



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



پایه دکتری ارشد

مهندسی مکانیک

Mechanical Engineering

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته



گرایش ها



طراحی کاربردی

Applied Design

ساخت و تولید

Manufacturing Engineering

تبدیل انرژی

Energy Conversion

گروه فنی و مهندسی

پژشکدهای دانشگاه صنعتی امینداری

پیشنهادهای

نام رشته: مهندسی مکانیک

عنوان گرایش: طراحی کاربردی، ساخت و تولید،

تبدیل انرژی

گروه: فنی و مهندسی

دوره تحصیلی: کارشناسی ارشد ناپیوسته

کارگروه تخصصی: مهندسی مکانیک

نوع مصوبه: بازنگری

پیشنهادی: دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۰/۰۵

برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی، ساخت و تولید، تبدیل انرژی، در جلسه شماره ۱۶۳ تاریخ ۱۴۰۰/۱۰/۰۵ کمیسیون برنامه ریزی آموزشی به شرح زیر تصویب شد:

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

ماده دو- این برنامه درسی، جایگزین برنامه درسی رشته مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی، ساخت و تولید، تبدیل انرژی مصوب جلسه ۸۳۵ تاریخ ۱۳۹۲/۰۴/۰۹ شورای عالی برنامه‌ریزی می‌شود.

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

ماده چهار- این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن، در صورت تشخیص کارگروه تخصصی مربوطه، نیاز به بازنگری دارد.

دکتر محمدرضا آهنجیان
دبیر کمیسیون برنامه‌ریزی آموزشی





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



برنامه درسی رشته

مهندسی مکانیک

MECHANICAL ENGINEERING

مقطع کارشناسی ارشد



گرایش ها:

طراحی کاربردی | Applied Design

ساخت و تولید | Manufacturing Engineering

تبدیل انرژی | Energy Conversion





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



برنامه درسی رشته

مهندسی مکانیک

MECHANICAL ENGINEERING

مقطع کارشناسی ارشد

مشمول بر گرایش:

۱. طراحی کاربردی | Applied Design

شامل شاخه های "مکانیک جامدات" و "دینامیک، ارتعاشات و کنترل"

تهیه کنندگان:

عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان

دکتر محسن اصفهانیان

با همکاری:

عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

دکتر مرتضی منتظری

عضو هیات علمی دانشگاه تهران

دکتر مسعود شریعت پناهی

عضو هیات علمی دانشگاه تهران

دکتر علی اصغر عطایی



جدول تغییرات

ردیف	در برنامه قبلی	در برنامه بازنگری شده
۱.	آکوستیک پیشرفته	آکوستیک پیشرفته
۲.	آنالیز مودال	آنالیز مودال
۳.	ارتعاشات اتفاقی	ارتعاشات اتفاقی
۴.	ارتعاشات پیشرفته	ارتعاشات پیشرفته
۵.	ارتعاشات غیرخطی	ارتعاشات غیرخطی
۶.	پایان نامه کارشناسی ارشد	پایان نامه کارشناسی ارشد
۷.	پایداری الاستیک	حذف
۸.	پلاستیسیته	پلاستیسیته
۹.	تحلیل سیستم های دینامیکی	تحلیل سیستم های دینامیکی
۱۰.		تریبولوژی و روان کاری پیشرفته
۱۱.	تغییر شکل دادن فلزات	تغییر شکل دادن فلزات
۱۲.	تئوری الاستیسیته	تئوری الاستیسیته
۱۳.	تئوری صفحه ها و پوسته ها	تئوری صفحه ها و پوسته ها
۱۴.	دینامیک پیشرفته	دینامیک پیشرفته
۱۵.	دینامیک غیرخطی و آشوب	دینامیک غیرخطی و آشوب
۱۶.	دینامیک ماشین های دوار	دینامیک ماشین های دوار
۱۷.	دینامیک مولکولی	دینامیک مولکولی
۱۸.	رباتیک پیشرفته	رباتیک پیشرفته
۱۹.	روش اجزای محدود در جامدات ۱	روش اجزای محدود در جامدات ۱
۲۰.	روش های محاسباتی در پلاستیسیته	روش های محاسباتی در پلاستیسیته
۲۱.	روش های محاسبات عددی پیشرفته	روش های محاسبات عددی پیشرفته
۲۲.	ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱	ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱
۲۳.	ساخت افزودنی	ساخت افزودنی
۲۴.	سازه های هوشمند	سازه های هوشمند
۲۵.	سیستم های ریزالکترومکانیکی	سیستم های ریزالکترومکانیکی
۲۶.	سیستم های غیرخطی	سیستم های غیرخطی
۲۷.	سمینار کارشناسی ارشد	سمینار کارشناسی ارشد
۲۸.	شناسایی، تخمین، پیش بینی و کنترل تصادفی	شناسایی، تخمین، پیش بینی و کنترل تصادفی
۲۹.	شکست، خستگی و خزش	حذف
۳۰.	طراحی بهینه	طراحی بهینه
۳۱.	طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته	طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته



کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک / ۴

طراحی قالب پیشرفته	طراحی قالب پیشرفته	۳۲.
طراحی مخازن تحت فشار	طراحی مخازن تحت فشار	۳۳.
طراحی و ساخت نانو کامپوزیت‌های پلیمری	طراحی و ساخت نانو کامپوزیت‌های پلیمری	۳۴.
کنترل پیشرفته	کنترل پیشرفته	۳۵.
کنترل سیستم‌های رباتیک	کنترل سیستم‌های رباتیک	۳۶.
کنترل مقاوم	کنترل مقاوم	۳۷.
کنترل هوشمند	کنترل هوشمند	۳۸.
متالورژی در تولید	متالورژی در تولید	۳۹.
مکانیک شکست	مکانیک شکست	۴۰.
مکانیک ضربه	مکانیک ضربه	۴۱.
مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	۴۲.
مواد حافظه‌دار		۴۳.
مواد مرکب پیشرفته	مواد مرکب پیشرفته	۴۴.
میکرومکانیک و آنالیز چندمقیاسی		۴۵.
هوش مصنوعی		۴۶.



فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی



الف) مقدمه

دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (Master of Science in Mechanical Engineering)، یکی از دوره‌های تحصیلی آموزش عالی است که هدف آن تربیت مهندسی است که قادر باشند با به‌کارگیری دانش ریاضی، علوم مهندسی، تحلیل و تفسیر داده‌ها، درک مسئولیت‌های حرفه‌ای، ایجاد ارتباط مناسب با جامعه و آشنائی با مسائل محلی و جهانی قادر به طراحی ابزار، سیستم‌ها یا فرآیندهائی جهت رفع نیاز جوامع باشند. لذا این فارغ‌التحصیلان با توجه به زیرساختی که در دوران آموزش برای آنها ایجاد می‌شود پس از مدت کوتاهی از فارغ‌التحصیلی می‌توانند و توانسته‌اند منشا خدمات بزرگی شوند.

در این بخش گرایش طراحی کاربردی (Applied Design) ارائه می‌شود که شامل مباحث مکانیک جامدات (Solid Mechanics)، دینامیک (Dynamics)، ارتعاشات (Vibration)، کنترل (Control) و مکاترونیک (Mechatronics) است.

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

هدف این گرایش تربیت و آموزش نیروی انسانی متخصص مورد نیاز صنعت و کادر آموزشی دانشگاه‌های کشور در رشته مهندسی مکانیک مطابق با سطح دانشگاه‌های معتبر جهانی و ارتقاء سطح دانش مهندسی مکانیک و رشته‌های وابسته در عرصه‌های داخلی و بین‌المللی و تربیت افراد مستعدی که آموخته‌های نظری و عملی آنها هم سطح دانشگاه‌ها و مراکز پیشرفته علمی و صنعتی جهان باشد.

پ) ضرورت و اهمیت

طی این دوره، دانش آموختگان مهندسی مکانیک آماده می‌شوند تا وظایف محوله برای اجرای پروژه‌های صنعتی شامل تحقیق و مطالعات اولیه، طراحی مقدماتی، محاسبات طراحی با جزئیات و تهیه نقشه‌ها و مدارک فنی، تدوین فناوری ساخت و روش تولید، مدیریت و اجرا و تعمیر و نگهداری را با آگاهی علمی و فنی در کلیه حوزه‌های مرتبط با مهندسی مکانیک به عهده گرفته، و با موفقیت انجام دهند.

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

در این مجموعه تعداد دروس ارائه شده در جدول (۱) آورده شده است. دانشجویان باید تمامی دروس پایه، ۲ درس (معادل ۶ واحد) از دروس تخصصی اجباری، ۵ درس (معادل ۱۵ واحد) از دروس تخصصی اختیاری و ۶ واحد پایان‌نامه اخذ نمایند.



جدول (۱) - توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس پایه	۵
دروس تخصصی اجباری	۶
دروس تخصصی اختیاری	۱۵
رساله / پایان نامه	۶
جمع	۳۲

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش آموختگان

آنچه انتظار می‌رود تا دانشجویان بدانند و در زمان فارغ التحصیلی قادر به انجام آن باشند، شامل دانش‌ها، مهارت‌ها، و نگرش‌های کسب شده توسط دانشجویان در طول برنامه است. هر برنامه مهندسی باید نشان دهد که دانش آموختگان آن به توانایی‌های زیر رسیده‌اند:

- به کارگیری دانش‌های ریاضی، علوم و مهندسی مکانیک؛
- طراحی و اجرای آزمایش‌ها و تحلیل و تفسیر داده‌ها؛
- طراحی یک وسیله، سیستم یا فرایند، جهت رفع یک نیاز؛
- کار در گروه‌های دارای عملکردهای متفاوت؛
- شناسایی، فرموله کردن و حل مشکلات مهندسی مکانیک؛
- درک مسئولیت‌های حرفه‌ای و اخلاقی؛
- ایجاد ارتباط موثر (شفاهی، نوشتاری و تصویری)؛
- درک تاثیر راه حل‌های مهندسی مکانیک بر جامعه محلی و جهانی؛
- درک ضرورت کسب مداوم آموزش در طول کار حرفه‌ای؛
- آگاهی از مسائل معاصر؛
- استفاده از فناوری‌ها، مهارت‌ها، و ابزارهای مدرن، در فعالیتهای مرتبط با مهندسی مکانیک



مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط
به کارگیری دانش‌های ریاضی، علوم و مهندسی مکانیک؛	ریاضیات پیشرفته ۱، مکانیک محیط‌های پیوسته ۱ و ۲، روش‌های محاسبات عددی پیشرفته
به کارگیری دانش‌های پایه در مهندسی مکانیک	تئوری الاستیسیته، پلاستیسیته، دینامیک پیشرفته، ارتعاشات پیشرفته، کنترل پیشرفته
استفاده از فناوری‌ها، مهارت‌ها، و ابزارهای مدرن	ساخت افزودنی، سازه‌های هوشمند، طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته، مواد حافظه‌دار، هوش مصنوعی، کنترل کامپیوتری سیستم‌ها
شناسایی، فرموله کردن، مدل‌سازی و حل مشکلات مهندسی مکانیک	مدل‌سازی سیستم‌های مکترونیکی، میکرومکانیک و آنالیز چند مقیاسی
شناسایی، فرموله کردن، مدل‌سازی سیستم‌های دینامیکی	مکانیک سیستم‌های رباتیک ۱، آنالیز مودال، ارتعاشات اتفاقی، ارتعاشات غیرخطی، دینامیک مولکولی، شناسایی، تخمین، پیش بینی و کنترل تصادفی، کنترل مقاوم، کنترل هوشمند
کسب مهارت‌های طراحی ایمن	مکانیک شکست، مکانیک آسیب
کسب مهارت‌های طراحی و ساخت	طراحی قالب پیشرفته، طراحی مخازن تحت فشار، طراحی و ساخت نانوکامپوزیت‌های پلیمری، مواد مرکب پیشرفته، متالورژی در تولید
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط
ایجاد ارتباط موثر	سمینار
مهارت‌های تحقیق و پژوهش	سمینار، پایان‌نامه

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

پذیرش دانشجویان مطابق ضوابط و مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است. شکل نظام به صورت ترمی - واحدی خواهد بود. و هر واحد نظری معادل ۱۶ ساعت می‌باشد.

تعداد واحدهای درسی برای گرایش طراحی کاربردی در مقطع کارشناسی ارشد ۳۲ واحد درسی شامل ۵ واحد پایه، ۶ واحد تخصصی اجباری، ۱۵ واحد تخصصی اختیاری و ۶ واحد پایان‌نامه می‌باشد.

دانشجویانی که با مدرک کارشناسی غیر از کارشناسی مهندسی مکانیک پذیرش شده‌اند، ممکن است با نظر دانشکده مجبور به گذراندن درس یا دروس جبرانی باشند.



فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس



جدول (۲) - عنوان و مشخصات کلی دروس پایه

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۱.	ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱	۳	✓			۴۸		
۲.	سمینار کارشناسی ارشد	۲	✓			۳۲		

دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش طراحی کاربردی می‌توانند در دو شاخه مکانیک جامدات و دینامیک، ارتعاشات و کنترل تحصیل کنند. در هر شاخه دانشجو باید حداقل دو درس از مجموعه‌های دروس تخصصی اجباری را با نظر استاد راهنما اخذ کنند. مازاد اخذ بیش از دو درس از این مجموعه‌ها به عنوان درس تخصصی اختیاری در نظر گرفته خواهد شد.



جدول (۳) - عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی اجباری شاخه مکانیک جامدات

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۱.	مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	۳	✓			۴۸		
۲.	تئوری الاستیسیته	۳	✓			۴۸		
۳.	پلاستیسیته پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۴.	روش اجزاء محدود ۱	۳	✓			۴۸		



جدول (۴) - عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی اجباری شاخه دینامیک، ارتعاشات و کنترل

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۱.	دینامیک پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۲.	ارتعاشات پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۳.	کنترل پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۴.	تحلیل سیستم‌های دینامیکی	۳	✓			۴۸		



جدول (۵) - عنوان و مشخصات کلی دروس اختیاری

دانشجویان باید با نظر استاد راهنمای خود تعداد لازم درس از این مجموعه اخذ نمایند همچنین دانشجویان می توانند یک درس آزاد خارج از این مجموعه مرتبط با موضوع پایان نامه با نظر استاد راهنمای خود نیز اخذ نمایند.

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۱.	آکوستیک پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۲.	آنالیز مودال	۳	✓			۴۸		
۳.	ارتعاشات اتفاقی	۳	✓			۴۸		
۴.	ارتعاشات پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۵.	ارتعاشات غیرخطی	۳	✓			۴۸		
۶.	تحلیل سیستم‌های دینامیکی	۳	✓			۴۸		



ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۷.	تریبولوژی و روان کاری پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۸.	تغییر شکل دادن فلزات	۳	✓			۴۸		
۹.	تئوری الاستیسیته	۳	✓			۴۸		
۱۰.	تئوری صفحه ها و پوسته ها	۳	✓			۴۸		
۱۱.	پلاستیسیته	۳	✓			۴۸		
۱۲.	دینامیک پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۱۳.	دینامیک غیر خطی و آشوب	۳	✓			۴۸		
۱۴.	دینامیک ماشین های دوار	۳	✓			۴۸		
۱۵.	دینامیک مولکولی	۳	✓			۴۸		
۱۶.	رباتیک پیشرفته (مکانیک سیستم های رباتیک)	۳	✓			۴۸		



ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۱۷.	روش اجزای محدود ۱	۳	✓			۴۸		
۱۸.	روش‌های محاسباتی در پلاستیسیته	۳	✓			۴۸		
۱۹.	روش‌های محاسبات عددی پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۲۰.	ساخت افزودنی	۳	✓			۴۸		
۲۱.	سازه‌های هوشمند	۳	✓			۴۸		
۲۲.	سیستم‌های ریزالکترومکانیکی	۳	✓			۴۸		
۲۳.	کنترل پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۲۴.	کنترل (سیستم‌های) غیرخطی	۳	✓			۴۸		
۲۵.	کنترل آماری	۳	✓			۴۸		
۲۶.	طراحی بهینه	۳	✓			۴۸		



ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۲۷.	طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۲۸.	طراحی قالب پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۲۹.	طراحی مخازن تحت فشار	۳	✓			۴۸		
۳۰.	طراحی و ساخت نانوکامپوزیت‌های پلیمری	۳	✓			۴۸		
۳۱.	کنترل سیستم‌های رباتیک	۳	✓			۴۸		
۳۲.	کنترل مقاوم	۳	✓			۴۸		
۳۳.	کنترل هوشمند	۳	✓			۴۸		
۳۴.	متالورژی در تولید	۳	✓			۴۸		
۳۵.	مکانیک آسیب	۳	✓			۴۸		
۳۶.	مکانیک شکست	۳	✓			۴۸		



ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۳۷.	مکانیک ضربه	۳	✓			۴۸		
۳۸.	مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	۳	✓			۴۸		
۳۹.	مواد حافظه‌دار	۳	✓			۴۸		
۴۰.	مواد مرکب پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۴۱.	میکرومکانیک و آنالیز چندمقیاسی	۳	✓			۴۸		
۴۲.	هوش مصنوعی	۳	✓			۴۸		



فصل سوم

ویژگی‌های دروس



عنوان درس به فارسی:		ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Engineering Mathematic I	
نوع درس و واحد			
پایه	نظری		
تخصصی اجباری	عملی		
تخصصی اختیاری	نظری-عملی		
رساله / پایان نامه		۳	تعداد واحد:
		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

مروری بر توابع چند متغیره و معادلات دیفرانسیل معمولی، جبر خطی، حل معادلات مشتق جزئی و حساب تغییرات

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

بخش اول: جبر خطی

علایم اندیسی، دترمینان، ماتریس الحاقی و معکوس ماتریس، مرتبه ماتریس، جبر ماتریس و حل سیستم معادلات خطی (روش حذفی گاوس، ماتریس سطری پلکانی، ماتریس سطری پلکانی تحویل یافته، حل معادلات همگن، ماتریس‌های مقدماتی)، فاکتورگیری LU و فاکتورگیری PLU، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه، توان یک ماتریس (توان، تشابه ماتریس، قطری کردن)، فضای برداری، زیرفضاها، بعد و پایه، انتقال‌های خطی، هسته و تصویر یک انتقال خطی، فرم جردن ماتریس، چندجمله‌ای‌های ماتریسی، معادلات ماتریسی، قضیه کیلی-همیلتون، چندجمله‌ای مینیمال، رابطه سیلوستر، سری‌های ماتریسی، پیدا کردن معکوس ماتریس‌های بزرگ، معادلات دیفرانسیل خطی (همگن و غیرهمگن)، فضای ضرب داخلی، نرم‌ها و فواصل، ماتریس‌های مثبت معین، روش بهترین تقریب و کمترین مربعات

بخش دوم: معادلات با مشتقات جزئی

مقدمه ای بر معادلات با مشتقات جزئی (معادلات خطی، معادلات غیرخطی، معادلات شبه خطی)، معادلات با مشتقات جزئی مرتبه اول (منحنی مشخصه)، معادلات با مشتقات جزئی خطی مرتبه دوم (معادلات هذلولوی، معادلات سهموی، معادلات بیضوی)، روش جداسازی متغیرها، مساله اشتروم لیوویل، توابع پریودیک بسل و لژاندر، بسط‌های بسل - فوریه و لژاندر - فوریه

بخش سوم: حساب تغییرات

مقدمه و مبانی حساب تغییرات، لم اساسی و ساده‌ترین مساله در حساب تغییرات، تعریف اپراتور تغییرات یا وردش، فانکشنال‌های چندمتغیره و قیود جانبی، اصل کار مجازی، کاربرد اصل کار مجازی، مسائل مهندسی در تغییرشکل‌های کوچک، میله تحت اثر بار محوری، تیر برنولی تحت اثر خمش و برش

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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



(چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Strang, G. "Linear Algebra and its Applications. San Diego, Harcourt Brace Jovanovich." (۱۹۸۸).
۲. Haberman, Richard. *Elementary applied partial differential equations*. Vol. ۹۸۷. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, ۱۹۸۳.
۳. Reddy, Junuthula Narasimha. *Energy principles and variational methods in applied mechanics*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۷.
۴. Saf, E. B., and A. D. Snider. "Fundamentals of Complex Analysis with Applications to Engineering, Science and Mathematics." (۲۰۰۲).
۵. Andrews, Larry C., and Bhimsen K. Shivamoggi. *Integral transforms for engineers*. Vol. ۶۶. SPIE Press, ۱۹۹۹.
۶. John, Fritz. *Partial Differential Equations*. Courier Corporation, ۱۹۹۱.
۷. Dym, Clive L., and Irving Herman Shames. *Solid mechanics: A Variational Approach*, Augmented Edition . Springer, ۲۰۱۳.
۸. Meyer, Carl D. *Matrix analysis and applied linear algebra*, , SIAM Publication, ۲۰۱۰.
۹. Olver and Shakiban, *Applied Linear Algebra*, , Springer Publication, ۲۰۱۸.
۱۰. Wylie and Barrett, *Advanced Engineering Mathematics*, Mc Graw Hill, ۱۹۹۵.
۱۱. Farlow, S. J. *Partial Differential Equations for Scientists and Engineers*, Courier Corporation, ۱۹۹۳



عنوان درس به فارسی:		سمینار کارشناسی ارشد	
عنوان درس به انگلیسی:		Seminar	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☒ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐		۲	
رساله / پایان نامه ☐			
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

آماده سازی دانشجو جهت انجام و ارائه پایان نامه

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. جستجو در مطالعات گذشته و دسته بندی مطالعات پیشین مرتبط با موضوع پایان نامه
۲. نوشتن پیشینه تحقیق مرتبط با موضوع پایان نامه
۳. ارائه کارهای انجام شده توسط دانشجو در راستای موضوع پایان نامه
۴. رعایت و نکات گرامری
۵. استفاده از قالب پایان نامه جهت نگارش گزارش سمینار
۶. مرجع دهی
۷. رعایت مالکیت معنوی و قوانین حقوقی

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

ارائه ۲۵ درصد
نگارش گزارش ۷۵ درصد

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:



عنوان درس به فارسی:		مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	
عنوان درس به انگلیسی:		Continuum Mechanics I	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☒ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐			
رساله / پایان‌نامه ☐			
تعداد واحد:		۳	
تعداد ساعت:		۴۸	

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

هدف کلی:

بیان اصول حاکم بر مکانیک محیط‌های پیوسته با تاکید بر محیط‌های جامد الاستیک

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مبانی ریاضی
۲. حرکت اجسام و تئوری تغییر شکل
۳. اصول پایستگی
۴. تنش
۵. معادلات ساختاری (متشکله)
۶. معادله متشکله برای یک سیال
۷. جسم جامد الاستیک
۸. ویسکوالاستیسیته خطی
۹. تئوری ترمودینامیکی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Lai, W. Michael, et al. *Introduction to continuum mechanics*. Butterworth-Heinemann, ۲۰۰۹.



۲. مکانیک محیط‌های پیوسته برای مهندسان، Thomas Mase, George E. Mase، ترجمه باقریان، سروری و بهشتی، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان، ۱۳۹۴.
۳. مکانیک محیط پیوسته ۱، شهیدی، محزون، موسسه آموزش عالی آزاد دانش پژوهان، ۱۳۹۵.
۴. مقدمه‌ای بر مکانیک محیط پیوسته با کاربردها، J. N. Reddy، مترجم رضا اکبری آلاشتی، انتشارات دانشگاه صنعتی بابل، ۱۳۹۰.
۵. مکانیک محیط‌های پیوسته، محمد رحیمیان، اسکندری قادی، دانشگاه تهران، موسسه انتشارات و چاپ، ۱۳۷۷.



عنوان درس به فارسی:		تئوری الاستیسیته	
عنوان درس به انگلیسی:		Theory of Elasticity	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☒ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

آشنایی با تئوری تنش و کرنش و روابط آنها و حل‌های تحلیلی موجود در زمینه الاستیسیته

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. نظریه تنش (فرمول کوشی، صفحات اصلی، انتقال تنش)، تغییر شکل‌ها، نظریه کرنش، روابط تنش-کرنش (قانون هوک تعمیم یافته، روابط سازگاری، معادلات ناویر)؛
۲. روش‌های حل مسائل الاستیسیته (توابع پتانسیل)؛
۳. الاستیسیته صفحه‌ای مختصات دکارتی (روابط کلی تنش صفحه‌ای و کرنش صفحه، حل با توابع چند جمله‌ای، حل با توابع فوریه)؛
۴. الاستیسیته صفحه‌ای مختصات قطبی (راه حل میشل، مسائل تقارن محوری، مسائل صفحات بینهایت، مسائل صفحات نیمه بینهایت، مسائل گوه بارگذاری شده، مسائل استثنایی)، تئوری پیچش راه‌حل‌های کلمب، سنت‌ونانت و پرائتل)؛
۵. مسائل خمش (تیر تیموشنکو و تیر اویلر-برنولی)؛ الاستیسیته سه بعدی مسائل رانکین، دوبلت، مرکز فشار، فیلمانت، بوسینسک)؛
۶. روش‌های انرژی (اصل کار مجازی، انرژی مکمل، اصل بتی-رایلی، تئوری کاستیگلیانو، تئوری فون میز)؛
۷. تنش‌ها و تغییر شکل‌های تماسی (راه حل هرتز، فیلمانت، بوسینسک، راه حل ساده شده همراه و برو)؛
۸. تنش‌های حرارتی.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



۱. Timoshenko, S., and J. N. Goodier. "Theory of elasticity: New York." *London,,: Ed Mc Graw-Hill* (۱۹۷۰).
۲. Ugural, Ansel C., and Saul K. Fenster. *Advanced strength and applied elasticity*. Pearson education, ۲۰۰۳.
۳. Saada, Adel S. *Elasticity: theory and applications*. Vol. ۱۶. Elsevier, ۲۰۱۳.
۴. Pawlik, Peter S., and H. Reisman. *Elasticity: theory and applications*. Wiley, ۱۹۸۰.
۵. Boresi, Arthur P., Ken Chong, and James D. Lee. *Elasticity in engineering mechanics*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۰.



عنوان درس به فارسی:		پلاستیسیته پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Plasticity	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☒ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

آشنایی با تئوری رفتار ماده همسانگرد در حالت خمیری

اهداف ویژه:

ایجاد توانمندی تحلیل نظری و درک رفتار ماده در حالت خمیری

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مفاهیم اولیه پلاستیسیته در مهندسی (بررسی رفتار پلاستیک یک‌بعدی ماده در آزمایش کشش و آزمایش کشش-فشار تک‌محوره، ویژگی‌های اصلی رفتار پلاستیک و روابط ریاضی حاکم بر رفتار پلاستیک یک‌بعدی)
۲. معیارهای تسلیم (تعمیم معادلات بنیادین برای حالت کلی وضعیت تنش و کرنش، معرفی تعیین حد رفتار الاستیک ماده (معیار تسلیم)، معیارهای تسلیم برای فلزات، غیرفلزات و مواد ناهمسانگرد)
۳. روابط تنش-کرنش الاستیک (کرنش و مفاهیم آن، تغییر شکل الاستیک (از تغییر شکل الاستیک-پلاستیک) ماده، معادلات ساختاری الاستیک خطی و غیرخطی متداول، فرضیه پایداری دراکر، یکتایی حل در مسائل الاستیک، تحلیل گام به گام و مسائل وابسته)
۴. روابط تنش-کرنش برای مواد پلاستیک کامل (معادلات ساختاری پلاستیک برای تغییر شکل مواد پلاستیک کامل یا پلاستیک ایده‌آل، قانون جریان و پتاسیل پلاستیک، قانون جریان همبسته با معیارهای مختلف تسلیم، یکتایی حل در مسائل الاستیک-پلاستیک کامل، تحلیل چند مسائل پلاستیک کامل، رابطه تنش-کرنش گام به گام، بررسی مدل‌های مختلف پلاستیک در حالت سه‌بعدی)
۵. روابط تنش-کرنش برای مواد سخت‌شونده (معادلات ساختاری پلاستیک برای تغییر شکل مواد پلاستیک دارای کارسختی، نظریه تغییر شکل و نظریه نمو، تئوری تغییر شکل پلاستیک، قوانین سخت‌شوندگی و مدل‌های متداول، سطح بارگذاری و رشد کارسختی، قانون جریان و فرضیه پایداری دراکر، تنش و کرنش موثر، تحلیل چند مسئله پلاستیک با سخت‌شوندگی، روابط تنش-کرنش گام به گام برای مواد سخت‌شونده، الگوریتم‌های متداول برای حل معادلات ساختاری الاستیک-پلاستیک کارسخت‌شونده)

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادهای):

۲۵ درصد

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

۳۵ درصد

آزمون میان ترم



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Chen, Wai-Fah, and Da-Jian Han. *Plasticity for structural engineers*. J. Ross Publishing, ۲۰۰۷.
۲. Chakrabarty, Jagabandhu. *Theory of plasticity*. Elsevier, ۲۰۱۲.
۳. de Souza Neto, Eduardo A., Djordje Peric, and David RJ Owen. *Computational methods for plasticity: theory and applications*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.
۴. Dunne, Fionn, and Nik Petrinic. *Introduction to computational plasticity*. Oxford University Press on Demand, ۲۰۰۵.
۵. Johnson, William, and Peter Bassindale Mellor. "Engineering plasticity." (۱۹۸۳).



عنوان درس به فارسی:		روش اجزای محدود ۱	
عنوان درس به انگلیسی:		Finite Elements Method I	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☒ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐			
رساله / پایان نامه ☐		۳	تعداد واحد:
		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

آشنایی و تسلط با مفاهیم ریاضی و تکنیک‌های عددی روش اجزای محدود، استفاده کاربردی از روش عددی اجزای محدود در بررسی رفتار سازه‌ها در مهندسی مکانیک در بارگذاری‌های مکانیکی (استاتیکی، دینامیکی و حرارتی)،

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مبنای روش اجزای محدود،
۲. فرم ضعیف معادلات دیفرانسیل،
۳. روش حساب تغییرات،
۴. مسائل یک بعدی،
۵. آنالیز المان میله، تیر و قاب، المان‌های دوبعدی،
۶. مسائل تقارن محوری،
۷. المان‌های دوبعدی ایزوپارامتریک و انتگرال گیری عددی،
۸. مسائل سه بعدی آنالیز تنش،
۹. مسائل میدان اسکالر.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:



۱. Reddy, J. N. *An introduction to the finite element method*. Vol. ۱۲۱. New York: McGraw-Hill, ۲۰۱۰.
۲. Logan, Daryl L. *A first course in the finite element method*. Nelson Education, ۲۰۱۷.
۳. Chandrupatla, Tirupathi R., et al. *Introduction to finite elements in engineering*. Vol. ۱۰. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, ۲۰۰۲.
۴. Rao, Singiresu S. *The finite element method in engineering*. Butterworth-heinemann, ۲۰۱۷.
۵. Huebner, Kenneth H., et al. *The finite element method for engineers*. John Wiley & Sons, ۲۰۰۸.



عنوان درس به فارسی:		دینامیک پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Dynamics	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☒ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

این درس با مفاهیم پیشرفته در دینامیک مرتبط بوده و نیاز به دانستن دینامیک نیوتنی ذره و سیستم ذرات است. تأکید درس بر دینامیک تحلیلی بوده و هدف اصلی درس در گسترش مدل‌های ریاضی دینامیک سیستم‌های صلب و انعطاف‌پذیر می‌باشد. این درس بر توسعه معادلات حرکت سیستم‌های مکانیکی پیچیده نیز اشاره دارد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مروری سریع بر دینامیک نیوتنی،
۲. حرکت نسبی،
۳. مختصات تعمیم یافته و قیود،
۴. اصل کار مجازی،
۵. اصل دلامبر،
۶. اصول هامیلتون،
۷. معادلات لاگرانژ،
۸. سینماتیک و سینتیک جسم صلب،
۹. پایداری سیستم‌ها،
۱۰. معادلات جیبس-اپل و کین و ملاحظات محاسباتی برای حل مسائل واقعی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



۱. Ginsberg, Jerry. *Engineering dynamics*. Vol. ۱۰. Cambridge University Press, ۲۰۰۸.
۲. Baruh, Haim. *Analytical dynamics*. Boston: WCB/McGraw-Hill, ۱۹۹۹.
۳. منصور نیکخواه بهرامی، دینامیک برداری، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۰.
۴. Greenwood, Donald T. *Advanced dynamics*. Cambridge University Press, ۲۰۰۶.
۵. Greenwood, Donald T. *Classical dynamics*. Courier Corporation, ۱۹۹۷.
۶. D'Souza, A. Frank, and Vijay Kumar Garg. *Advanced dynamics: modeling and analysis*. Prentice Hall, ۱۹۸۴.



عنوان درس به فارسی:		ارتعاشات پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced vibrations	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒		
تخصصی اجباری ☒	عملی ☐		
تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ☐		
رساله / پایان نامه ☐		۳	تعداد واحد:
		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

آشنایی با ارتعاشات سیستم‌های ممتد و کاربرد آن در حل بسیاری از مسائل مهندسی و همچنین استخراج معادلات از قبیل: ارتعاشات پیچشی محورها و ارتعاشات طولی میله‌ها، ارتعاشات عرضی غشا و تیر و صفحه، استفاده از روش‌های مختلف عددی و تحلیلی برای حل معادلات ارتعاشی سیستم‌های ممتد

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تکنیک‌های مختلف مدل‌سازی،
۲. سیستم‌های ارتعاشی مجزا و پیوسته، شامل به‌دست آوردن معادلات حرکت،
۳. تحلیل پاسخ ارتعاش آزاد و اجباری، و روش‌های حل تقریبی معادلات حرکت،
۴. روش‌های روی هم گذاری خطی و آنالیز مودال برای تحلیل پاسخ‌های فرکانسی و زمانی،
۵. سیستم‌های چند درجه آزادی و سیستم‌های پیوسته،
۶. طرح مثال‌های کاربردی برای نشان دادن کاربرد تئوری‌های ارائه شده،
۷. ارتعاشات عرضی غشاءها،
۸. ارتعاشات عرضی صفحه‌ها

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



۱. Meirovitch, Leonard. *Fundamentals of vibrations*. Waveland Press, ۲۰۱۰.
۲. Meirovitch, Leonard. *Methods of analytical dynamics*. Courier Corporation, ۲۰۱۰.
۳. Inman, Daniel J., and Ramesh Chandra Singh. *Engineering vibration*. Vol. ۳. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, ۱۹۹۴.
۴. Ferrari, Vittorio. "Measuring instrumentation." *Applied Structural and Mechanical Vibrations: Theory, Methods and Measuring Instrumentation*. E&FN SPON Taylor & Francis Group London, ۱۹۹۹.
۵. منصور نیکخواه بهرامی، تئوری ارتعاشات و کاربرد آن در مهندسی، دانشگاه تهران، ۱۳۹۴.
۶. Thomson, William. *Theory of vibration with applications*. CrC Press, ۲۰۱۸.
۷. Singiresu, S. Rao. *Mechanical vibrations*. Boston, MA: Addison Wesley, ۱۹۹۵.
۸. Timoshenko, Stephen. *Vibration Problems in Engineering*, by S. Timoshenko. Van Nostrand, ۱۹۶۱.



عنوان درس به فارسی:		کنترل پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Control	نوع درس و واحد	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☒ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان نامه ☐	

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

هدف کلی:

این درس به طور عمیق بر تئوری سیستم‌های دینامیکی خطی و کنترل فضای حالت (مدرن) تمرکز دارد بر خلاف کنترل کلاسیک که در آن دینامیک سیستم در حوزه لاپلاس و با تابع تبدیل آن بیان می‌شود، اینجا دینامیک سیستم در حوزه زمان و با مدل فضای حالت سیستم بیان می‌گردد. به جای فیدبک از بردار متغیرهای خروجی، در اینجا فیدبک به کنترلر از بردار متغیرهای حالت در نظر گرفته می‌شود اگر سیگنال کل متغیرهای حالت در خروجی‌های اندازه‌گیری شده توسط سنسورها موجود نباشد، یک مشاهده‌گر طراحی می‌شود تا تخمینی پایدار از متغیرهای حالت فراهم نماید مبانی ریاضی مورد نیاز از جبر خطی که در تحلیل سیستم‌های خطی به طور وسیع کاربرد دارند تشریح می‌شوند با تحلیل ریاضی، شاخصه‌های مهم یک سیستم خطی از جمله کنترل پذیری، مشاهده پذیری، پایداری، قابلیت پایدار شدن، قابل کشف بودن و کمینه بودن آن تشخیص داده می‌شوند روش‌های متعددی برای طراحی کنترل کننده و مشاهده‌گر، شامل مکان‌دهی قطب‌ها و روش‌های بهینه ارائه می‌شوند.

اهداف ویژه:

(پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مروری بر کنترل کلاسیک: مدل‌های ریاضی سیستم‌های خطی، عکس‌العمل سیستم‌های دینامیکی، تحلیل دقیق مفاهیم پایداری و عملکرد، تحلیل پاسخ فرکانسی، روش‌های طراحی کلاسیک کنترل فیدبک و جبران‌سازی
۲. مبانی ریاضی کنترل مدرن: معادلات دیفرانسیل سیستم‌های دینامیکی خطی، ناخطی و زمان وابسته، خطی‌سازی، اپراتورها و فضاهای خطی، تبدیل و نگاشت‌های محدود/نامحدود، فرم‌ها و تحلیل‌های ماتریسی لازم، مسائل مقادیر ویژه و مقادیر تکین
۳. تحلیل فضای حالت: تعاریف، مدل فضای حالت سیستم، سیستم‌های تک ورودی-تک خروجی، سیستم‌های چند متغیره چند ورودی و خروجی، مسیرهای صفحه فاز، فرم‌های مختلف تحقق کانونی و قطری، شکل کانونی جردن، تحلیل پایداری در حوزه زمان، پاسخ‌های آزاد و اجباری سیستم در فرم فضای حالت، ماتریس انتقال حالت، بیان معادلات فضای حالت در حوزه فرکانس، کاربرد مقادیر تکین سیستم و نمودارهای پاسخ فرکانسی آنها
۴. طراحی و کنترل سیستم‌ها در فضای حالت: انگیزه‌ها و امتیازات در مقایسه با کنترل کلاسیک، فیدبک متغیرهای حالت، روش تخصیص قطب، تخصیص قطب جزئی و فیدبک خروجی‌ها، کنترل مودال و تخصیص مقادیر-بردارهای ویژه، بیان و تحلیل روابط توسط توابع تبدیل، مشاهده پذیری و کنترل پذیری، مفاهیم ضعیفتر پایداری پذیری و تشخیص پذیری
۵. طراحی به کمک مشاهده‌گرها: (مفاهیم پایه، مشاهده‌گر مدار باز، طراحی مشاهده‌گر رسته کامل، طراحی مشاهده‌گر رسته ناقص، اصل تفکیک یا استقلال، بیان روابط در حوزه لاپلاس یا توابع تبدیل، ارزیابی عملکرد: تعقیب هدف و دفع اغتشاش، مقاوم بودن و حساسیت)



۶. مقدمه‌ای بر شناسایی سیستم‌ها

۷. مقدمه‌ای بر کنترل LQR: معرفی مساله کنترل بهینه خطی، فرمهای مربعی و توابع هدف در کنترل، حل مساله طراحی تنظیم کننده ها، معادله ریکاتی

۸. پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل زمان گسسته به کمک کامپیوتر

۹. نمونه‌های کاربردی در حوزه مهندسی مکانیک، توضیحات تکمیلی و راهنمایی پروژه درسی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۲۵ درصد

آزمون میان ترم ۳۵ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۴۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Chen, Chi-Tsong, and Chi-Tsong Chen. *Linear system theory and design*. Vol. ۳۰۱. New York: Holt, Rinehart and Winston, ۱۹۸۴.
۲. Brogan, William L. *Modern control theory*. Pearson education india, ۱۹۹۱.
۳. علی خاکی صدیق، کنترل مدرن، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۰.
۴. Ogata, Katsuhiko. *Discrete-time control systems*. Prentice-Hall, Inc., ۱۹۹۵.
۵. Ljung, Lennart. "System identification." *Wiley encyclopedia of electrical and electronics engineering* (۱۹۹۹): ۱-۱۹.
۶. Mathworks Co., MATLAB control toolbox.



تحلیل سیستم‌های دینامیکی		عنوان درس به فارسی:
نوع درس و واحد	Dynamic Systems Analysis	عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒		دروس پیش‌نیاز:
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐		دروس هم‌نیاز:
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان‌نامه ☐	۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

ایجاد زبان و روش مشترک برای مدل‌سازی سیستم‌های حوزه‌های مختلف و سیستم‌های ترکیبی مکترونیکی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱- مقدمه

- a. جایگاه و کاربردهای مدل‌سازی سیستم‌ها
- b. انواع مدل‌های سیستم‌ها
 - i. مدل خطی در مقابل مدل غیر خطی
 - ii. مدل با پارامترهای توده‌ای (Lumped) در مقابل مدل گسترده (Distributed)
 - iii. مدل بدون حافظه (Memoryless)، مدل Causal و مدل Noncausal
- c. انواع نمایش ریاضی مدل سیستم‌ها
 - i. مدل فضای حالت
 - ii. معادله دیفرانسیل ورودی - خروجی
 - iii. مدل تابع تبدیل

۲- معرفی مدل‌سازی باند گراف

- a. تشابه در سیستم‌های دینامیکی حوزه‌های مختلف
- b. تعریف متغیرهای توان شامل متغیرهای تلاش (effort) و جریان (flow)
- c. تعریف متغیرهای انرژی شامل متغیرهای مومنوم و جابجایی
- d. المان‌های پایه تک پورت
- e. المان‌های دو پورت
- f. المان‌های چند پورت

۳- مدل‌سازی باندگراف سیستم‌های پارامتر توده‌ای

- a. مدل‌سازی سیستم‌های الکتریکی
- b. مدل‌سازی سیستم‌های هیدرولیکی و نیوماتیکی
- c. مدل‌سازی سیستم‌های مکانیکی



d. مدل سازی سیستم های حرارتی

e. مدل سازی سیستم های ترکیبی

۴- آنالیز علیت (Causality Analysis)

۵- استخراج معادلات فضای حالت از روی مدل باندگراف

۶- علیت مشتقی (Differential Causality)

۷- ترکیب مدل باندگراف با مدل دیاگرام بلوکی و آنالیزهای تحلیلی و عددی مدل یکپارچه

۸- ترکیب باندگراف با برنامه سازی ژنتیکی (GP) برای مدل سازی و بهینه سازی اتوماتیک سیستم های مکترونیکی

۹- میادین چند پورت (ظرفیتی، ینرسی و مقاومتی) و شبکه های گره

۱۰- مدل سازی سیستم های مکانیکی با هندسه غیرخطی

۱۱- مدل سازی سیستم های گسترده

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ۲۵ درصد

آزمون میان ترم ۲۵ درصد

آزمون پایان نیم سال ۲۵ درصد

پروژه ۲۵ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Karnopp, Dean C., Donald L. Margolis, and Ronald C. Rosenberg. *System dynamics: modeling, simulation, and control of mechatronic systems*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۲.
 ۲. De Silva, Clarence W. *Mechatronics: an integrated approach*. CRC press, ۲۰۰۴.
 ۳. Behbahani, S., and C. W. De Silva. "Mechatronic modeling and design." *Mechatronic Systems—Devices, Design, Control, Operation, and Monitoring*. CRC Press, ۲۰۰۷.
 ۴. Behbahani, S., and C. W. de Silva. "Evolutionary mechatronic tool." *Mechatronic Systems—Devices, Design, Control, Operation, and Monitoring*. CRC Press, ۲۰۰۷.
- Koza, John R., et al. *Genetic programming III: Darwinian invention and problem solving*. Vol. ۳. Morgan Kaufmann, ۱۹۹۹.



عنوان درس به فارسی:		آکوستیک پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Acoustics	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒		
تخصصی اجباری ☐	عملی ☐		
تخصصی اختیاری ☒	نظری-عملی ☐		
رساله / پایان نامه ☐		۳	تعداد واحد:
		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

علم آکوستیک از جمله علوم است که در بسیاری از دانشگاه‌های دنیا تدریس می‌شود و زمینه‌های تحقیقاتی زیادی در این حوزه در حال انجام است. علم آکوستیک به دلیل کاربردهای وسیعی که در زندگی بشر و در صنایع مختلف دارد بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته است و از دیرباز در کنار علم ارتعاشات مطرح بوده است. لذا این درس به منظور آشنایی دانشجویان تحصیلات تکمیلی با علم آکوستیک تدوین شده است.

اهداف ویژه:

به‌صورت خاص هدف این درس آشنایی دانشجویان با مبانی علم آکوستیک از منظر مدل‌سازی و نوشتن معادلات حاکم بر پدیده‌های آکوستیکی است. با گذراندن این درس انتظار می‌رود که دانشجویان بتوانند در هر یک از شاخه‌های علم آکوستیک از جمله آکوستیک مهندسی به منظور کاهش نویز انتشاری از تجهیزات، آکوستیک ساختمان و معماری، آکوستیک پزشکی، آکوستیک زیر آب، آکوستیک محاسباتی، آکوستیک غیرخطی، و اولتراسونیک پروژه‌های تحقیقاتی خود را تعریف و بر روی آن‌ها فعالیت داشته باشند.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. سیستم‌های ارتعاشاتی ساده
۲. معادله موج آکوستیک و حل ساده‌ی آن
۳. بازتاب و انتقال موج
۴. تشعشع صوت
۵. جذب و اتلاف صوت و معرفی مواد جاذب صوت
۶. انتشار صدا در لوله‌ها، محفظه‌ها، رزوناتورها و فیلترهای آکوستیکی
۷. آشنایی با تجهیزات اندازه‌گیری
۸. معیارهای ارزیابی صوتی
۹. آشنایی با نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مانند COMSOL

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

با شروع از سیستم‌های ارتعاشاتی که برای همه دانشجویان رشته مهندسی مکانیک آشنا است مفاهیم مرتبط با آکوستیک مطرح شده و آموزش داده می‌شود. سپس به‌صورت گام به گام معادلات حاکم بر پدیده‌های آکوستیکی تدریس می‌شود و در هر مبحث زمینه‌های تحقیقاتی به روز معرفی می‌شوند. در انتها به منظور آشنایی دانشجویان با فعالیت‌های تجربی و شبیه‌سازی‌های نرم‌افزاری به ترتیب تجهیزات اندازه‌گیری و نرم‌افزارهای آکوستیکی مورد استفاده معرفی می‌شوند.



ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

آزمون پایان نیمسال ۳۵٪

آزمون میانی نیمسال ۳۵٪

تکالیف و پروژه ۳۰٪

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است. تجهیزات خاصی نیاز ندارد.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Kinsler, L. E. "Fundamental of Acoustics 4th Edition", John Wiley & Sons, Inc., NewYor: K." (۱۹۹۹).
۲. Ginsberg, Jerry H. *Acoustics: A Textbook for Engineers and Physicists*. Vol. ۱. Cham, Switzerland: Springer, ۲۰۱۸.
۳. Ginsberg, Jerry H. *Acoustics: A Textbook for Engineers and Physicists*. Vol. ۲. Cham, Switzerland: Springer, ۲۰۱۸.
۴. Kuttruff, Heinrich. *Acoustics: an introduction*. CRC Press, ۲۰۰۷.
۵. Raichel, Daniel R. *The science and applications of acoustics*. Springer Science & Business Media, ۲۰۰۶.



عنوان درس به فارسی:		آنالیز مودال	
عنوان درس به انگلیسی:		Modal Analysis	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

هدف از درس آنالیز مودال آشنایی دانشجویان با اندازه‌گیری سطح ارتعاش و خواص مودال سازه‌های مهندسی است. این درس در دو بخش عمده تئوری مودال و تست مودال ارائه می‌گردد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. معرفی آنالیز مودال، کاربردهای آنالیز مودال و تست مودال، علائم و اصطلاحات، تجزیه منفرد ماتریسی، تبدیل فوریه سریع،
۲. مبانی تئوری مورد نیاز: سیستم‌های یک درجه آزادی، بیان و خواص توابع، پاسخ فرکانسی سیستم‌های یک درجه آزادی، تئوری سیستم‌های چند درجه آزادی نامیرا، سیستم‌های چند درجه آزادی با استهلاک تناسبی، سیستم‌های چند درجه آزادی با استهلاک سازه‌ای، سیستم‌های چند درجه آزادی با استهلاک ویسکوز،
۳. روش‌های اندازه‌گیری توابع پاسخ فرکانسی: اصول اولیه اندازه‌گیری، آماده‌سازی سازه، روش‌های تحریک سازه، شتاب سنج‌ها، آنالیز، پردازش سیگنال‌ها، آنالیز سیگنال‌های تصادفی، کالیبراسیون و حذف اثر جرم شتاب‌سنج‌ها از توابع پاسخ فرکانسی، تحریک چند نقطه‌ای سازه،
۴. روش‌های استخراج پارامترهای مودال: بررسی اولیه توابع پاسخ فرکانسی اندازه‌گیری شده، روش‌های یک درجه آزادی در آنالیز مودال، روش‌های چند درجه آزادی در آنالیز مودال در دامنه فرکانس، روش‌های چند درجه آزادی در آنالیز مودال در دامنه زمان، مقدمه‌ای بر آنالیز مودال سیستم‌های غیرخطی،
۵. مقدمه‌ای بر آنالیز مودال سیستم‌های دوار،
۶. استخراج مدل ریاضی از مقادیر اندازه‌گیری شده تابع پاسخ فرکانسی: تشخیص مدل، مدل مودال، تصحیح مدل، مدل فضایی، حساسیت مدل،
۷. کاربردها و مباحث ویژه: مقایسه و همبستگی بین نتایج آزمایش و تحلیلی، مقایسه خواص مودال، مقایسه فرکانس‌های طبیعی، مقایسه مود شیب‌ها، مقایسه مقادیر توابع پاسخ فرکانسی، تصحیح و بروز رسانی مدل، طراحی آزمایشات لازم

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



ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

۲۵ درصد	فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال
۳۵ درصد	آزمون میان ترم
۴۰ درصد	آزمون پایان نیم‌سال

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Ewins, David J. *Modal testing: theory, practice and application*. John Wiley & Sons, ۲۰۰۹.
۲. McConnell, Kenneth G., and Paulo S. Varoto. *Vibration testing: theory and practice*. John Wiley & Sons, ۱۹۹۵.
۳. Maia, Nuno Manuel Mendes. "Silva, "Theoretical and Experimental Modal Analysis". (۱۹۹۷).



عنوان درس به فارسی:		ارتعاشات اتفاقی	
عنوان درس به انگلیسی:		Random Vibrations	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	رساله / پایان نامه ☐

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

هدف کلی:

هدف اصلی درس ارتعاشات اتفاقی دوره کارشناسی ارشد، آشنایی دانشجویان با مفاهیم اساسی ارتعاشات اتفاقی جهت آنالیز دینامیکی سازه‌ها و سیستم‌های مکانیکی تحت بارگذاری‌های تصادفی مانند نیروهای زلزله، باد و امواج دریا می‌باشد. تکنیک‌های عددی جهت محاسبه قابلیت اطمینان سازه‌ها تحت نیروهای اتفاقی ارائه می‌گردد. سیستم‌های یک و چند درجه آزادی بیان می‌گردد. مبحث آنالیز مودال تجربی تحت نیروهای اتفاقی نیز بیان می‌شود.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر فرآیندهای اتفاقی
۲. مباحث ریاضی تئوری احتمالات
۳. متغیرهای اتفاقی و توابع شامل متغیرهای اتفاقی
۴. فرآیندهای اتفاقی
۵. ارتعاشات اتفاقی سیستم‌های یک درجه آزادی
۶. ارتعاشات اتفاقی سیستم‌های چند درجه آزادی
۷. مقدمه‌ای بر ارتعاشات اتفاقی سیستم‌های غیرخطی
۸. روش‌های خطی سازی آماری
۹. روش‌های پیشرفته مانند معادله فوکر-پلانک، فرآیندهای مارکوف و روش مونت کارلو

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



۱. Lutes, Loren D., and Shahram Sarkani. *Random vibrations: analysis of structural and mechanical systems*. Butterworth-Heinemann, ۲۰۰۴.
۲. de Silva, C. "Damping." *Vibration: fundamentals and practice*. CRC Press, Boca Raton. <http://www.crcnetbase.com/doi/abs/10.1201/NOE0849318085.ch7> (۱۹۹۹).
۳. Karadeniz, Halil, Mehmet Polat Saka, and Vedat Togan. "Introduction to Random Vibration and Stochastic Analysis." *Stochastic Analysis of Offshore Steel Structures*. Springer, London, ۲۰۱۳. ۱۲۱-۱۷۶.
۴. Roberts, John Brian, and Pol D. Spanos. *Random vibration and statistical linearization*. Courier Corporation, ۲۰۰۳.
۵. Newland, David Edward. *An introduction to random vibrations, spectral & wavelet analysis*. Courier Corporation, ۲۰۱۲.
- Wijker, J. Jaap. *Mechanical vibrations in spacecraft design*. Springer Science & Business Media, ۲۰۰۴.



ارتعاشات پیشرفته		عنوان درس به فارسی:
نوع درس و واحد	Advanced vibrations	عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒		دروس پیش نیاز:
تخصصی اجباری ☒ عملی ☐		دروس هم نیاز:
تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐	۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

آشنایی با ارتعاشات سیستم‌های ممتد و کاربرد آن در حل بسیاری از مسائل مهندسی و همچنین استخراج معادلات از قبیل: ارتعاشات پیچشی محورها و ارتعاشات طولی میله‌ها، ارتعاشات عرضی غشا و تیر و صفحه، استفاده از روش‌های مختلف عددی و تحلیلی برای حل معادلات ارتعاشی سیستم‌های ممتد

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۹. تکنیک‌های مختلف مدل‌سازی،
۱۰. سیستم‌های ارتعاشی مجزا و پیوسته، شامل به‌دست آوردن معادلات حرکت،
۱۱. تحلیل پاسخ ارتعاش آزاد و اجباری، و روش‌های حل تقریبی معادلات حرکت،
۱۲. روش‌های روی هم گذاری خطی و آنالیز مودال برای تحلیل پاسخ‌های فرکانسی و زمانی،
۱۳. سیستم‌های چند درجه آزادی و سیستم‌های پیوسته،
۱۴. طرح مثال‌های کاربردی برای نشان دادن کاربرد تئوری‌های ارائه شده،
۱۵. ارتعاشات عرضی غشاءها،
۱۶. ارتعاشات عرضی صفحه‌ها

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:



۹. Meirovitch, Leonard. *Fundamentals of vibrations*. Waveland Press, ۲۰۱۰.
۱۰. Meirovitch, Leonard. *Methods of analytical dynamics*. Courier Corporation, ۲۰۱۰.
۱۱. Inman, Daniel J., and Ramesh Chandra Singh. *Engineering vibration*. Vol. ۳. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, ۱۹۹۴.
۱۲. Ferrari, Vittorio. "Measuring instrumentation." *Applied Structural and Mechanical Vibrations: Theory, Methods and Measuring Instrumentation*. E&FN SPON Taylor & Francis Group London, ۱۹۹۹.
۱۳. منصور نیکخواه بهرامی، تئوری ارتعاشات و کاربرد آن در مهندسی، دانشگاه تهران، ۱۳۹۴.
۱۴. Thomson, William. *Theory of vibration with applications*. CrC Press, ۲۰۱۸.
۱۵. Singiresu, S. Rao. *Mechanical vibrations*. Boston, MA: Addison Wesley, ۱۹۹۵.
۱۶. Timoshenko, Stephen. *Vibration Problems in Engineering, by S. Timoshenko*. Van Nostrand, ۱۹۶۱.



عنوان درس به فارسی:		ارتعاشات غیرخطی	
عنوان درس به انگلیسی:		Nonlinear Vibrations	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

به طور کلی این درس به مطالعه‌ی سیستم‌های ارتعاشی غیرخطی می‌پردازد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر ارتعاشات غیرخطی سیستم‌ها،
۲. تحلیل کیفی سیستم‌های دینامیکی غیرخطی و معرفی صفحه‌ی فاز، نقاط تعادل، سیکل‌های حدی پایداری و حوزه‌های جذب
۳. مرور کوتاهی بر پدیده دو شاخگی و نقشه‌های پوانکاره
۴. معادلات دیفرانسیل غیرخطی با روش‌های مبتنی بر تئوری اغتشاشات Perturbation theory (مانند روش لیندست-پوانکاره، مقیاس‌های زمانی چندگانه، تئوری Averaging و همچنین روش‌های دیگر) جهت تحلیل سیستم‌های ارتعاشی غیرخطی
۵. ارتعاشات اجباری سیستم‌های غیرخطی (پدیده پرش، سیستم‌های با ترم‌های غیرخطی مرتبه‌ی فرد و مرتبه‌ی زوج، سیستم‌های ارتعاشی خودتحریک، رزونانس‌های داخلی، ساب‌هارمونیک، سوپ‌هارمونیک، ترکیبی، همزمان) و همچنین تحریک پارامتریک

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

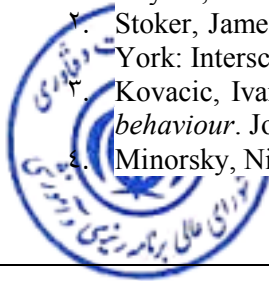
فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Nayfeh, Ali Hasan, Dean T. Mook, and P. Holmes. "Nonlinear oscillations." (۱۹۸۰): ۶۹۲-۶۹۲.
۲. Stoker, James Johnston. *Nonlinear vibrations in mechanical and electrical systems*. Vol. ۲. New York: Interscience Publishers, ۱۹۵۰.
۳. Kovacic, Ivana, and Michael J. Brennan. *The Duffing equation: nonlinear oscillators and their behaviour*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.
۴. Minorsky, Nicholas, and T. Teichmann. "Nonlinear oscillations." *Physics Today* ۱۵,۹ (۱۹۶۲): ۶۳.



عنوان درس به فارسی:		تحلیل سیستم‌های دینامیکی	
عنوان درس به انگلیسی:		Dynamic Systems Analysis	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒		
تخصصی اجباری ☐	عملی ☐		
تخصصی اختیاری ☒	نظری-عملی ☐		
رساله / پایان‌نامه ☐		۳	تعداد واحد:
		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

ایجاد زبان و روش مشترک برای مدل‌سازی سیستم‌های حوزه‌های مختلف و سیستم‌های ترکیبی مکترونیکی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱۲- مقدمه

d. جایگاه و کاربردهای مدل‌سازی سیستم‌ها

e. انواع مدل‌های سیستم‌ها

iv. مدل خطی در مقابل مدل غیر خطی

v. مدل با پارامترهای توده‌ای (Lumped) در مقابل مدل گسترده (Distributed)

vi. مدل بدون حافظه (Memoryless)، مدل Causal و مدل Noncausal

f. انواع نمایش ریاضی مدل سیستم‌ها

iv. مدل فضای حالت

v. معادله دیفرانسیل ورودی - خروجی

vi. مدل تابع تبدیل

۱۳- معرفی مدل‌سازی باند گراف

g. تشابه در سیستم‌های دینامیکی حوزه‌های مختلف

h. تعریف متغیرهای توان شامل متغیرهای تلاش (effort) و جریان (flow)

i. تعریف متغیرهای انرژی شامل متغیرهای مومنوم و جابجایی

j. المان‌های پایه تک پورت

k. المان‌های دو پورت

l. المان‌های چند پورت

۱۴- مدل‌سازی باندگراف سیستم‌های پارامتر توده‌ای

f. مدل‌سازی سیستم‌های الکتریکی

g. مدل‌سازی سیستم‌های هیدرولیکی و نیوماتیکی



h. مدل سازی سیستم های مکانیکی

i. مدل سازی سیستم های حرارتی

j. مدل سازی سیستم های ترکیبی

۱۵- آنالیز علیت (Causality Analysis)

۱۶- استخراج معادلات فضای حالت از روی مدل باندگراف

۱۷- علیت مشتقی (Differential Causality)

۱۸- ترکیب مدل باندگراف با مدل دیاگرام بلوکی و آنالیزهای تحلیلی و عددی مدل یکپارچه

۱۹- ترکیب باندگراف با برنامه سازی ژنتیکی (GP) برای مدل سازی و بهینه سازی اتوماتیک سیستم های مکترونیکی

۲۰- میادین چند پورت (ظرفیتی، ینرسی و مقاومتی) و شبکه های گره

۲۱- مدل سازی سیستم های مکانیکی با هندسه غیرخطی

۲۲- مدل سازی سیستم های گسترده

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ۲۵ درصد

آزمون میان ترم ۲۵ درصد

آزمون پایان نیم سال ۲۵ درصد

پروژه ۲۵ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۵. Karnopp, Dean C., Donald L. Margolis, and Ronald C. Rosenberg. *System dynamics: modeling, simulation, and control of mechatronic systems*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۲.
۶. De Silva, Clarence W. *Mechatronics: an integrated approach*. CRC press, ۲۰۰۴.
۷. Behbahani, S., and C. W. De Silva. "Mechatronic modeling and design." *Mechatronic Systems—Devices, Design, Control, Operation, and Monitoring*. CRC Press, ۲۰۰۷.
۸. Behbahani, S., and C. W. de Silva. "Evolutionary mechatronic tool." *Mechatronic Systems—Devices, Design, Control, Operation, and Monitoring*. CRC Press, ۲۰۰۷.
- Koza, John R., et al. *Genetic programming III: Darwinian invention and problem solving*. Vol. ۳. Morgan Kaufmann, ۱۹۹۹.



عنوان درس به فارسی:		تریبولوژی و روان کاری پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Tribology and Lubrication	
دروس پیش نیاز:			
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:	۳	نظری - عملی	تخصصی اختیاری
تعداد ساعت:	۴۸	پایه	تخصصی اجباری
		رساله / پایان نامه	نظری

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

هدف کلی:

آشنایی با مکانیزمهای اصطکاک و سایش و روشهای روان کاری و خصوصیت روان کارها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصلها:

۱. تریبولوژی،
۲. خواص روان کارها،
۳. معادلات حاکم بر جریان سیال لزج،
۴. استخراج معادله رینولدز و ضرایب اصلاحی برای زبری سطح و جریان مغشوش،
۵. روان کاری سطوح ناهمدیس،
۶. اثر فیلم فشرده،
۷. تغییر شکل الاستیک سطوح در تماس،
۸. معادلات حاکم در روان کاری الاستوهیدرودینامیک،
۹. زبری سطح و تغییر شکل های الاستیک و پلاستیک،
۱۰. آشنایی با رژیم روان کاری مخلوط، ضریب اصطکاک،
۱۱. آشنایی با تجهیزات و روش های تجربی در تریبولوژی،
۱۲. آشنایی با سایش، سایش چسبان، سایش خراشان، سایش نوسانی، سایش خستگی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت های کلاسی در طول نیم سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



۱. Khonsari, Michael M., and E. Richard Booser. *Applied tribology: bearing design and lubrication*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۲.
۲. Hamrock, Bernard J., Bernard J. Schmid, and Bo O. Jacobson. *Fundamentals of fluid film lubrication*. Vol. ۱۶۹. CRC press, ۲۰۰۴.
۳. Bhushan, Bharat. *Introduction to tribology*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۳.
۴. Gohar, Ramsey, and Homer Rahnejat. *Fundamentals of tribology*. World Scientific, ۲۰۱۸.



عنوان درس به فارسی:		تغییر شکل دادن فلزات	
عنوان درس به انگلیسی:		Metal Forming	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒		
تخصصی اجباری ☐	عملی ☐		
تخصصی اختیاری ☒	نظری-عملی ☐		
رساله / پایان نامه ☐		۳	تعداد واحد:
		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

آشنایی با مبانی علمی فناوری تغییر شکل دادن فلزات به صورت حجمی

اهداف ویژه:

آشنایی با مهمترین فرایندهای حجمی تغییر شکل دادن فلزات

پ) مباحث یا سرفصل‌ها

۱. تئوری پلاستیسیته،
۲. نرخ کرنش و دما
۳. ابر کشسانی
۴. تئوری کار ایده آل و انرژی یکنواخت
۵. تحلیل قاجی
۶. معرفی فرایندهای شکل دهی فلزات،
۷. تحلیل فرایندهای متداول شکل دهی حجمی (آهنگری قالب باز، کشش تسمه، سیم و لوله، فروکشی لوله، اکستروژن، نورد تخت)؛
۸. قضایای حدی و روش های انرژی
۹. تئوری خطوط لغزش
۱۰. مقدمه ای بر شکل دهی ورق (خمش صفحه، کشش عمیق و اطو کشی)،
۱۱. شکل پذیری
۱۲. ناهمسانگردی پلاستیک

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم سال	۴۰ درصد



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Hosford, W. F., and R. M. Caddell. "Metal forming: mechanics and metallurgy. Prentice Hall." *New Jersey* (۱۹۹۳).
۲. Johnson, William, and Peter Bassindale Mellor. "Engineering plasticity." (۱۹۸۳).
۳. Rowe, Geoffrey W. "Principles of industrial metalworking processes." *Edward Arnold(Publishers) Ltd., 25 Hill St., London W 1 X 8 LL. 1977 Edition, 407 p(Book).* (۱۹۷۷).
۴. Hu, Jack, Zdzislaw Marciniak, and John Duncan, eds. *Mechanics of sheet metal forming*. Elsevier, ۲۰۰۲.
۵. Hoffman, H., ed. *Metal Forming Handbook*. Springer Science & Business Media, ۱۹۹۸.



عنوان درس به فارسی:		تئوری الاستیسیته	
عنوان درس به انگلیسی:		Theory of Elasticity	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☒ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

آشنایی با تئوری تنش و کرنش و روابط آنها و حل‌های تحلیلی موجود در زمینه الاستیسیته

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۹. نظریه تنش (فرمول کوشی، صفحات اصلی، انتقال تنش)، تغییر شکل‌ها، نظریه کرنش، روابط تنش-کرنش (قانون هوک تعمیم یافته، روابط سازگاری، معادلات ناویر)؛
۱۰. روش‌های حل مسائل الاستیسیته (توابع پتانسیل)؛
۱۱. الاستیسیته صفحه‌ای مختصات دکارتی (روابط کلی تنش صفحه‌ای و کرنش صفحه، حل با توابع چند جمله‌ای، حل با توابع فوریه)؛
۱۲. الاستیسیته صفحه‌ای مختصات قطبی (راه حل میشل، مسائل تقارن محوری، مسائل صفحات بینهایت، مسائل صفحات نیمه بینهایت، مسائل گوه بارگذاری شده، مسائل استثنایی)، تئوری پیچش راه‌حل‌های کلمب، سنت‌ونانت و پیرانتل)؛
۱۳. مسائل خمش (تیر تیموشنکو و تیر اویلر-برنولی)؛ الاستیسیته سه بعدی مسائل رانکین، دوبلت، مرکز فشار، فیلمانت، بوسینسک)؛
۱۴. روش‌های انرژی (اصل کار مجازی، انرژی مکمل، اصل بتی-رایلی، تئوری کاستیگلیانو، تئوری فون میز)؛
۱۵. تنش‌ها و تغییر شکل‌های تماسی (راه حل هرتز، فیلمانت، بوسینسک، راه حل ساده شده همراه و برو)؛
۱۶. تنش‌های حرارتی.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



۶. Timoshenko, S., and J. N. Goodier. "Theory of elasticity: New York." *London,,: Ed Mc Graw-Hill* (۱۹۷۰).
۷. Ugural, Ansel C., and Saul K. Fenster. *Advanced strength and applied elasticity*. Pearson education, ۲۰۰۳.
۸. Saada, Adel S. *Elasticity: theory and applications*. Vol. ۱۶. Elsevier, ۲۰۱۳.
۹. Pawlik, Peter S., and H. Reisman. *Elasticity: theory and applications*. Wiley, ۱۹۸۰.
۱۰. Boresi, Arthur P., Ken Chong, and James D. Lee. *Elasticity in engineering mechanics*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۰.



عنوان درس به فارسی:		تئوری صفحه‌ها و پوسته‌ها	
عنوان درس به انگلیسی:		Theory of Plates and Shells	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	نوع درس و واحد
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با تنش و تغییر شکل صفحات و پوسته‌های نازک در اثر برش و خمش، کمانش صفحات، و تنش و تغییر شکل صفحات ضخیم

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تئوری تیرها و کابل‌ها، تئوری تیر برنولی خمش خالص، تئوری تیر تیموشنکو و تغییر شکل برشی مرتبه بالاتر، ارتعاش خمشی تیرها، تئوری تیرها در تغییر شکل‌های بزرگ، کمانش تیرها،
۲. تئوری کابل‌ها و میله‌ها، رفتار تیرها تحت اثر نیروی محوری و بارگذاری عرضی، تحلیل عددی تیرها و کابل‌ها،
۳. تئوری صفحات، هندسه دیفرانسیل رویه‌های فضائی، خمش خالص صفحات و تئوری کریشف-لاو، استخراج معادله دیفرانسیل و شرایط مرزی لازم و ضروری برای خمش خالص صفحات نازک، انرژی کرنشی ناشی از خمش صفحات و اصل کار مجازی و مینم
۴. انرژی یا روش ریلی - ریتز.
۵. تحلیل دقیق صفحات مربع مستطیل با بیان دو روش تاریخی یعنی حل ناویر و حل لوی.
۶. تئوری صفحات در مختصات قطبی.
۷. تئوری تغییر شکل‌های بزرگ صفحات، تحلیل صفحات در ترکیب رفتار خمشی و غشائی، کمانش صفحات، ارتعاش آزاد صفحات،
۸. تحلیل دقیق صفحات با هندسه دلخواه مانند مثلثی و بیضی، صفحات با ضخامت متغیر، ارتوتروپیک، چندلایه و مدرج تابعی،
۹. رفتار الاستوپلاستیک صفحات،
۱۰. تنش‌های حرارتی در صفحات،
۱۱. تحلیل‌های عددی، روش تفاضل محدود، روش انرژی و یا ریلی - ریتز، روش اجزای محدود و فرمول‌بندی المان‌های معروف، روش نوارهای محدود، روش تفاضل مربعات،
۱۲. تئوری پوسته‌های متقارن محوری، رفتار غشائی پوسته‌ها و معادلات حاکم، رفتار خمشی پوسته‌ها و معادلات حاکم، تئوری غشائی خالص و پارچه‌ها

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

۱۰ درصد



آزمون میان ترم ۲۰ درصد

آزمون پایان نیم سال ۳۰ درصد

پروژه (اعم از توسعه معادلات و استفاده از نرم افزار) ۴۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

(چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Ugural, A. C. "Stresses in Plates and Shells McGraw-Hill." *Toronto*. (۱۹۸۱).
۲. Szilard, Rudolph. "Theory and analysis of plates." *Classical and numerical methods* (۱۹۷۴).
۳. Timoshenko, Stephen P., and James M. Gere. *Theory of elastic stability*. Courier Corporation, ۲۰۰۹.
۴. Timoshenko, Stephen P., and Sergius Woinowsky-Krieger. *Theory of plates and shells*. McGraw-hill, ۱۹۵۹.



عنوان درس به فارسی:		پلاستیسیته پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Plasticity	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☒ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

آشنایی با تئوری رفتار ماده همسانگرد در حالت خمیری

اهداف ویژه:

ایجاد توانمندی تحلیل نظری و درک رفتار ماده در حالت خمیری

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۶. مفاهیم اولیه پلاستیسیته در مهندسی (بررسی رفتار پلاستیک یک‌بعدی ماده در آزمایش کشش و آزمایش کشش-فشار تک‌محوره، ویژگی‌های اصلی رفتار پلاستیک و روابط ریاضی حاکم بر رفتار پلاستیک یک‌بعدی)
۷. معیارهای تسلیم (تعمیم معادلات بنیادین برای حالت کلی وضعیت تنش و کرنش، معرفی تعیین حد رفتار الاستیک ماده (معیار تسلیم)، معیارهای تسلیم برای فلزات، غیرفلزات و مواد ناهمسانگرد)
۸. روابط تنش-کرنش الاستیک (کرنش و مفاهیم آن، تغییر شکل الاستیک (از تغییر شکل الاستیک-پلاستیک) ماده، معادلات ساختاری الاستیک خطی و غیرخطی متداول، فرضیه پایداری دراکر، یکتایی حل در مسائل الاستیک، تحلیل گام به گام و مسائل وابسته)
۹. روابط تنش-کرنش برای مواد پلاستیک کامل (معادلات ساختاری پلاستیک برای تغییر شکل مواد پلاستیک کامل یا پلاستیک ایده‌آل، قانون جریان و پتاسیل پلاستیک، قانون جریان همبسته با معیارهای مختلف تسلیم، یکتایی حل در مسائل الاستیک-پلاستیک کامل، تحلیل چند مسائل پلاستیک کامل، رابطه تنش-کرنش گام به گام، بررسی مدل‌های مختلف پلاستیک در حالت سه‌بعدی)
۱۰. روابط تنش-کرنش برای مواد سخت‌شونده (معادلات ساختاری پلاستیک برای تغییر شکل مواد پلاستیک دارای کارسختی، نظریه تغییر شکل و نظریه نمو، تئوری تغییر شکل پلاستیک، قوانین سخت‌شوندگی و مدل‌های متداول، سطح بارگذاری و رشد کارسختی، قانون جریان و فرضیه پایداری دراکر، تنش و کرنش موثر، تحلیل چند مسئله پلاستیک با سخت‌شوندگی، روابط تنش-کرنش گام به گام برای مواد سخت‌شونده، الگوریتم‌های متداول برای حل معادلات ساختاری الاستیک-پلاستیک کارسخت‌شونده)

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۶. Chen, Wai-Fah, and Da-Jian Han. *Plasticity for structural engineers*. J. Ross Publishing, ۲۰۰۷.
۷. Chakrabarty, Jagabandhu. *Theory of plasticity*. Elsevier, ۲۰۱۲.
۸. de Souza Neto, Eduardo A., Djordje Peric, and David RJ Owen. *Computational methods for plasticity: theory and applications*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.
۹. Dunne, Fionn, and Nik Petrinic. *Introduction to computational plasticity*. Oxford University Press on Demand, ۲۰۰۵.
۱۰. Johnson, William, and Peter Bassindale Mellor. "Engineering plasticity." (۱۹۸۳).



عنوان درس به فارسی:		دینامیک پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Dynamics	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☒ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

این درس با مفاهیم پیشرفته در دینامیک مرتبط بوده و نیاز به دانستن دینامیک نیوتنی ذره و سیستم ذرات است. تأکید درس بر دینامیک تحلیلی بوده و هدف اصلی درس در گسترش مدل‌های ریاضی دینامیک سیستم‌های صلب و انعطاف‌پذیر می‌باشد. این درس بر توسعه معادلات حرکت سیستم‌های مکانیکی پیچیده نیز اشاره دارد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱۱. مروری سریع بر دینامیک نیوتنی،
۱۲. حرکت نسبی،
۱۳. مختصات تعمیم یافته و قیود،
۱۴. اصل کار مجازی،
۱۵. اصل دلامبر،
۱۶. اصول هامیلتون،
۱۷. معادلات لاگرانژ،
۱۸. سینماتیک و سینتیک جسم صلب،
۱۹. پایداری سیستم‌ها،
۲۰. معادلات جیبس-اپل و کین و ملاحظات محاسباتی برای حل مسائل واقعی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



۷. Ginsberg, Jerry. *Engineering dynamics*. Vol. ۱۰. Cambridge University Press, ۲۰۰۸.
۸. Baruh, Haim. *Analytical dynamics*. Boston: WCB/McGraw-Hill, ۱۹۹۹.
۹. منصور نیکخواه بهرامی، دینامیک برداری، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۰.
۱۰. Greenwood, Donald T. *Advanced dynamics*. Cambridge University Press, ۲۰۰۶.
۱۱. Greenwood, Donald T. *Classical dynamics*. Courier Corporation, ۱۹۹۷.
۱۲. D'Souza, A. Frank, and Vijay Kumar Garg. *Advanced dynamics: modeling and analysis*. Prentice Hall, ۱۹۸۴.



عنوان درس به فارسی:		دینامیک غیر خطی و آشوب	
عنوان درس به انگلیسی:		Nonlinear Dynamics and Chaos	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	نوع درس و واحد
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی و تحلیل سیستم‌های غیرخطی پیوسته و گسسته، آشنایی با تئوری بایفورکیشن، درک کیفی سیستم‌های غیر خطی با کمک روش‌های هندسی، بررسی کمی معادلات دیفرانسیل غیرخطی، تحلیل پایداری در سیستم‌های غیرخطی، آشنایی با سیستم‌های آشوبناک.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. سیستم‌های گسسته مرتبه اول
۲. سیستم‌های گسسته مراتب بالاتر
۳. بایفورکیشن در سیستم‌های گسسته
۴. سیستم‌های پیوسته (معادلات دیفرانسیل غیرخطی)
۵. پایداری در سیستم‌های غیرخطی
۶. بررسی هندسی معادلات دیفرانسیل غیرخطی
۷. بایفورکیشن در سیستم‌های پیوسته
۸. پاسخ‌های متناوب و دوره‌های حدی
۹. مقدمه‌ای بر روش‌های کمی و تئوری اغتشاشات
۱۰. سیستم‌های آشوبناک
۱۱. آشوب در سیستم‌های گسسته
۱۲. آشوب در سیستم‌های پیوسته
۱۳. معادلات Lorenz
۱۴. مسیرهای منتهی به آشوب Routes to chaos
۱۵. مقدمه‌ای بر فرکتال‌ها Fractals

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

۲۵ درصد

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

۳۵ درصد

آزمون میان ترم



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

(چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Strogatz, Steven H. *Nonlinear dynamics and chaos with student solutions manual: With applications to physics, biology, chemistry, and engineering*. CRC press, ۲۰۱۸.
۲. Nayfeh, Ali H., and Balakumar Balachandran. *Applied nonlinear dynamics: analytical, computational, and experimental methods*. John Wiley & Sons, ۲۰۰۸.
۳. Wiggins, Stephen. *Introduction to applied nonlinear dynamical systems and chaos*. Vol. ۲. Springer Science & Business Media, ۲۰۰۳.
۴. Ott, Edward. *Chaos in dynamical systems*. Cambridge university press, ۲۰۰۲.
۵. Alligood, Kathleen T., et al. "Chaos: An Introduction to Dynamical Systems." *SIAM Review* ۴۰, ۳ (۱۹۹۸): ۷۳۲-۷۳۲.
۶. Guckenheimer, John, and Philip Holmes. *Nonlinear oscillations, dynamical systems, and bifurcations of vector fields*. Vol. ۴۲. Springer Science & Business Media, ۲۰۱۳.



عنوان درس به فارسی:		دینامیک ماشین‌های دوار	
عنوان درس به انگلیسی:		Dynamics of rotating machines	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒		
تخصصی اجباری ☐	عملی ☐		
تخصصی اختیاری ☒	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان‌نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

آشنایی با دینامیک ماشین‌های دوار از جمله توربوماشین‌ها، توانایی مدل‌سازی، شبیه‌سازی و تحلیل دینامیکی و ارتعاشی روتورها، آشنایی با انواع تحریک‌های مکانیکی و روش‌های پایش وضعیت ارتعاشی در ماشین‌های دوار

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. معرفی سیستم‌های دوار و مروری بر مباحث پایه، روتور جفکات شامل استخراج معادلات حرکت، بررسی ارتعاشات آزاد و اجباری، بررسی اثر استهلاک بر سیستم و بررسی خاصیت ارتجاعی تکیه‌گاه‌ها و تاثیر آن بر فرکانس‌های طبیعی،
۲. مروری بر روش‌های استخراج خواص دینامیکی روتورها شامل روش‌های استودولا-ویانلو، روش مایکل اشتاد یا ماتریس انتقال، روش مستقیم سختی و روش هولزر، استخراج معادلات حرکت روتور با استفاده از روش لاگرانژ،
۳. بررسی تفکیکی اجزای اصلی روتور شامل دیسک، شافت، جرم نابالانس، تکیه‌گاه‌های غلتشی و لغزشی و کوپلینگ،
۴. استخراج انرژی جنبشی و پتانسیل، استخراج معادلات حرکت روتور جفکات با تکیه‌گاه‌های صلب، استخراج معادلات حرکت روتور جفکات با تکیه‌گاه‌های انعطاف‌پذیر غیر میرا و میرا، سرعت بحرانی و دیاگرام کمبل، روش المان محدود در تحلیل دینامیک روتورها،
۵. محاسبه ماتریس جرم و ژيروسکوپی المان شافت ایزونتروپیک، محاسبه ماتریس سختی المان شافت ایزونتروپیک، المان دیسک و ماتریس‌های جرم و ژيروسکوپی آن، المان بلبرینگ و آب‌بند و ماتریس‌های سختی و استهلاک آن، المان جرم متمرکز، نابالانسی جرمی، محاسبه مقادیر ویژه چپ و راست و پاسخ سیستم‌های ژيروسکوپی بدون مستهلک کننده، پاسخ سیستم‌های دارای مستهلک کننده و پاسخ سیستم‌های کلی، حل مثال‌های عملی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Genta, Giancarlo. *Dynamics of rotating systems*. Springer Science & Business Media, ۲۰۰۷. (Chapters ۱-۴, ۶-۸)
۲. Ishida, Yukio, and Toshio Yamamoto. *Linear And Nonlinear Rotordynamics: a modern treatment with applications*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۳. (chapters ۱, ۲, ۴, ۵, and ۱۴-۱۶)
۳. Adams, M. L. "Rotating Machinery Vibration: From Analysis to Troubleshooting. CRC Press, Taylor & Francis Group." (۲۰۱۰). (Selected topics from chapters ۷-۱۰)
۴. Wu, Yulin, et al. *Vibration of hydraulic machinery*. Dordrecht: Springer Netherlands, ۲۰۱۳.
۵. Muszynska, Agnieszka. *Rotordynamics*. CRC press, ۲۰۰۵.
۶. Vance, John M., Fouad Y. Zeidan, and Brian G. Murphy. *Machinery vibration and rotordynamics*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۰.
۷. Lalanne, Michel, and Guy Ferraris. *Rotordynamics prediction in engineering*. Wiley, ۱۹۹۸.



عنوان درس به فارسی:		دینامیک مولکولی	
عنوان درس به انگلیسی:		Molecular Dynamics	
نوع درس و واحد			
پایه	☐	نظری	☒
تخصصی اجباری	☐	عملی	☐
تخصصی اختیاری	☒	نظری-عملی	☐
رساله / پایان نامه	☐		
تعداد واحد:	۳		
تعداد ساعت:	۴۸		

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با مبانی و ابزارهای محاسباتی دینامیک مولکولی آشنا می شوند و قابلیت کد نویسی و بکارگیری از نرم افزارهای اصلی موجود را فرا خواهند گرفت.

اهداف ویژه:

(پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه ای بر کاربرد دینامیک مولکولی جهت مدل سازی سیستم های در مقیاس نانو
۲. انواع پتانسیل های بین اتمی (مکانیک مولکولی) شناخت انواع ورودی های لازم جهت شبیه سازی سیستم های مولکولی نظیر فایل های PDB، PSF، آشنایی با میدان های نیرویی (Charmm، MM۲:۴)، نیروهای الکترواستاتیکی، نیروهای واندروالسی، پتانسیل های استفاده شده برای فلزات، پتانسیل های جفتی و چندین جسمی (Many Body Pair Interaction)، انواع پتانسیل های استفاده شده برای کربن (ترسفال ای آی ریبو)، انواع پتانسیل های استفاده شده برای سیلیکون (ترسفال استیلینگر وبر)
۳. روش های مینیمم کردن تابع پتانسیل (روشهایی که از مشتقات انرژی استفاده نمی کنند روش Simplex و روش Sequential) و روش های کمینه سازی انرژی با استفاده از مشتق تابع (روش های Steepest Descent، Conjugate Gradient، Newton)، انتخاب روش بهینه سازی مناسب، معیار همگرایی
۴. تکنیک های استفاده شده در شبیه سازی رایانه ای (شرایط مرزی: متناوب و غیرمتناوب)، انواع انسامبل، شعاع قطع پتانسیل، لیست همسایگی، نیروهای برد بلند و نحوه محاسبه آنها (از جمله نیروی الکترواستاتیک)
۵. شبیه سازی های دینامیک مولکولی (روش های انتگرال گیری از معادلات حرکت) روش ورله سرعتی، روش پیشبینی تصحیح، انتخاب مناسب گام زمانی، توزیع سرعت ها، شروع و اجرای برنامه شبیه سازی دینامیک مولکولی، دینامیک مقید، مدل سازی ها (نمونه ای از شبیه سازی های دینامیک مولکولی (مولکول های صلب، دینامیک مولکولی در دما و فشار ثابت) انواع ترموستات های مختلف با استفاده از روش دینامیک مولکولی، معرفی چندین پروژه سازی سیستم های مختلفی از مدل سازی و شبیه مثال برای دانشجویان جهت تمرین کد نویسی دینامیک مولکولی)
۶. مقدمه ای بر روش های درشت دانه کردن (روش های استفاده شده در بیومولکول ها (Shape based، Residue Based)، روش های مختلف درشت دانه کردن آب، روش های دانه درشت کردن برای فلزات

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



ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Leach, Andrew R., and Andrew R. Leach. *Molecular modelling: principles and applications*. Pearson education, ۲۰۰۱.
۲. Haile, James M., et al. "Molecular dynamics simulation: elementary methods." *Computers in Physics* ۷,۶ (۱۹۹۳): ۶۲۵-۶۲۵.
۳. Rapaport, Dennis C. *The art of molecular dynamics simulation*. Cambridge university press, ۲۰۰۴.
۴. Humphrey, William, Andrew Dalke, and Klaus Schulten. "VMD: visual molecular dynamics." *Journal of molecular graphics* ۱۴,۱ (۱۹۹۶): ۳۳-۳۸.
۵. Phillips, James C., et al. "Scalable molecular dynamics with NAMD." *Journal of computational chemistry* ۲۶,۱۶ (۲۰۰۵): ۱۷۸۱-۱۸۰۲.
۶. LAMMPS Molecular Dynamics Simulator. Sandia National Laboratories. Retrieved ۲۰۱۰-۱۰-۰۳.



عنوان درس به فارسی:		رباتیک پیشرفته (مکانیک سیستم‌های رباتیک)	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Robotics (Mechanics of Robotic Systems)	
دروس پیش‌نیاز:			
دروس هم‌نیاز:			
تعداد واحد:	۳		
تعداد ساعت:	۴۸		
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐			
رساله / پایان‌نامه ☐			

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

هدف کلی:

آشنایی با مفاهیم سیستم‌های رباتیک و تحلیل سینماتیکی، تحلیل دینامیکی و طراحی مسیر بازوهای ربات

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. معرفی سیستم‌های رباتیک و کاربردها: تعاریف و مفاهیم اولیه، معرفی بخش‌های کلی درس، تاریخچه‌ای از سیستم‌های رباتیک، زمینه‌های کاربردی و صنعت رباتیک
۲. سینماتیک (مستقیم و معکوس): تبدیل‌های مختصات، تبدیل‌های همگن، زوایای اوپلر، نمادگذاری دناویت-هارتنبگ، سینماتیک (پیکربندی) مستقیم، سینماتیک معکوس و حل‌پذیری، مچ کروی، حرکت دیفرانسیلی، محاسبه ژاکوبین و نقاط منفرد، سینماتیک لحظه‌ای معکوس
۳. آشنایی با نرم‌افزار Maple یا برخی Toolbox های MATLAB
۴. معادلات حرکت و ایستایی بازو: تحلیل ممان‌ها و نیروها و تبدیلات آنها، فرمولاسیون لاگرانژ، دینامیک معکوس، اثر عملگرها بر معادلات حرکت، روابط نیرو/گشتاور، بررسی حالت ایستایی
۵. طراحی مسیر حرکت: حرکت مسیر پیوسته، LSPB، Cubic Spline، Bang-Bang، حرکت هماهنگ، مرور مختصری بر طراحی مسیر در ربات‌های سیار
۶. آشنایی مختصر با کنترل بازو: برخی روش‌های کنترل مسیر شامل PID، PD+Gravity، CT، معرفی اجمالی روش‌های کنترل نیرو

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

میان‌ترم	۳۰ درصد
پایان‌ترم	۳۵ درصد
تمرین‌ها	۱۵ درصد
پروژه	۲۵ درصد



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Asada, Haruhiko, and J-JE Slotine. *Robot analysis and control*. John Wiley & Sons, ۱۹۸۶.
۲. Spong, Mark W., and Mathukumalli Vidyasagar. *Robot dynamics and control*. John Wiley & Sons, ۲۰۰۸.
۳. Schilling, Robert J. *Fundamentals of robotics: analysis and control*. Simon & Schuster Trade, ۱۹۹۶.
۴. Craig, John J. *Introduction to robotics: mechanics and control, 3/E*. Pearson Education India, ۲۰۰۹.
۵. Wolovich, William A. *Robotics: basic analysis and design*. Saunders College Publishing, ۱۹۸۷.
۶. Lewis, F. L., C. T. Abdallah, and D. M. Dawson. "Control of Robot." *Manipulators, Editorial Maxwell McMillan, Canada* (۱۹۹۳): ۲۵-۳۶.
۷. Siciliano, Bruno, and Oussama Khatib, eds. *Springer handbook of robotics*. springer, ۲۰۱۶.



عنوان درس به فارسی:		روش اجزای محدود ۱	
عنوان درس به انگلیسی:		Finite Elements Method I	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒		
تخصصی اجباری ☒	عملی ☐		
تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

آشنایی و تسلط با مفاهیم ریاضی و تکنیک‌های عددی روش اجزای محدود، استفاده کاربردی از روش عددی اجزای محدود در بررسی رفتار سازه‌ها در مهندسی مکانیک در بارگذاری‌های مکانیکی (استاتیکی، دینامیکی و حرارتی)،

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱۰. مبنای روش اجزای محدود،
۱۱. فرم ضعیف معادلات دیفرانسیل،
۱۲. روش حساب تغییرات،
۱۳. مسائل یک بعدی،
۱۴. آنالیز المان میله، تیر و قاب، المان‌های دوبعدی،
۱۵. مسائل تقارن محوری،
۱۶. المان‌های دوبعدی ایزوپارامتریک و انتگرال گیری عددی،
۱۷. مسائل سه بعدی آنالیز تنش،
۱۸. مسائل میدان اسکالر.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:



۶. Reddy, J. N. *An introduction to the finite element method*. Vol. ۱۲۱. New York: McGraw-Hill, ۲۰۱۰.
۷. Logan, Daryl L. *A first course in the finite element method*. Nelson Education, ۲۰۱۷.
۸. Chandrupatla, Tirupathi R., et al. *Introduction to finite elements in engineering*. Vol. ۱۰. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, ۲۰۰۲.
۹. Rao, Singiresu S. *The finite element method in engineering*. Butterworth-heinemann, ۲۰۱۷.
۱۰. Huebner, Kenneth H., et al. *The finite element method for engineers*. John Wiley & Sons, ۲۰۰۸.



عنوان درس به فارسی:		روش های محاسباتی در پلاستیسیته	
عنوان درس به انگلیسی:		Computational Methods in Plasticity	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐			
رساله / پایان نامه ☐		برای دوره دکتری	
		۳	تعداد واحد:
		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

آشنایی با بکارگیری روش های عددی در تحلیل مسائل پلاستیسیته

اهداف ویژه:

ارتقاء توانایی های برنامه نویسی تخصصی رایانه ای در حوزه رفتار پلاستیک مواد

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مروری بر پلاستیسیته
۲. انتگرال گیری عددی
۳. الگوریتم نگاشت برگشتی
۴. پیاده سازی عددی تئوری سیلان J۲ مستقل از زمان
۵. پیاده سازی عددی کارسختی سینماتیکی برای تئوری سیلان J۲
۶. پیاده سازی عددی تابع تسلیم ناهمسانگرد هیل
۷. پیاده سازی عددی مدل های ویسکوپلاستیسیته
۸. پیاده سازی عددی مدل های هایپر الاستیسیته
۹. پیاده سازی عددی بر اساس تئوری تغییر شکل های بزرگ پلاستیک

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

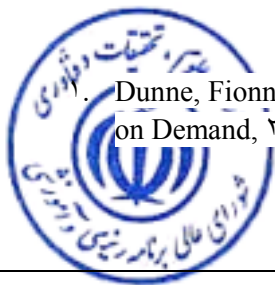
- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت های کلاسی در طول نیم سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Dunne, Fionn, and Nik Petrinic. *Introduction to computational plasticity*. Oxford University Press on Demand, ۲۰۰۵.



۲. de Souza Neto, Eduardo A., Djordje Peric, and David RJ Owen. *Computational methods for plasticity: theory and applications*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.
۳. Oñate, Eugenio, et al., eds. *Advances in Computational Plasticity: A Book in Honour of D. Roger J. Owen*. Vol. ۴۶. Springer, ۲۰۱۷.
۴. Borja, Ronaldo I. *Plasticity: modeling & computation*. Springer Science & Business Media, ۲۰۱۳.



عنوان درس به فارسی:		روش های محاسبات عددی پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Numerical Computation Methods	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒		
تخصصی اجباری ☐	عملی ☐		
تخصصی اختیاری ☒	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با پیش زمینه های لازم برای درک مفاهیم روش های عددی آشنا می شوند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه،
۲. درون یابی و برازش منحنی: درون یابی لاگرانژ و تفاضل تقسیم شده، نقاط چبیشف، میان یابی هرمیتی مکعبی، اسپلاین، روش کمترین مربعات؛
۳. حل معادلات غیرخطی: روش بای سکشن، روش نیوتن-فسون، روش سکانت، روش جایگزینی متوالی؛
۴. روش های انتگرال گیری: نیوتن کوتر باز و بسته، گوس کوادراچر، گوس هرمیت، انتگرال دوپل، انتگرال های ناسره؛
۵. حل سیستم معادلات خطی و مسائل مقادیر ویژه: روش LU، روش توانی - توانی معکوس، توانی معکوس انتقال یافته، هاوس هولدر بای سکشن، هاوس هولدر QR/ ایتريشن، مشتق گیری عددی،
۶. معادلات دیفرانسیل پاره ای: معادلات بیضوی، روش ایتريشن جاکوبی، معادلات سهموی، روش صریح، روش ضمنی، معادلات هذلولوی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم سال	۴۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Burden, R.L., Faires, J.D., Numerical Analysis, 9th ed., Cengage Learning, ۲۰۱۱.
۲. Chapra, Steven C., and Raymond P. Canale. *Numerical methods for engineers*. Boston: McGraw-Hill Higher Education, ۲۰۱۰.
۳. ویلیام اچ پرس، ترجمه منصور نیکخواه بهرامی، دستورالعمل محاسبات عددی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۵.
۴. اصغر کرایه چیان، محاسبات عددی، رواق مهر، ۱۳۸۸.



عنوان درس به فارسی:		ساخت افزودنی	
عنوان درس به انگلیسی:		Additive Manufacturing	
نوع درس و واحد			
دروس پیش نیاز:	ندارد	پایه ☐	نظری ☒
دروس هم نیاز:	ندارد	تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان نامه ☐	

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

هدف کلی:

طی چند سال اخیر روش های چاپ سه بعدی یا ساخت افزودنی که قادرند قطعات سه بعدی را با استفاده از یک فایل CAD مستقیماً و بدون نیاز به ابزار یا قالب با اضافه کردن تدریجی ماده اولیه تولید نمایند، بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. توانایی تولید مستقیم قطعات کاربردی با هندسه و خواص منحصر بفرد، قابلیت یکپارچه سازی مجموعه قطعات مونتاژی، ساخت قطعه اختصاصی به صورت تکی یا انبوه، و تولید سریعتر همراه با بازدهی بالاتر نسبت به روش های مرسوم تولید باعث شده که در کنار کاربردهای معمول زینتی، صنعتی، پزشکی، دانشگاهی و تحقیقی این فناوری، حوزه های صنعتی پیشرفته نظیر صنایع هوافضایی و تولید انرژی پرنیت سه بعدی را به عنوان یک روش جدید تولید به کار بگیرند. تغییر نگرش در طراحی قطعات و چرخه تامین کالا از دیگر جنبه های این فناوری می باشد. همینطور یکی از المان های اساسی در حوزه انقلاب صنعتی چهارم (Industry ۴.۰) می باشد. از اینرو کسب دانش پایه و کاربردی مهندسان مکانیک در این زمینه از نیازهای اساسی دانش آموختگان این رشته می باشد.

اهداف ویژه:

اهداف ویژه شامل درک و شناخت ملزومات تولید دیجیتال از تولید فایل تا قطعه، شناخت مبانی فیزیکی حاکم و اصول تکنولوژیکی هر فرآیند، شناخت بازیگران اصلی فرایند (تحقیقی، تجاری و صنعتی)، مواد قابل فرآوری و خواص قابل حصول، قابلیت ها و محدودیت های هر روش، نحوه انتخاب روش مناسب، شناخت کاربردهای تکنولوژی، زمینه های تحقیقی امکان پذیر، و معرفی فرصت های بکارگیری روش ها در داخل کشور می باشد.

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مبانی ساخت افزودنی شامل خواستگاه تکنولوژی، تاریخچه ظهور تا بلوغ، تعاریف و استانداردها، چشم انداز تحقیقی و تجاری
۲. چرخه طراحی تا تولید روش های ساخت افزودنی
۳. طراحی جهت ساخت افزونی شامل ملاحظات اساسی طراحی و درک قابلیت ها و محدودیت های فرآیند
۴. انواع روش های ساخت افزودنی بر مبنای هفت دسته استاندارد ASTM شامل فتوپلیمریزاسیون، ذوب و تف جوشی بستر پودر، اکستروژن ماده، جت ماده و چسباننده و رسوب مستقیم انرژی
۵. مبانی فیزیکی و معادلات حاکم، پارامترهای موثر، قابلیت ها و محدودیت ها، و مدلسازی فرآیندهای ساخت افزودنی
۶. مواد ساخت افزودنی
۷. نرم افزارهای ساخت افزودنی
۸. کاربردهای ساخت افزودنی
۹. انتخاب روش ساخت افزودنی



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

جلسات کلاسی، فیلم‌های آموزشی، بازدید از آزمایشگاه و مشاهده روش‌ها از نزدیک، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی (به یک از روش‌های مطالعه انتقادی، عددی، طراحی و یا طراحی و ساخت)

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی ۱۰ درصد

تکالیف و تحقیق ۱۰ درصد

پروژه ۲۰ درصد

آزمون‌های میانه‌ترم و پایانه‌ترم ۶۰ درصد

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

کلاس درسی مجهز به پروژکتور، ترجیحا قطعات تولید شده از انواع روش‌ها، ترجیحا آزمایشگاه شامل انواع روش‌ها، دانشجویان لازم است بر مفاهیم اساسی طراحی، مواد مهندسی، روش‌های تولید، نرم افزارهای CAD مسلط بوده و از سطح زبان انگلیسی خوبی برخوردار باشند.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Gibson, Ian, et al. *Additive manufacturing technologies*. Vol. ۱۷. New York: Springer, ۲۰۱۴.
۲. ASTM Committee F۴۲ on Additive Manufacturing Technologies. <http://www.astm.org/COMMITTEE/F۴۲.htm>
۳. Campbell, I., et al. *Wohlers report 2018: 3D printing and additive manufacturing state of the industry: annual worldwide progress report*. Wohlers Associates, ۲۰۱۸.
۴. Redwood, Ben, Filemon Schffer, and Brian Garret. *The 3D printing handbook: technologies, design and applications*. 3D Hubs, ۲۰۱۷.
۵. Bäßler, Ralph. "Additive manufacturing of metals—from fundamental technology to rocket nozzles, medical implants, and custom jewelry (book review)." (۲۰۱۸).



عنوان درس به فارسی: سازه‌های هوشمند		عنوان درس به انگلیسی:
نوع درس و واحد	Smart Structures	عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒		دروس پیش‌نیاز:
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐		دروس هم‌نیاز:
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	مقطع تحصیلات تکمیلی رشته‌ی مهندسی مکانیک	تعداد واحد: ۳
رساله / پایان‌نامه ☐		تعداد ساعت: ۴۸

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: وبینار و کلیپ

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با مواد هوشمند، مانند پیزوالکتریک‌ها، به عنوان حسگر و/یا نیرو واردکننده، بکارگرفته شده در سازه‌های مجهز به نرم‌افزار و سخت‌افزار کنترلی، برای جلوگیری یا کاهش ارتعاش و نویز، بکارگیری در پایش تندرستی سازه‌ها، و

اهداف ویژه:

به‌طور ویژه، دانشجویان با مبحثی چندفیزیکی مواجه می‌شوند و می‌آموزند در دنیای سیستم‌های واقعی، برای طراحی مهندسی سیستم‌های دینامیکی، فیزیک‌ها و حوزه‌های مختلفی باید باهم درگیر شوند تا طراحی مهندسی کامل شود.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تنوع مواد هوشمند، کاربردهای آنها به عنوان مبدل انرژی، و کاربردها در مهندسی و صنعت، تاکید بر روی مواد پیزوالکتریک،
۲. مفهوم مساله‌های چندفیزیکی و درهم‌گیری حوزه‌های مختلف فیزیک در این مساله‌ها، بویژه فیزیک‌های مکانیک، الکتریسته، مغناطیس، و گرما
۳. مروری کوتاه بر مفاهیم استاتیک و مقاومت مصالح، دینامیک و ارتعاشات، و الکترومغناطیس و الکترونیک و چگونگی ارتباط آنها در مدل‌سازی مکانیکی و الکتریکی از ذره‌ی مادی و جسم صلب و انعطاف‌پذیر، جرم‌دار و بی‌جرم، هندسه‌های پیوسته و گسسته، ویژگی‌های مادی توده شده یا پیوسته در مکان، مواد رسانا و نارسانای الکتریکی، مواد فرومغناطیس و پارامغناطیس،
۴. مدل‌سازی توام مکانیکی و الکترومغناطیسی سازه‌های یک بعدی مانند میله، تیر، و قاب با مواد هوشمند پیزوالکتریک از دیدگاه‌های قوانین تعادل و حرکت نیوتن، قوانین الکترومغناطیس ماکسول (قانون‌های گاوس برای الکتریسته و مغناطیس، قانون مداری آمپر، قانون القای الکترومغناطیسی فارادی)، قوانین ترمودینامیک (بویژه قانون پایستگی انرژی و قانون کاهش نیافتن آنتروپی)، اصل کار و انرژی (اصل کار مجازی و اصل همیلتون)، اصول ضربه و تکانه‌ی خطی و زاویه‌ای (تابع پاسخ ضربه و تابع گرین)
۵. نمایش ریاضی سازه‌های مجهز به مبدل‌های پیزوالکتریک با دستگاه معادلات جبری (سیستم‌های استاتیکی مکان-گسسته)، دستگاه معادلات دیفرانسیلی با متغیر مستقل زمان و درجه یکم و درجه دوم (سیستم‌های دینامیکی مکان-گسسته)، دستگاه معادلات دیفرانسیلی با متغیر مستقل مکان (سیستم‌های استاتیکی مکان-پیوسته)، دستگاه معادلات دیفرانسیلی با متغیرهای زمان و مکان (سیستم‌های دینامیکی مکان-پیوسته)، تبدل فوریه و تابع‌های امپدانس و ادمیتانس، تبدل لاپلاس و تابع تبدل، تابع‌های پاسخ فرکانسی، پاسخ‌های ضربه، پله، و شیب واحد و رابطه با حوزه‌ی فرکانس و لاپلاس
۶. درهم‌گیری الکترومکانیکی مواد پیزوالکتریک، اثر حسگری و عملگری، قدری فیزیک و بلورشناسی مواد پیزوالکتریک و قبضش الکتریکی، قدری روش‌های ساخت مواد پیزوالکتریک مصنوعی، ضریب درهم‌گیری، معادلات ساختاری، مودهای کاری مبدل‌های ساده، نیرو واردکننده‌های محوری و عمودی، تیر دوریخت (بای مورف)، بحث انرژی



۷. مدل سازی و آنالیز استاتیکی و دینامیکی و تحلیلی- عددی سازه های مکان- پیوسته ی مجهز به مواد پیزوالکتریک یک بعدی و دوبعدی، مانند تیر، قاب، غشا، ورق و پوسته ی استوانه ای دوار قائم، به کمک روش های پسماندهای وزن دار مانند ریلی- ریتز، و ریتز- گالرکین برای آنالیز فرکانسی، روش مودهای فرضی برای پاسخ دینامیکی، با شرایط مرزی مکانیکی و الکتریکی گوناگون

۸. کنترل موقعیت به کمک مبدل های پیزوالکتریک با کنترل کننده های تناسبی- انتگرالی- مشتقی، پدید آوردن میرایی مصنوعی الکترونیکی به فرم القایی- مقاومتی، کنترل ارتعاش فعال و نیمه فعال سازه ها با طراحی کنترل کننده ی تنظیم ساز مجذوری خطی (LQR)، همراه با طراحی مشاهده گر تخمین زن حالت های درونی،

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

به ترتیب ارائه ی سرفصل ها، نخست پایه های ریاضی مورد نیاز، فیزیک دوگانه ی مبدل های پیزوالکتریک، مدل سازی سیستم های ترکیبی سازه+ مبدل پیزوالکتریک، آنالیز استاتیکی و دینامیکی این سیستم ها و در نهایت طراحی کنترلی آنها تشریح می شود. پس راهبرد به طور چکیده:

(۱) فیزیک چندگانه ی مساله (۲) مدل سازی ریاضی (۳) آنالیز و تحلیل استاتیکی، دینامیکی، الکترواستاتیکی (۴) طراحی کنترلی با PID و LQR، ...

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی (تکلیف و پروژه) در طول نیم سال ۵۰ درصد

آزمون های نیم ترم و پایان نیم سال ۵۰ درصد

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

کامپیوتر و پروژکتور

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Leo, Donald J. *Engineering analysis of smart material systems*. Vol. ۴۳۰. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, ۲۰۰۷.
 ۲. Gawronski, Wodek. *Advanced structural dynamics and active control of structures*. Springer Science & Business Media, ۲۰۰۴.
 ۳. Hagedorn, Peter, and Gottfried Spelsberg-Korspeter, eds. *Active and passive vibration control of structures*. Vol. ۵۵۸. Vienna: Springer, ۲۰۱۴.
 ۴. Preumont, André. *Vibration control of active structures: an introduction*. Vol. ۲۴۶. Springer, ۲۰۱۸.
- He, Wei, and Jinkun Liu. *Active vibration control and stability analysis of flexible beam systems*. Beijing: Springer, ۲۰۱۹.



عنوان درس به فارسی:		سیستم‌های ریزالکترومکانیکی (سرام)، نام پیشنهادی دیگر: سامانک‌های الکترومکانیکی (سامک)	
عنوان درس به انگلیسی:	Microelectromechanical systems (MEMS)	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: وبینار و کلیپ

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با سامانه‌های ریز-مقیاس و میکرومتر ناشی از درهم‌گیری فیزیک‌های مکانیک (جامدات و سیالات)، الکترواستاتیک، و الکتروپدینامیک در طراحی، آنالیز و ساخت حسگرها و نیرو واردکننده‌ها و سیستم‌های درهم آمیخته‌ی الکتریکی و مکانیکی ریز-مقیاس، مانند میکروشتاب/ سزعت/ جابجیلی/ کرنش/ نیروسنج، میکرومقاومت/ جریان/ ولتاژسنج، میکروفنر/ دمپر/ مقاومت/ خازن/ ترانسفورماتور/ فشارسنج، دماسنج، میکروفون، بلندگو، ترموکوپل، شیر نیوماتیک، پمپ هیدرولیک، موتور مغناطیسی، نمایشگر لمسی، ...

اهداف ویژه:

به‌طور ویژه، دانشجویان با مبحثی چندفیزیکی مواجه می‌شوند و می‌آموزند در دنیای سیستم‌های واقعی، برای طراحی مهندسی سیستم‌های دینامیکی، فیزیک‌ها و حوزه‌های مختلفی باید باهم درگیر شوند تا طراحی مهندسی کامل شود.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. فیزیک ریزسیستم‌ها و پاسخ چرا و چگونه: ویژگی‌های ذاتی سیستم‌های ریز الکترومکانیکی، حسگرها و به‌کاراندازنده‌های مقیاس‌پذیر برای ریزسیستم‌ها،
۲. روش‌های ساخت: ویژه‌ی افزارک‌ها، رابطه‌ی میکروالکترونیک سیلیکانی و فرایندهای ساخت سیستم‌های ریزالکترومکانیکی، بسته-بندی‌سازی و یکپارچه‌سازی، انتخاب و طراحی فرایندهای ساخت،
۳. بلورشناسی (کریستالوگرافی): رساناها، نارساناها، و نیم رساناها، صفحه‌ها و آرایش زاویه‌ای بلورها،
۴. مکانیک: مفاهیم پایه‌ی سیستم‌ها و مدل‌های مکانیکی، دینامیک و ارتعاشات سیستم‌های چند درجه آزادی، کنترل فیدبک،
۵. الکترواستاتیک: حسگرها و به‌کاراندازنده‌های الکترواستاتیک، خازن‌های صفحه-موازی و کاربردها، خازن‌های انگشتی یکپارچه، رانه (دراپو)های شانه‌ای، شتاب‌سنج خازنی صفحه-موازی پیچشی، به‌کاراندازنده‌ی رانه شانه‌ای با جابجایی بزرگ،
۶. پیرومقاومت: مواد به‌کار رفته و کاربردها، حسگر لمسی پیرومقاومتی چندمحوره، حسگر پیرومقاومتی با تنش برشی ناشی از جریان،
۷. پیروالکتریسیته: مواد پیروالکتریک و کاربردها، شتاب‌سنج غشایی پیروالکتریک، میکروفون پیروالکتریک، مقایسه‌ی روش‌های حسگری و به‌کاراندازی، روانه‌افزارک‌ها (میکروفلوییدیک) و ریزبیوسیستم‌ها: مفاهیم پایه‌ی زیست‌شناسی، جریان رانده شده با فشار، جریان الکتروسینتیک، الکتروفورسیس و دی‌الکتروفورسیس، الکتروفورسیس در ریزکانال‌ها، شیر بادی (نیوماتیک) PDMS،
۸. الکترومغناطیس: ساخت قطعه‌های ریزمغناطیسی، ریزموتور مغناطیسی، به‌کاراندازنده‌های صفحه و تیر پیچشی.



۹. ترمودینامیک: حسگرها و به کاراندازنده‌های بر پایه‌ی انبساط گرمایی، ترموکوپل و مقاومت گرمایی، به کاراندازنده‌ی تیر دوفلزی،
۱۰. مطالعه‌های موردی: از صنعت.

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

نخست فیزیک دوگانه‌ی مبدل‌های ریزالکترومکانیکی، بلورشناسی، و روش‌های ساخت آنها بحث می‌شود و سپس روش‌های مدل‌سازی این سیستم‌ها در حوزه‌های گوناگون، مانند مکانیک، الکترواستاتیک، الکترونیک، سیالات، الکترومغناطیس، و ترمودینامیک، همراه با مثال‌ها و مطالعه‌های موردی موجود در صنعت تشریح می‌شود.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی (تکلیف و پروژه) در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون‌های نیم ترم و پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کامپیوتر و پروژکتور

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Corigliano, Alberto, et al. *Mechanics of Microsystems*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۷.
۲. Liu, Chang. *Foundations of MEMS*. Pearson Education India, ۲۰۱۲.
۳. Senturia, S. D. "Microsystem design. Kluwer academic publishers: New York: Boston." (۲۰۰۲).



عنوان درس به فارسی:		کنترل پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Control	نوع درس و واحد	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐	نظری ☒
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☒	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان نامه ☐	

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

هدف کلی:

این درس به طور عمیق بر تئوری سیستم‌های دینامیکی خطی و کنترل فضای حالت (مدرن) تمرکز دارد بر خلاف کنترل کلاسیک که در آن دینامیک سیستم در حوزه لاپلاس و با تابع تبدیل آن بیان می‌شود، اینجا دینامیک سیستم در حوزه زمان و با مدل فضای حالت سیستم بیان می‌گردد. به جای فیدبک از بردار متغیرهای خروجی، در اینجا فیدبک به کنترلر از بردار متغیرهای حالت در نظر گرفته می‌شود اگر سیگنال کل متغیرهای حالت در خروجی‌های اندازه‌گیری شده توسط سنسورها موجود نباشد، یک مشاهده‌گر طراحی می‌شود تا تخمینی پایدار از متغیرهای حالت فراهم نماید مبانی ریاضی مورد نیاز از جبر خطی که در تحلیل سیستم‌های خطی به طور وسیع کاربرد دارند تشریح می‌شوند با تحلیل ریاضی، شاخصه‌های مهم یک سیستم خطی از جمله کنترل پذیری، مشاهده پذیری، پایداری، قابلیت پایدار شدن، قابل کشف بودن و کمینه بودن آن تشخیص داده می‌شوند روش‌های متعددی برای طراحی کنترل کننده و مشاهده‌گر، شامل مکان‌دهی قطب‌ها و روش‌های بهینه ارائه می‌شوند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱۰. مروری بر کنترل کلاسیک: مدل‌های ریاضی سیستم‌های خطی، عکس‌العمل سیستم‌های دینامیکی، تحلیل دقیق مفاهیم پایداری و عملکرد، تحلیل پاسخ فرکانسی، روش‌های طراحی کلاسیک کنترل فیدبک و جبران‌سازی
۱۱. مبانی ریاضی کنترل مدرن: معادلات دیفرانسیل سیستم‌های دینامیکی خطی، ناخطی و زمان وابسته، خطی‌سازی، اپراتورها و فضاهای خطی، تبدیل و نگاشت‌های محدود/نامحدود، فرم‌ها و تحلیل‌های ماتریسی لازم، مسائل مقادیر ویژه و مقادیر تکین
۱۲. تحلیل فضای حالت: تعاریف، مدل فضای حالت سیستم، سیستم‌های تک ورودی-تک خروجی، سیستم‌های چند متغیره چند ورودی و خروجی، مسیرهای صفحه فاز، فرم‌های مختلف تحقق کانونی و قطری، شکل کانونی جردن، تحلیل پایداری در حوزه زمان، پاسخ‌های آزاد و اجباری سیستم در فرم فضای حالت، ماتریس انتقال حالت، بیان معادلات فضای حالت در حوزه فرکانس، کاربرد مقادیر تکین سیستم و نمودارهای پاسخ فرکانسی آنها
۱۳. طراحی و کنترل سیستم‌ها در فضای حالت: انگیزه‌ها و امتیازات در مقایسه با کنترل کلاسیک، فیدبک متغیرهای حالت، روش تخصیص قطب، تخصیص قطب جزئی و فیدبک خروجی‌ها، کنترل مودال و تخصیص مقادیر-بردارهای ویژه، بیان و تحلیل روابط توسط توابع تبدیل، مشاهده پذیری و کنترل پذیری، مفاهیم ضعیف‌تر پایداری پذیری و تشخیص پذیری
۱۴. طراحی به کمک مشاهده‌گرها: (مفاهیم پایه، مشاهده‌گر مدار باز، طراحی مشاهده‌گر رسته کامل، طراحی مشاهده‌گر رسته ناقص، اصل تفکیک یا استقلال، بیان روابط در حوزه لاپلاس یا توابع تبدیل، ارزیابی عملکرد: تعقیب هدف و دفع اغتشاش، مقاوم بودن و حساسیت)
۱۵. مقدمه‌ای بر شناسایی سیستم‌ها



۱۶. مقدمه‌ای بر کنترل LQR: معرفی مساله کنترل بهینه خطی، فرمهای مربعی و توابع هدف در کنترل، حل مساله طراحی تنظیم کننده ها، معادله ریکاتی

۱۷. پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل زمان گسسته به کمک کامپیوتر

۱۸. نمونه‌های کاربردی در حوزه مهندسی مکانیک، توضیحات تکمیلی و راهنمایی پروژه درسی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۲۵ درصد

آزمون میان ترم ۳۵ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۴۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۷. Chen, Chi-Tsong, and Chi-Tsong Chen. *Linear system theory and design*. Vol. ۳۰۱. New York: Holt, Rinehart and Winston, ۱۹۸۴.

۸. Brogan, William L. *Modern control theory*. Pearson education india, ۱۹۹۱.

۹. علی خاکی صدیق، کنترل مدرن، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۰.

۱۰. Ogata, Katsuhiko. *Discrete-time control systems*. Prentice-Hall, Inc., ۱۹۹۵.

۱۱. Ljung, Lennart. "System identification." *Wiley encyclopedia of electrical and electronics engineering* (۱۹۹۹): ۱-۱۹.

۱۲. Mathworks Co., MATLAB control toolbox.



سیستم‌های غیرخطی		عنوان درس به فارسی:
نوع درس و واحد	Nonlinear Systems	عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒		دروس پیش‌نیاز:
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐		دروس هم‌نیاز:
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان‌نامه ☐	۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

آشنایی با تحلیل و طراحی سیستم‌های غیرخطی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: ضرورت بررسی سیستم‌های غیرخطی و مرور کلی مطالب درس
۲. تحلیل صفحه فاز: تصاویر فاز، تقارن در تصاویر صفحه فاز، نقاط منفرد، وجود و یکتایی جواب‌ها (حل‌ها)، ساختن تصاویر فاز، تحلیل صفحه فاز برای سیستم‌های خطی و غیرخطی، وجود سیکل حد
۳. اصول تئوری (نظریه) لیاپانوف: نقاط تعادل، مفاهیم پایداری (لیاپانوفی/مجاوبی/محلی/اسراسری و ...)، خطی‌سازی و پایداری محلی، روش مستقیم لیاپانوف (توابع مثبت معین و لیاپانوف، قضایای نقطه تعادل و قضایای مجموعه نامتغیر)، تحلیل سیستم‌ها بر اساس روش مستقیم لیاپانوف (تحلیل سیستم‌های LTI، روش کراسفسکی و روش گرادیان متغیر)، طراحی کنترل بر اساس روش مستقیم لیاپانوف
۴. تئوری (نظریه) پایداری پیشرفته: سیستم‌های غیرخودگردان (مفاهیم پایداری، روش مستقیم لیاپانوف و روش خطی‌سازی)، قضایای ناپایداری، تحلیل شبه‌لیاپانوف با استفاده از لم باربالت، سیستم‌های خطی مثبت (توابع انتقال PR و SPR، لم کالمن یاکوبویچ و ماتریس‌های انتقال حقیقی مثبت)، پسیو بودن
۵. تحلیل تابع توصیفی
۶. خطی‌سازی پس‌خور (فیدبک): خطی‌سازی پس‌خور و فرم کانونی، خطی‌سازی ورودی-حالت، خطی‌سازی ورودی-خروجی، دینامیک داخلی
۷. کنترل مد لغزشی (سطوح لغزش، قانون کنترل سوئیچینگ، کاهش چترینگ و ...)
۸. کنترل‌کننده پس‌گام

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادهی):

میان‌ترم	۳۰ درصد
پایان‌ترم	۳۰ درصد
تمرین‌ها	۱۵ درصد
پروژه	۲۵ درصد



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Slotine, Jean-Jacques E., and Weiping Li. *Applied nonlinear control*. Vol. ۱۹۹. No. ۱. Englewood Cliffs, NJ: Prentice hall, ۱۹۹۱.
۲. Khalil, Hassan K. *Nonlinear Control*, Prentice-Hall, ۲۰۰۲.
۳. Vidyasagar, M. "Nonlinear systems analysis Prentice hall." *New Jersey* (۱۹۹۳).
۴. Isidori, Alberto. *Nonlinear control systems*. Springer Science & Business Media, ۲۰۱۳.
۵. Arnold, Vladimir I. *Ordinary differential*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ۱۹۹۲.
۶. Freeman, Randy, and Petar V. Kokotovic. *Robust nonlinear control design: state-space and Lyapunov techniques*. Springer Science & Business Media, ۲۰۰۸.
۷. Sepulchre, Rodolphe, Mrdjan Jankovic, and Petar V. Kokotovic. *Constructive nonlinear control*. Springer Science & Business Media, ۲۰۱۲.
۸. Van der Schaft, Arjan J., and A. J. Van Der Schaft. *L2-gain and passivity techniques in nonlinear control*. Vol. ۲. London: Springer, ۲۰۰۰.
۹. Wiggins, Stephen. *Introduction to applied nonlinear dynamical systems and chaos*. Vol. ۲. Springer Science & Business Media, ۲۰۰۳.



عنوان درس به فارسی:		کنترل آماری	
عنوان درس به انگلیسی:	Stochastic Control	نوع درس و واحد	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	مقطع تحصیلات تکمیلی رشته های مهندسی مکانیک و مکترونیک
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان تحصیلات تکمیلی در گرایش سیستم های دینامیکی و مکترونیک با شاخه ای از زنجیره ی شناسایی سیستم های دینامیکی، فیلترسازی و هموارسازی سیگنال ها، تخمین پارامترها و حالت های مدل های سیستم ها، پیش بینی سیگنال های پاسخ، و سرانجام کنترل مقاوم آن سیستم ها، همگی با یک راهبرد نامتقن و غیرقطعی

اهداف ویژه:

بوژه دانشجویان با دیدگاه ها و راهبردهای برپایه ی عدم قطعیت اندازه گیری و مشاهده در همه ی پدیده ها آشنا می شوند که پایه ی درک مکانیک نامتقن و آماری است. با گذراندن این درس و درس ارتعاشات اتفاقی، دانشجویان تخصص پیشرفته ای در کنترل ارتعاشات سیستم های نامتقن می یابند

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مبانی تئوری احتمال: فضای احتمال، متغیرهای تصادفی، امید ریاضی، نابرابری های احتمالاتی، تابع های مشخصه ساز، توزیع گاوسی،
۲. مدل های فضای حالت: تفاوت مدل های سیستم متقن و نامتقن، مشاهده و کنترل بردارهای حالت، حلقه باز در برابر حلقه بسته، احتمال گذار حالت و فرایند مارکوف،
۳. فرایندهای تصادفی زمان-گسسته: دنباله های تصادفی، مارتینگل ها، احتمال و امید شرطی، تئوری های حدی (قانون های ناوردا)،
۴. فرایندهای تصادفی زمان-پیوسته: فرایندهای پواسون، وینر، و نوفه ی (نویز) سفید، فرایندهای گاوس-مارکوف، انتگرال های تصادفی، معادله های دیفرانسیل تصادفی،
۵. شناسایی پارامتریک سیستم: شناسایی سیستم های بی حافظه، مدل های فرایندهای دینامیکی AR, ARX, ARMA, RARMA, NRARMAX, ARIMA. تخمین زن LMS، راهبرد بیزی،
۶. فیلترسازی، پیش بینی، و هموارسازی: مدل گاوسی خطی، تخمین زن بیشینه بخت، تخمین بردارهای تصادفی، تخمین بردار متغیرهای حالت و فیلتر کالمن زمان-گسسته، مشاهده، فیلترسازی و پیش بینی فرایندهای تصادفی زمان-پیوسته،
۷. تقریب تصادفی: رگرسیون غیرخطی تصادفی، بهینه یابی تصادفی،
۸. کنترل تصادفی مقاوم: سیستم های نامتقن تصادفی، کنترل های موجه و پذیرفتنی، کنترل بهینه ی مقاوم، اصل بیشینه ی تصادفی مقاوم، ساختار همیلتونی، مجموعه ی عدم قطعیت محدود، برنامه ریزی تولید Min-Max، کنترل Min-Max-LQ، معادله ی ریکاتی و کنترل بهینه ی مقاوم، سیستم های ایستاد (Stationary) خطی با افق پیش بینی بی کران، مثال های عددی،



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

راهبرد تدریس در گام‌های سرفصل نهفته است: نخست آشنایی با پایه‌های ریاضی موضوع شامل تئوری احتمال و تئوری فرایندهای تصادفی، سپس مبانی شناسایی سیستم‌های دینامیکی، فیلتر کردن و هموارسازی داده‌ها و سیگنال‌های تصادفی، تخمین و تقریب پارامترها و حالت‌های تصادفی، و سرانجام پیش‌بینی سیگنال‌ها و کنترل سیستم‌ها

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی (تکلیف و پروژه) در طول نیم‌سال	۵۰ درصد
آزمون‌های نیم ترم و پایان نیم‌سال	۵۰ درصد

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

کامپیوتر و پروژکتور

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Astrom, K. J. "Introduction to Stochastic Control Theory, Acad." Press Inc. NY (۱۹۷۰).
۲. Kumar, P. R., and Pravin Varaiya. "Stochastic systems: estimation, identification and adaptive control (Prentice-Hall Information & System Sciences Series)." (۱۹۸۶).
۳. Lewis, Frank L., Lihua Xie, and Dan Popa. *Optimal and robust estimation: with an introduction to stochastic control theory*. CRC press, ۲۰۱۷.
۴. Poznyak, Alexander S. *Advanced mathematical tools for automatic control engineers: Stochastic techniques*. Elsevier Science, ۲۰۰۹.



عنوان درس به فارسی:		طراحی بهینه (روش های بهینه سازی)	
عنوان درس به انگلیسی:		Optimized Design	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:		رساله / پایان نامه ☐	
		مقطع تحصیلات تکمیلی رشته ی مهندسی مکانیک	۳ ۴۸

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: وبینار و کلیپ

هدف کلی:

در این درس دانشجویان پس از آشنایی با مفهوم طراحی بهینه (Optimum Design) و تفاوت آن با رویکرد سنتی بهینه سازی، اصول مدل سازی سیستم های مکانیکی را بر مبنای مفهوم طراحی بهینه می آموزند. در ادامه درس، روش های تحلیلی و عددی یافتن پاسخ بهینه مسائل طراحی بهینه آموزش داده می شود. سپس دانشجویان با الگوریتم های تکاملی ملهم از طبیعت و کاربرد آن ها در حل مسائل پیچیده و پرمغیر مهندسی آشنا می شوند. در پایان نیز روش های حل مسائل چندهدفه و شیوه تفسیر نتایج به دست آمده از حل مسائل طراحی بهینه مورد بحث قرار می گیرد. با گذراندن این درس دانشجویان قادر خواهند بود مسائل مهندسی را به طور صحیح مدل سازی نموده و روش مناسب را برای حل این مسائل انتخاب نمایند و نتایج به دست آمده را از دیدگاه مهندسی تفسیر نمایند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. معرفی مفهوم طراحی بهینه و جایگاه آن در فرآیند طراحی سیستم های مکانیکی
۲. مدل سازی مسائل مهندسی بر پایه مفهوم طراحی بهینه
۳. مروری بر جبر ماتریسی، مفهوم همزادی (duality) و مباحث پسا بهینگی (post-optimality)
۴. روش تحلیلی بهینه سازی با استفاده از ضرایب لاگرانژ، شرایط بهینگی Kuhn-Tucker در مسائل نامقید و مقید
۵. روش های عددی نامقید: روش های عددی تک متغیره، روش های عددی چند متغیره نامقید با استفاده از گرادیان تابع، روش های عددی چند متغیره نامقید با استفاده از گرادیان و هسین تابع (روش های نیوتنی و شبه نیوتنی)، روش های عددی چند متغیره نامقید مبتنی بر الگویابی، روش سیمپلکس (Nelder-Mead)
۶. روش های عددی مقید: روش های تابع جریمه داخلی و خارجی، روش Complex
۷. معرفی روش های احتمالاتی: روش بازپخت شبیه سازی شده
۸. معرفی روش های تکاملی: الگوریتم های ژنتیک و الگوریتم های ژنتیک ترکیبی، روش تکامل تفاضلی
۹. معرفی روش های مبتنی بر هوش جمعی: الگوریتم جمعیت ذرات، الگوریتم کلونی زنبورها، الگوریتم کلونی مورچه ها،
۱۰. بهینه سازی چند هدفه: روش های تبدیلی، روش های مبتنی بر بهینگی پرتو، الگوریتم های ژنتیک چند هدفه
۱۱. روش های حل مسائل کنترل بهینه: برنامه ریزی پویا



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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی (تکلیف و پروژه) در طول نیم‌سال ۵۰ درصد

آزمون‌های نیم ترم و پایان نیم‌سال ۵۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Arora, Jasbir Singh. *Introduction to optimum design*. Elsevier, ۲۰۰۴.
۲. Rao, Singiresu S. *Engineering optimization: theory and practice*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۹.
۳. Yang, Xin-She. *Engineering optimization: an introduction with metaheuristic applications*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۰.
۴. Gill, Philip E., Walter Murray, and Margaret H. Wright. *Practical optimization*. Society for Industrial and Applied Mathematics, ۲۰۱۹.
۵. Mitchell, Melanie. *An introduction to genetic algorithms*. MIT press, ۱۹۹۸.



عنوان درس به فارسی:		طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Computer Aided Design	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	نوع درس و واحد
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با فن آوری نرم افزارهای تخصصی تحلیل تنش در جامدات

اهداف ویژه:

ارتقای توانمندی های برنامه نویسی در محیط نرم افزارهای تخصصی تحلیل تنش در جامدات

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. معرفی نرم افزار ABAQUS (توانایی نرم افزار در زمینه CAD و ارتباط با نرم افزارهای CAD، تحلیل مسائل یک بعدی، دو بعدی، سه بعدی و متقارن محوری، تحلیل مواد با خصوصیات مکانیکی مختلف، استفاده از روش های حل مختلف، معرفی و استفاده از راهنمای نرم افزار ABAQUS)
۲. تئوری و تعریف تماس
۳. معرفی و مقایسه روش های ضمنی (Implicit) و صریح (Explicit)
۴. توانایی کنترل مدل سازی و اجرای برنامه با نوشتن Script (آشنایی با زبان پیتون، مدل سازی هایی با مراحل تکراری زیاد، انجام تعداد زیاد مدل سازی، بهینه سازی مسائل)
۵. حل مثال هایی از فرآیندهای مکانیکی و شکل دهی
۶. حل مثال هایی از فرآیندهای انتقال حرارت و ترمومکانیکی
۷. توانایی نرم افزار در ایجاد شبکه اولیه و تجدید شبکه
۸. توانایی هایی مثل Restart و یا استفاده از نتایج اجراهای دیگر (محاسبه برگشت فنی)
۹. معرفی ماژول بهینه سازی
۱۰. حل مثال هایی از محاسبه فرکانس طبیعی و بررسی کمانش خطی و غیر خطی
۱۱. مدل سازی مواد لایه ای
۱۲. استفاده از زیربرنامه ها (مقدمه ای بر استفاده از زیربرنامه ها در نرم افزار، توصیه هایی در مورد اجرای زیربرنامه هایی مثل Umat، مقدمه ای بر زبان فرترن، حل چند مثال با استفاده از زیر برنامه ها)

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



ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

۲۵ درصد	فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال
۳۵ درصد	آزمون میان ترم
۴۰ درصد	آزمون پایان نیم‌سال

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

کامپیوتر و پروژکتور

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. جزوات تهیه شده توسط مدرسین درس

۲. Abaqus, Version. "۶,۱۴-۱. Abaqus/standard user's manual and Abaqus CAE manual." Providence, RI, USA: Dassault Systemes Simulia Corp (۲۰۱۴).
۳. Ataei, Hossein, and Mohammadhossein Mamaghani. *Finite Element Analysis: Applications and Solved Problems Using Abaqus®*. ۲۰۱۸.



عنوان درس به فارسی:		طراحی قالب پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Die Design	
دروس پیش نیاز:			
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:	۳		
تعداد ساعت:	۵۰		
نوع درس و واحد			
نظری ☒ پایه ☐			
عملی ☐ تخصصی اجباری ☐			
نظری-عملی ☐ تخصصی اختیاری ☒			
رساله / پایان نامه ☐			

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

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با صنعت طراحی قالب‌های فلزی

اهداف ویژه:

درک دانشجویان از انواع قالب‌های مهم صنعت شکل‌دهی فلزات و همچنین درک اصول طراحی قالب‌های شکل‌دهی فلزات

(پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. نکات اساسی در طراحی قالب‌های مرحله‌ای (progressive dies) شامل: نکات طراحی قالب‌های مرحله‌ای با استفاده از اصل دوره‌بری، نکات طراحی قالب‌های مرحله‌ای با قطع نوار، نکات طراحی قالب‌های مرحله‌ای با استفاده از اصل تکه‌زنی، عملیات قابل اجرا در قالب‌های مرحله‌ای
۲. طراحی قالب‌های مرحله‌ای لامینیشن جهت تولید بسیار انبوه
۳. طراحی قالب‌های انتقالی
۴. طراحی قالب‌های برش دقیق
۵. کشش عمیق به روش‌های غیرسنتی شامل: کشش عمیق به روش تراژیکس، کشش عمیق توسط فاز فشار، کشش عمیق ظروف غیر گرد، کشش عمیق مجدد قطعات
۶. هیدروفرمینگ لوله و ورق
۷. قالب‌های اکستروژن مستقیم و معکوس سرد فولاد

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

جلسات کلاسی، فیلم‌های آموزشی، بازدید از آزمایشگاه، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

(ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

کامپیوتر و پروژکتور

(چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Keyes, Karl A. *Innovations in Die Design*. Society of Manufacturing Engineers, ۱۹۸۲.



۲. Ostergaard, David Eugene. *Advanced Diemaking: Prepared Under the Direction of the Apprentice Subcommittee on Training Resources and Materials of the National Tool, Die & Precision Machining Assn.* McGraw-Hill, ۱۹۶۷.
۳. Schmidt, R. A., et al. "Cold forming and fineblanking." *A Handbook of Cold Processing, Steel Material Properties, Component Design* (۲۰۰۷).
۴. Singh, Harjinder. *Fundamentals of hydroforming*. Society of Manufacturing Engineers, ۲۰۰۳.
۵. Lange, Kurt. "Handbook of metal forming." *McGraw-Hill Book Company*, 1985, (۱۹۸۵): ۱۲۱۶.



عنوان درس به فارسی:		طراحی مخازن تحت فشار	
عنوان درس به انگلیسی:		Pressure Vessel Design	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	نوع درس و واحد
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با مخازن تحت فشار و طراحی نظری و عملی آنها بر پایه اصول مکانیک و کد ASME

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. تنش های غشایی در پوسته های مدور تحت فشار
۲. تنش های ناپیوستگی در محل اتصال پوسته های تحت فشار
۳. مخازن جدار ضخیم استوانه ای و کره ای
۴. تنش های حرارتی در مخازن تحت فشار
۵. طراحی مخازن و درپوش ها تحت فشار خارجی بر اساس کد ASME
۶. طراحی پایه های مخازن تحت فشار
۷. مجراهای روی مخازن تحت فشار و تقویت آنها
۸. مواد و روش های ساخت

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

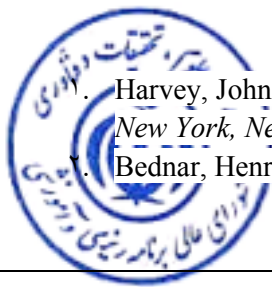
- | | |
|-----------------|---------|
| ارزشیابی مستمر | ۲۰ درصد |
| آزمون های نهایی | ۵۰ درصد |
| پروژه | ۳۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Harvey, John F. "Theory and Design of Pressure Vessels." *Van Nostrand Reinhold, 115 Fifth Ave, New York, New York 10003, USA, 1985. 623* (۱۹۸۵).
۲. Bednar, Henry H., and H. H. Bednar. "Pressure vessel design handbook." (۱۹۸۶): ۲۴۵-۲۴۵.



۳. Megyesy, Eugene F. "Pressure vessel handbook." (۱۹۷۳).
۴. ASME Code, Section VIII, Division ۱, ۲۰۰۴
۵. Moss, Dennis R. *Pressure vessel design manual*. Elsevier, ۲۰۰۴.
۶. Spence, John, and Alwin S. Tooth, eds. *Pressure vessel design: concepts and principles*. CRC Press, ۲۰۱۲.



عنوان درس به فارسی:		طراحی و ساخت نانوکامپوزیت‌های پلیمری	
عنوان درس به انگلیسی:		Design and Processing of Polymer Nanocomposites	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی:

آشنایی و مهارت آموزی دانشجویان با مفاهیم پایه تا پیشرفته با رویکردهای کاربردی در علوم پلیمر و نانوفناوری/نانومواد و نانوکامپوزیت‌های پلیمری از طراحی و انتخاب مواد، روش‌های ساخت/فرآوری و خواص اصلی نانوکامپوزیت‌ها و تجهیزات و روش‌های اصلی ساخت در این حوزه. نانوکامپوزیت‌ها (Nanocomposites) و مشتقات پلیمری آن یکی از زمینه‌های کاربردی نوین در تحقیقات و صنعت امروزه می‌باشند. دانش علمی و مهارت‌های تکنولوژیک نانوکامپوزیت‌ها در حیطه علوم بین رشته‌ای (Interdisciplinary science) مکانیک، علم مواد، دانش پلیمر / شیمی، و ساخت بوده و زیر مجموعه مواد پیشرفته (Advanced materials) قرار می‌گیرد. روش‌های طراحی و ساخت علمی و اقتصادی این نوع مواد از مهم‌ترین مباحث فعلی تحقیقات دانشگاهی در این حوزه است.

اهداف ویژه:

- معرفی چالش‌های نانو/میکرو در زمینه نانوکامپوزیت‌های پلیمری از انتخاب مواد، فرآوری و مشخصه‌یابی
- مشخصه‌یابی‌های مکانیکی و حرارتی و آنالیز خواص و مواد اجزاء متشکله نانوکامپوزیت‌های پلیمری با تمرکز بر روی مبحث پلیمری و نانومواد
- روش‌های ساخت نانوکامپوزیت‌های پلیمری
- رفتار خواص توسط روابط میکرومکانیک در کامپوزیت‌ها
- مهندسی خواص نانوکامپوزیت‌ها با تمرکز بر روی متغیرهای طراحی مواد و فرآوری

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. نانوکامپوزیت‌های پلیمری: مقدمه، چالش‌ها و فرآیندها
۲. مقدمه‌ای بر پلیمرها و نانومواد- اجزا ساختار و خواص مهم- ساختار نانوکامپوزیت‌ها: میکرو-نانو
۳. روش‌های ساخت نانوکامپوزیت‌ها، متغیرهای فرآیند، خواص و مقایسه
۴. چالش‌ها در مقیاس نانو: دیسپارسیون، توزیع و فاز بین لایه ای نانوفیلر/پلیمر
۵. مدل‌های میکرومکانیک: مزایا و معایب در نانوکامپوزیت‌ها در کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف/ذرات/المینت
۶. روش‌های مطالعات نانوکامپوزیت‌ها: مکانیکی/حرارتی-مکانیکی/نانومکانیکی/تصویری/رئولوژی/الکتریکی
۷. برهمکنش‌های نانو و میکرو، فاز میانی: مشخصه‌یابی و خواص
۸. روابط میکرو/نانوساختار، خواص و فرآیند در مقیاس نانو/میکرو
۹. مفاهیم در پلیمرهای حافظه دار
۱۰. پیشرفت‌های نوین در نانوکامپوزیت‌ها و کاربرد
۱۱. موضوعات تحقیقی و پروژه‌های صنعتی



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

- ویدئوهای آموزشی مشخصه‌یابی نانو مواد و نانوکامپوزیت‌های پلیمری شامل AFM/TGA/DSC/DMA/SEM/XRD/

- تور آزمایشگاهی حضوری و یا مجازی و روش‌های آزمایشگاهی ساخت و نمونه‌سازی و مشخصه‌یابی

- مقالات به‌روز و ارائه آخرین چالش‌ها با مرور مقالات مرتبط

- شرکت در مسابقات دوره‌ای نظیر نانومچ/ آی چلنج/ و ... جشنواره‌ها به عنوان پروژه کلاسی

- تشویق در ارائه نتایج پروژه در کنفرانس‌ها

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی): در ارائه حضوری درس

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۴۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۴۰ درصد

فعالیت‌ها/پروژه و ... ارزیابی‌های مستمر ۲۰ درصد

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

آزمایشگاه و آنالیز پیشنهاد می‌گردد، اما الزامی نیست. (آزمایشگاه‌های مشخصه‌یابی مواد و تهیه و آماده‌سازی نانوکامپوزیت‌ها و پلیمر به عنوان فعالیت جانبی پیشنهادی اما نه ضروری (در این درس بطور مشخص آزمایشگاه پلیمر و نانوکامپوزیت)). سمینار درسی در قالب ارائه پروژه پایانی درس

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- ۱) Polymer Nanocomposites: Processing, Characterization, and Applications, J.H.Koo, McGraw-Hill Nanoscience and Technology Series
- ۲) Mechanics of Composite Materials, Autar K. Kaw, ۲nd Edition, Taylor & Francis, ۲۰۰۶.
- ۳) Review article: Polymer-matrix Nanocomposites, Processing, Manufacturing, and Application: An Overview, F, Hussain, Journal of COMPOSITE MATERIALS, Vol. ۴۰, No. ۱۷/۲۰۰۶.
- ۴) Polymer Nanocomposite Processing, Characterization and Applications ۲۰۱۱, Journal of Nanomaterials, Editors: Gaurav Mago, Dilhan M. Kalyon, and Sadhan C. Jana, ۲۰۱۱ Hindawi Publishing Corporation.
- ۵) Composite Materials, Deborah D. L. Chung, second edition, Springer London Dordrecht Heidelberg NewYork,
- ۶) Polymer nanotechnology: Nanocomposites, D.R.Paul et al., Polymer ۴۹ (۲۰۰۸) ۳۱۸۷-۳۲۰۴

کتاب نانوکامپوزیت‌های پلیمری: چالش‌ها و کاربرد/مهدی کاروان/ در حال ویراستاری



عنوان درس به فارسی:		کنترل سیستم‌های رباتیک	
عنوان درس به انگلیسی:		Control of robotic systems	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	نوع درس و واحد
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی:

کنترل ربات یکی از زمینه‌های مهم و کاربردی در حوزه رباتیک است که تحقیقات گسترده‌ای را نیز به خود اختصاص داده است هدف این درس، ایجاد زمینه‌ای جهت آشنایی تخصصی دانشجویان با این حوزه پویاست برای طراحی مناسب کنترل‌کننده‌ها به ویژه کنترل-کننده‌های مبتنی بر مدل، نیاز است که معادله دینامیکی حرکت ربات و خواص جملات آن به خوبی شناخته شود همچنین مفاهیم کنترلی و ریاضیات مربوط به آنها به خوبی درک گردد. لذا، در این درس ابتدا به مرور این مطالب پرداخته می‌شود. بسته به شرایطی که ربات با آن مواجه است شیوه‌های مختلفی جهت کنترل آن استفاده می‌شود از جمله کنترل گشتاور محاسبه شده، کنترل مقاوم، کنترل تطبیقی، کنترل هوشمند و عمده مطالب این درس مربوط به کنترل مسیر و نیروی بازوهای سری صلب تمام عملگر است و سعی بر آن است که بستر لازم برای فهم فیزیکی قوانین کنترلی علاوه بر استنباط‌های ریاضی و توانایی تحلیل پایداری سیستم‌های کنترل ربات فراهم آید به گونه‌ای که توانایی مناسبی را برای ارائه الگوریتم‌های جدید یا توسعه آنها برای سایر ربات‌ها در دانشجویان ایجاد نماید.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: تاریخچه، تعاریف اولیه در آشنائی با انواع مفاصل و بازوهای رباتیک، اشاره کلی به طراحی ربات‌ها و اجزای آنها
۲. مرور سینماتیک حرکت ربات‌ها: تبدیل مختصات با در نظر گرفتن دوران و جابجائی، نصب دستگاه‌های مختصات هر عضو، آشنائی با پارامترهای D-H استخراج ماتریس تبدیل مختصات، بررسی سینماتیک مستقیم، استخراج روابط سرعت خطی و دورانی و ماتریس ژاکوبین، آشنائی با فضاهای مفصلی و کاری متنوع، اشاره به حالات انفراد و حل سینماتیک معکوس
۳. مرور سینتیک حرکت ربات‌ها: اشاره به مدلهای تراجعی، استخراج روابط لاگرانژ ویژه بررسی حرکت ربات‌ها، حل سینتیک مستقیم و معکوس، شبیه‌سازی حرکت،
۴. طراحی مسیر حرکت:
- مسیرهای زمانی: حرکت خطی، خطی با قوس سهموی، استفاده از چند جمله ایهی درجه سوم و پنجم، طراحی مسیر در فضای کارترین، طراحی مسیر بهینه زمانی
۵. کنترل موقعیت حرکت ربات: اضافه‌سازی دینامیک عملگر DC و بررسی فرکانس‌های پایه، ساده‌سازی مدل غیرخطی و بررسی رفتار سیستم‌های رسته دوم، طراحی کنترلرهای خطی تناسبی، مشتق‌گیر و انتگرال‌گیر، طراحی کنترلرهای غیرخطی، مدل مینا در فضای مفصلی و کارترین ژاکوبین ترانهاده، طراحی کنترلرهای غیرخطی: ژاکوبین ترانهاده و الگوریتم بهبود یافته، طراحی کنترلرهای غیرخطی: کنترل مقاوم، مود لغزشی و مقید، طراحی کنترلر تطبیقی
۶. کنترل نیرو: کنترل صریح و ضمنی نیرو، کنترل هیبرید موقعیت و نیرو



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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Craig, John J. *Introduction to robotics: mechanics and control*, 3/E. Pearson Education India, ۲۰۰۹.
۲. Spong, Mark W., and Mathukumalli Vidyasagar. *Robot dynamics and control*. John Wiley & Sons, ۲۰۰۸.
۳. Slotine, Jean-Jacques E., and Weiping Li. *Applied nonlinear control*. Vol. ۱۹۹. No. ۱. Englewood Cliffs, NJ: Prentice hall, ۱۹۹۱.
۴. Moosavian, S. Ali A., and Evangelos Papadopoulos. "Modified transpose Jacobian control of robotic systems." *Automatica* ۴۳,۷ (۲۰۰۷): ۱۲۲۶-۱۲۳۳.
۵. Hogan, Neville. "Impedance control: An approach to manipulation: Part I—Theory." (۱۹۸۵): ۱-۷.
۶. Hogan, Neville. "Impedance control: An approach to manipulation: Part II—Implementation." (۱۹۸۵): ۸-۱۶.
۷. Craig, John J. "Introduction to Robotics: Mechanics and Control (Addison)." (۱۹۸۹).
۸. Slotine, Jean-Jacques E., and Weiping Li. *Applied nonlinear control*. Vol. ۱۹۹. No. ۱. Englewood Cliffs, NJ: Prentice hall, ۱۹۹۱.
۹. Moosavian, S. Ali A., and Evangelos Papadopoulos. "Modified transpose Jacobian control of robotic systems." *Automatica* ۴۳,۷ (۲۰۰۷): ۱۲۲۶-۱۲۳۳.
۱۰. Hogan, Neville. "Impedance control: An approach to manipulation." *1984 American control conference*. IEEE, ۱۹۸۴.



عنوان درس به فارسی:		کنترل مقاوم	
عنوان درس به انگلیسی:		Robust control	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	رساله / پایان نامه ☐

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

هدف کلی:

هدف اصلی این درس کنترل مقاوم سیستم‌های چند متغیره در حضور عدم قطعیت‌ها می‌باشد. در راستای هدف مذکور، مباحث زیر ارائه می‌گردند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه
۲. کنترل فیدبک کلاسیک
۳. مقدمه‌ای بر کنترل چند متغیره
۴. اصول تئوری سیستم‌های خطی
۵. قیود عملکردی در سیستم‌های یک ورودی- یک خروجی
۶. قیود عملکردی در سیستم‌های چند ورودی- چند خروجی
۷. عدم قطعیت و مقاوم بودن برای سیستم‌های یک ورودی- یک خروجی
۸. تحلیل پایداری مقاوم و عملکرد مقاوم برای سیستم‌های چند ورودی- چند خروجی
۹. طراحی کنترلر به روش H^∞ و بر مبنای سنتز μ و تکرار حلقه DK
۱۰. طراحی ساختار کنترل
۱۱. مقدمه‌ای بر روش کنترلی LMI در کنترل مقاوم

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



۱. Skogestad, Sigurd, and Ian Postlethwaite. *Multivariable feedback control: analysis and design*. Vol. ۲. New York: Wiley, ۲۰۰۷.
۲. Gu, Da-Wei, Petko Petkov, and Mihail M. Konstantinov. *Robust control design with MATLAB®*. Springer Science & Business Media, ۲۰۰۵.
۳. Zhou, Kemin, and John Comstock Doyle. *Essentials of robust control*. Vol. ۱۰۴. Upper Saddle River, NJ: Prentice hall, ۱۹۹۸.



عنوان درس به فارسی:		کنترل هوشمند	
عنوان درس به انگلیسی:		Intelligent control	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

استفاده از منبع با ارزش دانش، تجربه و خبرگی انسان در کنترل سیستم‌ها برای کنترل اتوماتیک آنها، تطبیقی و مقاوم کردن کنترل کننده‌های کلاسیک با بهره‌گیری از دانش، تجربه و خبرگی انسان، پیاده‌سازی قابلیت‌های منحصر به فرد انسان مانند یادگیری، استنتاج و تکامل‌یابی در طراحی، کنترل و مدیریت سیستم‌ها،

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. - مقدمه:

a. فرآیند طراحی کنترل کننده‌های مبتنی بر مدل

b. فرآیند طراحی کنترل کننده‌های مبتنی بر قوانین خبره

۲. مجموعه‌های فازی

a. تعریف مجموعه‌های فازی در مقابل مجموعه‌های کلاسیک

b. تابع عضویت

c. جبر مجموعه‌های فازی

۳. کنترل فازی

a. فازی سازی

b. قوانین خبره

c. مکانیزم استنتاج

d. غیرفازی سازی

e. مثال پاندول معکوس

۴. آشنایی با جعبه ابزار فازی MATLAB

۵. کنترل فازی Takagi-Sugeno

۶. سایر کاربردهای منطق فازی

a. تصمیم‌گیری فازی

b. آنالیز عدم قطعیت به روش فازی

c. تخصیص وظیفه (Task Allocation) به روش فازی



d. شناسایی سیستم فازی

۷. کنترل تطبیقی فازی

a. کنترل یادگیرنده مدل مرجع فازی (Fuzzy Model Reference Learning Control)

b. کنترل تطبیقی فازی غیر مستقیم

c. کنترل سوپروایزری فازی

۸. آشنایی با دیگر الگوریتم‌های مهم محاسباتی نرم

a. شبکه‌های عصبی

b. الگوریتم ژنتیک

c. برنامه‌سازی ژنتیک

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۲۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۲۵ درصد
پروژه	۲۵ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. "Fuzzy Control", K. M. Passino and S. Yurkovich, Addison-Wesley Longman Inc., 1998
۲. "Intelligent Control, Fuzzy Logic Application" De Silva, C.W., CRC Press, Boca Raton, FL. ۱۹۹۵.
۳. "Soft Computing and Intelligent Systems Desig", F.O. Karray, and C.W. de Silva, Pearson Education Limited, ۲۰۰۴
۴. "Genetic Programming III, Darwinian Invention and Problem Solving", Koza, J.R., F. H. Bennett, D. Andre, and M.A. Keane, Morgan Kaufman Publication, San Francisco, California, ۱۹۹۹.



عنوان درس به فارسی:		متالورژی در تولید	
عنوان درس به انگلیسی:		Metallurgy in Manufacturing	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

آشنایی با مبانی متالورژیکی فرایندهای تولید، بررسی ارتباط خواص متالورژیکی با سایر خواص به ویژه خواص مکانیکی، آشنایی با روش های مشخصه یابی مواد فلزی

اهداف ویژه:

کسب دانش کنترل پارامترهای فرایندهای ساخت مواد فلزی جهت دستیابی به خواص مورد نظر

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه ای بر مهندسی و علم مواد و متالورژی
۲. ساختارهای کریستالی
۳. عیوب شبکه های کریستالی و نقش آنها
۴. نفوذ در جامدات
۵. اصول انجماد فلزات
۶. مبانی تئوری نابجایی ها
۷. مکانیزم های استحکام بخشی
۸. دیاگرام فاز دوتایی
۹. عملیات حرارتی و استحاله فازها
۱۰. ارزیابی خواص مکانیکی فلزات
۱۱. مشخصه یابی فلزات (آنالیز عنصری، آنالیز فازی، متالوگرافی و میکروسکوپی نوری و الکترونی روبشی، آنالیز حرارتی)

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

۵۰ درصد

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال

۵۰ درصد

آزمون پایان نیم سال



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Askeland, Donald R., et al. "The science and engineering of materials." (۲۰۰۳).
۲. Callister, William D., and David G. Rethwisch. *Materials science and engineering*. Vol. ۵. NY: John wiley & sons, ۲۰۱۱.
۳. Leng, Yang. *Materials characterization: introduction to microscopic and spectroscopic methods*. John Wiley & Sons, ۲۰۰۹.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک آسیب	
عنوان درس به انگلیسی:		Damage Mechanics	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒		
تخصصی اجباری ☐	عملی ☐		
تخصصی اختیاری ☒	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

در این درس با شناخت مفاهیم مکانیک آسیب و با استفاده از معیارهای آسیب به پیش‌بینی وقوع آسیب در سازه‌های مکانیکی می‌پردازد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مفاهیم پدیدارشناختی مکانیک آسیب، انواع آسیب، ارتباط مکانیک آسیب و مکانیک شکست، توصیف کمی آسیب، اصل کرنش معادل، روش‌های اندازه‌گیری آسیب، نظریه‌های پایه در مکانیک آسیب، ترمودینامیک و میکرومکانیک آسیب، معیار تنش معادل آسیب، معادلات ساختاری کرنش-آسیب وابسته، رفتار الاستیک-پلاستیک-آسیب،
۲. رفتار ویسکوپلاستیک آسیب، مفاهیم آسیب ناهمسانگرد، استفاده از مدل‌های آسیب ناهمسانگرد، تحلیل میکرومکانیکی آسیب، اثر بسته‌شدن ترک‌ها، فرمول‌بندی متحد قوانین آسیب، انرژی آستانه آسیب، معیار شکست سه‌بعدی، مواد آسیب‌پذیر با رفتار الاستیک-پلاستیک کامل، رفتار ویسکوپلاستیک،
۳. قوانین سینماتیک رشد: آسیب ترد، آسیب شبه‌ترد، نرم، خزشی، خستگی کم چرخه، خستگی پر چرخه، استخراج پارامترهای مدل آسیب، قوانین انباشت آسیب،
۴. معیارهای آسیب ناگهانی: معیار آسیب رایس و تریسی، معیار رشد حفره بحرانی،
۵. معیارهای آسیب بر مبنای کرنش: مدل‌های آسیب جانسون-کوک، کاکرافت-لاتم، ویلکینز،
۶. معیارهای آسیب پلاستیسیته متخلخل: مدل‌های آسیب گرسون، گرسون-نیدلمن-تی‌ورگارد، مدل‌های آسیب غیرمحلی، پیش‌بینی شکست در فرآیندهای مکانیکی با رهیافت مکانیک آسیب،
۷. الگوریتم عددی حل معادلات ساختاری الاستیک-پلاستیک، پیاده‌سازی عددی مدل آسیب لمتر با سخت‌شوندگی همسانگرد و سخت‌شوندگی ترکیبی، رایانه الگوریتم‌های عددی، پیاده‌سازی مدل آسیب لمتر در نرم‌افزار ABAQUS.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادهای):

۲۵ درصد

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

۳۵ درصد

آزمون میان ترم



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

(چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Lemaitre, Jean. *A course on damage mechanics*. Springer Science & Business Media, ۲۰۱۲.
۲. Lemaitre, Jean, and Rodrigue Desmorat. *Engineering damage mechanics: ductile, creep, fatigue and brittle failures*. Springer Science & Business Media, ۲۰۰۵.
۳. de Souza Neto, Eduardo A., Djordje Peric, and David RJ Owen. *Computational methods for plasticity: theory and applications*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۱. (Chapters ۶-۷).
۴. Saanouni, Khémais, ed. *Numerical modelling in damage mechanics*. Kogan Page Publishers, ۲۰۰۳.
۵. Allix, Olivier, and François Hild, eds. *Continuum damage mechanics of materials and structures*. Elsevier, ۲۰۰۲.
۶. Zhang, Wohua, and Yuanqiang Cai. *Continuum damage mechanics and numerical applications*. Springer Science & Business Media, ۲۰۱۰.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک شکست	
عنوان درس به انگلیسی:		Fracture Mechanics	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

مکانیک شکست از مباحث مهندسی مکانیک است که در خصوص رفتار ترک در یک سازه بحث می‌نماید. دانشجویان با گذراندن این درس با روش‌های تحلیلی محاسبه پارامترهای مؤثر در رشد ترک و همچنین روش‌های تجربی به دست آوردن چقرمگی شکست آشنا می‌شوند و در پایان قادر خواهند بود تحلیل و طراحی قطعات و مجموعه‌ها را براساس مکانیک شکست انجام دهند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر مکانیک شکست (شکست نرم، ترد، خزشی، خستگی، دینامیکی)،
۲. مکانیک شکست از دیدگاه میکروسکوپی، روش انرژی - معیار گریفیث، اصل انرژی، نرخ رهایی انرژی کرنشی، تنش در اجسام ترکدار
۳. مکانیک شکست الاستیک خطی
۴. ضریب شدت تنش
۵. مودهای ترکیبی شکست
۶. مکانیک شکست الاستیک-پلاستیک، ناحیه پلاستیک نوک ترک، انتگرال J، جابجایی دهانه نوک ترک
۷. شکست خستگی، میکرومکانیزم رشد ترک خستگی، معادلات رشد ترک خستگی، اثر بسته شدن دهانه ترک
۸. آزمونهای تجربی تعیین پارامترهای شکست، تعیین ضرایب شدت تنش در مود اول و دوم، اندازه‌گیری چقرمگی شکست، روش‌های تعیین نرخ رشد ترک
۹. مکانیک شکست محاسباتی، المانه‌ای تکین، روش گسترش ترک مجازی، روش اجزای محدود تعمیم یافته
۱۰. شکست‌نگاری، تجزیه و تحلیل سطح شکست ترد، نرم و خستگی، بررسی مطالعه موردی قطعات شکسته شده و بررسی علل آن

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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



چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Anderson, Ted L. *Fracture mechanics: fundamentals and applications*. CRC press, ۲۰۱۷.
۲. Broek, David. *Elementary engineering fracture mechanics*. Springer Science & Business Media, ۲۰۱۲.
۳. Broek, D. "The Practical Use of Fracture Mechanics Kluwer Academic Publishers." *OH, USA* (۱۹۹۸).
۴. Perez, Nestor. "Introduction to fracture mechanics." *Fracture Mechanics*. Springer, Cham, ۲۰۱۷. ۵۳-۷۷.
۵. Melvin. F. Kanninen, and Carl H. Popelar. *Advanced fracture mechanics*. Oxford University Press, ۱۹۸۵.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک ضربه	
عنوان درس به انگلیسی:		Impact Mechanics	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

آنالیز پدیده ضربه از نگاه تنش و تغییر شکل‌های داخلی، مطالعه انتشار موج تنش در اجسام

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: تعریف، اصل‌های متداول در این مبحث از جمله بقای اندازه حرکت و بقای انرژی، موج‌های تنش کششی، پیچشی، فشاری، حجمی و سطحی
۲. روابط انتشار موج: شرایط کرنش صفحه‌ای، سرعت ذرات، موج‌های فشاری و پیچشی، ترکیب موج‌ها، انعکاس موج، برخورد هم محور میله‌ها، نمودارهای زمان-فضا برای برخورد میله‌ها، انتقال تنش در میله‌های با سطح مقطع متفاوت، رفت و برگشت موج در میله‌ها
۳. کاربرد تئوری موج تنش محوری و پیچشی در مسائل ساده: برخورد محوری یک وزنه صلب با یک میله بلند و یا کوتاه، شمع کوب، سقوط وزنه روی میله، میله هاپکینسون، انتشار موج پیچشی در میله با سطح مقطع متغیر، قطعه قطعه شدن میله‌ها و ورق‌ها در اثر ضربه و یا انفجار، شکست در میله نرم، الگوهای شکست در قطعات در اثر انفجار
۴. موج تنش الاستیک، تحلیل جامع مسائل ضربه: اعتبار سنجی تئوری ساده قبل، انتشار موج در میله مخروطی، انتشار موج در ورق نازک، انتشار موج‌های حجمی در یک محیط پیوسته، انتشار موج‌های چرخشی در محیط پیوسته، انتشار موج‌های رالی، بازتاب و شکست موج‌ها در سطح مشترک با محیط (مایع خلا، جامد خلا، جامد جامد)، موج‌های متقارن کروی در محیط پیوسته، انفجار در حفره کروی
۵. موج‌های تنش الاستیک-پلاستیک در میله‌ها: میله‌های بلند و یکنواخت، برخورد میله کوتاه با دیوار صلب، پرس میله کوتاه، ضربه گیرها
۶. تحلیل پلاستیک سازه‌ها تحت بار ضربه‌ای: لولاهای پلاستیک در سازه‌ها، ضربه‌گیرهای صنعتی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادهای):

آزمون میان ترم	۴۲ درصد
آزمون پایان ترم	۴۳ درصد
پروژه	۱۵ درصد



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Johnson, William. *Impact strength of materials*. ۱۹۸۳.
۲. Goldsmith, Werner. *Impact*. Courier Corporation, ۲۰۰۱.
۳. محمود شاکری، ابوالفضل دریوزه، مکانیک ضربه، انتشارات دانشگاه گیلان، ۱۳۷۹
۴. Stronge, William James. *Impact mechanics*. Cambridge university press, ۲۰۱۸.
۵. Abrate, Serge. *Impact on composite structures*. Cambridge university press, ۲۰۰۵.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	
عنوان درس به انگلیسی:		Continuum Mechanics I	
دروس پیش‌نیاز:		☐ پایه ☒ نظری	
دروس هم‌نیاز:		☐ عملی ☒ تخصصی اجباری	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☐
تعداد ساعت:		۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی:

بیان اصول حاکم بر مکانیک محیط‌های پیوسته با تاکید بر محیط‌های جامد الاستیک

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱۰. مبانی ریاضی
۱۱. حرکت اجسام و تئوری تغییر شکل
۱۲. اصول پایستگی
۱۳. تنش
۱۴. معادلات ساختاری (متشکله)
۱۵. معادله متشکله برای یک سیال
۱۶. جسم جامد الاستیک
۱۷. ویسکوالاستیسیته خطی
۱۸. تئوری ترمودینامیکی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۶. Lai, W. Michael, et al. *Introduction to continuum mechanics*. Butterworth-Heinemann, ۲۰۰۹.



۷. مکانیک محیط‌های پیوسته برای مهندسان، Thomas Mase, George E. Mase، ترجمه باقریان، سروری و بهشتی، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان، ۱۳۹۴.
۸. مکانیک محیط پیوسته ۱، شهیدی، محزون، موسسه آموزش عالی آزاد دانش پژوهان، ۱۳۹۵.
۹. مقدمه‌ای بر مکانیک محیط پیوسته با کاربردها، J. N. Reddy، مترجم رضا اکبری آلاشتی، انتشارات دانشگاه صنعتی بابل، ۱۳۹۰.
۱۰. مکانیک محیط‌های پیوسته، محمد رحیمیان، اسکندری قادی، دانشگاه تهران، موسسه انتشارات و چاپ، ۱۳۷۷.



عنوان درس به فارسی:		مواد حافظه دار	
عنوان درس به انگلیسی:		Smart Material	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	رساله / پایان نامه ☐

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

هدف کلی:

به آلیاژهایی که در طی یک چرخه تنش یا چرخه حرارتی به شکل اولیه تعریف شده خود باز می گردند، آلیاژهای حافظه دار (shape memory alloys) یا SMA می گویند. در این درس دانشجویان با این مواد و نحوه مدل سازی آنها آشنا می شوند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه: معرفی انواع مواد هوشمند، تعریف آلیاژها و پلیمرهای حافظه دار، رژیم های رفتاری
۲. مبانی رفتارهای آلیاژهای حافظه دار: آشنایی با استحاله مارتنزیتی، خصیصه یابی ترمومکانیکی، کاربردها
۳. مدل سازی آلیاژهای حافظه دار: مدل سازی یک بعدی، بررسی بارگذاری های چرخه ای، خستگی، خزش و واریدگی تنش، مقدمه ای بر مدل سازی سه بعدی، رفتارهای محلی در پاسخ آلیاژهای حافظه دار
۴. سایر مواد حافظه دار: مقدمه ای بر آلیاژهای حافظه دار فرومغناطیس، مقدمه ای بر مبانی رفتاری و مدل سازی پلیمرهای حافظه دار

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم سال	۴۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Lagoudas, Dimitris C., ed. *Shape memory alloys: modeling and engineering applications*. Springer Science & Business Media, ۲۰۰۸.
۲. Schwartz, Mel. *Encyclopedia of smart materials, 2 volume set*. ۲۰۰۲.
۳. Leo, Donald J. *Engineering analysis of smart material systems*. Vol. ۴۳۵. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, ۲۰۰۷.



۴. Lecce, Leonardo, ed. *Shape memory alloy engineering: for aerospace, structural and biomedical applications*. Elsevier, ۲۰۱۴.
۵. Elahinia, Mohammad H. *Shape memory alloy actuators: design, fabrication, and experimental evaluation*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۶.
۶. Sun, Qingping, et al. "Advances in shape memory materials." *Cham: Springer* (۲۰۱۷).
۷. Hu, Jinlian. *Shape memory polymers: fundamentals, advances and applications*. Smithers Rapra, ۲۰۱۴.
۸. Leng, Jinsong, and Shanyi Du, eds. *Shape-memory polymers and multifunctional composites*. CRC Press, ۲۰۱۰.



عنوان درس به فارسی:		عنوان درس به انگلیسی:	
مواد مرکب پیشرفته		Advanced Composite Materials	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒	دروس پیش نیاز:	
تخصصی اجباری ☐	عملی ☐	دروس هم نیاز:	
تخصصی اختیاری ☒	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

آموزش طراحی، تحلیل، تست و ساخت کامپوزیت‌ها

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مفهوم اساسی (ماده مرکب، دسته بندی، مواد خام، تکنیک‌های ساخت مواد مرکب)؛
۲. قانون هوک برای انواع مختلف مواد (مواد ناهمسانگرد، مواد مونوکلینیک، مواد اورتوتروپیک و اورتوتروپیک خاص، مواد همسانگرد عرضی، مواد همسانگرد)؛
۳. قانون هوک برای تک جهته دو بعدی؛
۴. قانون هوک برای تک جهته دو بعدی چرخیده؛
۵. تنش‌ها و کرنش‌های هیگروترمال در یک تک لایه؛ مدول موثر؛
۶. تجزیه و تحلیل میکرومکانیکی تک لایه (روش‌های مقاومت مصالح، الاستیسیته، روش چامیس و هالپین)؛
۷. تجزیه و تحلیل میکرومکانیکی کامپوزیت (با الیاف ناپیوسته، الیاف ناپیوسته هم راستا، الیاف ناپیوسته هم راستا و خارج از محور، الیاف ناپیوسته تصادفی، مواد مرکب نساجی شامل کامپوزیت‌های تار-پودی، برید شده و حلقوی)؛
۸. تجزیه و تحلیل ماکرومکانیکی چندلایه (نظریه کلاسیک مواد لایه‌ای، نظریه مرتبه اول)؛
۹. معیارهای استحکام چند محوری (حداکثر معیار تنش، حداکثر معیار کرنش، نظریه سای-هیل) کار حداکثر (نظریه تانسوری سای-وو، معیار هاشین، شکست چندلایه: شکست لایه اول، تورق به دلیل تنش بین لایه‌ای)

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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



چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Gibson, Ronald F. *Principles of composite material mechanics*. CRC press, ۲۰۱۶.
۲. Kaw, Autar K. *Mechanics of composite materials*. CRC press, ۲۰۰۵.
۳. Reddy, Junuthula Narasimha. *Mechanics of laminated composite plates and shells: theory and analysis*. CRC press, ۲۰۰۳.
۴. Miravete, Antonio, ed. *3-D textile reinforcements in composite materials*. Woodhead Publishing, ۱۹۹۹.



عنوان درس به فارسی:		میکرومکانیک و آنالیز چندمقیاسی	
عنوان درس به انگلیسی:		Micromechanics and Multiscale Analysis	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	نوع درس و واحد
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با روش‌های مختلف آنالیز چندمقیاسی، میکرومکانیک، کریستال پلاستیسیته و میدان فاز

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه، حجمک نماینده، شرایط مرزی، همگن سازی در مواد الاستیک خطی و غیرالاستیک
۲. آنالیزهای چند مقیاسی، خصیصه یابی و آنالیز چند مقیاسی
۳. روش‌های ایجاد ریز ساختار و تست سائز حجمک نماینده و متوسط گیری مجموعه‌ای
۴. همگن سازی و محاسبه خواص موثر، روابط متشکله موثر و انواع شرایط مرزی مورد استفاده در همگن سازی
۵. همگن سازی در مواد الاستیک خطی، معیار انرژی، مقادیر حدی مقادیر موثر، حدود راس-ویت
۶. همگن سازی در مسائل خطی انتقال حرارت، همگن سازی در مسائل انتقال حرارت، شرایط مرزی و حدود مقادیر موثر
۷. همگن سازی در کرنش‌های محدود، تئوری‌های متوسط گیری و شرایط مرزی در کرنش‌های محدود، اصل انتقال میکرو به ماکرو
۸. همگن سازی در الاستیسیته غیر خطی، فرمولاسیون روابط متشکله ماکرو
۹. مسائل ماکرو، محدودیت استفاده از همگن سازی، اصل جدایش مقیاس‌ها، پیاده سازی اجزای محدود چند مرحله‌ای
۱۰. کریستال پلاستیسیته در تغییر شکل‌های کوچک
۱۱. کریستال پلاستیسیته در تغییر شکل‌های بزرگ
۱۲. معادلات اشلپی برای تنش، کرنش و انرژی
۱۳. تئوری تعادل نیروی میکرو (Microforce balance)
۱۴. کاربرد تئوری میدان فاز در مسائل میکرو

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Zohdi, Tarek I., and Peter Wriggers. *An introduction to computational micromechanics*. Springer Science & Business Media, ۲۰۰۸.
۲. Gurtin, Morton E., Eliot Fried, and Lallit Anand. *The mechanics and thermodynamics of continua*. Cambridge University Press, ۲۰۱۰.



عنوان درس به فارسی:		هوش مصنوعی	
عنوان درس به انگلیسی:		Artificial Intelligence	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒		
تخصصی اجباری ☐	عملی ☐		
تخصصی اختیاری ☒	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان پس از آشنایی با شاخصه‌های اصلی هوش طبیعی همچون استدلال، استنتاج، تعمیم، یادگیری و پیش‌بینی، با روش‌هایی آشنا می‌شوند که به کمک آن‌ها می‌توان فرآیندهای فوق را در قالب الگوریتم‌های کامپیوتری به ماشین آموخت. با گذراندن این درس دانشجویان قادر خواهند بود مسایل پیچیده و بدنگاشتی (ill-posed) را که به دلیل در دست نبودن مدل ریاضی آن‌ها و یا به دلیل وجود نامعینی‌های زیاد و پویا بودن محیط، با الگوریتم‌های کلاسیک قابل حل نیستند با استفاده از الگوریتم‌هایی که عمدتاً از هوش طبیعی الهام گرفته شده‌اند حل کنند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. معرفی هوش مصنوعی و تاریخچه آن
۲. عامل‌های هوشمند و ساختار آن‌ها
۳. محیط‌ها و ساختار آن‌ها
۴. رویکرد فضای حالت برای حل مسایل
- a. روش‌های ارائه دانش (Knowledge Representation)
 - i. شبکه‌های معنایی (Semantic Nets)
 - ii. گراف‌ها و ساختارهای درختی
 - iii. قاب‌ها و آرایه‌های کمی
 - iv. ساختارهای شیء‌گرا
- b. روش‌های استدلال
 - i. منطق گزاره‌ای
 - ii. منطق مرتبه اول
- c. روش‌های جستجو
 - i. روش‌های بدون آگاهی:
 - جستجوی عرض‌گرا
 - جستجوی عمق‌گرا



- جستجو با عمق محدود
- جستجو با عمق متغیر
- ii. روش های با آگاهی:
- جستجوی حریصانه
- جستجوی A^* و AO^*
- جستجوی محلی
- الگوریتم ژنتیک
- الگوریتم بازپخت شبیه سازی شده
- d. ارزیابی مطلوبیت حالت ها
۵. سیستم های خبره (Expert Systems)
- a. تاریخچه و ساختار کلی
- b. روش های استنتاج
- i. داده گرا (زنجیره پیشرو)
- ii. هدف گرا (زنجیره پسرو)
- c. سیستم های خبره احتمالاتی
- d. کاربردهای مهندسی سیستم های خبره
۶. سیستم های طبقه بند یادگیرنده (Learning Classifier Systems)
- a. ساختار کلی عامل های یادگیرنده
- b. تولید قوانین
- c. فرایند یادگیری
- d. بروزآوری قوانین
- e. سیستم یادگیرنده بهبود یافته (XCS)
- f. سیستم یادگیرنده فازی (FXCS)
- g. کاربردهای مهندسی سیستم های یادگیرنده
۷. شبکه های عصبی (Neural Networks)
- a. آشنایی با ساختار مغز و عملکرد آن
- b. پرسپترون: ساختار و الگوریتم تربیت
- c. شبکه عصبی پیشرو
- d. الگوریتم پس انتشار خطا
- e. شبکه تابع شعاع مبنا (RBF)
- f. شبکه بازگشتی و شبکه تاخیر زمانی
- g. شبکه خودسازمان ده (SOM)
- h. کاربردهای مهندسی شبکه های عصبی
۸. آشنایی با تئوری بازی (Game Theory)
- a. الگوریتم MiniMax
- b. هرس آلفا- بتا
- c. کاربردهای مهندسی تئوری بازی
۹. یادگیری تقویتی (Reinforcement Learning)



a. روش تفاوت زمانی (Temporal Difference)

b. روش یادگیری Q

c. روش مونت کارلو

d. روش SARSA

e. برنامه‌ریزی پویا (Dynamic Programming)

f. کاربردهای مهندسی یادگیری تقویتی

۱۰. ارزیابی کارایی روش‌های هوش مصنوعی در مقایسه با روش‌های کلاسیک حل مساله

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۲۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۲۵ درصد

پروژه

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Russell, S., Norvig, P., Artificial Intelligence: A Modern Approach (۳rd Edition), Prentice-Hall, ۲۰۰۹
۲. Rich, E., Artificial Intelligence, (۳rd Edition), Tata-McGraw-Hill, ۲۰۱۰
۳. Zurada, J., Introduction to Artificial Neural Systems, Jaico Publishing House, ۲۰۱۲

فهرست مطالعات:

۱. Luger, G., Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving (۶th Edition), Addison-Wesley, ۲۰۰۸
۲. Floreano, D., Mattiussi, C., Bio-Inspired Artificial Intelligence: Theories, Methods and Technologies, MIT Press, ۲۰۰۸
۳. Haykin, S., Neural Networks and Learning Machines, ۳rd edition, Prentice-Hall, ۲۰۰۸





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

برنامه درسی رشته

مهندسی مکانیک

MECHANICAL ENGINEERING

مقطع کارشناسی ارشد

مشمول بر گرایش:

۲. ساخت و تولید | Manufacturing Engineering

تهیه کننده:

عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان

دکتر عباس قائی



فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی



دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (Master of Science in Mechanical Engineering)، یکی از دوره‌های تحصیلی آموزش عالی است که هدف آن تربیت مهندسی است که قادر باشند با به‌کارگیری دانش ریاضی، علوم مهندسی، تحلیل و تفسیر داده‌ها، درک مسئولیت‌های حرفه‌ای، ایجاد ارتباط مناسب با جامعه و آشنائی با مسائل محلی و جهانی قادر به طراحی ابزار، سیستم‌ها یا فرآیندهائی جهت رفع نیاز جوامع باشند. لذا این فارغ‌التحصیلان با توجه به زیرساختی که در دوران آموزش برای آنها ایجاد می‌شود پس از مدت کوتاهی از فارغ‌التحصیلی می‌توانند و توانسته‌اند منشا خدمات بزرگی شوند.

در این بخش گرایش ساخت و تولید (manufacturing) ارائه می‌شود که شامل شاخه‌های مختلف این گرایش اعم از فرآیندهای سنتی تولید، فرآیندهای پیشرفته تولیدی و اتوماسیون است.

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

تربیت و آموزش نیروی انسانی متخصص مورد نیاز صنعت و کادر آموزشی دانشگاه‌های کشور در رشته مهندسی مکانیک مطابق با سطح دانشگاه‌های معتبر جهانی و ارتقاء سطح دانش مهندسی مکانیک و رشته‌های وابسته در عرصه‌های داخلی و بین‌المللی و تربیت افراد مستعدی که آموخته‌های نظری و عملی آنها هم سطح دانشگاه‌ها و مراکز پیشرفته علمی و صنعتی جهان باشد.

پ) ضرورت و اهمیت

با طی این دوره، دانش آموختگان مهندسی مکانیک آماده می‌شوند تا وظایف محوله برای اجرای پروژه‌های صنعتی شامل تحقیق و مطالعات اولیه، طراحی مقدماتی، محاسبات طراحی با جزئیات و تهیه نقشه‌ها و مدارک فنی، تدوین فناوری ساخت و روش تولید، مدیریت و اجرا و تعمیر و نگهداری را با آگاهی علمی و فنی در کلیه حوزه‌های مرتبط با مهندسی مکانیک به عهده گرفته، و با موفقیت انجام دهند.

آنچه انتظار می‌رود تا دانشجویان بدانند و در زمان فارغ‌التحصیلی قادر به انجام آن باشند، شامل دانش‌ها، مهارت‌ها، و نگرش‌های کسب شده توسط دانشجویان در طول برنامه است. هر برنامه مهندسی باید نشان دهد که دانش آموختگان آن به توانایی‌های زیر رسیده‌اند:

- به‌کارگیری دانش‌های ریاضی، علوم و مهندسی مکانیک؛
- طراحی و اجرای آزمایش‌ها و تحلیل و تفسیر داده‌ها؛
- طراحی یک وسیله، سیستم یا فرایند، جهت رفع یک نیاز؛
- کار در گروه‌های دارای عملکردهای متفاوت؛
- شناسایی، فرموله کردن و حل مشکلات مهندسی مکانیک؛
- درک مسئولیت‌های حرفه‌ای و اخلاقی؛
- ایجاد ارتباط موثر (شفاهی، نوشتاری و تصویری)؛
- درک تاثیر راه حل‌های مهندسی مکانیک بر جامعه محلی و جهانی؛
- درک ضرورت کسب مداوم آموزش در طول کار حرفه‌ای؛
- آگاهی از مسائل معاصر؛
- استفاده از فناوری‌ها، مهارت‌ها، و ابزارهای مدرن، در فعالیتهای مرتبط با مهندسی مکانیک



ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

جدول (۱) - توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس پایه	۵
دروس تخصصی اجباری	۶
دروس تخصصی اختیاری	۱۵
رساله / پایان نامه	۶
جمع	۳۲

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش آموختگان

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط
طراحی فرایندها و ابزارهای ساخت و تولید	شکل‌دهی فلزات - طراحی قالب پیشرفته - طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته - متالورژی در تولید - ابزارشناسی و ماشین-کاری - تکنولوژی پلاستیک پیشرفته - ماشین‌های کنترل عددی پیشرفته - پدیده‌های الکتروفیزیکی
طراحی و تحلیل تکنولوژی پرینترهای ۳-بعدی	ساخت افزودنی - فراوری مواد به کمک لیزر
تجزیه و تحلیل و بکارگیری سیستم‌های مختلف در خطوط تولید اتوماتیک	سیستم‌های تولید صنعتی - اتوماسیون تولید - مکانیک سیستم‌های رباتیک
طراحی، ساخت و مشخصه‌یابی مواد مرکب	طراحی و ساخت نانوکامپوزیت‌های پلیمری، مواد مرکب پیشرفته
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط
درک عمیق از فرآیندهای مختلف ساخت و تولید	تمامی دروس
شناسایی، تحلیل، مدلسازی و شبیه‌سازی مسائل مهندسی	تمامی دروس

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

پذیرش دانشجو مطابق ضوابط و مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است. شکل نظام به صورت ترمی - واحدی خواهد بود و هر واحد نظری معادل ۱۶ ساعت می باشد. دانشجویانی که با مدرک کارشناسی غیر از کارشناسی مهندسی مکانیک یا ساخت و تولید پذیرش شده‌اند، ممکن است با نظر دانشکده مجبور به گذراندن درس یا دروس جبرانی باشند کارگاه ایمنی و بهداشت تخصصی برای دانشجویانی که پایان نامه تجربی و آزمایشگاهی انجام می‌دهند اجباری است.



فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس



جدول (۲) - عنوان و مشخصات کلی دروس پایه

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۱.	ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱	۳	✓			۴۸		
۲.	سمینار کارشناسی ارشد	۲	✓			۳۲		



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

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۱.	طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته *	۳	✓			۴۸		
۲.	روش اجزای محدود در جامدات ۱*	۳	✓			۴۸		
۳.	مکانیک محیط های پیوسته ۱*	۳	✓			۴۸		
۴.	پدیده های الکتروفیزیکال **	۳	✓			۴۸		
۵.	متالورژی در تولید **	۳	✓			۴۸		
۶.	سیستم های تولید صنعتی **	۳	✓			۴۸		
۷.	شکل دهی فلزات **	۳	✓			۴۸		

دانشجویان باید حداقل یک درس از گروه * و حداقل یک درس از گروه ** را از جدول فوق با نظر استاد راهنما اخذ نمایند.

در صورت اخذ بیش از یک درس در هر گروه این جدول، آن درس به عنوان درس تخصصی اختیاری محسوب می شود.



جدول (۴) - عنوان و مشخصات کلی دروس اختیاری

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
۱.	ابزار شناسی و ماشین کاری	۳	✓			۴۸		
۲.	ماشین های کنترل عددی پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۳.	طراحی قالب پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۴.	اتوماسیون تولید	۳	✓			۴۸		
۵.	فراوری مواد به کمک لیزر	۳	✓			۴۸		
۶.	تکنولوژی پلاستیک پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۷.	طراحی و ساخت نانوکامپوزیت های پلیمری	۳	✓			۴۸		
۸.	ساخت افزودنی	۳	✓			۴۸		
۹.	مکانیک سیستم های رباتیک	۳	✓			۴۸		
۱۰.	مواد مرکب پیشرفته	۳	✓			۴۸		
۱۱.	ارتعاشات پیشرفته	۳	✓			۴۸		



پیش نیاز / هم نیاز	تعداد ساعات		نوع واحد			تعداد واحد	عنوان درس	ردیف
	نظری	عملی	نظری - عملی	عملی	نظری			
	۴۸				✓	۳	روش های محاسبات عددی پیشرفته	۱۲.
	۴۸				✓	۳	یک درس اختیاری خارج از گرایش یا دانشکده	۱۳.

دانشجویان باید با نظر استاد راهنمای خود تعداد لازم درس این جدول فوق را اخذ نمایند.



فصل سوم

ویژگی‌های دروس

عنوان درس به فارسی:		ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Engineering Mathematic I	
نوع درس و واحد			
پایه	نظری		
تخصصی اجباری	عملی		
تخصصی اختیاری	نظری-عملی		
رساله / پایان نامه		۳	تعداد واحد:
		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

مروری بر توابع چند متغیره و معادلات دیفرانسیل معمولی، جبر خطی، حل معادلات مشتق جزئی و حساب تغییرات

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

بخش اول: جبر خطی

علایم اندیسی، دترمینان، ماتریس الحاقی و معکوس ماتریس، مرتبه ماتریس، جبر ماتریس و حل سیستم معادلات خطی (روش حذفی گاوس، ماتریس سطری پلکانی، ماتریس سطری پلکانی تحویل یافته، حل معادلات همگن، ماتریس‌های مقدماتی)، فاکتورگیری LU و فاکتورگیری PLU، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه، توان یک ماتریس (توان، تشابه ماتریس، قطری کردن)، فضای برداری، زیرفضاها، بعد و پایه، انتقال‌های خطی، هسته و تصویر یک انتقال خطی، فرم جردن ماتریس، چندجمله‌ای‌های ماتریسی، معادلات ماتریسی، قضیه کیلی-همپلتون، چندجمله‌ای مینیمال، رابطه سیلوستر، سری‌های ماتریسی، پیدا کردن معکوس ماتریس‌های بزرگ، معادلات دیفرانسیل خطی (همگن و غیرهمگن)، فضای ضرب داخلی، نرم‌ها و فواصل، ماتریس‌های مثبت معین، روش بهترین تقریب و کمترین مربعات

بخش دوم: معادلات با مشتقات جزئی

مقدمه ای بر معادلات با مشتقات جزئی (معادلات خطی، معادلات غیرخطی، معادلات شبه خطی)، معادلات با مشتقات جزئی مرتبه اول (منحنی مشخصه)، معادلات با مشتقات جزئی خطی مرتبه دوم (معادلات هذلولوی، معادلات سهموی، معادلات بیضوی)، روش جداسازی متغیرها، مساله اشتروم لیوویل، توابع پریودیک بسل و لژاندر، بسط‌های بسل - فوریه و لژاندر - فوریه

بخش سوم: حساب تغییرات

مقدمه و مبانی حساب تغییرات، لم اساسی و ساده‌ترین مساله در حساب تغییرات، تعریف اپراتور تغییرات یا وردش، فانکشنال‌های چندمتغیره و قیود جانبی، اصل کار مجازی، کاربرد اصل کار مجازی، مسائل مهندسی در تغییرشکل‌های کوچک، میله تحت اثر بار محوری، تیر برنولی تحت اثر خمش و برش

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

۲۵ درصد

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال

۳۵ درصد

آزمون میان ترم



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Strang, G. "Linear Algebra and its Applications. San Diego, Harcourt Brace Jovanovich." (۱۹۸۸).
۲. Haberman, Richard. *Elementary applied partial differential equations*. Vol. ۹۸۷. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, ۱۹۸۳.
۳. Reddy, Junuthula Narasimha. *Energy principles and variational methods in applied mechanics*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۷.
۴. Saf, E. B., and A. D. Snider. "Fundamentals of Complex Analysis with Applications to Engineering, Science and Mathematics." (۲۰۰۲).
۵. Andrews, Larry C., and Bhimsen K. Shivamoggi. *Integral transforms for engineers*. Vol. ۶۶. SPIE Press, ۱۹۹۹.
۶. John, Fritz. *Partial Differential Equations*. Courier Corporation, ۱۹۹۱.
۷. Dym, Clive L., and Irving Herman Shames. *Solid mechanics: A Variational Approach, Augmented Edition*. Springer, ۲۰۱۳.
۸. Meyer, Carl D. *Matrix analysis and applied linear algebra*, , SIAM Publication, ۲۰۱۰.
۹. Olver and Shakiban, *Applied Linear Algebra*, , Springer Publication, ۲۰۱۸.
۱۰. Wylie and Barrett, *Advanced Engineering Mathematics*, Mc Graw Hill, ۱۹۹۵.
۱۱. Farlow, S. J. *Partial Differential Equations for Scientists and Engineers*, Courier Corporation, ۱۹۹۳



عنوان درس به فارسی:		سمینار کارشناسی ارشد	
عنوان درس به انگلیسی:		Master's Seminar	
دروس پیش نیاز:		پایه نظری	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری عملی	
تعداد واحد:		۲	تخصصی اختیاری نظری-عملی
تعداد ساعت:			رساله / پایان نامه

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

هدف کلی:

آماده سازی دانشجو جهت انجام و ارائه پایان نامه

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. جستجو در مطالعات گذشته و دسته بندی مطالعات پیشین مرتبط با موضوع پایان نامه
۲. نوشتن پیشینه تحقیق مرتبط با موضوع پایان نامه
۳. ارائه کارهای انجام شده توسط دانشجو در راستای موضوع پایان نامه
۴. رعایت و نکات گرامری
۵. استفاده از قالب پایان نامه جهت نگارش گزارش سمینار
۶. مرجع دهی
۷. رعایت مالکیت معنوی و قوانین حقوقی

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

ارائه ۲۵ درصد
نگارش گزارش ۷۵ درصد

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:



عنوان درس به فارسی:		طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Computer Aided Design	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	نوع درس و واحد
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با فن آوری نرم افزارهای تخصصی تحلیل تنش در جامدات

اهداف ویژه:

ارتقای توانمندی های برنامه نویسی در محیط نرم افزارهای تخصصی تحلیل تنش در جامدات

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. معرفی نرم افزار ABAQUS (توانایی نرم افزار در زمینه CAD و ارتباط با نرم افزارهای CAD، تحلیل مسائل یک بعدی، دو بعدی، سه بعدی و متقارن محوری، تحلیل مواد با خصوصیات مکانیکی مختلف، استفاده از روش های حل مختلف، معرفی و استفاده از راهنمای نرم افزار ABAQUS)
۲. تئوری و تعریف تماس
۳. معرفی و مقایسه روش های ضمنی (Implicit) و صریح (Explicit)
۴. توانایی کنترل مدل سازی و اجرای برنامه با نوشتن Script (آشنایی با زبان پایتون، مدل سازی هایی با مراحل تکراری زیاد، انجام تعداد زیاد مدل سازی، بهینه سازی مسائل)
۵. حل مثال هایی از فرآیندهای مکانیکی و شکل دهی
۶. حل مثال هایی از فرآیندهای انتقال حرارت و ترمومکانیکی
۷. توانایی نرم افزار در ایجاد شبکه اولیه و تجدید شبکه
۸. توانایی هایی مثل Restart و یا استفاده از نتایج اجراهای دیگر (محاسبه برگشت فنی)
۹. معرفی ماژول بهینه سازی
۱۰. حل مثال هایی از محاسبه فرکانس طبیعی و بررسی کمانش خطی و غیرخطی
۱۱. مدل سازی مواد لایه ای
۱۲. استفاده از زیربرنامه ها (مقدمه ای بر استفاده از زیربرنامه ها در نرم افزار، توصیه هایی در مورد اجرای زیربرنامه هایی مثل Umat، مقدمه ای بر زبان فرترن، حل چند مثال با استفاده از زیر برنامه ها)

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

۲۵ درصد

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال

۳۵ درصد

آزمون میان ترم



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

کامپیوتر و پروژکتور

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Abaqus, Version. "۶,۲۰. Abaqus/standard user's manual and Abaqus CAE manual." Providence, RI, USA: Dassault Systemes Simulia Corp (۲۰۲۰).
۲. Ataei, Hossein, and Mohammadhossein Mamaghani. Finite Element Analysis: Applications and Solved Problems Using Abaqus®. ۲۰۱۸.



عنوان درس به فارسی:		روش اجزای محدود در جامدات ۱	
عنوان درس به انگلیسی:		Finite Elements Method in Solid Mechanics I	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒	دروس پیش نیاز:	
تخصصی اجباری ☒	عملی ☐	دروس هم نیاز:	
تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

آشنایی و تسلط با مفاهیم ریاضی و تکنیک‌های عددی روش اجزای محدود، استفاده کاربردی از روش عددی اجزای محدود در بررسی رفتار سازه‌ها در مهندسی مکانیک در بارگذاری‌های مکانیکی (استاتیکی، دینامیکی و حرارتی)،

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مبنای روش اجزای محدود،
۲. فرم ضعیف معادلات دیفرانسیل،
۳. روش حساب تغییرات،
۴. مسایل یک بعدی،
۵. آنالیز المان میله، تیر و قاب، المان‌های دوبعدی،
۶. مسایل تقارن محوری،
۷. المان‌های دوبعدی ایزوپارامتریک و انتگرال گیری عددی،
۸. مسایل سه بعدی آنالیز تنش،
۹. مسایل میدان اسکالر.

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Reddy, J. N. *An introduction to the finite element method*. Vol. ۱۲۱. New York: McGraw-Hill, ۲۰۱۰.



۲. Logan, Daryl L. *A first course in the finite element method*. Nelson Education, ۲۰۱۷.
۳. Chandrupatla, Tirupathi R., et al. *Introduction to finite elements in engineering*. Vol. ۱۰. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, ۲۰۰۲.
۴. Rao, Singiresu S. *The finite element method in engineering*. Butterworth-heinemann, ۲۰۱۷.
۵. Huebner, Kenneth H., et al. *The finite element method for engineers*. John Wiley & Sons, ۲۰۰۸.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	
عنوان درس به انگلیسی:		Continuum Mechanics I	
نوع درس و واحد			
پایه	نظری		
تخصصی اجباری	عملی		
تخصصی اختیاری	نظری-عملی		
رساله / پایان‌نامه			
		۳	تعداد واحد:
		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

بیان اصول حاکم بر مکانیک محیط‌های پیوسته با تاکید بر محیط‌های جامد الاستیک

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مبانی ریاضی
۲. حرکت اجسام و تئوری تغییر شکل
۳. اصول پایداری
۴. تنش
۵. معادلات ساختاری (متشکله)
۶. معادله متشکله برای یک سیال
۷. جسم جامد الاستیک
۸. ویسکوالاستیسیته خطی
۹. تئوری ترمودینامیکی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان‌ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Lai, W. Michael, et al. *Introduction to continuum mechanics*. Butterworth-Heinemann, ۲۰۰۹.
۲. مکانیک محیط‌های پیوسته برای مهندسان، Thomas Mase, George E. Mase، ترجمه باقریان، سروری و بهشتی، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان، ۱۳۹۴.



۳. مکانیک محیط پیوسته ۱، شهیدی، محزون، موسسه آموزش عالی آزاد دانش پژوهان، ۱۳۹۵.
۴. مقدمه‌ای بر مکانیک محیط پیوسته با کاربردها، J. N. Reddy، مترجم رضا اکبری آلاشتی، انتشارات دانشگاه صنعتی بابل، ۱۳۹۰.
۵. مکانیک محیط‌های پیوسته، محمد رحیمیان، اسکندری قادی، دانشگاه تهران، موسسه انتشارات و چاپ، ۱۳۷۷.



عنوان درس به فارسی:		پدیده های الکتروفیزیکال	
عنوان درس به انگلیسی:		Electro-physical Processes	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	

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

هدف کلی:

آشنایی با فرآیندهای ماشین کاری غیرسنتی

اهداف ویژه:

ارائه مبانی، اصول فیزیکی، معادلات حاکم و اطلاعات کاربردی از طراحی المانها و تحلیل پارامترهای موثر در روشهای مختلف ماشین کاری غیرسنتی (پیشرفته).

پ) مباحث یا سرفصلها:

۱. اهمیت و ضرورت روشهای ماشین کاری غیرسنتی و مقایسه مزایا و معایب با روشهای سنتی
 ۲. ارائه مبانی ماشین کاری
 ۳. ارائه اصول فیزیکی حاکم
 ۴. ارائه معادلات و روابط حاکم بر فرآیند
 ۵. آنالیز و تحلیل پارامترهای موثر ماشین کاری
 ۶. مقایسه هر فرآیند با دیگر روشها و ارائه جایگاه آن در صنعت
- a. ماشین کاری الکتروشیمیایی (شامل شیمیایی (CM)، فوتوشیمیایی (PCM)، الکتروشیمیایی (ECM) و سنگ زنی الکتروشیمیایی (ECG))
- b. ماشین کاری التراسونیک (USM)
- c. ماشین کاری به کمک لیزر (Laser M)
- d. ماشین کاری با جت آب (WJM)
- e. میکروماشین کاری در روش تخلیه الکتریکی (Micro EDM) و روشهای الکتروشیمیایی (Micro ECM)
- f. ماشین کاری با بیم الکترونی (EBM)
- g. ماشین کاری با ذرات برنده (AJM)

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

جلسات کلاسی، فیلم های آموزشی، بازدید، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال

۱۰ درصد



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

کلاس درسی مجهز به پروژکتور

(چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۵. Mikell P. Groover "Fundamentals of Modern Manufacturing" John Wiley & Sons, INC ۲۰۱۲.
۶. Serope Kalpakjian "Manufacturing Engineering and Technology" Illinois Institute of Technology, ۲۰۱۰.
۷. Notrals Handbook, ۹th Ed., Volume of Machining.
۸. Steve F. Krar "Machine Tool and Manufacturing Technology" Dekmar Publishers, ۲۰۱۰.
۹. Nontraditional Manu Facturing Processes, Gary F-Benedift, USA, ۲۰۰۴.
۱۰. Nontraditional Machining Processes, R. K. Spring born, American Society of Tool Manu Facturing Engineers (ASTME), ۱۹۹۸.



عنوان درس به فارسی:		متالورژی در تولید	
عنوان درس به انگلیسی:		Metallurgy in Manufacturing	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐		-	
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	

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

هدف کلی:

آشنایی با مبانی متالورژیکی فرایندهای تولید، بررسی ارتباط خواص متالورژیکی با سایر خواص به ویژه خواص مکانیکی، آشنایی با روش های مشخصه یابی مواد فلزی

اهداف ویژه:

کسب دانش کنترل پارامترهای فرایندهای ساخت مواد فلزی جهت دستیابی به خواص مورد نظر

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه ای بر مهندسی و علم مواد و متالورژی
۲. ساختارهای کریستالی
۳. عیوب شبکه های کریستالی و نقش آنها
۴. نفوذ در جامدات
۵. اصول انجماد فلزات
۶. مبانی تئوری نابجایی ها
۷. مکانیزم های استحکام بخشی
۸. دیاگرام فاز دوتایی
۹. عملیات حرارتی و استحاله فازها
۱۰. ارزیابی خواص مکانیکی فلزات
۱۱. مشخصه یابی فلزات (آنالیز عنصری، آنالیز فازی، متالوگرافی و میکروسکوپی نوری و الکترونی روبشی، آنالیز حرارتی)

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

جلسات کلاسی، فیلم های آموزشی، بازدید، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت های کلاسی در طول نیم سال | ۵۰ درصد |
| آزمون پایان نیم سال | ۵۰ درصد |



چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Askeland, Donald R., Pradeep Prabhakar Phulé, Wendelin J. Wright, and D. K. Bhattacharya. "The science and engineering of materials." (۲۰۰۳).
۲. Callister, William D., and David G. Rethwisch. Materials science and engineering. Vol. ۵. NY: John Wiley & sons, ۲۰۱۱.
۳. Leng, Yang. Materials characterization: introduction to microscopic and spectroscopic methods. John Wiley & Sons, ۲۰۰۹.



سیستم‌های تولید صنعتی		عنوان درس به فارسی:
نوع درس و واحد	Industrial Production Systems	عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒		دروس پیش‌نیاز:
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐		دروس هم‌نیاز:
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان‌نامه ☐	۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

آشنایی با سیستم‌های تولید صنعتی و زیرسیستم‌های آنها

اهداف ویژه:

تسلط بر برنامه‌ریزی سیستم‌های فرآیند در سیستم‌های مختلف تولید اجزا و قطعات مکانیکی و سیستم‌های پیشرفته تولید صنعتی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. انواع سیستم‌های تولید
۲. سازمان سیستم‌های تولید
۳. طراحی سیستم‌های حمل و نقل در تولید
۴. برنامه‌ریزی در سیستم‌های تولیدی
۵. تکنولوژی گروهی
۶. کدبندی و کلاسه کردن قطعات
۷. تحلیل جریان تولید
۸. طراحی سلول ماشین
۹. طراحی استقرار ماشین
۱۰. برنامه‌ریزی فرآیند به کمک کامپیوتر
۱۱. سیستم‌های تولید انعطاف پذیر
۱۲. کاربرد جامع کامپیوتر در تولید
۱۳. کنترل کننده‌های قابل برنامه‌ریزی
۱۴. برنامه‌ریزی تولید و کنترل

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

جلسات کلاسی، فیلم‌های آموزشی، بازدید، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادهی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۰ درصد |
| آزمون میان‌ترم و پایان‌ترم | ۸۰ درصد |



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

کلاس درسی مجهز به پروژکتور

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. مایکل گروور. اتوماسیون، سامانه‌های تولید و ساخت یکپارچه به کمک رایانه. ترجمه: سیدمحسن صفوی (۱۳۸۹). انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. فرهاد عظیمی‌فر، سیدمحسن صفوی. سیستم‌های تولید اتوماتیک و مونتاژ صنعتی و تجهیزات مربوطه. ناشران: جنگل، جاودانه (۱۳۸۷).

۳. Groover, M. P. (۲۰۰۱). Automation, production systems and computer-integrated manufacturing. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.



عنوان درس به فارسی:		شکل‌دهی فلزات	
عنوان درس به انگلیسی:		Metal Forming	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی:

آشنایی با فرآیندهای اصلی شکل‌دهی فلزات

اهداف ویژه:

آشنایی با محاسبات تحلیلی و تخمینی مورد نیاز برای فرآیندهای شکل‌دهی فلزات، ایجاد یک دید کلی برای دانشجویان در راستای تشخیص روش مناسب شکل‌دهی برای تولید یک قطعه خاص

(ب) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مفاهیم اولیه: تنش، کرنش، تغییر شکل الاستیک و پلاستیک، کارسختی، تنش کششی نهایی، شکل‌پذیری، چقرمگی، خستگی، شکست، همسانگردی و ناهمسانگردی
۲. آشنایی با پلاستیسیته: توابع تسلیم ترسکا و فون میسز، روابط لوی-میسز، قانون سیلان
۳. اثر دما و نرخ کرنش: کار سرد، کار گرم، کار داغ، بازیایی و تبلور مجدد، نرخ کرنش، خزش، سوپرپلاستیسیته
۴. آهنگری: آهنگری قالب باز، قالب بسته، روش فشار بیلت، روش اصطکاکی، انواع پرس‌ها، عیوب عمومی قطعات در آهنگری و روشهای رفع عیوب
۵. نورد: نورد تخت، نورد مقاطع، تغییر شکل در نورد، عیوب در محصولات نورد، محاسبه نیرو، توان و گشتاور
۶. اکستروژن: انواع روش‌های اکستروژن، اکستروژن لوله، تجهیزات و قالب، عیوب رایج در اکستروژن، تخمین فشار مورد نیاز برای اکستروژن
۷. کشش: کشش سیم، لوله و تسمه، تجهیزات و قالب، عیوب رایج، تخمین نیرو
۸. شکل‌دهی ورق‌ها: ناهمسانگردی، ضرایب لنگفورد، تابع تسلیم ناهمسانگرد هیل، نمودارهای حد شکل‌پذیری، قالب‌های برش، کشش عمیق، خمکاری، کشش عمیق هیدرومکانیکی، هیدروفرمینگ، شکل‌دهی تدریجی

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

جلسات کلاسی، فیلم‌های آموزشی، بازدید، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

(ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۲۰ درصد
آزمون میان‌ترم و پایان‌ترم ۸۰ درصد



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

کلاس درسی مجهز به پروژکتور

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Hosford, W.F. and Caddell, R.M. (۲۰۱۱). Metal Forming Mechanics and Metallurgy. ۴th Edition, Cambridge University Press, Cambridge.
۲. Dieter, G. E. and Bacon, D. J. (۱۹۸۸). Mechanical metallurgy. London: McGraw-Hill.
۳. عاصم پور، احمد؛ نظری اونقلی، سینا. (۱۳۹۵). روش‌ها و مکانیک شکل‌دهی فلزات. موسسه علمی دانشگاه صنعتی شریف.
۴. ظهور، مهدی. (۱۳۸۸). شکل‌دهی فلزات، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.



عنوان درس به فارسی:		ابزارشناسی و ماشین کاری پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Metal Cutting	
دروس پیش نیاز:			
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:		۳	
تعداد ساعت:		۴۸	
نوع درس و واحد			
☐ پایه		☐ نظری ☒	
☐ تخصصی اجباری		☐ عملی	
☐ تخصصی اختیاری		☐ نظری-عملی ☒	
رساله / پایان نامه		☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با مباحث پیشرفته ابزار شناسی و ماشین کاری

اهداف ویژه:

بررسی مباحث برش مایل و بررسی نیروها و توان و اثرات آن بر روی حرارت و عمر ابزار و خطاهای حرکتی ماشین ابزار

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مکانیک تشکیل براده (دو بعدی و سه بعدی)، نیروهای برش، توان ماشین کاری: محاسبات تحلیلی و شبیه سازی کامپیوتری
۲. محاسبات تحلیلی مربوط به طراحی ابزارهای تراش، مته و فرز در نرم افزار محاسباتی
۳. محاسبات تحلیلی مربوط به دمای ماشین کاری و شبیه سازی انتقال گرما در فرایند ماشین کاری در یک نرم افزار محاسباتی
۴. انواع براده ، شکستن براده و تخلیه براده
۵. سایش و عمر ابزار: مکانیزمها و معادلات تحلیلی و روشهای ریاضیاتی حل معادلات
۶. اقتصاد ماشین کاری: محاسبات تحلیلی مینیمم هزینه یا ماکزیمم عمر ابزار
۷. تست های ابعادی ماشین ابزار و خطاهای حرکتی (جابجایی و دورانی)
۸. پدیده لرزش در ماشین کاری: مبانی ارتعاشاتی، آنالیز مدال و مانیتورینگ

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

جلسات کلاسی، فیلم های آموزشی، بازدید از کارگاه، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت های کلاسی در طول نیم سال | ۲۰ درصد |
| آزمون های میان ترم و پایان ترم | ۸۰ درصد |

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

ویدیو پرژکتور

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Geoffrey Boothroyd, Winston Anthony Knight, Fundamentals of machining and machine tools, ۲۰۰۶.
۲. Yusuf Altintas, Manufacturing automation: metal cutting mechanics, machine tool, machine tool vibrations, ۲۰۰۰.
۳. Jiri Tlustý, Manufacturing processes and equipment, ۲۰۰۰.



عنوان درس به فارسی:		ماشین‌های کنترل عددی پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Computer Numerical Control	
نوع درس و واحد			
پایه	☐	نظری	☒
تخصصی اجباری	☐	عملی	☐
تخصصی اختیاری	☒	نظری-عملی	☐
رساله / پایان نامه	☐	۳	تعداد واحد:
		۴۸	تعداد ساعت:

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز):

سفر علمی: دست کم یک دیدار از کارخانه‌ای که ماشین‌های کنترل عددی به کار می‌روند توصیه می‌شود.
 آزمایشگاه: در صورت امکان، دانشجو باید با برنامه‌نویسی ماشین‌های عددی و کاربرد نرم‌افزارهای مرتبط آشنایی پیدا کند.
 کارگاه: کار با ماشین‌های فرز و تراش کنترل عددی و تولید قطعه از مواد سبک و تفلون توصیه می‌شود.
 موارد دیگر: ساخت یک میز سی ان سی یا بی‌محور براده‌برداری توصیه می‌شود. این فعالیت می‌تواند به شکل گروهی و با استفاده از کنترل‌رهای انجام شود که به رایگان در دسترس هستند.

هدف کلی:

آشنایی با اقتصاد ماشین‌های کنترل عددی، توانایی طراحی و ساخت ماشین‌های عددی، توانایی انتخاب دستگاه‌ها و کنترل‌رها، و توانایی برنامه‌ریزی و هماهنگی ماشین‌های کنترل عددی با دیگر ابزارهای کنترل‌شونده در محیط‌های تولید خودکار

اهداف ویژه:

کاربرد ماشین‌های کنترل عددی در افزایش چندی (کمی) و چونی (کیفی) تولید.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تاریخچه
۲. ماشین‌های کنترل عددی در چرخه‌های تولید خودکار (اتوماسیون).
۳. هزینه و درآمد تولید با ماشین‌های کنترل عددی. حذف هزینه‌های انسانی و خطا.
۴. ساختار ماشین‌های عددی
۵. برنامه‌نویسی ماشین‌های عددی. هم‌زمان با این بخش، آموزش نرم‌افزارهای CAD/CAM انجام شود.
۶. کنترل بازخوردی و تطبیقی در ماشین‌های عددی
۷. کنترل‌رها و درایوها
۸. مقایسه‌ی کنترل‌های زیمنس، فانوک، فاگور، هایدنهاین و ماخ و ...
۹. خطاها و تolerانس‌های ماشین‌کاری و شیوه‌ی جبران آنها در ماشین‌های عددی
۱۰. ساخت یک میز کنترل عددی

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

تشکیل گروه‌های کاری برای انجام پروژه‌های CAD/CAM، و پروژه‌ی ساخت

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- آشنایی با نرم‌افزار CAD/CAM و توانایی برنامه‌ریزی با نرم‌افزار ۱۰ درصد
 شرکت فعال در طراحی و ساخت یک ماشین یا میز کنترل عددی ۳۰ درصد



حضور در کلاس و دیدارهای علمی و مشارکت فعال در فرآیند یادگیری ۱۰ درصد
آزمون پایان نیمسال ۵۰ درصد

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

- دست کم یک ماشین تراش و یک ماشین فرز کنترل عددی
- یک آزمایشگاه CAD/CAM دسترسی پذیر برای دانشجویان با یک کامپیوتر برای هر تو نفر و نسخه‌ی بی عیب یک نرم‌افزار CAD/CAM
- یک کارشناس همکار که بتواند نرم‌افزار CAD/CAM را آموزش دهد و به دانشجو کمک کند تا یک قطعه را تولید کند.
- مواد خام (تفلون) و ابزار
- دسترسی به کارگاه‌های آموزشی دانشگاه و امکان بهره‌گیری از تکنیسین‌های کارگاه آموزشی
- بودجه کافی برای تامین قطعه و ساخت یک یا دو میز یا ماشین کنترل عددی توسط دانشجویان در یک نیمسال.

(چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Hood-Daniel, P. and Kelly, J. (۲۰۰۹). Build your own CNC machine. Apress.
۲. Suh, S.H., Kang, S.K., Chung, D.H and Stroud, I. (۲۰۰۸). Theory and Design of CNC Systems, Springer Publishing Company, Incorporated.
۳. Overby A. (۲۰۱۰). CNC Machining Handbook: Building, Programming, and Implementation, McGraw-Hill Education TAB.
۴. Sinumerik operate user guide.



عنوان درس به فارسی:		طراحی قالب پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Die Design	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با صنعت طراحی قالبهای فلزی

اهداف ویژه:

درک دانشجویان از انواع قالبهای مهم صنعت شکلدهی فلزات و همچنین درک اصول طراحی قالبهای شکلدهی فلزات

پ) مباحث یا سرفصلها:

نکات اساسی در طراحی قالبهای مرحلهای (progressive dies) شامل:

۱. نکات طراحی قالبهای مرحلهای با استفاده از اصل دورهبری
 - a. نکات طراحی قالبهای مرحلهای با قطع نوار
 - b. نکات طراحی قالبهای مرحلهای با استفاده از اصل تکهزنی
 - c. عملیات قابل اجرا در قالبهای مرحلهای
۲. طراحی قالبهای مرحلهای لامینیشن جهت تولید بسیار انبوه
۳. طراحی قالبهای انتقالی
۴. طراحی قالبهای برش دقیق
۵. کشش عمیق به روشهای غیر سنتی شامل:
 - a. کشش عمیق به روش تراثریکس
 - b. کشش عمیق توسط فاز فشار
 - c. کشش عمیق ظروف غیر گرد
 - d. کشش عمیق مجدد قطعات
۶. هیدروفرمینگ لوله و ورق
۷. قالبهای اکستروژن مستقیم و معکوس سرد فولاد

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

جلسات کلاسی، فیلمهای آموزشی، بازدید از آزمایشگاه، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادهای):

فعالیتهای کلاسی در طول نیمسال و میان ترم ۵۰ درصد



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

کامپیوتر و پروژکتور

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Innovations in Die Design, Karl A. Keyes , Society of Manufacturing Engineers, ۱۹۸۲, ISBN: ۰-۸۷۲۶۳-۰۷۳-۰
۲. Advanced Diemaking, by D Eugene Ostergaard; National Tool, Die & Precision Machining Assn. Apprentice Subcommittee on Training Resources and Materials. Publisher: New York, McGraw-Hill.
۳. Cold Forming and Fine blanking – a handbook on cold processing, material properties, part design, ISBN ۳-۴۴۶-۴۰۹۶۴-۵, Technologie AG Lyss, Postfach ۴۰۰, CH-۳۲۵۰ Lyss/Schweiz, Fientool publications.
۴. Harjinder Singh, Fundamentals of Hydroformin, Society of Manufacturing Engineers, ۲۰۰۳.
۵. Handbook of metal forming, Edited by Kurt Lange, ۱۹۸۵, ISBN-۱۰: ۳۵۴۰۶۱۱۸۵۱, Publisher: Springer.



عنوان درس به فارسی:		اتوماسیون تولید	
عنوان درس به انگلیسی:		Production Automation	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

آشنایی با انواع خطوط اتوماتیک تولیدی

اهداف ویژه:

آشنایی با انواع سیستم‌های انتقال، مونتاژ، قید و بست‌ها و ربات‌ها در تولید انبوه

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه و تعاریف
۲. تاریخچه اتوماسیون
۳. اصول تولید و اتوماسیون
۴. عملیات تولیدی و استراتژی‌های اتوماسیون
۵. اتوماسیون سیستم‌های تولید انبوه
۶. تحلیل تولید خطوط اتوماتیک
۷. خطوط انتقال خطی و دورانی
۸. سیستم‌های مونتاژ، تغذیه کننده‌ها
۹. قید و بست‌ها و طراحی آنها
۱۰. سیستم‌های مونتاژ اتوماتیک
۱۱. کاربرد ربات‌های صنعتی در خطوط تولید
۱۲. اتوماسیون حمل و نقل در تولید
۱۳. تکنولوژی گروهی
۱۴. سیستم‌های تولید انعطاف پذیر
۱۵. کاربرد جامع کامپیوتر در تولید

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

جلسات کلاسی، فیلم‌های آموزشی، بازدید، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال
- آزمون میان‌ترم و پایان‌ترم
- ۲۰ درصد
- ۸۰ درصد



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

کلاس درسی مجهز به پروژکتور

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. مایکل گروور. اتوماسیون، سامانه‌های تولید و ساخت یکپارچه به کمک رایانه. ترجمه: سیدمحسن صفوی (۱۳۸۹). انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲. فرهاد عظیمی‌فر، سیدمحسن صفوی. سیستم‌های تولید اتوماتیک و مونتاژ صنعتی و تجهیزات مربوطه. ناشران: جنگل، جاودانه (۱۳۸۷).
۳. Groover, M. P. (۲۰۰۱). Automation, production systems and computer-integrated manufacturing. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.



عنوان درس به فارسی:		فرآوری مواد به کمک لیزر	
عنوان درس به انگلیسی:		Laser Material Processing	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	رساله / پایان نامه ☐

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

هدف کلی:

در طی بیش از ۵۰ سالی که از اختراع لیزر می‌گذرد، رشد کاربرد آن در زمینه‌های مختلف علمی و صنعتی بسیار سریع بوده است. به خصوص در ۲۵ سال گذشته ورود لیزرهای پرتوان به بازار امکان بهره‌وری صنعت از مزایای ویژه این منبع انرژی را در سطوح مختلف فراهم کرده است. در ایران نیز طی دو دهه سال گذشته تجهیزات مختلف فرآوری به کمک لیزر توسط بازرگانان و صنایع به کشور وارد شده است. با این وجود، به دلیل عدم آموزش کافی، استفاده از این فناوری‌ها در یک سطح حداقلی باقی مانده است. در طی یک دهه گذشته در برخی دانشگاه‌ها در کشور، و عمدتاً در گروه‌های آموزشی زیر مجموعه فیزیک، آموزش مبانی لیزر و برخی کاربردهای آن آغاز شده است. اما آموزش فرآوری ماده به کمک لیزر به طور تخصصی هنوز تا برآورده کردن نیازهای کشور فاصله زیادی دارد. در این درس، ضمن معرفی اصول و مبانی عملکرد لیزر، انواع پر کاربرد استفاده از لیزر در فرآوری مواد بررسی شده، و چالشها، مزایا و معایب، و اصول حاکم بر آنها تشریح می‌شود. همچنین روش‌های مدلسازی فرایندها که مورد نیاز جهت پیش بینی رفتار فرایند می‌باشد، در این درس معرفی می‌شود. اصول ایمنی کار با لیزر دیگر زمینه‌ای است که به طور اختصار دانشجویان با آن آشنا می‌شوند.

اهداف ویژه:

- آشنایی با اصول و مبانی لیزر
- شناخت المان‌های اصلی انتقال پرتو
- آشنایی با عملیات‌های متداول فرآوری به کمک لیزر
- آشنایی با اصول ایمنی استفاده از لیزر

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مبانی عملکرد لیزر
۲. انواع لیزرهای صنعتی
۳. اصول برهم کنش لیزر و ماده
۴. جوشکاری به وسیله لیزر
۵. سوراخکاری و برشکاری به وسیله لیزر
۶. پوشش‌دهی به کمک لیزر
۷. حکاکی به وسیله لیزر
۸. مدلسازی فرآوری ماده به کمک لیزر



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

جلسات کلاسی، فیلم های آموزشی، بازدید، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی، بازدید از آزمایشگاه

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال ۵۰ درصد

آزمون پایان نیم سال ۵۰ درصد

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

کلاس درسی مجهز به پروژکتور

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. "Laser material processing" 4th ed., W. Steen, J. Mazumder, Springer, ۲۰۱۰.
۲. "Handbook of laser material processing" R. Farson, Magnolia Publishing Inc, ۲۰۰۱.
۳. "Handbook of laser and optics" F. Trager, Springer, ۲۰۰۷.
۴. "High power laser handbook", H. Injeyan, G. Goodno, Mc Graw Hill, ۲۰۱۱.
۵. "Introduction to optics", 3rd ed., F. Pedrotti, L. Pedrotti, Prentice Hall International, ۲۰۰۶.



عنوان درس به فارسی:		تکنولوژی پلاستیک پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Polymer Processing	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	
		تعداد واحد:	
		تعداد ساعت:	

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

هدف کلی:

آشنایی با مباحث پیشرفته شکل دهی مواد پلیمری

اهداف ویژه:

بررسی مباحث مربوط به اصول خواص ترمومکانیکال پلیمرها برای فرایندهای شکل دهی آنها

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. آشنائی اولیه با انواع پلاستیک‌ها و تقسیم‌بندی آنها بر اساس شکل دهی
۲. مقدمه‌ای بر فیزیک پلاستیک‌ها و مشخصه‌های حرارتی آنها
۳. مقدمه‌ای بر رئولوژی مذابهای پلیمری ، معادلات جریان در مقاطع مختلف (تخت، لوله‌ای و همگرا)
۴. مدل‌سازی خواص ویسکوالاستیک خطی
۵. تعیین خواص ماده پلیمری به کمک تست Stress Relaxation
۶. انواع روش‌های شکل دهی پلاستیکها
۷. اکسترودرهای پلاستیک و بخش‌های مختلف آن، طراحی قالب اکستروژن و ملاحظات طراحی
۸. قالبگیری تزریقی پلاستیک‌ها، انواع قالب‌های تزریق پلاستیک، طراحی قالب تزریق ، طراحی سنبه‌کش، راه‌گاه و gate

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

جلسات کلاسی، فیلم‌های آموزشی، بازدید از آزمایشگاه، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۰ درصد |
| آزمون‌های میان‌ترم و پایان‌ترم | ۸۰ درصد |

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

ویدیو پرژکتور

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Polymer Processing Fundamentals, by Tim A. Osswald, Hanser Publisher , ۱۹۹۸.
۲. Understanding Polymer Processing: processes and governing equations, by Tim A. Osswald.
۳. Moldflow Design Guide, by Jay Shoemaker, Hanser Publisher.



عنوان درس به فارسی:		طراحی و ساخت نانوکامپوزیت های پلیمری	
عنوان درس به انگلیسی:		Design and Processing of Polymer Nanocomposites	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	نوع درس و واحد
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان نامه ☐	

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

آزمایشگاه و آنالیز پیشنهاد می گردد اما الزامی نیست. سمینار درسی در قالب ارائه پروژه پایانی درس لحاظ شده است.

هدف کلی:

آشنایی و مهارت آموزی دانشجویان با مفاهیم پایه تا پیشرفته با رویکردهای کاربردی در علوم پلیمر و نانوفناوری/نانومواد و نانوکامپوزیت های پلیمری از طراحی و انتخاب مواد، روش های ساخت/فرآوری و خواص اصلی نانوکامپوزیت ها و تجهیزات و روش های اصلی ساخت در این حوزه نانوکامپوزیت ها (Nanocomposites) و مشتقات پلیمری آن یکی از زمینه های کاربردی نوین در تحقیقات و صنعت امروزه می باشند. دانش علمی و مهارت های تکنولوژیک نانوکامپوزیت ها در حیطه علوم بین رشته ای (Interdisciplinary science) مکانیک، علم مواد، دانش پلیمر/شیمی، و ساخت بوده و زیر مجموعه مواد پیشرفته (Advanced materials) قرار می گیرد. روش های طراحی و ساخت علمی و اقتصادی این نوع مواد از مهم ترین مباحث فعلی تحقیقات دانشگاهی در این حوزه است.

اهداف ویژه:

- معرفی چالش های نانو/میکرو در زمینه نانوکامپوزیت های پلیمری از انتخاب مواد، فرآوری و مشخصه یابی
- مشخصه یابی های مکانیکی و حرارتی و آنالیز خواص و مواد اجزاء متشکله نانوکامپوزیت های پلیمری با تمرکز بر روی مبحث پلیمری و نانومواد
- روش های ساخت نانوکامپوزیت های پلیمری
- رفتار خاص توسط روابط میکرومکانیک در کامپوزیت ها
- مهندسی خواص نانوکامپوزیت ها با تمرکز بر روی متغیرهای طراحی مواد و فرآوری

ب) مباحث یا سرفصل ها:

۱. نانوکامپوزیت های پلیمری: مقدمه، چالش ها و فرآیندها
۲. مقدمه ای بر پلیمرها و نانومواد- اجزا ساختار و خواص مهم- ساختار نانوکامپوزیت ها: میکرو-نانو
۳. روش های ساخت نانوکامپوزیت ها، متغیرهای فرآیند، خواص و مقایسه
۴. چالش ها در مقیاس نانو: دیسپارسیون، توزیع و فاز بین لایه ای نانوفیلر/پلیمر
۵. مدل های مایکرومکانیک: مزایا و معایب در نانوکامپوزیت ها در کامپوزیت های تقویت شده با الیاف/ذرات/لمینت
۶. روش های مطالعات نانوکامپوزیت ها: مکانیکی/حرارتی-مکانیکی/نانومکانیکی/تصویری/رئولوژی/الکتریکی
۷. برهمکنش های نانو و میکرو، فاز میانی: مشخصه یابی و خواص
۸. روابط میکرو/نانوساختار، خواص و فرآیند در مقیاس نانو/میکرو
۹. مفاهیم در پلیمرهای حافظه دار
۱۰. پیشرفت های نوین در نانوکامپوزیت ها و کاربرد
۱۱. موضوعات تحقیقی و پروژه های صنعتی



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

- ویدئوهای آموزشی مشخصه یابی نانو مواد و نانوکامپوزیت های پلیمری شامل AFM/TGA/DSC/DMA/SEM/XRD/
- تور آزمایشگاهی حضوری و یا مجازی و روش های آزمایشگاهی ساخت و نمونه سازی و مشخصه یابی
- مقالات به روز و ارائه آخرین چالش ها با مرور مقالات مرتبط
- شرکت در مسابقات دوره ای نظیر نانومچ/ آی چلنج/ و ... جشنواره ها به عنوان پروژه کلاسی
- تشویق در ارائه نتایج پروژه در کنفرانس ها

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی): در ارائه حضوری درس

- | | |
|---|---------|
| فعالیت های کلاسی در طول نیم سال | ۳۰ درصد |
| آزمون پایان نیم سال | ۵۰ درصد |
| فعالی ها/ پروژه ها/ و ... ارزیابی های مستمر | ۲۰ درصد |

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

آزمایشگاه های مشخصه یابی مواد و تهیه و آماده سازی نانوکامپوزیت ها و پلیمر به عنوان فعالیت جانبی پیشنهادی اما نه ضروری (در این درس بطور مشخص آزمایشگاه پلیمر و نانوکامپوزیت)

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Polymer Nanocomposites: Processing, Characterization, and Applications, J.H.Koo, McGraw-Hill Nanoscience and Technology Series
۲. Mechanics of Composite Materials, Autar K. Kaw, ۲nd Edition, Taylor & Francis, ۲۰۰۶.
۳. Review article: Polymer-matrix Nanocomposites, Processing, Manufacturing, and Application: An Overview, F, Hussain, Journal of COMPOSITE MATERIALS, Vol. ۴۰, No. ۱۷/۲۰۰۶.
۴. Polymer Nanocomposite Processing, Characterization and Applications ۲۰۱۱, Journal of Nanomaterials, Editors: Gaurav Mago, Dilhan M. Kalyon, and Sadhan C. Jana, ۲۰۱۱ Hindawi Publishing Corporation.
۵. Composite Materials, Deborah D. L. Chung, second edition, Springer London Dordrecht Heidelberg NewYork.



عنوان درس به فارسی:		ساخت افزودنی	
عنوان درس به انگلیسی:		Additive Manufacturing	
نوع درس و واحد			
پایه ☐ نظری ☒			
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐			
تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐		۳	
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	

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

.....

هدف کلی:

طی چند سال اخیر روش‌های چاپ سه بعدی یا ساخت افزودنی که قادرند قطعات سه‌بعدی را با استفاده از یک فایل CAD مستقیماً و بدون نیاز به ابزار یا قالب با اضافه کردن تدریجی ماده اولیه تولید نمایند، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. توانایی تولید مستقیم قطعات کاربردی با هندسه و خواص منحصر بفرد، قابلیت یکپارچه‌سازی مجموعه قطعات مونتاژی، ساخت قطعه اختصاصی بصورت تکی یا انبوه، و تولید سریع‌تر همراه با بازدهی بالاتر نسبت به روش‌های مرسوم تولید باعث شده که در کنار کاربردهای معمول زینتی، صنعتی، پزشکی، دانشگاهی و تحقیقی این فناوری، حوزه‌های صنعتی پیشرفته نظیر صنایع هوافضایی و تولید انرژی پرمبنت سه‌بعدی را بعنوان یک روش جدید تولید به کار بگیرند. تغییر نگرش در طراحی قطعات و چرخه تامین کالا از دیگر جنبه‌های این فناوری می‌باشد. همینطور یکی از المان‌های اساسی در حوزه انقلاب صنعتی چهارم (Industry 4.0) می‌باشد. از اینرو کسب دانش پایه و کاربردی مهندسان مکانیک در این زمینه از نیازهای اساسی دانش آموختگان این رشته می‌باشد.

اهداف ویژه:

اهداف ویژه شامل درک و شناخت ملزومات تولید دیجیتال از تولید فایل تا قطعه، شناخت مبانی فیزیکی حاکم و اصول تکنولوژیکی هر فرآیند، شناخت بازیگران اصلی فرایند (تحقیقی، تجاری و صنعتی)، مواد قابل فرآوری و خواص قابل حصول، قابلیت‌ها و محدودیت‌های هر روش، نحوه انتخاب روش مناسب، شناخت کاربردهای تکنولوژی، زمینه‌های تحقیقی امکان پذیر، و معرفی فرصت‌های بکارگیری روش‌ها در داخل کشور می‌باشد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مبانی ساخت افزودنی شامل خواستگاه تکنولوژی، تاریخچه ظهور تا بلوغ، تعاریف و استانداردها، چشم انداز تحقیقی و تجاری چرخه طراحی تا تولید روش‌های ساخت افزودنی
۲. طراحی جهت ساخت افزونی شامل ملاحظات اساسی طراحی و درک قابلیت‌ها و محدودیت‌های فرآیند
۳. انواع روش‌های ساخت افزودنی بر مبنای هفت دسته استاندارد ASTM شامل فتوپلیمریزاسیون، ذوب و تف جوشی بسترپودر، اکستروژن ماده، جت ماده و چسباننده و رسوب مستقیم انرژی
۴. مبانی فیزیکی و معادلات حاکم، پارامترهای موثر، قابلیت‌ها و محدودیت‌ها، و مدل‌سازی فرآیندهای ساخت افزودنی
۵. مواد ساخت افزودنی
۶. نرم‌افزارهای ساخت افزودنی
۷. کاربردهای ساخت افزودنی
۸. انتخاب روش ساخت افزودنی



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

جلسات کلاسی، فیلم‌های آموزشی، بازدید از آزمایشگاه و مشاهده روش‌ها از نزدیک، تکالیف، تحقیق و پروژه درسی (به یک از روش‌های مطالعه انتقادی، عددی، طراحی و یا طراحی و ساخت)

(ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی ۱۰ درصد

تکالیف و تحقیق ۱۰ درصد

پروژه ۲۰ درصد

آزمون‌های میان‌ترم و پایان‌ترم ۶۰ درصد

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

کلاس درسی مجهز به پروژکتور، ترجیحا قطعات تولید شده از انواع روش‌ها، ترجیحا آزمایشگاه شامل انواع روش‌ها، دانشجویان لازم است بر مفاهیم اساسی طراحی، مواد مهندسی، روش‌های تولید، نرم افزارهای CAD مسلط بوده و از سطح زبان انگلیسی خوبی برخوردار باشند.

(چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Gibson, I., Rosen, D., Stucker, B., "Additive Manufacturing Technologies_ 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Manufacturing", Second edition, ۲۰۱۵, Springer.
۲. ASTM Committee F4۲ on Additive Manufacturing Technologies. <http://www.astm.org/COMMITTEE/F4۲.htm>
۳. Wohlers TT, "Wohlers report ۲۰۱۸: 3D printing and Additive Manufacturing: Global state of the industry", Annual worldwide progress report, ۲۰۱۸, Wohlers Associates, Detroit.
۴. Redwood, B., Schöffner, F., Garret, B., "The 3D Printing Handbook: Technologies, design and applications Hardcover" ۲۰۱۷, 3D Hubs, Coers & Roest.
۵. Milewski, O., "Additive Manufacturing of Metals: From Fundamental Technology to Rocket Nozzles, Medical Implants, and Custom Jewelry", ۲۰۱۷, Springer.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک سیستم‌های رباتیک	
عنوان درس به انگلیسی:		Mechanics of Robotic Systems	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	نوع درس و واحد
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با مفاهیم سیستم‌های رباتیک و تحلیل سینماتیکی، تحلیل دینامیکی و طراحی مسیر بازوهای ربات

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. معرفی سیستم‌های رباتیک و کاربردها: تعاریف و مفاهیم اولیه، معرفی بخش‌های کلی درس، تاریخچه‌ای از سیستم‌های رباتیک، زمینه‌های کاربردی و صنعت رباتیک
۲. سینماتیک (مستقیم و معکوس): تبدیل‌های مختصات، تبدیل‌های همگن، زوایای اوپلر، نمادگذاری دناویت-هارتنبرگ، سینماتیک (پیکربندی) مستقیم، سینماتیک معکوس و حل‌پذیری، مچ کروی، حرکت دیفرانسیلی، محاسبه ژاکوبین و نقاط منفرد، سینماتیک لحظه‌ای معکوس
۳. آشنایی با نرم‌افزار Maple یا برخی Toolbox های MATLAB
۴. معادلات حرکت و ایستایی بازو: تحلیل ممان‌ها و نیروها و تبدیلات آنها، فرمولاسیون لاگرانژ، دینامیک معکوس، اثر عملگرها بر معادلات حرکت، روابط نیرو/گشتاور، بررسی حالت ایستایی
۵. طراحی مسیر حرکت: حرکت مسیر پیوسته، LSPB, Bang-Bang, Cubic Spline. حرکت هماهنگ، مرور مختصری بر طراحی مسیر در ربات‌های سیار
۶. آشنایی مختصر با کنترل بازو: برخی روش‌های کنترل مسیر شامل PID, PD+Gravity, CT, معرفی اجمالی روش‌های کنترل نیرو

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

میان‌ترم	۳۰ درصد
پایان‌ترم	۳۵ درصد
تمرین‌ها	۱۵ درصد
پروژه	۲۵ درصد



کلاس با ویدیو پروژکتور

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Asada, Haruhiko, and J-JE Slotine. *Robot analysis and control*. John Wiley & Sons, ۱۹۸۶.
۲. Spong, Mark W., and Mathukumalli Vidyasagar. *Robot dynamics and control*. John Wiley & Sons, ۲۰۰۸.
۳. Schilling, Robert J. *Fundamentals of robotics: analysis and control*. Simon & Schuster Trade, ۱۹۹۶.
۴. Craig, John J. *Introduction to robotics: mechanics and control*, 3/E. Pearson Education India, ۲۰۰۹.
۵. Wolovich, William A. *Robotics: basic analysis and design*. Saunders College Publishing, ۱۹۸۷.
۶. Lewis, F. L., C. T. Abdallah, and D. M. Dawson. "Control of Robot." *Manipulators, Editorial Maxwell McMillan, Canada* (۱۹۹۳): ۲۵-۳۶.
۷. Siciliano, Bruno, and Oussama Khatib, eds. *Springer handbook of robotics*. springer, ۲۰۱۶.



عنوان درس به فارسی:		عنوان درس به انگلیسی:	
مواد مرکب پیشرفته		Advanced Composite Materials	
نوع درس و واحد			
پایه ☐	نظری ☒	دروس پیش نیاز:	
تخصصی اجباری ☐	عملی ☐	دروس هم نیاز:	
تخصصی اختیاری ☒	نظری-عملی ☐	۳	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه ☐		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

آموزش طراحی، تحلیل، تست و ساخت کامپوزیت‌ها

اهداف ویژه:

ب) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مفهوم اساسی (ماده مرکب، دسته بندی، مواد خام، تکنیک‌های ساخت مواد مرکب)؛
۲. قانون هوک برای انواع مختلف مواد (مواد ناهمسانگرد، مواد مونوکلینیک، مواد اورتوتروپیک و اورتوتروپیک خاص، مواد همسانگرد عرضی، مواد همسانگرد)؛
۳. قانون هوک برای تک جهته دو بعدی؛
۴. قانون هوک برای تک جهته دو بعدی چرخیده؛
۵. تنش‌ها و کرنش‌های هیگروترمال در یک تک لایه؛ مدول موثر؛
۶. تجزیه و تحلیل میکرومکانیکی تک لایه (روش‌های مقاومت مصالح، الاستیسیته، روش چامیس و هالپین)؛
۷. تجزیه و تحلیل میکرومکانیکی کامپوزیت (با الیاف ناپیوسته، الیاف ناپیوسته هم راستا، الیاف ناپیوسته هم راستا و خارج از محور، الیاف ناپیوسته تصادفی، مواد مرکب نساجی شامل کامپوزیت‌های تار-پودی، برید شده و حلقوی)؛
۸. تجزیه و تحلیل ماکرومکانیکی چندلایه (نظریه کلاسیک مواد لایه‌ای، نظریه مرتبه اول)؛
۹. معیارهای استحکام چند محوری (حداکثر معیار تنش، حداکثر معیار کرنش، نظریه سای- هیل) کار حداکثر (نظریه تانسوری سای- وو، معیار هاشین، شکست چندلایه: شکست لایه اول، تورق به دلیل تنش بین لایه‌ای)

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



۵. Gibson, Ronald F. *Principles of composite material mechanics*. CRC press, ۲۰۱۶.
۶. Kaw, Autar K. *Mechanics of composite materials*. CRC press, ۲۰۰۵.
۷. Reddy, Junuthula Narasimha. *Mechanics of laminated composite plates and shells: theory and analysis*. CRC press, ۲۰۰۳.
۸. Miravete, Antonio, ed. *3-D textile reinforcements in composite materials*. Woodhead Publishing, ۱۹۹۹.



عنوان درس به فارسی:		ارتعاشات پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced vibrations	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☒ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	رساله / پایان نامه ☐

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

هدف کلی:

آشنایی با ارتعاشات سیستم‌های ممتد و کاربرد آن در حل بسیاری از مسائل مهندسی و همچنین استخراج معادلات از قبیل: ارتعاشات پیچشی محورها و ارتعاشات طولی میله‌ها، ارتعاشات عرضی غشا و تیر و صفحه، استفاده از روش‌های مختلف عددی و تحلیلی برای حل معادلات ارتعاشی سیستم‌های ممتد

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. تکنیک‌های مختلف مدل‌سازی،
۲. سیستم‌های ارتعاشی مجزا و پیوسته، شامل به‌دست آوردن معادلات حرکت،
۳. تحلیل پاسخ ارتعاش آزاد و اجباری، و روش‌های حل تقریبی معادلات حرکت،
۴. روش‌های روی هم گذاری خطی و آنالیز مودال برای تحلیل پاسخ‌های فرکانسی و زمانی،
۵. سیستم‌های چند درجه آزادی و سیستم‌های پیوسته،
۶. طرح مثال‌های کاربردی برای نشان دادن کاربرد تئوری‌های ارائه شده،
۷. ارتعاشات عرضی غشاءها،
۸. ارتعاشات عرضی صفحه‌ها

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

- | | |
|---------------------------------|---------|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۲۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۳۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



۱. Meirovitch, Leonard. *Fundamentals of vibrations*. Waveland Press, ۲۰۱۰.
۲. Meirovitch, Leonard. *Methods of analytical dynamics*. Courier Corporation, ۲۰۱۰.
۳. Inman, Daniel J., and Ramesh Chandra Singh. *Engineering vibration*. Vol. ۳. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, ۱۹۹۴.
۴. Ferrari, Vittorio. "Measuring instrumentation." *Applied Structural and Mechanical Vibrations: Theory, Methods and Measuring Instrumentation*. E&FN SPON Taylor & Francis Group London, ۱۹۹۹.
۵. منصور نیکخواه بهرامی، تئوری ارتعاشات و کاربرد آن در مهندسی، دانشگاه تهران، ۱۳۹۴.
۶. Thomson, William. *Theory of vibration with applications*. CrC Press, ۲۰۱۸.
۷. Singiresu, S. Rao. *Mechanical vibrations*. Boston, MA: Addison Wesley, ۱۹۹۵.
۸. Timoshenko, Stephen. *Vibration Problems in Engineering, by S. Timoshenko*. Van Nostrand, ۱۹۶۱.



عنوان درس به فارسی:		روش‌های محاسبات عددی پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Numerical Computation Methods	
نوع درس و واحد			
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری-عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با پیش‌زمینه‌های لازم برای درک مفاهیم روش‌های عددی آشنا می‌شوند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه،
۲. درون‌یابی و برازش منحنی: درون‌یابی لاگرانژ و تفاضل تقسیم شده، نقاط چبیشف، میان‌یابی هرمیتی مکعبی، اسپلاین، روش کمترین مربعات؛
۳. حل معادلات غیرخطی: روش بایسکشن، روش نیوتن-فسون، روش سکانت، روش جایگزینی متوالی؛
۴. روش‌های انتگرال‌گیری: نیوتن کوتز باز و بسته، گوس کوادراچر، گوس هرمیت، انتگرال دوپل، انتگرال‌های ناسره؛
۵. حل سیستم معادلات خطی و مسائل مقادیر ویژه: روش LU، روش توانی - توانی معکوس، توانی معکوس انتقال‌یافته، هاوس هولدر بای سکشن، هاوس هولدر/QR ایتريشن، مشتق‌گیری عددی،
۶. معادلات دیفرانسیل پاره‌ای: معادلات بیضوی، روش ایتريشن جاکوبی، معادلات سهموی، روش صریح، روش ضمنی، معادلات هذلولوی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۵ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Burden, R.L., Faires, J.D., Numerical Analysis, 9th ed., Cengage Learning, ۲۰۱۱.
۲. Chapra, Steven C., and Raymond P. Canale. Numerical methods for engineers. Boston: McGraw-Hill Higher Education,, ۲۰۱۰.



۳. ویلیام اچ پرس، ترجمه منصور نیکخواه بهرامی، دستورالعمل محاسبات عددی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۵.

۴. اصغر کرایه‌چیان، محاسبات عددی، رواق مهر، ۱۳۸۸.





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

برنامه درسی رشته

مهندسی مکانیک

MECHANICAL ENGINEERING

مقطع کارشناسی ارشد

مشمول بر گرایش:

۳. تبدیل انرژی | Energy Conversion

تهیه کننده:

دکتر مهدی نیلی احمد آبادی عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان



فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، یکی از دوره‌های تحصیلی آموزش عالی است که هدف آن تربیت مهندسانی است که با بکارگیری دانش ریاضی، علوم مهندسی، تحلیل و تفسیر داده‌ها، درک مسئولیت‌های حرفه‌ای، ایجاد ارتباط مناسب با جامعه و آشنائی با مسائل محلی و جهانی قادر به طراحی ابزار، سیستم‌ها یا فرآیندهائی جهت رفع نیاز جوامع باشند. لذا این فارغ‌التحصیلان با توجه به زیرساختی که در دوران آموزش برای آن‌ها ایجاد می‌شود پس از مدت کوتاهی از فارغ‌التحصیلی، قابلیت ارائه‌ی خدمات بزرگی در کشور را خواهند داشت.

مشخصات کلی، تعریف و اهداف

یکی از گرایش‌های مهم رشته‌ی مهندسی مکانیک در مقطع کارشناسی ارشد، گرایش تبدیل انرژی می‌باشد. در گرایش تبدیل انرژی، دانشجویان به تجزیه و تحلیل مسایل گوناگون در زمینه‌های انتقال حرارت، سیالات، تبدیل انرژی، احتراق، هوافضا، علوم دریایی، خودرو و زمینه‌های دیگر می‌پردازند. همچنین عوامل تاثیرگذار بر حرکت سیال، نیروهای ایجاد شده در اثر عبور سیال و تغییرات ایجاد شده در اثر انتقال حرارت مورد بررسی قرار می‌گیرد و نحوه فرموله کردن مسائل و حل مسائل مرتبط به همراه کاربرد آنها در صنایع مختلف آموزش داده می‌شود. علاوه بر تجزیه و تحلیل عوامل گفته شده، دانشجویان در این گرایش به طراحی و تحلیل سیستم‌های حرارتی و سیالی نیز می‌پردازند.

هدف این رشته ارتقاء دانش مهندسان مکانیک مقطع کارشناسی و افزایش عمق دید آنها در تجزیه و تحلیل مسایل گوناگون که اساس کار آن‌ها مبتنی بر انتقال حرارت، دینامیک سیالات و تبدیل انرژی است، می‌باشد و به متخصصان کارایی لازم جهت فعالیت در صنایع مختلف مکانیک را می‌دهد. در این دوره، همچنین پایه‌های علمی لازم برای ادامه تحصیل در مقطع دکتری فراهم شده و آموزش‌ای لازم در جهت انجام امور پژوهشی به دانشجویان تدریس می‌گردد.

ضرورت و اهمیت

در بسیاری از پروژه‌های صنعتی نیاز به دانشی بیش از دانش پایه مهندسی مکانیک حس می‌شود. لازم است این دانش در دوره‌های تحصیلات تکمیلی مانند (کارشناسی ارشد و دکتری) در افراد ایجاد شود. همچنین در پروژه‌های تحقیقاتی نه تنها نیاز به دانش فراتر از مهندسی وجود دارد بلکه توانایی‌هایی برای انجام و پیشبرد تحقیقات نیز لازم است که این توانایی در انجام تحقیقات در این دوره آموزش داده می‌شود. از آنجایی که صنایع اصلی کشور صنایع مربوط به حوزه انرژی می‌باشند لذا اهمیت این گرایش دوچندان خواهد بود.

با طی این دوره، دانش‌آموختگان مهندسی مکانیک آماده می‌شوند تا وظایف محوله برای اجرای پروژه‌های صنعتی شامل تحقیق و مطالعات اولیه، طراحی مقدماتی، محاسبات طراحی با جزئیات و تهیه نقشه‌ها و مدارک فنی، تدوین فناوری ساخت و روش تولید، مدیریت و اجرا و تعمیر و نگهداری را با آگاهی علمی و فنی در کلیه حوزه‌های مرتبط با مهندسی مکانیک به عهده گرفته، و با موفقیت انجام دهند.

آنچه انتظار می‌رود تا دانشجویان بدانند و در زمان فارغ‌التحصیلی قادر به انجام آن باشند، شامل دانش‌ها، مهارت‌ها، و نگرش‌های کسب شده توسط دانشجویان در طول برنامه است. هر برنامه مهندسی باید نشان دهد که دانش‌آموختگان آن به توانایی‌های زیر رسیده‌اند:



- به‌کارگیری دانش‌های ریاضی، علوم و مهندسی مکانیک؛
- طراحی و اجرای آزمایش‌ها و تحلیل و تفسیر داده‌ها؛
- طراحی یک وسیله، سیستم یا فرایند، جهت رفع یک نیاز؛
- کار در گروه‌های دارای عملکردهای متفاوت؛
- شناسایی، فرموله کردن و حل مشکلات مهندسی مکانیک؛
- درک مسئولیت‌های حرفه‌ای و اخلاقی؛
- ایجاد ارتباط موثر (شفاهی، نوشتاری و تصویری)؛
- درک تاثیر راه حل‌های مهندسی مکانیک بر جامعه محلی و جهانی؛
- درک ضرورت کسب مداوم آموزش در طول کار حرفه‌ای؛
- آگاهی از مسایل معاصر؛
- استفاده از فناوری‌ها، مهارت‌ها، و ابزارهای مدرن، در فعالیتهای مرتبط با مهندسی مکانیک

تعداد و نوع واحدهای درسی

جدول (۱) - توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس پایه	۵
دروس تخصصی اجباری	۹
دروس تخصصی اختیاری	۱۲
پایان نامه	۶
جمع	۳۲



مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

- ✓ شناسایی و فرموله کردن و حل کردن مشکلات مهندسی مکانیک در حوزه تبدیل انرژی
- ✓ استفاده از فناوری‌ها، علوم روز و ابزارهای مدرن در فعالیت‌های مرتبط با تبدیل انرژی
- ✓ بکارگیری دانش مهندسی مکانیک تبدیل انرژی در انجام تحقیقات مرتبط با این علم
- ✓ طراحی فرآیندهای مرتبط در تحلیل و تفسیر داده‌ها در صنایع مربوطه
- ✓ ارائه راه حل در حوزه تعمیر و نگهداری سیستمهای حرارتی-سیالاتی در صنایع مختلف

شرایط و ضوابط ورود به دوره

پذیرش دانشجو مطابق ضوابط و مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است. شکل نظام به صورت ترمی - واحدی خواهد بود. و هر واحد نظری معادل ۱۶ ساعت می‌باشد.

تعداد واحدهای درسی برای گرایش تبدیل انرژی در مقطع کارشناسی ارشد ۳۲ واحد درسی شامل ۳ واحد پایه، ۶ واحد تخصصی اجباری، ۱۲ واحد تخصصی اختیاری، ۲ واحد سمینار و ۶ واحد پایان نامه می‌باشد.

دانشجویانی که با مدرک کارشناسی غیر از کارشناسی مهندسی مکانیک پذیرش شده‌اند، ممکن است با نظر دانشکده مجبور به گذراندن درس یا دروس جبرانی باشند.



فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس



جدول (۲) - عنوان و مشخصات کلی دروس پایه

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد		تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری	عملی	
۱.	ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱	۳	۳	-	۴۸	-	-
۲.	سمینار	۲			۳۲		

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

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد		تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری	عملی	
۱.	مکانیک محیط های پیوسته ۱	۳	۳	-	۴۸	-	-
۲.	انتقال حرارت جابجایی *	۳	۳	-	۴۸	-	-
۳.	ترمودینامیک پیشرفته *	۳	۳	-	۴۸	-	-
۴.	سیالات غیرلزج (مکانیک سیالات پیشرفته) **	۳	۳	-	۴۸	-	-
۵.	لایه های مرزی **	۳	۳	-	۴۸	-	-

*: انتخاب حداقل یک درس بین درس های انتقال حرارت جابجایی و ترمودینامیک پیشرفته اجباری است.

** : انتخاب حداقل یک درس بین درس های سیالات غیرلزج و لایه های مرزی اجباری است.



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

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد		تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری	عملی	
۱.	اجزا محدود	۳	۳	-	۴۸	-	-
۲.	احتراق پیشرفته	۳	۳	-	۴۸	-	-
۳.	انتقال حرارت تابشی	۳	۳	-	۴۸	-	-
۴.	انتقال حرارت جابجایی در محیط های متخلخل	۳	۳	-	۴۸	-	-
۵.	انتقال حرارت دوفازی	۳	۳	-	۴۸	-	-
۶.	انتقال حرارت هدایتی پیشرفته	۳	۳	-	۴۸	-	-
۷.	انرژی خورشیدی پیشرفته	۳	۳	-	۴۸	-	-
۸.	آیرودینامیک توربین های بادی	۳	۳	-	۴۸	-	-
۹.	پردازش موازی	۳	۳	-	۴۸	-	-
۱۰.	ترمودینامیک آماری	۳	۳	-	۴۸	-	-
۱۱.	توربولانس	۳	۳	-	۴۸	-	-
۱۲.	توربوماشین پیشرفته	۳	۳	-	۴۸	-	-



ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد		تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
			نظری	عملی	نظری	عملی	
۱۳.	توربین گاز پیشرفته	۳	۳	-	۴۸	-	-
۱۴.	دینامیک ذرات معلق	۳	۳	-	۴۸	-	-
۱۵.	دینامیک سیالات محاسباتی ۱	۳	۳	-	۴۸	-	-
۱۶.	دینامیک سیالات محاسباتی ۲	۳	۳	-	۴۸	-	پیش نیاز: دینامیک سیالات محاسباتی ۱
۱۷.	دینامیک گاز پیشرفته	۳	۳	-	۴۸	-	-
۱۸.	روش های عددی پیشرفته	۳	۳	-	۴۸	-	-
۱۹.	ریاضیات مهندسی پیشرفته ۲	۳	۳	-	۴۸	-	پیش نیاز: ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱
۲۰.	سیستم های اندازه گیری پیشرفته	۳	۳	-	۴۸	-	-
۲۱.	سیستم های انرژی پیشرفته	۳	۳	-	۴۸	-	-
۲۲.	مدل سازی توربولانس	۳	۳	-	۴۸	-	-
۲۳.	مکانیک سیالات غیرنیوتونی	۳	۳	-	۴۸	-	-
۲۴.	مکانیک سیالات میکرو و نانو	۳	۳	-	۴۸	-	-



پیش نیاز / هم نیاز	تعداد ساعات		نوع واحد		تعداد واحد	عنوان درس	ردیف
	عملی	نظری	عملی	نظری			
-	-	۴۸	-	۳	۳	موتور احتراق داخلی پیشرفته	۲۵.
-	-	۴۸	-	۳	۳	هیدروآیرودینامیک پیشرفته	۲۶.



فصل سوم

ویژگی‌های دروس

عنوان درس به فارسی:		ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Engineering Mathematics I	
نوع درس و واحد			
پایه ■ نظری ■			
تخصصی اجباری □ عملی □			
تخصصی اختیاری □ نظری / عملی □			
		۳	تعداد واحد:
		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

مروری بر توابع چند متغیره و معادلات دیفرانسیلی معمولی، جبر خطی، تابع مختلط کاربردی (حل معادلات مشتقات جزئی و حساب تغییرات)

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. جبر خطی

۱. علایم اندیسی
۲. دترمینان
۳. ماتریس الحاقی و معکوس ماتریس
۴. مرتبه ماتریس
۵. جبر ماتریس و حل سیستم معادلات خطی
 - a. روش حذفی گاوس
 - b. ماتریس سطری پلکانی
 - c. ماتریس سطری پلکانی تحویل یافته
 - d. حل معادلات همگن
 - e. ماتریس‌های مقدماتی
۶. فاکتورگیری LU و فاکتورگیری PLU
۷. مقادیر ویژه و بردارهای ویژه
۸. توان یک ماتریس (توان، تشابه ماتریس، قطری کردن)
۹. فضای برداری
۱۰. زیرفضاها
۱۱. بعد و پایه
۱۲. انتقال‌های خطی
۱۳. هسته و تصویر یک انتقال خطی
۱۴. فرم جردن ماتریس
۱۵. چندجمله‌ای‌های ماتریسی
۱۶. معادلات ماتریسی
۱۷. قضیه کیلی-همیلتون
۱۸. چندجمله‌ای مینیمال
۱۹. رابطه سیلوستر
۲۰. سری‌های ماتریسی



۲۱. پیدا کردن معکوس ماتریس‌های بزرگ
۲۲. معادلات دیفرانسیل خطی (همگن و غیرهمگن)
۲۳. فضای ضرب داخلی
۲۴. نرم‌ها و فواصل
۲۵. ماتریس‌های مثبت معین
۲۶. روش بهترین تقریب و کمترین مربعات

۲. معادلات با مشتقات جزئی

۱. مقدمه‌ای بر معادلات با مشتقات جزئی
 - a. معادلات خطی
 - b. معادلات غیرخطی
 - c. معادلات شبه خطی
۲. معادلات با مشتقات جزئی مرتبه اول
 - a. منحنی مشخصه
۳. معادلات با مشتقات جزئی خطی مرتبه دوم
 - a. معادلات هذلولوی
 - b. معادلات سهموی
 - c. معادلات بیضوی
۴. روش جداسازی متغیرها
۵. مساله اشتروم لیوویل
۶. توابع پریودیک بسل و لژاندر
۷. بسط‌های بسل - فوریه و لژاندر - فوریه

۳. حساب تغییرات

۱. مقدمه و مبانی حساب تغییرات
۲. لم اساسی و ساده‌ترین مساله در حساب تغییرات
۳. تعریف اپراتور تغییرات یا وردش
۴. فانکشنال‌های چندمتغیره و قیود جانبی
۵. اصل کار مجازی
۶. کاربرد اصل کار مجازی
۷. مسائل مهندسی در تغییرشکل‌های کوچک
۸. میله تحت اثر بار محوری
۹. تیر برنولی تحت اثر خمش و برش

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

ث) راهبردهای ارزشیابی :

-	پروژه
-	ارزشیابی مستمر
۲۵ درصد	تمرین
۳۵ درصد	آزمون میان‌ترم
۴۰ درصد	آزمون پایان‌ترم

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



چ) فهرست منابع پیشنهادی :

۱. Matrix analysis and applied linear algebra by Carl D. Meyer, SIAM Publication, ۲۰۱۰.
۲. Applied Linear Algebra by Olver and Shakiban, Springer Publication, ۲۰۱۸.
۳. Partial Differential Equations for Scientists and Engineers by S. J. Farlow
۴. Advanced Engineering Mathematics by Wylie and Barrett, Mc Graw Hill, ۱۹۹۵.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک محیط های پیوسته ۱	
عنوان درس به انگلیسی:		Continuum Mechanics I	
نوع درس و واحد			
■ نظری	■ پایه		
□ عملی	□ تخصصی اجباری		
□ نظری / عملی	□ تخصصی اختیاری		
		۳	تعداد واحد:
		۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

بیان اصول حاکم بر مکانیک محیط های پیوسته با تاکید بر محیط های جامد الاستیک

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مبانی ریاضی
۲. حرکت اجسام و تئوری تغییر شکل
۳. اصول پایداری
۴. تنش
۵. معادلات ساختاری (متشکله)
۶. معادلات متشکله برای یک سیال
۷. جسم جامد الاستیک
۸. ویسکوالاستیسیته خطی
۹. تئوری ترمودینامیکی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی:

-	پروژه
-	ارزشیابی مستمر
۲۵ درصد	تمرین
۳۵ درصد	آزمون میان ترم
۴۰ درصد	آزمون پایان ترم

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. مکانیک محیط های پیوسته محمد رحیمیان - اسکندری قادی، انتشارات دانشگاه تهران
 ۲. مکانیک محیط های پیوسته برای مهندسان، Thomas Mase, George E. Mase، ترجمه باقریان، سروری و بهشتی، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان
 ۳. مکانیک محیط پیوسته ۱، شهیدی، محزون، موسسه آموزش عالی آزاد دانش پژوهان
 ۴. مقدمه ای بر مکانیک محیط پیوسته با کاربردها، J. N. Reddy، مترجم رضا اکبری آلاشتی، انتشارات دانشگاه صنعتی بابل
۵. Introduction to Continuum Mechanics, W. Michael Lai, D. Rubin, E. Krempl, Fourth Edition, Elsevier.



عنوان درس به فارسی:		انتقال حرارت جابجایی	
عنوان درس به انگلیسی:		Convective Heat Transfer	
دروس پیش نیاز:		پایه ■ نظری ■	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری □ عملی □	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری □ نظری / عملی □
تعداد ساعت:		۴۸	بین این درس و درس ترمودینامیک پیشرفته انتخاب یک درس اجباری است

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

هدف کلی:

این درس شامل نکات پیشرفته انتقال حرارت جابجایی است و دانشجویان در این درس به درک عمیق تری از انتقال حرارت جابجایی می‌رسند. هدف از این درس معرفی تئوری جابجایی مقدماتی، ایجاد بینش بر روش‌های تحلیلی در حل مسائل مهندسی واقعی انتقال حرارت و درک مفاهیم مقدماتی رفتار جریان‌های سیال کنترل شده توسط گرادیان‌های فشار آرام و آشسته و متناظر با انتقال حرارت سیال با دیواره‌های جامد می‌باشد. در این درس روش‌های تحلیلی حل معادلات انتقال حرارت و مومنوم برای هر دو جریان آرام و آشسته ارائه شده است.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه
- انواع انتقال حرارت جا به جایی و تعریف h
۲. معادلات بقاء
- پدیده‌های انتقال، قوانین شار جریان و تنش، قانون فوریه، قانون Fick، اعداد بی بعد Pr ، Le و Sc ، معادله پیوستگی، معادلات بقاء مومنوم، جرم و انرژی
۳. انتقال گرما در جریان آرام داخل مجاری
- جریان آرام توسعه یافته در مجاری، جریان در لوله‌های حلقوی، جریان در حال توسعه و اثرات دهانه ورودی، انتقال حرارت متغیر با دمای متغیر در دیواره لوله، انتقال حرارت متغیر با فلاکس حرارتی متغیر در طول مجرا، جریان در حال توسعه هیدرودینامیکی و حرارتی
۴. جریان خارجی و لایه مرزی هیدرودینامیکی (خلاصه)
- حل تشابهی، جریان روی صفحه تخت، جریان wedge flow، مکش و تزریق
۵. جریان خارجی و لایه مرزی حرارتی
- حل تشابهی معادله انرژی، فلزات مذاب Pr کم، سیالات با Pr های بزرگ، انتقال حرارت در جریان Wedge Flow، جریان سکون، روش توایتز Thwaites، اجسام تقارن محوری و تبدیل مانگلر Mangler (خلاصه)، اثر تزریق یا مکش سیال، دمای سطح متغیر
۶. بررسی لایه مرزی حرارتی به روش انتگرالی
- جریان و انتقال حرارت روی صفحه تخت نیمه بی نهایت با یک ناحیه ابتدایی عایق، دمای سطح متغیر، نرخ انتقال حرارت متغیر، تعمیم روش انتگرالی برای اجسام دو بعدی و سه بعدی با شکل دلخواه
۷. هیدرودینامیک جریان مغشوش (خلاصه)
- فیزیک جریان، متوسط‌گیری رینولدز، تنش رینولدز، لایه مرزی دو بعدی قانون دیوار، حل معادله مومنوم به روش انتگرالی برای جریان مغشوش، ضریب اصطکاک، مدل دیوار پیوسته (Van_Driest)، اثر زبری سطح، هیدرودینامیک جریان مغشوش در لوله (خلاصه)
۸. انتقال حرارت در لایه مرزی مغشوش و جریان خارجی



ضریب پخش حرارتی گردابه‌ها و معادله انرژی متوسط‌گیری شده، تشابه رینولدز (ϵ_M و ϵ_H)، قانون دیوار برای لایه مرزی حرارتی، ضریب انتقال حرارت برای سرعت جریان آزاد و دمای سطح ثابت، لایه مرزی مغشوش با طول آدیاباتیک اولیه، لایه مرزی مغشوش با دمای سطح متغیر و یا انتقال حرارت متغیر از سطح، لایه مرزی مغشوش با U_∞ متغیر، لایه مرزی حرارتی مغشوش با مکش یا تزریق

۹. انتقال حرارت در جریان مغشوش داخل لوله

توزیع دما، جریان توسعه یافته حرارتی، اثر شرط مرزی حرارتی و Nu_H/Nu_T

۱۰. انتقال حرارت جا به جایی آزاد

۱۱. لایه مرزی حرارتی در جریان با سرعت زیاد

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

ث) راهبردهای ارزشیابی:

پروژه	-
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۰ - ۰ درصد
آزمون میان‌ترم	۳۵ - ۴۰ درصد
آزمون پایان‌ترم	۵۵ - ۶۵ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Convective Heat and Mass Transfer, Kays & Crawford, Fourth Edition, ۲۰۰۵.
۲. Convective Heat Transfer, Kakac, Sadik, ۱۹۹۵ (۲۰۱۳).
۳. Convection Heat Transfer, A. Bejan, Third Edition, ۲۰۰۴, (Forth Editition, ۲۰۱۳).
۴. Introduction to Convective Heat Transfer Analysis, Oosthuizen, Patrick, ۱۹۹۹.
۵. Convective Heat Transfer, Arpaci & Larsen, ۲۰۰۲.
۱. Analysis of Heat and Mass Transfer, Eckert.



عنوان درس به فارسی:		ترمودینامیک پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Thermodynamics	
دروس پیش‌نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم‌نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اجباری ☒ عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	تخصصی اختیاری ☐ نظری / عملی ☐	
		بین این درس و درس انتقال حرارت جابجایی، انتخاب یک درس اجباری است	

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

هدف کلی:

در این درس مفاهیم اساسی ترمودینامیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. ترمودینامیک در این درس از دیدگاه ماکروسکوپی مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. دانشجویان در این درس به درک عمیق تر فیزیکی و ریاضی از مفاهیم اساسی و اصول ترمودینامیک مهندسی می‌رسند. علاوه بر این، در این درس ترمودینامیک آماری نیز مورد توجه قرار می‌گیرد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه و قضایای ریاضی مرتبط با ترمودینامیک
۲. قوانین ترمودینامیک (قوانین اول و دوم)
۳. معادلات حالت
۴. روابط ترمودینامیکی و شرایط تعادل
۵. ترمودینامیک مخلوط‌های همگن
۶. سیستم‌های چندمولفه‌ای-چندفازی
۷. واکنش‌های شیمیایی
۸. اگزرژی و کاربردهای آن
۹. آمار، احتمالات و ترمودینامیک آماری

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

ث) راهبردهای ارزشیابی:

پروژه	-
ارزشیابی مستمر	۱۰ درصد
تمرین	۱۰ درصد
آزمون میان‌ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان‌ترم	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه: لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Advanced Thermodynamics for Engineers, Kenneth, Jr. Wark, McGraw-Hill Companies, ۱۹۹۴.
۲. A. Bejan, Advanced Engineering Thermodynamics, ۴th Edition, ۲۰۱۶.
۳. Annamalai, Kalyan; Jog, Milind A., Puri, Ishwar K., Advanced Thermodynamics Engineering [۲nd Ed.], CRC Press, ۲۰۱۱.



عنوان درس به فارسی:		سیالات غیر لزج (مکانیک سیالات پیشرفته)	
عنوان درس به انگلیسی:		Inviscid Fluids (Advanced Fluid Mechanics)	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	نوع درس و واحد
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☒ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☐ نظری / عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	بین این درس و درس لایه مرزی انتخاب یک درس اجباری است	

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان مباحث تکمیلی و پیشرفته مربوط به مکانیک سیالات را فرا خواهند گرفت. مبنای اصلی این درس بر اساس جریان‌های غیر لزج می‌باشد و دانشجویان اصول مبنایی مکانیک سیالات را با صرف نظر از ترم‌های لزجت فرا می‌گیرند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱۰. سینماتیک جریان (فصل ۴ مرجع [۴]، فصل ۲ مرجع [۲]، فصل ۳ مرجع [۱])
فرض پیوستگی محیط سیال، روش‌های توصیف میدان جریان، دیدگاه اویلری و لاگرانژی، مشتق مادی، خط جریان، خط مسیر، خط اثر، خط زمان، سطح جریان، لوله جریان، رشته جریان، تابع جریان در مختصات دو بعدی، استوانه‌ای، تقارن محوری و کروی، تغییر شکل سیال، کرنش خطی و زاویه ای، ورتیسیت و سیرکولاسیون، حرکت نسبی نسبت به یک نقطه
۱۱. فرم حجم کنترلی و دیفرانسیلی قوانین بقا (فصل ۲ مرجع [۳]، فصل ۴ مرجع [۱]، فصل ۱ و ۳ مرجع [۲])
حجم کنترل، قضیه انتقال رینولدز برای حجم کنترل ثابت و تغییر شکل دهنده، قانون بقای جرم، قانون بقای مومنوم خطی، اصل مومنوم زاویه ای و قانون بقای انرژی برای حجم کنترل ثابت و متحرک و دارای تغییر شکل دهنده، تنش در یک نقطه، معادله ساختاری برای سیال نیوتنی، معادلات ناویراستوکس در مختصات ثابت و دوار، معادله انرژی مکانیکی، معادله انرژی کل و انرژی داخلی، قانون دوم ترمودینامیک، معادله برنولی دائم و غیر دائم، شرایط مرزی
۱۲. دینامیک ورتیسیت (فصل ۵ مرجع [۱])
خط ورتکس و لوله ورتکس، ورتکس آزاد و اجباری، قضیه کلوین، تئوری هلمهولتز، معادله کرکو (ارتباط ورتیسیت و انتروپی)، معادله انتقال ورتیسیت در مختصات غیردوار، قانون بيو ساوار، معادله انتقال ورتیسیت در مختصات دوار، برهمکنش ورتکسها
۱۳. جریانهای پتانسیل (فصل ۶ مرجع [۱]، فصل ۴ و ۵ مرجع [۲])
خطوط جریان و تابع پتانسیل، کاربرد متغیرهای پیچیده، جریان‌های ساده (یکنواخت، چشمه و چاه، گردابه ای و جریان دابلت)، برهم نهی (نیم بدنه، جریان حول یک سیلندر استوانه ای، جریان حول یک سیلندر دوار)، جریان در یک گوشه و شکاف، روش تصویری، قوانین انتگرال بلازیوس، نگاشت تطبیقی، تئوری ایرفویل و شرایط کوتا، تبدیل جاکوفسکی، تبدیل شوارتز کریستوفر، روش پنل دو بعدی، پتانسیل سه بعدی، جریان‌های سه بعدی غیر متقارن، معادلات لاپلاس و حل آن، جریان در سه بعد غیر متقارن، انرژی جنبشی، جرم افزوده در جریان‌های شتابدار
۱۴. امواج سطحی (فصل ۷ مرجع [۱]، فصل ۶ مرجع [۲])
امواج سطحی با دامنه ی کم، انتشار امواج سطحی، اثر کشش سطحی، پتانسیل‌های پیچیده در امواج سطحی، مسیر ذره در امواج سطحی، امواج ایستاده، انتشار امواج در سطح بین دو مایع

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

ث) راهبردهای ارزشیابی:



۲۰ درصد	پروژه
-	ارزشیابی مستمر
۱۰ درصد	تمرین
۳۰ درصد	آزمون میان‌ترم
۴۰ درصد	آزمون پایان‌ترم

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. P. K. Kundu, Fluid Mechanics, Fourth Edition, Elsevier, ۲۰۰۸.
۲. I. C. Currie, Fundamentals of Mechanics of Fluids, Third Edition, McGraw-Hill, New York, ۲۰۰۲.
۳. M. Potter and J. Foss, Fluid Mechanics, John Wiley & Sons, Inc., ۱۹۷۵.
۴. K. Karamcheti, Principles of Ideal-Fluid Aerodynamics, Karamcheti, ۱۹۶۶.
۵. W.P. Graebel, Advanced Fluid Mechanics, *Academic Press*, ۲۰۰۷.
۶. R. L. Panton, Incompressible flows, ۳rd ed., John Wiley & Sons, ۲۰۰۵.



عنوان درس به فارسی:		لایه های مرزی	
عنوان درس به انگلیسی:		Boundary Layers	
دروس پیش نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
تعداد واحد:		تخصصی اجباری ☒ عملی ☐	
تعداد ساعت:		تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐	
		بین این درس و درس سیالات غیر لزج انتخاب یک درس اجباری است	
		۳	
		۴۸	

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با مفاهیم کلی سیالات لزج آشنا می شوند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه و مفاهیم اولیه

تاریخچه، تقسیم بندی جریان های سیال، خواص سیال، شرایط مرزی در مسائل جریان حقیقی

۲. معادلات اساسی برای جریان لزج و تراکم پذیر

تقسیم بندی معادلات اساسی، معادله پیوستگی، معادلات ناویر-استوکس، دستگاه مختصات متعامد، پارامترهای بدون بعد در جریان لزج، ورتیسیته در جریان تراکم ناپذیر و لزج، جریان دو بعدی و تابع جریان، معادلات اساسی در دستگاه مختصات غیر اینرسی

۳. حل معادلات جریان ویسکوز سیال نیوتنی

تقسیم بندی روش ها، جریان برشی کوئت، جریان توسعه یافته در مجاری، جریان غیر دائم در مجاری، جریان غیر دائم با مرزهای متحرک، جریان مکشی مجانب، جریان هایی که در اثر باد به حرکت درآمده اند، حل های تشابهی، جریان خزنده خطی

۴. لایه مرزی آرام

معادلات لایه مرزی آرام، حل های تشابهی برای انواع جریان های دائم دو بعدی، جدایی جریان، جریان های برشی آزاد، روش های تقریبی انتگرالی، جریان در ورودی مجاری، لایه مرزی و جریان های برشی آزاد تقارن محوری

۵. پایداری جریان آرام

مفهوم تئوری اغتشاشات کوچک، پایداری جریان آرام، گذار از آرام به مغشوش

۶. لایه مرزی مغشوش، جریان مغشوش تراکم ناپذیر

تحلیل ریاضی جریان مغشوش، معادلات رینولدز، معادلات لایه مرزی برای جریان مغشوش، جریان مغشوش در لوله ها و کانال ها، جریان لایه مرزی مغشوش روی یک صفحه تخت، تحلیل لایه مرزی همراه با گرادیان فشار، جدایی جریان، تئوری نیمه تجربی جریان برشی مغشوش، جت و ویک مغشوش

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



ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه	-
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۰ - ۰ درصد
آزمون میان‌ترم	۳۰ - ۴۰ درصد
آزمون پایان‌ترم	۵۰ - ۶۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی :

۱. Schlichting, H., "Boundary Layer Theory". McGraw-Hill, ۲۰۰۰.
۲. Goldstein, S., "Modern Developments in Fluid Dynamics", V.۱ & V.۲, Dover Pub. Inc., N.Y., ۱۹۶۵.
۳. Currie, I.G., "Fundamental Mechanics of Fluids", Third Edition, Marcel Dekker, ۱۹۹۳.
۴. O'Neill, M.E., Chorlton, F., "Viscous and Compressible Fluid Dynamics", Ellis Horwood limited, ۱۹۸۹.
۵. Papanastasiou, Georgiou, Alexandrou, "Viscous Fluid Flow". CRC Press, ۲۰۰۰.
۶. White. F.M., "Viscous Fluid Flow". McGraw-Hill, N.Y., ۲۰۰۵.



عنوان درس به فارسی:		اجزا محدود	
عنوان درس به انگلیسی:		Finite Element	
دروس پیش‌نیاز:		☐ پایه ☐ نظری	
دروس هم‌نیاز:		☐ عملی ☐ تخصصی اجباری	
تعداد واحد:	۳	☐ نظری / عملی ☒ تخصصی اختیاری	
تعداد ساعت:	۴۸		

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

هدف کلی :

این درس همه ساله به طور ویژه برای دانشجویان دکتری ارائه می‌شود. این درس مبانی و اصول روش اجزا محدود و همچنین کاربرد آن در حل معادلات ناوی-استوکس تراکم‌ناپذیر را پوشش می‌دهد.

اهداف ویژه:

(پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

١. مقدمه

۲. روش تقریب گالرکین
- a. روش مستقیم
 - b. ماتریس سختی
 - c. کار مجازی
 - d. مینیمم انرژی پتانسیلی
 - e. فرمول بندی واریانس
 - f. روش ریتز
 - g. روش باقیمانده‌های وزنی

- a. فرمولاسیون ضعیف
 - b. فضای آزمایشی و توابع آزمون
 - c. روش گالرکین بابنو و پترو
 - d. گسسته‌سازی با استفاده از المان‌های محدود
 - e. ارائه ماتریس
۳. ویژگی تقریب و خطا

- a. بهترین ویژگی تقریب
b. تخمین خطا و پایداری
۴. تعریف المان

- a. یک بعدی (خطی، درجه دوم)
- b. درون‌یابی لاگرانژی و هرمیتی
- c. المان‌های مثلثی شکل و چهارگوش دو بعدی (ایزوپارامتری)
- d. المان‌های گذار
- e. ژاکوبین انتقال



f. انتگرال عددی

۵. معادلات نفوذ

a. انتقال حرارت هدایتی پایا

b. انتقال حرارت هدایتی گذرا

c. آنالیز پایداری

d. ماتریس جرمی توده ای

۶. معادله نفوذ جابجایی

a. روش GLS و SUPG

b. روش تیلور - گالرکین

۷. معادله استوکس

a. فرمولاسیون مایرد

b. روش غرامت (Penalty)

c. تخمین خطا و پایداری

۸. معادلات ناویر-استوکس تراکم ناپذیر

a. روش GLS و SUPG

b. حل معادلات غیر خطی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی :

۵۰ درصد	پروژه
-	ارزشیابی مستمر
-	تمرین
۲۵ درصد	آزمون میان ترم
۲۵ درصد	آزمون پایان ترم

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی :

۱. The Finite Element Method, Basic Concepts and Applications, Pepper and Hienrich, ۲۰۰۶.
۲. Intermediate Finite Element Method, Fluid Flow and Heat Transfer Application, Heinrich and Pepper, ۱۹۹۹.
۳. The Finite Element Method, T.J.R. Hughes, ۱۹۸۷.



عنوان درس به فارسی:		احتراق پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Combustion	
دروس پیش نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم نیاز:		☐ پایه ☐ نظری	
تعداد واحد:	۳	☐ تخصصی اجباری ☐ عملی	
تعداد ساعت:	۴۸	☐ نظری / عملی ☒ تخصصی اختیاری	

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

هدف کلی:

در این درس، دانشجویان مباحث تکمیلی و پیشرفته مربوط به احتراق را فرا خواهند گرفت. هدف از ارائه این درس ارائه اصول اساسی فرآیند احتراق سوخت‌های مختلف و آشنایی با تعادل شیمیایی و سینتیک شیمیایی است. این درس تئوری شعله‌های پیش‌آمیخته و پخشی، تبخیر ذره و سیستم‌های واکنشی را نیز پوشش می‌دهد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه
۲. ترمودینامیک احتراق
۳. تعادل شیمیایی
۴. سینتیک شیمیایی
۵. معادلات حاکم بر جریان‌های واکنش شیمیایی
۶. شعله‌های پیش‌آمیخته آرام
۷. شعله‌های غیرپیش‌آمیخته آرام
۸. احتراق قطره و اسپری
۹. احتراق آشفته
۱۰. آلایندگی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی:

۳۰ درصد	پروژه
-	ارزشیابی مستمر
۱۰ درصد	تمرین
۳۰ درصد	آزمون میان ترم
۳۰ درصد	آزمون پایان ترم

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



۱. K. K. Kuo, Principles of Combustion, ۲nd Edition, John Wiley & Sons, ۲۰۰۵.
۲. S. Turns, an Introduction to Combustion: Concepts and Applications, ۲nd Edition, McGraw-Hill, ۱۹۹۹.
۳. Poinot, Thierry and Veynante, Denis, Theoretical and Numerical Combustion [۳rd Ed.], R.T. Edwards, Inc., ۲۰۱۲.
۴. N. Peters, Turbulent Combustion, Cambridge: Cambridge University Press, ۲۰۰۰.



عنوان درس به فارسی:		انتقال حرارت تابشی	
عنوان درس به انگلیسی:		Radiative Heat Transfer	
دروس پیش نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم نیاز:		☐ پایه ☐ نظری	
تعداد واحد:		☐ تخصصی اجباری ☐ عملی	
تعداد ساعت:		☐ نظری / عملی ☒ تخصصی اختیاری	

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

هدف کلی:

آشنایی کامل با فیزیک حاکم بر انتقال حرارت تابشی، آشنایی کامل با فرموله کردن مسائل انتقال حرارت تابشی در محیط‌های مشارکتی و غیر مشارکتی در شرایط کلی و طیفی و در بود و نبود حالت‌های دیگر انتقال حرارت، آشنایی اولیه با حل‌های تقریبی و عددی انتقال حرارت تابشی در محیط‌های مشارکتی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مدل‌های کلاسیک و کوانتوم ویژگی‌های تابشی مواد
۲. تئوری موج الکترومغناطیس برای تابش حرارتی
۳. انتقال حرارت تشعشعی در جذب، انتشار و پخش ذره‌ی واسط
۴. تابش ذاتی لیزر
۵. کاربردها:
 - a. برهمکنش ماده-لیزر
 - b. تصویربرداری
 - c. سنجش مادون قرمز
 - d. گرمایش جهانی
 - e. تولید نیمه رسانا
 - f. احتراق
 - g. کوره‌ها
 - h. فرآیندهای دما بالا
۶. آشنایی با خواص تابشی سطوح - کمیت‌های کلی - جهتی و طیفی
۷. ضرایب شکل
۸. فرموله کردن مسائل تابشی از طریق تئوری تبادل تابش محفظه‌ها
 - a. سطوح دیفیوزر - خاکستری
 - b. سطوح غیرخاکستری
۹. فرموله کردن مسائل تابش هنگامی که حالت‌های دیگر حرارت حضور دارند
۱۰. آشنایی با ساز و کارهای مختلف تابش در محیط‌های مشارکتی



۱۱. معادله انتقال (شدت) تابش

۱۲. حل دقیق تابش در لایه‌های سطحی

۱۳. حل‌های تقریبی تابش در لایه‌های سطحی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه	۱۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۵۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۲۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی :

۱. Siegel, R. and Howell, J.R., "Thermal Radiation Heat Transfer", ۴th Edition, Taylor and Francis, ۲۰۱۰.
۲. Modest, M. "Radiative Heat Transfer", ۲nd Edition, Academic Press, ۲۰۰۳.
۳. Sparrow, E.M., "Radiation Heat Transfer, Augmented Edition", CRC Press, ۱۹۷۸.
۴. Hottel, H. C. and Sarofim, A. F., "Radiative Transfer", McGraw-Hill Book Company, New York, ۱۹۶۷.
۵. Reiss, H., "Radiative Transfer in Nontransparent Dispersed Media", Springer Verlag Pbl. ۱۹۸۸.
۶. Chandrasekhar, S., "Radiative Transfer", Dover Pbl. ۱۹۶۰.
۷. Edwards, D. K., "Radiation Heat Transfer Notes", Hemisphere Pbl. ۱۹۸۱.
۸. Planck, M., "The Theory of Heat Radiation", Dover Pbl. ۱۹۹۱.



عنوان درس به فارسی:		انتقال حرارت جابجایی در محیط های متخلخل	
عنوان درس به انگلیسی:		Convection Heat Transfer in Porous Media	
نوع درس و واحد			
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸		

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

هدف کلی:

دانشجویان در این درس به درک عمیق تری از انتقال حرارت جابجایی در محیط های متخلخل می رسند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مطالعه مکانیک سیالات در محیط متخلخل

- a. مقدمه
- b. مطالعه تخلخل (Porosity)
- c. سرعت داری و معادله پیوستگی
- d. معادله مومنتموم: قانون داری
- e. قانون داری: نفوذپذیری
- f. مطالعه مدل هایی که به قانون داری منتهی می شوند
- g. مطالعه مدل های آماری قانون داری
- h. توسعه قانون داری
- i. بررسی شتاب و سایر اثرات اینرسی
- j. بررسی معادله وورچیمیر
- k. مطالعه معادله برنیکمین
- l. بررسی شرایط مرزی هیدرودینامیکی
- m. اثر تغییرات متخلخل
- n. توربولانس در محیط متخلخل
- o. مطالعه محیط های متخلخل پیچیده

۲. انتقال حرارت از محیط متخلخل

- a. معادله انرژی: بررسی حالات ساده
- b. بررسی معادله انرژی در حالات پیچیده
- c. مطالعه هدایت حرارتی کلی در محیط متخلخل
- d. بررسی اثرات تغییرات فشار، اتلاف انرژی و تعادل ترمودینامیکی
- e. مطالعه براکنش حرارتی در محیط های متخلخل
- f. مطالعه شرایط مرزی
- g. مطالعه آنالوژی هله-شاو در محیط متخلخل



۳. مطالعه انتقال حرارت در محیط متخلخل-جریان های مختلط چند مولفه‌ای-جریان های چند ماده

- a. مطالعه جریان های مختلط چند مولفه‌ای و مفاهیم اساسی
- b. بررسی اصل بقای جرم در یک محیط متخلخل چند مولفه‌ای
- c. مطالعه انتقال حرارت و انتقال جرم به صورت ترکیبی
- d. اثر واکنش های شیمیایی
- e. جریان های چندفازی
- f. اصل بقای جرم
- g. اصل بقای مومنتوم
- h. اصل بقای انرژی
- i. مطالعه ی محیط های متخلخل اشباع نشده

۴. جابجایی اجباری

- a. دیواره تخت با دمای ثابت
- b. دیواره تخت با شار ثابت
- c. مطالعه کره و استوانه و لایه مرزی
- d. چشمه های حرارتی لوله ای و خطی
- e. مطالعه اثرات گذرا
- f. اثرات عدم تعادل حرارتی
- g. اثر اینرسی و براکنش حرارتی در جریان های خارجی
- h. اثرات اصطکاک مرزی و تغییرات متخلخل در جریان های خارجی
- i. اثرات اصطکاک، اینرسی، تغییرات متخلخل در جریان های محبوس شده
- j. مطالعه جابجایی اجباری از روی سطوحی که با مواد متخلخل پوشش داده شده اند
- k. مبدل های حرارتی فشرده در محیط متخلخل
- l. مطالعه شبکه درختی برای محاسبه ی حداقل مقاومت در جریان های حجمی به نقطه ای

۵. جریان های جابجایی طبیعی بیرونی

- a. جابجایی آزاد در صفحات عمودی
- b. حل های تشابهی، مطالعه حالت گذرا
- c. اثر تغییرات دمای محیط
- d. لایه های مرزی در انتقال حرارت مرکب
- e. اثرات اصطکاک مرزی، اینرسی و براکنش حرارتی
- f. بررسی مطالعات تجربی
- g. جابجایی در صفحات مورب
- h. جابجایی طبیعی از روی استوانه های متخلخل افقی
- i. جریان از روی استوانه در اعداد رایلی بزرگ
- j. جریان از روی استوانه در اعداد رایلی متوسط و کوچک
- k. مطالعه جابجایی طبیعی از روی کره
- l. مطالعه جابجایی طبیعی از روی کره در اعداد رایلی زرگ
- m. مطالعه جریان جابجایی طبیعی در جریان های دو بعدی و اجسام متقارن محوری
- n. جریان با چشمه حرارتی نقطه ای، چشمه های حرارتی خطی در اعداد رایلی بزرگ و کوچک



۶. مطالعه جریان های آزاد داخلی - گرمایش از کف
 - a. بررسی اثر ناپایداری جریان جابجایی طبیعی
 - b. مطالعه جریان غیرداری و اثرات برانکس حرارتی
 - c. بررسی تجربی جریان جابجایی طبیعی داخلی
 - d. مطالعه جریان جابجایی طبیعی در استوانه های حلقوی
 - e. مطالعه اثر میدان های مغناطیسی بر جابجایی طبیعی جریان داخلی در محیط متخلخل
۷. بررسی جریان جابجایی طبیعی - گرمایش از وجوه جانبی
 - a. مطالعه رژیم لایه مرزی
 - b. مطالعه پایداری جریان
 - c. جابجایی ترکیبی (هدایت و جابجایی)
۸. مطالعه جابجایی مختلط
 - a. جابجایی مختلط بیرونی و بررسی دیواره عمودی، دیواره های افقی، استوانه های عمودی و افقی، کره و سایر هندسه ها
 - b. مطالعه جریان جابجایی مختلط داخل کانال های افقی
 - c. مطالعه جابجایی مختلط از استوانه های حلقوی افقی
 - d. جریان جابجایی مختلط از داخل استوانه عمودی، استوانه حلقوی عمودی
۹. مطالعه جابجایی با لایه های مرزی پخشی دوگانه
 - a. معادله انتقال حرارت و جرم، مطالعه ی پروفیل های غیرخطی
 - b. مطالعه اثر سورت
 - c. بررسی جریان جابجایی با لایه های پخشی دوگانه در اعداد رایلی بزرگ
۱۰. انتقال حرارت جابجایی با تغییر فاز
 - a. فرآیند ذوب در محفظه هایی که دیواره جانبی آن ها گره شده باشد
 - b. اثر سوپر هیت شدن
 - c. مطالعه انتقال حرارت در حالت انجماد با خنک کاری جانبی
 - d. جوشش - جوشش لایه ای
 - e. مطالعه فرآیند چگالش در محیط های متخلخل

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	۱۵ درصد
ارزشیابی مستمر	۱۵ درصد
تمرین	-
آزمون میان ترم	۳۰ درصد
آزمون پایان ترم	۴۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی :



۱. Convection in Porous Media by A.Bejan
۲. Vafai, K, Handbook of Porous Media
۳. Kaviani M, Principles of Porous Media
۴. Bear J, Dynamics of Fluids in Porous Media



انتقال حرارت دوفازی		عنوان درس به فارسی:
نوع درس و واحد	Two Phase Heat Transfer	عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒		دروس پیش نیاز:
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐		دروس هم نیاز:
تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐	۳	تعداد واحد:
	۴۸	تعداد ساعت:

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

هدف کلی:

در این درس مفاهیم اساسی جریان سیالات دوفازی بیان شده و سپس معرفی رژیم‌های مختلف جریان‌های دوفازی انجام می‌شود. در ادامه انتقال حرارت در این رژیم‌ها بررسی و فرمول‌های تحلیلی و تجربی و مدل‌های مختلف مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه
۲. مدل‌های اساسی جریان‌های دوفازی
۳. روابط تجربی در جریان‌های دوفازی
۴. مقدمه‌ای بر جوشش
۵. جوشش ساب کولد
۶. جوشش اشباع
۷. تقطیر

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

ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه	۲۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۰ درصد
آزمون میان‌ترم	۳۰ درصد
آزمون پایان‌ترم	۴۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. J. G. Collier, J.R. Thome, Convective Boiling and Condensation, ۳rd Edition, Oxford University Press, Oxford, ۱۹۹۶.
۲. Tong & Tang, Boiling Heat Transfer & Two Phase Flow, ۲nd Edition, ۱۹۹۷.



۳. Kandlikar, Handbook of Phase Change, ۱۹۹۹.
۴. J. R. Thome, Heat Transfer Engineering Data Book III, ۲۰۰۷, Wolverine.
۵. M. E. Poniewski, J. R. Thome, Nucleate Boiling on Micro Structured Surface, Heat Transfer Research, Inc. (HTRI) USA (۲۰۰۸).
۶. J. R. Thome, Enhanced Boiling Heat Transfer, Hemisphere Pub. Corp. (Taylor & Francis), New York (۱۹۹۰).
۷. Amir Faghri, Yuwen Zhang, Transport Phenomena in Multiphase System, Elsevier (۲۰۰۶).
۸. Timoshenko, S.P. and Woinowsky, K., Theory of Plates and Shells. McGraw-Hill, New York, ۱۹۵۹.



عنوان درس به فارسی:		انتقال حرارت هدایتی پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Conduction Heat Transfer	
دروس پیش نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم نیاز:		☐ پایه ☐ نظری	
تعداد واحد:	۳	☐ تخصصی اجباری ☐ عملی	
تعداد ساعت:	۴۸	☐ نظری / عملی ☒ تخصصی اختیاری	

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان مباحث تکمیلی درباره انتقال حرارت هدایتی را فرا خواهند گرفت.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه و مفاهیم اساسی
۲. هدایت یک بعدی دائم
۳. هدایت دو بعدی دائم
۴. هدایت گذرا
۵. هدایت در محیط های متخلخل
۶. هدایت با تغییر فاز: مسائل مرزهای متحرک
۷. هدایت غیر خطی
۸. حل های تقریبی: روش انتگرالی
۹. حل های اختلالی (Perturbation Solutions)
۱۰. انتقال حرارت در بافت های حیاتی
۱۱. هدایت در مقیاس میکرو

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

ث) راهبردهای ارزشیابی:

پروژه	-
ارزشیابی مستمر	۲۰ درصد
تمرین	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۳۰ درصد
آزمون پایان ترم	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه: لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Jiji, L. M., Heat Conduction, ۳rd Edition, Springer, ۲۰۰۹.
۲. Schneider, P. J., Conduction Heat Transfer, Addison-Wesley, ۲۰۱۲.
۳. Ozisik, M. N., Heat Conduction, John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.
۴. Arpaci, V. S., Conduction Heat Transfer, Addison-Wesley, ۱۹۶۶.



عنوان درس به فارسی:		انرژی خورشیدی پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Solar Energy	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	

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

هدف کلی:

هدف درس آشنایی و ارائه روش‌های تحلیلی برای بررسی عملکرد سیستم‌های استفاده از انرژی خورشیدی می‌باشد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر انرژی‌های تجدیدپذیر
۲. اصول تابش خورشیدی
۳. تابش برون جوی روی سطوح
۴. اثر تضعیف‌کنندگی جو بر تابش خورشیدی
۵. برآورد تابش آسمان صاف
۶. اجزای مستقیم و پخش تابش روزانه
۷. تابش روی سطوح شیب دار
۸. عبور تابش از پوشش‌های شفاف
۹. تابش جذب شده
۱۰. کلکتورهای تخت
۱۱. توزیع دما بین لوله‌ها و در امتداد جریان
۱۲. آبگرم کن خورشیدی فعال و نافع
۱۳. اتصال سری و موازی آب گرم کن‌ها
۱۴. کلکتورهای متمرکز کننده
۱۵. آشنایی با فتوولتاییک

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

ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه	۲۵ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۳۰ درصد
آزمون پایان ترم	۳۵ درصد



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Solar Engineering of Thermal Processes, J. A. Duffie, W. A. Beckman, ۳rd Edition, John Wiley, ۲۰۰۸.
۲. Solar Energy Engineering Processes and Systems, ۲nd Edition, Soteris A. Kalogirou, ۲۰۱۴.
۳. Solar Energy Principals of Thermal Collection and Storage, ۳rd Edition, S. P. Sukhatme, J. K. Nayak, Tata McGraw-Hill, ۲۰۰۹.



عنوان درس به فارسی:		آیرودینامیک توربین های بادی	
عنوان درس به انگلیسی:		Wind Turbine Aerodynamics	
دروس پیش نیاز:			
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:	۳		
تعداد ساعت:	۴۸		
نوع درس و واحد			
☐ پایه ☐ نظری			
☐ عملی ☐ تخصصی اجباری			
☐ نظری / عملی ☒ تخصصی اختیاری			

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ■ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

هدف کلی:

پس از تکمیل دوره دانشجویان قادر خواهند بود تا:

۱. از دانش بدست آمده در مورد آیرودینامیک توربین‌های بادی استفاده کنند تا نیروهای ساختاری و شرایط درک شده توسط توپین بادهای مقیاس صنعتی را پیش‌بینی کنند.
۲. با استفاده از نرم‌افزارهای آنالیز مدرن که در صنعت باد در حال استفاده می‌باشد یک طراحی توربین باد را تحلیل کنند.
۳. یک پره‌ی توربین باد چند مگاواتی، مدرن طراحی کنند.

اهداف ویژه:

(پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. توسعه توربین‌های بادی
۲. تئوری مومنتوم، تئوری مومنتوم المان پره
۳. بارهای دینامیکی بر پره‌های توربین بادی
۴. ایرفویل‌های توربین بادی
۵. طراحی توربین بادی و قوانین تحلیل بارها
۶. مقدمه‌ای بر روش‌های گردابه-ویک، روش‌های گردابه ویک، روش‌های ویک آزاد
۷. مدل‌های محاسباتی پیشرفته
۸. بهینه‌سازی توربین‌های بادی
۹. افزایش چرخش و تعویق استال
۱۰. دوران پایا حول محور قائم در توربین بادی
۱۱. تولید نویز در توربین بادی

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

(ث) راهبردهای ارزشیابی :

۳۵ درصد	پروژه
۱۵ درصد	ارزشیابی مستمر
-	تمرین
۱۵ درصد	آزمون میان ترم
۳۵ درصد	آزمون پایان ترم



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Aerodynamics of Wind Turbines, M. L. Hansen, ۲nd Edition, Earthscan, ۲۰۰۸.
۲. Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery, ۷th Edition, S. L. Dixon and C. A. Hall Elsevier, ۲۰۱۴.
۳. Wind Turbine Technology, Fundamental Concepts of Wind Turbine Engineering, ۲nd Edition, David A. Spera (Editor), ASME Press, ۲۰۰۹.
۴. Wind Turbines _ Fundamentals, Technologies, Application, Economies, Erich Hau, Springer ۲۰۱۳.



عنوان درس به فارسی:		پردازش موازی	
عنوان درس به انگلیسی:		Parallel Processing	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	

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

هدف کلی:

امروزه، کامپیوتر به یک ابزار همگانی تبدیل شده است که در تمامی رشته‌های علوم و مهندسی کاربرد دارد. از طرفی به دلایل و ضرورت‌های عملیاتی و فنی، تقریباً تمامی کامپیوترها و تجهیزات محاسباتی دارای بیش از یک هسته محاسباتی بوده و قابلیت این را دارند که محاسبات را به صورت همزمان بر روی چند هسته پردازشی انجام دهند. اجرای همزمان محاسبات بر روی چندین پردازنده که اصطلاحاً به آن پردازش موازی می‌گویند، نیازمند برنامه‌نویسی موازی می‌باشد. با توجه به اینکه به نظر می‌رسد که آینده محاسبات با پردازش موازی عجین بوده، لذا آشنایی دانشجویان تحصیلات تکمیلی با تکنولوژی پردازش موازی و همچنین کسب دانش برنامه‌نویسی موازی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این درس دانشجویان با مفاهیم پایه پردازش و انجام محاسبات در رایانه‌ها، مفاهیم پردازش موازی، مدل‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری و همچنین روش‌ها و ابزارهای برنامه‌نویسی موازی آشنا خواهند شد. با توجه به پیشرفت و توسعه سریع در سخت‌افزار و همچنین نرم افزار رایانه‌ها، ضرورت دارد تا محتوای درس مرتباً به‌روز رسانی شده و مطالب جدید در اختیار دانشجویان قرار گیرد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمات و مفاهیم کلی پردازش در کامپیوتر
۲. آشنایی با لینوکس و کاربرد آن در برنامه‌نویسی موازی
۳. مقدمات و مفاهیم پردازش موازی
۴. آشنایی با استاندارد MPI برای برنامه‌نویسی موازی در مدل حافظه توزیع شده
۵. آشنایی با استاندارد OpenMP برای برنامه‌نویسی موازی در مدل حافظه مشترک
۶. آشنایی با سایر مدل‌های برنامه‌نویسی موازی و ابزارهای به‌روز پردازش موازی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه	۵۰ درصد
ارزشیابی مستمر	۱۰ درصد
تمرین	۱۰ درصد
آزمون میان‌ترم	۱۰ درصد
آزمون پایان‌ترم	۲۰ درصد



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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. An Introduction to Parallel Programming, Book by Peter Pachoco
۲. Parallel programming in C with MPI and OpenMP, Book by Michael J. Quinn
۳. Introduction to parallel programming, Book by Steven Brawer
۴. <https://www.guru۹۹.com/unix-linux-tutorial.html>
۵. <https://www.linux.org/forums/linux-beginner-tutorials.۱۲۳/>
۶. <https://www.w۳schools.in/c-tutorial/>
۷. <https://www.open-mpi.org/doc/current/>



عنوان درس به فارسی:		ترمودینامیک آماری	
عنوان درس به انگلیسی:		Statistical Thermodynamics	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	

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

هدف کلی:

هدف اصلی این درس ارائه اصول و مبانی ترمودینامیک آماری است. در این راستا قوانین اول و دوم ترمودینامیک و خواص ترمودینامیکی از نقطه نظر آماری بررسی خواهند شد. مطالبی که در این درس دنبال خواهد شد عبارت‌اند از اصل هایزنبرگ و معادله موج، تابع حامل انرژی‌های انتقالی، انرژی داخلی ذرات چند اتمی، واکنش‌های چندتایی و همزمان، روش‌های مختلف توزیع آماری و معادلات حالت

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمات: مقدمات احتمالات، معادلات ماکسول، تئوری اتمی
۲. اصل هایزنبرگ و مشخصه معادله موج، مدل هارمونیک برای انرژی نوسانی و دورانی، مولکول‌های دو اتمی و مدل عمومی
۳. تابع حائل انرژی‌های انتقالی، نوسانی، دورانی و الکترونیکی ذرات، مدل انیشتین و دبای برای اجسام جامد
۴. انرژی داخلی ذرات چند اتمی، تعیین ثابت‌های تعادل و عناصر موجود در واکنش‌های شیمیایی در حال تعادل
۵. واکنش‌های چندتایی و همزمان
۶. توزیع ذرات ماکسول=بولتزمن، توزیع بوز انیشتین و توزیع فرمی دیراک
۷. مدل Grand Canonical در سیستم‌های وابسته
۸. معادلات حالت، معادله حالت نیروئی (Virial)، تعیین ضرایب نیرویی در معادله حالت، توابع پتانسیل بین مولکول‌ها و ذرات برای تعیین ضرایب نیروئی، تعیین ضرائب نیرویی مخلوط چند گاز، مخلوط گاز مایع

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

ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه	-
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۵ درصد
آزمون میان‌ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان‌ترم	۴۵ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



۱. Norman M. Laurendeau, Statistical Thermodynamics, Cambridge University Press, ۲۰۰۵.
۲. Donald A. McQuarrie, Statistical Mechanics, University Science Books, ۲۰۰۰.
۳. Terrell L. Hill, an Introduction to Statistical Thermodynamics, Dover Publications, ۱۹۸۷.
۴. D. Chandler, Introduction to Modern Statistical Mechanics, Oxford University Press, ۱۹۸۷.
۵. J.E. Lay, Statistical Mechanics and Thermodynamics of Matter, Harper & Row Publisher, ۱۹۹۰.



عنوان درس به فارسی:		توربولانس	
عنوان درس به انگلیسی:		Turbulence	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با اصول فیزیکی و مبانی جریان مغشوش و همچنین مقدماتی از روش‌های مدل سازی جریان‌های آشفته آشنا می‌شوند که عمده‌ی مطالب مبتنی بر مراجع ۱ و ۲ است.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر فیزیک توربولانس
- کاربردها، ویژگی‌ها، روش‌های تحلیل، منشع، پخش و اسکیل‌ها در جریان توربولانس
۲. انتقال آشفته مومنتوم و حرارت
- تجزیه رینولدز، متغیرهای همبسته، تنش و معادلات رینولدز، تئوری جنبشی گازها، تخمین تنش رینولدز، تئوری طول مخلوط و محدودیت‌های آن
۳. دینامیک توربولانس
- ملاحظات فیزیکی معادلات انرژی جنبشی متوسط و توربولانسی، دینامیک ورتیسیتته متوسط و لحظه‌ای، دینامیک نوسانات دما
۴. جریان‌های برشی آزاد شامل ویک، جت و لایه مخلوط
۵. جریان‌های محدود به دیوار شامل جریان‌های لوله و کانال و همچنین لایه مرزی با اثرات گرادیان فشار
۶. انتقال آشفته ی همگن و ساکن در جریان برشی و خاص
۷. مباحث ویژه مرتبط با توربولانس
۸. مقدمه‌ای بر مدل سازی توربولانس

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

ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه	۱۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۴۰ درصد
آزمون پایان ترم	۴۰ درصد

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



چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. A first course in turbulence, H. Tennekes & J. H. Lumley.
۲. Turbulence, J. O. Hinze.
۳. Turbulent flow (Analysis, Measurement and Prediction) , P. S. Bernard & J. M. Wallace.
۴. Turbulence modeling for CFD, D. C. Wilcox.
۵. Introduction to turbulence, P. A. Libby.
۶. The physics of fluid turbulence, W. D. McComb.
۷. Turbulent flow, S. B. Pope.



عنوان درس به فارسی:		توربوماشین پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Turbomachinery	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	

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

هدف کلی:

هدف این درس آشنایی با معادلات حاکم در دستگاه مختصات چرخان و طراحی یک بعدی و سه بعدی توربوماشین های شعاعی و محوری می باشد. اصول طراحی کمپرسورهای محوری و گریز از مرکز و همچنین توربین های محوری و شعاعی آموزش داده می شود.

اهداف ویژه:

ب) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه: اهداف، تعاریف، مقایسه توربین های گازی با دیگر موتورها
۲. مروری بر ترمودینامیک: قانون اول ترمودینامیک، قانون دوم ترمودینامیک، معادله انرژی جریان دائم، توابع جریان تراکم پذیر برای یک گاز ایده آل، تعاریف راندمان توربوماشین ترمودینامیک سیکل های توربین گاز:
۳. دیاگرام دما-انترپی، فرایندهای واقعی، انتخاب نسبت فشار برای بیشترین توان، انتخاب نسبت فشار بهینه برای بیشترین راندمان، طراحی سیکل، محاسبات عملکرد سیکل، راندمان در مقابل توان مشخص برای موتورهای توربوشافت، سیکل های پیشران، مشخصات کاری سیکل های نیروی پیشران، توصیفات و عملکرد موتورهای دیگر
۴. دیفیوژن و دیفیوژرها: دیفیوژن در مجراها، اندازه گیری های عملکرد، افزایش تنوریک فشار به عنوان یک معیار طراحی، اثرگذاری دیفیوژرها، داده های عملکردی دیفیوژرهای محوری، عملکرد دیفیوژرهای شعاعی، درفت تیوپ برای توربین های هیدرولیکی، فاکتور ریسک در طراحی دیفیوژر
۵. انتقال انرژی در توربوماشین ها: معادله ی اویلر، دیاگرام های سرعت، کمپرسورهای محوری و دیاگرام های سرعت پمپ، دیاگرام های سرعت توربوماشین های شعاعی، اصلاحات بازده ماکزیمم طبقه با نسبت شعاع و سرعت ویژه، روش های طراحی مقدماتی توربوماشین های جریان شعاعی، انتخاب تعداد مرحله
۶. دیاگرام های سرعت سه بعدی در توربوماشین های محوری: طبقه کار-ثابت، شرایط تعادل شعاعی، کاربرد معادله تعادل شعاعی برای توزیع سرعت، تغییر ضریب عکس العمل، ملاحظات عملی پیش پره ها، روش های محاسبه ی انحناء-خط جریان
۷. طراحی و پیش بینی عملکرد توربین های جریان محوری: مراحل طراحی مقدماتی، شکل و تعداد پره، مراحل طراحی جزئی با تاکید بر موتورهای هواپیما، اثرات توزیع انحنای سطح پره، طراحی انحنای پره توربین، برهمکنش روتور-استاتور، تخمین راندمان عملکرد طبقات توربین محوری، رفتار توربین های هوا-خنک شونده، روابط تلفات، داده های ضریب تلفات برای توربوماشین جریان محوری، ویژگی های عملکردی توربین
۸. طراحی و پیش بینی عملکرد کمپرسورهای محوری:



مقدمه، تست کسکید، طراحی اولیه‌ی فن‌های تک-طبقه و کمپرسورها، طراحی تیغه کمپرسور با انحنا معین، تخمین عملکرد کمپرسورهای جریان محوری، طراحی و تحلیل کمپرسورهای محوری چند طبقه، سرچ، مرحله stacking کمپرسور محوری، روشهای راه اندازی سرعت پایین برای کاهش استال، کمپرسورهای محوری-شعاعی، فن‌ها و کمپرسورهای گذر صوتی، هندسه‌های اصلاح شده پره‌ها، فلاتر، طراحی پمپ جریان محوری ۹. روش‌های طراحی توربوماشین‌های شعاعی:

پیچیدگی‌های طراحی دقیق، مزایا و معایب و حوزه‌های کاربرد، فرآیند طراحی برای کمپرسورها، فن‌ها و پمپ‌ها، فرآیند طراحی برای توربین‌های جریان شعاعی، نازل‌های توربین‌های جریان شعاعی، مشخصات کاری توربوماشین‌های جریان شعاعی، پیکربندی‌های روتور، شکل پره، محدوده‌ی سرچ، تخمین عملکرد در شرایط غیر طراحی، طراحی پمپ‌های سانتریفیوژ، کاویتاسیون و جریان دوفازی در پمپ‌ها، تلفات کاری کاویتاسیون ۱۰. طراحی توربوماشین‌ها با استفاده از نرم‌افزار CFX و تحلیل CFD توربوماشین‌ها

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

ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه	۲۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۵ درصد
آزمون میان‌ترم	۳۰ درصد
آزمون پایان‌ترم	۳۵ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Wilson, David Gordon, "The Design of High-Efficiency Turbomachinery and Gas Turbines", ۲nd Edition, Prentice-Hall Inc, ۱۹۹۸.
۲. Dixon S. L., Fluid Mechanics & Thermodynamics of Turbomachinery, Elsevier, ۷th Edition.
۳. Turbo Machines, Arasu, A. V., VIKAS Publishing House PVT LTD, ۲۰۰۱.
۴. توربوماشین‌ها، دکتر ابراهیم شیرانی، ویرایش دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
۵. Hydraulic and Compressible Flow Turbomachinery, Sayers, A. T., McGraw-Hill book Company, ۱۹۹۰.
۶. Mechanics and Thermodynamics of Propulsion, Hill, P. G. and Peterson, C. R., ۱۹۹۲.



عنوان درس به فارسی:		توربین گاز پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Gas Turbine	
دروس پیش‌نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم‌نیاز:		☐ پایه ☐ نظری	
تعداد واحد:	۳	☐ تخصصی اجباری ☐ عملی	
تعداد ساعت:	۴۸	☐ نظری / عملی ☒ تخصصی اختیاری	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی ■ آزمایشگاه ■ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر:

هدف کلی:

هدف این درس فراگیری اصول عملکرد انواع توربین گاز، طراحی صفر بعدی سیکل توربین گاز، طراحی یک بعدی اجزا و بررسی انطباق اجزا می‌باشد.

اهداف ویژه:

ب) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. آشنایی با اصول کارکرد موتورهای بنزینی:
- سیکل باز با ترکیب تک محور و دو محور، ترکیب چند محور، سیکل بسته، پیشران‌ها، کاربردهای صنعتی، پروسه طراحی توربین گاز
۲. سیکل‌های تولید قدرت:
- روش محاسبه تلفات اجزا، محاسبه عملکرد نقطه طراحی، عملکرد مقایسه ای سیکل‌های عملی، سیکل‌های ترکیبی، توربین گاز سیکل بسته
۳. توربین گاز برای تولید پیشران:
- معیارهای عملکردی، بازده نازل پیشران و ورودی هوا، سیکل ساده توربوجت، موتور توربوفن، موتور توربوپراپ، افزایش پیشران
۴. طراحی دهانه ورودی هوا و طراحی نازل
۵. کمپرسورهای گریز از مرکز:
- دیفیوزر، اثرات تراکم‌پذیری، کمیت‌های بی‌بعد، منحنی عملکردی کمپرسور، روش طراحی
۶. طراحی کمپرسور و فن محوری:
- تئوری پایه، فاکتورهای مؤثر در نسبت فشار، انسداد، ضریب عکس‌العمل، جریان سه‌بعدی، روند طراحی، طراحی پره، محاسبه عملکرد طبقه، اثرات تراکم‌پذیری، عملکرد خارج طرح، منحنی عملکردی کمپرسور محوری
۷. طراحی توربین محوری:
- تئوری اولیه توربین محوری، تئوری ورتکس، انتخاب پروفیل پره، گام و کورد، تخمین عملکرد طبقه، عملکرد کلی توربین، توربین‌های خنک‌شونده، توربین شعاعی
۸. طراحی محفظه احتراق:
- الزامات عملکردی، انواع سیستم احتراق، فاکتورهای طراحی محفظه احتراق، عملکرد محفظه احتراق
۹. طراحی و پیش‌بینی عملکرد توربین گاز برای شرایط خارج از نقطه طراحی:
- منحنی عملکرد اجزا، عملکرد خارج طرح توربین گاز تک محور، خط تعادل ژنراتور گازی، عملکرد خارج طرح موتور توربین آزاد، عملکرد خارج طرح موتور جت، روش‌های رسم خط تعادل

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

ث) راهبردهای ارزشیابی:



۲۰ درصد	پروژه
۱۵ درصد	ارزشیابی مستمر
-	تمرین
۳۰ درصد	آزمون میان‌ترم
۳۵ درصد	آزمون پایان‌ترم

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Gas Turbine Theory, Cohen, Rogers .
۲. Mechanics and Thermodynamic of Propulsion, Hill & Peterson.
۳. Elements of Propulsion, Mattingly.



عنوان درس به فارسی:		دینامیک ذرات معلق	
عنوان درس به انگلیسی:		Aerosol Dynamics	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان دینامیک ذرات معلق جامد و مایع در هوا و نحوه مدل سازی آن را فرا خواهند گرفت.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه
۲. خواص گازهای ایده آل
۳. توزیع آماری اندازه ذرات
۴. حرکت یکنواخت در ذرات معلق
۵. حرکت شتابدار مستقیم الخط و حرکت منحنی الخط در ذرات معلق
۶. حرکت براونی و پخش
۷. نشست ذرات معلق
۸. چسبندگی در ذرات معلق
۹. تبخیر و میعان
۱۰. فیلتراسیون
۱۱. خواص الکتریکی ذرات معلق
۱۲. خواص اپتیکی ذرات معلق
۱۳. روش های اندازه گیری ذرات معلق

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

ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه	۲۰ درصد
ارزشیابی مستمر	۱۰ درصد
تمرین	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۳۰ درصد
آزمون پایان ترم	۳۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. W.C. Hinds, Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles, ۲nd Edition, Wiley, ۱۹۹۹.
۲. S.K. Friedlander, Smoke, Dust and Haze, Fundamental of Aerosol Dynamics, ۲nd Edition, Oxford University Press, ۲۰۰۰.
۳. J.H. Seinfeld and S.N. Pandis, Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change, ۳rd Edition, Wiley, ۲۰۱۶.
۴. F. M. White, Viscous Fluid Flow, McGraw Hill, New York, ۲۰۰۶.
۵. R.L. Panton, Incompressible Flow, ۴th Edition, Wiley, ۲۰۱۳.



عنوان درس به فارسی:		دینامیک سیالات محاسباتی ۱	
عنوان درس به انگلیسی:		Computational Fluid Dynamics I	
دروس پیش نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐	

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان مباحث مربوط به حل عددی معادلات PDE و تحلیل خطای ایجاد شده به وسیله روش‌های مختلف گسسته‌سازی را فرا خواهند گرفت.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه:

- a. دسته‌بندی رفتار معادلات PDE
- b. دسته‌بندی معادله شبه‌خطی مرتبه دوم بر اساس وجود مسیرهای مشخصه‌ای، فرم کانونیک معادلات
- c. معادلات نوع هایپربولیک، معادله موج خطی مرتبه اول و دوم و حل مشخصه‌ای آن
- d. معادلات نوع پارابولیک، معادله انتقال حرارت
- e. معادلات نوع الیپتیک، معادله لاپلاس
- f. رفتار سیستم معادلات شبه‌خطی مرتبه اول
- g. تعیین رفتار معادلات مرتبه بالاتر و در چند بعد فضا
- h. انتخاب شرایط مرزی و اولیه مناسب برای معادلات PDE، تعریف مساله خوش رفتار
- i. معرفی معادله‌های مدل ساده متناظر با معادلات ناویر-استوکس

۲. گسسته‌سازی معادلات به روش تفاضل محدود Finite Difference Discretization Techniques

- a. بدست آوردن تقریب‌های تفاضلی برای عبارت مشتق
 - i. استفاده از سری تیلور
 - ii. استفاده از اپراتورهای تفاضلی
 - iii. تقریب مرتبه بالای فشرده یا ضمنی مشتق
 - iv. تقریب مشتق با استفاده از برازش چند جمله‌ای
 - v. تقریب مشتق در چند بعد فضا، مشتق‌های مختلط
- b. بدست آوردن معادلات تفاضلی FDE
 - i. فرم صریح معادلات FDE
 - ii. فرم ضمنی معادلات FDE
 - iii. تعریف خطای سازگاری و پایداری
 - iv. قضیه Lax و شرط همگرایی جواب معادله FDE به جواب دقیق معادله PDE
- c. روش‌های مرسوم بررسی پایداری، روش فوریه، روش ماتریسی و روش انرژی



- d. بررسی خطای روش‌های عددی در روی شبکه‌های با سائز محدود
 - i. تحلیل خطا به کمک معادله اصلاح شده
 - ii. تحلیل فرکانسی خطا
 - e. روش‌های تفاضل محدود برای معادلات با رفتار هایپربولیک (معادله Advection)
 - i. روش‌های مرتبه اول ضمنی و صریح و خطای دامنه
 - ii. روش‌های مرتبه دوم ضمنی و صریح و خطای فاز
 - iii. روش‌های چند مرحله‌ای
 - iv. تعمیم به چند بعد فضا، روش کاملاً گسسته در مقابل روش تقسیم اپراتورها
 - f. روش‌های تفاضل محدود برای معادلات با رفتار پارابولیک (معادله دیفیوژن)
 - i. روش‌های صریح و ضمنی ساده
 - ii. روش Crank-Nicolson و الگوریتم ترکیبی
 - iii. روش Keller Box
 - iv. تعمیم به چند بعد فضا، روش کاملاً گسسته در برابر روش ADI و روش عمومی فاکتورگیری ضمنی
 - g. روش‌های تفاضل محدود برای معادلات با رفتار الیپتیک (معادله پواسون)
 - i. الگوریتم پنج نقطه‌ای و نه نقطه‌ای
 - ii. روش‌های مستقیم و تکراری حل دستگاه معادلات جبری: روش‌های تکراری ایستا: ژاکوبی، گوس-سیدل، SOR و SIP تکنیک‌های شتاب‌دهی روش‌های ایستا، روش چند شبکه‌ای
 - روش‌های غیر ایستا، تعریف فرم مرتبه دوم، روش سریعترین فرود، روش جهت‌های جستجو مزدوج و گرادیان مزدوج و BCG و GMRES
 - h. روش حل دستگاه معادلات غیر خطی، روش شبه نیوتونی و روش تکراری Picard
۳. روش‌های تفاضل محدود برای معادلات هایپربولیک غیر خطی
- a. فرم اسکالر معادله بقا، تعریف سرعت موج و فرم شبه خطی، رفتار مشخصه‌ها و جواب مشخصه‌ای معادله غیرخطی
 - b. ایجاد موج ضربه‌ای، تعریف جواب ضعیف و شرط هوگونیوت، غیریکتابی جواب ضعیف و شرط انتروپی عددی
 - c. تعمیم صوری روش‌های خطی به معادله برگرز، روش‌های عددی برای معادله convection-diffusion
۴. گسسته سازی معادلات به روش حجم محدود Finite Volume Methods
- a. فرم انتگرالی معادله ژنریک Convection-Diffusion
 - b. تعریف کمیت متوسط سلولی و تقریب انتگرال‌های حجمی و سطحی در معادله ژنریک با دقت مورد نظر
 - c. میان‌یابی کمیت‌های سطحی از مقادیر متوسط سلولی در محاسبه شار جابجایی، روش CDS، UDS، الگوریتم ترکیبی Spalding، روش تصحیح تاخیری Deferred Correction، روش QUICK و روش‌های High-Resolution
 - d. تعمیم به چند بعد فضا
۵. گسسته سازی معادلات به روش المان محدود گالرگین Galerkin Finite Element Method
- a. روش‌های باقیمانده وزنی Weighted Residual Methods و انواع آن
 - b. روش المان محدود گالرگین
 - c. تعریف توابع شکل خطی و quadratic و بررسی دقت آنها در میان‌یابی جواب
 - d. اعمال روش المان محدود گالرگین به معادله Sturm-Liouville
 - e. اعمال روش المان محدود گالرگین به معادله کانوکشن-دیفیوژن
 - f. تعمیم به چند بعد فضا، اعمال روش المان محدود گالرگین به معادله پواسون

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



ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه	۵۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	-
آزمون میان ترم	۲۵ درصد
آزمون پایان ترم	۲۵ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer, Third Edition, Pletcher, Tanehill, Anderson.
۲. Computational Methods for Fluid Dynamics, Ferziger, Peric.
۳. Numerical Methods for Conservation Laws, LeVeque.
۴. Hand Book of Grid Generation, Tompson, Soni, Weatherill.



عنوان درس به فارسی:		دینامیک سیالات محاسباتی ۲	
عنوان درس به انگلیسی:		Computational Fluid Dynamics II	
دروس پیش نیاز:		دینامیک سیالات محاسباتی ۱	
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:		۳	
تعداد ساعت:		۴۸	
نوع درس و واحد			
نظری	پایه		
عملی	تخصصی اجباری		
نظری / عملی	تخصصی اختیاری		

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان مباحث تکمیلی مربوط به روش‌های حل معادلات ناویر-استوکس تراکم‌پذیر و تراکم‌ناپذیر و همچنین مقدمه‌ای بر روش‌های تولید شبکه محاسباتی را فرا خواهند گرفت.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: مراحل انجام یک حل CFD

- مرور معادلات حاکم بر جریانهای تراکم‌ناپذیر و تراکم‌پذیر
- گذار جریان آرام به درهم و خواص گردابه‌ها در جریان درهم، ملزومات و موانع حل مستقیم (DNS)
- خواص اپراتور متوسط‌گیری و معادلات RANS
- معادلات تنش رینولدز و مساله بسته نبودن توربولانس (Closure Problem)
- مدل‌های جبری، یک معادله ای، دو معادله‌ای، ASM، RSM
- روش LES، معرفی فیلترها، مدل Smagorinsky و مدل‌های دینامیکی

۲. روش‌های تولید شبکه محاسباتی

- معرفی شبکه‌های بی‌سازمان، بی‌سازمان و برهم نهاده Overset
- روش‌های جبری (میانپایی) تولید شبکه با سازمان (Transfinite interpolation TFI)
 - میانپای‌های خطی، لاگرانژی و هرمیتی
 - توابع کنترل برای ایجاد فشردگی و کشیدگی در شبکه
- روش حل معادلات PDE برای ایجاد شبکه‌های بی‌سازمان
 - سیستم‌های مولد بیضوی، روش گسسته‌سازی و حل آن
 - نگاشت‌های کنترل شبکه
 - سیستم‌های مولد هایپربولیک
- شبکه‌های بی‌سازمان، ماتریس connectivity و الگوریتم‌های جستجو

i. روش دلانی Delaunay-Voronoi

ii. روش جبهه پیش رونده Advancing Front

۳. روش‌های حل معادلات جریان تراکم‌ناپذیر

- رفتار معادلات تراکم‌ناپذیر و مشکل ترم فشار
- حذف ترم فشار: روش ورتیسیته-تابع جریان
- روش تراکم‌پذیری مصنوعی



d. روشهای تصویرسازی (projection methods)

- i. انتخاب ترتیب متغیرها در روی شبکه، شبکه جابجا شده (staggered) و هم مکان هم مکان (collocated)
- ii. روشهای تصحیح فشار صریح، روش گام جزئی Fractional step method
- iii. روشهای تصحیح فشار ضمنی:
الگوریتم SIMPLE
الگوریتم SIMPLER، SIMPLEC و PISO
الگوریتم SIMPLE در روی شبکه هم مکان، اصلاح Rhie-Chow
- iv. شرایط مرزی معادلات تراکم‌ناپذیر
- v. حل معادلات در روی شبکه‌های پیچیده

۴. روش حل معادلات تراکم‌پذیر

- a. خواص معادلات جریان تراکم‌پذیر و اهمیت وجود مشخصه‌ها
- b. معادله بقا غیرخطی، وجود ناپیوستگی، جواب ضعیف و شرط انتروپی عددی
- c. فرم بقایی روش عددی و قضیه همگرایی Lax-Wendroff
- d. تعریف تابع تغییرات کل (Total Variation) و قضیه پایداری Harten-Lax
- e. روش‌های مرتبه اول یکنوا Monotone Scheme
 - i. تعریف یکنوایی
 - ii. روش Lax-Friedrichs
 - iii. روش Osher-Engquist
 - iv. تعریف مساله ریمان و روش گودونف Godunov
 - v. روش Roe برای خطی‌سازی مساله ریمان
- f. روش‌های مرتبه بالا با حفظ یکنوایی (monotonicity preserving) و قدرت تفکیک بالا (High Resolution)
 - i. روش استهلاک مصنوعی JST (Jameson-Schmidt-Turkel)
 - ii. روش‌های مرتبه دوم TVD:
 - روش محدود سازی تابع فلاکس (Flux limiter)
 - روش محدود سازی شیب (Slope limiter)
 - iii. روش‌های ENO و WENO
- g. روش تعمیم به سیستم معادلات غیرخطی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه	۵۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	-
آزمون میان‌ترم	۲۵ درصد
آزمون پایان‌ترم	۲۵ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.



۱. Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer, Third Edition, Pletcher, Tanehill, Anderson.
۲. Computational Methods for Fluid Dynamics, Ferziger, Peric.
۳. Numerical Methods for Conservation Laws, LeVeque.
۴. Hand Book of Grid Generation, Tompson, Soni, Weatherill.
۵. Turbulence Modeling for CFD, Wilcox.



عنوان درس به فارسی:		دینامیک گاز پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Gas Dynamics	
دروس پیش‌نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم‌نیاز:		☐ پایه ☐ نظری	
تعداد واحد:	۳	☐ تخصصی اجباری ☐ عملی	
تعداد ساعت:	۴۸	☐ نظری / عملی ☒ تخصصی اختیاری	

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان به درک عمیق‌تری از دینامیک گازها و جریان‌های تراکم‌پذیر می‌رسند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه

- a. تعریف جریان تراکم‌پذیر
- b. تراکم‌پذیری هم‌دما
- c. تراکم‌پذیری آیزنتروپیک
- d. رژیم‌های جریان
- e. مروری بر ترمودینامیک
- f. گاز کامل
- g. گاز واقعی
- h. مخلوط واکنشی گاز کامل
- i. روابط آیزنتروپیک

۲. معادلات حاکم

- a. شکل انتگرالی معادله پیوستگی
- b. شکل انتگرالی معادله مومنتوم
- c. شکل انتگرالی معادله انرژی
- d. شکل دیفرانسیلی معادله پیوستگی
- e. شکل دیفرانسیلی معادله مومنتوم
- f. شکل دیفرانسیلی معادله انرژی
- g. تئوری Crocco
- h. تئوری آکوستیک

۳. جریان یک بعدی پایا

- a. روابط شوک عمودی
- b. روابط هوگونیوت

۴. شوک مایل و موج انبساطی



a. روابط شوک مایل

b. Shock Polar

c. نمودار Pressure Deflection

d. موج انبساطی Prandtl-Meyer

e. تئوری انبساط شوک

۵. جریان نازل

a. معادلات حاکم

b. روابط سرعت-مقطع سطح

c. روابط آیزنروپیک در نازل

۶. جریان یک بعدی پایا

a. جریان در کانال با مقطع ثابت با اصطکاک

b. خط Fanno

c. جریان بدون اصطکاک در کانال با مقطع ثابت با انتقال حرارت

d. خط Rayleigh

e. جریان هم‌دما

۷. حرکت موج ناپایا

a. حرکت امواج شوک عمودی

b. انعکاس امواج شوک

c. امواج غیرخطی

d. برخورد و انعکاس امواج انبساطی

e. روابط لوله شوک

۸. جریان پتانسیل

a. مقدمه

b. جریان غیرچرخشی

c. معادله پتانسیل سرعت

d. معادله لاپلاس

۹. جریان خطی شده

a. مقدمه

b. معادله پتانسیل سرعت خطی شده

c. ضریب فشار خطی شده

d. جریان فروصوتی خطی شده

e. تصحیحات تراکم پذیری

f. عدد ماخ بحرانی

g. واگرایی درگ

h. جریان فوق صوتی خطی شده

۱۰. جریان مخروطی

a. مقدمه

b. معادلات حاکم در مختصات خمیده‌ی عمودی

c. فرمولاسیون Taylor-Moccol



d. رویی عددی

e. جنبه‌های فیزیکی جریان فوق صوتی روی مخروط‌ها

۱۱. روش مشخصه‌ها

a. طبقه بندی معادلات مشتق جزئی

b. تئوری مشخصه‌ها

c. خطوط مشخصه جریان غیرچرخشی دوبعدی

d. معادلات تراکم‌پذیری

e. رویه عددی

f. طراحی نازل فوق صوتی

ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه ۱۰ درصد

ارزشیابی مستمر ۳۰ درصد

تمرین -

آزمون میان‌ترم ۳۰ درصد

آزمون پایان‌ترم ۳۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Anderson, J. D., Modern Compressible Flow, ۲nd Edition, McGraw-Hill, ۱۹۹۰.
۲. Elements of Gas Dynamics, Lieppman and Roshko, John Wiley, ۱۹۵۷.
۳. The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow, A. H., Shapiro, Vol I, John Wiley, ۱۹۵۳.
۴. Compressible Fluid Dynamics, P. H., Thompson, McGraw-Hill, ۱۹۷۲.
۵. Gas Dynamics, M. J. Zucrow and J. D. Hoffman, Vol I, John Wiley, ۱۹۷۶.
۶. Gas Dynamics, M. J. Zucrow and J. D. Hoffman, Vol II, John Wiley, ۱۹۷۷.
۷. Viscous and Compressible Fluid Dynamics, M. E. O'Neil and F. Chorlton, Ellis Horwood, ۱۹۸۹.



عنوان درس به فارسی:		روش های عددی پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Numerical Methods	
دروس پیش نیاز:		نظری ☒ پایه ☐	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با پیش زمینه های لازم برای درک مفاهیم روش های عددی آشنا می شوند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه
۲. درونیابی و برازش منحنی:
۳. درونیابی لاگرانژ و تفاضل تقسیم شده، نقاط چبیشف، میان یابی هرمیتی مکعبی، Spline، روش کمترین مربعات
۴. حل معادلات غیرخطی:
۵. روش Bisection، روش نیوتون رفسون، روش سکانت، روش جایگزینی متوالی
۶. روش های انتگرال گیری:
۷. نیوتون کوتز باز و بسته، گوس کوادراچر، گوس هرمیت، انتگرال دو بل، انتگرال های ناسره
۸. حل دستگاه معادلات خطی و مسائل مقادیر ویژه:
۹. روش LU، روش توانی، توانی معکوس، توانی معکوس انتقال یافته، Householder Bisection، Householder/QR Iteration
۱۰. مشتق گیری عددی
۱۱. حل معادلات دیفرانسیل پاره ای:
۱۲. معادلات بیضوی، روش Jacobi Iterative، معادلات سهموی، روش صریح، روش ضمنی، معادلات هذلولوی

ث) راهبردهای ارزشیابی:

۳۰ درصد	پروژه
۱۰ درصد	ارزشیابی مستمر
-	تمرین
۳۰ درصد	آزمون میان ترم
۳۰ درصد	آزمون پایان ترم

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه: لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Numerical methods for engineers and scientists, J. D. Hoffman
۲. Numerical analysis, D. Kincaid, W. Cheney
۳. Numerical methods for scientists and engineers, H. M. Antia
۴. Burden, R.L., Faires, J.D., Numerical Analysis, ۹th Ed., Congage Learning, ۲۰۱۱.
۵. Chapra, S.C., Canale, R.P., Numerical Methods for Engineers, ۶th Ed., McGraw-Hill, ۲۰۱۰.
۶. ویلیام اچ پرس، ترجمه منصور نیکخواه بهرامی، دستورالعمل محاسبات عددی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۵.
۷. اصغر کرایه چیان، محاسبات عددی، رواق مهر، ۱۳۸۸.



عنوان درس به فارسی:		ریاضیات مهندسی پیشرفته ۲	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Engineering Mathematics II	
دروس پیش نیاز:	ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱	نظری ☒ پایه ☐	نوع درس و واحد
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	برای دوره ی دکتری	

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

هدف کلی:

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. کاربردهایی از آنالیز مختلط:

انتگرال وارون مختلط، تبدیل مختلط فوریه و وارون آن، اصل آوند، قضیه روزه، معیار نایکوئیست، اصل اساسی جبر، ادامه تحلیلی، تئوری پتانسیل، مسائل دیریشله و نویمن، نگاشت همدیس و چند مثال، مسائل دیریشله و نویمن برای دایره و نیم صفحه، توابع گرین، نگاشت شوارتز-کریستوفل، نگاشت ژوکوفسکی

۲. کاربرد آنالیز مختلط در مطالعه جریان دوبعدی ایده آل، مسائل دو بعدی در الاستیسیته خطی

۳. نگاهی به معادلات دیفرانسیل پاره ای:

معادلات شبه خطی رسته یک، پیدایش ضربه، مسئله ترافیک، قضیه کوشی-کوالفسکی، معادلات رسته دو، تقلیل معادلات هذلولوی، سهموی و بیضوی به فرم متعارف، جدایی متغیرها در مختصات مختلف، مرور معادلات دیفرانسیل عادی رسته دو و حل سری، طبقه بندی تکینگی ها، معادله پاپریتز و معادله فوق هندسی، معادله دیفرانسیل فوق هندسی هم ریز و سری های مربوطه

۴. توابع خاص:

تابع گاما و دایگاما، توابع بسل و نمایش انتگرالی آنها، روابط بازگشتی و روابط مشتق، مسئله استورم لیوویل و تعامد توابع بسل، توابع لژاندر

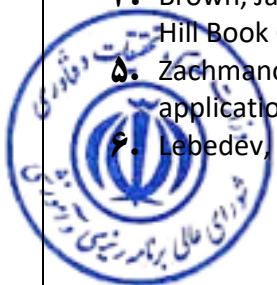
ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه	-
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۲۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۵ درصد
آزمون پایان ترم	۴۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه: لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Zill, Dennis G. Advanced engineering mathematics. Jones & Bartlett Publishers, ۲۰۲۰.
۲. Wylie, Clarence Raymond, Louis C. Barrett, and Clarence R. Wylie. "Advanced engineering mathematics." (۱۹۶۰).
۳. Kreyszig, Erwin. "Advanced Engineering Mathematics ۱۰th Edition." (۲۰۰۹).
۴. Brown, James Ward, and Ruel V. Churchill. Complex variables and applications eighth edition. McGraw-Hill Book Company, ۲۰۰۹.
۵. Zachmanoglou, Eleftherios C., and Dale W. Thoe. Introduction to partial differential equations with applications. Courier Corporation, ۱۹۸۶.
۶. Lebedev, Nikolai Nikolaevich. Special functions and their applications. Prentice-Hall, ۱۹۶۵.



عنوان درس به فارسی:		سیستم های اندازه گیری پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Measurement Systems	
نوع درس و واحد			
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸		

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با اصول، روش ها و حسگرهای اندازه گیری کمیت های الکتریکی، مکانیکی آشنا می شوند. همچنین روش های بررسی صحت اندازه گیری ها و داده ها و چگونگی انجام شبیه سازی سیستم های اندازه گیری بیان می شوند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. یادآوری و مقدمه

a. اهداف، انگیزه و کاربرد سیستم های اندازه گیری در کنترل و صنعت

۲. اصول و تعاریف سیستم های اندازه گیری و محدودیت ها

a. مشخصات استاتیکی و نحوه انجام آزمایش برای بدست آوردن این مشخصات

b. مشخصات دینامیکی و نحوه انجام آزمایش برای بدست آوردن این مشخصات

c. روش های مدل سازی سیستم های اندازه گیری

d. مشخصات آماری و نحوه انجام آزمایش برای بدست آوردن این مشخصات

e. روش های آماری ارزیابی میزان دقت اندازه گیری ها

f. دیاگرام های P&ID

g. روش های کالیبراسیون

۳. انواع خطا و روش های جبران خطا

a. روش های جبران خطاهای استاتیکی و دینامیکی

b. معرفی، محاسبه و جبران خطای بارگذاری

۴. مدارات آماده سازی سیگنال (آنالوگ و دیجیتال)

a. مدارهای جمع کننده، تفریق کننده، بایاس، مقایسه کننده، تقویت کننده، انتگرال گیر، مشتق گیر، تقویت کننده ابزار دقیق، تقویت کننده تفاضلی، ساخت توابع غیرخطی

b. مدارهای مبدل کمیت های الکتریکی به یکدیگر

c. مدارهای فیلترهای اکتیو و پسیو، مدارها و روش های کاهش اثر نویز و شیلددار کردن

d. مدارهای مبدل آنالوگ به دیجیتال و دیجیتال به آنالوگ و اصول نمونه برداری، نکات مهم در استفاده از ریزپردازنده ها و کامپیوترها

۵. یادآوری و تکمیل انواع حسگرها و اندازه گیری کمیت های الکتریکی و مکانیکی

a. روش ها و حسگرهای اندازه گیری دما (RTD، ترمیستور، ترموکوپل، LM^{۳۵}، LM^{۷۵} و روش های نوری و تابشی، لیزری و شیمیایی)

b. حسگرهای اندازه گیری نیرو (Load Cell Strain Gauge و غیره)

c. یادآوری و تکمیل روش ها و حسگرهای اندازه گیری فشار (Bimetal، Manometer، Burdon Gauge، پیزوالکتریک، فیبر نوری)



d. حسگرهای اندازه‌گیری جریان سیالات و جامدات (آلتراسونیک، ونتوری، ارفیس، پیتوت، پیمان‌ای، اثر کوریولیس و مغناطیسی)

e. حسگرهای اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی (حسگرهای اثر هال، حسگرهای جریان، ولتاژ، فرکانس و شار، اینکدرها)

۶. آشنایی با محرک‌های الکتریکی و مکانیکی

a. محرک مکانیکی (سرو موتورهای هیدرولیکی و نیوماتیکی خطی و دوار و غیره)

b. محرک‌های الکتریکی (سرو موتورهای الکتریکی DC و AC، موتور پله‌ای، رله‌ها)

۷. حسگرهای هوشمند

a. آشنایی به مزایا و ویژگی‌های سنسورهای هوشمند

b. بررسی یک سیستم صنعتی دارای حسگرهای هوشمند

c. طراحی سنسور هوشمند

۸. آشنایی با شبکه‌های صنعتی

a. اصول شبکه‌های صنعتی

b. شبکه‌های پروفیباس

c. شبکه‌های مدباس

۹. آشنایی با نرم افزارهای مونیتورینگ سیستم‌های اندازه‌گیری

۹.۱ Labview

۹.۲ Matlab

۹.۳ Wincc

۱۰. سرعت سنجی تصویری ذرات (PIV) Particle Image Velocimetry

۱۱. لیزر داپلر (LDV) Laser Doppler Velocimetry

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

۲۰ درصد	پروژه
۲۰ درصد	ارزشیابی مستمر
-	تمرین
-	آزمون میان‌ترم
۶۰ درصد	آزمون پایان‌ترم

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه: لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- Alan S. Morris, Principle of Measurement and Instrumentation, Prentice Hall, ۱۹۹۳.
- C. A. Smith and A. B. Corripio, Principles and Practice of Automatic Control, John Wiley and Sons, ۱۹۸۵.
- G. K. McMillian and D. M. Considine, Process Industrial Instruments and Controls, Handbook, ۵th Ed., Mc Grow Hill, ۱۹۹۹.
- M. C. Jacob, Industrial Control Electronics: Applications and Design, Mc Grow Hill, ۱۹۸۸.
- J. P. Bentley, Principles of Measurement Systems, ۲nd Ed., Longman Inc., ۱۹۸۳.
- Figliola, R.S., and Beasley, D.E., Theory and Design for Mechanical Measurement, ۴th Edition, Wiley, ۲۰۰۶.
- Doebelin, E. O., Measurement Systems, Application and Design, ۴th Edition, McGraw-Hill, ۲۰۰۴.



عنوان درس به فارسی:		سیستم های انرژی پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Energy Systems	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐
تعداد ساعت:		۴۸	

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

هدف کلی:

سیستم های انرژی در شکل های مختلف خود نیازهای روز بشر را تامین می کنند و رشد تکنولوژی در این عرصه به بهبود راندمان، کاهش مصرف سوخت و ذخیره سازی بهینه انرژی کمک می نماید. در این درس تلاش می شود که ابتدا دانشجویان با سیستم های متداول تبدیل انرژی آشنا شده و سپس با آشنایی با تکنولوژی های جدید و غیرمتداول اقدام به تحلیل این سیستم های نمایند. سیکل های تولید توان مدرن و غیرمعمول و عموماً هیبریدی نیز بررسی شده و ضمناً روش های جدید مورد استفاده در محرکه های زمینی و هوایی معرفی شده و اقدام به بررسی علمی این روش ها می گردد. در پایان نیز در مورد اقتصاد و بررسی قیمت تمام شده تولید برق به روش های مختلف مطالبی ارائه می گردد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. منابع انرژی و روش های تبدیل انرژی

- مقدمه
- منابع اولیه و ثانویه انرژی
- سیستم های انرژی
- روش های مدرن تولید توان
- محرکه های غیرمتداول

۲. چرخه های پیشرفته و غیرمتداول:

- مقدمه
- انواع چرخه های هوایی استاندارد
- چرخه های مدرن تولید توان
- چرخه های تولید همزمان و هیبرید
- تحلیل ترمودینامیکی چرخه های مدرن تولید توان

۳. انرژی های نو:

- مقدمه
- روش های تولید برق تجدید پذیر
- تحلیل انرژی در سیستم های تجدید پذیر
- آلایندگی سیستم های تجدید پذیر

۴. سیستم های پیشرفته ذخیره سازی انرژی:

- مقدمه
- پارامترهای مهم در سیستم های ذخیره ساز انرژی



c. روش‌های ذخیره‌سازی انرژی

d. روند تکنولوژی در حوزه ذخیره‌سازی انرژی

۵. راندمان انرژی:

a. مقدمه

b. روند بهبود راندمان انرژی

c. روش‌های بهبود راندمان

d. پارامترهای مهم در بهبود راندمان تجهیزات توربین های گازی

e. نتیجه‌گیری

۶. اقتصاد تولید برق:

a. مقدمه

b. اقتصاد کلان تولید برق در دنیا و ایران

c. محوه محاسبه قیمت تمام شده برق

d. مقایسه اقتصادی روش‌های تولید برق

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه ۲۰ درصد

ارزشیابی مستمر ۱۰ درصد

تمرین -

آزمون میان‌ترم ۲۰ درصد

آزمون پایان‌ترم ۵۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. V. Khartchenko, Vadym M. Khartchenko, Advanced Energy Systems, ۲nd Edition, Nikolai CRC Press, ۲۰۱۴.
۲. Henrik Lund, Renewable Energy Systems (۲nd Edition), ۲۰۱۴ Elsevier Inc, ISBN: ۹۷۸-۰-۱۲-۰۴۲۳-۵.
۳. Basel I. Ismail (۲۰۱۱). Power Generation Using Nonconventional Renewable Geothermal & Alternative Clean Energy Technologies, Planet Earth ۲۰۱۱ – Global Warming Challenges and Opportunities for Policy and Practice, Prof. Elias Carayannis (Ed.), ISBN: ۹۷۸-۹۵۳-۳۰۷-۷۳۳-۸, InTech.
۴. Power Technologies Energy Data Book, ۴th Edition, ۲۰۰۶, NREL.
۵. Power Technologies Energy Data Book, ۴th Edition, ۲۰۰۶, NREL.



عنوان درس به فارسی:		مدل سازی توربولانس	
عنوان درس به انگلیسی:		Turbulence Modeling	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:		۳	تخصصی اختیاری ☒
تعداد ساعت:		۴۸	نظری / عملی ☐

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان مباحث مربوط به انواع روش های مدل سازی توربولانس را فرا خواهند گرفت.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مروری بر مفاهیم اساسی فیزیک توربولانس
۲. مروری بر مدل سازی توربولانس پایه:
۳. مدل های جبری، تک معادله ای و دو معادله ای
۴. تاثیر تراکم پذیری بر مدل سازی توربولانس:
۵. ملاحظات فیزیکی، معادلات متوسط گیری فاور، تقریب های کلوزر، قانون دیواره، بررسی مدل های توربولانسی تراکم پذیر نظیر $k-\epsilon$ و $k-\omega$ ، کاربردها در لایه مرزی، شوک، جدایی جریان
۶. مدل های توربولانسی غیر مبتنی بر تقریب بوزینسک:
۷. مشکلات تقریب بوزینسک، روابط متشکله غیر خطی، مدل های انتقال تنش نظیر مدل لاندن-ریسی-رودی و مدل ویلکوکس، کاربردها در جریان های آشفتنه همگن، جریان های برشی، جریان های جدا شده،
۸. شبیه سازی گردابه های بزرگ:
۹. تفاوت LES، DNS و DES، فیلتر، معادلات فیلتر شده، انواع مدل سازی زیر شبکه ای نظیر مدل اسمگورینسکی و دینامیکی، کاربردها
۱۰. مباحث خاص مرتبط با مدل سازی توربولانس

ث) راهبردهای ارزشیابی:

پروژه	۱۵ درصد
ارزشیابی مستمر	۱۰ درصد
تمرین	۱۵ درصد
آزمون میان ترم	۳۰ درصد
آزمون پایان ترم	۳۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه: لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Turbulence Modeling for CFD, D. C. Wilcox, third edition, ۲۰۰۶.
۲. Turbulent Flow, S. B. Pope.
۳. Turbulent Flow (Analysis, Measurement and Prediction), P. S. Bernard & J. M. Wallace.
۴. Introduction to Turbulence, P. A. Libby.
۵. The Physics of Fluid Turbulence, W. D. McComb.
۶. A First Course in Turbulence, H. Tennekes & J. H. Lumley.
۷. Turbulence, J. O. Hinze.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک سیالات غیرنیوتونی	
عنوان درس به انگلیسی:		Non-Newtonian Fluid Mechanics	
دروس پیش‌نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم‌نیاز:		☐ پایه ☒ نظری	
تعداد واحد:	۳	☐ تخصصی اجباری ☐ عملی	
تعداد ساعت:	۴۸	☐ نظری / عملی ☒ تخصصی اختیاری	

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

هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با سیالات غیرخطی و اصول حاکم بر دینامیک آنها با استفاده از روش‌های دیفرانسیلی

اهداف ویژه:

ب) مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مفاهیم اولیه و معادلات حاکم
۲. خواص رئولوژیکی سیالات غیرنیوتونی
۳. دینامیک سیالات غیرنیوتونی (حل‌های دقیق)
۴. دینامیک سیالات غیرنیوتونی (حل‌های تقریبی)
۵. تئوری ناپایداری خطی سیالات غیرنیوتونی

ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه	۴۰ درصد
ارزشیابی مستمر	۱۰ درصد
تمرین	-
آزمون میان‌ترم	-
آزمون پایان‌ترم	۵۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Turbulence Modeling for CFD, D. C. Wilcox, third edition, ۲۰۰۶.
۲. C. W. Macosko, Rheology: Principles, Measurement and Applications, VCH, ۱۹۹۴.
۳. R. I. Tanner, Engineering Reology, Oxford University Press, Oxford, ۱۹۹۲.
۴. R. B. Bird, R. C. Armstrong, and O. Hassager, Dynamics of Polymeric Liquids, Vol. I, Fluid Mechanics, Wiley-Interscience, ۲nd Edition, ۱۹۸۷.
۵. T. Papanastasiou, Viscous Fluid Flow, CRC Press, New York, ۲۰۰۰.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک سیالات میکرو و نانو	
عنوان درس به انگلیسی:		Micro and Nano Fluid Mechanics	
دروس پیش نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐	

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان ضمن آشنایی با مفاهیم و اصول جریان سیالات در مقیاس نانو و میکرو، تئوری های مرتبط با پدیده های مختلف جریان های سیالات میکرو و نانو و اصول اولیه طراحی سیستم های میکرو فلوئیدیک را فرا می گیرند.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مفاهیم پایه
۲. معادلات حاکم و مدل های لغزشی
۳. جریان های برش محرک (Shear driven)
۴. جریان های فشار محرک (Pressure driven)
۵. اثرات گرمایی جریان سیال در مقیاس های میکرو و نانو
۶. کاربردهای نمونه جریان گاز
۷. جریان های الکتروسینتیک
۸. جریان های کشش سطحی محرک
۹. جریان الکترواسمتیک در نانو کانال ها

ث) راهبردهای ارزشیابی :

پروژه	۳۰ درصد
ارزشیابی مستمر	۲۰ درصد
تمرین	-
آزمون میان ترم	-
آزمون پایان ترم	۵۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه: لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. Karniadakis, G., Beskok, A., Aluru, N., Microflows and Nanoflows (fundamental and simulation). Springer, ۲۰۰۵ (Textbook).
۲. Kirby, B., Micro-and Nanoscale fluid Mechanics: transport in microfluidic devices, Cambridge University Press, ۲۰۱۰.
۳. Nguyen, N.T., Wereley, S.T., Fundamental and Applications of Microfluidics, Artech House, ۲۰۰۲.
۴. Kandlikar, S.G., Garimella, S., Li, D., Colin, S. And King, M.R., Heat transfer and fluid flow in minichannels and microchannels, Elsevier, ۲۰۰۵.



عنوان درس به فارسی:		موتور احتراق داخلی پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Internal Combustion Engines	
دروس پیش نیاز:		پایه ☐ نظری ☐	نوع درس و واحد
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☒	
تعداد ساعت:	۴۸		

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان مباحث تکمیلی مربوط به موتورهای احتراق داخلی رفت و برگشتی را فرا خواهند گرفت.

اهداف ویژه:

پ (مباحث یا سرفصل ها):

۱. مرور موارد مهم در مورد موتورهای احتراق داخلی
 - a. انواع موتورهای احتراق داخلی رفت و برگشتی
 - b. اصول کار موتورهای احتراق داخلی
 - c. ترمودینامیک موتورهای احتراق داخلی
 - d. چرخه های مهم موتورهای احتراق داخلی
 - e. ویژگی های مهم موتور احتراق داخلی
۲. تبادل گاز
 - a. مسیر هوارسانی
 - b. مسیر دود
 - c. انواع جریان های مهم در داخل سیلندر
 - d. بازخورانی دود و پرخورانی
 - e. بازده تنفسی
 - f. سازوکارهای پیشرفته در تبادل گاز
 - g. مدل سازی تبادل گاز به صورت صفر بعدی
 - h. روش های حل عددی
۳. احتراق
 - a. مقدمه ای در مورد سینتیک شیمیایی
 - b. تعادل شیمیایی
 - c. سرعت آرام شعله
 - d. سرعت مغشوش شعله
 - e. احتراق در موتور بنزینی
 - f. احتراق در موتور دیزلی
 - g. احتراق در موتورهای اشتعال تراکمی همگن و نفوذی
 - h. احتراق غیرعادی در موتور بنزینی
 - i. نوفه در احتراق موتور دیزلی
 - j. حضور در آزمایشگاه و اندازه گیری تجربی یک نمونه عملی
 - k. محاسبات ترمودینامیکی و سینتیکی جهت مدل سازی احتراق



۴. پاشش سوخت

- a. پاشش سوخت در موتورهای بنزینی
- b. پاشش سوخت در موتورهای دیزلی
- c. آخرین فناوری‌های پاشش سوخت در موتورهای احتراق داخلی
- d. مدل‌سازی پاشش سوخت

۵. آلاینده‌گی

- a. اثرات مخرب آلاینده‌ها بر محیط زیست
- b. آلاینده‌های موتور بنزینی و نحوه تشکیل آن
- c. روش‌های پالایش آلاینده‌های موتور بنزینی
- d. آلاینده‌های موتور دیزلی و نحوه تشکیل آن
- e. روش‌های پالایش آلاینده‌های موتور دیزلی
- f. استانداردهای آلاینده‌گی

۶. مدل‌سازی موتور

- a. مدل‌سازی ترمودینامیکی (صفر بعدی)
- b. مدل‌سازی شبه سه بعدی
- c. مدل‌سازی سه بعدی

۷. آینده موتورهای احتراق داخلی

- a. برقی‌سازی
- b. پیل سوختی
- c. موتورهای اشتعال تراکمی به همراه فناوری برقی‌سازی
- d. چالش‌های پیش‌روی موتورهای احتراقی

ث) راهبردهای ارزشیابی :

۲۰ درصد	پروژه
۱۰ درصد	ارزشیابی مستمر
۱۰ درصد	تمرین
۳۰ درصد	آزمون میان‌ترم
۳۰ درصد	آزمون پایان‌ترم

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. J. B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamental, McGraw-Hill, ۲۰۱۸.
۲. G. P. Blair, Design and Simulation of Four Stroke Engines, SAE International, ۱۹۹۹.
۳. C. R. Ferguson, A. T. Kirkpatric, Internal Combustion Engines applied thermodynamics, John Wiley & Sons, ۳rd edition, ۲۰۱۶.
۴. W. W. Pulkrabek, Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine, Prentice-Hall



عنوان درس به فارسی:		هیدروآیرودینامیک پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Hydro-Aerodynamics	
دروس پیش نیاز:		نظری ☒ پایه ☐	
دروس هم نیاز:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐	
تعداد ساعت:	۴۸		

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

هدف کلی:

هدف از این درس بررسی سیالات در حال حرکت، مطالعه و بررسی جریان تراکم ناپذیر، محاسبه نیروها و گشتاورهای ناشی از آن بر روی اجسام پرنده می باشد.

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه و پیش زمینه

- a. توصیف حرکت سیال
- b. انتخاب دستگاه مختصات
- c. خطوط مسیر، اثر و جریان
- d. نیروها در یک سیال
- e. شکل انتگرالی معادلات دینامیک سیالات
- f. شکل دیفرانسیلی معادلات دینامیک سیالات
- g. آنالیز ابعادی معادلات دینامیک سیالات
- h. جریان با عدد رینولدز بالا
- i. تشابه جریان ها

۲. مبانی جریان تراکم ناپذیر غیرلزج

- a. سرعت زاویه ای، ورتیسیت و سیرکولاسیون
- b. نرخ تغییر ورتیسیت
- c. نرخ تغییر سیرکولاسیون: تئوری کلون
- d. جریان غیرچرخشی و پتانسیل سرعت
- e. شرایط مرزی و شرایط نامحدود
- f. معادله ی برنولی برای فشار
- g. نواحی همبند ساده و چندگانه
- h. یکتایی حل
- i. کمیت های گردابه

i. گردابه ی دوبعدی

ii. قانون بیوت-ساواریت

iii. سرعت القائی از خط ورتکس مستقیم



۳. iv. تابع جریان

۳. حل عمومی معادلات جریان پتانسیل تراکم‌ناپذیر

a. تشریح مسئله جریان پتانسیل

b. حل کلی مبتنی بر اتحاد گرین

c. خلاصه: تشخیص روش حل

d. حل اساسی: چشمه نقطه‌ای

e. حل اساسی: دابلت نقطه‌ای

f. حل اساسی: چندجمله‌ای‌ها

g. نسخه‌ی دو بعدی حل‌های اساسی

h. حل اساسی: گردابه

i. اصول برهم نهی

i. برهم نهی چشمه‌ها و جریان آزاد: بیضی رانکین

ii. برهم نهی دابلت و جریان آزاد: جریان حول یک سیلندر

iii. برهم نهی دابلت سه‌بعدی و جریان آزاد: جریان اطراف یک کره

iv. نکاتی پیرامون جریان اطراف سیلندر و کره

v. توزیع صفحه‌ای معادلات اساسی

۴. جریان با اغتشاشات کوچک حول پره‌های سه‌بعدی (فرمولاسیون مسئله)

a. تعریف مسئله

b. شرایط مرزی بر روی پره

c. مسائل برآزا

d. پره‌ی متقارن با ضخامت غیر صفر در زاویه حمله‌ی صفر

e. ضخامت صفر پره خمیده در زاویه حمله – سطوح لیفتینگ

f. بارهای آیرودینامیکی

g. ویک گردابه

h. تئوری خطی شده جریان تراکم‌پذیر با اغتشاشات کوچک

۵. جریان با اغتشاشات کوچک روی ایرفویل‌های دو بعدی

a. ایرفویل متقارن با ضخامت غیر صفر در زاویه حمله‌ی صفر

b. ایرفویل با ضخامت صفر در زاویه حمله

c. حل کلاسیک مسئله برآزا

d. نیروهای آیرودینامیک و ممان آنها بر روی یک ایرفویل نازک

e. المان گردابه – توده

f. خلاصه و نتیجه‌گیری از تئوری ایرفویل نازک

۶. حل‌های اغتشاشات کوچک سه‌بعدی

a. پره محدود: مدل خط برآزا

i. تعریف مسئله

b. مدل خط برآزا

i. بارهای آیرودینامیکی

ii. توزیع لیفت بیضوی

iii. توزیع سیرکولاسیون در جهت اسپن



- iv. پره بیضوی پیچ خورده
 - v. نتایج تئوری خط برآزا
 - c. تئوری پره نازک
 - i. تعریف مسئله
 - ii. حل جریان روی پره‌های نازک تیز
 - iii. روش R. T. Jones
 - iv. نتایج تئوری پره نازک
 - d. تئوری جسم نازک
 - i. جریان طولی نامتقارن در پشت یک جسم نازک دورانی
 - ii. جریان متقاطع در پشت یک جسم نازک دوارنی
 - iii. اطلاعات نیرو و فشار
 - iv. نتایج تئوری جسم نازک
 - e. محاسبات میدان دور برای درگ القائی
۷. روش‌های عددی (پنل‌ها)
- a. معادلات اصلی
 - b. شرایط مرزی
 - c. ملاحظات فیزیکی
 - d. کاهش مسئله به مجموعه‌ای از معادلات خطی جبری
 - e. بارهای آیرودینامیکی
 - f. ملاحظات اولیه، قبل از ایجاد حل‌های عددی
 - g. گام‌های تولید یک حل عددی
 - h. مثال: حل ایرفویل نازل با المان Lumped-Vortex
 - i. در نظر گرفتن اثرات تراکم‌پذیری و ویسکوزیته
۸. المان‌های منفرد و ضرایب اثرگذاری
- a. المان‌های نقطه منفرد دوبعدی
 - i. چشمه نقطه‌ای دوبعدی
 - ii. دابلت نقطه‌ای دوبعدی
 - iii. گردابه نقطه‌ای دوبعدی
 - b. المان‌های نقطه‌ای دو بعدی با قدرت ثابت
 - i. توزیع چشمه با قدرت ثابت
 - ii. توزیع دابلت با قدرت ثابت
 - iii. توزیع گردابه با قدرت ثابت
 - c. المان‌های منفرد دو بعدی با قدرت خطی
 - i. توزیع چشمه ی خطی
 - ii. توزیع دابلت خطی
 - iii. توزیع گردابه‌ی خطی
 - iv. توزیع دابلت درجه دوم
 - d. المان‌های منفرد سه‌بعدی با قدرت ثابت
 - i. چشمه‌ی چهار وجهی



- ii. دابلت چهار وجهی
- iii. پنل دابلت ثابت معادل با حلقه‌ی گردابه
- iv. مقایسه‌ی روابط میدان نزدیک و دور
- v. جزء خطی گردابه با قدرت ثابت
- vi. حلقه گردابه
- vii. گردابه نعل اسبی
- e. المان‌های مرتبه بالاتر سه‌بعدی
۹. حل‌های عددی دو بعدی
- a. حل‌های منفرد نقطه‌ای
- i. روش گردابه گسسته
- ii. روش چشمه گسسته
- b. حل‌های منفرد با قدرت ثابت (با استفاده از شرایط مرزی نیومن)
- i. روش چشمه با قدرت ثابت
- ii. روش دابلت با قدرت ثابت
- iii. روش گردابه با قدرت ثابت
- c. روش‌های پتانسیل ثابت (شرایط مرزی دریشله)
- i. روش چشمه و دابلت ترکیبی
- ii. روش دابلت با قدرت ثابت
- d. روش‌های قدرت منفرد با تغییرات خطی (با استفاده از شرایط مرزی نیومن)
- i. روش چشمه با قدرت خطی
- ii. روش گردابه با قدرت خطی
- e. روش‌های قدرت منفرد با تغییرات خطی (با استفاده از شرایط مرزی دریشله)
- i. روش چشمه/ دابلت خطی
- ii. روش دابلت خطی
- f. روش‌های مبتنی بر توزیع دابلت چهار وجهی (با استفاده از شرایط مرزی دریشله)
- i. روش چشمه خطی/ دابلت چهار وجهی
- ii. روش دابلت چهار وجهی
- g. برخی از نتایج درباره روش‌های پنل
۱۰. حل‌های عددی سه‌بعدی
- a. حل خط برآزا با استفاده از المان‌های نعل اسبی
- b. مدل سازی متقارن و بازتاب‌ها از مرزهای جامد
- c. حل سطح برآزا با استفاده از المان‌های حلقه‌ی گردابه
- d. مقدمه‌ای بر کدهای پنل: یک تاریخچه مختصر
- e. روش‌های پنل مبتنی بر پتانسیل مرتبه اول
- f. روش‌های پنل مرتبه بالاتر
- g. حل‌های نمونه و کدهای پنل
۱۱. جریان پتانسیل تراکم ناپذیر گذرا
- a. فرمولاسیون مسئله و انتخاب دستگاه مختصات
- b. روش حل



- c. ملاحظات فیزیکی اضافی
- d. محاسبات فشار
- e. مثال‌های شرایط مرزی گذرا
- f. خلاصه‌ای از شناخت روش حل
- g. شتاب ناگهانی یک صفحه‌ی تخت
- i. جرم افزوده
- h. حرکت گذرای یک ایرفویل نازک دوبعدی
- i. سینماتیک
- ii. مدل ویک
- iii. حل با استفاده از روش گام زمانی
- iv. بارهای دینامیکی سیال
- i. حرکت گذرای یک پره‌ی باریک
- j. سینماتیک
- k. حل جریان گذرا روی یک پره‌ی باریک
- l. الگوریتم برای ایرفویل گذرا با استفاده از المان گردابه-توده (Lumped-Vortex)
- m. چند نکته درباره شرایط مرزی گذرای کوتاه
- n. حل سطح برآزای گذرا با استفاده از المان‌های حلقه گردابه
- o. روش‌های پنل گذرا

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	۴۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	-
آزمون میان‌ترم	۳۰ درصد
آزمون پایان‌ترم	۳۰ درصد

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

لوازم مرسوم جهت تدریس نیاز است.

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

۱. K. Karamcheti, Principles of Ideal-Fluid Aerodynamics, ۲nd Edition, Krieger Publication Company, ۱۹۸۰.
۲. R. L. Panton, Incompressible Flow, ۴th Edition, Wiley, ۲۰۱۳.
۳. L. Prandtl and O. G. Tietjens, Fundamentals of Hydro- and Aeromechanics, Dover Publications, ۲۰۱۱.
۴. J. Katz and A. Plotkin, Low-Speed Aerodynamics, ۲nd Edition, Cambridge University Press, ۲۰۰۱. ۵. J. D. Anderson, Fundamentals of Aerodynamics, ۳rd Edition, McGraw-Hill, ۲۰۰۱.

