



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



برنامه‌ریزی رشته

مهندسی مکانیک

Mechanical Engineering

مقطع

دکتری تخصصی



کرایش

تبدیل انرژی	Energy Conversion
-------------	-------------------

گروه فنی و مهندسی

پیشهادی دانشگاه صنعتی اصفهان

بیت

نام رشته: مهندسی مکانیک	عنوان گرایش: تبدیل انرژی
گروه تحصیلی: فنی و مهندسی	دوره تحصیلی: دکتری تخصصی
زیرگروه تحصیلی: مهندسی مکانیک	نوع مصوبه: بازنگری
پیشنهادی: دانشگاه صنعتی اصفهان	تاریخ تصویب: ۱۴۰۲/۰۸/۱۴

برنامه درسی بازنگری شده دوره دکتری تخصصی رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی، در جلسه شماره ۱۷۵ تاریخ ۱۴۰۲/۰۸/۱۴ کمیسیون برنامه ریزی درسی، محتوا و سرفصل رشته‌های تحصیلی به شرح زیر تصویب شد:

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

ماده دو- این برنامه درسی، جایگزین برنامه درسی رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی مصوب جلسه ۸۳۵ تاریخ ۱۳۹۲/۰۴/۰۹ شورای عالی برنامه ریزی آموزشی می‌شود.

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

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

دکتر قاسم عموعابدینی
معاون آموزشی و رئیس کمیسیون



دکتر رضائی زاده
مدیر کل دفتر برنامه ریزی آموزش عالی
و دبیر کمیسیون



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



برنامه درسی رشته

مهندسی مکانیک

MECHANICAL ENGINEERING

مقطع دکتری

گرایش تبدیل انرژی | Energy Conversion

تهیه کنندگان:

عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان
عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان

دکتر احمد رضا پیشه ور
دکتر احمد سوهانکار
دکتر محسن دوازده امامی
دکتر محسن ثقفیان
دکتر ابراهیم شیرانی
دکتر مهدی نیلی احمدآبادی
دکتر سید سعید مرتضوی
دکتر محمدرضا توکلی نژاد
دکتر رامین کوهی کمالی
دکتر ایمان چیت ساز
دکتر محمود اشرفی زاده
دکتر محمدرضا سلیم پور

پیشنهادیه دانشگاه صنعتی اصفهان



فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی



هدف

هدف از این آیین نامه انتظام بخشیدن به امور تحصیلی دانشجویان از طریق تعیین چارچوب قانونی برای اجرای هماهنگ، یکپارچه و صحیح برنامه‌های آموزشی و پژوهشی دانشگاه به منظور تربیت نیروی انسانی متخصص، متعهد، آشنا با علم و آخرین دستاوردهای علمی، و منطبق با نیازهای جامعه می باشد. انجام این هدف در راستای بهره‌گیری بهینه از ظرفیت‌های موجود برای ارتقای سطح کیفی آموزش و پژوهش در دوره کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی است.

مشخصات کلی، تعریف و اهداف

یکی از گرایش‌های مهم رشته‌ی مهندسی مکانیک در مقطع دکتری، گرایش تبدیل انرژی می باشد. در گرایش تبدیل انرژی، دانشجویان به تجزیه و تحلیل مسایل گوناگون در زمینه‌های انتقال حرارت، سیالات، تبدیل انرژی، ترمودینامیک، احتراق، هوافضا، علوم دریایی، خودرو و زمینه‌های دیگر می پردازند. همچنین عوامل تاثیر گذار بر حرکت سیال، نیروهای ایجاد شده در اثر عبور سیال و تغییرات ایجاد شده در اثر انتقال حرارت مورد بررسی قرار می گیرد 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 می پردازند.

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.

ضرورت و اهمیت

در بسیاری از پروژه‌های صنعتی نیاز به دانشی بیش از دانش پایه مهندسی مکانیک حس می شود. 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 می شود. از آنجایی که صنایع اصلی کشور صنایع مربوط به حوزه انرژی می باشند 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

مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

- ✓ شناسایی و فرموله کردن و حل کردن مشکلات مهندسی مکانیک در حوزه حرارت، سیالات، ترمودینامیک و 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

تعداد و نوع واحدهای درسی در مقطع دکتری

جدول (۲) - توزیع واحدها

جمع واحدهای درسی	نوع درس		
	تخصصی الزامی	تخصصی اختیاری	رساله
۳۶	۱۸	۱۸	



شرایط و ضوابط ورود به دوره

پذیرش دانشجوی 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.

تعداد واحدهای درسی برای گرایش تبدیل انرژی در مقطع دکتری ۱۸ واحد درسی شامل دروس تخصصی (الزامی و اختیاری) و ۱۸ واحد رساله دکتری می باشد.

ورود به دوره پژوهشی در مقطع دکتری منوط به گذراندن آزمون جامع دکتری می باشد.

دانشجویانی که با مدرک کارشناسی غیر از کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی پذیرش شده اند، ممکن است با نظر دانشکده مجبور به گذراندن درس یا دروس جبرانی باشند.



فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس



جدول (۳) - دروس تخصصی اجباری

ردیف	نام درس	واحد		تعداد ساعات		پیشنیاز (همنیاز)	صفحه
		نظری	عملی	نظری	عملی		
۱	ریاضیات مهندسی پیشرفته ۲ *	۳	-	۴۸	-	پیش نیاز: ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱	
۲	مکانیک محیط های پیوسته ۱ *	۳	-	۴۸	-	-	
۳	انتقال حرارت جابجایی **	۳	-	۴۸	-	-	
۴	ترمودینامیک پیشرفته **	۳	-	۴۸	-	-	
۵	مکانیک سیالات غیرلزج **	۳	-	۴۸	-	-	
۶	جریان های لزج و لایه های مرزی **	۳	-	۴۸	-	-	
۷	دینامیک سیالات محاسباتی ۱ **	۳	-	۴۸	-	-	
۸	توربولانس ***	۳	-	۴۸	-	-	
۹	مدل سازی توربولانس ***	۳	-	۴۸	-	-	
۱۰	دینامیک گاز پیشرفته ***	۳	-	۴۸	-	-	

* در صورتی که دانشجو این دروس را در دوره کارشناسی ارشد نگذرانده باشد از این دروس، حداقل یک درس با نظر استاد راهنما انتخاب و اخذ شود.

** در صورتی که دانشجو این درس را در دوره کارشناسی ارشد گذرانده باشد، این درس از حالت اجباری خارج می شود.

*** در صورتی که این دروس در مقطع کارشناسی ارشد اخذ نشده باشند گذراندن یک درس از این دروس اجباری می باشد.

**** در صورتی که دانشجو درس "دینامیک گاز" دوره کارشناسی یا درس "دینامیک گاز پیشرفته" دوره کارشناسی ارشد را گذرانده باشد، این درس از حالت اجباری خارج می شود.

تذکر: چنانچه دروسی (اعم از اجباری یا اختیاری) در دوره کارشناسی ارشد گذرانده شده باشد در دوره دکتری امکان اخذ مجدد وجود ندارد. در ضمن دروس مازاد در این جدول به صورت درس اختیاری است. در صورتی که دانشجو کمتر از ۱۸ واحد از لیست با رعایت مقررات ذکر شده اخذ نماید مازاد از دروس اختیاری باید اخذ شود. در صورت لزوم و با تشخیص و تایید گروه تعدادی از این دروس می تواند با دروس مرتبطی که دانشجو در مقطع کارشناسی ارشد گذرانده است و از نظر محتوی با دروس قید شده در جدول نزدیک است معادل سازی شود.



جدول (۴) - دروس اختیاری

ردیف	نام درس	واحد		تعداد ساعات		پیشنیاز (همنیاز)
		نظری	عملی	نظری	عملی	
۱	روشهای اجزای محدود ۱	۳	-	۴۸	-	-
۲	احتراق پیشرفته	۳	-	۴۸	-	-
۳	انتقال حرارت تشعشعی	۳	-	۴۸	-	-
۴	انتقال حرارت جابجایی در محیط متخلخل	۳	-	۴۸	-	-
۵	انتقال حرارت دوفازی	۳	-	۴۸	-	-
۶	انتقال حرارت هدایتی	۳	-	۴۸	-	-
۷	انرژی خورشیدی پیشرفته	۳	-	۴۸	-	-
۸	پردازش موازی	۳	-	۴۸	-	-
۹	ترمودینامیک آماری	۳	-	۴۸	-	-
۱۰	توربوماشین پیشرفته	۳	-	۴۸	-	-
۱۱	توربین گاز پیشرفته	۳	-	۴۸	-	-
۱۲	دینامیک ذرات معلق	۳	-	۴۸	-	-
۱۳	دینامیک سیالات محاسباتی ۲	۳	-	۴۸	-	پیش نیاز: دینامیک سیالات محاسباتی ۱
۱۴	سیستم های انرژی پیشرفته	۳	-	۴۸	-	-
۱۵	مکانیک سیالات غیرنیوتونی	۳	-	۴۸	-	-
۱۶	جریان های میکرو و نانو	۳	-	۴۸	-	-
۱۷	موتور احتراق داخلی پیشرفته	۳	-	۴۸	-	-
۱۸	هیدروآیرودینامیک	۳	-	۴۸	-	-
۱۹	طراحی و بهینه سازی سامانه های حرارتی	۳	-	۴۸	-	-
۲۰	مدل سازی جریانهای دوفازی	۳	-	۴۸	-	-

تذکر: دانشجو با تایید استاد راهنما می تواند یک درس تحت عنوان مباحث منتخب در داخل دانشکده یا یک درس خارج از دانشکده یا گرایش خود اخذ نماید.



فصل سوم

ویژگی‌های دروس



عنوان درس به فارسی:		ریاضیات مهندسی پیشرفته ۲	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Engineering Mathematics II	
دروس پیش نیاز:	ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱	پایه ☐ نظری ☒	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:

آشنایی دانشجویان با مباحث ریاضی پایه مرتبط با آنالیز مختلط، معادلات دیفرانسیل پاره ای و غیره

مباحث یا سرفصل ها :

۱. آنالیز توابع مختلط و کاربردهای آن

مقدمه ای بر اعداد و توابع مختلط و توابع تحلیلی، انتگرال های توابع مختلط، قضیه لیوویل و قضیه اساسی جبر، سری های توانی، سری های تیلور و لورنت، ادامه تحلیلی توابع، نقاط منفرد توابع تحلیلی، باقیمانده ها و کاربرد آنها در محاسبه انتگرال های معین حقیقی، انتگرال وارون مختلط، اصل آوند، قضیه روزه، معیار پایداری نایکوئیست، توابع هارمونیک، توابع گرین و مسائل دیریشله و نویمان، نگاشت همدیس و مسائل دیریشله و نویمان برای دیسک دایروی و نیم صفحه، نگاشت های شوارتز- کریستوفل، ژوکوفسکی و کارمن-ترفتز، کاربرد آنالیز مختلط در مطالعه جریان دویعدی غیر چرخشی تراکم ناپذیر

۲. معادلات دیفرانسیل پاره ای

تعاریف و مثال ها، معادلات معادلات شبه خطی رسته اول، سطوح انتگرال و منحنی های مشخصه، معادلات با شرایط اولیه، معادلات بقا و ضربه، معادلات دیفرانسیل پاره ای رسته دوم، مشخصه های معادلات دیفرانسیل خطی رسته دوم، طبقه بندی معادلات رسته دوم، تقلیل معادلات خطی رسته دوم به فرم متعارف، نکاتی در معادلات خطی رسته دوم با شرایط اولیه، معادله هلمهولتز و جداسازی معادلات رسته دوم با دو و سه متغیر مستقل

۳. معادلات خاص

مسئله استورم لیوویل و تعامد، نقاط منفرد در معادلات دیفرانسیل معمولی رسته دوم، روش فریبینیوس، تابع گاما، تابع عکس گاما، تابع دایگاما، توابع بسل، هنکل، شبه بسل و ایری، تعامد و ریشه های توابع بسل و شبه بسل، توابع لژاندر

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	-
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۲۵-۲۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۵-۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۶۰-۵۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی :

1. Zill, Dennis G. Advanced engineering mathematics. Jones & Bartlett Publishers, 2020.
2. Wylie, Clarence Raymond, Louis C. Barrett, and Clarence R. Wylie. "Advanced engineering mathematics." (1960).
3. Brown, James Ward, and Ruel V. Churchill. Complex variables and applications eighth edition. McGraw-Hill Book Company, 2009.
4. Zachmanoglou, Eleftherios C., and Dale W. Thoe. Introduction to partial differential equations with applications. Courier Corporation, 1986.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک محیط های پیوسته ۱	
عنوان درس به انگلیسی:		Continuum Mechanics I	
دروس پیش نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم نیاز:		☐ پایه ☒ نظری	
تعداد واحد:		☐ عملی ☒ تخصصی اجباری	
تعداد ساعت:		☐ نظری / عملی ☐ تخصصی اختیاری	
		۳	
		۴۸	

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

مباحث یا سرفصل ها:

- ۱- علائم اندیسی و قوانین اندیس گذاری
- ۲- تئوری تغییر شکل و سینماتیک محیط پیوسته
- ۳- اصول پایداری
- ۴- تنش و انواع آن
- ۵- معادلات ساختاری خطی سیالات
- ۶- معادلات ساختاری جسم جامد الاستیک
- ۷- ترمودینامیک

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادهای):

پروژه	-
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۲۵-۲۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۵-۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۶۰-۵۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی:

1. Continuum Mechanics for Engineers, G. Thomas Mase, Ronald E. Smelser, George E. Mase, CRC Press
2. Introduction to Continuum Mechanics, W. Michael Lai, D. Rubin, E. Krempl, Fourth Edition, Elsevier.

- ۳- مکانیک محیط های پیوسته محمد رحیمیان - اسکندری قادی، انتشارات دانشگاه تهران
- ۴- مکانیک محیط های پیوسته برای مهندسان، Thomas Mase, George E. Mase، ترجمه باقریان، سروری و بهشتی، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان



انتقال حرارت جابجایی		عنوان درس به فارسی:
نوع درس و واحد	Convective Heat Transfer	عنوان درس به انگلیسی:
پایه ☐ نظری ☒		دروس پیش نیاز:
تخصصی اجباری ☒ عملی ☐		دروس هم نیاز:
تخصصی اختیاری ☐ نظری / عملی ☐		تعداد واحد:
	۳	تعداد ساعت:
	۴۸	

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 می رسند. هدف از این درس معرفی تئوری جابجایی مقدماتی، ایجاد بینش بر روش های تحلیلی در حل مسائل مهندسی واقعی انتقال حرارت و درک مفاهیم مقدماتی رفتار جریان های سیال کنترل شده توسط گرادیان های فشار آرام و آشسته و متناظر با انتقال حرارت سیال با دیواره های جامد می باشد. در این درس روش های تحلیلی حل معادلات انتقال حرارت و مومنوم برای هر دو جریان آرام و آشسته ارائه شده است.

مباحث یا سرفصل ها:

۱- مقدمه

انواع انتقال حرارت جا به جایی و مفهوم ضریب انتقال حرارت جابجایی

۲- معادلات بقا

پدیده های انتقال، قوانین شار جریان و تنش، قانون فوریه، معادله پیوستگی، معادلات مومنوم، معادله انرژی و معرفی اعداد بی بعد مرتبط

۳- انتقال گرما در جریان آرام داخل مجاری

جریان آرام توسعه یافته در مجاری، جریان در لوله های 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

حل تشابهی، جریان روی صفحه تخت، جریان روی سطوح شیب دار، جریان همراه با مکش و تزریق

۵- جریان خارجی و لایه مرزی حرارتی

حل تشابهی معادله انرژی، فلزات مذاب با عدد پرانتل کم، سیالات با اعداد پرانتل بزرگ، جریان سکون، اجسام متقارن محور، 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

فیزیک جریان، متوسط گیری رینولدز، تنش رینولدز، لایه مرزی دو بعدی قانون دیوار، حل معادله مومنوم به روش انتگرالی برای جریان مغشوش، ضریب اصطکاک، اثر زبری سطح، هیدرودینامیک جریان مغشوش در لوله

۸- انتقال حرارت در لایه مرزی مغشوش و جریان خارجی

ضریب پخش حرارتی گردابه ها و معادله انرژی متوسط گیری 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 حرارتی مغشوش با مکش یا تزریق



۹- انتقال حرارت در جریان مغشوش داخل لوله

توزیع دما، جریان توسعه یافته حرارتی، اثر شرط مرزی حرارتی

۱۰- انتقال حرارت جا به جایی آزاد روی سطوح خارجی و در فضاهای بسته

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

-	پروژه
-	ارزشیابی مستمر
۲۵-۲۰ درصد	تمرین
۲۵-۲۰ درصد	آزمون میان ترم
۶۰-۵۰ درصد	آزمون پایان ترم

فهرست منابع پیشنهادی:

1. Convective Heat and Mass Transfer, Kays & Crawford, Fourth Edition, 2005.
2. Convection Heat Transfer, A. Bejan, Third Edition, 2004, (4th Edition, 2013)
3. Convective Heat Transfer, Kakac, Sadik, 1995 (2013).
4. Introduction to Convective Heat Transfer Analysis, Oosthuizen, Patrick, 1999.
5. Convective Heat Transfer, Arpaci & Larsen, 2002.



عنوان درس به فارسی:		ترمودینامیک پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Thermodynamics	
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 مفاهیم اساسی ترمودینامیک مورد بررسی قرار می گیرد. ترمودینامیک در این درس از دیدگاه ماکروسکوپی مورد بررسی و تحلیل قرار می گیرد. دانشجویان در این درس به درک عمیق تر فیزیکی و ریاضی از مفاهیم اساسی و اصول ترمودینامیک مهندسی می رسند. علاوه بر این، در این درس ترمودینامیک آماری نیز مورد توجه قرار می گیرد.

مباحث یا سرفصل ها:

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 مخلوط های همگن

۶- سیستم های چندمولفه ای-چندفازی

۷- واکنش های شیمیایی

۸- آگزرژی و کاربردهای آن

۹- آمار، احتمالات و ترمودینامیک آماری

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	-
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۲۵-۲۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۵-۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۶۰-۵۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی:

- Advanced Thermodynamics for Engineers, Kenneth, Jr. Wark, McGraw-Hill Companies, 1994.
- A. Bejan, Advanced Engineering Thermodynamics, 4th Edition, 2016.
- Annamalai, Kalyan; Jog, Milind A., Puri, Ishwar K., Advanced Thermodynamics Engineering [2nd Ed.], CRC Press, 2011.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک سیالات غیر لزج	
عنوان درس به انگلیسی:		Inviscid Fluid Mechanics	
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 مباحث تکمیلی و پیشرفته مربوط به مکانیک سیالات غیر لزج را فرا خواهند گرفت.

مباحث یا سرفصل ها:

۱- سینماتیک جریان

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 دوبعدی، استوانه‌ای، متقارن محور و کروی، تغییر شکل سیال، کرنش خطی و زاویه ای، ورتیسیت و سیرکولاسیون، حرکت نسبی نسبت به یک نقطه

۲- فرم حجم کنترلی و دیفرانسیلی قوانین بقا

حجم کنترل، قضیه انتقال رینولدز برای حجم کنترل ثابت و تغییر شکل دهنده، قانون بقای جرم، قانون بقای مومنتم خطی، اصل مومنتموم زاویه ای و قانون بقای انرژی برای حجم کنترل ثابت و متحرک، معادله ساختاری برای سیال نیوتنی، معادلات ناویر-استوکس در مختصات ثابت و دوار، معادله انرژی مکانیکی، معادله انرژی کل و انرژی داخلی، قانون دوم ترمودینامیک، شرایط مرزی معادلات ناویر استوکس، دینامیک ناپیوستگی‌ها در جریان، کشش سطحی، آنالیز ابعادی معادلات ناویر استوکس و بررسی نقش لزجت، معادلات اویلر برای جریان ایده آل، شرایط مرزی معادلات غیرلزج در سطح جامد و سطح مشترک، انتگرال گیری از معادلات اویلر در فرم خاص و معادله برنولی

۳- دینامیک ورتیسیت

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

۴- جریانهای پتانسیل Acyclic

تعریف پتانسیل سرعت، معادلات حرکت در جریان غیر چرخشی، تعریف جریانهای Cyclic و Acyclic، جریان غیر دائمی Acyclic، کره در حال انبساط، حباب نوسانی و معادلات ریلی- پلاست، حرکت انتقالی جسم در سیال ساکن، نیروی وارد بر جسم و تعریف تانسور جرم افزوده، انرژی جنبشی جریان غیر چرخشی، جریان ضربه ای، جریان Acyclic دائمی، تعریف پتانسیل اغتشاشی، جریان های پایه دو بعدی و سه بعدی (یکنواخت، چشمه و چاه، گردابه ای و جریان دابلت)، جریانهای ترکیبی، جریان از روی جسم دلخواه و نیروی وارد بر آن در حرکت انتقالی، پارادوکس دالامبر، تصاویر هیدرودینامیکی

۵- جریان Cyclic دائمی

سیرکولاسیون و نیروی برآ در جریان Cyclic دائمی، جریان سیرکولاسیونی با ورتیسیت ثابت، جریان سیرکولاسیونی بدون چرخش، جریان سیرکولاسیونی از روی استوانه، جریان سیرکولاسیونی از روی جسم دلخواه، ایرفویل ها و شرط کوتا



۶- امواج سطحی

توصیف ریاضی حرکت موج، امواج جاذبه، معادله حاکم، شرایط مرزی سینماتیکی و دینامیکی، معادله پراکندگی و شکست موج، انرژی امواج، امواج ایستا، انتشار موج در کانال، امواج در کانال‌های مستطیلی، اثر کشش سطحی بر انتشار امواج، انتشار امواج در سطح مشترک بین دو مایع

راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	۲۰-۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۲۰-۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۰-۱۰ درصد
آزمون پایان ترم	۶۰-۵۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی:

1. I. C. Currie, Fundamentals of Mechanics of Fluids, Third Edition, McGraw-Hill, New York, 2002.
2. P. K. Kundu, Fluid Mechanics, Fourth Edition, Elsevier, 2008.
3. M. Potter and J. Foss, Fluid Mechanics, John Wiley & Sons, Inc., 1975.
4. K. Karamcheti, Principles of Ideal-Fluid Aerodynamics, Karamcheti, 1966.
5. W.P. Graebel, Advanced Fluid Mechanics, Academic Press, 2007.
6. R. L. Panton, Incompressible flows, 3rd ed., John Wiley & Sons, 2005.



عنوان درس به فارسی:		جریان های لزج و لایه های مرزی	
عنوان درس به انگلیسی:		Viscous Fluids and Boundary Layers	
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 با مفاهیم کلی سیالات لزج و تئوری مربوط به لایه های مرزی و حل جریان های لزج و لایه های مرزی آشنا خواهند شد. در این درس جریان با رینولدزهای بالا و رینولدزهای پایین بررسی شده و حل مسائل جریان لزج و لایه مرزی در این مسائل مورد مطالعه و مقایسه قرار خواهد گرفت.

مباحث یا سرفصل ها :

۱- مفاهیم اساسی جریان لزج:

مفهوم تراکم پذیری و لزجت و اهمیت آن، معرفی و تقسیم بندی انواع جریان لزج تراکم پذیر و غیرقابل تراکم و تشریح آنها با ذکر چند نمونه

۲- معادلات اساسی برای جریان لزج و تراکم پذیر:

بیان معادلات اساسی به شکل انتگرالی و دیفرانسیلی، استخراج معادلات پیوستگی و ممنتوم، بیان تانسور تنش در سیالات نیوتنی و غیر نیوتنی، استخراج معادلات ناویر-استوکس و ساده سازی آنها برای حالات مختلف

۳- حل معادلات جریان لزج:

مروری بر جریان های پایه کوئت، پوزایه در حالات مختلف، حل های غیر دائم، حل های تشابهی (جریان نزدیک نقطه سکون صفحه ای و متقارن محور، دیسک چرخان، جریان گوه ای شکل)، جریان پیچشی بین دو استوانه

۴- روش های تقریبی حل معادلات جریان سیال:

روش های ابعادی، روش های اختلالی (یکنواخت و تکین)، روش های اختلالی در حل مسائل مکانیک سیالات

۵- جریان در اعداد رینولدز پایین:

ساده سازی معادلات اساسی برای جریان خزشی، حل های جریان خزشی مانند حل استوکس برای کره، دیسک، پارادوکس استوکس و معرفی تقریب اوسین برای جریان های دوبعدی، جریان خزشی در گوشه، جریان بین دو دیسک نزدیک شونده، تئوری و تقریب روغنکاری، بیان معادلات حاکم و ساده سازی در روغنکاری و نحوه بکارگیری آنها در یاتاقان های ژورنال و لغزشی

۶- لایه مرزی تراکم ناپذیر در جریان آرام و آشفته:

مروری بر مفاهیم پایه لایه مرزی و استخراج معادلات اساسی در حالت آرام و آشفته، حل های تشابهی، جریان برشی صفحه ای و متقارن محور (ویک، جت و لایه مخلوط)، جریان همراه با جدایی، مروری بر روش های تقریبی معادلات لایه مرزی، روش های پیش بینی جدایی جریان، جریان ورودی کانال و لوله، لایه مرزی متقارن محور، لایه مرزی متقارن محوری ضخیم، لایه مرزی سه بعدی، لایه مرزی غیردائم



۷- لایه مرزی تراکم پذیر در جریان آرام و آشفته:

مقدمه ای بر مفاهیم تراکم پذیری، معادلات لایه مرزی آرام، حل های تشابهی جریان آرام، حل آرام صفحه تخت و جریان نقطه سکون، لایه های مرزی صفحه تخت در شرایط خاص، عناوین خاص در جریان آرام تراکم پذیر (جریان مافوق صوت روی مخروط، تداخل موج شوک با لایه مرزی)، معادلات لایه مرزی آشفته، بیان مفاهیم توربولانسی در جریان آشفته نظیر قوانین دیواره و ویک، جریان آشفته روی صفحه تخت، لایه مرزی آشفته با وجود گرادیان فشار، تقریب های لایه مرزی تراکم پذیر برای جریان های شبه لزج

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

-	پروژه
-	ارزشیابی مستمر
۱۰-۲۰ درصد	تمرین
۳۰-۴۰ درصد	آزمون میان ترم
۵۰-۶۰ درصد	آزمون پایان ترم

فهرست منابع پیشنهادی :

- 1-White F. M., Majdalani J., Viscous Fluid Flow, McGraw-Hill, 2021
- 2-Schlichting H., Gersten K., Boundary-layer theory, Springer, 2016
- 3-Papanastasiou T. C., Georgios C. G., Alexandrou A. N., Viscous Fluid Flow, CRC Press, 2000



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 ی روشهای مختلف گسسته سازی را فرا خواهند گرفت.

مباحث یا سرفصل ها:

۱. مقدمه: دسته بندی رفتار معادلات PDE

- ۱.۱. دسته بندی معادله شبه خطی مرتبه دوم بر اساس وجود مسیرهای مشخصه ای، فرم کانونیک معادلات
- ۱.۲. معادلات نوع هایپربولیک، معادله موج خطی مرتبه اول و دوم و حل مشخصه ای آن
- ۱.۳. معادلات نوع پارابولیک، معادله انتقال حرارت
- ۱.۴. معادلات نوع الیپتیک، معادله لاپلاس
- ۱.۵. رفتار سیستم معادلات شبه خطی مرتبه اول
- ۱.۶. تعیین رفتار معادلات مرتبه بالاتر و در چند بعد فضا
- ۱.۷. انتخاب شرایط مرزی و اولیه مناسب برای معادلات PDE، تعریف مساله خوش رفتار
- ۱.۸. معرفی معادله های مدل ساده متناظر با معادلات ناویر-استوکس

۲. گسسته سازی معادلات به روش تفاضل محدود

- ۲.۱. بدست آوردن تقریب های تفاضلی برای عبارت مشتق
 - ۲.۱.۱. استفاده از سری تیلور
 - ۲.۱.۲. استفاده از اپراتورهای تفاضلی
 - ۲.۱.۳. تقریب مرتبه بالای فشرده یا ضمنی مشتق
 - ۲.۱.۴. تقریب مشتق با استفاده از برازش چند جمله ای
 - ۲.۱.۵. تقریب مشتق در چند بعد فضا، مشتق های مختلط
- ۲.۲. بدست آوردن معادلات تفاضلی FDE
 - ۲.۲.۱. فرم صریح معادلات FDE
 - ۲.۲.۲. فرم ضمنی معادلات FDE
 - ۲.۲.۳. تعریف خطای سازگاری و پایداری
 - ۲.۲.۴. قضیه Lax و شرط همگرایی جواب معادله FDE به جواب دقیق معادله PDE
- ۲.۳. روشهای مرسوم بررسی پایداری، روش فوریه، روش ماتریسی و روش انرژی
- ۲.۴. بررسی خطای روش های عددی در روی شبکه های با سایز محدود
 - ۲.۴.۱. تحلیل خطا به کمک معادله اصلاح شده
 - ۲.۴.۲. تحلیل فرکانسی خطا



- ۲.۵. روش‌های تفاضل محدود برای معادلات با رفتار هایپرپولیک (معادله Advection)
- ۲.۵.۱. روش‌های مرتبه اول ضمنی و صریح و خطای دامنه
- ۲.۵.۲. روش‌های مرتبه دوم ضمنی و صریح و خطای فاز
- ۲.۵.۳. روش‌های چند مرحله‌ای
- ۲.۵.۴. تعمیم به چند بعد فضا، روش کاملاً گسسته در مقابل روش تقسیم اپراتورها
- ۲.۶. روش‌های تفاضل محدود برای معادلات با رفتار پارابولیک (معادله دیفیوژن)
- ۲.۶.۱. روش‌های صریح و ضمنی ساده
- ۲.۶.۲. روش Crank-Nicolson و الگوریتم ترکیبی
- ۲.۶.۳. روش Keller Box
- ۲.۶.۴. تعمیم به چند بعد فضا، روش کاملاً گسسته در برابر روش ADI و روش عمومی فاکتورگیری ضمنی
- ۲.۷. روش‌های تفاضل محدود برای معادلات با رفتار الیپتیک (معادله پواسون)
- ۲.۷.۱. الگوریتم پنج نقطه‌ای و نه نقطه‌ای
- ۲.۷.۲. روشهای مستقیم و تکراری حل دستگاه معادلات جبری
- ۲.۷.۲.۱. روشهای تکراری ایستا: ژاکوبی، گوس-سیدل، SIP و SOR
- ۲.۷.۲.۲. تکنیکهای شتاب دهی روشهای ایستا، روش چند شبکه ای
- ۲.۷.۲.۳. روشهای غیر ایستا، تعریف فرم مرتبه دوم، روش سریعترین فرود، روش جهت های جستجو مزدوج و گرادیان مزدوج و BCG و GMRES
- ۲.۸. روش حل دستگاه معادلات غیر خطی، روش شبه نیوتونی و روش تکراری پیکارد
۳. روش‌های تفاضل محدود برای معادلات هایپرپولیک غیر خطی
- ۳.۱. فرم اسکالر معادله بقا، تعریف سرعت موج و فرم شبه خطی، رفتار مشخصه ها و جواب مشخصه‌ای معادله غیرخطی
- ۳.۲. ایجاد موج ضربه‌ای، تعریف جواب ضعیف و شرط هوگونیوت، غیریکتایی جواب ضعیف و شرط انتروپی عددی
- ۳.۳. تعمیم صوری روش‌های خطی به معادله برگرز، روش‌های عددی برای معادل
۴. گسسته سازی معادلات به روش حجم محدود
- ۴.۱. فرم انتگرالی معادله ژنریک
- ۴.۲. تعریف کمیت متوسط سلولی و تقریب انتگرال های حجمی و سطحی در معادله ژنریک با دقت مورد نظر
- ۴.۳. میان‌یابی کمیت های سطحی از مقادیر متوسط سلولی در محاسبه شار جابجایی، روش CDS، UDS، روش تصحیح تاخیری، روش کوپیک
- ۴.۴. تعمیم به چند بعد فضا
۵. گسسته سازی معادلات به روش المان محدود گالرکین
- ۵.۱. روش‌های باقیمانده وزنی و انواع آن
- ۵.۲. روش المان محدود گالرکین
- ۵.۳. تعریف توابع شکل خطی و بررسی دقت آنها در میان‌یابی جواب
- ۵.۴. اعمال روش المان محدود گالرکین به معادله اشتروم لیوویل
- ۵.۵. اعمال روش المان محدود گالرکین به معادله کانوکشن-دیفیوژن
- ۵.۶. تعمیم به چند بعد فضا، اعمال روش المان محدود گالرکین به معادله پواسون



راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	۵۰-۴۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	-
آزمون میان ترم	۱۰-۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۳۰-۵۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی :

1. Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer, Third Edition, Pletcher, Tanehill, Anderson.
2. Computational Methods for Fluid Dynamics, Ferziger, Peric.
3. Numerical Methods for Conservation Laws, LeVeque.
4. Hand Book of Grid Generation, Thompson, Soni, Weatherill, CRC Press; (1998)



عنوان درس به فارسی:		توربولانس	
عنوان درس به انگلیسی:		Turbulence	
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 با اصول فیزیکی و مبانی جریان مغشوش و همچنین مقدماتی از روش های مدل سازی جریان های آشسته آشنا می شوند.

مباحث یا سرفصل ها :

۱. مقدمه ای بر فیزیک توربولانس
کاربردها، ویژگی ها، روش های تحلیل، منشع، پخش و اسکیل ها در جریان توربولانس
۲. انتقال آشسته مومنتوم و حرارت
تجزیه رینولدز، متغیرهای همبسته، تنش و معادلات رینولدز، تئوری جنبشی گازها، تخمین تنش رینولدز، تئوری طول مخلوط و محدودیت های آن
۳. دینامیک توربولانس
ملاحظات فیزیکی معادلات انرژی جنبشی متوسط و توربولانسی، دینامیک ورتیسسته متوسط و لحظه ای، دینامیک نوسانات دما
۴. جریان های برشی آزاد شامل ویک، جت و لایه مخلوط
۵. جریان های محدود به دیوار شامل جریان های لوله و کانال و همچنین لایه مرزی با اثرات گرادیان فشار
۶. انتقال آشسته ی همگن و ساکن در جریان برشی و خاص
۷. مباحث ویژه مرتبط با توربولانس
۸. مقدمه ای بر مدل سازی توربولانس

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	۲۰-۱۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۵-۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۵-۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰-۴۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی :

1. A first course in turbulence, H. Tennekes & J. H. Lumley.
 2. Turbulence, J. O. Hinze.
 3. Turbulent flow (Analysis, Measurement and Prediction) , P. S. Bernard & J. M. Wallace.
 4. Turbulence modeling for CFD, D. C. Wilcox.
 5. Introduction to turbulence, P. A. Libby.
 6. The physics of fluid turbulence, W. D. McComb.
- Turbulent flow, S. B. Pope.



عنوان درس به فارسی:		مدل سازی توربولانس	
عنوان درس به انگلیسی:		Turbulence Modeling	
دروس پیش نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم نیاز:		☐ پایه ☒ نظری	
تعداد واحد:		☐ عملی ☒ تخصصی اجباری	
تعداد ساعت:		☐ نظری / عملی ☐ تخصصی اختیاری	
		۳	
		۴۸	

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.

مباحث یا سرفصل ها :

۱. مروری بر مفاهیم اساسی فیزیک توربولانس
۲. مروری بر مدل سازی توربولانس پایه
مدل های جبری، تک معادله ای و دو معادله ای
۳. تاثیر تراکم پذیری بر مدل سازی توربولانس
ملاحظات فیزیکی، معادلات متوسط گیری فاور، تقریب های کلوزر، قانون دیواره، بررسی مدل های توربولانسی تراکم پذیر $k-\varepsilon$ و $k-\omega$ ، کاربردها در لایه مرزی، شوک، جدایی جریان
۴. مدل های توربولانسی غیر مبتنی بر تقریب بوزینسک
مشکلات تقریب بوزینسک، روابط متشکله غیر خطی، مدل های انتقال تنش نظیر مدل لاندن-ریسی-رودی و مدل ویلکوکس، کاربردها در جریان های آشفته همگن، جریان های برشی، جریان های جدا شده.
۵. شبیه سازی گردابه های بزرگ
تفاوت LES، DNS و DES، فیلتر، معادلات فیلتر شده، انواع مدل سازی زیر شبکه ای نظیر مدل اسمگورینسکی و دینامیکی، کاربردها
۶. مباحث خاص مرتبط با مدل سازی توربولانس
راهنمای های ارزشیابی (پیشنهادهای):

پروژه	۲۰ - ۱۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۲۰-۱۵ درصد
آزمون میان ترم	۲۰-۱۵ درصد
آزمون پایان ترم	۴۰-۵۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی :

1. Turbulence Modeling for CFD, D. C. Wilcox, 3th edition, 2006.
2. Turbulent Flow, S. B. Pope.
3. Turbulent Flow (Analysis, Measurement and Prediction), P. S. Bernard & J. M. Wallace.
4. Introduction to Turbulence, P. A. Libby.
5. The Physics of Fluid Turbulence, W. D. McComb.
6. A First Course in Turbulence, H. Tennekes & J. H. Lumley.
7. Turbulence, J. O. Hinze.



عنوان درس به فارسی:		دینامیک گاز پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Gas Dynamics	
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 به درک عمیق تری از دینامیک گازها و جریان های تراکم پذیر می رسند.

مباحث یا سرفصل ها :

۱. مقدمه

- ۱.۱. تعریف جریان تراکم پذیر
- ۱.۲. تراکم پذیری هم دما
- ۱.۳. تراکم پذیری آیزنتروپیک
- ۱.۴. رژیم های جریان
- ۱.۵. مروری بر ترمودینامیک
- ۱.۶. گاز کامل
- ۱.۷. گاز واقعی
- ۱.۸. مخلوط واکنشی گاز کامل
- ۱.۹. روابط آیزنتروپیک

۲. معادلات حاکم

- ۲.۱. شکل انتگرالی معادله پیوستگی
- ۲.۲. شکل انتگرالی معادله مومنتوم
- ۲.۳. شکل انتگرالی معادله انرژی
- ۲.۴. شکل دیفرانسیلی معادله پیوستگی
- ۲.۵. شکل دیفرانسیلی معادله مومنتوم
- ۲.۶. شکل دیفرانسیلی معادله انرژی
- ۲.۷. تئوری Crocco
- ۲.۸. تئوری آکوستیک

۳. جریان یک بعدی پایا

- ۳.۱. روابط شوک عمودی
- ۳.۲. روابط هوگونیوت



۴. شوک مایل و موج انبساطی

۴,۱. روابط شوک مایل

۴,۲. Shock Polar

۴,۳. نمودار Pressure Deflection

۴,۴. موج انبساطی Prandtl-Meyer

۴,۵. تئوری انبساط شوک

۵. جریان نازل

۵,۱. معادلات حاکم

۵,۲. روابط سرعت-مقطع سطح

۵,۳. روابط آیزنتروپیک در نازل

۶. جریان یک بعدی پایا

۶,۱. جریان در کانال با مقطع ثابت با اصطکاک

۶,۲. خط Fanno

۶,۳. جریان بدون اصطکاک در کانال با مقطع ثابت با انتقال حرارت

۶,۴. خط Rayleigh

۶,۵. جریان هم دما

۷. حرکت موج ناپایا

۷,۱. حرکت امواج شوک عمودی

۷,۲. انعکاس امواج شوک

۷,۳. امواج غیرخطی

۷,۴. برخورد و انعکاس امواج انبساطی

۷,۵. روابط لوله شوک

۸. جریان پتانسیل

۸,۱. مقدمه

۸,۲. جریان غیرچرخشی

۸,۳. معادله پتانسیل سرعت

۸,۴. معادله لاپلاس

۹. جریان خطی شده

۹,۱. مقدمه

۹,۲. معادله پتانسیل سرعت خطی شده

۹,۳. ضریب فشار خطی شده

۹,۴. جریان فروصوتی خطی شده

۹,۵. تصحیحات تراکم پذیری

۹,۶. عدد ماخ بحرانی

۹,۷. واگرایی درگ

۹,۸. جریان فوق صوتی خطی شده



۱۰. جریان مخروطی

۱۰,۱. مقدمه

۱۰,۲. معادلات حاکم در مختصات خمیده ی عمودی

۱۰,۳. فرمولاسیون Taylor-Moccoll

۱۰,۴. رویی عددی

۱۰,۵. جنبه های فیزیکی جریان فوق صوتی روی مخروط ها

۱۱. روش مشخصه ها

۱۱,۱. طبقه بندی معادلات مشتق جزئی

۱۱,۲. تئوری مشخصه ها

۱۱,۳. خطوط مشخصه جریان غیر چرخشی دوبعدی

۱۱,۴. معادلات تراکم پذیری

۱۱,۵. رویه عددی

۱۱,۶. طراحی نازل فوق صوتی

راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

۱۰ - ۰ درصد	پروژه
۱۰ - ۰ درصد	ارزشیابی مستمر
۱۵ - ۲۰ درصد	تمرین
۲۵ - ۳۰ درصد	آزمون میان ترم
۳۰ - ۵۰ درصد	آزمون پایان ترم

فهرست منابع پیشنهادی :

1. Anderson, J. D., Modern Compressible Flow, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1990.
2. Elements of Gas Dynamics, Lieppman and Roshko, John Wiley, 1957.
3. The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow, A. H., Shapiro, Vol I, John Wiley, 1953.
4. Compressible Fluid Dynamics, P. H., Thompson, McGraw-Hill, 1972.
5. Gas Dynamics, M. J. Zucrow and J. D. Hoffman, Vol I, John Wiley, 1976.
6. Gas Dynamics, M. J. Zucrow and J. D. Hoffman, Vol II, John Wiley, 1977.
7. Viscous and Compressible Fluid Dynamics, M. E. O'Neil and F. Chorlton, Ellis Horwood, 1989.



عنوان درس به فارسی:		روش های اجزای محدود ۱	
عنوان درس به انگلیسی:		Finite Element Methods I	
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:

این درس مبانی و اصول روش اجزای محدود و همچنین کاربرد آن در حل مسائل به صورت عمومی در مکانیک جامدات و به طور خاص برای دانشجویان گرایش تبدیل انرژی حل مسائل انتقال حرارت و سیالات است.

مباحث یا سرفصل ها:

۱- مقدمه

معرفی روش و کاربردهای المان محدود، روش مستقیم، روش جساب تغییرات، روش باقیمانده های وزن دار

۲- مسائل انتقال حرارت یک بعدی پایا

معادلات حاکم، فرم ضعیف، فرم گسسته، المان های یک بعدی خطی، المان یک بعدی مرتبه دوم و بالاتر، مختصات اصلی، مختصات محلی، مختصات طبیعی، برنامه نویسی کامپیوتری مسائل پایای یک بعدی

۳- مسائل انتقال حرارت دو و سه بعدی پایا

معادلات حاکم، المان های مثلثی، المان های چهار ضلعی، توابع شکل لاگرانژی و هرمیتی، ژاکوبین تبدیل، المان های هرمی، المان های شش وجهی، برنامه نویسی کامپیوتری مسائل پایای دو بعدی

۴- انتگرال گیری عددی و حل معادلات حاکم

روش انتگرال گیری گوس یک بعدی و دو بعدی و سه بعدی، روش حل معادلات، اعمال شرایط مرزی حرارتی و جابجایی

۵- مسائل انتقال حرارت ناپایا

گسسته سازی زمانی و مکانی معادلات، محاسبه ماتریس جرم و میرایی، روش های حل معادلات گسسته سازی شده، نکات حل عددی مسائل ناپایا، برنامه نویسی کامپیوتری مسائل ناپایای دو بعدی

۶- مسائل مکانیک سیالات

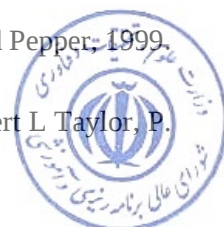
معادله پیوستگی، معادله مومنوم، معادلات متشکله سیال، شرایط مرزی، المان محدود سرعت-فشار، معادلات گسسته سازی شده، روش پنالتی جهت حل معادلات، جنبه های محاسباتی حل مسائل، برنامه نویسی کامپیوتری مسائل پایای دو بعدی سیالات

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

ارزشیابی مستمر	۱۰-۲۰ درصد
تمرین و برنامه نویسی کامپیوتری	۲۰-۳۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۰-۲۵ درصد
آزمون پایان ترم	۳۰-۴۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی:

1. The Finite Element Method, Basic Concepts and Applications, Pepper and Hienrich, 2006.
2. Intermediate Finite Element Method, Fluid Flow and Heat Transfer Application, Heinrich and Pepper, 1999.
3. The Finite Element Method, T.J.R. Hughes, 1987.
4. The Finite Element Method for Fluid Dynamics, Seventh Edition, Olek C Zienkiewicz, Robert L Taylor, P. Nithiarasu, Butterworth-Heinemann, 2013.



5. The Finite Element Method with Heat Transfer and Fluid Mechanics Applications, Erian A. Baskharone, Cambridge University Press, 2014
6. The Finite Element Method for Fluid Dynamics, O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor, P. Nithiarasu, Elsevier Ltd., 7Th Edition 2014
7. Fundamentals of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow, R.W. Lewis, P. Nithiarasu, K.N. Seetharamu, John Wiley, 2004



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:		☐ 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:

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 سوخت های مختلف و آشنایی با تعادل شیمیایی و سینتیک شیمیایی است. این درس تئوری شعله های پیش آمیخته و پخشی، تبخیر ذره و سیستم های واکنشی را نیز پوشش می دهد.

مباحث یا سرفصل ها:

- ۱- مقدمه
- ۲- ترمودینامیک احتراق
- ۳- تعادل شیمیایی
- ۴- سینتیک شیمیایی
- ۵- معادلات حاکم بر جریانهای واکنش شیمیایی
- ۶- شعله های پیش آمیخته آرام
- ۷- شعله های غیرپیش آمیخته آرام
- ۸- احتراق قطره و اسپری
- ۹- احتراق آشفته
- ۱۰- آلاینده های

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادهای):

پروژه	۲۵ - ۲۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۰ - ۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۵ - ۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ - ۴۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی:

1. K. K. Kuo, Principles of Combustion, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2005.
2. S. Turns, an Introduction to Combustion: Concepts and Applications, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1999.
3. Poinot, Thierry and Veynante, Denis, Theoretical and Numerical Combustion [3rd Ed.], R.T. Edwards, Inc., 2012.
4. N. Peters, Turbulent Combustion, Cambridge: Cambridge University Press, 2000.



عنوان درس به فارسی:		انتقال حرارت تشعشعی	
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 محیط های مشارکتی و غیر مشارکتی در شرایط کلی و طیفی و در بود و نبود حالت های دیگر انتقال حرارت، آشنایی اولیه با حل های تقریبی و عددی انتقال حرارت تابشی در محیط های مشارکتی

مباحث یا سرفصل ها :

۱. مدل های کلاسیک و کوانتوم ویژگی های تابشی مواد
۲. تئوری موج الکترومغناطیس برای تابش حرارتی
۳. انتقال حرارت تشعشعی در جذب، انتشار و پخش ذره ی واسط
۴. تابش ذاتی لیزر
۵. کاربردها:
 - ۵,۱. برهمکنش ماده-لیزر
 - ۵,۲. تصویربرداری
 - ۵,۳. سنجش مادون قرمز
 - ۵,۴. گرمایش جهانی
 - ۵,۵. تولید نیمه رسانا
 - ۵,۶. احتراق
 - ۵,۷. کوره ها
 - ۵,۸. فرآیندهای دما بالا
۶. آشنایی با خواص تابشی سطوح - کمیت های کلی - جهتی و طیفی
۷. ضرایب شکل
۸. فرموله کردن مسائل تابشی از طریق تئوری تبادل تابش محفظه ها
 - ۸,۱. سطوح دیفیوزر - خاکستری
 - ۸,۲. سطوح غیرخاکستری
۹. فرموله کردن مسائل تابش هنگامی که حالت های دیگر حرارت حضور دارند
۱۰. آشنایی با ساز و کار های مختلف تابش در محیط های مشارکتی
۱۱. معادله انتقال (شدت) تابش
۱۲. حل دقیق تابش در لایه های سطحی
۱۳. حل های تقریبی تابش در لایه های سطحی



راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	۲۰-۱۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۵-۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۵-۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰-۴۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی :

1. Siegel, R. and Howell, J.R., "Thermal Radiation Heat Transfer", 4th Edition, Taylor and Francis, 2010.
2. Modest, M. "Radiative Heat Transfer", 2nd Edition, Academic Press, 2003.
3. Sparrow, E.M., "Radiation Heat Transfer, Augmented Edition", CRC Press, 1978.
4. Hottel, H. C. and Sarofim, A. F., "Radiative Transfer", McGraw-Hill Book Company, New York, 1967.
5. Reiss, H., "Radiative Transfer in Nontransparent Dispersed Media", Springer Verlag Pbl. 1988.
6. Chandrasekhar, S., "Radiative Transfer", Dover Pbl. 1960.
7. Edwards, D. K., "Radiation Heat Transfer Notes", Hemisphere Pbl. 1981.
8. Planck, M., "The Theory of Heat Radiation", Dover Pbl. 1991.



عنوان درس به فارسی:		انتقال حرارت جابجایی در محیط های متخلخل	
عنوان درس به انگلیسی:		Convection Heat Transfer in Porous Media	
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:

دانشجویان در این درس به درک عمیق تری از انتقال حرارت جابجایی در محیط های متخلخل می رسند.

مباحث یا سرفصل ها :

۱. مطالعه مکانیک سیالات در محیط متخلخل

- ۱.۱. مقدمه
- ۱.۲. مطالعه تخلخل
- ۱.۳. سرعت داری و معادله پیوستگی
- ۱.۴. معادله مومنوم: قانون داری
- ۱.۵. قانون داری: نفوذ پذیری
- ۱.۶. مطالعه مدل هایی که به قانون داری منتهی می شوند
- ۱.۷. مطالعه مدل های آماری قانون داری
- ۱.۸. توسعه قانون داری
- ۱.۹. بررسی شتاب و سایر اثرات اینرسی
- ۱.۱۰. بررسی معادله وورچیمیر
- ۱.۱۱. مطالعه معادله برینکمن
- ۱.۱۲. بررسی شرایط مرزی هیدرودینامیکی
- ۱.۱۳. اثر تغییرات متخلخل
- ۱.۱۴. توربولانس در محیط متخلخل
- ۱.۱۵. مطالعه محیط های متخلخل پیچیده

۲. انتقال حرارت از محیط متخلخل

- ۲.۱. معادله انرژی: بررسی حالات ساده
- ۲.۲. بررسی معادله انرژی در حالات پیچیده
- ۲.۳. مطالعه هدایت حرارتی کلی در محیط متخلخل
- ۲.۴. بررسی اثرات تغییرات فشار، اتلاف انرژی و تعادل ترمودینامیکی
- ۲.۵. مطالعه براکنش حرارتی در محیط های متخلخل
- ۲.۶. مطالعه شرایط مرزی

۳. مطالعه آنالوژی هله-شاو در محیط متخلخل



۳. مطالعه انتقال حرارت در محیط متخلخل-جریان های مختلط چند مولفه ای-جریان های چند ماده

- ۳,۱. مطالعه جریان های مختلط چند مولفه ای و مفاهیم اساسی
- ۳,۲. بررسی اصل بقای جرم در یک محیط متخلخل چند مولفه ای
- ۳,۳. مطالعه انتقال حرارت و انتقال جرم به صورت ترکیبی
- ۳,۴. اثر واکنش های شیمیایی
- ۳,۵. جریان های چندفازی
- ۳,۶. اصل بقای جرم
- ۳,۷. اصل بقای مومنتوم
- ۳,۸. اصل بقای انرژی
- ۳,۹. مطالعه ی محیط های متخلخل اشباع نشده

۴. جابجایی اجباری

- ۴,۱. دیواره تخت با دمای ثابت
- ۴,۲. دیواره تخت با شار ثابت
- ۴,۳. مطالعه کره و استوانه و لایه مرزی
- ۴,۴. چشمه های حرارتی لوله ای و خطی
- ۴,۵. مطالعه اثرات گذرا
- ۴,۶. اثرات عدم تعادل حرارتی
- ۴,۷. اثر اینرسی و براکنش حرارتی در جریان های خارجی
- ۴,۸. اثرات اصطکاک مرزی و تغییرات متخلخل در جریان های خارجی
- ۴,۹. اثرات اصطکاک، اینرسی، تغییرات متخلخل در جریان های محبوس شده
- ۴,۱۰. مطالعه جابجایی اجباری از روی سطوحی که با مواد متخلخل پوشش داده شده اند
- ۴,۱۱. مبدل های حرارتی فشرده در محیط متخلخل
- ۴,۱۲. مطالعه شبکه درختی برای محاسبه ی حداقل مقاومت در جریان های حجمی به نقطه ای

۵. جریان های جابجایی طبیعی بیرونی

- ۵,۱. جابجایی آزاد در صفحات عمودی
- ۵,۲. حل های تشابهی، مطالعه حالت گذرا
- ۵,۳. اثر تغییرات دمای محیط
- ۵,۴. لایه های مرزی در انتقال حرارت مرکب
- ۵,۵. اثرات اصطکاک مرزی، اینرسی و براکنش حرارتی
- ۵,۶. بررسی مطالعات تجربی
- ۵,۷. جابجایی در صفحات مورب
- ۵,۸. جابجایی طبیعی از روی استوانه های متخلخل افقی
- ۵,۹. جریان از روی استوانه در اعداد رایلی بزرگ
- ۵,۱۰. جریان از روی استوانه در اعداد رایلی متوسط و کوچک
- ۵,۱۱. مطالعه جابجایی طبیعی از روی کره
- ۵,۱۲. مطالعه جابجایی طبیعی از روی کره در اعداد رایلی بزرگ
- ۵,۱۳. مطالعه جریان جابجایی طبیعی در جریان های دو بعدی و اجسام متقارن محوری
- ۵,۱۴. 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

- ۶,۱. بررسی اثر ناپایداری جریان جابجایی طبیعی
- ۶,۲. مطالعه جریان غیرداری و اثرات براکنش حرارتی
- ۶,۳. بررسی تجربی جریان جابجایی طبیعی داخلی
- ۶,۴. مطالعه جریان جابجایی طبیعی در استوانه های حلقوی
- ۶,۵. مطالعه اثر میدان های مغناطیسی بر جابجایی طبیعی جریان داخلی در محیط متخلخل

۷. بررسی جریان جابجایی طبیعی – گرمایش از وجوه جانبی

- ۷,۱. مطالعه رژیم لایه مرزی
- ۷,۲. مطالعه پایداری جریان
- ۷,۳. جابجایی ترکیبی (هدایت و جابجایی)

۸. مطالعه جابجایی مختلط

- ۸,۱. جابجایی مختلط بیرونی و بررسی دیواره عمودی، دیواره های افقی، استوانه های عمودی و افقی، کره و سایر هندسه ها
- ۸,۲. مطالعه جریان جابجایی مختلط داخل کانال های افقی
- ۸,۳. مطالعه جابجایی مختلط از استوانه های حلقوی افقی
- ۸,۴. جریان جابجایی مختلط از داخل استوانه عمودی، استوانه حلقوی عمودی

۹. مطالعه جابجایی با لایه های مرزی پخشی دوگانه

- ۹,۱. معادله انتقال حرارت و جرم، مطالعه ی پروفیل های غیرخطی
- ۹,۲. مطالعه اثر سورت
- ۹,۳. بررسی جریان جابجایی با لایه های پخشی دوگانه در اعداد رایلی بزرگ

۱۰. انتقال حرارت جابجایی با تغییر فاز

- ۱۰,۱. فرآیند ذوب در محفظه هایی که دیواره جانبی آن ها گره شده باشد
- ۱۰,۲. اثر سوپر هیت شدن
- ۱۰,۳. مطالعه انتقال حرارت در حالت انجماد با خنک کاری جانبی
- ۱۰,۴. جوشش – جوشش لایه ای
- ۱۰,۵. مطالعه فرآیند چگالش در محیط های متخلخل

راهنمای ارزشیابی:

پروژه	۱۵ – ۱۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۵-۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۳۰ – ۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۴۰ – ۵۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی :

1. Convection in Porous Media by A.Bejan
2. Vafai, K, Handbook of Porous Media
3. Kaviani M, Principles of Porous Media
4. Bear J, Dynamics of Fluids in Porous Media



عنوان درس به فارسی: انتقال حرارت دوفازی		عنوان درس به انگلیسی:
نوع درس و واحد	Two Phase Heat Transfer	
پایه ☐ نظری ☒		دروس پیش نیاز:
تخصصی اجباری ☐ عملی ☐		دروس هم نیاز:
تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐		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 مفاهیم اساسی جریان سیالات دوفازی بیان شده و سپس معرفی رژیم های مختلف جریان های دوفازی انجام می شود. در ادامه انتقال حرارت در این رژیم ها بررسی و فرمول های تحلیلی و تجربی و مدل های مختلف مورد بررسی و تحلیل قرار می گیرد.

مباحث یا سرفصل ها :

۱. مقدمه
۲. مدل های اساسی در جریان های دوفازی
۳. روابط تجربی در جریان های دوفازی
۴. مقدمه ای بر جوشش
۵. جوشش مادون سرد
۶. جوشش اشباع
۷. میعان

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادهای):

پروژه	۱۰ - ۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۲۵ - ۳۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۰ - ۱۵ درصد
آزمون پایان ترم	۴۰ - ۵۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی :

1. J. G. Collier, J.R. Thome, Convective Boiling and Condensation, 3rd Edition, Oxford University Press, Oxford, 1996.
2. Tong & Tang, Boiling Heat Transfer & Two Phase Flow, 2nd Edition, 1997.
3. Kandlikar, Handbook of Phase Change, 1999.
4. J. R. Thome, Heat Transfer Engineering Data Book III, 2007, Wolverine.
5. M. E. Poniewski, J. R. Thome, Nucleate Boiling on Micro Structured Surface, Heat Transfer Research, Inc. (HTRI) USA (2008).
6. J. R. Thome, Enhanced Boiling Heat Transfer, Hemisphere Pub. Corp. (Taylor & Francis), New York (1990).
7. Graham B. Wallis, One- dimensional Two-phase Flow, McGraw-Hill, New York, 1969.



عنوان درس به فارسی:		انتقال حرارت هدایتی	
عنوان درس به انگلیسی:		Conduction 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	
		۳	
		۴۸	

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.

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

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	۱۵ - ۱۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۵-۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۳۰ - ۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۴۰ - ۵۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی:

1. Jiji, L. M., Heat Conduction, 3rd Edition, Springer, 2009.
2. Schneider, P. J., Conduction Heat Transfer, Addison-Wesley, 2012.
3. Ozisik, M. N., Heat Conduction, John Wiley & Sons, 2011.
4. Arpaci, V. S., Conduction Heat Transfer, Addison-Wesley, 1966.



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

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

هدف کلی:

هدف درس آشنایی و ارائه روش های تحلیلی برای بررسی عملکرد سیستم های استفاده از انرژی خورشیدی می باشد.

مباحث یا سرفصل ها :

۱. مقدمه ای بر انرژی های تجدید پذیر
۲. اصول تابش خورشیدی
۳. تابش برون جوی روی سطوح
۴. اثر تضعیف کنندگی 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 پوشش های شفاف
۹. تابش جذب شده
۱۰. کلکتورهای تخت
۱۱. توزیع دما بین لوله ها و در امتداد جریان
۱۲. آبگرم کن خورشیدی فعال و نا فعال
۱۳. اتصال سری و موازی آب گرم کن ها
۱۴. کلکتورهای متمرکز کننده
۱۵. آشنایی با فتوولتاییک

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	۱۵ - ۱۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۵-۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۳۰ - ۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۴۰ - ۵۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی:

1. Solar Engineering of Thermal Processes, J. A. Duffie, W. A. Beckman, 3rd Edition, John Wiley, 2008.
2. Solar Energy Engineering Processes and Systems, 2nd Edition, Soteris A. Kalogirou, 2014.
3. Solar Energy Principals of Thermal Collection and Storage, 3rd Edition, S. P. Sukhatme, J. K. Nayak, Tata McGraw-Hill, 2009.



عنوان درس به فارسی:		پردازش موازی	
عنوان درس به انگلیسی:		Parallel Processing	
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:

امروزه، کامپیوتر به یک ابزار همگانی تبدیل شده است که در تمامی رشته های 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 برنامه نویسی موازی میباشد. با توجه به اینکه به نظر می رسد که آینده محاسبات با پردازش موازی عجین بوده، لذا آشنایی دانشجویان تحصیلات تکمیلی با تکنولوژی پردازش موازی و همچنین کسب دانش برنامه نویسی موازی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این درس دانشجویان با مفاهیم پایه پردازش و انجام محاسبات در رایانه ها، مفاهیم پردازش موازی، مدل های سخت افزاری و نرم افزاری و همچنین روشها و ابزارهای برنامه نویسی موازی آشنا خواهند شد.

مباحث یا سرفصل ها :

۱. مقدمات و مفاهیم کلی پردازش در کامپیوتر
۲. آشنایی با لینوکس و کاربرد آن در برنامه نویسی موازی
۳. مقدمات و مفاهیم پردازش موازی
۴. آشنایی با استاندارد MPI برای برنامه نویسی موازی در مدل حافظه توزیع شده
۵. آشنایی با استاندارد OpenMP برای برنامه نویسی موازی در مدل حافظه مشترک
۶. آشنایی با سایر مدل های برنامه نویسی موازی و ابزارهای به روز پردازش موازی

راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	۳۰ - ۲۰ درصد
ارزشیابی مستمر	۱۰ - ۰ درصد
تمرین	۱۰ - ۰ درصد
آزمون میان ترم	۱۰ - ۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۳۰ - ۵۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی :

1. An Introduction to Parallel Programming, Book by Peter Pachoco
2. Parallel programming in C with MPI and OpenMP, Book by Michael J. Quinn
3. Introduction to parallel programming, Book by Steven Brawer



عنوان درس به فارسی:		ترمودینامیک آماری	
عنوان درس به انگلیسی:		Statistical Thermodynamics	
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:

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 عبارت اند از اصل هایزنبِرگ و معادله موج، تابع حامل انرژی های انتقالی، انرژی داخلی ذرات چند اتمی، واکنش های چندتائی و همزمان، روش های مختلف توزیع آماری و معادلات حالت

مباحث یا سرفصل ها :

۱. مقدمات: مقدمات احتمالات، معادلات ماکسول، تئوری اتمی
۲. اصل هایزنبِرگ و مشخصه معادله موج، مدل هارمونیک برای انرژی نوسانی و دورانی، مولکول های دو اتمی و مدل عمومی
۳. تابع حائل انرژی های انتقالی، نوسانی، دورانی و الکترونیکی ذرات، مدل انیشتین و دبی برای اجسام جامد
۴. انرژی داخلی ذرات چند اتمی، تعیین ثابت های تعادل و عناصر موجود در واکنش های شیمیایی در حال تعادل
۵. واکنش های چندتائی و همزمان
۶. توزیع ذرات ماکسول=بولتزمن، توزیع بوز انیشتین و توزیع فرمی دیراک
۷. مدل Grand Canonical در سیستم های وابسته
۸. معادلات حالت، معادله حالت نیروئی (Virial)، تعیین ضرایب نیرویی در معادله حالت، توابع پتانسیل بین مولکول ها و ذرات برای تعیین ضرایب نیروئی، تعیین ضرائب نیرویی مخلوط چند گاز، مخلوط گاز مایع

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	-
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۲۵-۲۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۵-۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۶۰-۵۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی :

1. Norman M. Laurendeau, Statistical Thermodynamics, Cambridge University Press, 2005.
2. Donald A. McQuarrie, Statistical Mechanics, University Science Books, 2000.
3. Terrell L. Hill, an Introduction to Statistical Thermodynamics, Dover Publications, 2012.
4. D. Chandler, Introduction to Modern Statistical Mechanics, Oxford University Press, 1987.
5. J.E. Lay, Statistical Mechanics and Thermodynamics of Matter, Harper & Row Publisher, 1990.



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.

مباحث یا سرفصل ها :

۲. مقدمه

اهداف، تعاریف، مقایسه توربین های گازی با دیگر موتورهای

۳. 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

۴. ترمودینامیک سیکل های توربین گاز

دیاگرام دما-انترپی، فرآیندهای 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

۵. دیفیوژن و دیفیوژرها

دیفیوژن در مجراها، اندازه گیریهای عملکرد، افزایش تئوریک 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

۶. انتقال انرژی در توربوماشین ها

معادله ی اوایلر، دیاگرام های سرعت، کمپرسور های 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

۷. 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 پیچش پره ها، روش های محاسبه ی انحناء-خط جریان

۸. 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 تجربی تلفات برای توربوماشین جریان محوری، ویژگی های عملکردی توربین



۹. طراحی و پیش بینی عملکرد کمپرسورهای محوری

مقدمه، تست کسکید، طراحی اولیه ی فن های تک- طبقه و کمپرسورها، طراحی تیغه کمپرسور با انحناء معین، تخمین عملکرد کمپرسورهای جریان محوری، طراحی و تحلیل کمپرسورهای محوری چند طبقه، سرج، مرحله stacking کمپرسور محوری، روشهای راه اندازی سرعت پایین برای کاهش استال، کمپرسور های محوری- شعاعی، فن ها و کمپرسورهای گذر صوتی، هندسه های اصلاح شده پره ها، فلاتر، طراحی پمپ جریان محوری

۱۰. روش های طراحی توربوماشین های شعاعی

پیچیدگی های طراحی دقیق، مزایا و معایب و حوزه های کاربرد، فرآیند طراحی برای کمپرسورها، فن ها و پمپ ها، فرآیند طراحی برای توربین های جریان شعاعی، نازل های توربین های جریان شعاعی، مشخصات کاری توربوماشین های جریان شعاعی، پیکربندی های روتور، شکل پره، محدوده ی سرج، تخمین عملکرد در شرایط غیر طراحی، طراحی پمپ های سانتریفیوژ، کاویتاسیون و جریان دوفازی در پمپ ها، تلفات کاری کاویتاسیون

۱۱. طراحی توربوماشین ها با استفاده از نرم افزار CFX و تحلیل CFD توربوماشین ها

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	۲۰-۱۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۵-۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۵-۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰-۴۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی :

1. Wilson, David Gordon, "The Design of High-Efficiency Turbomachinery and Gas Turbines", 2nd Edition, Prentice-Hall Inc, 1998.
2. Dixon S. L., Fluid Mechanics & Thermodynamics of Turbomachinery, Elsevier, 7th Edition.
3. Turbo Machines, Arasu, A. V., VIKAS Publishing House PVT LTD, 2001.
۴. توربوماشینها، دکتر ابراهیم شیرانی، ویرایش دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
5. Hydraulic and Compressible Flow Turbomachinery, Sayers, A. T., McGraw-Hill book Company, 1990.
6. Mechanics and Thermodynamics of Propulsion, Hill, P. G. and Peterson, C. R., 1992.



عنوان درس به فارسی:		توربین گاز پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Gas Turbine	
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:

هدف این درس فراگیری اصول عملکرد انواع توربین گاز، طراحی صفر بعدی سیکل توربین گاز، طراحی یک بعدی اجزا و بررسی انطباق اجزا می باشد.

مباحث یا سرفصل ها :

۱. آشنایی با اصول کارکرد موتور های بنزینی
- سیکل باز با ترکیب تک محور و دو محور، ترکیب چند محور، سیکل بسته، پیشرانش هواپیما، کاربردهای صنعتی، پروسه طراحی توربین گاز
۲. سیکل های تولید قدرت
- روش محاسبه تلفات اجزا، محاسبه عملکرد نقطه طراحی، عملکرد مقایسه ای سیکل های عملی، سیکل های ترکیبی، توربین گاز سیکل بسته
۳. توربین گاز برای تولید پیشرانش
- معیارهای عملکردی، بازده نازل پیشرانش و ورودی هوا، سیکل ساده توربوجت، موتور توربوفن، موتور توربوپراپ، افزایش پیشرانش
۴. طراحی دهانه ورودی هوا و طراحی نازل
۵. کمپرسورهای گریز از مرکز
- دیفیوزر، اثرات تراکم پذیری، کمیت های بی بعد، منحنی عملکردی کمپرسور، روش طراحی
۶. طراحی کمپرسور و فن محوری
- تئوری پایه، فاکتورهای مؤثر در نسبت فشار، انسداد، ضریب عکس العمل، جریان سه بعدی، روند طراحی، طراحی پره، محاسبه عملکرد طبقه، اثرات تراکم پذیری، 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، توربین های خنک شونده، توربین شعاعی
۸. طراحی محفظه احتراق
- الزامات عملکردی، انواع سیستم احتراق، فاکتورهای طراحی محفظه احتراق، عملکرد محفظه احتراق
۹. طراحی و پیش بینی 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، روش های رسم خط تعادل



راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	۲۰-۱۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۵-۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۵-۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰-۴۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی :

1. Gas Turbine Theory, Cohen, Rogers .
2. Mechanics and Thermodynamic of Propulsion, Hill & Peterson.
3. Elements of Propulsion, Mattingly.



عنوان درس به فارسی:		دینامیک ذرات معلق	
عنوان درس به انگلیسی:		Aerosol Dynamics	
دروس پیش نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	
تعداد واحد:		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐	
تعداد ساعت:		تخصصی اختیاری ☒ نظری / عملی ☐	
		۳	
		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.

مباحث یا سرفصل ها :

۱. خواص گازهای ایده آل
۲. توزیع آماری اندازه ذرات
۳. حرکت یکنواخت در ذرات معلق
۴. حرکت شتابدار مستقیم الخط و حرکت منحنی الخط در ذرات معلق
۵. حرکت براونی و پخش
۶. نشست ذرات معلق
۷. چسبندگی در ذرات معلق
۸. تبخیر و میعان
۹. فیلتراسیون
۱۰. خواص الکتریکی ذرات معلق
۱۱. خواص اپتیکی ذرات معلق
۱۲. روش های اندازه گیری ذرات معلق

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادهای):

پروژه	۲۰ - ۱۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۱۵ - ۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۲۵ - ۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ - ۴۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی :

1. W.C. Hinds, Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles, 2nd Edition, Wiley, 1999.
2. S.K. Friedlander, Smoke, Dust and Haze, Fundamental of Aerosol Dynamics, 2nd Edition, Oxford University Press, 2000.
3. J.H. Seinfeld and S.N. Pandis, Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change, 3rd Edition, Wiley, 2016.
4. F. M. White, Viscous Fluid Flow, McGraw Hill, New York, 2006.
5. R.L. Panton, Incompressible Flow, 4th Edition, Wiley, 2013.



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			
☐ 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:

در این درس دانشجویان مباحث تکمیلی مربوط به روشهای حل معادلات ناویر-استوکس تراکم پذیر و تراکم ناپذیر و همچنین مقدمه‌ای بر روشهای تولید شبکه محاسباتی را فرا خواهند گرفت.

مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: مراحل انجام یک حل CFD

- ۱.۱. مرور معادلات حاکم بر جریانهای تراکم ناپذیر و تراکم پذیر
- ۱.۲. گذار جریان آرام به درهم و خواص گردابه‌ها در جریان درهم، ملزومات و موانع حل مستقیم (DNS)
- ۱.۳. خواص اپراتور متوسط گیری و معادلات RANS
- ۱.۴. معادلات تنش رینولدز و مساله بسته نبودن توربولانس
- ۱.۵. مدل های جبری، یک معادله ای، دو معادله ای، ASM، RSM
- ۱.۶. روش LES، معرفی فیلترها، مدل Smagorinsky و مدل های دینامیکی

۲. روش های تولید شبکه محاسباتی

- ۲.۱. معرفی شبکه های با سازمان، بی سازمان و برهم نهاده
- ۲.۲. روشهای جبری (میانابایی) تولید شبکه با سازمان
 - ۲.۲.۱. میاناب های خطی، لاگرانژی و هرمیتی
 - ۲.۲.۲. توابع کنترل برای ایجاد فشردگی و کشیدگی در شبکه
- ۲.۳. روش حل معادلات PDE برای ایجاد شبکه های با سازمان
 - ۲.۳.۱. سیستم های مولد بیضوی، روش گسسته سازی و حل آن
 - ۲.۳.۲. نگاشت های کنترل شبکه
 - ۲.۳.۳. سیستم های مولد هایپربولیک
- ۲.۴. شبکه های بی سازمان و الگوریتم های جستجو
 - ۲.۴.۱. روش دلانی
 - ۲.۴.۲. روش جبهه پیش رونده

۳. روش های حل معادلات جریان تراکم ناپذیر

- ۳.۱. رفتار معادلات تراکم ناپذیر و مشکل ترم فشار
- ۳.۲. حذف ترم فشار: روش ورتیسیته-تابع جریان

روش تراکم پذیری مصنوعی

روشهای تصویرسازی



۳,۴,۱. انتخاب ترتیب متغیرها در روی شبکه، شبکه جابجا شده و هم مکان هم مکان

۳,۴,۲. روش های تصحیح فشار صریح، روش گام جزئی

۳,۴,۳. روش های تصحیح فشار ضمنی

۳,۴,۳,۱. الگوریتم SIMPLE

۳,۴,۳,۲. الگوریتم SIMPLEC, SIMPLER و PISO

۳,۴,۳,۳. الگوریتم SIMPLE در روی شبکه هم مکان، اصلاح Rhie-Chow

۳,۵. شرایط مرزی معادلات تراکم ناپذیر

۳,۶. حل معادلات در روی شبکه های پیچیده

۴. روش حل معادلات تراکم پذیر

۴,۱. خواص معادلات جریان تراکم پذیر و اهمیت وجود مشخصه ها

۴,۲. معادله بقا غیر خطی، وجود ناپیوستگی، جواب ضعیف و شرط انتروپی عددی

۴,۳. فرم بقایی روش عددی و قضیه همگرایی Lax-Wendroff

۴,۴. تعریف تابع تغییرات کل و قضیه پایداری

۴,۵. روش های مرتبه اول یکنوا

۴,۵,۱. تعریف یکنوایی

۴,۵,۲. روش Lax-Friedrichs

۴,۵,۳. روش Osher-Engquist

۴,۵,۴. تعریف مساله ریمان و روش گودونوف Godunov

۴,۵,۵. روش Roe برای خطی سازی مساله ریمان

۴,۶. روش های مرتبه بالا با حفظ یکنوایی و قدرت تفکیک بالا

۴,۶,۱. روش استهلاک مصنوعی (Jameson-Schmidt-Turkel) JST

۴,۶,۲. روش های مرتبه دوم TVD

۴,۶,۲,۱. روش محدود سازی تابع فلاکس

۴,۶,۲,۲. روش محدود سازی شیب

۴,۶,۳. روش های ENO و WENO

۴,۷. روش تعمیم به سیستم معادلات غیر خطی

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادهای):

۵۰-۴۰ درصد	پروژه
-	ارزشیابی مستمر
-	تمرین
۱۰-۲۰ درصد	آزمون میان ترم
۳۰-۵۰ درصد	آزمون پایان ترم

فهرست منابع پیشنهادی:

1. Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer, Third Edition, Pletcher, Tanehill, Anderson.
2. Computational Methods for Fluid Dynamics, Ferziger, Peric.
3. Numerical Methods for Conservation Laws, LeVeque.
4. Hand Book of Grid Generation, Tompson, Soni, Weatherill.
5. Turbulence Modeling for CFD, Wilcox.



عنوان درس به فارسی:		سیستم های انرژی پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Energy Systems	
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:

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.

مباحث یا سر فصل ها :

۱. منابع انرژی و روش های تبدیل انرژی

- ۱.۱. مقدمه
- ۱.۲. منابع اولیه و ثانویه انرژی
- ۱.۳. سیستم های انرژی
- ۱.۴. روش های مدرن تولید توان
- ۱.۵. محرکه های غیرمتداول

۲. چرخه های پیشرفته و غیرمتداول:

- ۲.۱. مقدمه
- ۲.۲. انواع چرخه های هوایی استاندارد
- ۲.۳. چرخه های مدرن تولید توان
- ۲.۴. چرخه های ترمولید همزمان و هیبرید
- ۲.۵. تحلیل ترمودینامیکی چرخه های مدرن تولید توان

۳. انرژی های نو:

- ۳.۱. مقدمه
- ۳.۲. روش های تولید برق تجدید پذیر
- ۳.۳. تحلیل انرژی در سیستم های تجدید پذیر
- ۳.۴. آلاینده های سیستم های تجدید پذیر

۴. سیستم های پیشرفته ذخیره سازی انرژی:

- ۴.۱. مقدمه
- ۴.۲. پارامترهای مهم در سیستم های ذخیره ساز انرژی
- ۴.۳. روش های ذخیره سازی انرژی
- ۴.۴. تکنولوژی در حوزه ذخیره سازی انرژی



۵. راندمان انرژی:

- ۵,۱. مقدمه
- ۵,۲. روند بهبود راندمان انرژی
- ۵,۳. روش های بهبود راندمان
- ۵,۴. پارامترهای مهم در بهبود راندمان تجهیزات توربین های گازی
- ۵,۵. نتیجه گیری

۶. اقتصاد تولید برق:

- ۶,۱. مقدمه
- ۶,۲. اقتصاد کلان تولید برق در دنیا و ایران
- ۶,۳. محوه محاسبه قیمت تمام شده برق
- ۶,۴. مقایسه اقتصادی روش های تولید برق

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

۲۰ - ۱۰ درصد	پروژه
-	ارزشیابی مستمر
۲۰-۱۵ درصد	تمرین
۲۰-۱۵ درصد	آزمون میان ترم
۵۰-۴۰ درصد	آزمون پایان ترم

فهرست منابع پیشنهادی:

1. V. Khartchenko, Vadym M. Khartchenko, Advanced Energy Systems, 2nd Edition, Nikolai CRC Press, 2014.
2. Henrik Lund, Renewable Energy Systems (2nd Edition), 2014 Elsevier Inc, ISBN: 978-0-12-410423-5.
3. Basel I. Ismail (2011). Power Generation Using Nonconventional Renewable Geothermal & Alternative Clean Energy Technologies, Planet Earth 2011 – Global Warming Challenges and Opportunities for Policy and Practice, Prof. Elias Carayannis (Ed.), ISBN: 978-953-307-733-8, InTech.
4. Power Technologies Energy Data Book, 4th Edition, 2006, NREL.
5. Power Technologies Energy Data Book, 4th Edition, 2006, NREL.



عنوان درس به فارسی:		مکانیک سیالات غیرنیوتونی	
عنوان درس به انگلیسی:		Non-Newtonian Fluid Mechanics	
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:

آشنایی دانشجویان با سیالات غیرخطی و اصول حاکم بر دینامیک آنها با استفاده از روش های دیفرانسیلی

مباحث یا سرفصل ها :

۱. مفاهیم اولیه و معادلات حاکم
۲. خواص رئولوژیکی سیالات غیرنیوتونی
۳. دینامیک سیالات غیرنیوتونی (حل های دقیق)
۴. دینامیک سیالات غیرنیوتونی (حل های تقریبی)
۵. تئوری ناپایداری خطی سیالات غیرنیوتونی

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	۳۰ - ۲۵ درصد
ارزشیابی مستمر	۵ - ۰ درصد
تمرین	۵ - ۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۱۰ - ۱۵ درصد
آزمون پایان ترم	۵۰ - ۴۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی :

1. C. W. Macosko, Rheology: Principles, Measurement and Applications, VCH, 1994.
2. R. I. Tanner, Engineering Rheology, Oxford University Press, Oxford, 1992.
3. R. B. Bird, R. C. Armstrong, and O. Hassager, Dynamics of Polymeric Liquids, Vol. I, Fluid Mechanics, Wiley-Interscience, 2nd Edition, 1987.
4. T. Papanastasiou, Viscous Fluid Flow, CRC Press, New York, 2000.



عنوان درس به فارسی:		جریان های میکرو و نانو	
عنوان درس به انگلیسی:		Micro and Nano Fluids	
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 ضمن آشنایی با مفاهیم و اصول جریان سیالات در مقیاس نانو و میکرو، تئوری های مرتبط با پدیده های مختلف جریانهای سیالات میکرو و نانو و اصول اولیه طراحی سیستمهای میکرو فلوئیدیک را فرا می گیرند.

مباحث یا سرفصل ها :

۱. مفاهیم پایه
۲. معادلات حاکم و مدل های لغزشی
۳. جریان های برش محرک
۴. جریان های فشار محرک
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

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

۳۰ - ۲۵ درصد	پروژه
۵ - ۰ درصد	ارزشیابی مستمر
۵ - ۱۰ درصد	تمرین
۱۰ - ۱۵ درصد	آزمون میان ترم
۵۰ - ۴۰ درصد	آزمون پایان ترم

فهرست منابع پیشنهادی :

1. Karniadakis, G., Beskok, A., Aluru, N., Microflows and Nanoflows (fundamental and simulation). Springer, 2005 (Textbook).
2. Kirby, B., Micro-and Nanoscale fluid Mechanics: transport in microfluidic devices, Cambridge University Press, 2010.
3. Nguyen, N.T., Wereley, S.T., Fundamental and Applications of Microfluidics, Artech House, 2002.
4. Kandlikar, S.G., Garimella, S., Li, D., Colin, S. And King, M.R., Heat transfer and fluid flow in minichannels and microchannels, Elsevier, 2005.



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.

مباحث یا سر فصل ها :

۱. مرور موارد مهم در مورد موتورهای احتراق داخلی

- ۱.۱. انواع موتورهای احتراق داخلی رفت و برگشتی
- ۱.۲. اصول کار موتورهای احتراق داخلی
- ۱.۳. ترمودینامیک موتورهای احتراق داخلی
- ۱.۴. چرخه های مهم موتورهای احتراق داخلی
- ۱.۵. ویژگی های مهم موتور احتراق داخلی

۲. تبادل گاز

- ۲.۱. مسیر هوارسانی
- ۲.۲. مسیر دود
- ۲.۳. انواع جریان های مهم در داخل سیلندر
- ۲.۴. بازخورانی دود و پرخورانی
- ۲.۵. بازده تنفسی
- ۲.۶. سازوکارهای پیشرفته در تبادل گاز
- ۲.۷. مدل سازی تبادل گاز به صورت صفر بعدی
- ۲.۸. روش های حل عددی

۳. احتراق

- ۳.۱. مقدمه ای در مورد سینتیک شیمیایی
- ۳.۲. تعادل شیمیایی
- ۳.۳. سرعت آرام شعله
- ۳.۴. سرعت مغشوش شعله
- ۳.۵. احتراق در موتور بنزینی
- ۳.۶. احتراق در موتور دیزلی
- ۳.۷. احتراق در موتورهای اشتعال تراکمی همگن و نفوذی
- ۳.۸. احتراق غیرعادی در موتور بنزینی
- ۳.۹. نوفه در احتراق موتور دیزلی
- ۳.۱۰. حضور در آزمایشگاه و اندازه گیری تجربی یک نمونه عملی

محاسبات ترمودینامیکی و سینتیکی جهت مدل سازی احتراق



۴. پاشش سوخت

- ۴,۱. پاشش سوخت در موتورهای بنزینی
- ۴,۲. پاشش سوخت در موتورهای دیزلی
- ۴,۳. آخرین فناوری‌های پاشش سوخت در موتورهای احتراق داخلی
- ۴,۴. مدل سازی پاشش سوخت

۵. آلایندگی

- ۵,۱. اثرات مخرب آلاینده‌ها بر محیط زیست
- ۵,۲. آلاینده‌های موتور بنزینی و نحوه تشکیل آن
- ۵,۳. روش‌های پالایش آلاینده‌های موتور بنزینی
- ۵,۴. آلاینده‌های موتور دیزلی و نحوه تشکیل آن
- ۵,۵. روش‌های پالایش آلاینده‌های موتور دیزلی
- ۵,۶. استاندارد های آلایندگی

۶. مدل سازی موتور

- ۶,۱. مدل سازی ترمودینامیکی (صفربعدی)
- ۶,۲. مدل سازی شبه سه بعدی
- ۶,۳. مدل سازی سه بعدی

۷. آینده موتورهای احتراق داخلی

- ۷,۱. برقی سازی
- ۷,۲. پیل سوختی
- ۷,۳. موتورهای اشتعال تراکمی به همراه فناوری برقی سازی
- ۷,۴. چالش‌های پیش روی موتورهای احتراقی

راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

۳۰ - ۲۵ درصد	پروژه
۵ - ۰ درصد	ارزشیابی مستمر
۵ - ۱۰ درصد	تمرین
۱۰ - ۱۵ درصد	آزمون میان ترم
۵۰ - ۴۰ درصد	آزمون پایان ترم

فهرست منابع پیشنهادی:

1. J. B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamental, McGraw-Hill, 2018.
2. G. P. Blair, Design and Simulation of Four Stroke Engines, SAE International, 1999.
3. C. R. Ferguson, A. T. Kirkpatric, Internal Combustion Engines applied thermodynamics, John Wiley & Sons, 3rd edition, 2016.
4. W. W. Pulkrabek, Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine, Prentice-Hall



عنوان درس به فارسی:		هیدروآیرودینامیک	
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 ی نیروها و گشتاورهای ناشی از آن بر روی اجسام پرنده می باشد.

مباحث یا سرفصل ها :

۱. مقدمه و پیش زمینه

- ۱.۱. توصیف حرکت سیال
- ۱.۲. انتخاب دستگاه مختصات
- ۱.۳. خطوط مسیر، اثر و جریان
- ۱.۴. نیروها در یک سیال
- ۱.۵. شکل انتگرالی معادلات دینامیک سیالات
- ۱.۶. شکل دیفرانسیلی معادلات دینامیک سیالات
- ۱.۷. آنالیز ابعادی معادلات دینامیک سیالات
- ۱.۸. جریان با عدد رینولدز بالا
- ۱.۹. تشابه جریان ها

۲. مبانی جریان تراکم ناپذیر غیرلزج

- ۲.۱. سرعت زاویه ای، ورتیسیت و سیرکولاسیون
- ۲.۲. نرخ تغییر ورتیسیت
- ۲.۳. نرخ تغییر سیرکولاسیون: تئوری کلوین
- ۲.۴. جریان غیرچرخشی و پتانسیل سرعت
- ۲.۵. شرایط مرزی و شرایط نامحدود
- ۲.۶. معادله ی برنولی برای فشار
- ۲.۷. نواحی همبند ساده و چندگانه
- ۲.۸. یکتایی حل
- ۲.۹. کمیت های گردابه
- ۲.۱۰. گردابه ی دوبعدی
- ۲.۱۱. قانون بیوت-ساواریت

۲.۱۲. سرعت القائی از خط ورتکس مستقیم

۲.۱۳. تابع جریان



۳. حل عمومی معادلات جریان پتانسیل تراکم ناپذیر

- ۳,۱. تشریح مسئله جریان پتانسیل
- ۳,۲. حل کلی مبتنی بر اتحاد گرین
- ۳,۳. خلاصه: تشخیص روش حل
- ۳,۴. حل اساسی: چشمه نقطه ای
- ۳,۵. حل اساسی: دابلت نقطه ای
- ۳,۶. حل اساسی: چندجمله ای ها
- ۳,۷. نسخه ی دو بعدی حل های اساسی
- ۳,۸. حل اساسی: گردابه
- ۳,۹. اصول برهم نهی
- ۳,۱۰. برهم نهی چشمه ها و جریان آزاد: بیضی رانکین
- ۳,۱۱. برهم نهی دابلت و جریان آزاد: جریان حول یک سیلندر
- ۳,۱۲. برهم نهی دابلت سه بعدی و جریان آزاد: جریان اطراف یک کره
- ۳,۱۳. نکاتی پیرامون جریان اطراف سیلندر و کره
- ۳,۱۴. توزیع صفحه ای معادلات اساسی

۴. جریان با اغتشاشات کوچک حول پره های سه بعدی (فرمولاسیون مسئله)

- ۴,۱. تعریف مسئله
- ۴,۲. شرایط مرزی بر روی پره
- ۴,۳. مسائل برآزا
- ۴,۴. پره ی متقارن با ضخامت غیر صفر در زاویه حمله ی صفر
- ۴,۵. ضخامت صفر پره خمیده در زاویه حمله – سطوح لیفتینگ
- ۴,۶. بارهای آیرودینامیکی
- ۴,۷. ویک گردابه
- ۴,۸. تئوری خطی شده جریان تراکم پذیر با اغتشاشات کوچک

۵. جریان با اغتشاشات کوچک روی ایرفویل های دو بعدی

- ۵,۱. ایرفویل متقارن با ضخامت غیر صفر در زاویه حمله ی صفر
- ۵,۲. ایرفویل با ضخامت صفر در زاویه حمله
- ۵,۳. حل کلاسیک مسئله برآزا
- ۵,۴. نیروهای آیرودینامیک و ممان آنها بر روی یک ایرفویل نازک
- ۵,۵. المان گردابه – توده
- ۵,۶. خلاصه و نتیجه گیری از تئوری ایرفویل نازک

۶. حل های اغتشاشات کوچک سه بعدی

- ۶,۱. پره محدود: مدل خط برآزا
- ۶,۱,۱. تعریف مسئله
- ۶,۲. مدل خط برآزا
- ۶,۲,۱. بارهای آیرودینامیکی
- ۶,۲,۲. توزیع لیفت بیضوی
- ۶,۲,۳. توزیع سیرکولاسیون در جهت اسپین
- ۶,۲,۴. پره بیضوی پیچ خورده



۶,۲,۵. نتایج تئوری خط برازا

۶,۳. تئوری پره نازک

۶,۳,۱. تعریف مسئله

۶,۳,۲. حل جریان روی پره های نازک تیز

۶,۳,۳. روش R. T. Jones

۶,۳,۴. نتایج تئوری پره نازک

۶,۴. تئوری جسم نازک

۶,۴,۱. جریان طولی نامتقارن در پشت یک جسم نازک دورانی

۶,۴,۲. جریان متقاطع در پشت یک جسم نازک دورانی

۶,۴,۳. اطلاعات نیرو و فشار

۶,۴,۴. نتایج تئوری جسم نازک

۶,۵. محاسبات میدان دور برای درگ القائی

۷. روش های عددی (پنل ها)

۷,۱. معادلات اصلی

۷,۲. شرایط مرزی

۷,۳. ملاحظات فیزیکی

۷,۴. کاهش مسئله به مجموعه ای از معادلات خطی جبری

۷,۵. بارهای آیرودینامیکی

۷,۶. ملاحظات اولیه، قبل از ایجاد حل های عددی

۷,۷. گام های تولید یک حل عددی

۷,۸. مثال: حل ایرفویل نازل با المان Lumped-Vortex

۷,۹. در نظر گرفتن اثرات تراکم پذیری و ویسکوزیته

۸. المان های منفرد و ضرایب اثرگذاری

۸,۱. المان های نقطه منفرد دو بعدی

۸,۱,۱. چشمه ی نقطه ای دو بعدی

۸,۱,۲. دابلت نقطه ای دو بعدی

۸,۱,۳. گردابه ی نقطه ای دو بعدی

۸,۲. المان های نقطه ای دو بعدی با قدرت ثابت

۸,۲,۱. توزیع چشمه با قدرت ثابت

۸,۲,۲. توزیع دابلت با قدرت ثابت

۸,۲,۳. توزیع گردابه با قدرت ثابت

۸,۳. المان های منفرد دو بعدی با قدرت خطی

۸,۳,۱. توزیع چشمه ی خطی

۸,۳,۲. توزیع دابلت خطی

۸,۳,۳. توزیع گردابه ی خطی

۸,۳,۴. توزیع دابلت درجه دوم

۸,۴. المان های منفرد سه بعدی با قدرت ثابت

۸,۴,۱. چشمه ی چهار وجهی

۸,۴,۲. دابلت چهار وجهی



۸,۴,۳. پنل دابلت ثابت معادل با حلقه ی گردابه

۸,۴,۴. مقایسه ی روابط میدان نزدیک و دور

۸,۴,۵. جزء خطی گردابه با قدرت ثابت

۸,۴,۶. حلقه گردابه

۸,۴,۷. گردابه نعل اسبی

۸,۵. المان های مرتبه بالاتر سه بعدی

۹. حل های عددی دو بعدی

۹,۱. حل های منفرد نقطه ای

۹,۱,۱. روش گردابه گسسته

۹,۱,۲. روش چشمه گسسته

۹,۲. حل های منفرد با قدرت ثابت (با استفاده از شرایط مرزی نیومن)

۹,۲,۱. روش چشمه با قدرت ثابت

۹,۲,۲. روش دابلت با قدرت ثابت

۹,۲,۳. روش گردابه با قدرت ثابت

۹,۳. روش های پتانسیل ثابت (شرایط مرزی دریشله)

۹,۳,۱. روش چشمه و دابلت ترکیبی

۹,۳,۲. روش دابلت با قدرت ثابت

۹,۴. روش های قدرت منفرد با تغییرات خطی (با استفاده از شرایط مرزی نیومن)

۹,۴,۱. روش چشمه با قدرت خطی

۹,۴,۲. روش گردابه با قدرت خطی

۹,۵. روش های قدرت منفرد با تغییرات خطی (با استفاده از شرایط مرزی دریشله)

۹,۵,۱. روش چشمه/ دابلت خطی

۹,۵,۲. روش دابلت خطی

۹,۶. روش های مبتنی بر توزیع دابلت چهار وجهی (با استفاده از شرایط مرزی دریشله)

۹,۶,۱. روش چشمه خطی/ دابلت چهار وجهی

۹,۶,۲. روش دابلت چهار وجهی

۹,۷. برخی از نتایج درباره روش های پنل

۱۰. حل های عددی سه بعدی

۱۰,۱. حل خط برآزا با استفاده از المان های نعل اسبی

۱۰,۲. مدل سازی متقارن و بازتاب ها از مرز های جامد

۱۰,۳. حل سطح برآزا با استفاده از المان های حلقه ی گردابه

۱۰,۴. مقدمه ای بر کدهای پنل: یک تاریخچه مختصر

۱۰,۵. روش های پنل مبتنی بر پتانسیل مرتبه اول

۱۰,۶. روش های پنل مرتبه بالاتر

۱۰,۷. حل های نمونه و کدهای پنل

۱۱. چریتان پتانسیل تراکم ناپذیر گذرا

۱۱,۱. فرمولاسیون مسئله و انتخاب دستگاه مختصات

۱۱,۲. روش حل



- ۱۱,۳. ملاحظات فیزیکی اضافی
- ۱۱,۴. محاسبات فشار
- ۱۱,۵. مثال های شرایط مرزی گذرا
- ۱۱,۶. خلاصه ای از شناخت روش حل
- ۱۱,۷. شتاب ناگهانی یک صفحه ی تخت
- ۱۱,۷,۱. جرم افزوده
- ۱۱,۸. حرکت گذرای یک ایرفویل نازک دوبعدی
- ۱۱,۸,۱. سینماتیک
- ۱۱,۸,۲. مدل ویک
- ۱۱,۸,۳. حل با استفاده از روش گام زمانی
- ۱۱,۸,۴. بارهای دینامیکی سیال
- ۱۱,۹. حرکت گذرای یک پره ی باریک
- ۱۱,۱۰. سینماتیک
- ۱۱,۱۱. حل جریان گذرا روی یک پره ی باریک
- ۱۱,۱۲. الگوریتم برای ایرفویل گذرا با استفاده از المان گردابه-توده (Lumped-Vortex)
- ۱۱,۱۳. چند نکته درباره شرایط مرزی گذرای کوتا
- ۱۱,۱۴. حل سطح برآزای گذرا با استفاده از المان های حلقه گردابه
- ۱۱,۱۵. روش های پنل گذرا

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

۲۰ - ۱۰ درصد	پروژه
-	ارزشیابی مستمر
۱۵-۱۰ درصد	تمرین
۲۵-۲۰ درصد	آزمون میان ترم
۵۰-۴۰ درصد	آزمون پایان ترم

فهرست منابع پیشنهادی :

1. K. Karamcheti, Principles of Ideal-Fluid Aerodynamics, 2nd Edition, Krieger Publication Company, 1980.
2. R. L. Panton, Incompressible Flow, 4th Edition, Wiley, 2013.
3. L. Prandtl and O. G. Tietjens, Fundamentals of Hydro- and Aeromechanics, Dover Publications, 2011.
4. J. Katz and A. Plotkin, Low-Speed Aerodynamics, 2nd Edition, Cambridge University Press, 2001. 5. J. D. Anderson, Fundamentals of Aerodynamics, 3rd Edition, McGraw-Hill, 2001.



عنوان درس به فارسی:		طراحی و بهینه‌سازی سامانه‌های حرارتی	
عنوان درس به انگلیسی:		Design and Optimization of Thermal Systems	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐ نظری ☒	نوع درس و واحد
دروس هم‌نیاز:		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 به درک عملی‌تر در فرایندهای طراحی میرسند و با روشهای مختلف بهینه‌سازی آشنا خواهند شد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مقدمه

۱.۱. چرخه حیات

۱.۲. مروری بر ترمودینامیک، مکانیک سیالات و انتقال حرارت

۱.۳. اصول طراحی و توسعه محصول

۱.۴. جدول ارزیابی

۲. اصول اقتصاد مهندسی

۲.۱. ارزش فعلی سرمایه‌گذاری

۲.۲. نرخ سود

۲.۳. دوره بازگشت سرمایه

۲.۴. سرمایه‌گذاری جایگزین

۳. بهینه‌سازی تک متغیره

۳.۱. روش تقسیم طلایی

۳.۲. روش برازش منحنی

۳.۳. روش جامع جستجویی

۳.۴. روش محدود کردن

۳.۵. روش حذف ناحیه

۳.۶. روش میانه

۳.۷. روش جستجوی فیبوناچی

۳.۸. روش سکانت

۳.۹. روش نیوتن رافسن

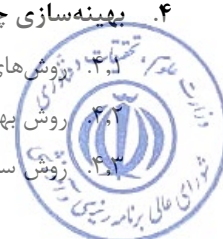
۳.۱۰. روش جستجوی مکعبی

۴. بهینه‌سازی چندمتغیره

۴.۱. روش‌های تک‌جهته

۴.۲. روش بهینه‌سازی جعبه‌ای

۴.۳. روش سیمپلکس



۴,۴. روش راستای متعامد پاول

۴,۵. روش کوشی

۴,۶. روش نیوتن

۴,۷. روش مارکوآرت

۴,۸. روش راستای متعامد بر پایه مشتق

۴,۹. روش variable metric

۵. بهینه‌سازی مقید

۵,۱. شروط کوهن-تاکر

۵,۲. روش تابع پنالتی

۵,۳. روش ضرایب

۵,۴. آنالیز حساسیت

۵,۵. روش حذف متغیر

۵,۶. روش جستجوی پیچیده

۵,۷. روش جستجوی تصادفی

۵,۸. روش خطی‌سازی فرانک-وولف

۵,۹. روش تقریب درجه ۲

۶. الگوریتم‌های خاص بهینه‌سازی

۶,۱. تابع پنالتی برای متغیرهای گسسته

۷. الگوریتم‌های نوین بهینه‌سازی

۷,۱. الگوریتم ژنتیک

۷,۲. الگوریتم گرگ خاکستری

۷,۳. شبیه‌سازی بازیخت

۷,۴. سایر روشها (کلونی مورچه، ازدحام ذرات، کلونی زنبور عسل)

راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

۳۰-۲۵ درصد	پروژه
-	ارزشیابی مستمر
۱۵-۲۰ درصد	تمرین
۱۰-۰ درصد	آزمون میان ترم
۴۰-۵۰ درصد	آزمون پایان ترم

فهرست منابع پیشنهادی:

1. Jaluria, Y. (2020). Design and optimization of thermal systems, CRC Press.
2. Balaji, C. (2000). Essentials of Thermal System Design and Optimization, CRC Press.
3. Deb, K. (2012). Optimization for engineering design - algorithms and examples, Prentice Hall.
4. Moran, M. (1995). Thermal Design and Optimization, A.Bejan, G.Tsatsaronis, John Wiley and Sons.
5. Burmeister, L.C. (1998). Elements of thermal fluid system design, Prentice Hall.
6. Stoecker, W.F. (1989). Design of thermal systems, McGraw Hill.



عنوان درس به فارسی:		مدل سازی جریان های دوفازی	
عنوان درس به انگلیسی:		Modeling of Two Phase Flows	
دروس پیش نیاز:		نوع درس و واحد	
دروس هم نیاز:		☐ پایه ☐ نظری	
تعداد واحد:		☐ عملی ☐ تخصصی اجباری	
تعداد ساعت:		☐ نظری / عملی ☒ تخصصی اختیاری	
		۳	
		۴۸	

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 رژیم های مختلف جریان های دوفازی انجام می شود. در ادامه نحوه مدلسازی جریان در این رژیم ها بررسی و فرمول های تحلیلی و تجربی و مدل های مختلف مورد بررسی و تحلیل قرار می گیرد.

مباحث یا سر فصل ها :

۱. مفاهیم اصلی در جریان های دوفازی
- معرفی انواع رژیم ها در جریان های دوفازی، دیدگاه اویلری-اویلری و اویلری لاگرانژی در حل مسائل جریان های دوفازی
۲. مدل همگن در حل جریان های دوفازی
۳. مدل مخلوط لغزشی در حل جریان های دوفازی
۴. مدل جریان مجزا در حل جریان های دوفازی
۵. روابط تجربی در مدل سازی جریان های دوفازی
۶. مدلسازی نانو ذرات
۷. مدلسازی جوشش و میعان
- مدلسازی جوشش مادون سرد و اشباع، مدلسازی میعان
۸. روشهای عددی در حل مسائل جریان های دوفازی
- راهنمای ارزشیابی (پیشنهادی):

پروژه	۱۰ - ۰ درصد
ارزشیابی مستمر	-
تمرین	۲۵ - ۳۰ درصد
آزمون میان ترم	۱۵ - ۲۰ درصد
آزمون پایان ترم	۴۰ - ۵۰ درصد

فهرست منابع پیشنهادی :

1. J. G. Collier, J.R. Thome, Convective Boiling and Condensation, 3rd Edition, Oxford University Press, Oxford, 1996.
2. Graham B. Wallis, One- dimensional Two-phase Flow, McGraw-Hill, New York, 1969.
3. Tong & Tang, Boiling Heat Transfer & Two Phase Flow, 2nd Edition, 1997.
4. Kandlikar, Handbook of Phase Change, 1999.
5. J. R. Thome, Heat Transfer Engineering Data Book III, 2007, Wolverine.
6. J. R. Thome, Enhanced Boiling Heat Transfer, Hemisphere Pub. Corp. (Taylor & Francis), New York (1990).

۷- مدلسازی جریان های دوفازی، دکتر رامین کوهی کمالی، انتشارات دانشگاه گیلان، ۱۳۹۶

