جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای گسترش و برنامه ریزی آموزش عالی

برنامه درسی رشته

فناوری نانو– نانوالکترونیک

NANO-TECHNOLOGY – NANO-ELECTRONICS

مقطع دکتری

تهیه‌کنندگان:

نام عضو هیات علمی	مرتبه علمی
دکتر صمد شیخایی	دانشیار
دکتر محمد رضا کلاهدوز اصفهانی	دانشیار
دکتر مهدی پورفتح	دانشیار

جدول تغییرات

ردیف	در برنامه قبلی	در برنامه بازنگری شده
۱.	در برنامه قبلی، انتخاب دو درس از چهار درس زیر الزامی بود: مکانیک کوانتومی، فیزیک حالت جامد پیشرفته، مشخصه‌یابی مواد و افزاره‌های نیم‌رسانا، و نانوبیو الکترونیک.	همه دروس اختیاری هستند.
۲.	فیزیک حالت جامد	تغییر نام داده شده به: فیزیک حالت جامد پیشرفته
۳.	ادوات انرژی	تغییر نام داده شده به: افزاره‌های ذخیره انرژی ۱
۴.	ادوات نانو و مجتمع‌سازی آن	حذف شده است. مطالب آن در دروس دیگر پوشش داده می‌شود.
۵.	فناوری ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا پیشرفته	حذف شده است. بیشتر مطالب آن در درس تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا ارائه می‌شود.
۶.	آزمایشگاه نانو بیو الکترونیک	حذف شده است. به دلیل یک واحدی بودن در ساختار برنامه دروس سه واحدی نمی‌گنجد.
۷.	--	درس سلول خورشیدی اضافه شده است
۸.	--	درس افزاره‌های ذخیره انرژی ۲ اضافه شده است
۹.	--	درس الکترونیک سرطان اضافه شده است
۱۰.		سرفصل و محتوای کلیه دروس مورد بازبینی قرار گرفته‌اند.

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

الف) مقدمه

رشته نانوالکترونیک یکی از شاخه‌های الکترونیک است که به صورت مشترک در دوره دکتری نانو ارائه می‌شود. در طی این دوره دانشجویان با اصول پایه‌ای و پیشرفته در حوزه ادوات و قطعات نانو الکترونیک آشنا خواهند شد. بدون شک نانوالکترونیک به مباحث عمیق فیزیکی بسیار نزدیک است و تبلور آن در طراحی و ساخت قطعات پیشرفته‌ای مانند ترانزیستورهایی با ابعاد چند نانومتر و نیز نانو نوارهای گرافنی دیده می‌شود. در این رشته دانشجویان به صورت همزمان با مسائل نظری و تجربی در حوزه ادوات نانو آشنا شده و بسته به علایق شخصی خود در زمینه‌های مرتبط به تحقیق و پژوهش خواهند پرداخت. حوزه‌های تحقیقاتی فعال در دانشگاه تهران عبارتند از ساخت انواع ادوات نیمه‌هادی از جمله حسگرها، ادوات بیوالکترونیک، نانوبیوالکترونیک، باتری‌ها و ذخیره‌سازهای انرژی، سلول‌های خورشیدی، ریزسیالات (میکروفلوئیدیک)، میکروالکترومکانیک، و ... .

پیشرفت روز افزون علوم فیزیک و الکترونیک سبب گشته است که امکان استفاده از مواد یک بعدی و دوبعدی در ساخت ادوات الکترونیک فراهم گردد و تحقیق روی آنها به عنوان یکی از مسائل مهم و اساسی رشته نانوالکترونیک مطرح شود. آشنایی با فرآیندهای ساخت قطعات الکترونیکی مانند انواع سوئیچها، ترانزیستورها، حسگرها، و قطعات الکترومکانیکی از مواردی است که دانشجویان در این گرایش با آن مواجه خواهند شد که خوشبختانه با توجه به وجود آزمایشگاه‌های متعدد در دانشگاه تهران امکان آشنایی ملموس و نزدیک با این بخش را خواهند داشت. نقطه قوت دیگر در گرایش افزاره مباحث مربوط به بیوالکترونیک و مخصوصاً نانوبیوالکترونیک است که با معرفی روش‌های جدید در تشخیص و درمان بیماری‌های صعب‌العلاج، اهمیت روزافزونی یافته است.

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

برنامه حاضر برای مقطع دکترای رشته فناوری نانو – نانوالکترونیک تهیه شده است. این رشته به طور متوسط برای چهار سال تحصیلی (۸ نیم سال) طراحی شده و هر نیم سال مشتمل بر ۱۶ هفته آموزشی است. برای هر واحد نظری ۱۶ ساعت آموزش در نظر گرفته شده است. در راستای ارتقای دانش نظری و فناورانه، دانشجویان باید با تشخیص استاد راهنما و تایید گروه نسبت به اخذ ۱۸ واحد از دروس ارائه شده در مقطع تحصیلات تکمیلی اقدام نمایند. بر اساس مصوبات وزارت عتف، تعداد ۱۸ واحد نیز برای رساله دکتری و در نتیجه تعداد کل ۳۶ واحد برای دانش‌آموختگی در نظر گرفته شده است.

پ) ضرورت و اهمیت

هدف اصلی در این رشته تربیت پژوهشگرانی است که توانایی درک، تحلیل، طراحی، و ساخت ادوات نانوالکترونیک را پیدا کرده و علاوه بر آن کار با انواع نرم‌افزارهای شبیه‌سازی در این حوزه را آموخته باشند. اساساً هیچ فن‌آوری مهمی در دنیا وجود ندارد که نیازمند قطعات و مدارات الکترونیک نباشد. حوزه کاربرد ادوات و افزاره‌های الکترونیک و نانوالکترونیک هر روزه در زندگی بشر گسترده‌تر شده و طبیعتاً آشنایی با آنها اهمیت بالاتری پیدا خواهد کرد. سلول‌های خورشیدی، ادوات انرژی، ترانزیستورها، حسگرهای نیمه هادی، و خلاصه بخش بزرگی از ابزارهای مورد استفاده روزمره ما محصول پژوهش‌های انجام شده در این رشته هستند.

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

جدول (۱)- توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس جبرانی	۰
دروس عمومی	۰
دروس پایه	۰
دروس اختیاری	۱۸ واحد
رساله	۱۸ واحد
جمع	**۳۶**

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

دروس دوره دکترای رشته فناوری نانو – نانوالکترونیک، همگی در دسته دروس اختیاری قرار دارند. ولی توصیه می‌گردد دانشجویان بر اساس حوزه کاری یا زمینه تحقیقاتی خود و با مشورت استاد راهنما در انتخاب دروس زیر همت داشته باشند. سه درس نانوتکنولوژی و نانوالکترونیک، تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا، و مکانیک کوانتومی دروس اصلی این رشته هستند و توصیه اکید این است که دانشجویان این سه درس را در صورتی که در دوره کارشناسی ارشد نگذرانده‌اند حتماً بگذرانند.

کسب مهارت، شایستگی و توانمندی در زمینه	دروس مرتبط
حوزه نظری افزاره	مکانیک کوانتومی، فیزیک حالت جامد پیشرفته، شبیه‌سازی افزاره‌های نیم‌رسانا، انتقال کوانتومی، پدیده انتقال در نیم‌رساناها، افزاره‌های نیم‌رسانا، افزاره‌های ذخیره انرژی ۱
افزاره‌های انرژی	تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا، افزاره‌های نیم‌رسانا، افزاره‌های ذخیره انرژی ۱، افزاره‌های ذخیره انرژی ۲، سلول خورشیدی، مشخصه‌یابی مواد و افزاره‌های نیم‌رسانا
نانوبیوالکترونیک	مکانیک کوانتومی، یکی از دو درس افزاره‌های نیم‌رسانا یا فیزیک حالت جامد پیشرفته، نانوبیوالکترونیک، الکترونیک سرطان، زیست حسگرها. همچنین از دانشکده پزشکی دروس بیوشیمی، فیزیولوژی، و آناتومی توصیه می‌شود.
نانوالکترونیک	تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا، افزاره‌های نیم‌رسانا، مکانیک کوانتومی، حسگرهای نیم‌رسانا، نانوتکنولوژی و نانوالکترونیک، مشخصه‌یابی مواد و افزاره‌های نیم‌رسانا، فیزیک حالت جامد پیشرفته

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

مطابق ضوابط و مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می‌باشد.

چ) عناوین دروس امتحانی جهت ورود به مقطع دکتری

عناوین دروس امتحانی و ضرایب مربوطه در آزمون ورودی، توسط وزارت علوم- تحقیقات و فناوری مشخص می شود و دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر تابع آن خواهد بود.

عناوین دروس امتحانی : ۱- مجموعه دروس تخصصی در سطوح کارشناسی شامل (ریاضی و فیزیک (ریاضی عمومی (۱و۲)، ریاضی فیزیک (۱و ۲)، فیزیک پایه (۱و۲))) و کارشناسی ارشد شامل (مبانی نانوتکنولوژی – ادوات نیمه هادی پیشرفته)، ۲- استعداد تحصیلی و ۳- زبان انگلیسی.					
رشته	**گرایش**	رشته‌های مرتبط که دانش آموختگان آن می‌توانند در این مجموعه امتحانی شرکت کنند	**ضرایب دروس امتحانی به ترتیب دروس**		
			۱	۲	۳
فناوری نانو	نانوالکترونیک	تمامی رشته‌ها	۴	۱	۱

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول (۱)- عنوان و مشخصات کلی دروس جبرانی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد (۱-۳ واحد)	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش‌نیاز	هم‌نیاز
			نظری	عملی	نظری- عملی	نظری	عملی		
۱.	**روش تحقیق ۱**	**۱**	*			**۱۶**	۰	-	-
۲.	**روش تحقیق ۲**	**۱**	*			**۱۶**	۰	-	-

- به تشخیص گروه آموزشی، دانشجویانی که در مقطع کارشناسی ارشد خود دروس جدول فوق را نگذرانده اند موظف به اخذ آنها هستند.

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

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش‌نیاز	هم‌نیاز
			نظری	عملی	نظری- عملی	نظری	عملی		
۱.	**نانوتکنولوژی و نانوالکترونیک**	۳	*			۴۸		-	-
۲.	**تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا**	۳	*			۴۸		-	-
۳.	**مکانیک کوانتومی**	۳	*			۴۸		-	-
۴.	**فیزیک حالت جامد پیشرفته**	۳	*			۴۸		-	-
۵.	**نانوبیوالکترونیک**	۳	*			۴۸		-	-
۶.	**الکترونیک سرطان**	۳	*			۴۸		-	-
۷.	**افزاره‌های نیم‌رسانا**	۳	*			۴۸		-	-
۸.	**مشخصه‌یابی مواد و افزاره‌های نیم‌رسانا**	۳	*			۴۸		-	-
۹.	**شبیه‌سازی افزاره‌های نیم‌رسانا**	۳	*			۴۸		-	-
۱۰.	**انتقال کوانتومی**	۳	*			۴۸		-	-
۱۱.	**پدیده انتقال در نیم‌رساناها**	۳	*			۴۸		-	-
۱۲.	**افزاره‌های ذخیره انرژی ۱**	۳	*			۴۸		-	-

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش‌نیاز	هم‌نیاز
			نظری	عملی	نظری- عملی	نظری	عملی		
۱۳.	افزاره‌های ذخیره انرژی ۲	۳	*			٤٨		-	-
١٤.	حسگرهای نیم‌رسانا	۳	*			٤٨		-	-
١٥.	سلول خورشیدی	۳	*			٤٨		-	-
١٦.	محاسبات کوانتومی	۳	*			٤٨		-	-
۱۷.	اینترکانکت‌ها و یک‌پارچگی سیگنال در مدارهای VLSI و نانوسیستم‌ها	۳	*			٤٨		-	-
۱۸.	سامانه‌های الکترومکانیکی ریز و بسیارریز	۳	*			٤٨		-	-
۱۹.	الکترونیک نوری	۳	*			٤٨		-	-
۲۰.	زیست حسگرها	۳	*			٤٨		-	-
۲۱.	مباحث ویژه	۳	*			٤٨		-	-
۲۲.	دروس تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها	۳	*			٤٨		-	-

- به تشخیص استاد راهنما و تایید گروه آموزشی، دانشجویان موظف به اخذ ۱۸ واحد از لیست دروس جدول بالا که در مقطع کارشناسی ارشد نگذرانده‌اند، هستند.
- دانشجو به تشخیص استاد راهنما و موافقت گروه آموزشی می‌تواند حداکثر دو درس اختیاری خود را از میان دروس سایر رشته‌های تحصیلات تکمیلی اخذ نماید.

جدول (۳)- عنوان و مشخصات کلی رساله

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش‌نیاز	هم‌نیاز
			نظری	عملی	نظری- عملی	نظری	عملی		
۱.	رساله دکترا	۱۸						-	-

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

عنوان درس به فارسی:	روش تحقیق – ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	Research Methodology_S1		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:			**پایه** ■ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:			**تخصصی** □ **عملی** □
تعداد واحد:	۱		**اختیاری** □ **نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	۱۶		**رساله / پایان‌نامه** □

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

۱. چگونه یک مقاله را ارزیابی کرده، بخوانیم و یا بنویسیم.

۲. انتخاب حوزه تحقیقاتی، آموزش برنامه تحقیق با محوریت مسئله پژوهش

اهداف ویژه:

در صورت اتمام موفقیت آمیز درس؛ دانشجویان قادر خواهند بود که:

۱. حوزه تحقیقاتی مورد علاقه خود را انتخاب کرده و منابع مرتبط را بازیابی و ارزیابی نمایند.

۲. در حوزه تحقیقاتی فوق، مسائل باز تحقیقاتی را شناسایی و حل مسئله را آغاز کنند.

۳. یک مقاله را خوب و موثر مطالعه کنند.

مهارت های مقدماتی نوشتن نتایج تحقیق را در قالب مقاله فرا گیرند.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. چگونه یک مقاله را ارزیابی کرده، بخوانیم و یا بنویسیم.

۲. انتخاب حوزه تحقیقاتی، آموزش برنامه تحقیق با محوریت مسئله پژوهش

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

- ۸ تمرین و تکلیف؛ بخش هایی از مقاله ها رابازنویسی می کنند؛ بخش هایی را ارزیابی و تصحیح می کنند.
- هدف اصلی این درس، آمادگی تدوین به موقع و با کیفیت پروپوزال کارشناسی ارشد است. لذا کلیه تمرین ها با این هدف طراحی شده است.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۷۰درصد

- مقاله نویسی
- گزارش نویسی
- یافتن مسئله پژوهش
- شرکت در کارگاه ها
- شرکت در جلسات دفاع
- آزمون های متعدد در طول ترم از هر مبحث ۳۰ درصد.

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

- ابزارهای نوشتن و ارائه کردن مانندOFFICE

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. L. Cohen,L. Manion, K. Morrison, Research Methods in Education, Taylor & Francis, 2017.
2. Peter Lang, English as an Additional Language in Research Publication and Communication, 2008
3. N. Huckin Thomas, A. Olsen Leslie, English for Science and Technology a handbook of nonnative speakers, McGrawhill, 1983.
4. D. James , Jr. Lester , Writing Research Papers,A Complete Guide, Pearson Education, 2015.
5. JW. Creswell, J. D. Creswell, Research, Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches, SAGE Publications, 2018

عنوان درس به فارسی:	روش تحقیق – ۲		
عنوان درس به انگلیسی:	Research Methodology_S2		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:			**پایه** ■ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:			**تخصصی** □ **عملی** □
تعداد واحد:	۱		**اختیاری** □ **نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	۱۶		**رساله / پایان‌نامه** □

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

هدف کلی:

۱. یادگیری قالب های گزارش فنی، گزارش مرور روشمند ادبیات و پروپوزال
۲. ارائه شفاهی موثر در دو زبان فارسی و انگلیسی

اهداف ویژه:

در صورت اتمام موفقیت آمیز درس؛ دانشجویان قادر خواهند بود که:

۴. یک پروپوزال تحقیقاتی بنویسند.
۵. یک گزارش مرور روشمند ادبیات تحقیق بنویسند و با روش های ارزیابی تحقیق آشنا شوند.
۶. ارائه شفاهی موثر انجام دهند(انگلیسی و فارسی).
۷. آخرین ابزارهای حوزه مرتبط با درس را بشناسند.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. یادگیری قالب های گزارش فنی، گزارش مرور روشمند ادبیات و پروپوزال
۲. ارائه شفاهی موثر در دو زبان فارسی و انگلیسی

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

- ۸ تمرین و تکلیف؛ بخش هایی از مقاله ها رابازنویسی می کنند؛ بخش هایی را ارزیابی و تصحیح می کنند.
- هدف اصلی این درس، آمادگی تدوین به موقع و با کیفیت پروپوزال کارشناسی ارشد است. لذا کلیه تمرین ها با این هدف طراحی شده است.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۷۰درصد

- ✓ پروپوزال دوره ارشد
- ✓ ارائه های مختلف شفاهی دو زبانه
- ✓ مرور سیستماتیک ادبیات
- ✓ شرکت در کارگاه ها
- ✓ شرکت در جلسات دفاع

آزمون های متعدد در طول ترم از هر مبحث ۳۰ درصد

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

- ابزارهای نوشتن و ارائه کردن مانندOFFICE

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. L. Cohen,L. Manion, K. Morrison, Research Methods in Education, Taylor & Francis, 2017.
2. Peter Lang, English as an Additional Language in Research Publication and Communication, 2008
3. N. Huckin Thomas, A. Olsen Leslie, English for Science and Technology a handbook of nonnative speakers, McGrawhill, 1983.
4. D. James , Jr. Lester , Writing Research Papers,A Complete Guide, Pearson Education, 2015.
5. JW. Creswell, J. D. Creswell, Research, Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches, SAGE Publications, 2018

عنوان درس به فارسی:	نانوتکنولوژی و نانوالکترونیک		
عنوان درس به انگلیسی:	Nano-Electronics and Nano-technology	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:		**پایه** □	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:		**تخصصی** □	**عملی** □
تعداد واحد:	۳	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨	**رساله / پایان‌نامه** □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- هدف این درس آشنایی با فیزیک و جنبه‌های تکنولوژیک نانوساختارهاست. توجه ویژه ای به نانولوله‌های کربنی، گرافن و نانونوارهای کربنی خواهد شد. همچنین جنبه‌های تکنولوژی مدارهای نانوالکترونیک امروزی مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت ارائه خواهد شد. در نهایت نگاه مختصری به الکترونیک مولکولی و کوانتوم دات‌ها و نانوسیم‌های سیلیکنی خواهیم داشت.

ب) اهداف ویژه:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند دانش مربوط به:

۱. فرآیندهای پیچیده و خاص در ساخت مواد و افزاره‌ها در ابعاد نانو
۲. افزاره‌های نانو الکترونیک شامل کوانتم دات‌ها؛ افزاره‌های یک بعدی و دو بعدی
۳. فیزیک مربوط به افزاره‌های در مقیاس نانو و بخصوص بررسی گرافن و نانو نوارهای کربنی
۴. الکترونیک مولکولی و تخمین هاکل را کسب خواهند کرد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. فرآیند ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا: مروری بر مراحل ساخت مدارهای مجتمع
۲. آشنایی با فرآیندهای ساخت نانو: فرآیندهای بالا به پایین و پایین به بالا
۳. ابزار مشخصه‌یابی: میکروسکوپ نیروی اتمی، میکروسکوپ الکترونی، میکروسکوپ تونل زنی و میکروسکوپ نوری
۴. تئوری تونل زنی در میکروسکوپ الکترونی روبشی (مدل باردین)
۵. تئوری Tight-Binding : مدل‌های نانولوله‌های کربنی و ساختارهای گرافنی
۶. نانوسیم/ دات‌های کوانتومی: فیزیک عملکرد کوانتوم دات، تشدیدی تونل زنی، انتقال، رساناهای کوانتومی
۷. الکترونیک مولکولی: آشنایی با اوربیتالهای مولکولی هوکل، شکاف‌های انرژی HOMO,LUMO ، افزاره و سوئیچ‌های مولکولی
۸. ترانزیستورهای بالستیک: انتقال در افزاره‌های بالستیک، اشباع سرعت

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

- دو تا سه تمرین برای تسلط بر مفاهیم و مطالب
- ارائه حضوری به صورت اختیاری(در صورت وجود زمان)

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Charles P. Poole, Frank J. Owens,Introduction to Nanotechnology, Wiley, 2003.
2. Carbon Nanotubes, S. Reich, C. Thomsen, J. Mauiltzsch, Wiley-VCH, 2003.
3. C. Dupas, P. Houdy, M. Lahmani,Nanoscience, Nanotechnologies and Nanophysics, Springer, 2004.
4. Ashcraft and Mermin, Solid State Physics, 2011.

عنوان درس به فارسی:	تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا		
عنوان درس به انگلیسی:	Theory and Technology of Device Fabrication	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:		**پایه** □	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:		**تخصصی** □	**عملی** □
تعداد واحد:	۳	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨	**رساله / پایان‌نامه** □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- هدف این درس ارائه اطلاعات پایه‌ای از فیزیک افزاره‌های نیم‌رسانا و پروسه‌های ساخت انواع قطعات نیم‌رسانا مانند اکسیداسیون ویفرهای سیلیکنی و آلایش آنها، و ایجاد توانایی طراحی و ساخت پروسه‌های پیچیده برای ساخت مدارهای مجتمع الکترونیکی می‌باشد.

ب) اهداف ویژه:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند قادر خواهند بود:

۱. روشهای ساخت را برای ایجاد پروسه‌های پیچیده برای ساخت افزاره‌های کاربردی و مدارهای الکترونیک (برای مثال ساخت ترانزیستور، سلول خورشیدی و ...) با هم ادغام نمایند.
۲. افزاره‌های خاص را در میان انتخاب‌های متفاوت در دسترس انتخاب نمایند.
۳. روشهای ساخت مختلف را با هم مقایسه نمایند.
۴. پروسه تکنولوژی ساخت قطعات و مدارهای نانو-میکرو الکترونیک را شرح دهند.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. آشنایی با پروسه ساخت قطعات میکروالکترونیک
۲. تکنولوژی ساخت ترانزیستورهای اثرمیدان در یک نگاه
۳. روشهای ساخت ویفرهای سیلیکنی و Epitaxy
۴. اتاق تمیز، تمیزکاری ویفر و پروسه Gettering
۵. لیتوگرافی نوری
۶. اکسیدهای حرارتی
۷. پروسه‌های گرمادهی
۸. نفوذ
۹. کاشت یونی
۱۰. لایه نشانی بخار شیمیایی

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

- ۶ سری تمرین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. J. Plummer, M. Deal, Griffin , P. Deal, Griffin, Silicon VLSI Technology. Fundamentals, Models and Computer Simulations, Prentice Hall, 2000.
2. Henry Radamson, Lars Thylen, Monolithic Nanoscale Photonics-Electronics Integration in Silicon and Other Group IV Elements, Elsevier, 2014.
3. Dieter. K. Schroder , Semiconductor Material and Device Characterization, John Wiley sons Inc, 1998.

عنوان درس به فارسی:	مکانیک کوانتومی		
عنوان درس به انگلیسی:	Quantum Mechanics	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:		**پایه** □	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:		**تخصصی** □	**عملی** □
تعداد واحد:	۳	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨	**رساله / پایان‌نامه** □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- آشنایی با مفاهیم اصلی مکانیک کوانتومی، روش‌ها، ارائه مثالهای ساده و کاربردها

ب) اهداف ویژه:

۱. درک دوگانگی رفتار ذره و موج
۲. یادگیری استفاده از روش‌های تقریب در مکانیک کوانتومی
۳. درک رفتار کوانتومی الکترون‌ها در شبکه‌های بلوری
۴. آشنایی با سیستم‌های بس ذره‌ای و آمار کوانتومی و کوانتش دوم

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. معادله موج شرودینگر وابسته و مستقل از زمان
۲. نوسان‌گر هارمونیک
۳. عملگرها و حالتهای ویژه در مکانیک کوانتومی
۴. عملگر ممان زاویه‌ای در مکانیک کوانتومی
۵. ذرات در میدان‌های پتانسیل متقارن کروی و اتم هیدروژن
۶. روش‌های تقریب در مکانیک کوانتومی و نظریه اختلال
۷. نظریه نوارهای انرژی الکترون‌ها در بلورها
۸. اسپین الکترون و ماتریس‌های پاولی
۹. سیستم‌های بس ذره ای، فرمیون‌ها و بوزون‌ها و آمار کوانتومی
۱۰. حالات خالص و مختلط و ماتریس‌های چگالی
۱۱. عملگرهای خلق و فنا و عملگرهای میدان و کوانتش نوع دوم
۱۲. کوانتیزه شدن امواج الکترومغناطیسی و گسیل خود بخودی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۳۵ درصد

آزمون‌های میان و پایان نیم‌سال ۶۵ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. D. Miller, Quantum Mechanics for Scientists and Engineers, Cambridge University Press, 2008.
2. W. Greiner, Quantum Mechanics: An Introduction, Springer, 2001.
3. D.J. Griffiths, D. F. Schroeter, Introduction to Quantum Mechanics, Plenum Press, 2008.
4. A.F.J. Levi, Applied Quantum Mechanics, Cambridge University Press, 2012.

عنوان درس به فارسی:	فیزیک حالت جامد پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Solid-State Physics	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:		**پایه** □	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:		**تخصصی** □	**عملی** □
تعداد واحد:	۳	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨	**رساله / پایان‌نامه** □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- آشنایی با مفاهیم اصلی و روش‌های تحلیل رفتار الکترون‌ها در بلورهای جامد با تمرکز روی نیم‌رساناها

ب) اهداف ویژه:

۱. درک خواص الکترون و فونون در بلورهای کریستالی
۲. توصیف دینامیک و توزیع الکترون‌ها در افزاره‌های نیم‌رسانا با استفاده از معادلات انتقال
۳. آشنایی و تحلیل خواص نانو ساختارها
۴. درک فرآیندهای جذب و گسیل نوری در بلورها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. گاز الکترونی در یک، دو و سه بعد
۲. شبکه‌های بلوری و شبکه وارون
۳. حالات الکترون در مولکول‌ها و جامدات
۴. نوارهای انرژی و دینامیک الکترون در بلورها
۵. فونون‌ها در شبکه‌های بلوری و ظرفیت حرارتی شبکه
۶. مکانیزم‌های پراکندگی الکترون در نیم‌رساناها (فونون‌ها و ناخالصی‌های باردار)
۷. معادله انتقال بولتزمن و ممان‌های آن
۸. تقریب زمان واهلش و قابلیت تحرک
۹. اثر پلتیر و سیبک و افزاره‌های ترموالکتریک
۱۰. انتقال بالستیک الکترون‌ها در افزاره‌های نیم‌رسانا
۱۱. نانوساختارها و اثرات کوانتومی بر خواص الکترون‌ها در این ساختارها
۱۲. فرآیندهای نوری در بلورها

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۵ درصد
آزمون‌های میان و پایان نیم‌سال	۶۵ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

5. C. Kittel, Introduction to Solid State Physics, John Wiley & Sons, 2004.
6. N.W. Ashcroft , N.D. Mermin, Solid State Physics, Cengage Learning, 1976.
7. M. Razeghi, Fundamentals of Solid-State Engineering, Springer, 2009.
8. J.D. Patterson , B.C. Bail, Solid-State Physics: Introduction to the Theory, Springer, 2018.

عنوان درس به فارسی:	نانوبیوالکترونیک		
عنوان درس به انگلیسی:	Nano bioelectronics	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:		**پایه** □	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:		**تخصصی** □	**عملی** □
تعداد واحد:	۳	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨	**رساله / پایان‌نامه** □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- هدف این درس آشنایی با مفهوم نانوبیوالکترونیک است که به معنی ترکیب عناصر بیولوژیکی با الکترونیک است. در این درس آموخته می‌شود که با الهام از سیگنال‌های بیولوژیکی می‌توانیم شناخت بهتری نسبت به جمع‌آوری داده‌ها و دستکاری موثرتری بر سلول‌ها و مولکول‌های زیستی داشته باشیم و در نهایت پیوندی بین زیست شناسی و الکترونیک برقرار کنیم. هدف نانوبیو الکترونیک ساخت افزاره‌های الکترونیکی نانوساختار به منظور تشخیص بیماری، درمان و دارورسانی و مهندسی فرایندهاست.

ب) اهداف ویژه:

۱. آشنایی با مفاهیم زیستی و پیوند بین مهندسی الکترونیک با علم زیست شناسی
۲. آشنایی با حوزه نانوبیوالکترونیک برپایه DNA
۳. آشنایی با با حوزه نانو بیوالکترونیک برپایه پروتئین
۴. آشنایی با حوزه نانو بیوالکترونیک برپایه سلول

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مروری بر نانو بیوالکترونیک
۲. نانو بیوالکترونیک برپایه DNA: توانایی DNA در هدایت جریان، مروری بر مباحث تونل زنی کوانتومی، فوتون و الکترون، hopping و ترازهای HOMO و LUMO، نانو افزاره‌های تشخیصی بر پایهDNA ، نانوساختارهای DNA functionalized
۳. نانو بیوالکترونیک برپایه سلول: مناطق الکتریکی از سلول بیوالکترونیک، غشای سلولی و سیتواسکلتون، تشخیص بیماری بر اساسالکترون اختلال الکتریکی سلولی، نانوبیوحسگرهای الکتریکی برای تشخیص سلول و درمان
۴. سیستم‌های تشخیصی الکتروشیمیایی CV و EIS برای تشخیص سرطان بصورت in-vitro و in-vivo و نقش نانو ساختارهای فعال الکتریکی در آن
۵. ترجمه بیو الکترونیکی ازاد سازی ROS توسط سلولهای سرطانی
۶. برهمکنش پتانسیل الکتروستاتیک جهت ایجاد تغیی در متابولیزم سلولهای سرطانی و میزان برهمکتش رگ‌های خونی و لنفاوی با بافت مجاور، مدالیته جدید در درمان
۷. پدیده الکترو پوریشن و چگونگی بکار گیری آن در دارو رسانی انتخابگرایانه به بافت‌های سرطانی
۸. پدیده CELLEX و تفاوت زمان دی پلاریزاسیون الکتریکی بین سلولهای متاستاتیک و غیر متاستاتیک سرطانی

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

- ارائه سمینار در خصوص یکی از موضوعات جدید در این حوزه و تشریح آن و بررسی مقالات روز مرتبط به آن

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. مقالات و پتنت های استاد درس

2. A. Offenhäusser, R. Rinaldi ,Nanobioelectronics - for Electronics, Biology, and Medicine, Springer New York, 2009.
3. I. Willner, E. Katz Bioelectronics: From Theory to Applications, Wiley. 2006.
4. Q. Liu, P. Wang ,Cell-based Biosensors: Principles and Applications, Artech House. 2009.
5. R. Pethig, S. Smith ,Introductory Bioelectronics: For Engineers and Physical Scientists, Wiley, 2012

عنوان درس به فارسی:	الکترونیک سرطان		
عنوان درس به انگلیسی:	Cancer Electronics	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:		**پایه** □	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:		**تخصصی** □	**عملی** □
تعداد واحد:	۳	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨	**رساله / پایان‌نامه** □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- هدف این درس آشنایی با فانکشن الکتریکی سلول‌های سرطانی و روش‌های شناسایی و پردازش آن‌ها با هدف استفاده در تشخیص و درمان سرطان است که بر مبنای Electrotechnical Onco-Surgery و Electrotechnical Onco-Diagnosis استوار است. فناوری‌های پیشرفته‌ای مثل ECT، IRE و پدیده CELLEXO، Metaschip و Signed Transduction در سلول‌های سالم و سرطانی و نگاه پایه بیوالکترونیک به تومورهای جامد کارسینومی.

ب) اهداف ویژه:

۱. بررسی امپدانسی سلول‌های سرطانی در فرکانس‌های مختلف
۲. متدهای تشخیص کلینیکی سرطان به کمک الکترومیکس
۳. متدهای درمان سرطان (IRE, ECT) و کمک الکترونیکی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تشخیص الکتریکی گره لنفاوی سرطانی (Metas Chip)
۲. پدیده و تفاوت آن بین سلول primary و متاستاتیک سرطان (CELLEX)
۳. پاسخ GHz مولکول‌های آب سلول‌های سالم و سرطانی با هدف تشخیص سرطان (GHz Response)
۴. پدیده electrotaxis سلول‌های سرطانی در میدان‌های DC و کم فرکانس (Electro taxis)
۵. آشنایی با فناوری پروب تشخیص مارجین‌های سرطانی و گره‌های لنفاوی (CDP, ELS)
۶. تاثیر بار الکترواستاتیک مثبت در ایجاد و اختلال در متابولیسم سلول‌های سرطانی و دارورسانی (PECT)
۷. رویکردهای الکتروشیمیایی در حوزه بیولوژی سرطان
۸. رویکردهای الکتروشیمیایی در حوزه درمان سرطان
۹. رویکرد مگنتوفورتیک در حوزه درمان سرطان
۱۰. پدیده الکتروپوریشن و تاثیر آن در درمان سرطان با و بدون کمک داروی شیمی درمانی

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

- ارائه سمینار در خصوص یکی از موضوعات جدید در این حوزه و تشریح آن و بررسی مقالات روز مرتبط به آن

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. مقالات و پتنت های استاد درس

2. R. KhanB , Biosensor Based Advanced Cancer Diagnostics, Elsevier , 2021.
3. Raji Sundararajan, Electroporation-Based Therapies for Cancer, Elsevier, 2014.
4. Saldier, Electrical Properties of Tissues, Springer, 2022.

عنوان درس به فارسی:	افزاره‌های نیم‌رسانا		
عنوان درس به انگلیسی:	Solid State Devices	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:		**پایه** □	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:		**تخصصی** □	**عملی** □
تعداد واحد:	۳	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨	**رساله / پایان‌نامه** □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- هدف این درس ارائه اطلاعات تخصصی از فیزیک نیم‌رسانا و به کارگیری مباحث مطرح شده در توجیه و تفسیر خروجی‌های افزاره‌های نیم‌رسانا است. این دانش به دانشجویان در راستای تجزیه و تحلیل و طراحی و ساخت افزاره‌ها جهت مدارهای مجتمع الکترونیکی کمک شایانی می‌کند.

ب) اهداف ویژه:

۱. آشنایی با فیزیک نیم‌رساناها
۲. آشنایی با افزاره‌های اثر میدان
۳. آشنایی با افزاره‌های بر پایه ساختارهای ناهمگون
۴. آشنایی با افزاره‌های خاص سرعت بالا

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مرور فیزیک کوانتوم و فیزیک آماری
۲. مروری بر فیزیک مواد نیم رسانا
۳. پیوندهای p-n همگون و ناهمگون
۴. پیوندهای تونلی و سازو کار تونل زنی
۵. پیوند شاتکی
۶. ترازیستورهای دوقطبی همگون
۷. ترازیستورهای دوقطبی ناهمگون
۸. ساختارهای دو پایانه ای، سه پایانه ای MOS ، ترانزیستور اثر میدانی MOS
۹. آثار کا نال کوتاه در ترانزیستور اثر میدانیMOS
۱۰. افزاره‌های سرعت بالا و مدرن : Finfet

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. یانیس.پی. تسیویدیس، ترجمه مرتضی فتحی ، عملکرد و مدل سازی ترانزیستور MOS ، انتشارات دانشگاه تهران ، ۱۳۸۷.

2. S.M. Sze, , K. K. Ng, Physics of Semiconductor Device, J. Wiley, 2006.
3. Y. Taur, T. H. Ning Fundamentals Of Modern VLSI Devices, Cambridge University Press, 2009.
4. S.M. Sze, and M. K. Lee, Semiconductor Devices: Physics and Technology, Wiley, 2013.

عنوان درس به فارسی:	مشخصه‌یابی مواد و افزاره‌های نیم‌رسانا		
عنوان درس به انگلیسی:	Semiconductor Material and Device Characterization	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:		**پایه** □	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:		**تخصصی** □	**عملی** □
تعداد واحد:	۳	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨	**رساله / پایان‌نامه** □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- در این درس، بررسی عمیقی از انواع روشهای مشخصه‌یابی که برای افزاره‌های نیم‌رسانا مورد استفاده قرار می‌گیرد ارائه می‌شود. روشهای الکتریکی و فیزیکی و همچنین روشهای تجربی در کار با ابزار پیچیده توضیح داده خواهد شد. به دلیل اهمیت روشهای بر پایه الکترون و اشعه ایکس، مفاهیم فیزیکی و بنیادی در این تکنیک‌ها ارائه خواهند شد. همچنین روابط کوانتومی برای طیف سنجی رامان برای فهم بهتر سیگنال‌های رامان ارائه خواهد شد.

ب) اهداف ویژه:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند، دانش مربوط به:

۱. تکنیک‌های مختلف مشخصه‌یابی شامل اندازه‌گیری‌های الکتریکی و طیف‌سنجی‌های حوزه زمان
۲. میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)و آنالیز XRD و آنالیز با رزولوشن بالای آن
۳. میکروسکوپ الکترونی و نحوه عملکرد TEM
۴. طیف‌سنجی رامان و تئوری کوانتومی مربوط به آن را بدست خواهند آورد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. روشهای مشخصه‌یابی الکتریکی شامل اندازه‌گیری مقاومت و خازن
۲. اندازه‌گیری چهار سوزنی (Four Point Probe)
۳. مشخصه‌یابی خازن MOS و ترانزیستورهای اثرمیدان
۴. طیف‌سنجی عمیق ترازهای تله به کمک رفتار گذرای خازنی
۵. طیف‌سنجی پروب روبشی با تاکید بر AFM ، STM و پروب کلوین
۶. کریستالوگرافی با اشعه ایکس شامل روشهای XRD ، SAXS و DCD
۷. میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) و الگوهای پراش الکترونی
۸. طیف‌سنجی رامان با نگاه به برهم‌کنش فوتون-فونون، قطبیت پذیری مولکول‌ها
۹. مشخصه‌یابی الکتروشیمیایی: ولتامتری چرخه ای، EIS

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

- ۲ تا ۳ سری تمرین برای تسلط بر سرفصل مطالب
- یک ارائه به صورت اختیاری

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. D. K. Schroder, Semiconductor Material and Device Characterization, J. Wiley , 2015.
2. D. Williams, C. Carter, Transmission Electron Microscopy Plenum press, 2009.
3. Simon M. Sze, Yiming Li, Kwok K. Ng, Physics of Semiconductor Devices, J. Wiley, 2021.
4. Ashcraft and Mermin, Solid State Physics, 2011.

عنوان درس به فارسی:	شبیه‌سازی افزاره‌های نیم‌رسانا		
عنوان درس به انگلیسی:	Semiconductor Device Simulation		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:			**پایه** □ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:			**تخصصی** □ **عملی** □
تعداد واحد:	۳		**اختیاری** ■ **نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨		**رساله / پایان‌نامه** □

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- آشنایی با روش‌های عددی حل معادلات حاکم بر افزاره‌های نیم‌رسانا

ب) اهداف ویژه:

۱. آشنایی با معادلات نفوذ و رانش، هیدرودینامیک و بولتزمن برای انتقال الکترون‌ها
۲. مدل سازی پارامترها و ضرایب مورد معادلات انتقال
۳. یادگیری روش‌های حل عددی معادلات انتقال و تحلیل پایداری آن‌ها
۴. مدل‌های پیشرفته افزاره‌های نیم‌رسانا

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. معادلات دیفرانسیل سهموی، بیضوی، هذلولی
۲. روش‌های حل دسته معادلات خطی و غیر خطی و روش نیوتن
۳. روش‌های گسسته سازی تفاضل محدود و حجم محدود
۴. شبیه‌سازی‌های دو بعدی و سلول بندی با شبکه‌های بدون ساختار
۵. دقت گسسته سازی فضایی و آنالیز پایداری گسسته سازی زمانی
۶. معادلات پیوستگی، نفوذ و رانش و پواسون و شرایط مرزی
۷. حل عددی معادلات انتقال و روش شارفتر-گومل
۸. مدل سازی قابلیت تحرک حامل‌ها با لحاظ اثرات فونون، ناخالصی‌های یونیزه، سطح و مرز و گرم شدن حامل‌ها
۹. مدل سازی نرخ تولید و بازترکیب با فوتون و فونون، اوژه، شاکلی-رید-هال، یونیزاسیون ضربه ای
۱۰. مدل سازی دیود، ترانزیستورهای دو قطبی و اثر میدانی
۱۱. تابع توزیع، معادله بولتزمن و ممان‌ها آن، معادلات هیدرودینامیک
۱۲. روش مونت کارلو، اشباع سرعت و الکترون‌های داغ

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۵ درصد
آزمون‌های میان و پایان نیم‌سال	۶۵ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

9. K.M. Kramer , W.N.G. Hitchon, Semiconductor Devices: A Simulation Approach, Prentice Hall, 1997.
10. S. Selberherr, Analysis and Simulation of Semiconductor Devices, Springer, 1984.
11. C. Jungemann, B. Meinerzhagen, B. Meinzerhagen, Hierarchical Device Simulation, Springer, 2003.
12. M. Lundstrom, Fundamentals of Carrier Transport, Cambridge University Press, 2000.

عنوان درس به فارسی:	انتقال کوانتومی		
عنوان درس به انگلیسی:	Quantum Transport		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:			**پایه** □ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:			**تخصصی** □ **عملی** □
تعداد واحد:	۳		**اختیاری** ■ **نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨		**رساله / پایان‌نامه** □

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- درک ارتباط قانون اهم و عملکرد افزاره‌های نیم‌رسانا با رفتار کوانتومی الکترون‌ها در مقیاس اتمی

ب) اهداف ویژه:

۱. آشنایی با پدیده انتقال الکترون‌ها در مقیاس اتمی و سیستم‌های کوانتومی باز
۲. درک به اثرات کوانتمی و کوانتیزه شدن رسانایی در عملکرد افزاره‌های نانوالکترونیک
۳. آشنایی و یادگیری نحوه مدل سازی افزاره‌های نانوالکترونیک با استفاده از توابع گرین

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. روش‌های عددی حل معادله شرودینگر
۲. ترکیب خطی اربیتال‌های اتمی و حالات الکترونی در مولکول‌ها
۳. روش تنگ بست و نوار انرژی الکترون‌ها در شبکه‌های بلوری
۴. معادله دیراک و اسپین الکترون و بر همکنش اسپین-مدار
۵. زیر نوارهای انرژی و چگالی حالات در ساختارهای صفر، یک و دو بعدی
۶. کوانتیزه شدن رسانایی، مقاومت اتصال و مقاومت اهمی
۷. سیستم‌های کوانتومی باز و ماتریس چگالی
۸. پهن شدگی حالات و عدم قطعیت انرژی زمان
۹. توابع گرین و ارتباط مشاهده پذیرها با این توابع
۱۰. انتقال همدوس و رابطه لاندائور-بوتیکر
۱۱. انتقال نا همدوس و خود انرژی برای مدل سازی بر همکنش‌ها
۱۲. تجزیه و تحلیل افزاره‌های نانو با استفاده از توابع گرین

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۵ درصد
آزمون‌های میان و پایان نیم‌سال	۶۵ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. S. Datta, Quantum Transport: From Atoms to Transistors, Cambridge University Press, 2005.
2. M. Pourfath, The Non-Equilibrium Green's Function Method for Nanoscale Device Simulation, Springer, 2014.
3. S. Datta, Lessons from Nanoelectronics: A New Perspective on Transport, World Scientific, 2012.
4. S. Datta, Electronic Transport in Mesoscopic Systems, Cambridge University Press, 1995.

عنوان درس به فارسی:	پدیده انتقال درنیم‌رساناها		
عنوان درس به انگلیسی:	Transport Phenomena in Semiconductors	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:		**پایه** □	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:		**تخصصی** □	**عملی** □
تعداد واحد:	۳	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨	**رساله / پایان‌نامه** □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- تحلیل و آشنایی با عوامل مؤثر بر دینامیک الکترون‌ها در نیم‌رساناها و کاربرد آن برای درک رفتار افزاره‌های مختلف نیم رسانا

ب) اهداف ویژه:

۱. آشنایی با مکانیزم‌های مختلف پراکندگی در نیم‌رساناها
۲. محاسبه قابلیت تحرک و رسانایی در نیم‌رساناها
۳. یادگیری روش‌های مختلف حل معادله انتقال بولتزمن
۴. درک و تحلیل رفتار الکترون‌ها در میدان‌های الکتریکی ضعیف و قوی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. الکترون و فونون‌ها در شبکه‌های کریستالی
۲. پراکندگی الکترون با فونون‌های صوتی، نوری و نوری قطبی
۳. پراکندگی الکترون با ناخالصی‌های یونیزه و برهم‌کنش الکترون- الکترون
۴. مکانیک آماری و تابع توزیع در حالت تعادل
۵. معادله بولتزمن برای تابع توزیع در حالت غیر تعادل
۶. حل آنالیتیک معادله بولتزمن برای مسائل ساده
۷. روش ممان‌های تابع توزیع و استخراج معادلات هیدرودینامیک و رانش و نفوذ
۸. روش مونت کارلو برای حل عددی معادله بولتزمن
۹. پدیده انتقال در میدان‌های ضعیف: پاسخ خطی و ضرایب انتقال
۱۰. موبیلیتی در میدان‌های ضعیف، اثر هال و اثرات ترموالکتریک
۱۱. پدیده انتقال در میدان‌های قوی: الکترون‌های داغ و اشباع سرعت حاملها
۱۲. انتقال بالستیک و گذار به انتقال کوانتومی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۵ درصد
آزمون‌های میان و پایان نیم‌سال	۶۵ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. M. Lundstrom, Fundamentals of Carrier Transport, Cambridge University Press, 2000.
2. C. Jacoboni, Theory of Electron Transport in Semiconductors, Springer, 2010.
3. M. Lundstrom and C. Jeong, Near-Equilibrium Transport: Fundamentals and Applications, World Scientific, 2013.
4. M. Lundstrom, Fundamentals of Nanotransistors, World Scientific, 2017

عنوان درس به فارسی:	افزاره‌های ذخیره انرژی ۱		
عنوان درس به انگلیسی:	Energy Storage Devices 1		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه □ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی □ عملی □
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی □
تعداد ساعت:	٤٨		رساله / پایان‌نامه □

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- هدف این درس آشنایی با ذخیره‌سازهای انرژی به صورت الکتروشیمیایی، (مانند باتری‌های لیتیم یونی، ابرخازن‌ها و پیل‌های سوختی) است. در این میان عمده توجه درس بر روی باتری‌های لیتیم یونی، اصول عملکرد آن‌ها و پارامترهای تعیین کننده در کارایی این افزاره‌ها متمرکز شده است. مشخصه‌یابی این افزاره‌ها نیز در دستور کار درس قرار دارد.

ب) اهداف ویژه:

۱. آشنایی با فیزیک ذخیره‌سازهای انرژی بصورت الکتروشیمیایی
۲. شناسایی محدودیت‌ها، مشکلات پیش رو و فرصت‌های موجود در زمینه افزاره‌های ذخیره‌کننده انرژی، به‌خصوص باتری‌های لیتیم یونی
۳. آشنایی با مشخصه‌یابی‌های مربوط به این افزاره‌ها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. منابع انرژی
۲. مقدمه‌ای بر باتری‌ها و انواع مواد الکترودی
۳. پارامترهای تعیین‌کننده در کارایی یک باتری
۴. تلفات اهمی
۵. تلفات اکتیواسیون
۶. تلفات تراکم: دیفیوژن در باتری
۷. پروفایل ولتاژ باتری
۸. مقدمه‌ای بر مشخصه‌یابی‌های ذخیره‌سازهای انرژی به صورت الکتروشیمیایی: ولتامتری چرخه‌ای

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

- ۲ تا ۴ سری تمرین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

تمرین‌ها:	~۲۰ درصد
آزمون میان ترم	~۳۵ درصد
آزمون پایان ترم	~۴۵ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Bard, Allen J., Faulkner, Larry R., White, Henry S, Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications, Wiley, 2022.

2. John Newman, Karen E. Thomas-Alyea, Electrochemical Systems, Electrochemical Society Series, 2020.
3. Peter Atkins, Julio de Paula. W.H. Freeman, Atkin's Physical Chemistry, 2012.
4. F. Torabi, P. Ahmadi, Simulation of Battery Systems, Fundamentals and Applications, Academic Press, Elsevier, 2019.
5. R. A. Huggins, Advanced Batteries: Materials Science Aspects, Springer, 2009.

عنوان درس به فارسی:	افزاره‌های ذخیره انرژی ۲		
عنوان درس به انگلیسی:	Energy Storage Devices 2	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:		**پایه** □	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:		**تخصصی** □	**عملی** □
تعداد واحد:	۳	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨	**رساله / پایان‌نامه** □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- هدف این درس آشنایی با ذخیره‌سازهای انرژی به صورت الکتروشیمیایی، (مانند باتری‌های لیتیم یونی، ابرخازن‌ها و پیل‌های سوختی) است. این درس در ادامه درس افزاره‌های ذخیره انرژی ۱ طراحی شده است. در افزاره‌های ذخیره انرژی ۱ به اصول عملکرد باتری‌های لیتیم یونی پرداخته شده بود. در افزاره‌های ذخیره انرژی ۲، بر روی ابرخازن‌ها و مشخصه‌یابی ذخیره‌سازهای انرژی بحث خواهد شد.

ب) اهداف ویژه:

۱. آشنایی با فیزیک ذخیره‌سازهای انرژی بصورت الکتروشیمیایی
۲. شناسایی محدودیت‌ها، مشکلات پیش رو و فرصت‌های موجود در زمینه افزاره‌های ذخیره‌کننده انرژی، به‌خصوص ابرخازن‌ها
۳. آشنایی با مشخصه‌یابی‌های مربوط به این افزاره‌ها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر ابرخازن‌ها
۲. انواع ابرخازن‌ها
۳. دولایه الکتریکی
۴. انواع مواد الکترودی
۵. پارامترهای تعیین‌کننده در کارایی یک ابرخازن
۶. مشخصه‌یابی‌های ذخیره‌سازهای انرژی به صورت الکتروشیمیایی: ولتامتری چرخه‌ای در ابرخازن‌ها
۷. مشخصه‌یابی‌های ذخیره‌سازهای انرژی به صورت الکتروشیمیایی: طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی
۸. مشخصه‌یابی‌های ذخیره‌سازهای انرژی به صورت الکتروشیمیایی: GCD، نمودار راگون، ..

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

- ۲ تا ۴ سری تمرین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

تمرین‌ها:	~۲۰ درصد
آزمون میان ترم	~۳۵ درصد
آزمون پایان ترم	~۴۵ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Bard, Allen J., Faulkner, Larry R., White, Henry S, Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications, Wiley, 2022.
2. John Newman, Karen E. Thomas-Alyea, Electrochemical Systems, Electrochemical Society Series, 2020.
3. Peter Atkins, Julio de Paula. W.H. Freeman, Atkin's Physical Chemistry, 2012.
4. Sandeep A Arote, Electrochemical Energy Storage Devices and Supercapacitors, IOP Publishing Ltd, 2021.
5. Kamal K. Kar, Handbook of Nanocomposite Supercapacitor Materials I: Characteristics, Springer, 2020.
   Kamal K. Kar, Handbook of Nanocomposite Supercapacitor Materials II: Performance, Springer, 2020.
   Kamal K. Kar, Handbook of Nanocomposite Supercapacitor Materials III: Selection, Springer, 2021.

عنوان درس به فارسی:	حسگرهای نیم‌رسانا	
عنوان درس به انگلیسی:	Semiconductor Sensors	نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:		پایه □ نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی □ عملی □
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■ نظری-عملی □
تعداد ساعت:	٤٨	رساله / پایان‌نامه □

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- هدف این درس آشنایی با فرآیند ساخت مدارهای مجتمع، آشنایی با انواع فرآیندهای ساخت مخصوصاً با استفاده از فناوری MEMS، فهم فیزیک پلاسما در فرآیندهای ساخت، آشنایی با حسگرهای مختلف و نحوه عملکرد آنها شامل حسگرهای مکانیکی، مغناطیسی، نوری، حرارتی ، تشعشعی، هسته‌ای، شیمیایی و بیولوژیکی است.

ب) اهداف ویژه:

۱. کسب دانش فرآیندهای پیچیده ساخت افزاره و حسگرها
۲. کسب دانش در زمینه ساخت محرکه‌ها و مبدل‌های ریزماشینکاری
۳. آشنایی با ساختارهای آشکارسازهای نوری و مادون قرمز منظم آرایه‌ای
۴. آشنایی با فرآیند پلاسمای سرد و فیزیک مربوط به آن

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. فرآیندهای ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا
۲. آشنایی با فرآیندهای ساخت افزاره‌های MEMS
۳. فیزیک پلاسما
۴. حسگرهای مکانیکی و محرک‌ها
۵. حسگرهای حرارتی و اندازه‌گیر جریان (flow-meter)
۶. حسگرهای نوری، حسگر مادون قرمز، CCDها
۷. حسگرهای تشعشعی و هسته‌ای
۸. حسگرهای شیمیایی، حسگر گاز
۹. مقدمه ای بر حسگرهای بیولوژیک و ساختارهای آن

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

- دو تا سه سری تمرین برای تسلط بر مفاهیم مطرح شده
- یک ارائه به صورت اختیاری

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Simon M. Sze, Yiming Li, Kwok K. Ng, Physics of Semiconductor Devices, J. Wiley, 2021.
2. M.A. Lieberman and A.J. Lichtenberg, Principles of Plasma Discharges and Material processing, John Wiley, 2005.
3. Sami Franssila , Introduction to Micro-Fabrications, John Wiley, 2010.

عنوان درس به فارسی:	سلول خورشیدی		
عنوان درس به انگلیسی:	Solar cell	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:		**پایه** □	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:		**تخصصی** □	**عملی** □
تعداد واحد:	۳	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨	**رساله / پایان‌نامه** □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- هدف از این درس آشنایی دانشجویان با بحث بنیادی فیزیک فیزیک سلول خورشیدی با محوریت شبیه‌سازی و نقش علوم و فناوری نانو در نسل جدید سلول‌های خورشیدی است. اصول کاربردی و آخرین دستاوردها در نسل جدید سلول‌های خورشیدی شامل سلول‌های خورشیدی لایه نازک، پروسکایت و نقاط کوانتومی شرح داده خواهد شد.

ب) اهداف ویژه:

۱. تسلط دانشجویان تحصیلات تکمیلی بر فیزیک و انواع سلول‌های خورشیدی
۲. آشنایی با مباحث مربوط به نصب پنل‌ها و نیروگاه‌های خورشیدی
۳. کسب مهارت در شبیه‌سازی سلول‌های خورشیدی
۴. کسب توانمندی در جهت پژوهش در زمینه‌ی سلول‌های خورشیدی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. فیزیک سلول خورشیدی
۲. سلول‌های خورشیدی نانوساختار پروسکایتی
۳. مشخصه‌یابی سلول‌های خورشیدی
۴. پنل و ماژول‌های خورشیدی: مسائل نصب و راه‌اندازی
۵. سلول‌های خورشیدی لایه نازک CdS و CIGS
۶. سلول‌های خورشیدی بازدهی بالا III-V
۷. نرم افزارهای متداول شبیه‌سازی و آموزش کد نویسی در SCAPS
۸. شبیه‌سازی سلول‌های خورشیدی متنوع در قالب پروژه

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی و امتحانک‌ها در طول ترم	۱۰ درصد
پروژه	۲۰ درصد
آزمون میان ترم	۳۰ درصد
آزمون پایان ترم	۴۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. راضیه تیموری و راحله محمدپور، مبانی مدل‌سازی سلول‌های خورشیدی، انتشارات سازمان جهاد دانشگاهی تهران ، چاپ اول ۱۴۰۰.

2. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering,2003

3. S.M. Sze, and M. K. Lee, Semiconductor Devices: Physics and Technology, Wiley, 2013.

عنوان درس به فارسی:	محاسبات کوانتمی		
عنوان درس به انگلیسی:	Quantum Computing		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه □ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی □ عملی □
تعداد واحد:	۳		اختیاری ■ نظری-عملی □
تعداد ساعت:	٤٨		رساله / پایان‌نامه □

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- کامپیوترهای کوانتومی می‌توانند مسائلی مثل شکستن سیستم‌های رمز را سریع‌تر از کامپیوترهای سنتی حل کنند. در این درس، مدل محاسبات کوانتومی و روش‌های حل مسئله با این مدل بررسی می‌شوند.

ب) اهداف ویژه:

۱. آشنایی با مبانی فیزیک مدرن و خصوصاً مکانیک کوانتومی؛ آشنایی با مبانی جبر خطی
۲. مهارت یافتن در استفاده از نرم افزار QISKIT که از پکیج‌های Python میباشد
۳. آشنایی با پروتکلهای ارتباطات کوانتومی
۴. شناخت الگوریتمهای مهم در محاسبات کوانتومی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمات: آشنایی با مفاهیم پایه در محاسبات کوانتومی، کاربردهای محاسبات کوانتومی، آینده‌ی سامانه‌های کوانتومی و محدودیت فعلی سامانه‌های کوانتومی
۲. محاسبات برگشت‌پذیر: گیت‌های برگشت‌پذیر، گیت‌هایCNOT ، TOFOLI، FREDKIN، MKGو HNG
۳. ریاضیات مکانیک کوانتومی: تعریف ریاضی-کوانتومی اطلاعات، اعداد مرکب، اعداد اول، تبدیل فوریه کوانتومی، ماتریس‌های پاولی، ضرب تنسورها، نماد دیراک، کت و براکت
۴. محاسبات کوانتومی: مبانی محاسبات کوانتومی، فضای هیلبرت، افزاره‌های کوانتومی، کیوبیت، رجیسترهای کوانتومی، مدارهای کوانتومی، روش‌های طراحی مدارهای کوانتومی، طراحی خودکار مدارهای کوانتومی، مسأله داچ-جوزا، الگوریتم شور، سنتز مدارهای کوانتومی، طراحی فیزیکی مدارهای کوانتومی
۵. رمزنگاری کوانتومی: رمزنگاریRSA ، الگوریتم‌های رمزنگاری کوانتومی
۶. آشنایی با مبانی و پروتکل‌های ارتباطات/مخابرات کوانتومی
۷. برنامه‌نویسی با پکیج‌های محاسبات کوانتومی مانند Qiskit
۸. آشنایی با الگوریتم‌های جدید مانند HHL
۹. یادگیری ماشین کوانتومی
۱۰. فناوری‌های مرتبط برای ساخت کامپیوتر کوانتومی

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

- ۲ تا ۴ تکلیف دستی
- ۴ پروژه کامپیوتری در طول ترم در زمینه‌های طراحی مدارها و الگوریتم‌های کوانتومی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. Michael Nielsen, Isaac Chuang, Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press. 2011.
2. David McMahon, Quantum Computing Explained. John Willy, 2008.
3. Jack Hidary, Quantum Computing: An Applied Approach, Springer, 2021.

عنوان درس به فارسی:	اینترکانکت‌ها و یک‌پارچگی سیگنال در مدارهای VLSI و نانو نانوسیستم‌ها		
عنوان درس به انگلیسی:	Interconnects and Nano Wires in VLSI Circuits and Nano Systems		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:			**پایه** □ **نظری** ■
دروس هم‌نیاز:			**تخصصی** □ **عملی** □
تعداد واحد:	۳		**اختیاری** ■ **نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨		**رساله / پایان‌نامه** □

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

الف) هدف کلی:

از مهترین اهداف درس موارد زیر را می‌توان نام برد:

- ایجاد شناخت جامعی از جایگاه، اهمیت، و کارایی اینترکانکت‌ها (اتصالات‌میانی) در مدارهای مجتمع، سیستم‌های الکترونیکی و بوردهای مدارچاپی با روند کوچک شدن تکنولوژی تا مقیاس نانو. بررسی آثار اتصالات‌میانی/سیم‌ها در عملکرد، کارایی، توان مصرفی و قابلیت اطمینان مدارهای مجتمع، و سیستم‌های الکترونیکی و بوردهای مدارچاپی، بررسی اثرات پارازیتیکی اتصالات‌میانی و روشهای مدلسازی آنها، بررسی و تحلیل یکپارچگی سیگنال و توان و خطاهای ناشی از اتصالات‌میانی و سیم‌ها، تحلیل تاخیر انتشار و روش‌های مدل سازی و کاهش آن، بررسی نویز هم شنوایی و روشهای مدلسازی و کاهش آن.
- بررسی رفتار و مدلسازی سیمها در سطح سیستم و بوردهای مدارچاپیPCB ، کمی‌سازی خطا و آسیب‌پذیری الکترومغناطیسی سیستم‌های الکترونیکی ناشی از اثر امواج و مسیریابی روی بورد، سازگاری و تداخل الکترومغناطیسی EMC/EMI درPCB ها، معرفی تکنولوژیهای جایگزین برای ساختار مدارات مجتمع و سیم بندی در آنها نظیر ساختار 3D، بررسی نانوسیمها و نانولوله‌های کربنی به عنوان جایگزین برای اتصالات‌میانی، بررسی تاخیر انتشار و نویز همشنوایی در نانو لوله‌های کربنی، نانو نوارهای گرافینی، و مدل سازی مداری آنها

ب) اهداف ویژه:

۱. بدست آوردن بینش علمی و دقیق از جایگاه و اهمیت اینترکانکت‌ها (اتصالات‌میانی) و یکپارچگی سیگنال در دو سطح مدار مجتمع و سیستم‌های همگن و غیرهمگن، و توانایی بکارگیری نرم افزارهای ADS ، HSPICE برای شبیه‌سازی و تحلیل اتصالات میانی

۲. درک مفاهیم و نحوه‌ی محاسبه پارامترها (پارازیتیکی) اینترکانکت‌ها، یادگیری روش‌های مدل‌سازی اتصالات‌میانی و نحوه‌ی بکارگیری آنها، مفهوم تأخیر و نایقینی تأخیر و مدل‌سازی آن، مفاهیم همشنوایی و توان مصرفی و مدل‌سازی آنها، روشهای کارآمد برای کاهش هم‌شنوایی و توان مصرفی

۳. آشنایی به بسته‌بندی انواع مدارهای مجتمع و اثر آنها در یکپارچگی سیگنال نظیر تأخیر، توان مصرفی و قابلیت اعتماد، و ایجاد توانایی تحلیل سازگاری/تداخل الکترومغناطیسی در بوردهای مدارچاپی، طراحی بورد مقاوم و چالشهای آن، آسیب‌پذیری سیستم‌های الکترونیکی

۴. آشنایی با فناوری نانوالکترونیک، رژیم انتقال الکترون و هدایت، نانو سیم‌ها و انواع نانولوله‌های کربنی به عنوان تکنولوژی‌های جدید اتصالات‌میانی مدارات مجتمع و روش‌های مدل‌سازی آنها و مدل‌سازی نویز هم‌شنوایی و ...

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر فناوری‌های ساخت سیستم‌های مدار مجتمع VLSI زیر میکرون تا نانو سیستم‌ها، انواع اینترکانکت‌ها در مدارهای مجتمع، بسته‌بندی مدارهای مجتمع، نگاه کلی بر جایگاه اتصالات میانی/سیم‌ها در مدارات مجتمع، سیستم‌های الکترونیکی و بوردهای مدار چاپی و نقش آنها در عملکرد یک سیستم

۲. اینترکانکت‌ها و مساله ی مقیاس شدن Scaling و آثار ناشی از آن از IC تا مجتمع‌سازی همگن و ناهمگن، یک پارچگی سیگنال Signal Integrity ، پدیده کوچ الکتریکی Electromigration

۳. انواع پارازیتیکی‌های اتصالات میانی و محاسبه آنها، پدیده‌های مرتبط با اینترکانکت‌ها و مدل‌سازی آنها شامل: تاخیر، نایقینی در تاخیر، روش‌های کاهش تأخیر، تلف توان، نویز هم شنوایی و روش‌های کاهش آن، یکپارچگی سیگنال و توان Power/Signal Integrity

۴. تکنیک‌های مدل سازی اینترکانکت‌ها، مدل‌های مداری فشرده و گسترده RC، RLC، مدل خط انتقال،

۵. انواع اینترکانکت‌ها و مدل‌های آنها در FPGAها، ساختار و مدل‌سازی اینترکانکت‌ها و تأخیر در مدارات مجتمع سه بعدی 3D-VLSI، توابع توزیع اتصالات میانی در مدارات مجتمع دو بعدی و سه بعدی

۶. انواع بسته‌بندی مدارهای مجتمع، مدل‌های IBIS، تداخل الکترومغناطیسی در بوردهای مدارچاپی EMC/EMI ، تحلیل آسیب پذیری سیستم‌های الکترونیکی در سطح سیستم و PCB و کمی‌سازی خطا

۷. اینترکانکت‌های نوری Optical Interconnects ، اینترکانکت‌ها با ساختارهای بیولوژیکی، معرفی تکنولوژی Low-k و نقش آن در تاخیر و نویز هم شنوایی اتصالات میانی.

۸. انواع نانوسیم‌ها Nano Wires ، مکانیزهای پراکندگی الکترون در نانو سیم‌ها، مقایسه عملکرد اتصالات میانی متداول مسی با نانوسیم‌ها

۹. معرفی نانو لوله‌های کربنی (Carbon Nano Tubes) CNT و انواع آنها، اشاره ای بر روش‌های ساخت و کاربردهای نانو لوله‌های کربنی، انتقال الکتریکی و هدایت کوانتمی در نانو لوله‌های کربنی

۱۰. مدل‌های مداری فرکانس بالا برای نانو لوله‌های کربنی تک‌دیواره و چند دیواره

۱۱. مدل‌سازی دسته نانولوله‌های تک‌دیواره و چند دیواره

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

- استفاده از اسلایدهای درس با توجه به پیچیدگی محتوای درس و لزوم استفاده بهینه از زمان،
- به‌روز نگهداشتن محتوای درس بر اساس پیشرفت دانش نظری مرتبط با درس،
- استفاده از نوشتن بر روی وایت بورد در توضیح و تشریح روابط و مفاهیم اصلی،
- پیش مطالعه درس توسط دانشجویان با توجه به اسلایدها و مستنداتی که از قبل در اختیار دانشجو قرار می‌گیرد.
- پرسش و پاسخ و بحث کلاسی برای هوشیار نگهداشتن، توجه دادن و مشارکت دانشجو،
- دادن تکالیف درسی، تمرین‌های کامپیوتری و پروژه کوچک درسی برای ایجاد مهارت‌های تخصصی.
- تعداد ۷ تکلیف کامپیوتری به صورت شبیه‌سازیهای کامپیوتری و تحلیل نتایج، پروژه درسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت‌های کلاسی: تکالیف منزل، تمرین‌های کامپیوتری، پروژه درسی، و امتحان میان ترم: ۷۰ درصد
- آزمون پایان ترم: ۳۰ درصد

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

امکانات متداول نظیر ویدئو پروژکتور برای ارائه درس، نرم‌افزارهای ADS، Hspice برای انجام تکالیف کامپیوتری.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. B. K. Kaushik and V. R. Kumar, Crosstalk in Modern On-Chip Interconnects: A FDTD Approach, Springer, 2016.
2. S. Saini, Low Power Interconnect Design, Springer, 2015.
3. B. K. Kaushik, Majumder, K. Manoj, Carbon Nanotube Based VLSI Interconnects, Springer, 2015.
4. T. Gupta, Copper Interconnect Technology, Springer, 2014.
5. M. S. Bakir, and J. D. Meindl, Integrated Interconnect technologies for 3D Nanoelectronic Systems, Artech House, 2009.

عنوان درس به فارسی:	سامانه‌های الکترومکانیکی ریز و بسیارریز		
عنوان درس به انگلیسی:	Micro/Nano Electro-Mechanical Systems (MEMS/NEMS)	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:		**پایه** □	**نظری** ■
دروس هم‌نیاز:		**تخصصی** □	**عملی** □
تعداد واحد:	۳	**اختیاری** ■	**نظری-عملی** □
تعداد ساعت:	٤٨	**رساله / پایان‌نامه** □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- هدف از این درس، معرفی مفاهیم پایه‌ای و مسائل سامانه‌های الکترومکانیکی با ابعاد ریز (سامانه‌های میکروالکترومکانیکی یا MEMS)، آشنایی با مکانیک مواد و از جمله فرآیندهای ساخت این سامانه‌ها، اصول حاکم بر عملکرد آنها و تاثیر کاهش ابعاد بر این عمکرد، روش‌های تحلیل و شبیه‌سازی آنها، و نیز آشنایی با سامانه‌های با ابعاد بسیار ریز (نانوالکترومکانیکی یا NEMS) است.

ب) اهداف ویژه:

۱. آشنایی با فرایندهای ساخت سامانه‌های ریز از جمله ریزماشین‌کاری توده و سطحی
۲. اصول عملگر و حسگرهای ریزمکانیکی الکترونیکی
۳. آشنایی با سامانه‌های الکترواپتیکی
۴. آشنایی با ریزسیالات

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مروری برسامانه‌های ریز الکترومکانیکی: تغییر مقیاس
۲. روشهای ساخت سامانه‌های ریز الکترومکانیکی : ریزماشین‌کاری سطحی و حجمی، روندهای تولید انبوه MEMS
۳. اصول عملکرد سامانه‌های ریز: سامانه‌های لختی‌سنجی
۴. مفاهیم مهندسی مواد و مکانیک و کاربرد آنها در طراحی و ساخت سامانه‌های ریز الکترومکانیکی
۵. ریزسیالات و سامانه‌های سیالی الکتروشیمیایی و بیوشیمی
۶. آزمایشگاه بر روی تراشه
۷. سامانه‌های اپتومکانیکی
۸. سامانه‌های در ابعاد بسیار ریز (NEMS)

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. S.D. Senturia Microsystem Design, Springer, 2001.

2. M. Madou, Fundamentals of Microfabrication, CRC Press, 2002.
3. C. Liu, Foundations of MEMS, Pearson Education, 2012.

عنوان درس به فارسی:	الکترونیک نوری		
عنوان درس به انگلیسی:	Optoelectronics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه □	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی □	عملی □
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی □
تعداد ساعت:	٤٨	رساله / پایان‌نامه □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- آشنا کردن دانشجویان تحصیلات تکمیلی، با مفاهیم فیزیکی پایه‌ای مربوط به کارکرد ادوات الکترونیک نوری، نحوه کارکرد این ادوات، و مقدمه‌ای بر مخابرات نوری به عنوان کاربرد مهمی از این نوع ادوات

ب) اهداف ویژه:

۱. آشنایی با مفاهیم پایه‌ای مکانیک کوانتومی و الکترونیک حالت جامد مرتبط با فرآیندهای نوری در نیمه‌هادی
۲. نحوه کارکرد و پارامترهای کارایی سلول‌های خورشیدی
۳. نحوه کارکرد، پارامترهای کارایی، و انواع آشکارسازهای نوری نیمه‌هادی
۴. نحوه کارکرد، پارامترهای کارایی، و انواع دیودهای نور دهنده نیمه‌هادی و نیز انواع لیزرهای نیمه‌هادی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مروری بر الکترونیک حالت جامد: دسته‌بندی مواد و مقایسه نیمه‌هادی‌ها؛ روش‌های رشد نیمه‌هادی‌ها؛ انواع مواد کریستالی
۲. مروری بر مکانیک کوانتومی: دوگانه ذره و موج، تابع موج الکترون، و معادله شرودینگر؛ الکترون در اتم هیدروژن و سایر عناصر جدول تناوبی؛ نظریه ساختار باند انرژی و عدد (بردار) موج؛ انواع ذرّات و خواص آنها، اصل انحصار پائولی، و اسپین؛ تابع توزیع و چگالی حالتهای مجاز الکترونها بر اساس انرژی
۳. ساختار باند انرژی: مدل‌های به دست آوردن ساختار باند انرژی و روش Tight Binding؛ نیمه‌هادی‌های با باند انرژی ممنوعه مستقیم و غیر مستقیم؛ تقارن تابع موج و روش k.p برای محاسبه ساختار باند انرژی؛ نظریه اغتشاش مستقل از زمان و وابسته به زمان؛ تغییر ساختار باند با روش های آلیاژ کردن، کرنش، و محدود کردن حرکت الکترون؛ جرم مؤثر
۴. برهمکنش نور و ماده: مدل کردن ماهیت نور: فوتون و موج؛ تئوری های الکترودینامیک کلاسیک و کوانتومی؛ کوانتیزه کردن اول و دوم؛ نظریه‌های نور کلاسیک و کوانتومی؛ امواج الکترومغناطیس و قطبیت؛ مدل فوتونی نور؛ جذب و گسیل نور خود به خودی و تحریک شده؛ نرخ و ضریب جذب؛ نرخ گسیل و ضریب بهره؛ المان ماتریسی در نیمه هادی بدنه و چاه پتانسیل؛ ضرائب A/B انیشتن
۵. گذرهای نوری: گذر بین باندی در نیمه‌هادی بدنه؛ چگالی حالت مشترک؛ چگالی حالت فوتون؛ گذر بین باندی و درون باندی در نیمه‌هادی چاه پتانسیل کوانتومی؛ جذب و تقویت نوری
۶. آشکار ساز نوری: انواع آشکارسازهای نوری؛ اثر نور الکتریکی (اثر نوری خارجی)؛ اثر نوری داخلی؛ پارامترهای عملکردی آشکارساز نوری؛ آشکار ساز هدایت نوری؛ دیود های نوری PN، PiN، سد شاتکی، بهمنی، ... ؛ ترانزیستور نوری، آشکار ساز نوری فلز - نیمه هادی – فلز، آشکار ساز مادون قرمز چاه کوانتومی، ...؛ حالت نور ولتاژی (سلول خورشیدی)؛ کارایی عملکرد سلول خورشیدی؛ حالت نور هدایتی؛ تقویت‌کننده فیبری آلائیده شده با اربیوم
۷. دیود گسیل نوری (LED): لومینانس تزریقی؛ ساختار نامتجانس دوگانه و سیستم‌های مواد آن؛ انواع گذرهای نوری؛ طول موج‌های گسیل نور؛ پارامترهای کارایی؛ بسته‌بندی؛ کاربرد برای مخابرات؛ ساختارهای گسیل از لبه و سطح؛ کوپل نور به فیبر
۸. لیزر: سیستم دو سطحه؛ اصول عملکرد لیزری؛ سیستم چهار سطحه؛ لیزر دیودی نیمه‌هادی؛ حفره Fabry-Perot؛ مقایسه LED و لیزر؛ وارونگی جمعیت؛ شرط انجام عمل لیزری؛ شرط آستانه حفره؛ آستانه بهره؛ محیط بهره داخل حفره؛ موج‌های ایستاده و مودهای موج طولی و عرضی؛ مشخصات عملکردی؛ بستگی حرارتی خروجی؛ پروفایل خروجی؛ ساختارهای با پیوند نامتجانس تکی و دوتایی؛ ساختارهای محدود سازی افقی (نواری) هدایت شده با بهره و با ضریب

شکست؛ ساختارهای GRINSCH، ECL، C^3، DBR، DFB، ...؛ ساختار چاه و نقطه کوانتومی؛ چگالی جریان آستانه؛ پاسخ فرکانسی؛ پدیده‌های Chirp و پرش مدی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

امتحانات	۷۰ درصد
پروژه (+ تکالیف)	۳۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. S. L. Chuang, Physics of Optoelectronic Devices, John Wiley, 2009.
2. J. Singh,Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures, Cambridge University Press, 2003.
3. Michael A. Parker, Physics of Optoelectronics, CRC Press Taylor & Francis, 2005
4. Rosencher , Vinter , Optoelectronics , Cambridge University Press, 2004
5. J. Singh, Semiconductor Optoelectronics: Physics and Technology, Mc Graw-Hill, 1995.

عنوان درس به فارسی:	زیست حسگرها		
عنوان درس به انگلیسی:	Biosensors	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه □	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی □	عملی □
تعداد واحد:	۳	اختیاری ■	نظری-عملی □
تعداد ساعت:	٤٨	رساله / پایان‌نامه □	

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

.....

الف) هدف کلی:

- هدف از این درس، کسب شناخت درباره اصول، فناوری و روش‌ها در حوزه حسگرهای زیستی می‌باشد.

ب) اهداف ویژه:

۱. آشنایی با برهمکنش میکرو ارگانیسم ها با ادوات حسگری الکتریکی با هدف تشخیص در حوزه پزشکی
۲. یافتن مکانیسم ها و ساختار های نوین جهت افزایش انتخاب گری و حساسیت در پروتکل های تشخیص افتراقی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. آشنایی با سیستم‌ها و فرایندهای مهم زیستی، آنزیم‌ها و پروتئین‌های دخیل و کارکرد زیست حسگرها
۲. بررسی اجمالی زیست حسگرها
۳. عناصر اساسی دستگاه‌های حسگر
۴. مهندسی حسگر
۵. زیست حسگرهای الکتروشیمیایی پروتئین
۶. شناخت پروتئین‌ها و خصوصیات آن‌ها
۷. کلیات ژنتیک و خصوصیات DNAو فرایندهای زیستی وابسته به آن
۸. بیوالکترونیک سلولی
۹. حسگر امپدانس سلولی
۱۰. نانوبیو الکترونیک بر پایه DNA
۱۱. نانوبیوالکترونیک بر پایه پروتئین
۱۲. سامانه‌های ریز و بسیار ریز زیستی (BIO MEMS AND MEMS)

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. A.L. Lehninger, D.L. Nelson, and M. M. Cox, Principles of Biochemistry, W. H. Freeman, 2008.
2. A. Offenhausser, et al., Nanobioelectronics for Electronics, Biology, and Medicine, Springer , 2009.
3. Q. Liu, P. Wang, Cell Based Biosensors: Principles and Applications, Artech House, 2007.