



دانشگاه تهران

مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس

دوره: کارشناسی ارشد

رشته: مهندسی سیستم های میکرو و نانوالکترومکانیک

دانشکدگان علوم و فناوری های میان رشته ای

مصوبه جلسه مورخ ۱۴۰۲/۱۲/۱۳ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه

این برنامه بر اساس آیین نامه وزارتی تفویض اختیارات برنامه ریزی درسی به دانشگاههای دارای هیات ممیزه توسط اعضای هیات علمی دانشکده دامپزشکی بازرگری و در چهار صد و هفتاد و هشتمین جلسه شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه مورخ ۱۴۰۲/۱۲/۱۳ به تصویب رسیده است.



مصوبه شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه تهران در خصوص برنامه درسی

رشته: مهندسی سیستم های میکرو و نانوالکترومکانیک

دوره: کارشناسی ارشد

برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی سیستم های میکرو و نانوالکترومکانیک که توسط اعضای هیات علمی دانشکده علوم و فناوری های بین رشته ای بازنگری شده است با اکثریت آراء به تصویب رسید.

- این برنامه از تاریخ تصویب لازم الاجرا است.
- برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی سیستم های میکرو و نانوالکترومکانیک از تاریخ ۱۴۰۲/۱۲/۱۳ جایگزین برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی سیستم های میکرو و نانوالکترومکانیک مصوب جلسه مورخ ۱۳۹۱/۳/۲۱ شورای برنامه ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می شود.
- هر نوع تغییر در برنامه مجاز نیست مگر آنکه به تصویب شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه برسد.

محمد رضا اسمعیلی گیوی
دبیر شورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه

محمود کمره ای
معاون آموزشی دانشگاه

رای صادره جلسه مورخ ۱۴۰۲/۱۲/۱۳ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه در مورد بازنگری برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی سیستم های میکرو و نانوالکترومکانیک صحیح است، به واحد ذیربط ابلاغ شود.

سید محمد مقیمی
رئیس دانشگاه تهران





جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

برنامه درسی رشته

مهندسی سیستم های میکرو و نانو الکترومکانیک

MICRO&NANO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS ENGINEERING

مقطع کارشناسی ارشد



اعضای کمیته تدوین و بازنگری برنامه:

دکتر علی رضا نیک فرجام	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر رضا عسکری مقدم	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر حسن حاج قاسم	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر جواد کوهسرخ	عضو هیات علمی دانشگاه تهران
دکتر محمد طهماسبی پور	عضو هیات علمی دانشگاه تهران

شماره: _____
تاریخ: ۱۴۰۲/۰۱/۱۴
پیوست: _____

دانشگاه علوم و فنون نوین

بسمه تعالی

با نام و یاد خداوند متعال، بدینوسیله اعضای کمیته بازنگری رشته مهندسی سیستم های میکرو و نانو الکترومکانیک در تاریخ ۱۴۰۲/۱۰/۱۷ برنامه جدید درسی این رشته را در مقطع کارشناسی ارشد مورد تأیید قرار داده و جهت اجرا در تمام دانشگاه های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری پیشنهاد می نماید.

دکتر علی رضا نیک فرجام مسئول بازنگری رشته

دکتر رضا عسکری مقدم همکار اصلی

دکتر جواد کوهسرخ همکار

دکتر حسن حاج قاسم همکار

دکتر محمد طهماسبی پور همکار

تهران، خیابان کارگر شمالی، پلاک ۱۰۱، آدرس: روبروی خیابان هفتم، دانشگاه علوم و فنون نوین دانشگاه تهران
تلفن دبیرخانه: ۰۲۱-۸۸۴۷۴۳۵، تلفن: ۰۲۱-۸۸۴۹۷۳۴۴، کد پستی: ۱۴۲۹۵۷۱۳۱، وبسایت: <http://fnst.ut.ac.ir>، ایمیل: fnst@ut.ac.ir



جدول تغییرات

ردیف	در برنامه قبلی	در برنامه بازنگری شده
۱	آزمایشگاه میکرو و نانو الکترومکانیک	از دروس تخصصی اصلی به دروس اختیاری جابجا شده و بعلاوه محتوا و مراجع به روز شده است.
۲	نانو تکنولوژی	از ۴ واحد به ۳ واحد تقلیل یافته و محتوا و مراجع به روز شده است.
۳	ادوات پیشرفته نانو الکترونیک	محتوا و مراجع به روز شده است
۴	طراحی مکانیکی سیستم های میکروالکترومکانیک	محتوا و مراجع به روز شده است
۵	سیستم های میکرو الکترومکانیک در فرکانسهای رادیویی	محتوا و مراجع به روز شده است
۶	مباحث ویژه در سیستم های میکرونانو الکترومکانیک	محتوا و مراجع به روز شده است
۷	روشهای شناسایی نانو مواد	محتوا و مراجع به روز شده است
۸	نانو فتونیک	محتوا و مراجع به روز شده است
۹	ارتعاشات سیستم های پیوسته در ساختارهای میکرو الکترومکانیک	محتوا و مراجع به روز شده است
۱۰	تئوری و تکنولوژی ساخت ادوات نیمه هادی	محتوا و مراجع به روز شده است
۱۱	سنسور و میکروماشین	محتوا و مراجع به روز شده است
۱۲	-	درس طراحی و ساخت سیستمهای میکروفلوئیدیک اضافه شده است.
	-	درس طراحی مدارهای قرائت و بسته بندی ادوات میکروالکترومکانیک اضافه شده است.
	-	درس کارآفرینی در مهندسی سیستم های میکرو الکترومکانیک اضافه شده است.



فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی



الف) مقدمه: معرفی کلی و تبیین برنامه درسی

کارشناسی ارشد مهندسی سیستم های میکرونانو الکترومکانیک، دوره ای آموزشی در مقطع تحصیلات تکمیلی است که ماهیت بین رشته ای دارد. محتوای درسی این رشته ترکیبی از رشته های مختلف بالاخص الکترونیک، مکانیک و فیزیک است. در این رشته دانشجویان با ساختارهای میکرو و نانو مقیاس آشنا می شوند که ادوات^۱ MEMS و^۲ NEMS نامیده می شوند. در این ادوات، قسمت های مختلفی از جمله بخش الکتریکی، مکانیکی، شیمیایی، مغناطیسی یا حرارتی می توانند در کنار یکدیگر قرار گیرند و همه مجموعه در انجام یک وظیفه واحد، دخیل باشند. یکی از مباحث مهم در این رشته نحوه طراحی و ساخت حسگرها با ساختارهای میکرو و نانویی می باشد. محرکه های میکرو نانو مقیاس هم از جمله مباحثی است که در این رشته مورد بحث و بررسی قرار می گیرد. در حال حاضر تلاش های گسترده ای در سطح بین المللی در جریان است که میکرو حسگرها، محرکه های میکرونی و ادوات میکروالکترونیکی در کنار یکدیگر و در یک بسته بندی طراحی، تولید و عرضه شوند. پیشرفت در این فناوری منجر به تولید محصولاتی خواهد شد که میتواند در بسیاری از عرصه های صنعتی و تحقیقاتی نظیر دفاعی، پزشکی و محیط زیست کاربرد موثر داشته باشد. همچنین در حوزه نانو درک مکانیک کوانتومی برای فهم رفتار ذرات در ابعاد اتمی و مولکولی مورد نیاز است. در این رشته رفتار ذرات در مقیاس نانویی و روابط ریاضی مربوطه نیز آموزش داده می شود که این دانش برای طراحی و ساخت ادوات و ساختارهای نانومقیاس ضروری است. در این رشته نحوه طراحی و ساخت ابزارهای پیچیده با قدرت شناسایی و تفکیک نانویی ارائه می شود. هدف از این رشته تربیت متخصصانی است که بتوانند در حوزه میکرو و نانو فناوری در زمینه های مختلف مهندسی و تحقیقاتی اعم از صنایع خودرو، پزشکی، محیط زیست، صنایع دفاعی و انرژی، مطابق با نیاز امروزه، از توان طراحی و ساخت بالائی برخوردار بوده، از آموخته ها و توانائی های منحصر به فرد خود بتوانند به نحو احسن استفاده و با سایر متخصصان در علوم مختلف همکاری نمایند.

شکل نظام دوره بصورت ترمی-واحدی خواهد بود و هر واحد نظری معادل ۱۶ ساعت، و هر واحد عملی یا آزمایشگاهی معادل ۳۲ ساعت در طول یک نیمسال تحصیلی تدریس می شود. طول کل دوره بطور متوسط ۲ سال می باشد. جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد، دانشجو موظف به گذراندن ۲۸ واحد درسی می باشد.

در طول این دوره ۲۸ واحد درسی در دو دسته تخصصی و اختیاری به همراه سمینار و پایان نامه به دانشجویان ارائه می شود. علاوه بر آن بنا به تشخیص گروه آموزشی دانشجویان می توانند دروس جبرانی را نیز اخذ کنند که واحد های اخذ شده دروس جبرانی، بعنوان بخشی از ۲۸ واحد در نظر گرفته نمی شود.

دروس جبرانی بنا بر نیاز هر دانشجو توسط شورای تحصیلات تکمیلی از دوره های کارشناسی مهندسی مکانیک و مهندسی برق از دروس جدول شماره ۱ تعیین میگردد و دانشجو موظف به گذراندن دروس تعیین شده می باشد.

دروس تخصصی الزامی: (۱۱ واحد)

هر دانشجو باید تمامی واحدهای ذکر شده در جدول شماره ۲ را به عنوان دروس تخصصی الزامی بگذراند.

- سمینار:

گذراندن سمینار برای هر دانشجوی این دوره اجباری می باشد، تهیه یک گزارش مدون و ارائه آن در قالب یک سمینار توسط هر دانشجو الزامی می باشد. که جزء دروس تخصصی در جدول شماره ۲ لحاظ شده است.

دروس تخصصی اختیاری: (۱۱ واحد)

هر دانشجو موظف است باقیمانده واحدهای درسی خود را (۴ درس معادل ۱۱ واحد)، با موافقت استاد راهنما و شورای تحصیلات تکمیلی از لیست دروس اختیاری ذکر شده در جدول شماره ۳ و یا از مقاطع کارشناسی ارشد رشته های مهندسی مکانیک، مهندسی برق، مهندسی مکترونیک یا سایر رشته ها (حداکثر ۲ درس معادل ۶ واحد) بگذراند.

پایان نامه : (۶ واحد)

پایان نامه شامل دو قسمت طرح تحقیقی و رساله مربوط به ارائه نتیجه تحقیقات می باشد. تعداد واحدهای پایان نامه ۶ واحد می باشد.



¹ Micro Electro Mechanical Systems

² Nano Electro Mechanical Systems

نظر به آنکه هدف از ارائه دوره کارشناسی ارشد مهندسی سیستم های میکرونانو الکترومکانیک پاسخگویی به نیاز کشور، ارتقاء تکنولوژی کشور و رقابت در صحنه تولید جهانی می باشد، لذا لازم است گروه آموزشی عهده دار بررسی موضوعات پیشنهادی پروژه (از طرف اساتید، ارگانهای اجرایی و دانشجویان) و تعیین موضوعات مناسب برای دانشجویان باشد. بدیهی است در این بررسی در مورد هر پروژه اهداف و نتایج پروژه، تجهیزات مورد نیاز، بودجه لازم و مقدار زمان مورد نیاز برای تحقق بخشیدن به پروژه می بایستی در طرح پیشنهادی پروژه مشخص گردد.

(ب) اهداف

این رشته جزو صنایع پیشرو و با فناوری بالا در دنیا مطرح بوده و می تواند منجر به حرکت کشور در پیشانی علم و تولید، اشتغال و ثروت آفرینی شود.

هدف از این رشته تربیت متخصصانی است که بتوانند در حوزه میکرو و نانو فناوری در زمینه های مختلف مهندسی و تحقیقاتی اعم از صنعت، پزشکی، محیط زیست، صنایع دفاعی و انرژی، مطابق با نیاز امروزه، از توان طراحی و ساخت بالائی برخوردار بوده، از آموخته ها و توانائی های منحصر به فرد خود بتوانند به نحو احسن استفاده و با سایر متخصصان در علوم مختلف همکاری نمایند.

فارغ التحصیلان این رشته دارای دانش و بینش در حوزه طراحی، ساخت و استفاده از سامانه های میکرو نانو مقیاس می باشند. ماهیت بین رشته ای این رشته باعث می شود که فارغ التحصیلان دارای توانمندی تحلیل از دیدگاه مهندسی مکانیک، مهندسی برق و علم فیزیک باشند و همچنین قادر به ساخت ادوات در ابعاد میکرونانو مقیاس باشند.

(پ) اهمیت و ضرورت

در دنیا این رشته درمقاطع تحصیلات تکمیلی تحت عنوان Micro electro-mechanical systems ارائه می گردد. در ایران نیز چند سالی است در برخی دانشگاه های کشور ارائه می گردد نظیر دانشگاه تهران و دانشگاه تبریز که رشته مهندسی سیستم های میکرو و نانو الکترومکانیکی را ارائه می نمایند.

در دنیای امروز، فناوری نانو یکی از فناوری های برتری است که پیش بینی می شود زندگی بشر را در دهه های آینده متحول خواهد نمود. علاوه بر آن طبق سند چشم انداز کشور و هدف گذاری های کلان کشور، ایجاد بستر مناسب و تولید دانش و افراد متخصص در حوزه نانو تعریف شده است. دانشگاهها بعنوان مهمترین متولی تربیت نیروی متخصص علمی در کشور نیز موظف هستند در راستای اسناد و اهداف تعریف شده کشور تلاش نمایند. یکی از ضرورت های ایجاد رشته مهندسی میکرو نانو الکترومکانیک نیز تولید دانش فنی در حوزه میکرو نانو و تربیت نیروی متخصص است. به جرات می توان اذعان کرد بسیاری از دانشگاه ها و مراکز علمی معتبر و پیشرو در سراسر جهان در این راستا فعالیت دارند و همچنان در حال توسعه ظرفیت و توانمندی خود جهت ایجاد دانش و افراد متخصص در حوزه های مختلف فناوری های میکرو و نانو می باشند. از طرف دیگر ماهیت بین رشته ای این حوزه بسیار مهم و مورد نیاز است. در بسیاری از دانشگاههای معتبر جهان از ترکیب و حضور متخصصان برجسته در حوزه های مختلف علم و فناوری جهت ایجاد و اجرای رشته های بین رشته ای استفاده می شود و فناوری میکرو نانو الکترومکانیک نیز یکی از حوزه های اولویت دار در بین پژوهشگران شناخته شده است. سیستمهای میکرونانو الکترومکانیک در صناعی چون مخابرات، صنعت خودرو، پزشکی، فناوری زیستی، سیستم های دفاعی، دارویی و غیره دارای کاربردهای گوناگون هستند.



جدول (۱) - توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس جبرانی	حداکثر تا ۱۲ واحد
دروس تخصصی الزامی	۱۱
دروس تخصصی اختیاری	۱۱
پایان نامه	۶
جمع	۲۸

(ث) نقش، توانایی و شایستگی مورد انتظار از دانش آموختگان:

مهارت ها، شایستگی ها و توانمندی های ویژه	دروس مرتبط
طراحی سامانه های میکرو نانو الکترومکانیکی	نانو تکنولوژی طراحی مکانیکی سیستم های میکروالکترومکانیک سیستم های میکرو الکترومکانیک در فرکانسهای رادیویی طراحی و ساخت سیستمهای میکروفلوئیدیک ارتعاشات سیستم های پیوسته در ساختارهای میکرو الکترومکانیک طراحی مدارهای قرائت و بسته بندی ادوات میکروالکترومکانیک
سنتز و ساخت سامانه های میکرو نانو مقیاس	نانو تکنولوژی تئوری و تکنولوژی ساخت ادوات نیمه هادی سنسور و میکروماشین ادوات پیشرفته نانو الکترونیک سیستم های میکرو الکترومکانیک در فرکانسهای رادیویی طراحی و ساخت سیستمهای میکروفلوئیدیک روشهای شناسایی نانو مواد نانو فتونیک آزمایشگاه میکرو و نانو الکترومکانیک
استفاده از سامانه های میکرو نانو مقیاس در کاربردهای مختلف	سنسور و میکروماشین ادوات پیشرفته نانو الکترونیک سیستم های میکرو الکترومکانیک در فرکانسهای رادیویی طراحی و ساخت سیستمهای میکروفلوئیدیک نانو فتونیک مباحث ویژه در سیستم های میکرونانو الکترومکانیک
مهارت ها، شایستگی ها و توانمندی های عمومی	دروس مرتبط
تحلیل چند وجهی سامانه های میکرو نانو مقیاس از دیدگاه مهندسی مکانیک، مهندسی برق و علم فیزیک	فیزیک الکترونیک ارتعاشات سیستم های مکانیکی
شناخت زمینه های کاری و نیازهای کشور در این حوزه	کارآفرینی



ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

فارغ التحصیلان رشته های مهندسی برق، مهندسی مکانیک یا فیزیک می توانند در آزمون ورودی شرکت کنند.

چ) شرایط، ضوابط و الزامات اجرا و گسترش رشته؛

کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای میکرونانو الکترومکانیک، دوره ای آموزشی در مقطع تحصیلات تکمیلی است که ماهیت بین رشته ای دارد. محتوای درسی این رشته ترکیبی از رشته های مختلف بالاخص الکترونیک، مکانیک و فیزیک است. در این ادوات، قسمت های مختلفی از جمله بخش الکتریکی، مکانیکی، شیمیایی، مغناطیسی یا حرارتی می توانند در کنار یکدیگر قرار گیرند و همه مجموعه در انجام یک وظیفه واحد، دخیل باشند. پیشرفت در این فناوری منجر به تولید محصولاتی خواهد شد که میتواند در بسیاری از عرصه ها از جمله زمینه های صنعتی، تحقیقاتی، دفاعی، پزشکی و محیط زیست کاربرد موثر داشته باشد. در این رشته نحوه طراحی و ساخت ابزارهای پیچیده با قدرت شناسایی و تفکیک نانویی ارائه میشود. هدف از این رشته تربیت متخصصانی است که بتوانند در حوزه میکرو و نانو فناوری در زمینه های مختلف مهندسی و تحقیقاتی اعم از صنعت، پزشکی، محیط زیست، صنایع دفاعی و انرژی، مطابق با نیاز امروزه، از توان طراحی و ساخت بالائی برخوردار بوده، از آموخته ها و توانائی های منحصر به فرد خود بتوانند به نحو احسن استفاده و با سایر متخصصان در علوم مختلف همکاری نمایند.

* برای اجرای این رشته به اساتید مجرب در رشته های تخصصی نظیر الکترونیک، مکانیک، فیزیک و نانو فناوری نیاز می باشد. آزمایشگاه مناسب با امکانات ساخت افزاره های میکرو و نانو و تست و تحلیل آنها نیز از الزامات اجرای این رشته است. گسترش این رشته می تواند از طریق ایجاد گرایش هائی نظیر میکرو و نانو الکترونیک، میکرو و نانو فلئوئیدیک و غیره محقق گردد که در ویرایش های بعدی می تواند اجرائی گردد.

ه) زمینه های شغلی حال و آینده

حوزه های مهم کاربردی این رشته شامل حسگرها، محرکه های میکرونانو مقیاس، و دیگر ادوات و کاربردهای آن در صنایع مختلف نظیر صنایع خودرو، دفاعی، انرژی، پزشکی و سلامت می باشند. با توجه به رشد سریع استفاده از حسگرها در حوزه های هوشمند سازی و اینترنت اشیا، فارغ التحصیلان رشته مهندسی میکرونانو الکترومکانیک می توانند در این زمینه ها نیز نقش موثری ایفا نمایند.

سیستمهای میکرونانو الکترومکانیک در صنایعی چون مخابرات، صنعت خودرو، پزشکی، فناوری زیستی، سیستم های دفاعی، دارویی و غیره دارای کاربردهای گوناگون هستند. اکثر دانشجویان بعد از فارغ التحصیلی با ایجاد استارتآپهای فناورانه کسب و کار خود را راه می اندازند. بعلاوه استخدام در شرکت های خصوصی و دولتی مرتبط نیز امکان پذیر بوده و شرکت های زیادی متقاضی این متخصصین هستند.

ی) جایگاه تمدنی، فرهنگی و اجتماعی (جایگاه رشته تحصیلی در حوزه تمدنی گذشته، حال

و آینده و بافت فرهنگی و اجتماعی کشور)

گسترش این فناوری ها می تواند در تمدن آینده ایران اسلامی نقش موثری داشته باشد.



فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس



جدول (۲) - عنوان و مشخصات کلی دروس جبرانی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع				تعداد جلسات	تعداد ساعات*		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	عملی -	نظری		نظری	عملی		
۱	فیزیک الکترونیک	۳	۳	۰	۰	۰	۳۲	۴۸	۰	ندارد	ندارد
۲	ارتعاشات سیستم های مکانیکی	۳	۳	۰	۰	۰	۳۲	۴۸	۰	ندارد	ندارد

برحسب رشته و گرایش دانشجو در دوره کارشناسی، یکی از دو درس جبرانی به دانشجو ارائه می گردد. واحد های این درس در تعداد واحد های کل محسوب نمی گردد.

*: ساعت آموزش برای هر واحد نظری ۱۶ ساعت، عملی ۳۲ ساعت، عملی (از نوع کارگاهی) ۴۸ ساعت، کارآموزی و کارورزی ۶۴ یا ۱۲۸ ساعت است.

دانشجو می تواند با تایید مدیر گروه آموزشی حداکثر ۱۲ واحد دروس جبرانی بگذراند



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

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع				جلسات تعداد	تعداد ساعات*		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	عملی	نظری -		نظری	عملی		
۱	نانو تکنولوژی	۳	۳	۰	۰	۰	۳۲	۴۸	۰	-	-
۲	تئوری و تکنولوژی ساخت نیمه هادی ها	۳	۳	۰	۰	۰	۳۲	۴۸	۰	-	-
۳	سنسور و میکروماشین	۳	۳	۰	۰	۰	۳۲	۴۸	۰	نانو تکنولوژی و تئوری و تکنولوژی ساخت نیمه هادی ها	-
۴	سمینار	۲	۲	۰	۰	۰	۱۶	۳۲	۰	-	-
	جمع کل	۱۱	۱۱	۰	۰	۰		۱۷۶			

*: ساعت آموزش برای هر واحد نظری ۱۶ ساعت، عملی ۳۲ ساعت، عملی (از نوع کارگاهی) ۴۸ ساعت، کارآموزی و کارورزی ۶۴ یا ۱۲۸ ساعت است.



جدول (۴)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی اختیاری

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع			تعداد جلسات	وضعیت		تعداد ساعات*		پیش نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی		مرتبط با آمایش / مأموریت موسسه نیست.	مرتبط با آمایش / مأموریت موسسه است.	نظری	عملی		
۱	ادوات پیشرفته نانو الکترونیک	۳	۳	۰	۰	۳۲	✓		۴۸	۰	نانو تکنولوژی	
۲	طراحی مکانیکی سیستم های میکروالکترومکانیک	۳	۳	۰	۰	۳۲	✓		۴۸	۰		
۳	سیستم های میکرو الکترومکانیک در فرکانسهای رادیویی	۳	۳	۰	۰	۳۲	✓		۴۸	۰		
۴	طراحی و ساخت سیستمهای میکروفلوئیدیک	۳	۳	۰	۰	۳۲	✓		۴۸	۰		
۵	روشهای شناسایی نانو مواد	۳	۳	۰	۰	۳۲	✓		۴۸	۰	نانو تکنولوژی	-
۶	نانو فتونیک	۳	۳	۰	۰	۳۲	✓		۴۸	۰	نانو تکنولوژی	-
۷	طراحی مدارهای قرائت و بسته بندی ادوات میکروالکترومکانیک	۳	۳	۰	۰	۳۲	✓		۴۸	۰	-	-
۸	آزمایشگاه میکرو و نانو الکترومکانیک	۲	۰	۲	۰	۱۶	✓		۳۲	۰	تئوری و تکنولوژی ساخت نیمه هادی ها	-



کارشناسی ارشد مهندسی سیستم های میکرو و نانو الکترومکانیک / ۱۳

۹	ارتعاشات سیستم های پیوسته در ساختارهای میکرو الکترومکانیک	۳	۳	۰	۰	۳۲	√		۴۸	۰	-	-
۱۰	کارآفرینی در مهندسی سیستم های میکرو الکترومکانیک	۲	۲	۰	۰	۱۶	۳۲	۰	-	-	-	-
۱۱	مباحث ویژه در سیستم های میکرونانو الکترومکانیک	۳	۳	۰	۰	۳۲	√		۴۸	۰	-	-

*: ساعت آموزش برای هر واحد نظری ۱۶ ساعت، عملی ۳۲ ساعت، عملی (از نوع کارگاهی) ۴۸ ساعت، کارآموزی و کارورزی ۶۴ یا ۱۲۸ ساعت است.



فصل سوم

ویژگی های دروس



الف: عنوان درس به فارسی: نانو تکنولوژی				
نوع درس و واحد		Nanotechnology		عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒		ندارد		دروس پیش نیاز:
تخصصی الزامی ☒ عملی ☐		ندارد		دروس هم نیاز:
تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐		۳	تعداد واحد:	
پروژه/ رساله / پایان نامه ☐			تعداد ساعت:	
مهارتی-اشتغال پذیری ☐		۴۸		
مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه ☐ است		وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		
مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه ☐ نیست				

ب) هدف کلی:

هدف از ارائه این درس آشنائی دانشجویان با مبانی نانو تکنولوژی، روشهای ساخت و سنتز انواع نانو ساختارها، مشخصه یابی و بررسی رفتار الکتریکی، نوری، مکانیکی و دیگر مشخصات وابسته به اندازه مواد و کاربرد نانو مواد می باشد.

اهداف ویژه:

۱. روش سنتز نانو ساختارها روشهای پائین به بالا
۲. روش ساخت نانو ساختارها روشهای بالا به پائین
۳. مشخصه یابی نانو ساختارها
۴. تغییر خواص نانو مواد

پ) سرفصل ها:

۱ - مقدمه ای بر نانو تکنولوژی: محدودیت های فیزیکی برای کوچک سازی، ملاحظات مکانیک کوانتومی

- فرایندهای پائین به بالا و بالا به پائین
- معرفی نانو تکنولوژی مولکولی:
- شبیه سازی کلاسترهای مولکولی،
- فرایند تشکیل شکاف انرژی در مولکولها

۲- روشهای ساخت نانو مواد با رویکرد پائین به بالا
۳- روشهای ساخت نانو مواد با رویکرد بالا به پائین
۴- مقدمه ای بر نانومواد

- نانومواد و دسته بندی آنها
- نانومواد صفر بعدی: فولرین، نقاط کوانتومی، نانوذرات و نانوپودر
- نانومواد یک بعدی: نانولوله های کربنی و غیر کربنی، نانوسیم ها و نانوالیاف
- نانومواد دوبعدی: گرافن، مواد شبه گرافنی، نانوروبانها و نانوپوششها
- نانومواد سه بعدی: نانوساختارهای حجیم و نانوکامپوزیتها

۵- روشهای ساخت ساختارها و سیستمهای نانومتری با رویکرد بالا به پائین

- نانو لیتوگرافی: لیتوگرافی با اشعه ایکس،
- لیتوگرافی پرتو الکترونی،



- لیتوگرافی بر پایه دستگاه میکروسکوپی نیروی اتمی
- لیتوگرافی نرم
- روش چاپ با تماس میکرومتری
- لیتوگرافی چاپی در مقیاس نانو
- قالب گیری نسخه برداری
- روش قالبگیری انتقال میکرونی
- میکرو قالب گیری با نیروی موئینگی
- میکرو قالب گیری به کمک حلال
- نانو زدایش: پرتو یونی متمرکز شده
- کاربرد پرتو یونی متمرکز شده در نانو لیتوگرافی و ایجاد آلایش

۶- نانو لایه ها

- روش های تولید فیزیکی نانو لایه ها،
- روش های سنتز شیمیائی نانو لایه ها،
- روش های لایه نشانی اپیتکسی،
- مشخصه یابی نانو لایه ها،
- کاربرد نانو لایه ها

۷- نانوذرات و نقاط کوانتومی

- معرفی نانوذرات و نقاط کوانتومی
- خواص نانوذرات و نقاط کوانتومی
- روشهای سنتز نانوذرات و نقاط کوانتومی کاربردهای نانوذرات و نقاط کوانتومی در سیستمهای میکرو و نانوالکترومکانیکی
- آرایه سلول های کوانتومی و کاربردهای آن در نانو کامپیوترها

۸- فولرین

- معرفی فولرین
- خواص فولرین
- روشهای سنتز فولرین
- کاربردهای فولرین در سیستمهای میکرو و نانوالکترومکانیکی

۹- نانولوله های کربنی و غیر کربنی

- معرفی انواع نانولوله ها
- خواص نانولوله ها
- روشهای سنتز نانولوله ها
- مکانیزمهای رشد نانولوله ها
- کاربردهای نانولوله ها در سیستمهای میکرو و نانوالکترومکانیکی

۱۰- نانوسیم ها و نانوالیاف

- معرفی انواع نانوسیم ها و نانوالیاف
- خواص نانوسیم ها و نانوالیاف
- روشهای سنتز نانوسیم ها و نانوالیاف
- نانو سیم های مغناطیسی، نانو سیم های نیمه هادی، نانو سیم های اکسیدی
- مکانیزمهای رشد نانوسیم ها و نانوالیاف
- کاربردهای نانوسیم ها و نانوالیاف در سیستمهای میکرو و نانوالکترومکانیکی
- روشهای ساخت ادوات مبتنی بر نانو سیم ها
- روش های ساخت نانو ساختارهای خود آرایه شونده با استفاده از غشاء های آلومینای نانو متخلخل



- روش های تولید غشاء های آلومینای نانو متخلخل بسیار منظم بر پایه آنودایزیشن چند مرحله ای
- انتقال الگو با استفاده از غشاء های آلومینای نانو متخلخل
- ساختارهای نانو متخلخل نیمه هادی
- ۱۱- گرافن و مواد شبه گرافنی
 - معرفی گرافن و مواد شبه گرافنی
 - خواص گرافن
 - روشهای سنتز گرافن
 - مکانیزمهای رشد گرافن
 - کاربردهای گرافن در سیستمهای میکرو و نانوالکترومکانیکی
- ۱۲- نانوکامپوزیتها
 - نانوکامپوزیتهای پایه فلزی
 - نانوکامپوزیتهای پایه سرامیکی
 - نانوکامپوزیتهای پایه پلیمری
 - کاربرد نانوکامپوزیتها در سیستمهای میکرو و نانوالکترومکانیکی

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مبتنی بر مراجع روز دنیا در قالب اسلاید و فیلم های آموزشی مناسب و توضیح و تشریح هدف و محتوا

ث) روش ارزشیابی (پیشهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۳۰ درصد
آزمون نیم ترم	۲۰ درصد
آزمون پایانی	۵۰ درصد
سایر موارد در صورت نیاز قید - شود.	

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

کلاس مناسب با امکانات تخته هوشمند یا ویدئو پروژکتور و تخته وایت برد

چ) منابع علمی پیشنهادی:

- Sergey Edward Lyshevsky, Nano and Molecular Electronics Hand Book, CRC Press, 2007.
- W. R. Fahrner, Nanotechnology and Nanoelectronics Materials, Devices, Measurement Techniques, Springer, 2005.
- Cherry Bhargava, Amit Sachdeva, Nanotechnology: Advances and Real-Life Applications, CRC Press, 2020



- Bharat Bhushan, "Springer handbook of nanotechnology", Springer, 2003
- Charles P Poole, Jr., Frank J. Owens, "Introduction to nanotechnology", WILEY, 2003
- N. P. Mahalik, "Micromanufacturing and Nanotechnology", Springer, 2006
- Michael Köhler, Wolfgang Fritzsche, "Nanotechnology: An Introduction to nanostructuring techniques", WILEY, 2007
- Yuri Gogotsi, "Nanomaterials handbook", Taylor & Francis, 2006
- Mohammed Muzibur Rahman, "Nanomaterials" InTech, 2011
- Zhen Guo Li Tan, "Fundamentals and Applications of Nanomaterials, ARTECH HOUSE, 2009
- Peter J F Harris, "Carbon Nanotube Science: Synthesis, Properties and Applications" CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2009
- Jian Ru Gong, "Graphene: Synthesis, Characterization, Properties and Applications", InTech 2011
- Dale A. C. Brownson, Craig E. Banks, "The Handbook of Graphene Electrochemistry", Springer, 2014

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه: -

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی امکان پذیر بوده دانشگاه محل اجرا بایستی زیر ساخت های لازم را فراهم نماید.



الف: عنوان درس به فارسی: تئوری و تکنولوژی ساخت نیمه هادی ها				
نوع درس و واحد		Theory and echnology of Semiconductors		عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒		ندارد		دروس پیش نیاز:
تخصصی الزامی ☒ عملی ☐		ندارد		دروس هم نیاز:
تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐		۳	۴۸	تعداد واحد:
پروژه/ رساله / پایان نامه ☐				تعداد ساعت:
مهارتی-اشتغال پذیری ☐				
مرتبط با آمایش/مأموریت ☐ مرتبط با مأموریت/آمایش ☐		وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		
موسسه نیست ☐ موسسه است ☐				

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با مفاهیم علمی و تئوری موجود در خصوص ادوات نیمه هادی و همچنین نحوه ساخت این ادوات است.

اهداف ویژه:

در این درس دانشجویان با روشها و دستگاههای مورد نیاز برای انجام مراحل مختلف ساخت این ادوات، آشنا می شوند. در ابتدا خواص فیزیکی، الکتریکی و مکانیکی برخی مواد نیمه هادی بیان می شود و سپس فرایندهای مختلف جهت ساخت ادوات نیمه هادی تشریح خواهند شد. برای هر یک از مراحل و فرایندهای ساخت علاوه بر بیان بخش تئوری، تجهیزات و نحوه عمل نیز بیان خواهد شد. در این درس دانشجو با ماهیت فرایندهای ساخت در ادوات نیمه هادی و بسیاری از ادوات میکرونانو الکترومکانیک آشنا می شود.

پ) سر فصل ها:

بخش اول: آماده سازی زیر لایه ها برای انجام فرآیند های ساخت ادوات الکترونیکی

- مقدمه ای بر ادوات نیمه هادی و ساختار و خواص الکترونیکی مواد
- روند توسعه تکنولوژی ساخت ادوات الکترونیکی با تکیه بر تکنولوژی ساخت مدارات مجتمع C-MOS
- کریستالوگرافی و معرفی شاخص های میلر، شبکه های کریستالی، رشد بلورهای سیلیکانی شامل روش های CZ و FZ و تئوری حاکم بر آنها، بررسی نقص ها در بلورها و روش های آنالیز مواد
- روش های تمیز سازی: اناق تمیز، سطوح و روش های گیراندازی

بخش دوم: ایجاد طرح ها و الگوها

- لیتوگرافی نوری و بررسی روش های مرسوم فتولیتوگرافی
- بررسی تکنیک ها و تئوری لایه نشانی فیزیکی، روش های اپی تکسی و شیمیایی و آشنایی با سیستم های خلا
- ایجاد لایه های اکسید سیلیکان و بررسی فصل مشترک Si/SiO_2 ، کوره های افقی و عمودی، اکسیداسیون در فشار اتمسفر، اکسیداسیون در فشار بالا، اکسیداسیون سریع، اکسیداسیون خشک و ترو تشخیص ضخامت لایه های اکسید از طریق رنگ لایه
- زدایش لایه ها: زدایش خشک و مرطوب

بخش سوم: روشهای نفوذ دادن ناخالصی به نیمه هادی



- تئوری دیفیوژن و عوامل موثر بر آن
- تشکیل و تشدید عیوب کریستالی ناشی از دیفیوژن
- کوره های دیفیوژن
- انواع منابع دیفیوژن
- معرفی روش کاشت یونی
- تئوریهای مربوط به محاسبات عمق و عرض نفوذ ناخالصیها در روش کاشت یونی
- مقایسه مزایا و معایب و کاربردهای روشهای دیفیوژن و کاشت یونی
- یادگیری روش طراحی پروسه نفوذ ناخالصی به نیمه هادی

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مبتنی بر مراجع روز دنیا در قالب اسلاید و فیلم های آموزشی مناسب و توضیح و تشریح هدف و محتوا

ث) روش ارزشیابی (پیشهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۵ درصد
آزمون نیم ترم	۲۵ درصد
آزمون پایانی	۵۰ درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید - شود.

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

کلاس مناسب با امکانات تخته هوشمند یا ویدئو پروژکتور و تخته وایت برد

چ) منابع علمی پیشنهادی:

- J.D Plummer, M.D. Deal, P.B. Griffin, Silicon VLSI Technology, Fundamentals, Practice and Modeling, Pearson College Div, US Ed edition, Prentice Hall, 2020.
- M.S. Sze, Semiconductor Devices, Physics and Technology, 3rd edition, John Wiley & Sons, 2012.
- Peter Van Zant, Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing, Sixth Edition 6th Edition, McGraw Hill, 2014.
- Hwaiyu Geng, Semiconductor Manufacturing Handbook, Second Edition 2nd Edition, McGraw Hill, 2017.
- B. El-Kareh, Fundamentals of Semiconductor Processing Technology, Springer, 1995.

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه: -

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی امکان پذیر بوده دانشگاه محل اجرا بایستی زیر ساخت های لازم را فراهم نماید.



الف: عنوان درس به فارسی: سنسور و میکروماشین		
نوع درس و واحد	Sensor and Micromachine	عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒	نانو تکنولوژی و تئوری و تکنولوژی ساخت نیمه هادی ها	دروس پیش نیاز:
تخصصی الزامی ☒ عملی ☐	ندارد	دروس هم نیاز:
تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
پروژه/رساله / پایان نامه ☐	۴۸	تعداد ساعت:
مهارتی-اشتغال پذیری ☐	وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)	
مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه ☐ نیست ☐		

ب) هدف کلی:

هدف از ارائه این درس آشنائی با نحوه عملکرد سنسورها و فرایندهای ساخت آنها می باشد.

اهداف ویژه:

این درس از دو بخش تشکیل شده است که در بخش اول دانشجویان با انواع سنسورها و در بخش دوم با روش های میکروماشینکاری آشنا می شوند. کلیه مکانیزم های حسگری به دانشجو آموزش داده می شود در بخش میکرو ماشینکاری، تکنولوژی میکرو ماشینکاری سطحی و توده ای و LIGA بیان می شود و دانشجویان با تمام فرایندهای میکرو ماشین کاری آشنایی کامل پیدا خواهند کرد.

پ) سرفصل ها:

۱-مقدمه ای بر سنسورها

تعریف سنسور، انواع سنسور، ویژگی های سنسور، تاریخچه ای بر سنسورها

۲- روش های میکرو ماشین

- میکرو ماشینکاری سطحی (Surface Micromacheningg)
- میکرو ماشینکاری حجمی (توده ای) (Bulk Micromacheningg)
- میکروماشین کاری با فرایند LIGA
- تکنیک های ساخت ادوات MEMS به صورت ۳ بعدی و روش های باند کردن و متصل کردن آنها

۳- سنسورهای تابشی

- مقدمه، فیزیک تابش، تداخل تابش الکترومغناطیس با نیمه هادیها، انواع ادوات نیمه هادی برای آشکارسازی تابش الکترومغناطیس، سنسورهای مادون قرمز، سنسورهای رنگ نور مرئی، فتودیودهای انرژی بالا، سنسورهای ایکس ری- رویکردهای نوین در سنسورهای تابشی

۳- سنسورهای حرارتی

- مقدمه-انتقال حرارت، ساختارهای گرمائی، عناصر حس کننده حرارتی، سنسورهای دما و درجه حرارت، کاربردهای سنسورهای حرارتی، رویکردهای نوین در سنسورهای حرارتی

۴- سنسورهای شیمیائی و زیستی



- مقدمه، تعامل گونه های گازی در سطح نیمه هادیها، کاتالیزورها، سنسورهای فیلم نازک، سنسورهای پولک فشرده و فیلم ضخیم، ادوات FET برای تشخیص گاز و یون، انواع حسگرهای زیستی، آزمایشگاهی بر روی یک تراشه و رویکردهای نوین در سنسورهای گازی و زیستی

۵- سنسورهای مغناطیسی:

- سنسورهای اثر هال برای تشخیص میدانهای مغناطیسی، ترانزیستورهای مغناطیسی، چگونگی میدانهای مغناطیسی در مواد مختلف، روش های مختلف برای تشخیص میدانهای مغناطیسی

۶- سنسورهای مکانیکی:

- شتاب سنجها، ژيروسکوپ ها، فشار سنج ها، دبی سنج ها و ...

(ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مبتنی بر مراجع روز دنیا در قالب اسلاید و فیلم های آموزشی مناسب و توضیح و تشریح هدف و محتوا

(ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۳۰ درصد
آزمون نیم ترم	۲۰ درصد
آزمون پایانی	۵۰ درصد
سایر موارد در صورت نیاز قید- شود.	

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

کلاس مناسب با امکانات تخته هوشمند یا ویدئو پروژکتور و تخته وایت برد

(چ) منابع علمی پیشنهادی:

- Semiconductor-Based Sensors, World Scientific Publishing Co., 2017.
- Adil Denizli, Plasmonic Sensors and their Applications, John Wiley & Sons, 2021
- M.S. Sze, Semiconductor Sensors, John Wiley & Sons, 1994.
- J.D Plummer, M.D. Deal, P.B. Griffin, Silicon VLSI Technology, Fundamentals, Practice and Modeling, Prentice Hall, 2000.
- B. El-Kareh, Fundamentals of Semiconductor Processing Technology, Springer, 1995.
- S.Beeby, J. Ensel, M. Kraft, N. White, MEMS Mechanical Sensors, Artech House, Inc., Boston • London, 2004
- S. Franssila. "Introduction to Micro Fabrication" 2010

(ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه: -

(خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی امکان پذیر بوده دانشگاه محل اجرا بایستی زیر ساخت های لازم را فراهم نماید.



الف: عنوان درس به فارسی: سمینار		
نوع درس و واحد	Seminar	عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒	ندارد	درس پیش نیاز:
عملی ☐ تخصصی الزامی ☒	ندارد	درس هم نیاز:
تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐	۲	تعداد واحد:
پروژه/رساله / پایان نامه ☐		تعداد ساعت:
مهارتی-اشتغال پذیری ☐	۳۲	
مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است ☐	وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای درس تخصصی اختیاری مشخص شود)	
مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست ☐		

ب) هدف کلی:

هدف از ارائه این درس آشنائی دانشجویان با مبانی تحقیق علمی و نحوه گزارش نویسی و ارائه علمی می باشد.

اهداف ویژه:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با موارد زیر است:

- ۱) نحوه تحقیق علمی
- ۲) نحوه نگارش مدارک علمی معتبر

پ) سرفصل ها:

- ۱) نحوه ارائه و نگارش سمینار، پروپوزال، پایان نامه و رساله
- ۲) نحوه جستجو در سایتهای معتبر علمی
- ۳) نحوه نگارش مقالات علمی
- ۴) نحوه نگارش طرح کسب و کار

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مبتنی بر مراجع روز دنیا در قالب اسلاید و فیلم های آموزشی مناسب و توضیح و تشریح هدف و محتوا

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت های کلاسی در طول نیم سال | ۵۰ درصد |
| آزمون نیم ترم | ۰ درصد |
| آزمون پایانی (ارائه نهائی) | ۵۰ درصد |



ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مناسب با امکانات تخته هوشمند یا ویدئو پروژکتور و تخته وایت برد

چ) منابع علمی پیشنهادی:

- Angelika H. Hofmann, "Scientific Writing and Communication, Papers, Proposals, and Presentations", 3rd Edition, New York: Oxford University Press, 746 Pages, 2018.
- Stephan Bailey, "Academic Writing A Handbook for International Students", 3rd Edition, Taylor & Francis Group, 2011.

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه: -

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی امکان پذیر بوده دانشگاه محل اجرا بایستی زیر ساخت های لازم را فراهم نماید.



الف: عنوان درس به فارسی: ادوات پیشرفته نانوالکترونیک			
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Nano-electronics Devices	
نوع درس و واحد			
دروس پیش نیاز:		نانو تکنولوژی	
دروس هم نیاز:		ندارد	
تعداد واحد:		۳	
تعداد ساعت:		۴۸	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت	
		مرتبط با مأموریت/آمایش	
		موسسه نیست	
		موسسه است	

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با سیر تحول ادوات الکترونیک و بررسی ادوات الکترونیکی پیشرفته است.

اهداف ویژه:

دانشجویان ابتدا با ادوات مرسوم آشنا می شوند و سپس چالش های پیش روی هر کدام از تکنولوژی ها بررسی و به راه حل های آنها پرداخته می شود. در این درس سعی خواهد شد ادوات الکترونیکی جدید معرفی شوند و مزایا و معایب آنها مورد بررسی قرار گیرد.

پ) سرفصل ها:

بخش اول: تکنولوژی مرسوم ادوات الکترونیکی

- مقدمه ای بر ترانزیستورهای C-MOS
- مقدمه ای بر مدارات مجتمع و بررسی چالش های آنها
- ساختارهای ناهمگون نیمه های ها
- نقشه راه تکنولوژی نیمه های ها ITRS
- تاثیر کوچک کردن ابعاد روی عملکرد ترانزیستور C-MOS (اثرات کانال کوتاه)

بخش دوم: معرفی ادوات الکترونی جدید در حوزه نانو الکترونیک

- نیمه هادی های ارگانیک
- ادوات الکترونیکی بر پایه نانو لوله های کربنی
- ادوات الکترونیکی بر پایه انواع نانو ساختارها
- انتقال الکترون در نیمه های ها و نانوساختارها
- ترانزیستور های تک الکترونی
- دیود های تونل زنی
- الکترونیک مولکولی، آشنایی با مواد و روش های ساخت آنها
- ادوات اسپینترونیک



ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مبتنی بر مراجع روز دنیا در قالب اسلاید و فیلم های آموزشی مناسب و توضیح و تشریح هدف و محتوا

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۳۰ درصد
آزمون نیم ترم	۲۰ درصد
آزمون پایانی	۵۰ درصد
سایر موارد در صورت نیاز قید- شود.	

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

کلاس مناسب با امکانات تخته هوشمند یا ویدئو پروژکتور و تخته وایت برد

چ) منابع علمی پیشنهادی:

- Sergey Edward Lyshevsky, Nano and Molecular Electronics Hand Book, CRC Press, 2007.
- M.S. Sze, Semiconductor Devices, Physics and Technology, 3rd edition, John Wiley & Sons, 2012.
- J.D Plummer, M.D. Deal, P.B. Griffin, Silicon VLSI Technology, Fundamentals, Practice and Modeling, Pearson College Div, US Ed edition, Prentice Hall, 2020.
- S.K. Ghandhi, VLSI Fabrication Principles, Mc Graw-Hill, 1982.
- Supriyo Datta, "Quantum transport, Atom to Transistor", Cambridge University Press ,2005
- Ban, p. Wong et al "Nano-MOS Circuit and physical design", Wiley & Sons Ltd,2005
- Streetman G. Ben, "Solid State electronics Devices" John Wiley & Sons Ltd,2006

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه: -

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی امکان پذیر بوده دانشگاه محل اجرا بایستی زیر ساخت های لازم را فراهم نماید.



الف: عنوان درس به فارسی: طراحی مکانیکی سیستمهای میکروالکترومکانیک			
نوع درس و واحد		Mechanical Design of the Microelectromechanical Systems	عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒		ندارد	دروس پیش نیاز:
تخصصی الزامی ☐ عملی ☐		ندارد	دروس هم نیاز:
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	تعداد واحد:
پروژه/ رساله / پایان نامه ☐			تعداد ساعت:
مهارتی-اشتغال پذیری ☐			۴۸
مرتبط با آمایش/مأموریت ☒ مرتبط با مأموریت/آمایش ☐		وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)	
موسسه نیست ☒ موسسه است ☐			

ب) هدف کلی:

هدف از ارائه این درس آشنایی دانشجویان با طراحی سیستمهای میکروالکترومکانیکی بر اساس تحلیل رفتار مکانیکی این سیستمها است.

اهداف ویژه:

در این درس دانشجویان در زمینه شناخت اصول و مبانی عملکرد انواع میکروسیستمها و میکروعملگرها، طراحی تحلیلی سازه ها و سیستمهای میکروالکترومکانیکی، طراحی و شبیه سازی انواع سیستمهای میکروالکترومکانیکی به روش اجزاء محدود و همچنین مواد مورد استفاده در این سیستمها دانش لازم را کسب خواهند نمود.

پ) سرفصلها:

مقدمه ای بر سیستمهای میکروالکترومکانیکی

- معرفی سیستمهای میکروالکترومکانیکی
- تاریخچه سیستمهای میکروالکترومکانیکی
- محصولات سیستمهای میکروالکترومکانیکی
- مبدلهای میکروالکترومکانیکی

مبانی عملکرد سیستمهای میکروالکترومکانیکی و کاربردهای آنها

- مبانی عملکرد میکروسیستمها
- میکروسنسورها و میکروعملگرها
- مبانی عملکرد میکروسنسورها
- مبانی عملکرد میکروعملگرها
- میکروعملگرهای حرارتی
- میکروعملگرهای مبتنی بر آلیاژهای حافظه دار
- میکروعملگرهای پیزوالکتریکی
- میکروعملگرهای الکتروستاتیکی
- میکروگریپرها (میکروگیره ها)
- میکروموتورها



- میکروشیورها
- میکروپمپها
- کاربردهای سیستمهای میکروالکترومکانیکی

طراحی سیستمهای میکروالکترومکانیکی

- ملاحظات (قیود) طراحی سیستمهای میکروالکترومکانیکی
- مبانی تئوری طراحی مکانیکی سیستمهای میکروالکترومکانیکی
- شناخت فرم های هندسی معمول در طراحی سیستمهای میکروالکترومکانیکی
- شناخت انواع الگوهای بارگذاری در سیستمهای میکروالکترومکانیکی
- تحلیل استاتیکی سیستمهای میکروالکترومکانیکی
- تحلیل دینامیکی و ارتعاشات سیستمهای میکروالکترومکانیکی
- تحلیل تنش و کرنش در میکروساختارها
- تئوری طراحی میکروشتاب سنج ها
- طراحی میکروشتاب سنج ها
- تحلیل خمش صفحات نازک (غشاء)
- تحلیل مکانیکی - حرارتی میکروساختارها
- تحلیل حرارتی - سیالاتی سیستمهای میکروالکترومکانیکی
- مکانیک شکست در سیستمهای میکروالکترومکانیکی
- مکانیک لایه های نازک

ملاحظات مربوط به مواد در طراحی سیستمهای میکروالکترومکانیکی

- سرامیکها
- پلیمرها
- فلزات

طراحی، تحلیل و شبیه سازی سیستمهای میکروالکترومکانیکی به روش اجزاء محدود

- اصول و مبانی روش اجزاء محدود
- طراحی، تحلیل و شبیه سازی به روش اجزاء محدود
- طراحی، تحلیل و شبیه سازی نمونه هایی از سیستمهای میکروالکترومکانیکی

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مبتنی بر مراجع روز دنیا در قالب اسلاید و فیلم های آموزشی مناسب و توضیح و تشریح هدف و محتوا

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت های کلاسی در طول نیم سال | ۲۵ درصد |
| آزمون نیم ترم | ۲۵ درصد |
| آزمون پایانی | ۵۰ درصد |

سایر موارد در صورت نیاز قید - شود.



ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مناسب با امکانات تخته هوشمند یا ویدئو پروژکتور و تخته وایت برد

چ) منابع علمی پیشنهادی:

- Tai-Ran Hsu, “MEMS & Microsystems _Design and Manufacture” McGraw-Hill, 2002
- James j. Allen, “Microelectromechanical system design” Taylor & Francis, 2005
- Kanakasabapathi surbamanian, “Microelectromechanical systems: a design approach” springer, 2011

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه: -

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی امکان پذیر بوده دانشگاه محل اجرا بایستی زیر ساخت های لازم را فراهم نماید.



الف: عنوان درس به فارسی: سیستم های میکروالکترومکانیک در فرکانسهای رادیویی			
نوع درس و واحد		Radio Frequency Micro Electro Mechanical Systems (RF MEMS)	عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒		ندارد	درس پیش نیاز:
تخصصی الزامی ☐ عملی ☐		ندارد	درس هم نیاز:
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	تعداد واحد:
پروژه/رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:
مهارتی-اشتغال پذیری ☐			
مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه ☐ نیست ☒		وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)	
مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه ☐ است ☒			

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با تحلیل، طراحی و فهم نحوه عملکرد ادوات میکروالکترومکانیکی در فرکانسهای رادیویی است.

اهداف ویژه:

با توجه به ساختار و ابعاد این دسته از ادوات، بسیاری از نوسانهای فرکانس بالا، بصورت مکانیکی هستند و روشهای تحلیل استاتیکی و دینامیکی مورد استفاده قرار می گیرند. در این درس دانشجو مبانی و روشهای تحلیل الکترومغناطیسی و مکانیکی ادوات میکروالکترومکانیکی در فرکانسهای رادیویی را می آموزد. پارامترهای پراکندگی معرفی و نحوه کاربرد آنها در طراحی یا تحلیل ادوات RF MEMS بررسی میشوند. انواع سوئیچها از جمله خازنی، اتصال DC، سری و موازی و همچنین سلفها و خازنهای میکروماشینکاری شده معرفی میشوند. برخی از ادوات RF MEMS همچون سوئیچ ها، نوسانگرها، وارکتورها و شیفتهای فاز در این درس معرفی می گردند.

پ) سرفصلها:

بخش اول: مروری بر ادوات فرکانس بالا

- مقدمه ای بر ادوات RF MEMS و تاریخچه آن
- مقایسه ادوات RF MEMS با قطعات مشابه الکترونیکی فرکانس بالا
- معرفی پارامترهای پراکندگی و کاربردها
- خطوط انتقال میکروماشینکاری شده
- معرفی PIN diode و ساختار آن

بخش دوم: مدل مکانیکی ادوات RF MEMS

- تحلیل استاتیک شامل:
 - قانون هوک، محاسبه ضریب فنری تیرهای یک سر درگیر و دو سر درگیر، اثر استرس ذاتی بر ضریب فنری
 - تحریک الکترواستاتیک
 - اثر بار متمرکز و بار گسترده و ...
- تحلیل دینامیک شامل:
 - تحلیل دینامیک خطی و غیر خطی میکروتیرها ی یک سر درگیر و دوسر درگیر



- محاسبه زمان سوئیچینگ، محاسبه پاسخ میکرو تیرها به شکل موج های مختلف،
- انرژی سوئیچینگ

بخش سوم: مدل الکترومغناطیسی سوئیچهای RF MEMS

- مدل سازی الکترومغناطیسی سوئیچهای خازنی و سری
- محاسبه خازن، سلف و مقاومت معادل
- محاسبه پارامترهای پراکندگی در سوئیچها
- مدل الکترومغناطیسی انواع سوئیچ ها شامل خازنی، اتصال DC، سری و موازی
- مکانیسم فعال شدن خودکار سوئیچ

بخش چهارم: قابلیت اطمینان و توان سوئیچ های RF MEMS

- عوامل موثر در کیفیت
- خرابی و قابلیت اطمینان در سوئیچهای خازنی
- خرابی و قابلیت اطمینان در سوئیچهای اتصال DC
- بررسی سوئیچهای MEMS در شرایط توانهای کم و زیاد

بخش پنجم: طراحی مدارهای سوئیچ MEMS

- طراحی سوئیچهای خازنی در محدوده فرکانسی C و W و X
- مدارهای تطبیق T و Π
- طراحی سوئیچهای موازی در مدارهای میکرواستریپ
- طراحی سوئیچهای سری و موازی با اتصال DC در مدارهای CPW
- طراحی سوئیچهای سری خازنی و موازی، SP2T، SP4T، DPDT

بخش ششم: انتقال دهنده های فاز از نوع MEMS

- انتقال دهنده های فاز از نوع انعکاسی
- انتقال دهنده های فاز از نوع Switched line
- انتقال دهنده های فاز از نوع Loaded line
- انتقال دهنده های فاز بر پایه شبکه های سوئیچ
- انتقال دهنده های فاز از نوع Distributed MEMS

بخش هفتم: واراكتورها ، نوسانگرهای قابل تنظیم و سلفهای میکروماشینکاری شده

- خازنهای با صفحات موازی قابل تنظیم الکترواستاتیک
- خازنهای با صفحات موازی قابل تنظیم پیزو الکتریک
- با صفحات موازی قابل تنظیم حرارتی
- خازنهای اینتردیجیت قابل تنظیم
- نوسانگرهای کنترل شونده با ولتاژ مبتنی بر MEMS
- سلفهای مسطح
- سلفهای حاصل از زدایش زیرلایه
- سلفهای سلونویدی شکل



بخش هشتم: فیلترهای میکروماشینکاری شده

- ساختار فیلترها در ادوات RF MEMS
- فیلترهای مکانیکی
- فیلترهای SAW
- فیلترهای قابل تنظیم

(ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مبتنی بر مراجع روز دنیا در قالب اسلاید و فیلم های آموزشی مناسب و توضیح و تشریح هدف و محتوا

(ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۵ درصد
آزمون نیم ترم	۲۵ درصد
آزمون پایانی	۵۰ درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید - شود.

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

کلاس مناسب با امکانات تخته هوشمند یا ویدئو پروژکتور و تخته وایت برد

(چ) منابع علمی پیشنهادی:

- G.M. Rebeiz, "RF MEMS: Theory, Design and Technology", Wiley, 2003.
- C. C. Enz, A. Kaiser, "MEMS-based Circuits and Systems for Wireless Communication", Springer, 2013.
- V. K. Varadan, K. J. Vinoy, K. A. Jose, "RF MEMS and Their Applications", Wiley, 2003.
- D. M. Pozar, "Microwave Engineering", John Wiley & Sons, 2012.

(ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:-

(خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی امکان پذیر بوده دانشگاه محل اجرا بایستی زیر ساخت های لازم را فراهم نماید.



الف: عنوان درس به فارسی: طراحی و ساخت سیستمهای میکروفلوئیدیک				
نوع درس و واحد		Design and Fabrication of the Microfluidic Systems		عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒		ندارد		دروس پیش نیاز:
تخصصی الزامی ☐ عملی ☐		ندارد		دروس هم نیاز:
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	تعداد واحد:	
پروژه/ رساله / پایان نامه ☐				
مهارتی-اشتغال پذیری ☐				
		۴۸	تعداد ساعت:	
مرتبط با آمایش/مأموریت ☒ مرتبط با مأموریت/آمایش ☐		وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		

ب) هدف کلی:

هدف از ارائه این درس شناخت سیستمهای میکروفلوئیدیک و آشنایی با روشهای طراحی و ساخت آنها می باشد.

اهداف ویژه:

در این درس دانشجویان در زمینه شناخت مبانی و اصول عملکرد اجزاء سیستمهای میکروفلوئیدیک، تحلیل رفتار سیال و انتقال حرارت در سیستمهای میکروفلوئیدیک، طراحی تحلیلی و شبیه سازی سیستمهای مذکور به روش اجزاء محدود و همچنین مواد و فرآیندهای ساخت آنها دانش لازم را کسب خواهند نمود.

پ) سرفصل ها:

مقدمه ای بر سیستمهای میکروفلوئیدیک

- معرفی سیستمهای میکروفلوئیدیک
- تاریخچه سیستمهای میکروفلوئیدیک
- کاربردهای سیستمهای میکروفلوئیدیک
- انواع سیستمهای میکروفلوئیدیک

اجزاء سیستمهای میکروفلوئیدیک

- میکروپمپها
- اجزاء نازل- دیفیوژری
- میکروشیرها
- میکرومیکسرها
- میکرو جداکننده ها
- محفظه ها و مخازن

مکانیک سیالات در سیستمهای میکروفلوئیدیک

- مقدمه: نیروهای بین مولکولی، حالات ماده، فرض پیوستگی
- مکانیک سیال پیوسته در مقیاس کوچک
- جریانهای گازی و مایع
- شرایط مرزی



- جریانهای موازی
- جریانهای با عدد رینولدز پائین
- اثرات ورودی
- کشش سطحی
- الکتروستاتیک
- الکتروفرورسیس
- دی الکتروفرورسیس

انتقال حرارت در سیستمهای میکروفلوئیدیک

- هدایت حرارت در گازها، مایعات و جامدات
- انتقال حرارت همرفتی
- انتقال حرارت همرفتی - نفوذ

طراحی، تحلیل و شبیه سازی سیستمهای میکروفلوئیدیک به روش اجزاء محدود

- اصول و مبانی روش اجزاء محدود
- طراحی، تحلیل و شبیه سازی سازی به روش اجزاء محدود
- تحلیل نمونه هایی از سیستمهای میکروفلوئیدیک

مواد و روشهای ساخت سیستمهای میکروفلوئیدیک

- مواد سرامیکی (سیلیکن، کوارتز، شیشه و ...)
- مواد پلیمری (ترموپلاستیکها، PDMS ، SU-8 و ...)
- لیتوگرافی
- میکروماشینکاری با لیزر
- میکروفرزکاری
- تزریق پلاستیک
- برجسته کاری گرم و سرد
- پرینت سه بعدی
- ریخته گری

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مبتهی بر مراجع روز دنیا در قالب اسلاید و فیلم های آموزشی مناسب و توضیح و تشریح هدف و محتوا

ث) روش ارزشیابی (پیشهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت های کلاسی در طول نیم سال | ۲۵ درصد |
| آزمون نیم ترم | ۲۵ درصد |
| آزمون پایانی | ۵۰ درصد |

سایر موارد در صورت نیاز قید - شود.



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

کلاس مناسب با امکانات تخته هوشمند یا ویدئو پروژکتور و تخته وایت برد

چ) منابع علمی پیشنهادی:

- Brian J. Kirby, "Micro- and Nanoscale Fluid Mechanics for Engineers: Transport in Microfluidic Devices" Cambridge University Press, 2009
- Microfluidic and Bio-MEMS Devices and Applications, Tuhin S. Santra, 1st Edition, Jenny Stanford Publishing, 2020
- Fundamental and Application of Microfluidics, Seyed Ali Mousavi, Nam Trung, third Edition, Artech house, 2019
- Bruss, H., "Theoretical Microfluidics" Oxford, 2008
- Nguyen N-T, "Fundamentals and Applications of Microfluidics" Artech House Publishers, 2006
- Berthier J., "Microfluidics for Biotechnology" Artech House Publishers, 2010
- Microfluidics: Fundamentals, Device and Applications, Yu Song, Dao jian, Wiley-VCH, 2018
- Biomedical Application of Microfluidic devices, 1st Edition, Michael R. Hamblin, Mahdi Karimi, Elsevier, 2021

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه: -

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی امکان پذیر بوده دانشگاه محل اجرا بایستی زیر ساخت های لازم را فراهم نماید.



الف: عنوان درس به فارسی: روش های شناسایی نانو مواد			
عنوان درس به انگلیسی:		Characterization of Nano Materials	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒		نانو تکنولوژی	
تخصصی الزامی ☐ عملی ☐		ندارد	
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	
پروژه/رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
مهارتی-اشتغال پذیری ☐			
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت ☒ مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است ☐	

ب) هدف کلی:

روش های مختلف مشخصه یابی و آنالیز مواد در این درس ارایه میشود.

اهداف ویژه:

دانشجویان با تکنیکهای مختلف مورد نیاز به تحلیل و ارزیابی سطوح رشد داده شده در فرایندهای تکنولوژی میکرو و نانو آشنا میگردد. درس با مرور اثرات برخورد الکترون و فوتون با ماده آغاز می شود و سپس تکنیک های مختلف مشخصه یابی معرفی می گردد.

پ) سرفصل ها:

۱- مقدمه

- بررسی اثرات برخورد الکترون با ماده

- بررسی اثرات برخورد فوتون با ماده

۲- تکنیک های میکروسکوپی

- مقدمه ای بر تکنیک های میکروسکوپی ، میکروسکوپی نوری، میکروسکوپی الکترونیکی (SEM) ، اسپکتروسکوپی الکترونیکی

back scatters ، میکروسکوپی الکترونیکی عبوری (TEM) ، میکروسکوپی نیروی اتمی (AFM) ، میکروسکوپی پروب روبشی

(SPM) ، میکروسکوپی تونلی روبشی (STM)

۳- Dynamic Light Scattering (DLS)

۴- ابزارهای آنالیز ساختاری

- پراش x-ray (XRD)

۵- تکنیکهای مشخصه یابی اپتیکی:

- اسپکتروسکوپی نور مرئی و فرا بنفش uv-vis ، اسپکتروسکوپی نور مادون قرمز (IR & FTIR) ، اسپکتروسکوپی رامان،

فلورسنس x-ray (XRF) ، اسپکتروسکوپی فتوالکترون x-ray (XPS-UPS)

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مبتنی بر مراجع روز دنیا در قالب اسلاید و فیلم های آموزشی مناسب و توضیح و تشریح هدف و محتوا



ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۳۰ درصد
آزمون نیم ترم	۲۰ درصد
آزمون پایانی	۵۰ درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید - شود.

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

کلاس مناسب با امکانات تخته هوشمند یا ویدئو پروژکتور و تخته وایت برد

چ) منابع علمی پیشنهادی:

- Practical material Characteriza, Sardela, Mauro, Springer, 2014.
- Handbook of materials characterization, sharma, Surender Kumar, Springer International, 2018.
- Material characterization techniques S.Zhang, L.Li and Ashol Kumar, CRC press 2008.
- Material Characterization, Yang Leng, Second Edition. Wiley-VCHi, 2013.
- An Introduction to surface Analysis by XPS and AES, edition 2, John F. Watts, John Wolstenholme, Wiley 2019.
- Material Charcterrization, Introduction to Microscopic and spectroscopic Methods, 2nd Edition Wiley-VCH, 2013.
- Infrared and Raman Spectroscopy Principles and Spectral Interpretation, Peter Larkin 2017.

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه: -

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی امکان پذیر بوده دانشگاه محل اجرا بایستی زیر ساخت های لازم را فراهم نماید.



الف: عنوان درس به فارسی: نانوفوتونیک			
نوع درس و واحد		Nanophotonic	
پایه ☐ نظری ☒		نانو تکنولوژی	
تخصصی الزامی ☐ عملی ☐		ندارد	
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	تعداد واحد:
پروژه/ رساله / پایان نامه ☐			۴۸
مهارتی-اشتغال پذیری ☐			
مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه ☒ نیست ☐		وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای درس تخصصی اختیاری مشخص شود)	
مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه ☐ است ☐			

ب) هدف کلی:

در این درس، در ابتدا دانشجو با نانوتکنولوژی، مفهوم فوتون و الکترون، محدودیت های کوانتومی به عنوان پایه و اساس شکل گیری نانوفوتونیک آشنا می شود.

اهداف ویژه:

در ادامه رفتار نور در مقیاس نانو و همچنین اندرکنش نور و مواد در اندازه های بسیار کوچک (نانو) به دانشجو شناسانده می شود. نقطه های کوانتومی، میله های کوانتومی، حلقه های کوانتومی، چاههای کوانتومی، ابر کریستالها و فوتونیک کریستالها به عنوان مثالهایی از مواد محدود شده کوانتومی برای محدود کردن اندرکنش بین نور و ماده در مقیاس نانو، معرفی و اندرکنش آنها با نورمورد بررسی قرار می گیرد. اندرکنش میدان نزدیک به عنوان روشی دیگر برای محدود کردن نور در مقیاس نانو معرفی و کاربردهای آن در تکنیک های میکروسکوپی ارایه خواهد شد.

پ) سرفصل ها:

- ۱- مبانی نانوفوتونیک
 - نانوتکنولوژی
 - فوتون ها و الکترون ها؛ تفاوت ها و شباهت ها
 - محدودیت فوتون و الکترون
 - تونل زنی
 - محدودیت الکترون در پتانسیل تناوبی
 - اندرکنش های اپتیکی در ابعاد نانو
 - اثر محدودیت کوانتومی
 - انتقال انرژی الکترون در ابعاد نانو
- ۲- اندرکنش و میکروسکوپی میدان نزدیک
 - اپتیک میدان نزدیک
 - میکروسکوپی میدان نزدیک
- ۳- پلاسمونیک
 - بررسی خواص و معرفی پلاسمونیک
 - موجبرهای پلاسمونیک
 - کاربردهای پلاسمونیک
- ۴- مواد محدود شده کوانتومی



- نقطه های کوانتومی
- میله های کوانتومی
- حلقه های کوانتومی
- چاه کوانتومی
- ابر کریستالها ها (لایه های کریستالی چند تایی)
- نقطه های کوانتومی هسته-پوسته
- ۵- فوتونیک کریستالها
- ۶- اپتیک غیر خطی در نانوساختارها
- کاربردهای اپتیک غیر خطی

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مبتنی بر مراجع روز دنیا در قالب اسلاید و فیلم های آموزشی مناسب و توضیح و تشریح هدف و محتوا

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۵ درصد
آزمون نیم ترم	۲۵ درصد
آزمون پایانی	۵۰ درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید- شود.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مناسب با امکانات تخته هوشمند یا ویدئو پروژکتور و تخته وایت برد

چ) منابع علمی پیشنهادی:

- 1- Sergey V. Gaponenko, "Applied anophotonics", Cambridge University Press, 2018
- 2- Tadaaki Nagao, "Infrared Nanophotonics Materials, Devices, and Applications", MDPI, 2021.
- 3- Joseph W. Haus, "Fundamentals and Applications of Nanophotonics", Woodhead Publishing, Elsevier, 2016
- 4- Young Min Jhon Ju Han Lee, "2D Materials for Nanophotonics", Elsevier, 2020
- 5- A.B. Maity, "Nanophotonics and Nanostructured Fiber Sensors", Alpha Science International Ltd, 2020
- 6- El-Hang Lee et all, "VLSI Micro- and Nanophotonics", CRC Press 2011
- 7- Fesenko, Olena et all, "Nanooptics, Nanophotonics, Nanostructures, and Their Applications", Springer 2017
- 8- M.L. Brongersma, "Surface plasmon nanophotonics", Springer 2007
- 9- P.N.Prasad, "Nanophotonics", Wiley-interscience, 2004
- 10- J.D. Joannopoulos, R.D. Meade, and J.N.Winn, "Photonic crystals: modeling the flow of light", Princeton university press, 1995



- 11- H. Masuhara, and S. Kawata, “Nanoplasmonic, from fundamentals to applications”, Elsevier science, 2006
- 12- L. Novolny and B. Hecht, “Principles of nano optics”, Cambridge university press, 2006
- 13- H. Rigneault, “Nanophotonics” ISTE publishing company, 2006

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه: -

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی امکان پذیر بوده دانشگاه محل اجرا بایستی زیر ساخت های لازم را فراهم نماید.



الف: عنوان درس به فارسی: طراحی مدارهای قرائت و بسته بندی ادوات میکروالکترومکانیک		
نوع درس و واحد	Readout Circuits and Packaging in MEMS Devices	عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒	ندارد	دروس پیش نیاز:
تخصصی الزامی ☐ عملی ☐	ندارد	دروس هم نیاز:
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
پروژه/رساله / پایان نامه ☐		تعداد ساعت:
مهارتی-اشتغال پذیری ☐	۴۸	
مرتبط با آمایش/مأموریت ☐ مرتبط با آمایش/مأموریت ☒	وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)	

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با نحوه قرائت سیگنال ها و بسته بندی در ادوات میکرونانو الکترومکانیکی است.

اهداف ویژه:

معمولاً سیگنالهای تولید شده توسط این ادوات بسیار کوچک و حساس به نویز است. جهت افزایش دقت و کاهش نویز در سیگنال قرائت شده نیاز بر برخی مدارها و روشها می باشد که در این درس مورد بررسی قرار می گیرند. مباحثی چون تقویت ، فیلتر و تبدیل سیگنالها، در این درس ارائه میشود و دانشجو قادر خواهد بود با توجه به مشخصات سیگنال و قطعه میکرو الکترومکانیک، مدار مناسب جهت قرائت سیگنال را طراحی، تحلیل و تولید کند. در بخش دوم این درس، به مراحل بسته بندی پرداخته می شود و دانشجو با مباحث مختلف در هر مرحله آشنایی کامل پیدا خواهد کرد و همچنین روش های تست و بررسی ضریب اطمینان هر مرحله به طور جداگانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

پ) سرفصل ها:

بخش اول: مروری بر تکنولوژی MEMS و کاربردها

- کاربردهای ادوات MEMS و مدارهای مورد نیاز
- فرآیندهای ساخت MEMS-CMOS
- چالشهای موجود در ساخت ادوات الکترونیکی و MEMS در کنار هم
- مدارهای Mixed Signal

بخش دوم: سیگنالها و روش تحلیل آنها

- سیگنالهای سینوسی
- نمایش سیگنال در حوزه Z
- فیلتر شانه ای
- نمایش تاخیر در حوزه Z
- انتگرال گیر دیجیتال
- مروری بر فوریه سیگنال



بخش سوم: تکنیکهای نمونه برداری سیگنال

- معرفی فرکانس نایکوئیست
- نمونه برداری ایمپالس
- مدار نمونه بردار و نگه دار مدار دنبالگر و نگه دار میان یابی مدار نمونه بردار مسیر K
- دیگر مدارهای نمونه برداری
- انتگرال گیر آنالوگ گسسته

بخش چهارم: فیلترهای آنالوگ

- فیلتر پایین گذر RC
- انتگرال گیر MOSFET-C
- انتگرال گیر ترانسانائی C
- توپولوژی فیلترها
- مدارهای فیلتر

بخش پنجم: فیلترهای دیجیتال

- فیلترهای دیجیتال sinc شکل
- فیلترهای پایین گذر sinc شکل
- فیلترهای بالا گذر و میان گذر
- میان یابی به کمک فیلترها
- توپولوژی های فیلترها

بخش ششم: مبدل های داده و نویز

- نویز کوانتیزاسیون و نویزها در مدارهای مجتمع
- بازه دینامیکی
- سیگنال به نویز
- استفاده از فیدبک جهت بهبود سیگنال به نویز
- تقویت کننده های دیفرانسیلی و تقویت کننده های کم نویز
- تحلیل اعوجاج
- معرفی مدولاتور دلتا سیگما
- مدولاتور شکل دهی نویز
- مدولاتور چند طبقه
- مبدل دلتا سیگما مرتبه اول
- مبدل دلتا سیگما مرتبه دوم
- مبدل دلتا سیگما مرتبه های بالا

بخش هفتم: مراحل بسته بندی و تست

- چالشهای موجود در ساخت ادوات الکترونیکی و MEMS در کنار هم
- پروسه های ساخت MEMS-CMOS



- باند کردن بخش های مختلف یک ساختار سه بعدی از ادوات الکترونیکی و MEMS
- مراحل مختلف بسته بندی ادوات الکترونیکی و MEMS
- روش های تست ادوات الکترونیکی و MEMS
- روش های استاندارد بررسی ضریب اطمینان ادوات الکترونیکی و MEMS

(ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مبتنی بر مراجع روز دنیا در قالب اسلاید و فیلم های آموزشی مناسب و توضیح و تشریح هدف و محتوا

(ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۵ درصد
آزمون نیم ترم	۲۵ درصد
آزمون پایانی	۵۰ درصد

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

کلاس مناسب با امکانات تخته هوشمند یا ویدئو پروژکتور و تخته وایت برد

(چ) منابع علمی پیشنهادی:

- P.R Gray, P.J. Hurst, S. H. Lewis, R. G. Meyer, "Analysis and Design of Analog Integrated Circuits (4th edition)", Wiley, 2009.
- R.J. Backer, "CMOS Mixed-Signal Circuit Design", Wiley, 2002.
- B. Razavi, "Design of Analog CMOS Integrated Circuits (Second edition)", McGraw Hill, 2017
- R. Schreier, G. C. Temes, "Understanding Delta-Sigma Data Converter", John Wiley & Sons, 2005.
- S. D Senturia, "Microsystem Design", Kluwer, 2005.

(ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

(خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی امکان پذیر بوده دانشگاه محل اجرا بایستی زیر ساخت های لازم را فراهم نماید.



الف: عنوان درس به فارسی: آزمایشگاه میکرو و نانو الکترومکانیک			
عنوان درس به انگلیسی:		MEMS and NEMS Lab	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☐		تئوری و تکنولوژی ساخت نیمه هادی ها	
تخصصی الزامی ☐ عملی ☒		ندارد	
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	
پروژه/ رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
مهارتی-اشتغال پذیری ☐			
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای درس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه ☒ نیست	
مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه ☐ است			

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی عملی دانشجویان با اتاق تمیز و فرایندهای ساخت ادوات و ساختارهایی در مقیاس میکرو و نانو است.

اهداف ویژه:

دانشجویان مباحث تئوری را که در درسهائی از جمله، نانوتکنولوژی و تئوری و تکنولوژی ساخت ادوات نیمه هادی آموخته اند، در این درس به صورت عملی با فرایندهای ساخت ادوات الکترونیکی و ادوات MEMS آشنا خواهند شد. علاوه بر آموزش مربوط به فرایندهای استاندارد ساخت، با تمام تجهیزات حوزه ساخت ادوات در آزمایشگاه به طور کامل آشنا می شوند و یک پروژه پایانی را در این درس انجام دهند.

پ) سرفصل ها:

بخش اول: مقدمه

- آشنایی با اتاق های تمیز
- آشنایی با روش های ایمنی کار در آزمایشگاه
- آشنایی با مواد شیمیایی و آشنایی با طرز استفاده از آنها
- آموزش نحوه طراحی ماسک های اپتیکی در فرایندهای ساخت با استفاده از نرم افزارهای مخصوص

بخش دوم: ساخت

- آموزش عملی نحوه کار با هود شیمیایی و معرفی نکات مهم ایمنی کار برای جلوگیری از خطرات احتمالی
- آموزش نحوه کار با سیستم های خلا: پمپ ها و خلاء سنج ها
- آموزش نحوه تهیه محلول های زدایش برای لایه های مختلف
- آموزش نحوه تمیز سازی نمونه ها با محلول های استاندارد
- روش های تولید ماسک های اپتیکی
- فتولیتوگرافی
- اکسیداسیون و دیفیوژن
- کار با دستگاه های لایه نشانی فیزیکی و شیمیایی پرتو الکترونی، تبخیر حرارتی و کندوپاش
- آشنایی با مواد و کپسول ها
- آموزش روش های زدایش خشک و تر



- آشنایی با روش های اندازه گیری خواص الکتریکی و نوری مواد
- کوره های دیفیوژن
- رشد برخی نانو ساختارها

(ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مبتنی بر مراجع روز دنیا در قالب اسلاید و فیلم های آموزشی مناسب و توضیح و تشریح هدف و محتوا

(ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت های کلاسی در طول نیم سال | ۵۰ درصد |
| آزمون نیم ترم | ۰ درصد |
| آزمون پایانی (پروژه عملی) | ۵۰ درصد |

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

آزمایشگاه مناسب با امکانات تخته هوشمند یا ویدئو پروژکتور و تخته وایت برد و امکانات لایه نشانی، لیتوگرافی و زدایش مرطوب

(چ) منابع علمی پیشنهادی:

- B. El-Kareh, *Nanofabrication: Fundamentals and Application*, World Scientific Publishing Compacy, 2008.
- B. Bhushan, *Handbooks of Nanotechnology*, Springer, 2005.
- J.D Plummer, M.D. Deal, P.B. Griffin, *Silicon VLSI Technology, Fundamentals, Practice and Modeling*, Pearson College Div, US Ed edition, Prentice Hall, 2020.
- M.S. Sze, *Semiconductor Devices, Physics and Technology*, 3rd edition, John Wiley & Sons, 2012.
- Peter Van Zant, *Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing*, Sixth Edition 6th Edition, McGraw Hill, 2014.
- Hwaiyu Geng, *Semiconductor Manufacturing Handbook*, Second Edition 2nd Edition, McGraw Hill, 2017.

(ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

برای افراد توان یاب جسمی حرکتی توصیه نمی شود.

(خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ارائه مجازی درس امکان پذیر نیست.



الف: عنوان درس به فارسی: ارتعاشات سیستمهای پیوسته در ساختارهای میکروالکترومکانیک				
نوع درس و واحد		Vibrarion of Continues Systems in MEMS		عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒		ندارد		دروس پیش نیاز:
تخصصی الزامی ☐ عملی ☐		ندارد		دروس هم نیاز:
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	تعداد واحد:	
پروژه/ رساله / پایان نامه ☐				
مهارتی-اشتغال پذیری ☐			تعداد ساعت:	
مرتبط با مأموریت/آمایش ☐ موسسه است ☐		وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		
مرتبط با مأموریت/آمایش ☒ موسسه نیست ☐				

ب) هدف کلی:

هدف از ارائه این درس آشنایی دانشجویان با تحلیل رفتار ارتعاشی سیستمهای پیوسته در ساختارهای میکروالکترومکانیک است.

اهداف ویژه:

سیستمهای میکرو الکترومکانیکی همیشه در معرض ارتعاشات محیطی و در برخی موارد کاربردی در معرض ارتعاشات اجباری مختص به کاربرد مورد نظر، قرار دارند. با توجه به ابعاد بسیار کوچک سیستمهای میکرو الکترومکانیکی، ارتعاشات محیطی بسیار ضعیف نیز می تواند بر رفتار این سیستمها تاثیرگذار باشد. اجزاء پایه ای ساختارهای میکروالکترومکانیکی به صورت سیستمهای پیوسته ارتعاشی قابل تحلیل می باشند. بنابراین در درس حاضر دانشجویان با تحلیل رفتار سیستمهای پیوسته از جمله میله ها، شفت ها، تیرها، غشاء و پوسته ها آشنا می شوند.

پ) سرفصلها:

- ارتعاشات طولی میله ها
- ارتعاشات پیچشی شفت ها
- ارتعاشات عرضی تیرها
- ارتعاشات عرضی غشاء
- ارتعاشات عرضی پوسته ها

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مبتنی بر مراجع روز دنیا در قالب اسلاید و فیلم های آموزشی مناسب و توضیح و تشریح هدف و محتوا

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال
آزمون نیم ترم
۲۵ درصد
۲۵ درصد



سایر موارد در صورت نیاز قید - شود.

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

کلاس مناسب با امکانات تخته هوشمند یا ویدئو پروژکتور و تخته وایت برد

چ) منابع علمی پیشنهادی:

- Singiresu. s.Rao , “Vibration of Continuous Systems” Jonn Wiley, 2007
- Arthur W. Leissa, Mohamad.S. Qatu , “Vibrations of Continuous Systems” Mc Craw. Hill, 2011
- Arthur W. Leissa, “Vibration of Plates” Acoustical Society of Amer, 1993

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

—

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی امکان پذیر بوده دانشگاه محل اجرا بایستی زیر ساخت های لازم را فراهم نماید.



الف: عنوان درس به فارسی: کارآفرینی در مهندسی سیستم های میکرو الکترومکانیک			
عنوان درس به انگلیسی:		Entrepreneurship in MEMS Engineering	
نوع درس و واحد			
دروس پیش نیاز:		ندارد	
دروس هم نیاز:		ندارد	
تعداد واحد:		۳	
تعداد ساعت:		۴۸	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			
مرتبط با مأموریت/آمایش		مرتبط با آمایش/مأموریت	
موسسه است ☐		موسسه نیست ☐	

ب) هدف کلی:

هدف از ارائه این درس آشنایی با مفاهیم خلاقیت، نوآوری، فناوری و کارآفرینی می باشد.

اهداف ویژه:

- آشنایی با مفاهیم خلاقیت، نوآوری، فناوری و کارآفرینی
- آشنایی با راه اندازی کسب و کارهای کوچک
- فرهنگ سازی و ترویج نگاه کارآفرینانه و فناورانه به علم
- آشنایی با مشاغل و شرکت های فعال در حوزه ممز
- آشنایی با معضلات، مسائل و فرصت های شغلی مرتبط در حوزه ممز کشور

پ) سرفصل ها:

۱. آشنایی با نوآوری، فناوری و کارآفرینی
- کارآفرینی نوآورانه
- اهمیت کارآفرینی در توسعه صنعتی و اقتصادی جامعه
- انواع کارآفرینی
- کارآفرینی فردی و سازمانی
- ویژگی های کارآفرینان
- کارآفرینی در دانشگاه و دانشگاههای کارآفرین
- نقش مطالعات میان رشته ای در توسعه کارآفرینی
- مفهوم نوآوری و مدیریت نوآوری
- نظام های نوآوری فناورانه
- خلاقیت
- سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار
- شرکت های دانش بنیان
- مراکز رشد
- شتاب دهنده ها
- پارک های علم و فناوری



- استارت آپ ها
 - تجاری سازی ایده
 - صندوق های سرمایه گذاری خطرپذیر
 - صندوق های پژوهش و فناوری
 - مدل های کسب و کار
 - آشنایی با مفاهیم بازار
 - بررسی افراد و سازمانهای موفق کارآفرین در ایران و جهان
 - ۲. کارآفرینی در علوم مرتبط با ممز
 - آشنایی با حوزه های کارآفرینی در ممز
 - آشنایی با حوزه های کارآفرینی در ممز
 - ۳. نقش اخلاق در توسعه علمی و کارآفرینی کشور
 - نقش توسعه علمی و توسعه کارآفرینی در توسعه پایدار
 - روشهای توسعه همکاریهای علمی-فناوری (کار تیمی) در فرهنگ ایران و جهان
- ن) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:**

مبتنی بر مراجع روز دنیا در قالب اسلاید و فیلم های آموزشی مناسب و توضیح و تشریح هدف و محتوا

ن) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۵۰ درصد
آزمون نیم ترم	۲۰ درصد
آزمون پایانی	۳۰ درصد

سایر موارد در صورت نیاز قید- شود.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مناسب با امکانات تخته هوشمند یا ویدئو پروژکتور و تخته وایت برد

چ) منابع علمی پیشنهادی:

- T. Mazzarol, and S. Reboud, Entrepreneurship and innovation, Prahan, VIC:Tilde, 2017
- H.Patzelt, T. Brenner, Handbook of bioentrepreneurship, New York:Springer, 2011
- J.C. Barrood, Entrepreneurship and innovation: global insights from 24 leaders, Madison, NJ:Rothman institute of Entrepreneurship, 2010
- M.J. Dollinger, Entrepreneurship: strategies and resopurces, Lombard :Marsh publications, 2008

ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:-

خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ارائه مجازی درس در آموزش تمام الکترونیکی یا ترکیبی امکان پذیر بوده دانشگاه محل اجرا بایستی زیر ساخت های لازم را فراهم نماید.

