌های مستقل،
- الگوی تومونوگا

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱-Quantum Theory of Many Particlc System, A. L. Fetter and J. D. Walecka, McGraw–Hill co (۱۹۷۱).

۲-Many Particlc Physics, G. D. Mahan, Springer (۲۰۰۰).

۳-Quantum Theory of Finite Systems, G. P. Blaizot & G. Ripka, MIT Press (۱۹۹۹).

٤-The Theory of Quantum Liquids Vol. I and II, D. Pines and P. Nosiercs Benjamin (۱۹٦۹).

٥-Quantum Many Particle Systems, J. W. Negel & H. Ortand, Addinson – Wesly (۱۹۸۸).

عنوان درس به فارسی:	**مباحث ویژه در فیزیک هسته‌ای**		
عنوان درس به انگلیسی:	Special Topics in Nuclear Physics		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک هسته‌ای پیشرفته		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی کسب دانش یا مهارت لازم در یک زمینه تخصصی در فیزیک هسته ای که در دروس استاندارد پوشش داده نشده است.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

سرفصل درس مطابق نظر استاد راهنمای پروژه و تحقیقات روز تدریس می‌شود.

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

عنوان درس به فارسی:	**فیزیک هسته ای انرژی های زیاد**		
عنوان درس به انگلیسی:	**High Energy Nuclear Physics**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	فیزیک هسته‌ای پیشرفته		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به ساختار نوکلئون ها در انرژی های بالا

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- ساختار کوارکی نوکلئون‌ها و هادرون‌ها،
- پلاسمای کوارک،
- آزمایش‌ها با تکانه جانبی بالا،
- گلئون،
- پراکندگی ناکشان نقش گلئون‌ها در نوکلئون‌ها و هسته ها،
- پراکندگی یون‌های سنگین در انرژی بالا و مطالعه قطبش در خلأ با پتانسیل کوارک‌ها

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱-The Structure of Proton, R. G. Roberts, Cambridge university Press (۱۹۹۰).

۲-Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics, K. Heyde, IOP, Bristol (۱۹۹٤).

۳-Introduction to High Energy Physics, D. H. Perkins, Addinson – Wesly (۱۹۷۲).

٤-Femtophysics, M. G. Bowler, Pergamon Press (۱۹۹۰).

عنوان درس به فارسی:	آزمایشگاه پیشرفته هسته ای ۲		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Nyclear Physics Laboratory ۲		پایه ☐	نظری ☐
دروس پیش‌نیاز:	آزمایشگاه پیشرفته هسته‌ای ۱		تخصصی اجباری ☐	عملی ■
دروس هم‌نیاز:	ندارد		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۱		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۳۲			

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

هدف کلی: یافتن قابلیت های تخصصل عملی و کار با دستگاه های آزمایش های کلاسیک در فیزیک هسته ای

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- طیف‌سنجی اشعه بتا و شمارنده‌های سوسوزن مایع،
- طیف‌نمایی ذرات باردار،
- پراکندگی ذرات آلفا،
- همبستگی زاویه‌ای (Angular Correlation)،
- پراکندگی کامپتون،
- اثر موسبائر،
- آشکارسازی پاره‌های (Fragments)شکافت به وسیله ردپاثبت کن حالت جامد(Solid State Track Recorder)،
- آنالیز تجزیه مزون امولوسیون هسته‌ای،
- تجزیه مزون،
- تحلیل رویدادهای داخل اطاقک حباب

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: آزمایشگاه عملی – ارائه کار با دستگاه و ارائه گزارش کار

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

دستگاه های آزمایشگاهی مرتبط با موضوع

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱-The Structure of Proton, R. G. Roberts, Cambridge university Press (۱۹۹۰).

۲-Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics, K. Heyde, IOP, Bristol (۱۹۹٤).

۳-Introduction to High Energy Physics, D. H. Perkins, Addinson – Wesly (۱۹۷۲).

٤-Femtophysics, M. G. Bowler, Pergamon Press (۱۹۹۰).

عنوان درس به فارسی:	**فیزیک راکتور پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Advanced Reactor Physics**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	فیزیک هسته‌ای پیشرفته		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: قابلیت حل مسائل و فهم مفاهیم مربوط به روشهای متداول در بررسی فیزیک راکتورو انواع راکتور ها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- معادلات انتقال تابع غیر مکانی و حل آن‌ها،
- حل معادلات فرمی برای راکتورهای برهنه و همگن،
- بررسی و محاسبات سختی‌های ایجادشده در طیف ماکسولی نوترون‌های حرارتی،
- محاسبات چندگروهی برای راکتورهای غیرهمگن،
- محاسبات راکتورهای غیرهمگن نظیر محاسبات سل (Cell)،
- دینامیک راکتورها

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱-An Introduction to Nuclear Reactor Theory J. R. Lamarsh, Addison – Wesley (۱۹۶۶).

عنوان درس به فارسی:	**تشدید مغناطیسی و کاربردهای آن**		
عنوان درس به انگلیسی:	**Magnetic resonance and its applications**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	ندارد		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	فیزیک هسته‌ای پیشرفته		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**		**رساله / پایان‌نامه** ☐

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

هدف کلی: آشنایی با مبانی نظری و عملی تشدید مغناطیسی و کاربردهای مدرن آن

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

سیستمهای کوانتومی دو سطحی، معادلات بلاخ و حل آنها دینامیک سیستمهای آسپین تمدر کنش معاون مغناطیسی الکترون و هسته با میدان RF پدیده تشدید مغناطیسی آرامش اسپین – شبکه و اسپین – آسپین پهن شدگی همگن و ناهمگن خطوط تشدید انواع منابع پهن شدگی و جابجایی خطوط تشدید جایجای شیمیایی تشدید شیمیایی تشدید مغناطیسی پالسی و پژواک اسپین تکنیکهای اسکتروسکوپس NMR و ESR اصول و روشهاس تصویر برداری تشید مغناطیسی MRI و کاربردهای ندرت تشدید مغناطیسی

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

کلاس حضوری و آموزش آنلاین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کلاس درس و تجهیزات ارائه آنلاین

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱ – Spin Dynamic.۲ ed Malcom H.Levitt,John Wiely & Sons ltd ۲۰۰۸

۲ Understanding NMR Spectroscopy . ۲ ed James Keeler. Wiley,۲۰۱۰

۳ Magenetic Resonance and its application, Vladimir I. Chizhik. Yuri S. Chemyshev, Alexey V.Donets.Vyachslav V.Frolov, Anderi V Komolkin . Marian G.Shlyapina, Sppringer. ۲۰۱٤