جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

برنامه درسی رشته

نانو فناوری

Nanotechnology

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته

گرایش

Nanomaterials	**نانو مواد**

گروه فنی و مهندسی

پیشنهادی دانشگاه علم و صنعت ایران

باتعالی

نام رشته: نانو فناوری

عنوان گرایش: نانو مواد

گروه تحصیلی: فنی و مهندسی

دوره تحصیلی: کارشناسی ارشد ناپیوسته

زیرگروه تحصیلی: مهندسی متالورژی و مواد

نوع مصوبه: بازنگری

پیشنهادی: دانشگاه علم و صنعت ایران

تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱

برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته نانو فناوری گرایش نانو مواد، در جلسه شماره ۱۷۰ تاریخ ۱۴۰۱/۱۰/۱۱ کمیسیون برنامه‌ریزی درسی، محتوا و سرفصل رشته‌های تحصیلی به شرح زیر تصویب شد:

ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که پس از تصویب این برنامه درسی در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پذیرفته می‌شوند، قابل اجرا است.

ماده دو – این برنامه درسی، جایگزین برنامه درسی رشته نانو فناوری گرایش نانو مواد مصوب جلسه ۷۵۱ تاریخ ۱۳۸۸/۱۲/۲۲ شورای عالی برنامه‌ریزی می‌شود.

ماده سه- این برنامه درسی در سه فصل: مشخصات کلی، جدول‌های واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و برای اجرا در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پس از اخذ مجوز پذیرش دانشجو از شورای گسترش آموزش عالی و سایر ضوابط و مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ابلاغ می‌شود.

ماده چهار- این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن، در صورت تشخیص کارگروه تخصصی مربوطه، نیاز به بازنگری دارد.

دکتر رضا نقی‌زاده
مدیر کل دفتر برنامه ریزی آموزش عالی
و دبیر کمیسیون

دکتر قاسم عموعابدینی
معاون آموزشی و رئیس کمیسیون

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه‌ریزی آموزش عالی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای عالی گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

برنامه درسی رشته

نانوفناوری– گرایش نانومواد

NANOTECHNOLOGY- NANOMATERIALS

مقطع کارشناسی ارشد

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای عالی گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

دانشگاه‌ها / موسسه‌های همکار

برنامه درسی رشته

نانوفناوری– گرایش نانومواد

NANOTECHNOLOGY- NANOMATERIALS

مقطع کارشناسی ارشد

تهیه‌کنندگان:

دکتر میثم جلالی — **عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران**

دکتر فرزاد نصیرپوری — **عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی سهند**

جدول تغییرات

ردیف	در برنامه قبلی	در برنامه بازنگری شده
۱.	مقدمه	مقدمه (بازنگری محتوا)
۲.	-	مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان اضافه شد
۳.	واحدهای درسی	تعریف تمام درس‌های رشته به صورت سه واحدی
۴.	دروس جبرانی- ریاضیات مهندسی	حذف درس
۵.	دروس جبرانی- مبانی علم و مهندسی مواد	این درس در برنامه قبل وجود نداشت که تعریف شد و برای آن برنامه درسی تدوین شد
۶.	دروس جبرانی- فیزیک نوین	تغییر عنوان درس به «فیزیک مواد» ؛ برنامه درسی نداشت که تدوین شد
۷.	دروس جبرانی- شیمی پایه	تغییر عنوان درس به «شیمی مواد» ؛ برنامه درسی نداشت که تدوین شد
۸.	دروس جبرانی- ترمودینامیک مواد	در برنامه قبلی، برنامه درسی وجود نداشت که تدوین شد
۹.	ساختار درس‌ها در سه قالب پایه، تخصصی الزامی و اختیاری تعریف شده بود.	ساختار درس‌ها به دو بخش تخصصی اجباری و تخصصی اختیاری تغییر داده شد.
۱۰.	دروس پایه- مبانی فیزیک در نانوتکنولوژی	درج در بخش دروس تخصصی اجباری؛ تغییر عنوان به «مبانی فیزیک در نانوفناوری» ؛ بازنگری و به‌روز رسانی مفاد درسی و منابع
۱۱.	دروس پایه- اصول پیشرفته شیمی در نانوتکنولوژی	درج در بخش دروس تخصصی اجباری؛ تغییر عنوان به «شیمی پیشرفته در نانوفناوری» ؛ تغییر واحد درس از دو به سه؛ بازنگری و به‌روز رسانی مفاد درسی و منابع
۱۲.	دروس پایه- اصول پیشرفته ترمودینامیک و تئوری سینتیک مواد	درج در بخش دروس تخصصی اجباری؛ تغییر عنوان به «ترمودینامیک و سینتیک نانومواد » ؛ بازنگری و به‌روز رسانی مفاد درسی و منابع
۱۳.	دروس تخصصی اجباری- نانومواد ۱	تغییر عنوان به «خواص و کاربردهای نانومواد» ؛ انتقال به بخش درس‌های تخصصی اختیاری، بازنگری و به‌روز رسانی مفاد درسی و منابع
۱۴.	دروس تخصصی اجباری- روش‌های پیشرفته در شناسایی و اندازه‌گیری خواص مواد نانو	تغییر عنوان به «مشخصه‌یابی نانومواد» ؛ بازنگری و به‌روز رسانی مفاد درسی و منابع
۱۵.	پروژه	تغییر عنوان به «پایان نامه»، تغییر واحد از ۸ به ۶
۱۶.	دروس تخصصی اختیاری- شناخت نانوذرات و فرآیندهای سنتز آنها	حذف درس
۱۷.	دروس تخصصی اختیاری- شیمی و فیزیک هیدرودینامیکی و نانوتکنولوژی	حذف درس
۱۸.	دروس تخصصی اختیاری- مبانی انجماد پیشرفته و نانوکریستال‌ها	حذف درس
۱۹.	دروس تخصصی اختیاری- ساختارهای ویژه نانومتری	حذف درس
۲۰.	دروس تخصصی اختیاری- شبیه‌سازی عددی	حذف درس

۲۱.	دروس تخصصی اختیاری- نانومواد ۲	تغییر عنوان به «فرآیندهای سنتز نانومواد» ؛ بازنگری و به‌روز رسانی مفاد درسی و منابع
۲۲.	دروس تخصصی اختیاری- نانوکامپوزیت‌ها	بازنگری و به‌روز رسانی مفاد درسی و منابع
۲۳.	دروس تخصصی اختیاری- بیونانوتکنولوژی	تغییر عنوان به «نانوزیست فناوری» ؛ بازنگری و به‌روز رسانی مفاد درسی و منابع
۲۴.	دروس تخصصی اختیاری- مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های نانو	تغییر عنوان به «مدل‌سازی و شبیه‌سازی نانوساختارها» ؛ تغییر واحد درس از دو به سه؛ بازنگری و به‌روز رسانی مفاد درسی و منابع
۲۵.	دروس تخصصی اختیاری- اصول و کاربرد لایه‌های نازک	تغییر عنوان به «لایه‌های نازک و پوشش‌های نانوساختار» ؛ تغییر واحد درس از دو به سه؛ بازنگری و به‌روز رسانی مفاد درسی و منابع
۲۶.	دروس تخصصی اختیاری- نانومغناطیس‌ها	تغییر عنوان به «نانومغناطیس» ؛ تغییر واحد درس از دو به سه؛ بازنگری و به‌روز رسانی مفاد درسی و منابع
۲۷.	دروس تخصصی اختیاری- نانوالکترونیک	تغییر عنوان به «نانوالکترونیک، نانواپتوالکترونیک و نانوفوتونیک» ؛ تغییر واحد درس از دو به سه؛ بازنگری و به‌روز رسانی مفاد درسی و منابع
۲۸.	دروس تخصصی اختیاری- نانوتکنولوژی و سیستم‌های مکانیکی میکروالکترونی	تغییر عنوان به «سامانه‌های میکرو-نانو الکترومکانیکی» ؛ تغییر واحد درس از دو به سه؛ بازنگری و به‌روز رسانی مفاد درسی و منابع
۲۹.	دروس تخصصی اختیاری- روش‌های تحقیق و شناخت نظام‌های نوآوری	تغییر عنوان به «روش‌های تحقیق، نوآوری و کارآفرینی» ؛ تغییر واحد درس از دو به سه؛ بازنگری و به‌روز رسانی مفاد درسی و منابع
۳۰.	دروس تخصصی اختیاری- نانوزیست مواد	این درس در برنامه قبل وجود نداشت که تعریف شد و برای آن برنامه درسی تدوین شد
۳۱.	دروس تخصصی اختیاری- مواد نانومتخلخل	این درس در برنامه قبل وجود نداشت که تعریف شد و برای آن برنامه درسی تدوین شد
۳۲.	دروس تخصصی اختیاری- نانوفناوری در انرژی و محیط زیست	این درس در برنامه قبل وجود نداشت که تعریف شد و برای آن برنامه درسی تدوین شد
۳۳.	دروس تخصصی اختیاری- نانوسامانه‌های پلیمری	این درس در برنامه قبل وجود نداشت که تعریف شد و برای آن برنامه درسی تدوین شد
۳۴.	دروس تخصصی اختیاری- خواص مکانیکی نانومواد	این درس در برنامه قبل وجود نداشت که تعریف شد و برای آن برنامه درسی تدوین شد
۳۵.	دروس تخصصی اختیاری- آمار کاربردی	این درس در برنامه قبل وجود نداشت که تعریف شد و برای آن برنامه درسی تدوین شد
۳۶.	دروس تخصصی اختیاری- مباحث ویژه در نانوفناوری	این درس در برنامه قبل وجود نداشت که تعریف شد

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

الف) مقدمه

به طراحی، تولید و بهره‌برداری از مواد، ابزارآلات و سامانه‌ها با کنترل شکل و اندازه در مقیاس نانومتری، نانوفناوری می‌گویند. در واقع نانوفناوری به فهم، به‌کارگیری و دستکاری خواص جدیدی از مواد و سامانه‌ها در ابعاد نانومتری اطلاق می‌شود.

در این مقیاس خواص شیمیایی و فیزیکی مواد عمدتاً متاثر از افزایش اثرات سطحی و بروز اثرات کوانتومی قابل توجهی نسبت به مقیاس‌های بزرگتر است. قابلیت این فناوری در تغییر و تحول جدی در کیفیت زندگی باعث شده است در چند دهه اخیر، دانش و فناوری نانو به عنوان یکی از مهمترین و برجسته‌ترین علوم و فنون جدید، سرمایه‌گذاری قابل توجهی در بخش‌های آموزش، پژوهش و صنعت در نقاط مختلف جهان را معطوف به خود ببینند.

امروزه نانوفناوری بسیاری از عرصه‌های علمی را درنوردیده و کاربردهای گسترده‌ای یافته است. در حوزه صنعت در مقاوم‌سازی و سبک‌سازی قطعات مختلف، حسگرهای تشخیصی گازها، کوچک‌سازی و افزایش راندمان قطعات الکترونیکی به منظور افزایش سرعت انتقال داده‌ها و کاهش توان مصرفی، پارچه‌های نسوز، شیشه‌های هوشمند، سازه‌های عایق، غشاهای با کارایی بالا، و در حوزه پزشکی در دارورسانی هدفمند، روش‌های تشخیص زودهنگام و بی‌ضرر بیماری‌ها، تقویت بافت‌های مصنوعی، و غیره تنها بخش بسیار کوچکی از کاربردهای این فناوری می‌باشند.

رشته نانوفناوری گرایش نانومواد به موضوعاتی از قبیل شناخت جنبه‌ها و اصول فیزیکی، شیمیایی حاکم بر نانوساختارها، روش‌های مختلف تولید و دستیابی به نانومواد، آشنایی با مکانیزم‌های اثرگذاری در مقیاس نانو، بررسی خواص و تغییرات مواد در ابعاد نانومتر، شبیه‌سازی و طراحی انواع مختلف نانوساختار، ساخت نانوسامانه‌های کاربردی، و آشنایی با نانومواد و نانوسامانه‌های موثر در مهندسی پزشکی می‌پردازد. بنابراین نانوفناوری– نانومواد با بهره‌گیری از یافته‌های فوق می‌تواند در طراحی، ایجاد یا بهبود سامانه‌های مختلفی که در صنایع وابسته فعالیت می‌کنند، کمک مؤثری نماید.

دانش‌آموختگان این دوره می‌توانند در دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها، شرکت‌های دانش‌بنیان، شرکت‌های صنعتی پیشرو، و تولیدکنندگان انواع قطعات و سامانه‌های با فناوری بالا اشتغال داشته باشند.

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

نانوفناوری را اغلب به عنوان انقلاب صنعتی جدید در دنیا قلمداد می‌کنند که در بسیاری از نقاط زندگی انسان وارد شده و تحولات عظیمی را به دنبال داشته است. علوم و فنون مربوط به حوزهٔ نانو، مقوله‌ای هستند که ماهیتی میان‌رشته‌ای دارند و از رشته‌هایی همچون شیمی، فیزیک، مهندسی مواد، مهندسی پزشکی، زیست فناوری، مهندسی مکانیک، مهندسی برق و مهندسی شیمی بهره می‌گیرند. طبیعت بین رشته‌ای این فناوری مستلزم آن است که برای درک فراگیر و توسعه آن، رشته‌ای مجزا حاوی تخصص‌های مربوطه ایجاد شده و محققین با تمرکز بر این موضوعات در بسط این دانش و فناوری بکوشند.

لذا تاسیس و توسعه رشته نانوفناوری در کشور در مقاطع تحصیلات تکمیلی جزو ماموریت‌های ملی در سطح کشور است. لازم به ذکر است که مبحث نانوفناوری جزو اولویت‌های «الف» نقشه جامع علمی کشور در بخش فناوری قرار داده شده است و این امر اهمیت توسعه این رشته در اسناد بالادستی کشور را نشان می‌دهد. از این رو، گرایش نانومواد ذیل رشته نانوفناوری تعریف و برای آن در مقاطع تحصیلات تکمیلی، برنامه درسی مستقل تدوین شده است.

دوره کارشناسی ارشد نانومواد، دوره‌ای آموزشی– پژوهشی مرکب از دروس آموزشی تخصصی و رساله پژوهشی است. هدف از راه‌اندازی این دوره، ایجاد بستری مناسب جهت آموزش افراد مستعدی است که ضمن فراگیری علوم و فنون مربوطه، بتوانند در زمینه طراحی، ساخت، تفسیر، و به‌کارگیری نانوساختارها و نانوسامانه‌ها فعالیت نمایند. این افراد با انجام پژوهش‌های علمی و صنعتی می‌توانند ضمن یافتن راه‌حل‌های مناسب برای افزایش کارایی سامانه‌های موجود، مواد و سامانه‌های جدیدی برای رفع نیازهای مختلف در حوزه‌های مختلف صنعتی را ایجاد کنند. امکان خلق کسب و کارهای نوپا و دانش‌بنیان برای دانش‌آموختگان این رشته نیز بسیار بالاست.

در آخرین بازنگری انجام شده در سرفصل دروس، آخرین دستاوردهای تحقیقاتی و منتشر شده سالیان اخیر در محتوای دروس گنجانده شده و با رویکرد کاربرد حداکثری مطالب درسی در حوزه‌های مختلف، اصلاحات مربوطه انجام شده است.

پ) ضرورت و اهمیت

امروزه موضوعات بین‌رشته‌ای به دلیل اهمیت و تنوع کاربردها از اهمیت بسزایی برخوردار گشته‌اند و دانش آموختگان رشته‌های کلاسیک گرایش فراوانی به حضور در این رشته‌ها در مقاطع تحصیلات تکمیلی پیدا کرده‌اند. سیر تحول دهه‌های اخیر نشان می‌دهد که با توجه به تخصصی شدن نیازهای بشری، تحصیل و فراگیری دانش در یک رشته برای نوآوری در توسعه محصولات و سامانه‌ها کفایت نکرده و دیدگاه همه جانبه نگری را می‌طلبد. شاخه‌های بین‌رشته‌ای همچون زیست فناوری، انرژی، نانوفناوری، و غیره از جمله موضوعات بین‌رشته‌ای هستند که زندگی کنونی بشر را به شدت متاثر ساخته‌اند.

با عنایت به این موضوع که توانمندی هر کشور به قدرت آن در توانایی دستیابی به توسعه علوم و فنون نوین است، با توجه به ظرفیت بسیار بالای نانوفناوری در توسعه مواد، ساختارها و فرایندهای موجود، عملاً از این فناوری می‌توان به عنوان راهبردی موثر در توسعه و دستیابی به محصولاتی با قابلیت فوق‌العاده در صنایع مختلف بهره برد. در این راستا می‌توان به کاربرد و توسعه نانوفناوری و بهره‌گیری از نانومواد و نانوسامانه‌ها در حوزه صنایع نساجی، ساخت و ساز، بهداشت و سلامت، انرژی و محیط زیست، خودرو، هوافضا، کشاورزی، صنایع نفت و گاز، ادوات ورزشی و غیره اشاره کرد. در این خصوص و با عنایت به تاکید به اسناد بالادستی کشور در خصوص توسعه و بسط فناوری نانو، دانشگاه‌ها می‌توانند با ورود به این عرصه و راه‌اندازی رشته مذکور در مقطع تحصیلات تکمیلی، دانش‌آموختگانی توانمند در این موضوع تربیت کرده و نقشی موثر در جهت رشد و ارتقای محیط پژوهشی– صنعتی کشور ایفا نمایند.

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

توزیع واحدها در رشته نانوفناوری گرایش نانومواد به شرح جدول زیر است:

نوع دروس	تعداد واحد
دروس تخصصی اجباری	۱۲
دروس تخصصی اختیاری	۱۲
سمینار	۲
رساله / پایان‌نامه	۶
جمع	۳۲

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط
آشنایی با مبانی نانوفناوری	مبانی فیزیک در نانوفناوری؛ شیمی پیشرفته در نانوفناوری؛ خواص و کاربردهای نانومواد
آشنایی با اصول فیزیکی و شیمیایی حاکم بر دنیای نانو	مبانی فیزیک در نانوفناوری؛ شیمی پیشرفته در نانوفناوری
آشنایی با روش‌های علمی برای کار با داده‌های مهندسی	آمار کاربردی
آشنایی با چگونگی انجام تحقیق و پژوهش	روش تحقیق، نوآوری و کارآفرینی
توانایی شناسایی و انتخاب نانومواد مناسب	خواص و کاربردهای نانومواد؛ مشخصه‌یابی نانومواد؛ نانوفناوری در انرژی و محیط زیست؛ مواد نانومتخلخل
توانایی تحلیل مکانیزم‌های حاکم بر نانوسامانه‌ها	ترمودینامیک و سینتیک نانومواد؛ مبانی فیزیک در نانوفناوری؛ شیمی پیشرفته در نانوفناوری
ارزیابی رفتارهای مختلف نانومواد و نانوسامانه‌ها	خواص و کاربردهای نانومواد؛ نانومغناطیس؛ نانوالکترونیک، نانواپتوالکترونیک و نانوفوتونیک؛ خواص مکانیکی نانومواد
طراحی و تولید نانومواد مختلف	فرآیندهای سنتز نانومواد؛ نانوکامپوزیت‌ها؛ لایه‌های نازک و پوشش‌های نانوساختار؛ نانوزیست‌مواد؛ نانوساختارهای پلیمری
طراحی و ساخت نانوسامانه‌ها	نانوزیست‌فناوری؛ سامانه‌های میکرو–نانو الکترومکانیکی؛ نانوالکترونیک، نانواپتوالکترونیک و نانوفوتونیک
محاسبات ریاضی و مدل‌سازی سامانه‌های نانو	مدل‌سازی و شبیه‌سازی نانوساختارها

شورای عالی برنامه‌ریزی و آموزش فناوری

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

دانشجویان رشته نانوفناوری گرایش نانومواد فقط از بین دارندگان مدارک کارشناسی رشته‌های ذیل از طریق آزمون دوره‌ای انتخاب می‌شوند:

مهندسی مواد، مهندسی برق، مهندسی مکانیک، مهندسی شیمی، مهندسی پلیمر، مهندسی معدن، مهندسی نفت، مهندسی پزشکی، میکروبیولوژی، شیمی، فیزیک

چ) مواد امتحانی آزمون ورودی

نوع درس	نام درس	ضریب امتحانی	ملاحظات
دروس اختصاصی	زبان خارجی	۲	اجباری برای تمام متقاضیان
	ریاضی مهندسی	۲	
	شیمی کاربردی	۱	
	فیزیک جدید	۱	
دروس اختیاری	شیمی فیزیک و ترمودینامیک	۳	انتخاب دو درس متناسب با پیشینه تحصیلی متقاضی
	خواص فیزیکی و مکانیکی مواد	۳	
	پدیده‌های انتقال جرم و حرارت، مکانیک سیالات	۳	
	الکترونیک و الکترومغناطیس	۳	

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول (۱)- عنوان و مشخصات کلی دروس جبرانی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری – عملی	نظری	عملی	
۱.	مبانی علم و مهندسی مواد	۳	۳	-	-	۴۸		
۲.	فیزیک مواد	۳	۳	-	-	۴۸		
۳.	شیمی مواد	۳	۳	-	-	۴۸		
۴.	ترمودینامیک مواد	۳	۳	-	-	۴۸		

(*) دروس جبرانی جزو ۳۲ واحد دروس دوره کارشناسی ارشد نانوفناوری نبوده و این دروس علاوه بر آنها گذرانده خواهد شد.

(**) گذراندن فقط یک درس از جدول فوق برای کلیه دانشجویان غیر از دانش‌آموختگان کارشناسی مهندسی مواد الزامی است. تشخیص و انتخاب درس جبرانی بر عهده گروه آموزشی مربوطه خواهد بود.

(***) بنا بر تشخیص و تصویب گروه آموزشی، دروس معادل و هم‌ارز دروس مندرج در جدول فوق می‌توانند به عنوان درس جبرانی جایگزین شوند.

جدول (۲)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی اجباری

نام گرایش	ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
				نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
نانومواد	۱.	مبانی فیزیک در نانوفناوری	۳	۳	–	–	۴۸		–
	۲.	شیمی پیشرفته در نانوفناوری	۳	۳	–	–	۴۸		–
	۳.	ترمودینامیک و سینتیک نانومواد	۳	۳	–	–	۴۸		–
	۴.	مشخصه‌یابی نانومواد	۳	۳	–	–	۴۸	–	–
	۵.	سمینار	۲	۲	–	–	۳۲	–	–
	۶.	پایان نامه	۶						

(*) ساعت آموزش برای هر واحد نظری ۱۶ ساعت، عملی ۳۲ ساعت، کارگاهی ۴۸ ساعت و کار آموزشی (کارورزی) ۶۴ ساعت است.

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

نام گرایش	ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
				نظری	عملی	نظری – عملی	نظری	عملی	
نانومواد	۱.	خواص و کاربردهای نانومواد	۳	۳	–	–	۴۸	–	–
	۲.	فرآیندهای سنتز نانومواد	۳	۳	–	–	۴۸	–	شیمی پیشرفته در نانوفناوری
	۳.	نانوکامپوزیت‌ها	۳	۳	–	–	۴۸	–	–
	۴.	مدل‌سازی و شبیه‌سازی نانوساختارها	۳	۳	–	–	۴۸	–	مبانی فیزیک در نانوفناوری
	۵.	لایه‌های نازک و پوشش‌های نانوساختار	۳	۳	–	–	۴۸	–	شیمی پیشرفته در نانوفناوری
	۶.	نانوزیست‌فناوری	۳	۳	–	–	۴۸	–	–
	۷.	نانوزیست‌مواد	۳	۳	–	–	۴۸	–	–
	۸.	مواد نانومتخلخل	۳	۳	–	–	۴۸	–	–
	۹.	نانومغناطیس	۳	۳	–	–	۴۸	–	مبانی فیزیک در نانوفناوری
	۱۰.	نانوالکترونیک، نانواپتوالکترونیک و نانوفوتونیک	۳	۳	–	–	۴۸	–	مبانی فیزیک در نانوفناوری
	۱۱.	سامانه‌های میکرو–نانو الکترومکانیکی	۳	۳	–	–	۴۸	–	مبانی فیزیک در نانوفناوری
	۱۲.	نانوفناوری در انرژی و محیط زیست	۳	۳	–	–	۴۸	–	–
	۱۳.	نانوساختارهای پلیمری	۳	۳	–	–	۴۸	–	شیمی پیشرفته در نانوفناوری

نام گرایش	ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
				نظری	عملی	نظری – عملی	نظری	عملی	
	۱۴.	خواص مکانیکی نانومواد	۳	۳	–	–	۴۸	–	–
نانومواد	۱۵.	آمار کاربردی	۳	۳	–	–	۴۸	–	–
	۱۶.	مباحث ویژه در نانوفناوری	۳	۳	–	–	۴۸	–	–
	۱۷.	روش تحقیق، نوآوری و کارآفرینی	۳	۳	–	–	۴۸	–	–

(*) دانشجویان آموزشی- پژوهشی با هدایت استاد راهنما، موظف به اخذ ۱۲ واحد از دروس فوق می‌باشند.

(**) دانشجو می‌تواند به عنوان یکی از دروس اختیاری خود، فقط یک عنوان درس از برنامه درسی سایر رشته‌های مرتبط با اخذ مجوز از استاد راهنما و گروه انتخاب نماید.

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

عنوان درس به فارسی:	مبانی علم و مهندسی مواد		
عنوان درس به انگلیسی:	Fundamentals of Materials Science and Engineering	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	–	جبرانی ■	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–	تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان ورودی از سایر رشته‌ها با مفاهیم پایه‌ای علم و مهندسی مواد

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی اولیه با ساختار اتمی و شبکه کریستالی مواد
- شناخت ارتباط بین خواص و ساختارهای مواد

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر علم مواد، کلیات خواص مکانیکی، حرارتی و الکتریکی انواع مختلف مواد
۲. مروری بر پیوندهای شیمیایی
۳. آرایش اتمی در مواد جامد، انواع مختلف شبکه کریستالی
۴. مفاهیم نظم و بی نظمی و عیوب در ساختار اتمی جامدات
۵. مکانیزم انتقال بار الکتریکی در جامدات
۶. ریزساختار و مکانیزم تغییر شکل پلاستیک در فلزات و آلیاژها
۷. شناخت مفهوم فاز، آشنایی با دیاگرام فازی آلیاژها، سیستم آهن– کربن و ریزساختارها مختلف آن
۸. آشنایی با سرامیک‌ها، شیشه، مواد آمورف و خواص آنها
۹. آشنایی با مواد غیرمعدنی و پلیمری
۱۰. آشنایی با کامپوزیت‌ها و خواص آنها

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

– استفاده از فیلم‌های آموزشی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. William D. Callister, David G. Rethwisch, Materials science and engineering, an introduction, 9th edition, Wiley, 2014.
2. Donald R. Askeland, Wendelin J. Wright, The science and engineering of materials, 7th edition, Cengage Learning, 2016.

عنوان درس به فارسی:	فیزیک مواد		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Materials Physics		جبرانی ■	نظری ■
دروس پیش‌نیاز:	–		تخصصی اجباری □	عملی □
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اختیاری □	نظری-عملی □
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه □	
تعداد ساعت:	۴۸			

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان ورودی از سایر رشته‌ها با مفاهیم پایه‌ای فیزیک حالت جامد در علم مواد

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی اولیه با ساختار اتمی مواد و فیزیک مقیاس اتمی
- درک مفاهیم پایه خواص گرمایی، الکتریکی، نوری و مغناطیسی مواد
- شناخت ارتباط بین خواص و ساختارهای مواد

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. منشأ اتمی و مولکولی مواد و ساختارهای اتمی
۲. آشنایی با مفاهیم شبکه کریستالی و پراش اشعه ایکس
۳. نظریه باند انرژی، مواد هادی، نیمه هادی و عایق
۴. ظرفیت گرمایی، مدل‌های اتمی مربوطه، ضریب انبساط گرمایی، مکانیزم‌های هدایت حرارتی مواد
۵. خواص الکتریکی و مکانیزم‌های هدایت الکتریکی، مواد پیزوالکتریک
۶. خواص مغناطیسی، انواع مواد مغناطیسی و مکانیزم‌های مغناطش در مواد
۷. منشأ خواص نوری (اپتیکی) و رنگ‌ها در مواد
۸. خواص و رفتارهای مواد مایع و مذاب

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Harald Ibach, Hans Luth, Solid-state physics, An introduction to principles of materials science, Springer, 2009.
2. Hasse Fredriksson, Ulla Akerlind, Physics of functional materials, Wiley, 2008.
3. Massimo V. Fischetti, William G. Vandenberg, Advanced physics of electron transport in semiconductors and nanostructures, Springer, 2016.

عنوان درس به فارسی:	شیمی مواد		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Materials Chemistry		جبرانی ■	نظری ■
دروس پیش‌نیاز:	–		تخصصی اجباری □	عملی □
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اختیاری □	نظری-عملی □
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه □	
تعداد ساعت:	۴۸			

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): –

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان ورودی از سایر رشته‌ها با مفاهیم پایه‌ای شیمی در علم مواد

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی اولیه با خواص و برهمکنش‌های مواد
- درک ترکیب شیمیایی مواد در مقیاس اتمی و مولکولی
- شناخت ارتباط بین خواص شیمیایی و ریزساختار در انواع مختلف مواد

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. آشنایی با ویژگی‌های مواد و ساختارها و مدل‌های اتمی
۲. برهم‌کنش‌های ماده/ انرژی
۳. انواع پیوندهای درونی مواد شامل یونی، فلزی، کووالانسی، واندروالس
۴. مولکول‌های قطبی و مکانیزم‌های قطبیت
۵. ترکیبات چند اتمی و مدل اوربیتال‌های اتمی و مولکولی
۶. نظریه نوار انرژی و شکاف بین نوار هدایت و ظرفیت
۷. محلول‌ها، مخلوط‌ها، سوسپانسیون و کلوئیدها
۸. مواد پلیمری و هیدروکربن‌ها
۹. واکنش‌های شیمیایی و سنتز در حالت‌های جامد–جامد، جامد–گاز و جامد–مایع

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی ۱۰ درصد
آزمون میان ترم ۴۰ درصد
آزمون پایان ترم ۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Bradley D. Fahlman, Materials chemistry, Third edition, Springer, 2018.
2. Harry R. Allcock, Introduction to materials chemistry, Second edition, Wiley, 2020.

عنوان درس به فارسی:	ترمودینامیک مواد		
عنوان درس به انگلیسی:	Thermodynamics of Materials		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		جبرانی ■ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری □ عملی □
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری □ نظری-عملی □
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه □

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): –

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان ورودی از سایر رشته‌ها با اصول و مبانی ترمودینامیک در مهندسی مواد

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی با قوانین پایه ترمودینامیکی حاکم بر سامانه‌های شیمیایی
- به‌کارگیری قوانین و توابع ترمودینامیکی برای پیش بینی رفتار مواد
- پیش بینی شرایط تعادل در سامانه‌های تک یا چند جزئی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تعاریف پایه و قوانین پایه ترمودینامیکی
۲. کاربرد قانون اول ترمودینامیک و ترموشیمی
۳. تعادل و انرژی گیبس
۴. ترمودینامیک آماری
۵. تعادل فازی
۶. معادلات فشار بخار
۷. ترمودینامیک محلول‌ها
۸. دیاگرام‌های فازی تک و دو جزئی
۹. قانون فازی گیبس

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. David R. Gaskell, David E. Laughlin, Introduction to the thermodynamics of materials, sixth edition, Talor & Francis, 2017.
2. Q. Jiang, Thermodynamics of materials, Springer, 2011.
3. Y. A. Chang, W. A. Oates, Materials thermodynamics, Wiley, 2010.

عنوان درس به فارسی:	مبانی فیزیک در نانوفناوری		
عنوان درس به انگلیسی:	Fundamentals of Physics in Nanotechnology		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): –

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با اصول و قوانین فیزیکی در مقیاس نانو

ب) اهداف ویژه:

- بررسی اثرات اندازه ذرات در محدوده نانومتری بر رفتارها و خواص فیزیکی مواد
- آشنایی با نظریه‌ها و اصول فیزیکی حاکم بر رفتارهای ذاتی مواد
- آشنایی و شناخت نمونه‌ها و مثال‌های مختلف از ساختارهای مختلف مواد و خواص فیزیکی آنها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر فیزیک حالت جامد و فیزیک کوانتوم
۲. خواص فیزیکی مهم مواد کریستالی
۳. شبکه‌های کریستالی و خواص الکترونی در جامدات، آشنایی با مفهوم نظریه تابعی چگالی
۴. مقدمه‌ای بر نانوفیزیک و پدیده های شناخته شده نانوفیزیکی، تعریف مقیاس اندازه فیزیکی، فیزیک کلاسیک، مزوفیزیک و نانوفیزیک، مثال های شناخته شده در اثبات نانوفیزیک (قانون مور، دیود تونلی کوانتومی، هد خوان GMR، شتاب‌سنج‌های خودرو.
۵. نظریه‌های بنیادی ساختارها، ترکیبات و خواص فیزیکی مواد در محدوده نانومتری
۶. مفهوم پراش الکترون‌ها و تفرق الاستیک و غیرالاستیک در شبکه کریستالی
۷. آشنایی با طبیعت کوانتومی دنیای نانو، مدل اتمی بور، خاصیت موجی– ذره‌ای نور و ماده، آشنایی با مفاهیم فوتون، فونون، اکسایتون و نوسانات شبکه‌ای، تابع موج الکترون و چگالی احتمال، اصل عدم قطعیت، معادله شرودینگر (حالت‌های کوانتمی و سد تونل زنی).
۸. تعریف فیزیکی نانوساختار و حل معادله شرودینگر برای ساختارهای بدون بعد، یک بعدی و دو بعدی، فرمیون‌ها و بوزون‌ها و قوانین اشغال ذرات نانوفیزیکی.
۹. آشنایی با مفهوم نوار انرژی، شکاف بین نوارهای ظرفیت و هدایت و تبیین مواد نیمه هادی و دی الکتریک
۱۰. مکانیزم هدایت در مواد هادی، عایق و ابرهادی و آشنایی با اثرات عیوب کریستالی بر این مواد
۱۱. خواص نوری و برهمکنش‌های نانومواد
۱۲. آشنایی با چاه‌ها، سیم‌ها و نقطه‌های کوانتومی
۱۳. آشنایی با مغناطیس و مگنتوالکترونیک در نانوساختارها
۱۴. آشنایی با فوتونیک و اسپینترونیک در نانوساختارها

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

- تعریف پروژه های درسی- کاربردی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. E. Wolf, Nanophysics and nanotechnology, an introduction to modern concepts in nanoscience, Second Edition, 2008, Wiley.
2. T. Tsurumi, H. Hirayama, M. Vacha, T. Taniyama, Nanoscale physics for materials science, CRC Press, 2010.
3. F. J. Owens, C. P. Poole, The physics and chemistry of nanosoilds, Wiley, 2008.
4. D. Natelson, Nanostructures and nanotechnology, Cambridge University Press, 2015.
5. M. V. Fischetti, W. G. Vandenberghe, Advanced physics of electron transport in semiconductors and nanostructures, Springer, 2016.
6. V. V. Mitin, D. I. Sementsov, N. Z. Vagidov, Quantum mechanics for nanostructures, Cambridge University Press, 2010.

عنوان درس به فارسی:	شیمی پیشرفته در نانوفناوری		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Chemistry in Nanotechnology		پایه ☐	نظری ■
دروس پیش‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ■	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۴۸			

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با اصول و قوانین شیمیایی در مقیاس نانو

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی با تاثیرات سطحی ماده در محدوده نانومتری
- بررسی اثرات اندازه ذرات در محدوده نانومتری بر رفتارها و خواص شیمیایی مواد
- آشنایی با نظریه‌ها و اصول شیمیایی حاکم بر رفتارهای ذاتی مواد
- آشنایی و شناخت مکانیزم‌های حاکم بر انواع نانومواد مختلف و روش‌های سنتز آنها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. بررسی ذرات، اندازه، توزیع و محاسبات اولیه در محدوده نانومتری
۲. مبانی شیمی فیزیک سطح، انرژی سطحی، و پتانسیل شیمیایی
۳. سیستم‌های سوسپانسیون و کلوئیدی
۴. آشنایی با مبانی و اصول پایداری الکترواستاتیک و پایداری پلیمری
۵. آشنایی با نانوساختارهای صفر بعدی و نانوذرات
۶. اصول جوانه‌زنی همگن و غیرهمگن، مکانیزم‌های رشد ذرات
۷. آشنایی با نانوساختارهای یک بعدی و نانومیله‌ها و نانوسیم‌ها
۸. رشد خودبه‌خودی، اصول فرآیند تبخیر-انحلال-رشد (VLS) و کنترل اندازه نانوساختار
۹. آشنایی با نانوساختارهای دوبعدی و لایه‌های نازک
۱۰. سنتز شیمیایی، واکنش‌پذیری و خودآرایی نانوساختارها
۱۱. کاتالیست‌ها و مواد متخلخل
۱۲. نانوساختارهای پلیمری، بیولوژیکی و سوپرامولکول‌ها

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

- تعریف پروژه های درسی–کاربردی
- بازدید از صنایع موفق در حوزه نانوشیمی
- حضور متخصصین مجرب و تولیدکنندگان نانومواد شیمیایی جهت انتقال تجربه علمی– فنی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. G. Cao, Y. Wang, Nanostructures and nanomaterials, synthesis, properties and applications, 2nd edition, World Scientific, 2011.
2. F. J. Owens, C. P. Poole, The physics and chemistry of nanosoilds, Wiley, 2008.
3. D. Natelson, Nanostructures and nanotechnology, Cambridge University Press, 2015.
4. G. B. Sergeev, K. J. Klabunde, Nanochemistry, 2nd edition, Elsevier, 2013.

عنوان درس به فارسی:	ترمودینامیک و سینتیک نانومواد		
عنوان درس به انگلیسی:	Thermodynamics and Kinetics of Nanomaterials		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با اصول، قوانین و تغییرات ترمودینامیک مواد در مقیاس نانو

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی با ترمودینامیک اتمی و مولکولی
- بررسی اثرات اندازه ذرات در محدوده نانومتری بر ترمودینامیک مواد
- آشنایی با پایداری و ناپایداری ترمودینامیکی نانوسامانه‌ها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر قوانین و اصول کلی ترمودینامیک
۲. شرایط تعادل و پتانسیل شیمیایی
۳. مبانی ترمودینامیک در نانومواد
۴. ترمودینامیک آماری در حوزه نانومواد، محاسبه آنتروپی وضعیتی، توزیع ذرات در سطوح انرژی مختلف، اشاره به توزیع‌های ماکسول–بولتزمن، فرمی– دیراک، و بوز– اینشتین، بدست آوردن رابطه توزیع بولتزمن
۵. نظریه‌های مربوط به ظرفیت حرارتی، محاسبات نظریه ظرفیت حرارتی مواد حجیم براساس نظریه‌های اینشتین و دبای، ظرفیت حرارتی نانومواد، محاسبه تاثیر اندازه بر ظرفیت حرارتی مواد با اصلاح رابطه دبای، محاسبه دمای مشخصه دبای وابسته به اندازه
۶. محاسبه نظری گرمای تشکیل جامدات یونی در مواد حجیم و تعمیم آن برای محاسبه چاه پتانسیل و بیان تغییرات آن در نانومواد
۷. ترمودینامیک تعادلی و غیرتعادلی در جوانه زنی همگن و غیرهمگن نانومواد
۸. ترمودینامیک محلول‌ها و مدل‌های ترمودینامیکی در نانوفناوری
۹. ترمودینامیک سطوح و فصل مشترک‌ها، تاثیر اندازه بر انرژی سطحی، دمای ذوب، و فشار بخار
۱۰. مبانی نفوذ در جامدات، قوانین اول و دوم فیک
۱۱. استحاله فازها و کنترل ریزساختار در مقیاس نانو
۱۲. ترمودینامیک و سینتیک جوانه زنی فازهای شبه پایدار در مواد حجیم و نانوساختارهای چند بعدی، ترمودینامیک و سینتیک تجزیه اسپینودال، تئوری هیل در نانوترمودینامیک، ترمودینامیک سیستم‌های کوچک، معرفی پتانسیل زیرمجموعه‌ها
۱۳. دیاگرام‌های فازی مواد در مقیاس نانو
۱۴. پایداری و ناپایداری ریزساختار نانومواد
۱۵. سینتیک و مدل‌های بررسی سرعت واکنش‌های مواد نانوساختار

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

- تعریف پروژه های درسی- کاربردی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. G. Nicolis, D. Maes, Kinetics and thermodynamics of multistep nucleation and self-assembly in nanoscale materials, Wiley, 2012.
2. S. C. Parida, Thermal and thermodynamic stability of nanomaterials, Trans Tech Publications, 2010.
3. C. C. Yang, Y. W. Mai, Thermodynamics at the nanoscale: A new approach to the investigation of unique physicochemical properties of nanomaterials, Materials Science and Engineering R 79 (2014) 1–40.
4. Q. Jiang, H.M. Lu, Size dependent interface energy and its applications, Surface Science Reports 63 (2008) 427–464.
5. L. H. Liang, D. Liu and Q. Jiang, Size-dependent continuous binary solution phase diagram, Nanotechnology 14 (2003) 438–442.
6. K. Tu, A. M. Gusak, Kinetics in nanoscale materials, Wiley, 2014.
7. D. R. Gaskell, D. E. Laughlin, Introduction to the thermodynamics of materials, sixth edition, Talor & Francis, 2017.
8. S. Stølen, T. Grande, N. L. Allan, Chemical thermodynamics of materials, 2nd edition, Wiley, 2004.

عنوان درس به فارسی:	مشخصه‌یابی نانومواد		
عنوان درس به انگلیسی:	Characterization of Nanomaterials		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): –

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با روش‌های شناسایی مواد در مقیاس نانو و اندازه گیری برخی خواص آنها

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی با نحوه بررسی خواص فیزیکی نانومواد در مقیاس مولکولی و انمی
- آشنایی نظری با برخی از دستگاه‌های مشخصه یابی مهم در حوزه نانومواد

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر شناسایی مواد در مقیاس نانو
۲. مبانی و اصول حاکم بر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)
۳. مبانی و اصول حاکم بر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)
۴. آنالیز شیمیایی در میکروسکوپ‌های الکترونی و طیف‌سنجی های EDX، WDS و EELS
۵. میکروسکوپ‌های پروبی روبشی از جمله STM، AFM، و MFM
۶. مبانی و اصول حاکم بر آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD)
۷. قوانین و روابط مورد استفاده در محاسبه اندازه کریستال‌ها با استفاده از الگوهای XRD
۸. کمی‌سازی داده‌های XRD با استفاده از مدل‌های مختلف از جمله ریتویلد
۹. روش‌های آنالیز سطح از جمله XPS، SIMS و Auger
۱۰. روش‌های اندازه گیری توزیع اندازه نانوذرات از جمله Zeta sizer و DLS
۱۱. مبانی و شناسایی نانومواد کربنی مختلف با استفاده از طیف سنجی رامان
۱۲. بررسی رفتار حرارتی نانومواد با استفاده از آنالیز حرارتی (TG، DTA و DSC)
۱۳. اندازه‌گیری خواص مکانیکی نانومواد از جمله نانوسختی و نانوخراش

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

– تعریف پروژه های درسی–کاربردی
– حضور میدانی در آزمایشگاه‌ها و آشنایی با دستگاه‌ها

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. S. Myhra, J. C. Riviere, Characterization of nanostructures, CRC Press, 2013.
2. F. J. Owens, C. P. Poole, The physics and chemistry of nanosoilds, Wiley, 2008.
3. Challa S. S. R. Kumar, Surface science tools for nanomaterials characterization, Springer, 2015.
4. Challa S. S. R. Kumar, Raman spectroscopy for nanomaterials characterization, Springer, 2012.
5. Challa S. S. R. Kumar, Transmission electron microscopy characterization of nanomaterials, Springer, 2014.
6. Challa S. S. R. Kumar, X-ray and neutron techniques for nanomaterials characterization, Springer, 2016.

عنوان درس به فارسی:	سمینار		
عنوان درس به انگلیسی:	Seminar	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	–	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–	تخصصی اجباری ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۲	تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان‌نامه ☐	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- بررسی و جمع آوری آخرین دستاوردهای علمی و منابع معتبر در یک موضوع تخصصی

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی دانشجویان با نحوه گردآوری مطلب از منابع تخصصی
- آشنایی با روش‌های نظری تحقیق زیر نظر یک استاد مجرب
- بررسی و تشریح نظری و مبسوط درباره یک موضوع تخصصی در حوزه نانومواد
- اعطای توانمندی به دانشجویان در نحوه علمی ارائه شفاهی مطلب و فنون سخنرانی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

–

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

–

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- برگزاری جلسه ارائه و داوری توسط اساتید دانشکده
- اعطای نمره توسط اساتید راهنما و داور

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

–

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- دستاوردها و یافته‌های جدید پژوهشگران و محققین در قالب کتب و مقاله‌های علمی

عنوان درس به فارسی:	پایان نامه		
عنوان درس به انگلیسی:	Thesis	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	–	پایه ☐	نظری ☐
دروس هم‌نیاز:	–	تخصصی اجباری ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۶	تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ■
تعداد ساعت:	–	رساله / پایان‌نامه ■	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): –

الف) هدف کلی:

- تحقیق و پژوهش در خصوص یک موضوع تخصصی

ب) اهداف ویژه:

- انجام و اجرای یک پژوهش تخصصی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

–

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

–

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- برگزاری جلسه ارائه و داوری توسط اساتید
- اعطای نمره توسط اساتید راهنما، مشاور و داور

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

–

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

عنوان درس به فارسی:	خواص و کاربردهای نانومواد		
عنوان درس به انگلیسی:	Properties and Applications of Nanomaterials		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): –

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با انواع مختلف نانومواد، خواص این دسته از مواد و کاربردهای آنها

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی با اقسام مختلف نانومواد و نانوفناوری
- آشنایی نظری با منشأ خواص نانومواد
- آشنایی با حوزه‌های کاربردی نانومواد مختلف

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تاریخچه و مقدمه‌ای بر توسعه دانش نانو و نانوفناوری
۲. آشنایی با طبقه بندی نانوساختارهای صفر، یک، دو، و سه بعدی
۳. اصول حاکم بر شکل گیری، رشد و کنترل نانوساختارها
۴. طبقه بندی نانوساختارها بر اساس نوع ماده از جمله، نانوفلزات، نانوسرامیک‌ها، نانوپلیمرها، نانوساختارهای کربنی، نانوساختارهای بیولوژیکی و زیستی
۵. آشنایی با خواص مکانیکی نانوفلزات و نانوسرامیک‌ها و منشأ آنها
۶. آشنایی با خواص الکتریکی نانوساختارها و منشأ آنها
۷. آشنایی با خواص مغناطیسی نانوساختارها و منشأ آنها
۸. آشنایی با خواص نوری نانوساختارها و منشأ آنها
۹. آشنایی با خواص حرارتی نانوساختارها و منشأ آنها
۱۰. تشریح کاربرد انواع نانوساختارها در انرژی و محیط زیست
۱۱. تشریح کاربرد انواع نانوساختارها در پزشکی و داروسازی
۱۲. تشریح کاربرد انواع نانوساختارها در ساخت حسگرهای صنعتی
۱۳. تشریح کاربرد انواع نانوساختارها در صنایع الکترونیک، صنایع دفاعی/نظامی، و صنایع عمرانی

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

- تعریف پروژه های درسی–کاربردی
- بازدید از صنایع موفق در حوزه نانوفناوری
- حضور متخصصین مجرب، تولیدکنندگان و فناورآن فعال در حوزه نانوسامانه‌ها جهت انتقال تجربه علمی– فنی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

-

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Z. H. Khan, Nanomaterials and their applications, Springer, 2018.
2. F. J. Owens, C. P. Poole, The physics and chemistry of nanosoilds, Wiley, 2008.
3. G. Cao, Y. Wang, Nanostructures and nanomaterials, synthesis, properties and applications, Second edition, World Scientific, 2011.
4. D. Natelson, Nanostructures and nanotechnology, Cambridge University Press, 2015.
5. D. Vollath, Nanomaterials: an introduction to synthesis, properties and applications, Second edition, Wiley, 2013.

عنوان درس به فارسی:	فرآیندهای سنتز نانومواد		نوع درس و واحد
عنوان درس به انگلیسی:	Synthesis Processes of Nanomaterials		■ نظری ☐ پایه
دروس پیش‌نیاز:	شیمی پیشرفته در نانوفناوری		☐ عملی ☐ تخصصی اجباری
دروس هم‌نیاز:	–		☐ نظری-عملی ■ تخصصی اختیاری
تعداد واحد:	۳		☐ رساله / پایان‌نامه
تعداد ساعت:	۴۸		

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با انواع مختلف نانومواد و روش‌های تولید آنها

ب) اهداف ویژه:

- تبیین روش‌های مختلف فرآوری و تولید نانومواد
- کنترل عوامل فرآیندی در ایجاد ریزساختارهای مختلف برای نانومواد

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر روش‌های ساخت و سنتز نانومواد و نانوساختارها، روش‌های بالا به پایین، پایین به بالا، روش‌های فیزیکی و شمیایی
۲. طبقه بندی روش‌های سنتز نانوساختارهای صفر، یک، دو، و سه بعدی و ارتباط بین سنتز–ساختار–خواص
۳. استحاله فازی و کنترل ریزساختاری در مقیاس نانومتری
۴. سنتز فاز گازی نانوذرات و نانوساختارها
۵. روش‌های سنتز نانولوله‌ها و نانومیله‌ها
۶. تعریف، خواص، کاربردها و روش‌های تهیه نانوسیلات
۷. روش‌های محلولی برای تولید نانوذرات صفر بعدی فلزی، سرامیکی اکسیدی و سرامیکی غیراکسیدی
۸. فرایندهای هیدروترمال و سولووترمال
۹. فرآیندهای سل– ژل و اسپری پیرولیز
۱۰. فرآیند سنتز احتراقی
۱۱. روش‌های سنتز سبز نانوساختارها
۱۲. فرآیندهای حالت جامد برای تولید نانوذرات از جمله آسیاکاری مکانیکی
۱۳. تشریح فرآیند تغییر شکل پلاستیک شدید (SPD) و مکانیزم‌های تشکیل نانوساختار
۱۴. روش الکتروریسی برای تولید نانورشته‌ها
۱۵. فرآیند اچ کردن و انواع لیتوگرافی

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

– تعریف پروژه های درسی– کاربردی
– بازدید از صنایع موفق در حوزه نانوفناوری
– حضور متخصصین مجرب و تولیدکنندگان نانومواد و نانوساختارها جهت انتقال تجربه علمی– فنی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. S. Tjong, Nanocrystalline materials, their synthesis-structure-property relationships and applications, Second edition, Elsevier, 2014.
2. S. Thomas, N. Kalarikkal, A. M Stephan, B. Raneesh, A. K. Haghi, Advanced nanomaterials, synthesis, properties and applications, CRC Press, 2014.
3. A. K. Alves, C. P. Bergmann, F. A. Berutti, Novel synthesis and characterization of nanostructured materials, Springer, 2013.
4. D. Vollath, Nanomaterials: an introduction to synthesis, properties and applications, Second edition, Wiley, 2013.
5. V. A. Basiuk, E. V. Basiuk, Green processes for nanotechnology, Springer, 2015.

عنوان درس به فارسی:	نانوکامپوزیت‌ها		نوع درس و واحد
عنوان درس به انگلیسی:	Nanocomposites		نظری ■ پایه □
دروس پیش‌نیاز:	–		عملی □ تخصصی اجباری □
دروس هم‌نیاز:	–		نظری–عملی □ تخصصی اختیاری ■
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه □
تعداد ساعت:	۴۸		

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): –

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با انواع مختلف نانوکامپوزیت‌ها و کاربردهای آنها

ب) اهداف ویژه:

- تبیین روش‌های مختلف فرآوری و تولید نانوکامپوزیت‌ها
- آشنایی با خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی نانوکامپوزیت‌ها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تعاریف، اصول و مقدمات مواد کامپوزیتی
۲. طبقه بندی کامپوزیت‌های فلزی، سرامیکی، و پلیمری
۳. کاربرد انواع کامپوزیت‌ها در صنایع مختلف
۴. معرفی نانوکامپوزیت‌ها، خواص برجسته آنها در مقیاس نانومتری و طبقه بندی آنها از جمله نانوکامپوزیت‌های فلز– سرامیک، سرامیک – سرامیک، فلز– فلز، و نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری
۵. روش‌های مختلف تولید انواع نانوکامپوزیت‌ها
۶. فرایندهای متراکم‌سازی نانوکامپوزیت‌ها و تولید قطعه
۷. خواص مکانیکی قطعات نانوکامپوزیتی و مکانیزم‌های استحکام بخشی
۸. نانوکامپوزیت‌ها برای کاربردهای نوری، الکتریکی، و مغناطیسی
۹. مشخصه‌یابی و اندازه گیری خواص فیزیکی و شیمیایی در خصوص نانوکامپوزیت‌ها
۱۰. ساخت و رفتارهای کامپوزیت‌های حاوی نانوساختارهای کربنی همچون گرافن و نانولوله کربنی
۱۱. روش‌های تهیه و خواص پوشش‌های نانوکامپوزیتی

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

– تعریف پروژه های درسی–کاربردی
– بازدید از صنایع موفق در حوزه تولید و به‌کارگیری از نانوکامپوزیت‌ها
– حضور متخصصین مجرب و تولیدکنندگان نانوکامپوزیت‌ها جهت انتقال تجربه علمی– فنی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. C. H. Zweben, P. Beaumont, Comprehensive composite materials II, Vol. 6: Nanocomposite, Second edition, Elsevier, 2014.
2. N. A. Koratkar, Graphene in composite materials, DEStech Publications, 2013.
3. N. Chawla, K. K. Chawla, Metal matrix composites, second edition, Springer, 2013.
4. K. K. Chawla, Ceramic matrix composites, second edition, Springer, 2003.
5. R. Banerjee, I. Manna, Ceramic nanocomposites, Woodhead Publishing, 2013.
6. I. M. Low, Ceramic matrix composites microstructure, properties and applications, Woodhead Publishing, 2006.
7. J. H. Koo, Polymer nanocomposites: processing, characterization, and applications, McGraw-Hill Professional, 2006.

عنوان درس به فارسی:	مدل‌سازی و شبیه‌سازی نانوساختارها		
عنوان درس به انگلیسی:	**Modelling and Simulation of Nanostructures**		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	مبانی فیزیک در نانوفناوری		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): انجام پروژه نرم افزاری

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با فرآیندها و نرم افزارهای شبیه‌سازی و مدل‌سازی در مقیاس نانو

ب) اهداف ویژه:

- فراگیری روش‌های متنوع شبیه‌سازی نانوساختارها
- کسب مهارت‌های عملی در بکارگیری روش‌های محاسباتی برای تحلیل رفتار سامانه‌های مختلف در مقیاس نانو

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. کلیات روش‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی
۲. روش‌های شبیه‌سازی بزرگ‌مقیاس و کاربرد آنها در نانوفناوری (ریزمقیاس)
۳. روش المان محدود در نانوسامانه‌ها
۴. توابع توزیع در مکانیک آماری
۵. روش‌های تحلیلی در شبیه‌سازی نانوسامانه‌ها
۶. روش‌های اتفاقی در شبیه‌سازی نانوساختارها
۷. مبانی و بسته‌های نرم افزاری در شبیه‌سازی به روش دینامیک مولکولی
۸. مبانی و بسته‌های نرم افزاری در شبیه‌سازی به روش مونت کارلو
۹. مبانی و بسته‌های نرم افزاری در شبیه‌سازی به روش DFT
۱۰. مدل‌سازی و شبیه‌سازی مواد کریستالی و آمورف
۱۱. مدل‌سازی و شبیه‌سازی ساختار و خواص نانولوله‌ها و نانوصفحات دوبعدی
۱۲. مدل‌سازی و شبیه‌سازی نانوپوشش‌ها
۱۳. مدل‌سازی و شبیه‌سازی نانوذرات و نقطه‌های کوانتومی فلزی و سرامیکی
۱۴. مدل‌سازی و شبیه‌سازی نانوکامپوزیت‌ها
۱۵. مدل‌سازی و شبیه‌سازی نانوساختارهای پلیمری–آلی

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

– تعریف پروژه های درسی– نرم‌افزاری

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
تمرین‌های کلاسی	۳۰ درصد
پروژه مدل‌سازی یک نانوسامانه	۳۰ درصد
آزمون پایان ترم	۳۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. مهدی نیک عمل و همکاران، شبیه سازی و مدل‌سازی در فیزیک، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۰.

2. V. M. Harik, M. D. Salas, Molecular dynamics simulation of nanostructured materials-an understanding of mechanical, CRC Press, 2020.

3. V. M. Harik, M. D. Salas, Trends in nanoscale mechanics: mechanics of carbon nanotubes, graphene, nanocomposites and molecular dynamics, Springer, 2014.

4. V. M. Harik, M. D. Salas, Trends in nanoscale mechanics: analysis of nanostructured materials and multi-scale modeling, Springer, 2003.

5. R. A. Evarestov, Theoretical modeling of inorganic nanostructures, second edition, Springer, 2020.

6. C. Delerue, M. Lannoo, Nanostructures: theory and modeling, Springer, 2004.

7. K. I. Tserpes, N. Silvestre, Modeling of carbon nanotubes, graphene and their composites, Springer, 2014.

عنوان درس به فارسی:	لایه‌های نازک و پوشش‌های نانوساختار		
عنوان درس به انگلیسی:	Thin Films and Nanostructured Coatings		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	شیمی پیشرفته در نانوفناوری		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): انجام پروژه نرم افزاری

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با نانوساختارهای دوبعدی و خواص و کاربردهای آنها

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی با اصول و مبانی فیزیکی، شیمیایی و ترمودینامیکی تشکیل لایه‌های نازک
- تبیین روش‌های مختلف فرآوری و تولید پوشش‌های نانوساختار
- آشنایی با روش‌های مشخصه‌یابی لایه‌های نازک

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تعاریف، اصول و مقدمه‌ای بر لایه نازک و پوشش‌های نانوساختار و کاربردهای آنها در صنایع مختلف
۲. تکنیک‌ها، ابزارآلات و دستگاه‌های مشخصه‌یابی لایه نازک و پوشش‌های نانوساختار از جمله آنالیز ترکیب شیمیایی، بافت، تنش‌های پسماند، خواص نوری، چسبندگی، خواص مغناطیسی، ساختار فازی، و ساختار میکروسکوپی
۳. خواص فیزیکی و شیمیایی لایه‌های نازک و پوشش‌های نانوساختار
۴. خواص مکانیکی و سایشی لایه‌های نازک و پوشش‌های نانوساختار
۵. اصول جوانه‌زنی و مکانیزم‌های رشد لایه‌های نازک (رشد لایه‌ای، رشد جزیره‌ای، رشد تلفیقی)
۶. دسته بندی روش‌های تولید لایه‌های نازک و پوشش‌های نانوساختار
۷. دانش و فناوری خلأ و انواع جریان‌های گازی (رژیم سیلان سیالات)
۸. تشریح روش رسوب شیمیایی بخار (CVD & PVD): انواع CVD، پارامترهای موثر، مورفولوژی‌های حاصله، اصول طراحی رآکتور، انواع واکنش‌های شیمیایی
۹. تشریح روش رسوب فیزیکی بخار (PVD): انواع PVD، پارامترهای موثر، و مورفولوژی‌های حاصله
۱۰. رشد هم‌بافته (Epitaxy)، فصل مشترک در رشد هم‌بافته، کرنش فصل مشترک در رشد هم‌بافته
۱۱. تشریح روش‌های رونشانی پرتو مولکولی (MBE) و رسوب لایه‌ای اتمی (ALD)
۱۲. پوشش‌های نازک حاصل از روش سل–ژل
۱۳. پوشش‌های حاصل از روش‌های شیمیایی، الکتروشیمیایی، و الکترولس

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

- تعریف پروژه های درسی–کاربردی
- بازدید از صنایع موفق در حوزه پوشش‌دهی و لایه‌های نازک
- حضور متخصصین مجرب و تولیدکنندگان نانوپوشش‌ها جهت انتقال تجربه علمی– فنی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. M. Aliofkhazraei, Nanocoatings, second edition, Springer, 2011.
2. G. Cao, Y. Wang, Nanostructures and nanomaterials, synthesis, properties and applications, second edition, World Scientific, 2011.
3. S. Zhang, Nanostructured thin films and coatings: mechanical properties, CRC Press, 2010.
4. S. Zhang, Nanostructured thin films and coatings: functional properties, CRC Press, 2010.
5. G. Friedbacher, H. Bubert, Surface and thin film analysis, 2011.
6. M. Ohring, The materials science of thin films, Academic Press, 2nd edition, 2001.
7. G. Chow, I. A. Ovidko, T. Tsakalakos, Nanostructured films and coatings, Springer, 2000.

عنوان درس به فارسی:	نانوزیست فناوری		نوع درس و واحد
عنوان درس به انگلیسی:	Nanobiotechnology		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با اصول و مفاهیم پایه‌ای و پیشرفته نانوزیست فناوری

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی با واکنش‌های میان سلول‌ها در سامانه‌های زنده در مقیاس نانو
- آشنایی با ژن‌ها، پروتئین‌ها و ماکرومولکول‌های زیستی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه، تعاریف و تاریخچه نانوزیست فناوری، نقش نانوساختارها (پلیمری، فلزی، سرامیکی و ...) در سامانه‌های حیاتی
۲. اتصالات نانوساختارهای زیستی: انواع روش‌های اتصال کووالانسی و غیرکووالانسی نانوساختارها با مولکول‌های زیستی مانند پروتئین‌ها، ترمودینامیک جذب در اتصالات زیستی اتصال نقاط کوانتومی به منظور تصویربرداری از بافت‌ها و سلول‌ها
۳. زیست‌آرایه‌های الکتروشیمیایی بر مبنای نانوساختارها: تشخیص الکتروشیمیایی پروتئین و DNA بر پایه زیست آرایه‌های نشان‌گذاری شده با فلزات طلا و نقره
۴. خودآرایی در نانوسامانه‌های زیستی: تک‌لایه‌های خودآرا، روش‌های ساخت و ارزیابی، الگودهی SAM، کاربردها (تثبیت ماکرومولکول‌های زیستی، ساخت آرایه‌های حسگر، زیست کاتالیزورها و ...)
۵. روش‌های اصلاح سطح نانوساختارها: برهمکنش مولکول‌های زیستی با سطوح مهندسی شده
۶. مهندسی بافت و برهمکنش بافت و نانوساختارها
۷. کاربردهای نانوساختارهای زیستی در مهندسی بافت و ساخت داربست‌ها، پزشکی و دارویی، جراحی، تشخیص بیماری‌ها، صنایع غذایی، انرژی و محیط زیست، تصویربرداری سلولی، نانوزیست فناوری در تشخیص و درمان سرطان، نانوزیست الکترونیک
۸. اخلاق در نانوزیست‌فناوری: اصول اخلاقی در تولید نانوداروها و به کارگیری نانو حامل‌های انتقال ژن و دارو
۹. ساخت نانوساختارها با استفاده از الگوهای زیستی: استفاده از پروتئین‌ها، ویروس‌ها، و ریزجاندارها در تولید نانوساختارها
۱۰. نانوماشین‌های زیستی: آرایه‌های انتقال ذرات با تقلید زیستی (تقلید حرکت‌های سلولی با رشته‌های آکتینی)، موتورهای مولکولی و سنتز ATP
۱۱. الکتروپویشی و کاربرد نانوالیاف در مهندسی بافت و سلول‌های بنیادی

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

- تعریف پروژه های درسی– کاربردی
- بازدید از صنایع و شرکت‌های موفق در حوزه نانوزیست‌فناوری و مهندسی پزشکی
- حضور متخصصین مجرب و تولیدکنندگان نانوسامانه‌های زیستی جهت انتقال تجربه علمی– فنی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. B. A. Omran, Nanobiotechnology: a multidisciplinary field of science, Springer, 2020.
2. G. Silva, Nanotechnology for biology and medicine, Springer, 2011.
3. C. M. Niemeyer, C. A. Mirkin, Nanobiotechnology: concepts, applications and perspectives, Wiley, 2004.
4. C. M. Ho, Micro/nano technology systems for biomedical applications: microfluidics, optics, and surface chemistry, Oxford University Press, 2010.

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

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با انواع مختلف نانوزیست‌مواد

ب) اهداف ویژه:

- تبیین روش‌های مختلف فرآوری و سنتز نانوزیست‌مواد
- آشنایی با خواص و کاربردهای نانوزیست‌مواد

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر نانوزیست‌مواد: انواع نانوزیست مواد فلزی، سرامیکی، پلیمری، کامپوزیتی، روش‌های ساخت نانوزیست مواد
۲. کاربرد نانوزیست‌مواد در ساخت اندام‌های مصنوعی و کاشتنی‌ها
۳. کابرد نانوزیست‌مواد در مهندسی بافت، انتقال ژن، دارورسانی و درمان سرطان
۴. کاربرد زیست‌مواد پلیمری و هیدروژل‌ها در نانوزیست فناوری
۵. کاربرد نانوزیست‌مواد در تصویربرداری زیستی
۶. نانوزیست‌مواد عامل‌دار شده و نانوشیشه‌های زیست‌فعال
۷. کاربرد نانوزیست‌مواد در ساخت سلول‌های مصنوعی
۸. انواع پوشش‌های نانوزیست‌مواد
۹. مفاهیم زیست‌سازگاری، زیست‌تخریب‌پذیری و سمیت نانوزیست‌مواد (درون‌تنی و برون‌تنی)
۱۰. نانوساختارهای بر پایه DNA، نانوساختارهای پروتئینی، نانوساختارهای فلزی، نانوساختارهای سرامیکی
۱۱. نانوکامپوزیت‌ها و کاربرد آنها در نانوزیست‌فناوری (انتقال دارو و ژن، خواص ضدباکتریایی و ترمیم بافت)

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

- تعریف پروژه های درسی– کاربردی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. A. M. Holban, A. M. Grumezescu, Materials for biomedical engineering: nanobiomaterials in tissue engineering, Elsevier, 2019.
2. R. Narayan, Nanobiomaterials: nanostructured materials for biomedical applications, Woodhead Publishing, 2018.
3. X. Wang, M. Ramalingam, X. Kong, L. Zhao, Nanobiomaterials: classification, fabrication and biomedical applications, Wiley, 2018.
4. A. K. Sharma, R. K. Keservani, R. K. Kesharwani, Nanobiomaterials: applications in drug delivery, Springer, 2003.

عنوان درس به فارسی:	مواد نانومتخلخل		
عنوان درس به انگلیسی:	Nanoporous Materials		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): –

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با مفاهیم تخلخل، مساحت سطح، و انواع مواد متخلخل

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی با روش‌های مختلف سنتز و ساخت مواد نانومتخلخل و کاربردهای آنها
- آشنایی با خواص مواد نانومتخلخل و روش‌های اندازه‌گیری آنها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تعاریف، اصول و طبقه‌بندی مواد متخلخل
۲. مقدمه‌ای بر نظریه جذب سطحی و فرآیندهای کاتالیستی روی جامدات
۳. جاذب‌های متخلخل آمورف مثل سیلیکا و کربن فعال
۴. مواد نانومتخلخل کریستالی و منظم همچون زئولیت‌ها و آلومیناسیلیکات‌ها
۵. مواد مزومتخلخل غیرسیلیسی و کاربردهای آنها (فلزات، اکسیدها، کامپوزیت‌ها، پلیمرها، کربن، و نیترید کربن مزومتخلخل)
۶. چارچوب‌های فلز– آلی متخلخل و روش‌های ساخت آنها
۷. روش‌های ساخت فلزات و سرامیک‌های متخلخل
۸. فوم‌های پلیمری متخلخل، روش‌های ساخت و کاربردها
۹. روش‌های ارزیابی میکروتخلخل و مساحت سطح
۱۰. روش‌های ارزیابی مزوتخلخل در مواد نانومتخلخل
۱۱. نفوذ در مواد متخلخل
۱۲. مشخصه‌یابی مواد متخلخل: پارامترهای اساسی همچون نوع تخلخل، اندازه حفره، مورفولوژی، مساحت سطح ویژه
۱۳. مشخصه‌یابی مواد متخلخل: خواص فیزیکی همچون ضریب جذب صوت، هدایت حرارتی، هدایت الکتریکی

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

– تعریف پروژه های درسی– کاربردی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. P. Van Der Voort, K. Leus, E. De Canck, Introduction to porous materials, Wiley, 2019.
2. S. Ernst, Advances in nanoporous materials, Elsevier, 2009.
3. P. S. Liu, G. F. Chen, Porous materials, processing and applications, Elsevier, 2014.
4. Q. Xu, Nanoporous materials, synthesis and applications, CRC Press, 2013.
5. R. M. A. Roque-Malherbe, Diffusion in nanoporous materials, Springer, 2007.

عنوان درس به فارسی:	نانومغناطیس		
عنوان درس به انگلیسی:	Nanomagnetism		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	مبانی فیزیک در نانوفناوری		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با اصول فیزیکی حاکم بر کنترل ساختارهای مغناطیسی در مقیاس نانو

ب) اهداف ویژه:

- تبیین دلایل تغییر خواص مغناطیسی در نانوساختارها
- آشنایی با کاربردهای نانومواد مغناطیسی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه ای بر نانومغناطیس و اسپینترونیک در جامدات، تعریف مقیاس اندازه بحرانی مغناطیس، ترابری الکترونی.
۲. نانومغناطیس و تئوری اساس براون، تاریخچه مغناطیس و نحوه رسیدن آن به مقیاس ریز، فناوری ذخیره اطلاعات
۳. کاربردهای نانومواد مغناطیسی.
۴. اصول مغناطش و مواد مغناطیسی، اصول الکترومغناطیس، تقسیم بندی ذاتی مواد مغناطیسی.
۵. اصول فیزیکی حاکم بر مغناطش (مفهوم گشتاور مغناطیسی اتمی، تشریح کوانتمی، تئوری تبادلی هایزنبرگ، پارامغناطیس پائولی و مدل‌های نظریه فرومغناطیس)، مگنتواستاتیک و حوزه های مغناطیسی، ناهمسانگردی مغناطیسی.
۶. مغناطش لایه‌های نازک مغناطیسی یا نانوساختارهای ۲ بعدی (نظریه نیل، مغناطش در صفحه و خارج از صفحه).
۷. مغناطش نانوسیم‌های مغناطیسی یا نانوساختارهای تک بعدی (مکانیزم‌های مغناطش، برهم‌کنش‌ها)، تاثیر هندسه و ترکیب بر رفتار مغناطیسی آنها.
۸. مغناطش در نانوساختارهای صفربعدی از جمله نانونقطه‌ها و نانوذرات (تک حوزه، ابرپارامغناطیس).
۹. اسپینترونیک و مگنتوالکترونیک، ترابری الکترونی مواد جامد، مقاومت مغناطیسی (عادی و غیرعادی) و مقاومت مغناطیسی بسیار بزرگ (جفت شدن تبادلی، RKKY، CIP و CPP).
۱۰. مشخصه یابی و اندازه گیری خواص نانومواد مغناطیسی
۱۱. سنتز و فرآوری نانوساختارهای مغناطیسی
۱۲. خواص ردیاب‌های نانومغناطیسی
۱۳. خواص و کاربردهای نانوپوشش‌های مغناطیسی

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

- تعریف پروژه های درسی–کاربردی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. F. Nasirpouri, A. Nogaret, Nanomagnetism and spintronics, World Scientific Publications, 2011.
2. J. A. C. Bland, B. Heinrich, Ultrathin magnetic structures, Vol. 3: Fundamentals of nanomagnetism, Springer, 2005.
3. J. A. C. Bland, B. Heinrich, Ultrathin magnetic structures, Vol. 4: Applications of nanomagnetism, Springer, 2005.
4. B. Aktas, L. Tagirov, F. Mikailov, Nanostructured magnetic materials and their applications, Springer, 2004.
5. B. Cantor, Novel nanocrystalline alloys and magnetic nanomaterials, Institute of Physics (IoP) Publishing, 2005.
6. B. Aktas, F. Mikailov, Advances in nanoscale magnetism, Springer, 2007.
7. B. Aktas, L. Tagirov, F. Mikailov, Magnetic nanostructures, Springer, 2007.

عنوان درس به فارسی:	نانوالکترونیک، نانواپتوالکترونیک و نانوفوتونیک		
عنوان درس به انگلیسی:	**Nanoelectronics, Nanooptoelectronics, Nanophotonics**	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:	مبانی فیزیک در نانوفناوری	**پایه** ☐	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	–	**تخصصی اجباری** ☐	**عملی** ☐
تعداد واحد:	**۳**	**تخصصی اختیاری** ■	**نظری-عملی** ☐
تعداد ساعت:	**۴۸**	**رساله / پایان‌نامه** ☐	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با خواص الکترونی/ نوری نانومواد

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی با فیزیک کوانتوم و نانوالکترونیک
- آشنایی با خواص انتقالی الکترونی- یونی در نانوساختارها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تعاریف، اصول و مقدمات انتقال بار و نانوالکترونیک
۲. مفاهیم سینتیکی، اثر هال و انتقال کوانتومی
۳. خواص فیزیکی نیمه‌هادی‌ها در مقیاس نانومتری
۴. تکنیک‌های ساخت قطعات نانوالکترونیکی
۵. CMOS ها و MOSFET ها و افزودن گرافن به آنها
۶. نانوترانزیستورها و روش‌های ساخت آنها
۷. انواع مواد برای کاربردهای اپتوالکترونیکی
۸. اپتیک ساختارهای کوانتومی؛ الکترواپتیک و اپتیک غیرخطی
۹. تشریح تابش الکترومغناطیس و تعریف لیزر
۱۰. چاه‌های کوانتومی و نورگسیل‌ها
۱۱. مخابرات نوری و استفاده از فیبر نوری
۱۲. شکاف نوار فوتونی
۱۳. نانوفوتونیک (اپتیک میدان نزدیک؛ پلاسمونیک)

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

– تعریف پروژه های درسی–کاربردی
– بازدید از صنایع موفق در حوزه نانوسامانه‌های الکترونیکی

– حضور متخصصین مجرب و تولیدکنندگان نانومواد شیمیایی جهت انتقال تجربه علمی– فنی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. A. Korkin, S. Goodnick, R. Nemanich, Nanoscale materials and devices for electronics, photonics and solar energy, Springer, 2015.
2. D. Natelson, Nanostructures and nanotechnology, Cambridge University Press, 2015.
3. V. V. Mitin, V. A. Kochelap, M. Dutta, M. A. Stroscio, Introduction to optical and optoelectronic properties of nanostructures, Cambridge University Press, 2019.
4. M. Grundmann, Nano-optoelectronics: concepts, physics and devices, Springer, 2012.
5. T. D. Steiner, Semiconductor nanostructures for optoelectronic applications, Artech House, 2004.
6. A. L. Efros, D. J. Lockwood, L. Tsybeskov, Semiconductor nanocrystals: form basic principles to applications, Kluwer Academics, 2003.

عنوان درس به فارسی:	سامانه‌های میکرو– نانو الکترومکانیکی		
عنوان درس به انگلیسی:	**Mico/Nano Electromechanical Systems**		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	مبانی فیزیک در نانوفناوری		**پایه** ☐ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:	–		**تخصصی اجباری** ☐ **عملی** ☐
تعداد واحد:	۳		**تخصصی اختیاری** ■ **نظری–عملی** ☐
تعداد ساعت:	۴۸		**رساله / پایان‌نامه** ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با اصول و عملکرد فناوری‌های MEMS و NEMS

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی با تجهیزات و سامانه‌های الکترومکانیکی، میکرو/نانو حسگرها، و میکروموتورها
- آشنایی با آخرین دستاوردهای به‌دست آمده در نانوفناوری و سامانه‌های الکترومکانیکی و صنایع مربوطه

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر نانوفناوری و مفاهیم MEMS و NEMS
۲. مبانی نظری در سامانه‌های الکترومکانیکی
۳. آشنایی با فرآیندهای ساخت در سامانه‌های الکترومکانیکی
۴. پردازش داده و ابزارهای تحلیلی برای MEMS و NEMS در میکروماشین‌ها یا نانوحسگرها
۵. نقش و انواع نانوفناوری و نانومواد در سامانه‌های الکترومکانیکی
۶. کاربرد نانوفناوری در رایانه‌های نسل جدید و آینده
۷. روش‌های بسته‌بندی، تست و تایید در سامانه‌های MEMS و NEMS
۸. طراحی و کاربرد فناوری‌های MEMS و NEMS در مهندسی پزشکی
۹. طراحی و کاربرد فناوری‌های MEMS و NEMS در ابزارآلات مکانیکی همچون حسگرهای کششی و فشاری، فشارسنج‌ها، و شتاب‌سنج‌ها
۱۰. طراحی و کاربرد فناوری‌های MEMS و NEMS در حوزه الکترومغناطیس و مکان‌نماها
۱۱. طراحی و کاربرد فناوری‌های MEMS و NEMS در حوزه‌های پیزوالکتریکی یا پیزومقاومتی مثل میکروسکوپ‌های AFM، STM و SPM
۱۲. طراحی و کاربرد فناوری‌های MEMS و NEMS در ادوات مغناطیسی مثل مگنتوموتورهای SQUID
۱۳. طراحی و کاربرد فناوری‌های MEMS و NEMS در ادوات حرارتی– نوری مثل حسگرها و محرک‌های مربوطه

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

– تعریف پروژه های درسی–کاربردی
– بازدید از صنایع موفق در حوزه تولید سامانه‌های میکرو/ نانو الکترومکانیکی
– حضور متخصصین مجرب و تولیدکنندگان نانوسامانه‌های MEMS و NEMS جهت انتقال تجربه علمی– فنی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. L. Duraffourg, J. Arcamone, Nanoelectromechanical systems, Wiley, 2015.
2. T. Hsu, Mems and microsystems design, manufacture, and nanoscale, engineering, Second edition, Wiley, 2008.
3. S. E. Lyshevski, Nano- and micro-electromechanical systems, fundamentals of nano- and microengineering, CRC Press, Second edition, 2005.
4. K. B. Lee, Principles of microelectromechanical systems, Wiley, 2011.
5. C. T. Leondes, MEMS/NEMS handbook; Vol. 1: Techniques and applications and design methods. Vol. 2: Fabrication techniques. Vol. 3: Manufacturing methods. Vol. 4: Sensors and actuators. Vol. 5: Medical applications and MOEMS, Springer, 2006.

عنوان درس به فارسی:	نانوفناوری در انرژی و محیط زیست		
عنوان درس به انگلیسی:	Nanotechnology in Energy and Environment		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با انواع اثرات مثبت و منفی نانومواد و نانوفناوری در حوزه انرژی و محیط زیست

ب) اهداف ویژه:

- تبیین مکانیزم‌های اثرگذاری نانومواد در حوزه انرژی و محیط زیست
- آشنایی با انواع مواد به‌کار رفته در حوزه انرژی و محیط زیست

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. انواع نانومواد و نانوپوشش‌ها برای کاربردهای انرژی خورشیدی
۲. تصفیه آب، پساب و شورابه‌ها توسط نانوغشاها و نانوفیلترها: انواع و مکانیزم عملکردی
۳. فناوری‌های مختلف نمک‌زدایی و انواع فیلترهای مورد استفاده به همراه مکانیزم کارکرد آنها
۴. پیل‌های سوختی: چیستی، مکانیزم کاری و استفاده از نانوغشاها در آنها
۵. آشنایی با نسل‌های قدیم و جدید باتری‌ها و خازن‌ها، مبانی و اصول حاکم بر باتری‌ها و خازن‌ها
۶. ساختار و نحوه کار باتری‌های شارژپذیر، انواع نانومواد به‌کار رفته در این باتری‌ها
۷. ابرخازن‌ها: چیستی، مکانیزم کاری و استفاده از انواع نانومواد در آنها
۸. تولید و خواص نانوسیم‌های سیلیکونی و کاربرد آنها در حوزه انرژی
۹. استفاده از نانوساختارهای کربنی مثل گرافن و CNT در حوزه انرژی و محیط زیست
۱۰. تولید و ذخیره‌سازی هیدروژن: مبانی و اصول اولیه و استفاده از انواع نانوساختارها و نانوکامپوزیت‌ها در آن
۱۱. استفاده از نانوساختارها و نانوفناوری در بخش ساختمان و ابنیه و حفظ انرژی در آن؛ شیشه‌های هوشمند
۱۲. نانوحسگرها در تشخیص گازهای صنعتی و خطرناک
۱۳. اثرات نانومواد بر سلامتی انسان و محیط زیست

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

– تعریف پروژه های درسی–کاربردی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. J. He, Nanomaterials in energy and environmental applications, Pan Stanford Publishing, 2016.
2. V. B. Pawade, P. H. Salame, B. A. Bhanvase, Multifunctional nanostructured metal oxides for energy harvesting and storage devices, 2020.
3. Q. Xu, T. Kobayashi, Advanced materials for clean energy, CRC Press, 2015.
4. M. R. Wiesner, J. Bottero, Environmental nanotechnology: applications and impacts of nanomaterials, McGraw Hill, 2007.
5. V. H. Grassian, Nanoscience and nanotechnology, environmental and health impacts, Wiley, 2008.
6. M. Hull, D. M. Bowman, Nanotechnology environmental health and safety, risks, regulation, and management, second edition, Elsevier, 2014.

عنوان درس به فارسی:	نانوساختارهای پلیمری		
عنوان درس به انگلیسی:	Polymeric Nanostructures		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	شیمی پیشرفته در نانوفناوری		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با مواد پلیمری و کاربردهای آنها

ب) اهداف ویژه:

- تبیین روش‌های مختلف فرآوری و تولید نانوپلیمرها
- آشنایی با خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی نانوپلیمرها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر مواد و سامانه‌های پلیمری و طبقه‌بندی آنها
۲. ماهیت و ساختار مولکولی پلیمرها
۳. روش‌های سنتز پلیمرها و کوپلیمرها
۴. اصلاح ساختاری یا سطحی پلیمرها
۵. خواص مکانیکی، حرارتی و الکتریکی پلیمرها
۶. پلیمرهای طبیعی، پلیمرهای زیستی، هیدروژل‌ها، و پلیمرهای هوشمند
۷. سنتز و خواص نانوپلیمرها
۸. نانوکامپوزیت‌های پلیمری: روش‌های تولید و کاربردهای آنها
۹. مشخصه‌یابی نانوپلیمرها

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

- تعریف پروژه های درسی–کاربردی
- بازدید از صنایع موفق در حوزه نانوسامانه‌های پلیمری
- حضور متخصصین مجرب و تولیدکنندگان موفق جهت انتقال تجربه علمی– فنی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. R. Narain, Polymer science and nanotechnology: fundamentals and applications, Elsevier, 2020.
2. S. Fakirov, Nano-size polymers, preparation, properties, applications, Springer, 2016.
3. O. V. Stoyanov, A. K. Haghi, G. E. Zaikov, Nanopolymers and modern materials: preparation, properties, and applications, Apple Academic Press, 2014.
4. F. Gao, Advances in polymer nanocomposites: types and applications, Woodhead Publishing, 2012.
5. A. Dasari, Z. Yu, Y. Mai, Polymer nanocomposites: towards multi-functionality, Springer, 2016.

عنوان درس به فارسی:	خواص مکانیکی نانومواد		
عنوان درس به انگلیسی:	Mechanical Properties of Nanomaterials		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی با تغییرات خواص مکانیکی در مواد نانوکریستالی و نانوساختار

ب) اهداف ویژه:

- یادگیری مکانیزم‌های مختلف تغییرشکل پلاستیک در نانومواد
- آشنایی با خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی نانوپلیمرها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مروری مختصر بر نظریه نابجایی‌ها: میدان‌های تنش و کرنش حول نابجایی، محاسبه انرژی بر واحد طول نابجایی
۲. مکانیزم‌های تغییرشکل پلاستیک در مواد تک‌کریستال و پلی‌کریستال: سیستم‌های لغزشی، فاکتور اشمید، نقش مرزهای دانه
۳. اثر اندازه دانه در خواص مکانیکی کریستال، رابطه هال–پچ در مواد میکروکریستال و مواد نانوکریستال
۴. مکانیزم‌های حاکم بر تغییرشکل پلاستیک مواد نانوکریستال: فروپاشی تجمع نابجایی‌ها، لغزش مرز دانه، مدل هسته–گوشته (Core-Mantle)، چرخش مرز دانه، به‌هم‌پیوستگی دانه‌ها، تشکیل نوارهای برشی، دوقلویی‌ها، ایجاد نابجایی‌های مرز دانه‌ای
۵. دوقلویی‌های نانومقیاس و اثرات آنها در رفتار مکانیکی فلزات
۶. خواص استاتیکی و رفتار کششی در مواد نانوکریستال
۷. نانوسختی سنجی: مبانی و روش‌های اندازه گیری
۸. سایش، خزش، خستگی، شکست و رفتار ترک در فلزات نانوکریستال
۹. خواص مکانیکی و رفتار شکست در نانوسرامیک‌ها
۱۰. بررسی فرآیندهای تغییر شکل پلاستیک شدید (SPD) و اثر آنها بر خواص مکانیکی فلزات نانوساختار حاصله

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

- تعریف پروژه های درسی–کاربردی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. M. Aliofkhazraei, Handbook of mechanical nanostructuring, Vol. 1, Wiley, 2015.
2. J. C. M. Li, Mechanical properties of nanocrystalline materials, Pan Stanford Publishing, 2011.
3. D. Guo, G. Xie, J. Luo, Mechanical properties of nanoparticles: basics and applications, Journal of Physics D: Applied Physics 47 (2014) 013001.
4. Q. Wu, W. Miao, Y. Zhang, H. Gao, D. Hui, Mechanical properties of nanomaterials: A review, Nanotechnology Review 9 (2020) 259–273.
5. Y. T. Zhu, X. Z. Liao, X. L. Wu, Deformation twinning in nanocrystalline materials, Progress in Materials Science 57 (2012) 1–62.
6. M. A. Meyers, A. Mishra, D. J. Benson, Mechanical properties of nanocrystalline materials, Progress in Materials Science 51 (2006) 427–556.
7. K. S. Kumar, H. Van Swygenhoven, S. Suresh, Mechanical behavior of nanocrystalline metals and alloy, Acta Materialia 51 (2003) 5743–5774.

عنوان درس به فارسی:	آمار کاربردی		
عنوان درس به انگلیسی:	Applied Statistics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	–	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–	تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): –

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با مفاهیم آماری و به‌کارگیری آنها

ب) اهداف ویژه:

- آشنایی با روش‌های علمی تولید داده‌های تجربی و تجزیه و تحلیل آنها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تعریف علم آمار، آمار توصیفی و استنباطی، آشنایی با مفاهیم آماری از جمله جامعه محدود و نامحدود، نمونه و غیره.
۲. انواع توزیع‌های فراوانی، هیستوگرام، پلیگن، نمودار فراوانی تجمعی، نمودار میله‌ای، ستونی، دایره‌ای، و سری‌های زمانی
۳. شاخص‌های آماری: مرکزی، پراکندگی، تقارن و عدم تقارن نمودار توزیع، چولگی و کشیدگی در نمودار توزیع
۴. متغیرهای تصادفی، تابع جرم احتمال، تابع چگالی احتمال، تابع تویع تجمعی، تابع توزیع مشترک (توأمان)، مقدار مورد انتظار (امید ریاضی: Expected value)، واریانس و کوواریانس
۵. توزیع‌های احتمال: مفهوم متغیر تصادفی گسسته و تابع احتمال گسسته، انواع توزیع احتمال گسسته (یکنواخت، برنولی، دوجمله‌ای، پواسون، هندسی، پاسکال، فوق هندسی، چندجمله‌ای)، مفهوم متغیر تصادفی پیوسته و تابع چگالی، انواع توزیع احتمال پیوسته (یکنواخت، نرمال یا گاوسی، نمایی، ارلانگ، گاما)
۶. انواع خطا در اندازه‌گیری کمیت‌ها، خطاهای تصادفی و قانون‌مند و روش مواجهه با آنها
۷. استفاده از علم آمار در تکرار اندازه‌گیری‌ها: مفاهیم میانه، میانگین و انواع انحراف از معیار، توزیع میانگین، حدود اطمینان و فاصله اطمینان، تولید خطاهای تصادفی و نظام‌مند
۸. آزمون‌های معنی‌دار: مقایسه یک میانگین تجربی با یک مقدار معلوم، مقایسه دو میانگین تجربی، آزمون t دوتایی، آزمون‌های یک‌طرفه و دوطرفه، آزمون F، داده‌های دورافتاده، تحلیل واریانس, مقایسه چندین میانگین، آزمون Square-Chi، بررسی توزیع نرمال
۹. تحلیل آماری داده‌ها: مفهوم پارامترهای آماری، انواع نمودارهای آماری، درجات آزادی، آنالیز واریانس و مقایسه خطاها، محدودهٔ اطمینان، تعیین شرایط بهینه، تخمین سهم اثر هر یک از عوامل بر روی پاسخ، تخمین پاسخ تحت شرایط بهینه
۱۰. کیفیت اندازه‌گیری‌ها: نمونه برداری, جداسازی و تخمین واریانس‌ها با استفاده از آنالیز واریانس, راهبرد نمونه‌برداری, روش‌های کنترل کیفیت, نمودارهای Shewhart برای میانگین‌ها و دامنه‌ها, نمودارهای کنترل ناحیه، آزمون‌های بسندگی, عدم قطعیت

۱۱. روش‌های برازش: نمودارهای برازش، ضریب همبستگی، خطاها در شیب و عرض از مبدأ منحنی برازش، مقایسه روش‌ها با استفاده از منحنی برازش، نمودارهای برازش وزن‌دهی‌شده، تقاطع دو خط مستقیم، آنالیز واریانس در محاسبات برازش، روش‌های برازش غیرخطی، داده‌های دور افتاده در برازش

۱۲. طراحی آزمایش و بهینه‌سازی: روش یک عامل در یک زمان، روش فاکتوریال کامل، روش فاکتوریال جزئی، روش پلاکت–بورمن، روش تاگوچی، شبکه عصبی، روش مربع لاتین، آزمایش‌های غربالی و بهینه‌سازی، طراحی آزمایش‌ها با سطوح مختلط، مفهوم اختلاط اثرها (Confounding)، وضوح (Resolution)، برهمکنش اثرها، تصادفی کردن و دسته‌بندی، روش سیمپلکس

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

– تکلیف‌های کلاسی عملی در خصوص کار با داده‌های مختلف و آنالیز آماری آنها

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. G. E. P. Box, J. S. Hunter, W. G. Hunter, Statistics for experimenters: design, innovation, and discovery, 2nd edition, Wiley-Interscience, 2005.
2. L. Eriksson, E. Johansson, N. Kettaneh-Wold, C. Wikstrom, S. Wold, Design of experiments: principles and applications, 3rd edition, Umetrics, 2008.
3. J. N. Miller, J. C. Miller, Statistics and chemometrics for analytical chemistry, 5th edition, Pearson Education Limited, 2005.

عنوان درس به فارسی:	مباحث ویژه در نانوفناوری		
عنوان درس به انگلیسی:	Special Topics in Nanotechnology		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با آخرین دستاوردها در یک موضوع خاص در نانوفناوری

ب) اهداف ویژه:

-

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- سرفصل‌های این درس باید توسط استاد مربوطه تهیه شود و پیش از آغاز ترم تحصیلی به تایید گروه برسد.

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

-

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

-

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

-

عنوان درس به فارسی:	روش‌های تحقیق، نوآوری و کارآفرینی		
عنوان درس به انگلیسی:	Research Methods, Innovation, and Entrepreneurship		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	–		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): -

الف) هدف کلی:

- آشنایی دانشجویان با نظام‌های نوآوری و تبدیل دانش به توانایی و راه‌اندازی کسب‌وکار

ب) اهداف ویژه:

- تبیین روش‌های مختلف تحقیق و پژوهش
- برقراری ارتباط میان دانش آکادمیک و نیازهای صنعتی در نانوفناوری
- آشنایی با مبانی کارآفرینی و نوآوری

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. اهمیت، ضرورت، و مشکلات تحقیق
۲. ویژگی‌ها و وظایف یک مهندس و محقق
۳. روش‌های یافتن موضوع تحقیق، پیدا کردن منابع مفید برای تحقیق، روش‌شناسی پژوهش، طراحی آزمایش
۴. تقسیم‌بندی تحقیقات به بنیادی، کاربردی، توسعه‌ای
۵. روش‌های تحقیق کیفی، کمی و ترکیبی، اعتبارسنجی انواع روش‌های تحقیق، روش‌های نمونه‌گیری کمی و کیفی
۶. آشنایی با ماهیت و وظایف واحدهای تحقیق و توسعه در صنعت
۷. مراحل انجام تحقیق، اکتساب داده‌ها و اطلاعات، تدوین نتایج
۸. روش‌های تهیه و ارائه نتایج، فن بیان و سخنرانی، تهیه مقاله به سبک علمی
۹. چیستی، چگونگی، ایجاد و وظایف مراکز رشد، شتاب‌دهنده‌ها، مراکز نوآوری، و پارک‌های علم و فناوری
۱۰. آشنایی با مفاهیم نوآوری باز و مدل‌های حاکم بر آن
۱۱. آشنایی با شرکت‌ها و کسب‌وکارهای کوچک و متوسط (SME)
۱۲. کارآفرینی، تاسیس، و مراحل رشد شرکت‌های کوچک تجاری
۱۳. چالش‌های کارآفرینی، عوامل موثر بر رشد کارآفرینی

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

– حضور متخصصین مجرب و تولیدکنندگان موفق از صنعت نانوفناوری جهت انتقال تجربه علمی– فنی
– دعوت از متخصصین حوزه نوآوری، کارآفرینی و راه‌اندازی کسب‌وکار

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول ترم تحصیلی	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

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

- رایانه و تجهیزات نمایش ویدئویی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. رامین قاسمی‌اصل، فرید قدمی، روش تحقیق در علوم مهندسی، انتشارات جمهوری، ۱۳۹۵.
۲. امیرعلی سیف‌الدین، مهندسی نوآوری طراحی مسیر ایجاد ایده تا تجاری سازی محصول، انتشارات مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران، ۱۳۹۷.
۳. ماندانا آزادگان‌مهر، سید سروش قاضی نوری (مترجمین)، سیاست نوآوری در تئوری و عمل، نشر دارخوین، ۱۳۹۴.
۴. محمدرضا آراستی و همکاران (مترجمین)، مدیریت نوآوری: یکپارچه‌سازی تغییرات فناورانه، بازار و سازمان، جلد اول و دوم، انتشارات رسا، ۱۳۹۴.
۵. محمود مرادی (مترجم)، فرصت‌های کارآفرینی: زمان مناسب، مکان مناسب، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی، ۱۳۹۱.
۶. سید علیرضا فیض بخش، حمیدرضا تقی یاری (مترجمین)، کارآفرینی، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۰.