



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



برنامه درسی رشته

مهندسی مکانیک

Mechanical Engineering

مقاطع تحصیلات تکمیلی
(کارشناسی ارشد ناپیوسته و دکتری تخصصی)



کرایش

تبدیل انرژی Energy Conversion

گروه فنی و مهندسی
پیشهادی دانشگاه شهید بهشتی



بیت

نام رشته: مهندسی مکانیک

عنوان گرایش: تبدیل انرژی

گروه: فنی و مهندسی

دوره تحصیلی: تحصیلات تکمیلی

کارگروه تخصصی: مهندسی مکانیک

نوع مصوبه: بازنگری

پیشنهادی: دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۰۶/۱۳

برنامه درسی بازنگری شده دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد ناپیوسته و دکتری تخصصی) رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی، در جلسه شماره ۱۶۶ تاریخ ۱۴۰۱/۰۶/۱۳ 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، بر اساس برنامه های درسی رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی مصوب جلسه ۱۶۳ تاریخ ۱۴۰۰/۱۰/۰۵ کمیسیون برنامه ریزی آموزشی در دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته و مصوب جلسه ۸۳۵ به تاریخ ۱۳۹۲/۰۴/۰۹ شورای عالی برنامه ریزی در دوره دکتری تخصصی بازنگری شده است.

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 ۱۴۰۱-۱۴۰۲ 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 رضا نقی‌زاده

مدیر کل دفتر برنامه ریزی آموزش عالی

و دبیر کمیسیون



بسمه تعالی



دانشگاه شهید بهشتی

مشخصات کلی، برنامه درسی و
سرفصل دروس دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری)
مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی



دانشکده مهندسی مکانیک و انرژی
گروه تبدیل انرژی

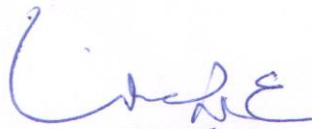
مصوب جلسه شورای آموزشی دانشگاه مورخ ۱۴۰۱/۰۲/۲۰

این برنامه بر اساس آئین‌نامه واگذاری اختیارات برنامه درسی به دانشگاه‌ها توسط اعضای گروه علمی تبدیل انرژی دانشکده مهندسی مکانیک و انرژی دانشگاه شهید بهشتی بازنگری شده و در جلسه مورخ ۱۴۰۱/۰۲/۲۰ شورای آموزشی دانشگاه به تصویب رسید.

مصوبه شورای آموزشی دانشگاه مورخ ۱۴۰۱/۰۲/۲۰ در خصوص بازنگری برنامه درسی تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

برنامه درسی تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی که توسط گروه علمی تبدیل انرژی دانشکده مهندسی مکانیک و انرژی بازنگری شده، با اکثریت آراء به تصویب رسید.
این برنامه از تاریخ تصویب لازم الاجرا است.*
*: هر نوع تغییر در برنامه مجاز نیست مگر آنکه به تصویب شورای آموزشی دانشگاه برسد.

رای صادره جلسه مورخ ۱۴۰۱/۰۲/۲۰ شورای آموزشی دانشگاه در مورد برنامه درسی بازنگری شده تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی صحیح است؛ به واحدهای ذیربط ابلاغ شود.



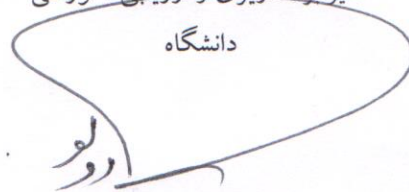
علی اکبر افشاریان
معاون آموزشی دانشگاه



مریم دولو

مدیر برنامه ریزی و ارزیابی آموزشی

دانشگاه





اسامی کمیته برنامه‌ریزی درسی

ردیف	نام و نام خانوادگی به ترتیب حروف الفبا	تخصص	مرتبۀ علمی
۱	محمد امامزاده	مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی	استادیار
۲	حمید جان‌نثاری	مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی	استادیار
۳	علی جهانگیری	مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی	دانشیار
۴	امین رسام	مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی	استادیار
۵	محمد عامری	مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی	استاد
۶	محمد مجدم	مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی	استادیار
۷	سهند مجیدی	مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی	استادیار
۸	آرمان محسنی	مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی	استادیار
۹	نگار نباتیان	مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی	استادیار



فصل اول:

مشخصات کلی دوره تحصیلات تکمیلی
مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی
(کارشناسی ارشد و دکتری)



« بازنگری برنامه درسی دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی »

۱- تعریف:

دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی یکی از مجموعه‌های آموزش عالی است که شامل دروس نظری و پروژه تحقیقاتی در یکی از زمینه‌های صنعتی کشور می‌باشد.

۲- هدف:

هدف از اجرای این دوره، تربیت محقق، مدرس یا مهندس مسلط به مباحث جریان سیال، انتقال حرارت و ترمودینامیک در سطح پیشرفته و همچنین آشنا به مباحث نوین مطرح شده در شاخه‌های علمی فوق است.

۳- ضرورت و اهمیت:

نظر به پیشرفت روزافزون کشور در زمینه‌های مختلف نیروگاهی، نفت و گاز، دفاعی، هوایی، خودروسازی، مهندسی پزشکی و غیره، نیاز به انجام تحقیقات در راستای پیشبرد و توسعه صنایع مذکور ضروری به نظر می‌رسد. لذا ارایه مطلوب دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی می‌تواند خلاء پژوهشی موجود در علوم مهندسی مربوطه را برطرف نماید و ضامن پیشرفت پایدار صنایع مرتبط باشد.

۴- طول دوره و شکل نظام:

حداقل و حداکثر مدت مجاز برای انجام دوره کارشناسی ارشد مطابق با آیین نامه کارشناسی ارشد می‌باشد. نظام آموزشی آن واحدی است و دروس در ۴ نیمسال ارائه می‌شود و زمان هر نیمسال ۱۶ هفته است و مدت تدریس یک واحد نظری ۱۶ ساعت و یک واحد عملی ۳۲ ساعت می‌باشد.

دوره دکتری مهندسی مکانیک، مطابق آیین نامه مقطع مربوطه مصوبه شورای عالی برنامه‌ریزی دارای دو مرحله آموزشی و پژوهشی (تدوین رساله) و جمعاً حداقل شش و حداکثر هشت نیم سال است. نظام آموزشی آن واحدی است و دروس در ۴ نیمسال ارائه می‌شود و زمان هر نیمسال ۱۶ هفته است و مدت تدریس یک واحد نظری ۱۶ ساعت و یک واحد عملی ۳۲ ساعت می‌باشد.

۵- تعداد و نوع واحدهای درسی دوره:

تعداد واحدهای درسی دوره کارشناسی ارشد ۳۲ واحد به شرح ذیل می‌باشد:

دروس تخصصی الزامی	۱۲ واحد
دروس تخصصی اختیاری	۱۴ واحد
پایان نامه	۶ واحد



(دروس جبرانی: با نظر و تشخیص گروه مربوطه، برخی دروس بصورت جبرانی، قابل ارائه می‌باشد)

درس‌های تخصصی و پایان نامه پژوهشی کارشناسی ارشد در ارتباط با یکدیگراند و با تأیید استاد راهنما با توجه به شاخه آموزشی دانشجوی، انتخاب خواهند شد. همچنین دانشجوی موظف است تا قبل از پایان نیم سال اول تحصیلی، استاد راهنمای پایان نامه خود را به طور مکتوب به گروه معرفی نماید.

تعداد واحدهای درسی در دوره دکتری، ۳۶ واحد بدین شرح است:

دروس تخصصی ۱۲ واحد

رساله ۲۴ واحد

درس‌های تخصصی و رساله دکتری در ارتباط با یکدیگراند و با تأیید استاد راهنما با توجه به شاخه آموزشی دانشجو، انتخاب خواهند شد. همچنین دانشجو موظف است تا قبل از پایان نیم سال اول تحصیلی، استاد راهنمای رساله خود را به طور مکتوب به گروه معرفی نماید.

۶- نقش و توانایی فارغ التحصیلان:

- آشنایی با پدیده‌های مهم و تأثیرگذار در جریان سیال و توانایی تحلیل جریان در فرم‌های مختلف قابل مشاهده در صنعت.
- توانایی شناخت مکانیزم‌های غالب در انتقال حرارت و قابلیت ارائه روش‌های مناسب جهت بهبود فرایندهای انتقال حرارت.
- قابلیت تحلیل فرایندهای ترمودینامیکی و ارائه راهکار جهت بهبود قابلیت کاردهی سیستم‌های ترمودینامیکی
- توانایی تحلیل تجربی و شناخت روش‌های اندازه‌گیری در جریان و همچنین ساخت دستگاه جهت انجام تحلیل تجربی
- توانایی به کارگیری روش‌های عددی و محاسباتی جهت حل معادلات جریان و انتقال حرارت و انجام تحلیل‌های عددی پیشرفته

۷- شرایط ورود به رشته/گرایش:

شرایط ورود توسط آخرین قوانین حاکم بر آزمون کارشناسی ارشد و دکتری صادره از وزارت علوم و تحقیقات تعیین می‌گردد.

۸- مواد و ضرایب امتحانی و...:

آخرین قوانین مربوط به مواد امتحانی و ضرایب، هر ساله توسط سازمان سنجش آموزش کشور تعیین می‌گردد.



فصل دوم: جداول دروس

۱- دروس تخصصی (الزامی برای

کارشناسی ارشد)

۲- دروس تخصصی اختیاری

تحصیلات

تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری)



جدول شماره ۱: دروس تخصصی (الزامی برای کارشناسی ارشد)

پیش نیاز یا هم نیاز	ساعت			تعداد واحد	نام درس	کد درس
	عملی	نظری	جمع			
ندارد		۴۸	۴۸	۳	ریاضیات پیشرفته ۱	۱۰۱
ندارد		۴۸	۴۸	۳	مکانیک سیالات پیشرفته	۱۰۲
ندارد		۴۸	۴۸	۳	ترمودینامیک پیشرفته	۱۰۳
ندارد		۴۸	۴۸	۳	انتقال حرارت جابجایی	۱۰۴





جدول شماره ۲: دروس تخصصی اختیاری (کارشناسی ارشد و دکتری)

پیش نیاز یا هم نیاز	ساعت			تعداد واحد	نام درس	کد درس
	عملی	نظری	جمع			
ریاضیات پیشرفته ۱ (هم نیاز)		۴۸	۴۸	۳	انتقال حرارت هدایت	۲۰۱
ندارد		۴۸	۴۸	۳	انتقال حرارت تشعشع	۲۰۲
مکانیک سیالات پیشرفته		۴۸	۴۸	۳	توربولانس	۲۰۳
انتقال حرارت جابجایی (هم نیاز)، مکانیک سیالات پیشرفته (هم نیاز)		۴۸	۴۸	۳	جریان و انتقال حرارت چندفازی	۲۰۴
ندارد		۴۸	۴۸	۳	دینامیک گاز	۲۰۵
ندارد		۴۸	۴۸	۳	کاربرد انرژی خورشیدی	۲۰۶
ندارد		۴۸	۴۸	۳	لایه های مرزی	۲۰۷
ندارد		۴۸	۴۸	۳	طراحی مبدل های حرارتی پیشرفته	۲۰۸
ندارد		۴۸	۴۸	۳	محاسبات عددی پیشرفته	۲۰۹
مکانیک سیالات پیشرفته (هم نیاز)		۴۸	۴۸	۳	مکانیک سیالات غیرنیوتنی	۲۱۰
ندارد		۴۸	۴۸	۳	نیروگاه ها	۲۱۱
ندارد		۴۸	۴۸	۳	دینامیک سیالات محاسباتی ۱	۲۱۲
دینامیک سیالات محاسباتی ۱		۴۸	۴۸	۳	دینامیک سیالات محاسباتی ۲	۲۱۳
ندارد		۴۸	۴۸	۳	تهویه مطبوع پیشرفته	۲۱۴
ندارد		۴۸	۴۸	۳	سیستم های تبرید پیشرفته	۲۱۵
ندارد		۴۸	۴۸	۳	آکوستیک مهندسی	۲۱۶
ترمودینامیک پیشرفته		۴۸	۴۸	۳	سوخت و احتراق پیشرفته	۲۱۷
ندارد		۴۸	۴۸	۳	ذخیره سازی انرژی	۲۱۸
ندارد		۴۸	۴۸	۳	اندازه گیری پیشرفته	۲۱۹
مکانیک سیالات پیشرفته (هم نیاز)		۴۸	۴۸	۳	توربوماشین ها	۲۲۰
ندارد		۴۸	۴۸	۳	مکانیک محیط های پیوسته ۱	۲۲۱
مکانیک محیط های پیوسته ۱		۴۸	۴۸	۳	مکانیک محیط های پیوسته ۲	۲۲۲
ریاضیات پیشرفته ۱، مکانیک سیالات پیشرفته		۴۸	۴۸	۳	آیروآکوستیک	۲۲۳
ترمودینامیک پیشرفته (هم نیاز)		۴۸	۴۸	۳	کرایونیک	۲۲۴
دینامیک سیالات محاسباتی ۱		۴۸	۴۸	۳	پردازش موازی و کاربردهای آن در CFD	۲۲۵

ندارد	۴۸	۴۸	۳	جریان‌های میکرو-نانو	۲۲۶
ترمودینامیک پیشرفته (هم‌نیاز)	۴۸	۴۸	۳	موتورهای احتراق داخلی پیشرفته	۲۲۷
ندارد	۴۸	۴۸	۳	جریان چندفاز در محیط متخلخل	۲۲۸
ریاضیات پیشرفته ۱	۴۸	۴۸	۳	روش اجزاء محدود	۲۲۹
ندارد	۴۸	۴۸	۳	تبدیل مستقیم انرژی	۲۳۰
ترمودینامیک پیشرفته	۴۸	۴۸	۳	ترمودینامیک آماری	۲۳۱
ندارد	۴۸	۴۸	۳	انتقال حرارت در مقیاس میکرو و نانو	۲۳۲
ندارد	۴۸	۴۸	۳	مکانیک سیالات زیستی	۲۳۳
مکانیک سیالات پیشرفته (هم‌نیاز)	۴۸	۴۸	۳	انتقال و پخش ذرات	۲۳۴
ندارد	۴۸	۴۸	۳	جریان‌های لزج	۲۳۵
ندارد	۴۸	۴۸	۳	ریاضیات پیشرفته ۱**	۲۳۶
ندارد	۴۸	۴۸	۳	ترمودینامیک پیشرفته**	۲۳۷
ندارد	۴۸	۴۸	۳	مکانیک سیالات پیشرفته**	۲۳۸
ندارد	۴۸	۴۸	۳	انتقال حرارت جابجایی**	۲۳۹
ندارد	۳۲	۳۲	۲	سمینار و روش تحقیق	۲۴۰

** توضیح: امکان اخذ هر کدام از دروس اختیاری مشخص شده صرفاً برای دانشجویان دوره دکتری وجود دارد، در صورتی

که در مقطع قبلی خود این دروس را نگذرانده باشند.



دروس تخصصی الزامی (کارشناسی ارشد)




سرفصل درس: ریاضیات پیشرفته ۱					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: ریاضیات پیشرفته ۱
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	الزامی	نوع واحد تخصصی	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Engineering Mathematics I
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با مباحث پیشرفته ریاضی مهندسی

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
	اول
	دوم
	سوم
	چهارم
	پنجم
	ششم
	هفتم
	هشتم

	○ توابع بسل لژاندر گاما هر میت گاوس	
	• معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی	نهم
		دهم
		یازدهم
		دوازدهم
	• تبدیلات انتگرالی و کاربرد آن ها در حل PDE ها ○ مسایل اشتورم لیوویل ○ توابع متعامد ○ تبدیل لاپلاس فوریه و ملین	سیزدهم
		چهاردهم
	• توابع انتگرالی ○ انتگرال های گرین و کرنل	پانزدهم
	• حساب تغییرات	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
۵٪	اختیاری	۵۵٪	۵٪	۳۵٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Kreyszig, Erwin. Advanced Engineering Mathematics, 10th edition, Wiley (2009).
2. Pinchover, Yehuda, and Jacob Rubinstein. An Introduction to Partial Differential Equations. Cambridge University Press (2005).





سرفصل درس: مکانیک سیالات پیشرفته					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: مکانیک سیالات پیشرفته
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Fluid Mechanics
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با مباحث تکمیلی مکانیک سیالات و کسب توانایی در تحلیل دیفرانسیلی جریان سیال، آشنایی با معادلات حاکم بر جریان در حالت کلی، کسب معلومات مورد نیاز در به کارگیری تقریبات مختلف از معادلات حاکم بر جریان.

سرفصل درس:

هفته	سرفصل
اول	مرور مقدماتی جبر تانسوری، بیان معادلات در فرم اندیسی
دوم	استخراج معادلات حاکم بر حرکت سیال در حالت کلی با به کارگیری فرضیه محیط پیوسته، تحلیل سینماتیک جریان، مرور رهیافت اویلری و لاگرانژی و قضیه انتقال رینولدز، معرفی معادلات اساسی و معادلات حالت پر کاربرد، استخراج معادلات ناویر-استوکس به عنوان معادلات حاکم بر جریان سیالات نیوتنی
چهارم	ارایه حل‌های دقیق پر کاربرد از معادلات ناویر-استوکس در مسائلی مانند جریان پوازی، جریان کوئت، جریان کوئت دورانی، مساله اول و دوم استوکس، جریان نقطه سکون، جریان پیچشی فون کارمن، جریان ضربانی، جریان در کانالهای همگرا-واگرا، جریان اطراف حباب نوسانی و معادله رایلی-پلسه، جریان یکنواخت روی سطح متخلخل
پنجم	
ششم	
هفتم	تشریح نحوه ساده‌سازی معادلات حاکم بر جریان در تقریب خزشی، دستیابی به معادله Biharmonic،

هشتم	ارایه حل‌های تحلیلی از معادلات حاکم بر جریان خزشی مانند حل مفات، جریان خزشی در گوشه (حل دین و مونتاگون)، جریان فشاری (Squeezing Flow) بین دو دیسک نزدیک شونده و غیره، تشریح پارادوکس استوکس و معرفی تقریبات اصلاح شده برای جریان خزشی مانند تقریب اوسین (Oseen's approximation)
نهم	
دهم	تشریح نحوه ساده‌سازی معادلات حاکم بر جریان در تقریب روغنکاری و بررسی نحوه به کارگیری این تقریب در یاتاقان‌های ژورنال و یاتاقان‌های لغزشی
یازدهم	تشریح فرضیات اساسی در تقریب لایه مرزی، به دست آوردن معادلات حاکم بر لایه مرزی از معادلات ناویر-استوکس، تبدیل فالکنر-اسکن و حل‌های تحلیلی لایه مرزی همراه با گرادیان فشار مانند لایه مرزی روی سطح شیبدار، لایه مرزی در جریان نقطه سکون و لایه مرزی در کانال‌های همگرا، روش حل تقریبی لایه مرزی مانند روش مونتوم-انتگرال فون کارمن، معرفی روش‌های پیش‌بینی جدایش لایه مرزی مانند روش کارمن-پل‌هاوزن و روش تویتس، معرفی اجمالی تحلیل پایداری خطی لایه مرزی
چهاردهم	تشریح تقریب پتانسیل و بررسی شرایط لازم جهت اعمال این تقریب، معرفی تابع پتانسیل مختلط و تشریح ارتباط تابع پتانسیل و تابع جریان، بررسی تابع پتانسیل مختلط جریان‌های ساده و بررسی جریان‌های پتانسیل ترکیبی، انتگرال بلازیوس، معرفی نگاشت‌های همدیس و کاربرد آنها در تحلیل جریان پتانسیل حول ایرفویل، شرط کوتا
پانزدهم	
شانزدهم	

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

- White, Frank M., and Joseph Majdalani. Viscous Fluid Flow. McGraw-Hill (2021).
- Panton, Ronald L. Incompressible Flow. John Wiley & Sons (2013).
- Currie, Iain G. Fundamental Mechanics of Fluids. CRC press (2016).
- Graebel, William. Advanced Fluid Mechanics. Academic Press (2007).
- Kundu, Pijush K, Ira M. Cohen, and David R. Dowling. Fluid Mechanics. Academic Press (2015).





سرفصل درس: ترمودینامیک پیشرفته					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: ترمودینامیک پیشرفته
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	الزامی	نوع واحد تخصصی	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Thermodynamics
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	اختیاری	تعداد واحد عملی:		
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با مباحث و مفاهیم پیشرفته ترمودینامیک و کسب توانایی در تحلیل آگرژی سیکل‌ها و فرآیندهای ترمودینامیکی، بهینه سازی در ترمودینامیک و روابط ترمودینامیکی.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مروری بر ترمودینامیک کلاسیک،	اول
یادآوری تعاریف پایه در محیط پیوسته، معرفی سیستم و محیط، سیستم‌های باز، بسته و ایزوله. توابع مستقل از مسیر و توابع وابسته به مسیر.	دوم
بیان قانون صفرم و سوم ترمودینامیک و اثبات آنها	سوم
تشریح قانون اول و دوم ترمودینامیک و اثبات آنها برای انواع سیستم‌ها	چهارم
ارائه اثبات قانون دوم برای سیستم‌های شامل چند منبع	پنجم
<ul style="list-style-type: none"> - قانون دوم برای سیستم‌های باز و بسته - تعادل ترمودینامیکی - تئوری کراتودوریک در بیشینه انترپیی و کمینه انترژی 	ششم
اثبات قوانین و به کارگیری مفهوم فرایندهای امکان‌پذیر ترمودینامیکی	
تحلیل آگرژی و محاسبه تولید انترپیی در سیکل‌ها و فرایندها	هفتم
معرفی آگرژی غیرجریانی و فیزیکی و معرفی آگرژی جریانی و چرخه آگرژی سیکل‌ها	هشتم



	<p>- تولید انتروپی و تخریب انرژی</p> <p>- مفهوم بازگشت پذیری در فرایندهای ترمودینامیکی و سیستم‌های باز و بسته</p> <p>- مکانیزم تولید انتروپی در انواع پدیده‌ها و فرایندها</p>	<p>نهم</p>
	<p>مقدمه‌ای بر بهینه‌سازی به روش ریاضی</p>	<p>دهم</p>
	<p>بهینه‌سازی سیکل‌های ترمودینامیکی</p> <p>- سیکل‌های تولید توان:</p>	<p>یازدهم</p>
	<p>- بازگشت ناپذیری و تخریب انرژی در سیکل‌های نیروگاهی، نیروگاه‌های بخار و گاز پیشرفته</p>	<p>دوازدهم</p>
	<p>و سیکل‌های ترکیبی.</p> <p>- سیکل‌های تبرید:</p>	<p>سیزدهم</p>
	<p>- اثر ژول تامسون و مفهوم تخریب انرژی در سیکل‌های سرمایش</p> <p>- کمینه کردن تولید انتروپی</p> <p>بهینه‌سازی فرایندها به روش کمینه کردن تولید انتروپی در انتقال حرارت و بازگشت ناپذیری ناشی از آن و در مبدل‌های حرارتی و سیستم‌های ذخیره سازی انرژی و...</p>	<p>چهاردهم</p>
	<p>روابط ترمودینامیکی:</p>	<p>پانزدهم</p>
	<p>- روابط ماکسول، کلاسیوس-کلاپرون، معادلات گیبس، تغییر فاز، انواع تعادل و ناپایداری، معادلات حالت و...</p>	<p>شانزدهم</p>

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Bejan, Adrian. Advanced Engineering Thermodynamics. John Wiley & Sons (2016).
2. Winterbone, Desmond, and Ali Turan. Advanced Thermodynamics For Engineers. Butterworth-Heinemann (2015).
3. Moran, Michael J., et al. Fundamentals of Engineering Thermodynamics. John Wiley & Sons (2010).
4. Callen, Herbert B. Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics. John Wiley & Sons (1988).
5. Hsieh, Jui Sheng. Principles of Thermodynamics. McGraw-Hill Kogakusha (1975).



سرفصل درس: انتقال حرارت جابه‌جایی					
دروس پیش‌نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: انتقال حرارت جابه‌جایی
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	الزامی	تعداد واحد: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Convection Heat Transfer	
	تعداد واحد عملی:				
تعداد واحد نظری:	اختیاری	نوع واحد			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					

اهداف درس:

آشنایی عمیق با مفاهیم انتقال حرارت جابه‌جایی، آشنایی با معادلات حاکم و کسب توانایی در تحلیل مسائل مختلف با روش‌های آنالیز مقیاس، تشابهی و انتگرالی، کسب مهارت مورد نیاز در به‌کارگیری تقریب‌های مناسب مهندسی در ساده کردن معادلات حاکم.

سرفصل	هفته
<p>قوانین اساسی: معرفی قوانین بقای جرم، ممتنم و انرژی، معرفی روابط ساختاری شامل رابطه حاکم بر سیال نیوتنی و رابطه فوریه، معرفی معادلات حالت، بدست آوردن شکل دیفرانسیلی معادلات حاکم بر جابه‌جایی اجباری با فرض جریان آرام شامل معادلات بقای جرم، بقای ممتنم (معادله نویر-استوکس با فرض سیال نیوتنی) و قانون اول ترمودینامیک (بقای انرژی)، قانون دوم ترمودینامیک، معرفی روش آنالیز مقیاس و قوانین آن، معادلات حاکم در مختصات استوانه‌ای و کروی</p>	<p>اول و دوم</p>



<p>سوم، چهارم، پنجم و ششم</p>	<p>جریان لایه مرزی لامینار: تشریح فرضیات اساسی در تقریب لایه مرزی، بدست آوردن معادلات حاکم بر لایه مرزی از معادلات ناویر-استوکس، استفاده از آنالیز مقیاس در حل جریان آرام لایه مرزی روی صفحه تخت نیمه بینهایت برای اعداد پراندل بزرگ و کوچک، حل دقیق جریان روی صفحه نیمه بینهایت با شرط مرزی دمای سطح ثابت و فرض لایه مرزی: حل بلازیوس در میدان سرعت و حل پلهاوزن در میدان دما، روش حل تقریبی انتگرالی در حل لایه مرزی، مقایسه مزایا و معایب روش‌های انتگرالی و دیفرانسیلی، استخراج شکل انتگرالی معادلات بقا، مراحل کار در حل انتگرالی، حل دقیق تشابهی جریان روی صفحه نیمه بینهایت با شرط مرزی دمای سطح ثابت و فرض لایه مرزی: حل بلازیوس در میدان سرعت و حل پلهاوزن در میدان دما، استفاده از فرض لایه مرزی و روش تشابهی در حل جریان خارجی روی صفحه نیمه بینهایت با شرط مرزی دمای سطح متغیر، حل انتگرالی جریان آرام روی صفحه تخت با شرط مرزی دمای سطح ثابت و شرط مرزی شار حرارتی ثابت و در حالت دهش و مکش جریان عمود بر سطح، اثر گرادیان فشار طولی: جریان روی گوه</p>
<p>هفتم، هشتم و نهم</p>	<p>انتقال حرارت در جریان آرام داخلی: مفاهیم جریان توسعه یافته و در حال توسعه، طول ورودی هیدرولیکی و حرارتی، استفاده از آنالیز مقیاس و روش انتگرالی در بدست آوردن طول ورودی در جریان آرام داخلی با فرض لایه مرزی، تعریف سرعت و دمای میانگین، ارائه مبانی توسعه یافتگی در میدان سرعت و حرارت، اثبات مستقل بودن عدد ناسلت در جریان آرام توسعه یافته، حل معادلات لایه مرزی درون لوله در حالت جریان توسعه یافته و بدست آوردن عدد ناسلت در شرایط مرزی دمای سطح ثابت، شار حرارتی سطح ثابت و حالتیکه لوله توسط یک سیال دما ثابت احاطه شده است برای دو حالت عدد پراندل کوچک و بزرگ، جریان توسعه یافته در مجاری غیر دوار، حل معادلات لایه مرزی در حالت جریان توسعه نیافته حرارتی در ناحیه ورودی (حل گراتز Graetz)</p>
<p>دهم، یازدهم و دوازدهم</p>	<p>انتقال حرارت جابجایی آزاد: انتقال حرارت جابجایی طبیعی و شرایط لازم برای ایجاد آن، معادلات حاکم و شرایط مرزی، اعداد بدون بعد گراشف، رایلی و بوزینسک، بررسی مفهوم فیزیکی و هندسی و میزان اهمیت هر یک به کمک آنالیز مقیاس، تفاوت شکل لایه مرزی در جابجایی اجباری و طبیعی، حل معادله جریان جابجایی طبیعی روی صفحه تخت عمودی با شرط دمای سطح ثابت به کمک روش تشابهی و روش انتگرالی، انتقال حرارت جابجایی طبیعی با رقیق شدن هوا، انتقال حرارت مخلوط جابجایی طبیعی و اجباری</p>
<p>سیزدهم</p>	<p>گذر جریان لامینار به جریان مغشوش: روابط تجربی گذر به حالت توربولان، قوانین مقیاس در حالت گذر، کمانش جریان غیر ویسکوز، معیار عدد رینولدز موضعی برای گذر، گذر در حالت انتقال حرارت جابجایی روی دیواره عمودی</p>



<p>انتقال حرارت جابجایی در جریان لایه مرزی مغشوش: ساختار مقیاس بزرگ، معادلات متوسط زمانی توربولان، معادلات لایه مرزی، مدل طول مخلوط شونده، توزیع سرعت، اصطکاک دیواره در لایه مرزی توربولان، انتقال حرارت در جریان لایه مرزی توربولان، تئوری انتقال حرارت در جریان لایه مرزی توربولان، انتقال حرارت کنوکسیون آزاد روی دیواره عمودی</p>	<p>چهاردهم و پانزدهم</p>
<p>انتقال حرارت با تغییر فاز: جوشش استخری و رژیم‌های مختلف آن، جوشش جریان، تقطیر لامینار و توربولان فیلمی، تقطیر قطره ای</p>	<p>شانزدهم</p>

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
۲۰٪	ندارد	۵۰٪	ندارد	۳۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی:

1. Bejan, Adrian. Convection Heat Transfer. John Wiley & Sons (2013).
2. Jiji, Latif M. Heat Convection. Springer Science & Business Media (2009).
3. Kays, William Morrow. Convective Heat And Mass Transfer. McGraw-Hill Education (2012).



دروس تخصصی اختیاری (کارشناسی ارشد و دکتری)





سرفصل درس: انتقال حرارت هدایت

درس پیش نیاز: ریاضیات پیشرفته ۱ (هم نیاز)	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: انتقال حرارت هدایت
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	تخصصی	نوع واحد	عنوان درس به انگلیسی: Conduction Heat Transfer
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری	تعداد ساعت: ۴۸	تعداد واحد عملی:	
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با مباحث تکمیلی انتقال حرارت به روش هدایت و کسب توانایی در حل تحلیلی و عددی معادلات مکانیزم انتقال حرارت هدایت در شرایط پایدار و گذرا.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
تعریف انرژی گرمایی (مدهای ارتعاشی، چرخشی و انتقالی، گرمای نهان)، تعریف دما	اول
- انتقال حرارت هدایتی و تفاوت آن با انتقال حرارت جابجایی	دوم
- انتقال حرارت در سیالات و جامدات مفهوم دیفیوژن و برخورد، امواج شبکه ای و الکترونهای آزاد	سوم
- مواد جدید با ضریب هدایت بالا (گرافن و ...)	چهارم
- تئوری جنبشی و هدایت در گازهای ایده ال توزیع ماکسول - بولتزمن، تابع توزیع، طول متوسط آزاد،	پنجم
- نتایج تحلیلی برای ضریب هدایت گازهای ایده ال	ششم
- تاثیر دما بر هدایت جامدات، مایعات و گازها	
- ضریب هدایت به عنوان یک تانسور و هدایت در محیط های مرکب و کریستاله	
- هدایت در نانوسیالات - میکرو ساختار و مقیاسهای طول مربوطه	
- فیزیک و مدل سازی هدایت فوری و غیر فوری ای معادله انتقال حرارت هدایتی	هفتم
- قانون اول ترمودینامیک، مفهوم تعادل گرمایی موضعی، رابطه قانون اول برای انرژی گرمایی. شکل کلی معادله انتقال حرارت هدایتی	هشتم
- رژیم های مختلف انتقال حرارت در مقیاس میکرو	نهم
- معادله هدایت حرارتی غیر فوری	

دهم	- شباهت معادلات برای هدایت حرارتی با معادلات خواص اسکالر انتقالی عبوردهی محیط متخلخل، نفوذپذیری دی الکتریک و ... (هدایت حرارتی در مختصات کارتزین، استوانه ای و کروی. معادله هدایت حرارتی در مختصات منحنی الخط عمود برهم.
یازدهم	- انواع شرایط مرزی (خطی و غیرخطی) شامل دیریشله، نیومن و رابین، شرایط مرزی بین سطحی: اهمیت و مسائل مربوطه در صنعت مانند اصطکاک بین دو سطح متحرک
دوازدهم	- هدایت حرارتی در جامدات متحرک و مواد غیر ایزوتروپیک، گرادیان دما و معادله انتقال حرارت هدایتی
سیزدهم	- فرمولاسیون کلوخه ای جداسازی متغیرها شرایط جدایی پذیری، معادله هلمولتز و مختصاتی که جدایش امکان پذیر است. شرایطی که با داشتن آنها می توان معادلات پایا و وابسته به زمان را از طریق جدایش متغیرها حل نمود. روش های عددی برای محاسبه مقادیر مشخصه، فرمولاسیون شار، محیط های محدود و نامحدود مسائل ناهمگن و تبدیلات مفید برای تبدیل معادلات به شکل ساده تر
چهاردهم	- جدایش متغیرها در مختصات استوانه ای
پانزدهم	- جدایش متغیرها در مختصات کروی
شانزدهم	- انتقال حرارت هدایت گذرا روش های حل عددی



معاونت آموزشی
کد (۰۰۰)

ارزشیابی:

پروژه	آزمون های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Arpaci, Vedat S., and Vedat S. Arpaci. Conduction Heat Transfer, Vol. 237, Addison-Wesley (1966).
2. Kakaç, Sadık, Yaman Yener, and Carolina P. Naveira-Cotta. Heat Conduction. CRC Press (2018).
3. Ā-zisik, M. Necati, M. Necati Özışık, and M. Necati Özışık. Heat Conduction. John Wiley & Sons (1993).
4. Carslaw, Horatio Scott, and John Conrad Jaeger. Conduction of Heat in Solids. Clarendon Press (1959).





سرفصل درس: انتقال حرارت تشعشع					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: انتقال حرارت تشعشع
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد تخصصی	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Radiation Heat Transfer
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی عمیق مفاهیم انتقال حرارت تابشی، درک عوامل فیزیکی و هندسی موثر بر شدت انتقال حرارت تابشی، درک اهمیت خواص سطح، توانایی به کارگیری مفاهیم و کمیت‌ها در محاسبات تبادل حرارت تشعشعی بین سطوح در خلا و در محیط‌های شفاف و درون گازها، آشنایی با روش‌های عددی حل معادلات تشعشع مانند روش مونت کارلو و ...، آشنایی با انتقال حرارت تابشی میدان نزدیک در ابعاد نانو و فیزیک حاکم بر مساله و کاربردهای آن.

سرفصل درس:

هفته	سرفصل
اول	اصول انتقال حرارت تابشی، طیف امواج الکترومغناطیس و انتشار آن، انتشار تشعشع توسط جسم سیاه، قانون پلانک، قانون وین
دوم	تبادل حرارت تابشی بین سطوح سیاه، ضرایب شکل و روابط بین آنها، روش ریمان، محاسبات تبادل حرارت بین اجسام سیاه، مقاومت فضایی
سوم	انتشار انرژی حرارتی تابشی جسم غیر سیاه، خواص تابشی سطوح واقعی، ضرایب صدور، جذب، عبور و بازتاب، خواص جهتی و نیم کره‌ای، خواص طیفی و کلی، سطوح دیفیوز و خاکستری، قانون کرشف
چهارم	تبادل تابشی در محفظه‌های بسته با سطوح خاکستری، مقاومت تابشی سطحی، رادیوسیتی، سپر تشعشعی
پنجم	کمیت F^* ، تبادل حرارت تابشی بین سطوح نیمه خاکستری، تابش بین سطوح آینه‌ای، تابش بین سطوح غیر خاکستری
ششم	روش مونت کارلو در به دست آوردن ضریب شکل و تبادل حرارت تابشی بین سطوح، روش انتگرالی، روش ردیابی در سطوح آینه‌ای

انتقال حرارت ترکیبی تابشی، جابجایی و رسانایی، ترکیب انتقال حرارت هدایتی و تشعشی در پره‌های نازک، ترکیب تشعشع، هدایت و جابجایی در پره‌های نازک و جریان داخل مجاری، ترکیب تشعشع و جابجایی طبیعی، فرمول‌بندی روابط عددی و روش‌های عددی حل معادلات حاکم در حالت ترکیب سازوکارهای مختلف انتقال حرارت	هفتم
مبانی جمع‌کننده‌های خورشیدی تخت و سهموی	هشتم
انتقال حرارت تابشی در محیط‌های مشارکتی، ضخامت اپتیکی؛ پدیده‌های جذب، پخش و صدور در محیط مشارکتی، گازها، خواص اپتیکی گاز، گاز خاکستری،	نهم
معادله انتقال تشعشع (RTE)، معادله انتگرالی فردهولم، تابش در گازهای هم‌دما و غیرهم‌دما، روش‌های تقریبی حل معادله	دهم
محاسبه ضرایب متوسط جذب و انتقال اجسام طیفی، طول متوسط شعاع اشعه از یک گاز به تمام یا قسمتی از مرز جسم، انتقال حرارت تابشی بین گاز و مرز جامد گاز، انتقال حرارت تابشی در کوره‌ها	یازدهم
تحلیل معکوس مسأله انتقال حرارت تشعشی، روش‌های معکوس مختلف و مقایسه آنها	دوازدهم
انتقال حرارت تشعشی میدان نزدیک (نانو تابش)، رفتار الکترومغناطیسی تشعشعات حرارتی، مفاهیم اساسی، بیان الکترومغناطیسی انتقال حرارت تابشی، امواج میرا و سطحی در میدان نزدیک، محاسبات شار حرارتی تشعشی میدان نزدیک، مطالعات آزمایشگاهی تابش حرارتی میدان نزدیک	سیزدهم
کاربردهای تابش حرارتی میدان نزدیک، ترموفتولتائیک، یکسوسازهای حرارتی، کلیدهای حرارتی، ترانزیستورهای حرارتی میدان نزدیک، حافظه حرارتی، ضبط مغناطیسی به کمک گرما و خنک‌کننده تابشی،	چهاردهم
	پانزدهم
	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Howell, John R., et al. Thermal Radiation Heat Transfer. CRC Press (2020).
2. Modest, Michael F., and Sandip Mazumder. Radiative Heat Transfer. Academic Press (2021).
3. Nellis, Gregory, and Sanford Klein. Heat Transfer. Cambridge university press (2008).
4. Incropera, Frank P., et al. Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Wiley (1996).
5. Mahan, J. Robert. Radiation Heat Transfer: A Statistical Approach. John Wiley & Sons (2002).
6. Balaji, C, Essentials of Radiation Heat Transfer. Wiley (2014).



7. Basu, Soumyadipta. Near-field Radiative Heat Transfer Across Nanometer Vacuum Gaps: Fundamentals and Applications. William Andrew (2016).
8. Duffie, John A., William A. Beckman, and Nathan Blair. Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind. John Wiley & Sons (2020).





سرفصل درس: توربولانس						
درس پیش نیاز: مکانیک سیالات پیشرفته	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: توربولانس	
	تعداد واحد عملی:					
	تعداد واحد نظری:	الزامی	تخصصی	نوع واحد	تعداد ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Turbulence
	تعداد واحد عملی:					
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری	آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد			
تعداد واحد عملی:	<input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد						



اهداف درس:

آشنایی با مباحث پایه در جریان‌های آشفته، شبیه‌سازی، مدل‌سازی و آنالیز این جریان‌ها

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مروری بر مباحث پایه‌ای مورد نیاز از مکانیک سیالات نظیر معادلات حاکم و همچنین جبر تانسوری و بیان معادلات در فرم اندیسی	اول
مقدمه‌ای بر آمار و احتمال مورد نیاز در بررسی جریان‌های آشفته: تعریف توابع توزیع تجمعی، چگالی احتمال، مفهوم متوسط آنسامبل، واریانس، انحراف معیار و ممان‌های مرتبه بالاتر، معرفی توزیع استاندارد و برخی توابع توزیع احتمال مانند توزیع گاوسی	دوم
انجام تجزیه رینولدز و به‌دست آوردن معادلات ناویر-استوکس و اسکالر به‌صورت متوسط‌گیری شده (RANS)، معرفی تنش رینولدز و شار اسکالر و مساله بسته نبودن معادلات توربولانس و لزوم مدل‌سازی. بررسی نقش جمالتی که در معادلات RANS ظاهر می‌شوند. فرضیه‌های بوسینسک و گرادیان پخش، تعریف جریان‌های آشفته همگن، همسانگرد و پایا	سوم چهارم
جریان‌های لایه برشی آزاد آشفته: جت، دنباله و لایه اختلاط، انجام آنالیز مرتبه بزرگی و ساده‌سازی معادلات متوسط‌گیری شده برای این جریان‌های و به‌دست آوردن حل‌های تشابهی آن‌ها و مقایسه با نتایج تجربی. مباحث مربوط به نرخ گسترش جت و دنباله و پایستاری ممنوم.	پنجم
	ششم
	هفتم
	هشتم
بررسی جریان‌های آشفته در مجاورت دیواره: جریان در کانال، لوله و لایه‌مرزی. معرفی مقیاس دیواره و	نهم
	دهم

تقسیم‌بندی نواحی مختلف در جریان مجاور دیواره، قانون دیواره و پروفیل سرعت لگاریتمی، قانون نقصان سرعت، بررسی بودجه انرژی آشفتگی، فرضیه طول اختلاط، اثر زبری سطح، معرفی دینامیک جریان آشفته در نزدیکی دیواره و ساختارهای سازمان‌یافته‌ی جریان آشفته	یازدهم
	دوازدهم
مفهوم آبشار انرژی و مقیاس‌های جریان آشفته، تئوری‌ها و مقیاس‌های کلموگروف، مقیاس تیلور، مقیاس‌های انتگرالی، همبستگی‌های دونقطه‌ای، طیف انرژی، طیف کولموگروف، زیربازه اینرشیا، معرفی تجزیه متعامد سره (POD)	سیزدهم
	چهاردهم
مقدمه‌ای بر شبیه‌سازی و مدل‌سازی جریان‌های آشفته، روش شبیه‌سازی مستقیم، روش‌های RANS شامل روش‌های جبری، روش‌های $k - \varepsilon$ و $k - \omega$	پانزدهم
مقدمه‌ای بر مدل‌سازی جریان‌های آشفته به روش LES: مفهوم فیلتر، به‌دست آوردن معادلات LES و معرفی روش اسماکورینسکی	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

- Davidson, Peter Alan. Turbulence: An Introduction For Scientists And Engineers. Oxford University Press (2015).
- Pope, Stephen B., Turbulent Flows. Cambridge University Press (2000).
- Frisch, Uriel, and Andreï Nikolaevich Kolmogorov. Turbulence: The Legacy of AN Kolmogorov. Cambridge University Press (1995).
- Tennekes, Hendrik, John Leask Lumley, and Jonh L. Lumley. A First Course in Turbulence. MIT Press (1972).





سرفصل درس: جریان و انتقال حرارت چندفازی					
دروس پیش نیاز: انتقال حرارت	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: جریان و انتقال حرارت چندفازی
	تعداد واحد عملی:				
جایجایی (هم-نیاز)، مکانیک سیالات پیشرفته (هم-نیاز)	تعداد واحد نظری:	الزامی	تخصصی	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Multiphase flow and heat transfer
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
	تعداد واحد عملی:				
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

هدف اصلی این درس ارائه اصول و مدل های مختلف جریان های چندفازی است. در این رابطه مدل های اصلی جریان های دوفازی، مدل های تجربی، جوشش استخری و جوشش جریان، انتقال حرارت و افت فشار در جوشش مادون سرد و جوشش اشباع، چگالش و ناپایداری در جریان دوفازی بررسی خواهد شد.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مروری بر جریان های دوفازه، روش تجزیه و تحلیل جریان های دو فازه، الگوهای جریان	اول
	دوم
مدل های اصلی جریان دوفازه: معادلات اساسی، مدل همگن، مدل مجزا، معادلات و روابط حاکم برای هریک از مدل ها	سوم
	چهارم
مدل های تجربی جریان چندفازه	پنجم
جوشش استخری و جوشش جریانی	ششم
	هفتم
انتقال حرارت و افت فشار در جوشش مادون سرد	هشتم
	نهم
کسر حجمی (Void Fraction)	دهم
انتقال حرارت در جوشش اشباع	یازدهم
	دوازدهم

چگالش	سیزدهم
	چهاردهم
ناپایداری در جریان دو فازی: ناپایداری هلملتز کلوین، ناپایداری تایلر	پانزدهم
	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	٪۵۰	٪۳۰	٪۲۰

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Collier, John G., and John R. Thome. Convective Boiling and Condensation. Clarendon Press (1994).
2. Carey, Van P. Liquid-vapor Phase-change Phenomena: An Introduction to The Thermophysics of Vaporization and Condensation Processes in Heat Transfer Equipment. CRC Press (2020).
3. Tong, Long Sun, and Yu S. Tang. Boiling Heat Transfer and Two-phase Flow. Routledge (2018).
4. Kutateladze, Samson Semenovich. Heat Transfer in Condensation and Boiling. Vol. 3770. US Atomic Energy Commission, Technical Information Service (1959).
5. Webb, Ralph L., and N. Y. Kim. Enhanced Heat Transfer. Taylor and Francis (2005).





سرفصل درس: دینامیک گاز					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: دینامیک گاز
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Gas Dynamics
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری	تخصصی		
	تعداد واحد عملی:				
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با جریان تراکم‌پذیر و تحلیل جریان تراکم‌پذیر حول وسایل پرنده، درون مجراهای با سطح مقطع متغیر، خطوط انتقال گاز و غیره.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مقدمه ای بر تئوری جنبشی گازها شناخت مقدماتی از تئوری جنبشی گازها، معرفی پارامترهای آماری و ارتباط آنها با خواص ترمودینامیکی گاز نظیر فشار و دما، انرژی داخلی گاز، لزجت، ضریب هدایت حرارتی و غیره.	اول
معادلات حاکم بر جریان تراکم‌پذیر معرفی نظریه پیوستگی گازها و تشریح شرایط لازم جهت اعمال فرضیه محیط پیوسته، دستیابی به معادلات جریان تراکم‌پذیر در محیط پیوسته، تبیین ارتباط بین معادلات جریان و پیوستگی با معادله انرژی و قانون دوم ترمودینامیک، تبیین نقش معادلات حالت، شناخت معادلات حالت پرکاربرد در جریان تراکم‌پذیر، شناخت معادله حالت گاز کامل و حقیقی.	دوم سوم
تحلیل یک بعدی جریان تراکم‌پذیر ساده‌سازی معادلات جریان در حالت یک بعدی، بررسی یک بعدی جریان غیرلزج همراه با تغییر سطح مقطع، تشریح موج ضربه‌ای و انبساطی، بررسی جریان‌های تراکم‌پذیر همراه با اصطکاک و انتقال حرارت، بررسی جریان‌های همدمای گاز در خطوط لوله طویل،	چهارم پنجم ششم هفتم



هشتم	جریان‌های ابرصوتی (Hypersonic) و دما بالا تعریف و مشخصات جریان ابرصوتی، تجزیه و یونیزه شدن جریان گاز در دمای بالا، اثرات غیرتعادلی
نهم	جریان گازهای رقیق تعریف عدد نادسن، تشریح رژیم‌های جریان رقیق، جریان همراه با لغزش، جریان مولکولی آزاد، مقدمه-
دهم	ای بر دینامیک مولوکولی
یازدهم	بررسی مقدماتی جریان تراکم‌پذیر دوبعدی استخراج معادله پتانسیل سرعت، ارایه حل‌های خطی شده از جریان زیرصوت و فراصوت، شناخت
دوازدهم	خطوط مشخصه و روش تحلیل جریان مبتنی بر خطوط مشخصه.
سیزدهم	جریان تراکم‌پذیر بخار بررسی ترمودینامیکی مخلوط آب و بخار در دیاگرام‌های T-S، انبساط ایزنتروپیک بخار، جریان بخار در
چهاردهم	نازل‌ها و توربین‌های بخار، خفگی در نازل‌های بخار، شوک چگالشی
پانزدهم	اندازه‌گیری در جریان تراکم‌پذیر شناخت روش‌های اندازه‌گیری فشار، دما و سرعت، آشکارسازی جریان تراکم‌پذیر، اینترفرومتری،
شانزدهم	اشلیرن، سایه‌نگاری (Shadowgraph)، شناخت انواع تونل باد

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
۳۰٪	اختیاری	۳۰٪	۲۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

- Oosthuizen, Patrick H., and William E. Carscallen. Introduction to Compressible Fluid Flow. CRC press (2013).
- Ames, Forrest E., and Clement C. Tang. An Introduction to Compressible Flow. CRC Press (2021).
- Anderson, John David. Modern Compressible Flow: With Historical Perspective. 4th edition. McGraw-Hill (2020).



سرفصل درس: کاربرد انرژی خورشیدی					
دروس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: کاربرد انرژی خورشیدی
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	تعداد واحد: ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Solar Energy Application	
	تعداد واحد عملی:				
تعداد واحد نظری: ۳:	اختیاری				
تعداد واحد عملی:					
 آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					

اهداف درس:

دانشجویان در این درس ضمن آشنایی کلی با انواع انرژیهای تجدید پذیر درک مناسبی از کاربردهای انرژی خورشیدی به دست خواهند آورد.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مقدمه ای بر آمار به روز و کاربرد استفاده از انواع انرژیهای تجدید پذیر در دنیا	اول
معرفی انواع کاربردهای انرژی خورشیدی	دوم
نیروگاههای حرارتی خورشیدی Solar Thermal Power Plants شامل نیروگاههای خورشیدی شلجمی باز Parabolic Trough ، برج مرکزی، بشقابک و موتور استرلینگ Dish Sterling	سوم و چهارم
نیروگاههای دودکش خورشیدی Solar Stack Power Plant	پنجم
آب شیرین کن های خورشیدی Solar Desalination	ششم
خشک کن های خورشیدی Solar Dryers	هفتم
خوراک پزهای خورشیدی Solar Cookers	هشتم
آب گرمکن های خورشیدی Solar Water Heaters	نهم
تهویه مطبوع خورشیدی Solar AC (گرمایش و سرمایش)	دهم و یازدهم
سیستم های پاسیو Passive و کاربرد آن در ساختمان ها	دوازدهم و سیزدهم

چهاردهم	فتو ولتاییک PV و کاربرد آن
پانزدهم و شانزدهم	مروری بر انواع انرژیهای تجدیدپذیر شامل انرژیهای باد، زیست توده Biomass و بیوگاز Biogas، زمین گرمایی Geothermal، دریایی Ocean و پیل سوختی Fuel Cell

ارزشیابی:

پروژه	آزمونهای نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
۳۵٪	ندارد	۵۰٪	ندارد	۱۵٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی:

1. Moukhtar, Ibrahim, et al. Solar Energy: Technologies, Design, Modeling, and Economics. Springer Nature (2020).
2. Secretariat, REN21. "Renewables 2020 global status report." Rep. Paris: REN12 (2020).





سرفصل درس: لایه‌های مرزی					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: لایه‌های مرزی
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Boundary Layers
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳				
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

بررسی تفصیلی نظریه لایه مرزی و کاربرد آن، بررسی پدیده‌های مرتبط با لایه مرزی نظیر گذرش و جدایش و بررسی روش‌های کنترل لایه مرزی.



سرفصل درس:

هفته	سرفصل
اول	مرور مقدماتی جبر تانسوری، بیان معادلات در فرم اندیسی
دوم	استخراج معادلات حاکم بر حرکت سیال در حالت کلی با به کارگیری فرضیه محیط پیوسته، معرفی معادلات اساسی و معادلات حالت پر کاربرد، استخراج معادلات ناویر-استوکس به عنوان معادلات حاکم بر جریان سیالات نیوتنی، معرفی فرم بی‌بعد معادلات ناویر-استوکس
سوم	
چهارم	تشریح لایه خارجی و لایه داخلی در حل معادلات دیفرانسیل ساده دارای پارامترهای اغتشاشی و سپس تشریح نحوه ارتباط دو لایه حل تحلیلی با استفاده از انطباق دو حل (matching)
پنجم	معرفی تقریب لایه مرزی در جریان آرام روی صفحه صاف؛ تشریح روش حل تشابهی بلازیوس در لایه
ششم	مرزی روی صفحه صاف، بررسی سینماتیک جریان و انحراف خطوط جریان در لایه مرزی روی صفحه صاف، تعیین ضخامت جابجایی، مومنتوم و انرژی، بررسی لایه‌های مرزی همراه با گرادیان فشار، تشریح شرایط وجود حل تشابهی و فرایند دستیابی به حل تشابهی در لایه مرزی همراه با گرادیان فشار (حل تشابهی فالکنر-اسکن)، بررسی حل فالکنر-اسکن در حالت‌های خاص مانند جریان روی سطح شیبدار،
هفتم	

هشتم	جریان در کانال‌های همگرا و غیره، بررسی تشکیل و حل لایه مرزی در جریان‌های برشی ایجاد شده بر اثر مرز متحرک در سیال ساکن، بررسی لایه‌های برشی ایجاد شده در حین انتشار جت سیال در محیط ساکن، حل‌های تقریبی لایه مرزی و معرفی مومنتوم-انتگرال فون کارمن، بیان شرط لازم برای جدایش جریان در لایه مرزی، استفاده از حل‌های تقریبی لایه مرزی جهت پیش‌بینی جدایش جریان با استفاده از روش‌های تویتر و کارمن-پل‌هاوزن و والز، مقایسه پیش‌بینی‌های تئوری با نتایج آزمایشگاهی
نهم	مبانی گذرش از جریان آرام به متلاطم، بررسی گذرش در جریان داخل لوله، تعریف پارامترهای مورد استفاده در تعیین محدوده گذرش، بررسی شهودی گذرش از جریان آرام به متلاطم روی صفحه صاف، بررسی تغییرات ضریب شکل و ضریب درگ در حین گذرش در لایه مرزی، بررسی تاثیر گذرش در لایه مرزی جریان روی سطح خمیده مانند استوانه و کره، تشریح ارتباط بین رژیم‌های مختلف گذرش با جدایش جریان و ناحیه گردابی ایجاد شده در اثر جدایش، تشریح مبانی پایداری با استفاده تئوری پایداری خطی در لایه مرزی آرام، دستیابی به معادله اور-سامرفلد و تشریح مدهای ناپایداری، تئوری اسکوایر، مقایسه شرایط و خصوصیات ناپایداری لزوج و غیرلزوج، بررسی اثرات هندسی مانند شیب سطوح در منحنی خنثای پایداری، مقایسه منحنی پایداری حاصل از پیش‌بینی تحلیلی با نتایج آزمایشگاهی
یازدهم	بیان تفاوت‌های ماهوی لایه مرزی متلاطم با لایه مرزی آرام، معرفی فرم متوسط‌گیری شده معادلات جریان، اعمال تقریب لایه مرزی به فرم متوسط‌گیری شده معادلات و استخراج معادلات لایه مرزی متلاطم، بیان مفهوم ویسکوزیته توربولانس و طول اختلاط پرائتل، مروری بر مدل‌های توربولانسی مورد استفاده در حل معادلات لایه مرزی متلاطم، بررسی خصوصیات زیرلایه‌های مختلف در لایه مرزی متلاطم، بررسی انتگرالی لایه مرزی متلاطم
دوازدهم	بیان تفاوت‌های ماهوی لایه مرزی متلاطم با لایه مرزی آرام، معرفی فرم متوسط‌گیری شده معادلات جریان، اعمال تقریب لایه مرزی به فرم متوسط‌گیری شده معادلات و استخراج معادلات لایه مرزی متلاطم، بیان مفهوم ویسکوزیته توربولانس و طول اختلاط پرائتل، مروری بر مدل‌های توربولانسی مورد استفاده در حل معادلات لایه مرزی متلاطم، بررسی خصوصیات زیرلایه‌های مختلف در لایه مرزی متلاطم، بررسی انتگرالی لایه مرزی متلاطم
سیزدهم	بیان تفاوت‌های ماهوی لایه مرزی متلاطم با لایه مرزی آرام، معرفی فرم متوسط‌گیری شده معادلات جریان، اعمال تقریب لایه مرزی به فرم متوسط‌گیری شده معادلات و استخراج معادلات لایه مرزی متلاطم، بیان مفهوم ویسکوزیته توربولانس و طول اختلاط پرائتل، مروری بر مدل‌های توربولانسی مورد استفاده در حل معادلات لایه مرزی متلاطم، بررسی خصوصیات زیرلایه‌های مختلف در لایه مرزی متلاطم، بررسی انتگرالی لایه مرزی متلاطم
چهاردهم	اعمال تقریب لایه مرزی برای تعیین معادله لایه مرزی حرارتی، حل تحلیلی لایه مرزی دماتاب و شار ثابت، بیان کاربرد اصل برهم‌نهی خطی در لایه مرزی حرارتی برای تعیین توزیع دمای لایه مرزی با شرط مرزی دمای اختیاری، مقایسه ضخامت لایه مرزی حرارتی و هیدرودینامیکی و تعیین پارامترهای موثر در نسبت ضخامت،
پانزدهم	اعمال تقریب لایه مرزی برای تعیین معادله لایه مرزی حرارتی، حل تحلیلی لایه مرزی دماتاب و شار ثابت، بیان کاربرد اصل برهم‌نهی خطی در لایه مرزی حرارتی برای تعیین توزیع دمای لایه مرزی با شرط مرزی دمای اختیاری، مقایسه ضخامت لایه مرزی حرارتی و هیدرودینامیکی و تعیین پارامترهای موثر در نسبت ضخامت،
شانزدهم	معرفی اجمالی روش‌های کنترل لایه مرزی، بررسی اثرات مکش و دمش در کنترل لایه مرزی، اعمال روش‌های کنترل لایه مرزی روی ایرفویل برای کنترل واماندگی ایرفویل و بررسی تغییرات ضریب لیفت و درگ.

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

- Schlichting, Hermann, and Klaus Gersten. Boundary-Layer Theory. Springer (2016).



2. Schetz, Joseph A., and Rodney DW Bowersox. Boundary Layer Analysis. American Institute of Aeronautics and Astronautics (2011).
3. White, Frank M., and Joseph Majdalani. Viscous Fluid Flow, McGraw-Hill (2021).





سرفصل درس: طراحی مبدل‌های حرارتی پیشرفته

درس پیش‌نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه	نوع واحد	تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: طراحی مبدل‌های حرارتی پیشرفته
	تعداد واحد عملی:			تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Advanced heat exchanger design
	تعداد واحد نظری:	الزامی			
	تعداد واحد عملی:	اختیاری			
تعداد واحد نظری: ۳					
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با انواع مبدل‌کن‌های حرارتی و نحوه عملکرد هر یک، کسب مهارت در انتخاب و به‌کارگیری روابط مورد نیاز و مراحل طراحی انواع آنها، آشنایی با معیارهای مختلف انتخاب مبدل‌کن‌های حرارتی، آشنایی با معیارهای برآورد بهبود کارایی مبدل و تسلط در انتخاب رابطه مناسب

سرفصل درس:

هفته	سرفصل
اول	مقدمه‌ای بر مبدل‌کن‌های حرارتی، معیارهای تقسیم‌بندی مبدل‌کن‌ها، تفاوت بازیاب و رکوپراتور، مبدل‌کن‌ها از لحاظ آرایش، تعداد جریان، نوع تماس و سازوکار انتقال حرارت، مفهوم جریان مخلوط و غیر مخلوط در جریان متقاطع، انواع مبدل‌کن‌های دولوله‌ای، صفحه‌ای، پوسته و لوله و پره‌دار، مبدل‌کن‌های ترکیبی، مبدل‌کن‌های فشرده و ...
دوم	
سوم	جنبه‌های مختلف طراحی در مبدل‌کن‌های گرمایی شامل طراحی هیدرولیکی و حرارتی، مکانیکی، بهینه‌سازی، مبانی تئوری طراحی حرارتی مبدل‌کن حرارتی، روش‌های $P-NTU$ ، $\epsilon-NTU$ ، $LMTD$ ، ضریب F برای آرایش‌های جریان متفاوت، روش P_1-P_2 ، روش $N/P-P$ ، معادلات اساسی، روش‌ها و محاسبات طراحی
چهارم	
پنجم	روابط انتقال حرارت در مبدل‌های حرارتی، روابط انتقال حرارت جابجایی اجباری با تغییر فاز و بدون تغییر فاز، افت فشار و تشکیل رسوب در مبدل‌های حرارتی، ملاحظات ویژه در مورد روابط انتقال حرارت در مبدل‌کن‌های صفحه‌پره، لوله-پره و پوسته و لوله
ششم	
هفتم	انتقال حرارت در ابعاد میکرو و نانو، عدد نودسن، جریان لغزشی، پرش دمایی، عدد برینکمن، کاربردهای

مهندسی مبدلهای حرارتی میکروکانالی، انتقال حرارت بدون تغییر فاز نانوسیال، روابط همبسته تجربی در مورد انتقال حرارت جابجایی نانوسیالات	
طراحی مبادله‌کن‌های لوله - پوسته، تخمین اندازه اولیه، روش‌های کرن، تینکر و بل-دلور در تعیین ضریب انتقال حرارت سمت پوسته، تعیین شرایط عملکرد، محاسبات افت فشار سمت لوله و پوسته	هشتم
طراحی مبادله‌کن حرارتی صفحه‌ای، اجزای مکانیکی، ویژگی‌های عملکردی، مزیت‌ها و محدودیت‌ها، آرایش جریان، محاسبات انتقال گرما و افت فشار، روشهای طراحی، کارایی حرارتی	نهم
مبادله‌کن حرارتی فشرده، روش‌های تولید، مبدل‌های لوله‌ای و صفحه‌ای پره‌دار، انتقال گرما و افت فشار، روش طراحی	دهم
انواع چگالش، چگالنده‌های پوسته و لوله، چگالنده‌های نیروگاهی، چگالنده‌های صفحه‌ای، چگالنده‌های هواخنک، چگالش فیلمی و قطره‌ای بر روی سطوح افقی و عمودی، چگالش در سطح خارجی دسته لوله‌ها، چگالش در داخل لوله، طراحی چگالنده	یازدهم
طراحی و عملکرد مبدل‌های حرارتی بخار، دسته‌بندی، توزیع دما، محدودیت‌ها، روش‌های طراحی، دیگ‌های بخار مشعل‌دار، دیگهای بخار با گازهای داغ خروجی، تبخیرکننده‌ها، تبخیر فیلم مایع	دوازدهم
معیارهای مختلف انتخاب مبادله‌کن‌های حرارتی، استاندارد TEMA، معیارهای انتخاب کیفی بر اساس متغیرهای عملکردی دما و فشار، هزینه، رسوب، نشت و آلودگی سیال، سازگاری جنس مبدل و سیال، معیارهای کمی، راهنمای کلی انتخاب مبدل حرارتی از بین انواع مبدل‌های پوسته و لوله	سیزدهم
معیارهای برآورد بهبود کارایی مبدل‌های حرارتی، توابع هدف و قیود، حالت‌های دبی ثابت، سطح مقطع عبور جریان ثابت، توان پمپ ثابت و ...، بدست آوردن رابطه جبری برای هر حالت، معیار تخریب آگرژی در مقایسه مبدلهای حرارتی	چهاردهم
معرفی تکنولوژی پینچ Pinch Technology	پانزدهم
نوآوری‌ها در مبدلهای حرارتی: مبدلهای مجهز به پیل سوختی و روابط مرتبط، مبدلهای پلیمری و طراحی آنها، کاهش صدا در مبادله‌کن‌های حرارتی	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

- Shah, Ramesh K., and Dusan P. Sekulic. Fundamentals of Heat Exchanger Design. John Wiley & Sons (2003).



2. Kakac, Sadik, Hongtan Liu, and Anchasa Pramuanjaroenkij. Heat exchangers: selection, rating, and thermal design. CRC press (2002).
3. Saunders, E. A. D., Heat Exchangers: Selection, Design & Construction. Longman Scientific & Technical (1988).
Taler, Dawid. Numerical Modelling and Experimental Testing of Heat Exchangers. Springer International Publishing (2019).





سرفصل درس: محاسبات عددی پیشرفته					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: محاسبات عددی پیشرفته
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Numerical Methods
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری	تخصصی		
	تعداد واحد عملی:				
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

هدف از این درس، آشنایی با مفاهیم محاسبات عددی و اهمیت آن‌ها است و در ادامه آموزش روش‌ها و ابزارهای عددی کاربردی برای حل مسائل مهندسی می‌باشد. همچنین در این درس ضمن معرفی روش‌های مختلف محاسباتی، این روش‌ها از لحاظ دقت، هزینه محاسباتی و دامنه کاربرد مقایسه می‌شوند.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مقدمه ای بر مدل‌سازی و حل عددی: تشریح اهمیت روش‌های عددی در حل مسائل مهندسی، معرفی انواع خطا در محاسبات عددی، معرفی مفاهیم اولیه، نظیر دقت، صحت، عدم قطعیت، همگرایی، پایداری و محاسبه خطا.	اول
ریشه یابی: معرفی روش‌های باز وبسته، تحلیل خطا و شرایط همگرایی هر کدام از روش‌ها، چگونگی حل مسائل ریشه‌یابی با روش‌های بهینه‌سازی	دوم سوم
حل دستگاه معادلات: حل دستگاه معادلات خطی، معرفی روش‌های مستقیم و تکراری، حل دستگاه معادلات غیرخطی، روش‌های تجزیه ماتریس‌ها، مقادیر ویژه	چهارم پنجم
برازش منحنی، درونیابی و تقریب توابع: معرفی شاخص‌های آماری، انواع توابع تقریب، روش‌های درونیابی با نقاط پایه به فواصل مساوی و نامساوی، آنالیز فوریه، FFT	ششم هفتم
انتگرال گیری عددی: روش‌های مختلف انتگرال گیری با نقاط پایه به فواصل یکسان و غیریکسان، روش‌های انتگرال گیری توابع (روش ریچاردسون و روش رامبرگ)، انتگرال‌گیری تطبیقی، و انتگرال‌های چندگانه	هشتم نهم دهم
مشتق گیری عددی: استخراج روابط تقریب مشتق، بحث در رابطه با درجه و خطای تقریب‌ها، مشتق گیری	یازدهم

برای نقاط با فواصل یکسان و غیریکسان، تقریب مشتق پاره‌ای	
حل معادلات دیفرانسیل معمولی: حل معادلات دیفرانسیل معمولی با شرط اولیه: شرایط وجود جواب	دوازدهم
یگانه و خوش رفتاری معادلات، روش‌های یک قدمی اویلر، رانگ-کوتا، روش‌های چند قدمی،	سیزدهم
روش‌های پیش‌بینی و تصحیح، بررسی خطا، پایداری و کنترل اندازه قدم، روش‌های تطبیقی، حل معادلات	چهاردهم
دیفرانسیل معمولی با شرط مرزی، حل دستگاه معادلات دیفرانسیل.	پانزدهم
مقدمه‌ای بر حل معادلات دیفرانسیل پاره‌ای: دسته بندی معادلات و اساس روش اختلاف محدود.	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:-

منابع اصلی

1. Chapra, S.C. Applied Numerical Methods with MATLAB For Engineers and Scientists, McGraw-Hill Higher Education (2018).
2. Burden, Richard L., J. Douglas Faires, and Annette M. Burden. Numerical Analysis, Cengage Learning (2010).
3. Moin, Parviz, Fundamentals of Engineering Numerical Analysis, Cambridge University Press (2010).
4. Hoffman, Joe D., and Steven Frankel. Numerical Methods For Engineers and Scientists. CRC Press (2018).
5. Kincaid, David, David Ronald Kincaid, and Elliott Ward Cheney. Numerical Analysis: Mathematics of Scientific Computing. American Mathematical Society (2009).





سرفصل درس: مکانیک سیالات غیر نیوتنی					
عنوان درس به فارسی: مکانیک سیالات غیر نیوتنی	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	نوع واحد
	تعداد واحد عملی:				
عنوان درس به انگلیسی: Non-Newtonian Fluid Mechanics	تعداد نظری:	الزامی	تخصصی	تعداد ساعت: ۴۸	نوع واحد
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
	تعداد واحد عملی:				
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

تبیین پدیده‌های مربوط به انحراف از رفتار نیوتنی در جریان سیال، معرفی شاخصه‌های کمی در توصیف خواص سیالات غیر نیوتنی و بیان روش‌های اندازه‌گیری شاخصه‌های مذکور، دسته‌بندی سیالات غیر نیوتنی به لحاظ رفتار هیدرودینامیکی، تبیین معادلات اساسی و به کارگیری آنها در توصیف رفتار جریان‌های غیر نیوتنی

سرفصل درس:

هفته	سرفصل
اول	مرور مقدماتی جبر تانسوری، بیان معادلات در فرم اندیسی
دوم	دسته بندی سیالات به لحاظ رفتار هیدرودینامیکی: مروری بر فرضیه محیط پیوسته، تعریف سیال، تعریف علم رئولوژی، معیارهای تشخیص انحراف رفتار از حالت نیوتنی، دسته‌بندی کلی سیالات غیر نیوتنی و توضیح اجمالی هر کدام از دسته‌ها شامل سیالات مستقل از زمان، سیالات وابسته به زمان و سیالات ویسکوالاستیک، تعریف عدد دوبرا و عدد وایزنبرگ
سوم	مشاهدات تجربی انحراف از رفتار نیوتنی: جریان سیالات نازک شونده با برش و ضخیم شونده با برش در جریان‌های داخلی، صعود از میله در جریان کوئرت دورانی (Rod Climbing)، جریان محوری در مجرای حلقوی، تورم در جریان خروجی از قالب‌های اکستروژن (Extrudate Swell)، جریان ثانویه برعکس در جریان پیچشی سیالات ویسکوالاستیک، جریان سیالات غیر نیوتنی در مجراهای با انبساط و انقباض ناگهانی، کاهش درگ در جریان‌های غیر نیوتنی متلاطم
چهارم	
پنجم	معادلات پایه در مکانیک سیالات:

<p>ششم</p>	<p>سینماتیک جریان، تراکم ناپذیری، معادلات حرکت: تئوری تنش کشی و تانسور تنش اضافی، معادلات ناویر-استوکس به عنوان یک فرم خاص از معادلات حرکت، فرم‌های خاص از معادلات حرکت در جریان‌های بین صفحات موازی-جریان داخل لوله-فیلم مایع، معادله انرژی</p>
<p>هفتم</p>	<p>سینماتیک تغییر شکل:</p> <p>نرخ تغییر شکل و تمایز آن با نرخ چرخش المان، دسته‌بندی جریانات بر حسب نوع تغییر شکل - جریان برشی ساده- جریان برشی تعمیم یافته - جریان‌های کششی، فرم‌های مختلف جریان‌های قابل مشاهده در ویسکومتری: جریان‌های محوری حلقوی- جریان‌های کوئت محیطی-جریان‌های پیچشی و جریانات مارپیچی، جریان‌های کششی تک‌محور و صفحه‌ای</p>
<p>هشتم</p>	
<p>نهم</p>	<p>توابع موادی:</p> <p>تعریف و دسته‌بندی توابع موادی، توابع موادی مورد استفاده در ویسکومتری، کاربرد توابع موادی در تعیین مشخصات رئولوژیکی سیالات ویسکوالاستیک تحت میدانهای مختلف (برشی پایدار، برشی نوسانی و کششی)، معرفی و بررسی روش عملکرد ویسکومترهای پر کاربرد مانند ویسکومتر صفحه-مخروط، ویسکومتر چرخشی، ویسکومتر لوله موین</p>
<p>دهم</p>	
<p>یازدهم</p>	<p>سیالات نیوتنی تعمیم یافته:</p> <p>فرم کلی معادله اساسی سیال نیوتنی تعمیم یافته مانند سیال توانی نازک شونده با برش و ضخیم شونده با برش-معادله اساسی کرو- معادله اساسی کاسون- معادله اساسی بینگهام، حل‌های دقیق مربوط به جریان سیالات نیوتنی تعمیم یافته از جمله جریان پوازی-جریان کوئت-جریان مارپیچ-جریان غیرهمدمای سیالات نیوتنی تعمیم یافته و تبیین انحراف رفتار آنان نسبت به جریان نیوتنی</p>
<p>دوازدهم</p>	
<p>سیزدهم</p>	<p>ویسکوالاستیسته خطی:</p> <p>تابع آسودگی و تابع خزش، معادلات مکانیکی ساده برای توصیف ویسکوالاستیسته با استفاده از مدل جرم-فنر-دمپر، مدل جفری، مدل ماکسول، روش‌های ارزیابی رفتار سیالات ویسوالاستیک شامل آزمون آسودگی از تنش-آزمون خزش -آزمون برگشت، بررسی حل‌های تحلیلی جریان سیالات ویسکوالاستیک خطی</p>
<p>چهاردهم</p>	
<p>پانزدهم</p>	<p>ویسکوالاستیسته غیر خطی:</p> <p>معرفی تانسور گرادیان تغییر شکل و تبیین ارتباط آن با تانسور گرادیان سرعت، تبیین مفهوم تاریخچه تغییر شکل و حافظه تغییر شکل، معرفی معادلات اساسی سیال مرتبه دو، سیالات دیفرانسیلی مانند سیال ماکسول-سیال اولدریوید، ترکیب ویسکوالاستیسه و لزجت تابع برش- سیال فان-تین-تر، حل‌های دقیق جریان سیالات ویسکوالاستیک</p>
<p>شانزدهم</p>	



ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	٪۵۰	٪۳۰	٪۲۰

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Malkin, Alexander Y., and Avraam I. Isayev. Rheology: Concepts, Methods, and Applications. Elsevier (2017).
2. Irgens, Fridtjov. Rheology and Non-newtonian Fluids. Vol. 190, Springer International Publishing (2014).
3. Bird, Robert Byron, Robert Calvin Armstrong, and Ole Hassager. Dynamics of Polymeric Liquids. Vol. 1: Fluid Mechanics, Wiley-Interscience (1987).





سرفصل درس: نیروگاه ها						
عنوان درس به فارسی: نیروگاه ها	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد:	۳	
						تعداد واحد عملی:
	عنوان درس به انگلیسی: Power Plants	تعداد واحد نظری:	الزامی	تخصصی	نوع واحد	تعداد ساعت
		تعداد واحد نظری: ۳		اختیاری		
تعداد واحد عملی:						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد						
سفر علمی <input checked="" type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>						

اهداف درس:

آشنایی کلی با نیروگاه های حرارتی شامل نیروگاههای بخار، توربینهای گازی، سیکلهای ترکیبی و نیروگاههای هسته ای و همچنین آشنایی با اجزاء و سیستم های جانبی این نیروگاه ها. آشنایی با نحوه طراحی کلی نیروگاه و معرفی انواع نیروگاههای تجدید پذیر (بادی، خورشیدی و زمین گرمایی)

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مروری بر چرخه تولید توان نیروگاه بخار و پارامترهای مهم بر عملکرد آن، بررسی یک سیکل واقعی نیروگاه بخار و رسم تحولات آن در دیاگرام T-S	اول
مقدمه ای بر طراحی کلی نیروگاه بخار	دوم و سوم
مروری بر چرخه توربینهای گازی و عوامل موثر بر عملکرد آن، معرفی اجزای اصلی یک توربین گازی جدید	چهارم
معرفی سیکل ترکیبی و اجزای آن	پنجم
بوپلرهای بازیاب و اجزای آن، نکات طراحی	ششم، هفتم و نهم
توربینهای بخار و اجزای آن، انواع پره های توربین بخار	دهم و یازدهم
کندانسور و سیستم های خنک کن نیروگاههای حرارتی شامل سیستم های خنک کن یکبار گذر، برج خنک کن تر، سیستم های خنک کن خشک مستقیم (کندانسور هوایی) و سیستم های خنک کن	دوازدهم و سیزدهم

خشک	غیر مستقیم (هلر)، سیستم‌های هواگیری در کندانسور
چهاردهم	نیروگاههای هسته ای شکافت هسته (Fission)، طرز کار راکتور هسته ای، نیروگاههای جوش هسته (Fusion)
پانزدهم	سیستم‌های تولید همزمان گرما و برق (CHP)
شانزدهم	معرفی انواع نیروگاههای بادی، خورشیدی و زمین گرمایی و بازدید از یک نیروگاه سیکل ترکیبی یا نیروگاه بخار

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
ندارد	ندارد	٪۶۰	٪۴۰	ندارد

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی:

1. Moran, Michael J., et al. Fundamentals of Engineering Thermodynamics. John Wiley & Sons, 2010.
2. اطلاعات، کاتالوگها و نقشه های نیروگاههای بخار، سیکل ترکیبی، توربین گازی و نیروگاههای هسته ای





سرفصل درس: دینامیک سیالات محاسباتی ۱					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: دینامیک سیالات محاسباتی ۱
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد تخصصی	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Computational Fluid Dynamics I
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با روش‌های گسسته سازی مورد استفاده در حل معادلات جریان سیال و بررسی الگوریتم‌های مطرح مورد استفاده در حل معادلات گسسته‌سازی شده

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
تحلیل رفتار معادلات دیفرانسیل پاره ای:	اول
بدست آوردن معادلات مشخصه و منحنی‌های مشخصه، دسته بندی معادلات دیفرانسیل به معادلات هذلولوی، سهموی و بیضوی، بررسی رفتار هر دسته از معادلات فوق، بررسی رفتار معادلات معروف در مکانیک سیالات و انتقال حرارت از جمله معادله موج، لایه مرزی، هدایت حرارت دائم و غیردائم، بیان تفاوت روش‌های حل عددی در معادلات تعادل و انتشار، تشریح روش‌های دسته‌بندی دستگاه‌های معادلات دیفرانسیل، بررسی رفتار دسته معادلات دیفرانسیل حاکم بر جریان، ارائه تعریف ریاضی از مسایل خوش‌وضع و بدوضع.	دوم
تخمین عملگرهای دیفرانسیلی به صورت تفاضلات محدود:	سوم



<p>معرفی تخمین‌های تفاضلی پیش‌رو و پس‌رو و مرکزی از مشتقات مرتبه اول و بالاتر، تعیین خطای برشی بر اساس بسط تیلور، معرفی روش جدول تیلور و اوپراتورهای تفاضل محدود برای تخمین مشتقات، استفاده از عملگرهای تفاضل محدود برای تخمین ضمنی مشتقات مکانی، تعمیم تخمین‌های تفاضل محدود به مشتقات در فضای چندبعدی، تقریب تفاضل محدود مشتقات در شبکه غیریکنواخت</p>	<p>چهارم</p>
<p>روش‌های تفاضل محدود برای معادلات سهموی:</p> <p>معرفی روش‌های مختلف حل معادله سهموی بر پایه گسسته‌سازی‌های مختلف زمانی به صورت صریح و ضمنی (روش‌های Forward Time Central Space, Backward Time Central Space, Crank-Nicolson)، تعمیم روش‌های فوق به فرم‌های چندبعدی مکانی با استفاده از روش‌های ADI و Approximate Factorization، مقایسه خطای برشی روش‌های مورد بررسی</p>	<p>پنجم</p>
<p>اصول بررسی پایداری و همگرایی روش‌های عددی:</p> <p>ارایه تعریف از سازگاری، پایداری و همگرایی، گسسته‌سازی معادله هدایت یک‌بعدی و غیردائم به روش دو فوریت-فرانکل و بررسی سازگاری و همگرایی، بررسی اثرات خطاهای عددی شامل خطای گرد کردن و بریدن (truncation) در پایداری روش‌های عددی، تحلیل پایداری معادلات سهموی خطی به روش اغتشاشات گسسته، قضیه هم‌ارزی لکس، تحلیل پایداری معادلات گسسته به روش فون-نیومن، تعمیم به روش فون‌نیومن به حالت چندبعدی و تحلیل پایداری معادلات گذرای دوبعدی و سه-بعدی، تحلیل پایداری معادلات سهموی همراه با ترم‌های جابجایی خطی، معرفی عدد کورانت و شرط کورانت برای پایداری، تحلیل پایداری دستگاه‌های معادلات دیفرانسیل خطی، معرفی معادله پیراسته جهت تحلیل خطای برشی، بررسی تاثیر خطای برشی ناشی از تخمین‌های عددی مرتبه پایین و مرتبه بالا در حل عددی، معرفی مفاهیم dispersion و dissipation</p>	<p>ششم</p>
<p>روش‌های تفاضل محدود برای معادلات بیضوی:</p> <p>گسسته‌سازی معادلات بیضوی به روش تفاضل مرکزی، بررسی روش اعمال شرایط مرزی (دیریشله، نیومن و مختلط) در فرم گسسته، معرفی روش‌های تکرار در حل دستگاه‌های معادلات گسسته (روش‌های ژاکوبی و گوس-سایدل)، و استفاده از relaxation جهت کنترل روند همگرایی، معرفی اجمالی روش‌های چندشبکه‌ای</p>	<p>هفتم</p>
<p>ریافت حجم محدود:</p> <p>اعمال گسسته‌سازی حجم محدود بر روی معادلات ساده مانند معادلات پخش یک‌بعدی، جابجایی یک‌بعدی و معادله جابجایی-پخش یک‌بعدی و بررسی روش‌های تخمین فلاکس جابجایی در مرزها (روش upwind و second-order upwind و Hybrid و QUICK)، معرفی Flux-Limiter ها و تشریح کاربرد آنها در تضمین خاصیت TVD در جواب معادلات گسسته، گسسته‌سازی معادله جابجایی-پخش گذرا در فرم چندبعدی، حل معادلات حاکم بر جریان تراکم‌ناپذیر به روش حجم</p>	<p>هشتم</p>
<p>روش‌های تفاضل محدود برای معادلات بیضوی:</p> <p>گسسته‌سازی معادلات بیضوی به روش تفاضل مرکزی، بررسی روش اعمال شرایط مرزی (دیریشله، نیومن و مختلط) در فرم گسسته، معرفی روش‌های تکرار در حل دستگاه‌های معادلات گسسته (روش‌های ژاکوبی و گوس-سایدل)، و استفاده از relaxation جهت کنترل روند همگرایی، معرفی اجمالی روش‌های چندشبکه‌ای</p>	<p>نهم</p>
<p>ریافت حجم محدود:</p> <p>اعمال گسسته‌سازی حجم محدود بر روی معادلات ساده مانند معادلات پخش یک‌بعدی، جابجایی یک‌بعدی و معادله جابجایی-پخش یک‌بعدی و بررسی روش‌های تخمین فلاکس جابجایی در مرزها (روش upwind و second-order upwind و Hybrid و QUICK)، معرفی Flux-Limiter ها و تشریح کاربرد آنها در تضمین خاصیت TVD در جواب معادلات گسسته، گسسته‌سازی معادله جابجایی-پخش گذرا در فرم چندبعدی، حل معادلات حاکم بر جریان تراکم‌ناپذیر به روش حجم</p>	<p>دهم</p>
<p>ریافت حجم محدود:</p> <p>اعمال گسسته‌سازی حجم محدود بر روی معادلات ساده مانند معادلات پخش یک‌بعدی، جابجایی یک‌بعدی و معادله جابجایی-پخش یک‌بعدی و بررسی روش‌های تخمین فلاکس جابجایی در مرزها (روش upwind و second-order upwind و Hybrid و QUICK)، معرفی Flux-Limiter ها و تشریح کاربرد آنها در تضمین خاصیت TVD در جواب معادلات گسسته، گسسته‌سازی معادله جابجایی-پخش گذرا در فرم چندبعدی، حل معادلات حاکم بر جریان تراکم‌ناپذیر به روش حجم</p>	<p>یازدهم</p>
<p>ریافت حجم محدود:</p> <p>اعمال گسسته‌سازی حجم محدود بر روی معادلات ساده مانند معادلات پخش یک‌بعدی، جابجایی یک‌بعدی و معادله جابجایی-پخش یک‌بعدی و بررسی روش‌های تخمین فلاکس جابجایی در مرزها (روش upwind و second-order upwind و Hybrid و QUICK)، معرفی Flux-Limiter ها و تشریح کاربرد آنها در تضمین خاصیت TVD در جواب معادلات گسسته، گسسته‌سازی معادله جابجایی-پخش گذرا در فرم چندبعدی، حل معادلات حاکم بر جریان تراکم‌ناپذیر به روش حجم</p>	<p>دوازدهم</p>
<p>ریافت حجم محدود:</p> <p>اعمال گسسته‌سازی حجم محدود بر روی معادلات ساده مانند معادلات پخش یک‌بعدی، جابجایی یک‌بعدی و معادله جابجایی-پخش یک‌بعدی و بررسی روش‌های تخمین فلاکس جابجایی در مرزها (روش upwind و second-order upwind و Hybrid و QUICK)، معرفی Flux-Limiter ها و تشریح کاربرد آنها در تضمین خاصیت TVD در جواب معادلات گسسته، گسسته‌سازی معادله جابجایی-پخش گذرا در فرم چندبعدی، حل معادلات حاکم بر جریان تراکم‌ناپذیر به روش حجم</p>	<p>سیزدهم</p>



چهاردهم	محدود در شبکه جابجاشده و معرفی الگوریتم‌های SIMPLE و SIMPLER و SIMPLEC و PISO، بررسی معضلات اعمال روش حجم محدود جهت گسسته‌سازی معادلات جریان در شبکه هم-مکان (collocated) و معرفی میانمایی Rhie & Chow، معرفی شرایط مرزی مختلف برای معادلات جریان و روش اعمال آنها در رهیافت حجم محدود، استفاده از الگوریتم حجم محدود برای حل عددی جریان‌های گذرا و بررسی روش‌های مختلف گسسته‌سازی مشتقات زمانی بر حل عددی، اعمال relaxation روی حل عددی در الگوریتم حجم محدود
پانزدهم	مرور اجمالی بر تولید شبکه محاسباتی مرور و معرفی اجمالی شبکه‌های سازمان یافته و بی‌سازمان، معرفی روش‌های جبری و دیفرانسیلی برای تولید شبکه سازمان یافته
شانزدهم	تعمیم روش گسسته‌سازی حجم محدود به فرم قابل استفاده در شبکه‌های بی‌سازمان و حل معادلات مدل ساده در این نوع از شبکه‌ها

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
۳۰٪	اختیاری	۳۰٪	۲۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Darwish, Marwan, and Fadl Moukalled. The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics: An Advanced Introduction with OpenFOAM and Matlab. Springer (2021).
2. Pletcher, Richard H., John C. Tannehill, and Dale Anderson. Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer. CRC press (2012).
3. Lomax, Harvard, et al. Fundamentals of Computational Fluid Dynamics. Vol. 246. Springer (2001).
4. Myint-U, Tyn, and Lokenath Debnath. Linear Partial Differential Equations For Scientists and Engineers. Springer Science & Business Media (2007).
5. Hoffmann, Klaus A., and Steve T. Chiang. Computational Fluid Dynamics volume I. Engineering Education System (2000).
6. Anderson, John David, and J. Wendt. Computational Fluid Dynamics. Vol. 206. McGraw-Hill (1995).



سرفصل درس: دینامیک سیالات محاسباتی ۲					
درس پیش نیاز: دینامیک سیالات محاسباتی ۱	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: دینامیک سیالات محاسباتی ۲
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	تخصصی	تعداد ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Computational Fluid Dynamics II
	تعداد واحد عملی:				
تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری				
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با روش‌های عددی پیشرفته در حل معادلات جریان و بررسی مباحث تکمیلی دینامیک سیالات محاسباتی

سرفصل درس:

هفته	سرفصل
اول	مرور روش حجم محدود و مباحث تکمیلی این روش، شامل:
دوم	بیان فرم کلی قوانین بقا و تعریف شار، پایداری روش‌های عددی و شرط CFL، روش بادسو برای معادله فرارفت، روش گودونوف، بیان تابع شار روش گودونوف، بیان فرم حل عددی مبتنی بر انتشار موج، روش‌های تفاضل شار و تجزیه شار، روش رو در حل معادله برگرز، روش‌های بادسوی مرتبه بالا
سوم	حل عددی معادلات جریان تراکم‌پذیر به روش حجم محدود:
چهارم	بیان فرم انتگرالی معادلات اویلر و ناویر-استوکس، اعمال قضیه دیورژانس و تعیین انتگرال سطح و محاسبه شار، انتگرال‌گیری حجمی، انتگرال‌های زمانی، بیان مشخصه‌های معادلات به صورت تابعی از متغیرهای اولیه و بقایی، اعمال شرایط مرزی جریان تراکم‌پذیر بر اساس رفتار مشخصه‌های جریان در مرزها (ورودی و خروجی زیرصوت و فراصوت)، روش‌های حجم محدود صریح و ضمنی در گسسته-
پنجم	سازي معادلات جريان، تشریح روش‌های پیشرفته حل دستگاه معادلات خطی مانند روش
ششم	GMRES و BiCGSTAB و کاربرد آنها در حل عددی جریان به روش حجم محدود
هفتم	روش‌های تولید شبکه
هشتم	بیان فرم کلی معادلات بقایی در دستگاه مختصات منحنی‌الخط، نگاشت فضای فیزیکی به فضای محاسباتی و بالعکس، روش‌های تولید شبکه با سازمان به صورت جبری و با استفاده از معادلات لاپلاس و



پواسون، مقدمه‌ای بر تولید شبکه‌های بی‌سازمان، روش جبهه پیش‌رونده (Advancing Front) و روش دلانی (Delaunay)، بیان روش حل و گسسته‌سازی فرم انتگرالی معادلات جریان در شبکه‌های بی‌سازمان	نهم
روش‌های تفاضل محدود فشرده	دهم
تقریب ضمنی مشتقات در مقایسه با تقریب صریح مشتقات، مقایسه عملکرد فرکانسی مشتقات در روش تفاضل محدود در حالت ضمنی و صریح با استفاده از مفهوم عدد موج تغییر یافته، بیان خطای الیازینگ (aliasing error) و لزوم استفاده از فیلتر عددی در روش‌های تفاضل محدود فشرده و مرتبه بالا، بیان قوانین کلی در تعیین فرم گسسته‌سازی ضمنی و توابع فیلتراسیون عددی، کاربرد روش‌های تفاضل محدود فشرده و مرتبه بالا در حل عددی مستقیم (DNS) و حل عددی گردابه‌های بزرگ (LES) معادلات جریان، نحوه اعمال شرایط مرزی در روش‌های فشرده	یازدهم دوازدهم
روش‌های طیفی	سیزدهم
بیان مبانی روش طیفی در حل معادلات با مشتقات جزئی، استفاده از چندجمله‌ای‌های چیشف در توسعه روش‌های طیفی، حل معادله برگرز با روش طیفی، حل دستگاه معادلات با روش طیفی، تشریح چگونگی اعمال شرایط مرزی ورودی و خروجی و دیواره	چهاردهم
روش شبکه بولتزمن: مروری بر تئوری جنبشی، توزیع مولکول‌ها در فضای فازی، معادله انتقال بولتزمن، تقریب BGK، آرایش شبکه یک‌بعدی و دوبعدی و سه‌بعدی، ضرایب وزنی، توابع توزیع تعادلی، شرایط مرزی، حل معادله پخش و معادله جابجایی پخش به روش شبکه بولتزمن	پانزدهم شانزدهم



ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
۳۰٪	اختیاری	۳۰٪	۲۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Darwish, Marwan, and Fadi Moukalled. The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics: An Advanced Introduction with OpenFOAM and Matlab. Springer (2021).
2. Pletcher, Richard H., John C. Tannehill, and Dale Anderson. Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer. CRC press (2012).
3. Lomax, Harvard, et al. Fundamentals of Computational Fluid Dynamics. Vol. 246. Springer (2001).
4. Myint-U, Tyn, and Lokenath Debnath. Linear Partial Differential Equations For Scientists and Engineers. Springer Science & Business Media (2007).
5. Hoffmann, Klaus A., and Steve T. Chiang. Computational Fluid Dynamics volume I. Engineering Education System (2000).
6. Anderson, John David, and J. Wendt. Computational Fluid Dynamics. Vol. 206. McGraw-Hill (1995).



سرفصل درس: تهویه مطبوع پیشرفته					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: تهویه مطبوع پیشرفته
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Air Conditioning
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با انواع سیستم‌های تهویه مطبوع، و نوآوری‌ها در این حوزه، کسب دانش عمیق نحوه کار سیستم‌های مختلف تاسیساتی، کسب توانایی در انتخاب نوع و اندازه تجهیزات مناسب

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
شرایط آسایش و شاخص‌های آن، فاکتورهای تأثیرگذار بر آسایش دمایی، مدل‌سازی آسایش دمایی، حساسیت افراد، تفاوت‌های جنسی، متاورس و آسایش حرارتی مجازی،	اول دوم
اصول کنترل تاسیسات تهویه ساختمان، اجزای تجهیزات کنترل شامل سنسورها، ترنسدمیوسرها، ترانسمیترها، کنترلرها، اکچویتورها	سوم چهارم
آشنایی با انواع هواسازها و بررسی مزایا و معایب و کاربرد آنها	پنجم ششم
طراحی و کنترل مشخصه‌های تهویه فضاهای خاص مانند اتاقهای تمیز و بیمارستانی	هفتم هشتم
آشنایی با تجهیزات ذخیره‌سازی سرمایش و گرمایش در ساختمان، انواع فناوری ذخیره‌سازی حرارتی و برودتی، انواع راهبردهای ذخیره‌سازی، مراحل طراحی پمپ حرارتی، تحلیل ترمودینامیکی ذخیره‌سازها	نهم دهم
آشنایی با سیستم‌های جریان مبرد متغیر (VRF) و طراحی آنها، مقایسه سیستم‌های VRF با سیستم‌های برودتی دیگر در ساختمان از جنبه چیلرهای تراکمی	یازدهم
سیستم‌های پکیج چگالشی، مقایسه استفاده از آنها در سیستم‌های شوفاژی و کف گرمایی	دوازدهم
کمپرسورهای توربوکر و بررسی کاربرد آنها از نظر اقتصادی، بررسی کندانسورهای میکروکانالی، بررسی فن‌های EC، خنک‌کن‌های جذبی سطحی، سیستم‌های سرمایش رایگان	سیزدهم

چهاردهم	طراحی سیستم‌های ترکیبی با رویکرد صرفه‌جویی در مصرف آب و انرژی، ترکیب سیستم‌های تبخیری با
پانزدهم	چرخ دسیکانت و انرژی خورشیدی، سیستم‌های Micro-CHP، ساختمان‌های سبز، کاربرد فناوری‌های تجدیدپذیر در تهویه، گرمایش و سرمایش ساختمان
شانزدهم	آشنایی با نرم‌افزارهای مورد استفاده در HVAC

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	٪۵۰	٪۳۰	٪۲۰

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. McQuiston, Faye C., Jerald D. Parker, and Jeffrey D. Spitler. Heating, Ventilating, and Air Conditioning: Analysis and Design. John Wiley & Sons (2004).
2. Carrier Corporation. Carrier Air Conditioning Company. Handbook of air conditioning system design. Vol. 1. McGraw-Hill Companies (1965).
3. Ronald H.. Howell, William J.. Coad, and Harry J.. Sauer. Principles of Heating Ventilating and Air Conditioning: A Textbook with Design Data Based on the 2021 ASHRAE Handbook Fundamentals. Ashrae (2021).
4. Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook: Heating, Ventilating, and Air-conditioning Applications. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (2019).
5. R. American Society of Heating and I. Air Conditioning Engineers, 2018 ASHRAE Handbooks-- Refrigeration (I-P). ASHRAE, 2018.
۶. مشخصات فنی عمومی تاسیسات مکانیکی ساختمان: تاسیسات گرمایی تعویض هوا و تهویه مطبوع ۱-۱۲۸. ۱۳۸۸.
۷. مشخصات فنی عمومی تاسیسات مکانیکی ساختمان: تاسیسات بهداشتی ۲-۱۲۸. ۱۳۸۸.
۸. مشخصات فنی عمومی تاسیسات مکانیکی ساختمان: کانال کشی ۳-۱۲۸. ۱۳۸۲.



سرفصل درس: سیستم‌های تبرید پیشرفته					
درس پیش‌نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: سیستم‌های تبرید پیشرفته
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Advanced refrigeration system
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری	تخصصی	۴۸	
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					



اهداف درس:

آشنایی با انواع مبادله‌کن‌های حرارتی و نحوه عملکرد هر یک، کسب مهارت در انتخاب و بکارگیری روابط مورد نیاز و مراحل طراحی انواع آنها، آشنایی با معیارهای مختلف انتخاب مبادله‌کن‌های حرارتی، آشنایی با معیارهای برآورد بهبود کارایی مبدل و تسلط در انتخاب رابطه مناسب

سرفصل درس:

هفته	سرفصل
اول	سیستم تبرید تراکمی چند مرحله‌ای، چرخه‌های آبشاری دو و سه مرحله‌ای، سیستم‌های تبرید جذبی چند
دوم	اثره
سوم	سیستم‌های تبرید جت بخار، سیستم‌های تبرید جذبی سطحی، سیکل تبرید استرلینگ، سامانه تبرید
چهارم	ترموالکترونیک، سامانه تبرید ترمواکوستیک
پنجم	سامانه تبرید متال هیدراید، تبرید مغناطیسی کارنو، برایتون و اریکسون، سامانه‌های تبرید سوپرمارکتی
ششم	بررسی جامع مبردها، نحوه نامگذاری و ویژگی‌های نسل‌های مختلف
هفتم	سرمایش در دمای پایین و مایع‌سازی گازها: تعریف کرایوژنیک (Cryogenic)، تاریخچه، فرآیند مایع‌سازی گازها، معرفی اجمالی چرخه‌های لینده-همپسون (ساده، با پیش‌سرمایش و اصلاح شده) (Linde-Hampson)، چرخه آبشاری (Cascade)، چرخه کلاد (Claude)، چرخه کاپیتزا (Kapitza)
هشتم	تبرید صنعتی، نگهداری مواد غذایی بالا و پایین دمای انجماد، خشک کردن انجمادی، سرمایش هوای صنعتی، تبرید در واحدهای صنعتی، تبرید در پیست اسکی، تبرید در صنایع شیمیایی

نهم	کمپرسورهای صنعتی
دهم	کندانسورها و اواپراتورهای صنعتی
یازدهم	انواع شیرها، شیرهای کنترل، شیرهای انبساط، شیرهای تنظیم فشار، شیرهای کنترل سطح مایع، انواع دیگر شیرها، انتخاب شیر و سیستم کنترل، کنترل الکتریکی و ابزار دقیق در تبرید صنعتی، علائم در نقشه‌ها،
دوازدهم	دیاگرام‌های نردبانی، تجهیزات مونیتورینگ، ترانسدیوسرهای فشار و دما
سیزدهم	لوله کشی در تبرید صنعتی، افت فشار، اندازه بهینه لوله، تمهیدات در جداسازی روغن و مبرد، ملاحظات عبور مایع و بخار در مسیر لوله کشی، رسیور، جداکن روغن و مبرد، آکومولاتور، فلش تانک، محفظه موج گیر در اواپراتورهای فلودید، تعیین اندازه محفظه‌ها در تبرید صنعتی
چهاردهم	ایمنی در تبرید صنعتی، مقایسه ایمنی در واحدهای تبرید آمونیاکی و دیگر واحدها، لوله کشی و شیرهای کنترل، تهویه هوای موتورخانه، ملاحظات تخلیه آمونیاک
پانزدهم	طراحی سیستم‌های تبرید جذبی آمونیاکی صنعتی
شانزدهم	

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Althouse, Andrew D. Modern Refrigeration and Air Conditioning, Goodheart-Willcox (2004).
2. Dinçer, I., and M. Kanoglu. Advanced refrigeration cycles and systems. Refrigeration Systems and Applications (2010).
3. Stoecker, Wilbert F. Industrial Refrigeration Handbook. McGraw-Hill Education (1998).
4. Bogart, Marcel. Ammonia Absorption Refrigeration in Industrial Processes. Butterworth-Heinemann (1981).



سرفصل درس: آکوستیک مهندسی					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: آکوستیک مهندسی
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Engineering Acoustics
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری	تخصصی		
تعداد واحد عملی: ۰					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی و توانایی محاسبه تولید و انتشار امواج صوتی در محیط‌های جامد و سیال و همچنین آشنایی مقدماتی با روش‌های اندازه‌گیری صوت به منظور استفاده در آکوستیک تجربی.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مرور سیستم‌های ساده ارتعاشی	اول
	دوم
یادآوری اصول ارتعاشات؛ موج‌های عرضی در ریسمان؛ معادله موج یک بعدی و حل آن؛ بازتاب در مرز؛ ارتعاش اجباری یک ریسمان با طول نامحدود و با طول محدود؛ مودهای نرمال؛ معادله دوبعدی موج؛ ارتعاشات پوسته و ورق	
معادله موج آکوستیک و حل‌های ساده آن	سوم
	چهارم
	پنجم
معادله حالت؛ معادله پیوستگی؛ معادله نیرو؛ معادله خطی موج؛ حل معادله موج با تابع گرین؛ موج تخت هارمونیک؛ دانسیته انرژی؛ شدت آکوستیکی؛ امپدانس آکوستیکی مخصوص؛ موج‌های کروی	
بازتاب و انتقال	ششم
تابش عمودی؛ تابش مایل؛ انتقال از لایه یک سیال	



هفتم	تشعشع صوت	تشعشع از کره مرتعش؛ منبع های صوت تک قطبی، دو قطبی، چهار قطبی؛ منبع خط پیوسته؛ تشعشع از یک پیستون مسطح دوار
هشتم	روش های اندازه گیری صوت	انواع میکروفون؛ تنظیم (کالیبراسیون) میکروفن؛ اندازه گیری شدت صوت؛ لوله امیدانس؛ فیلترهای صدا
نهم	آیرواکوستیک	معادلات حاکم (پیوستگی، اندازه حرکت، انرژی، حالت)؛ سرعت صوت در سیالات؛ انتشار خطی صوت در سیال؛ آنالوژی لایتیل؛ معادلات فووکس ویلیامز-هاو کینگ؛ معادلات اویلر خطی؛ صدای گردابه
دوازدهم	انتشار صوت از اجسام آیرو دینامیک	انتشار صوت از اجسام آیرو دینامیک
سیزدهم		تئوری پراکندگی صوت از گوشه (Edge)؛ صدای تولیدی از مقطع بال؛ صدای تولیدی از روتور
چهاردهم	انتشار صوت در کانال و اتاق	انتشار صوت در کانال و اتاق
پانزدهم	آکوستیک زیر آبی	آکوستیک زیر آبی
شانزدهم		سرعت صوت در دریا؛ اتلاف انتقال صوت؛ پدیده های شکست؛ کانال های صوتی

ارزشیابی:

پروژه	آزمون های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	٪۶۵	٪۳۰	٪۵

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Kinsler, Lawrence E., et al. Fundamentals of Acoustics. John Wiley & Sons (2000).
2. Fahy, Frank J. Foundations of Engineering Acoustics. Elsevier (2000).
3. Vér, István L., and Leo L. Beranek, eds. Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications. John Wiley & Sons (2005).
4. Pierce, Allan D. Acoustics: An Introduction to Its Physical Principles and Applications. Springer (2019).
5. Glegg, Stewart, and William Devenport. Aeroacoustics of Low Mach number Flows: Fundamentals, Analysis, and Measurement. Academic Press (2017).



سرفصل درس: سوخت و احتراق پیشرفته						
درس پیش نیاز: ترمودینامیک پیشرفته	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: سوخت و احتراق پیشرفته	
	تعداد واحد عملی:					
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Fuel and Combustion	
	تعداد واحد عملی:					اختیاری
	تعداد واحد نظری: ۳					
تعداد واحد عملی:						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد						
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>						
سال ارائه درس: سال اول به بعد						

اهداف درس:

ارائه اصول و مبانی فرآیند احتراق سوخت‌های با ساختار شیمیایی مختلف و آشنایی با تعادل شیمیایی و مکانیزم سینتیک شیمیایی است. در این راستا دانشجویان با تئوری شعله، تبخیر و احتراق قطره و رآکتورهای مختلف نیز آشنا می‌شوند.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
	اول
مروری بر ترمودینامیک احتراق و تعادل شیمیایی	دوم
	سوم
سینتیک شیمیایی و مکانیزم های مهم	چهارم
	پنجم
مدل رآکتور و قوانین بقا	ششم
شعله پیش مخلوط آرام	هفتم
	هشتم
	نهم
تبخیر و احتراق قطره	دهم
	یازدهم
شعله نفوذی آرام	دوازدهم
	سیزدهم
مقدمه ای بر احتراق مغشوش	چهاردهم
	پانزدهم
	شانزدهم



ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	٪۴۰	٪۳۰	٪۳۰

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Turns, Stephen R. Introduction to Combustion. McGraw-Hill Companies (2011).
2. Kuo, Kenneth K. Principles of Combustion, John Wiley & Sons (2005).
3. Law, Chung K. Combustion Physics. Cambridge University Press (2010).
4. Poinso, Thierry, and Denis Veynante. Theoretical and Numerical Combustion. RT Edwards, Inc. (2005).
5. Peters, Norbert, Turbulent Combustion, Cambridge University Press (2000).



سرفصل درس: ذخیره‌سازی انرژی					
درس پیش‌نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: ذخیره‌سازی انرژی
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Energy storage
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی اهمیت و انواع فناوری‌های تبدیل و ذخیره‌سازی انرژی، حوزه کاربرد هر فناوری، معیارهای ارزیابی و سنجش کیفیت عملکرد سامانه ذخیره‌ساز، تسلط بر مدلسازی و طراحی ذخیره‌سازهای مختلف

سرفصل درس:

هفته	سرفصل
اول	اهمیت ذخیره‌سازی انرژی و کاربرد آن در سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر، مفاهیم تبدیل و ذخیره‌سازی انرژی، پیک‌سای شبکه، ساختمان‌های سبز، وسایل حمل و نقل و ...، انواع روش‌های ذخیره‌سازی انرژی، سامانه‌های ذخیره انرژی تلمبه ذخیره‌ای، اساس کار و ملاحظات
دوم	ذخیره‌سازی الکتروشیمیایی، اساس کار و خصوصیات باتری، انواع واکنش‌ها در باتری‌های مختلف،
سوم	باتری‌های اولیه و ثانویه، کمیت‌های کاربردی مهم، انواع باتری از لحاظ هندسی، معرفی و مقایسه باتری‌های سرب اسیدی، پایه لیتیومی، نیکل کادمیم، نیکل متال هیدرید، وضعیت استفاده از باتری‌های جدید در صنعت و روند تغییرات بازار، بازار خودروهای هیبریدی و برقی، چالش‌های پیش رو، روش‌های برآورد ایمنی باتری، خلاصه‌ای از مدلسازی رفتار باتری، انتخاب اندازه پکیج باتری برای کاربردهای مختلف از جمله انرژی‌های تجدیدپذیر
چهارم	باتری‌های لیتیوم یون و نسل‌های مختلف آن، سازوکارهای کاهش عمر چرخه‌ای و تقویمی، بازده، نحوه شارژ و تخلیه، خودشارژی، اثر حافظه و حافظه دیجیتال، بازیافت، ایمنی، شیمی‌های مختلف باتری لیتیوم یون و مقایسه آنها، کاربردهای ایستگاهی و پورتابل، تفاوت باتری لیتیوم یون و لیتیوم پلیمر، سامانه کنترل حرارت و دیگر مشخصه‌های باتری در ابعاد سلول، ماژول و پک
پنجم	
ششم	باتری‌های سرب-اسید، اساس کار، واکنش‌ها و انواع آنها از نظر حالت الکترولیت، چینه‌بندی،



هفتم	واکنش‌های جانبی، باتری‌های سرب-اسید تنظیم‌شونده با سوپاپ، باتری‌های جذبی پشم و شیشه‌ای و ژله‌ای، باتری‌های سولفور-سدیم، باتری زبرا، باتری‌های جریان‌ی، باتری‌های فلز-هوا، انواع و مقایسه آنها با باتری و پیل سوختی، چالش‌های توسعه فناوری، الکترولیت‌های آبی، آلی، ترکیبی و جامد
هشتم	ذخیره انرژی حرارتی، انواع مواد تغییر فاز دهنده، ذخیره‌سازی حرارتی در نیروگاه‌های حرارتی
نهم	خورشیدی، سامانه‌های تک‌تانک و دو‌تانک، سامانه با ماده ذخیره‌ساز جامد، دیوارهای ذخیره‌ساز در ساختمانها، ذخیره‌سازهای حرارتی جذبی سطحی و حجمی، ذخیره‌سازهای حرارتی فشرده، ذخیره‌سازهای ترموشیمیایی، سامانه‌های ذخیره‌ساز نهم،
دهم	ذخیره انرژی برودتی، انواع راهبردهای ذخیره‌سازی سرمایش، انواع فناوری‌های ذخیره‌سازی سرمایش،
یازدهم	مراحل تعیین اندازه مخزن ذخیره‌ساز، روابط ترمودینامیکی حاکم بر ذخیره‌سازهای برودتی، روابط یک بعدی در تانکهای ذخیره آب سرد طبقاتی
دوازدهم	سامانه‌های ذخیره‌ساز حرارت زیر سطح زمین، انواع و محاسن آنها، نحوه عملکرد در گرمایش و سرمایش، سیستم‌های ذخیره‌ساز زیر سطح زمین باز و بسته، تغییرات دما در عمق زمین، اثر خواص هیدرولوژی خاک از جمله تخلخل، رطوبت، ضریب انتقال حرارت هدایتی، عبورپذیری، همگن بودن یا جهتی بودن خواص بر عملکرد سامانه
سیزدهم	ذخیره‌سازی هیدروژن و اهمیت آن، روش‌های مختلف تولید هیدروژن، هیدروژن و پیل‌های سوختی، انواع فناوری‌های تولید هیدروژن، هیدروژن سبز، تحلیل فنی اقتصادی، استفاده ترکیبی از باتری و پیل سوختی
چهاردهم	ذخیره‌سازهای انرژی توان بالا (ابرخازن‌ها) و انواع آنها، اساس عملکرد و اجزای سامانه، کاربردها، روابط حاکم، ملاحظات مکانیکی، ابرخازن‌های هیبریدی، ابرخازن‌های دولایه الکتروشیمیایی، شبه‌ابرخازن‌ها، مقایسه ابرخازن و باتری،
پانزدهم	ذخیره‌سازی انرژی جنبشی، ذخیره‌سازی خطی و چرخشی، چرخ طیار، روابط حاکم و محدودیت‌ها و ملاحظات ایمنی، پروفیل بهینه سطح مقطع چرخ طیار، مزایا و موارد کاربرد، پیشرفت‌ها در نسل‌های جدید، مراحل طراحی، مقایسه چرخ طیار و ابرخازن و باتری
شانزدهم	ذخیره‌سازی هوای فشرده و کاربردهای آن، نحوه عملکرد و اجزای اصلی، ترکیب ذخیره‌سازی هوای فشرده و نیروگاه گازی، به‌کارگیری حفره‌های طبیعی زیر سطح زمین و محفظه‌های ساخت بشر جهت ذخیره هوای فشرده، جایگاه این روش ذخیره‌سازی در بین انواع روش‌های ذخیره انرژی، ذخیره‌سازهای هوای فشرده آدیاباتیک و دما ثابت، مسائل ایمنی

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪



منابع اصلی

1. Dincer, Ibrahim, and Marc A. Rosen. Thermal Energy Storage Systems and Applications. John Wiley & Sons (2021).
 2. Santhanagopalan, Shriram, et al. Design and Analysis of Large Lithium-ion Battery Systems. Artech House (2014).
 3. Hamut, Halil S., Nader Javani, and Ibrahim Dinçer. Thermal Management of Electric Vehicle Battery Systems. John Wiley & Sons (2017).
 4. Klebanoff, Lennie, ed. Hydrogen Storage Technology: Materials and Applications. CRC Press (2012).
 5. Kularatna, N. ,Energy Storage Devices for Electronic Systems: Rechargeable Batteries and Supercapacitors, Elsevier Science (2014).
 6. Yu, Aiping, Victor Chabot, and Jijun Zhang. Electrochemical Supercapacitors For Energy Storage and Delivery: Fundamentals and Applications. Taylor & Francis (2013).
 7. Crawley, Gerard M., Energy Storage, World Scientific (2017).
 8. Huggins, Robert Alan. Energy Storage. Vol. 406. Springer (2010).
 9. Rufer, Alfred. Energy Storage: Systems and Components. CRC Press (2017).
 10. Sahoo, Umakanta, Energy Storage. John Wiley & Sons (2021).
 11. Rosen, Marc A. Energy Storage. Nova Science Publishers (2012).
 12. Baxter, Richard. Energy Storage: A Nontechnical Guide. PennWell Books (2006).
۱۳. ر. حقیقی خوشخو، روش های تبدیل و ذخیره سازی انرژی. دانشگاه شهیدبهبشتی ، تهران (۱۳۹۷).
۱۴. م. زندی، ابرخازن منبع ذخیره انرژی الکتریکی آینده. دانشگاه شهیدبهبشتی تهران (۱۳۹۷).



سرفصل درس: اندازه گیری پیشرفته					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: اندازه گیری پیشرفته
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Measurements
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری	تخصصی		
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی کاربردی با روش های اندازه گیری متداول و پیشرفته در تبدیل انرژی، روش های پردازش سیگنال و سخت افزارهای داده برداری و انتقال داده. آشنایی کاربردی با روش های تحلیل خطا و طراحی آزمایش.

سرفصل درس: هفته	سرفصل
اول	مقدمه و تعاریف، تشریح فرایند اندازه گیری، اندازه گیری صنعتی، اندازه گیری تحقیقاتی، مترولوژی، دسته بندی ابزارها و روش های اندازه گیری و کاربردها ویژگی های استاتیکی حسگرها: بازه، خطی بودن، حساسیت، دقت، تکرارپذیری، امیدانس، انواع خطا و منابع آن ویژگی های دینامیکی حسگرها: پاسخ سیستم های خطی مرتبه صفر، یک و دو، ثابت زمانی و ویژگی های زمانی
دوم	روش های اندازه گیری کمیت های مکانیکی: فاصله و جابجایی، دما، فشار، صوت، رطوبت، شار حرارتی
سوم	
چهارم	روش های اندازه گیری ابعاد هندسی: اندازه گیری مختصات CMM؛ اسکنر نقطه ای و خطی لیزری؛ اسکنر نور سفید؛



پنجم	روش‌های اندازه‌گیری فشار: مانومتر؛ حسگر پیزورزیستو؛ حسگر فشار مطلق؛ حسگر فشار لحظه‌ای؛ روش اندازه‌گیری فشار استاتیک بر سطح؛ پروب‌های آیرودینامیک فشار؛ رنگ حساس به فشار (به همراه روش‌های تنظیم یا کالیبراسیون)
ششم	روش‌های اندازه‌گیری دما: حسگر مقاومتی الکتریکی (RTD)؛ ترموکوپل؛ پروب‌های آیرودینامیک دما؛ رنگ حساس به دما؛ توموگرافی نور زیرقرمز (به همراه روش‌های تنظیم یا کالیبراسیون)
هفتم	روش‌های پردازش تصویر: تصاویر دیجیتال، سیستم‌های تصویربرداری، روش‌های پردازش تصویر (شامل کاهش نویز، رفع اعوجاج)، آشنایی با روش‌های تحلیل تصویرهای جابجایی ذرات
هشتم	
نهم	روش‌های اندازه‌گیری سرعت: روش حسگر سیم داغ (Hot Wire)؛ روش حسگر صفحه داغ (Hot Film)؛ روش داپلر لیزری (Laser Doppler)؛ روش دو کانونی لیزری (Laser Transit) یا (Laser Two-Focus)؛ سرعت سنجی تصویری ذرات (PIV)؛ روش‌های اندازه‌گیری سه مولفه سرعت (به همراه روش‌های تنظیم یا کالیبراسیون)
دهم	
یازدهم	روش‌های آشکارسازی جریان
دوازدهم	روش‌های اندازه‌گیری چگالی: روش سایه‌نگاری (Shadowgraphy)؛ روش شلیرن (Schlieren)؛ روش تداخل سنجی (Interferometry)؛ روش شلیرن زمینه‌ای (Background-Oriented Schlieren) (به همراه روش‌های تنظیم یا کالیبراسیون)
سیزدهم	عدم قطعیت و خطا در اندازه‌گیری: تعریف عدم قطعیت، توزیع احتمال، دسته‌بندی منابع عدم قطعیت، محاسبه و گزارش عدم قطعیت، روش‌های کاهش عدم قطعیت
چهاردهم	آشنایی با سامانه‌های داده‌برداری سریع: مبدل‌های A/D و D/A، فرکانس داده‌برداری، قابلیت تفکیک (Resolution)، تقویت سیگنال، نمونه‌برداری، پروتوکل‌های انتقال سیگنال، روش بیسیم انتقال داده، تلمتری
پانزدهم	اصول طراحی آزمون؛ داده‌برداری همزمان؛ روش‌های کاهش حجم داده
شانزدهم	کاربرد اینترنت اشیا و پیاده‌سازی آن، حسگرهای هوشمند، بررسی موردی روش‌های اندازه‌گیری خاص یا کاربردهای سیستم‌های اندازه‌گیری

ارزیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۶۵٪	۳۰٪	۵٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Doebelin, E. O., and D. N. Manik. Doebelin's Measurement Systems, 6e, Mc Graw Hill (2011).



2. Morris, Alan S., and Reza Langari. Measurement and Instrumentation: Theory and Application. Academic Press (2012).
3. Dunn, Patrick F., and Michael P. Davis. Measurement and Data Analysis for Engineering and Science. CRC press (2017).
4. Dunn, Patrick F. Fundamentals of Sensors for Engineering and Science. CRC Press (2011).
5. Raffel, Markus, Christian E. Willert, and Jürgen Kompenhans. Particle Image Velocimetry: A Practical Guide. Vol. 2. Springer (2018).
6. Tropea, Cameron, Alexander L. Yarin, and John F. Foss, eds. Springer Handbook of Experimental Fluid Mechanics. Vol. 1. Springer (2007).
7. Russo, Giuseppe P. Aerodynamic Measurements: From Physical Principles to Turnkey Instrumentation, Woodhead Publishing Limited (2011).
8. Settles, Gary S. Schlieren and Shadowgraph Techniques: Visualizing Phenomena in Transparent Media. Springer Science & Business Media (2001).
9. Michalski, Ludwig, et al. Temperature Measurement, Wiley (2002).
10. Albrecht, H-E., et al. Laser Doppler and Phase Doppler Measurement Techniques. Springer Science & Business Media (2013).



سرفصل درس: توربوماشین‌ها					
درس پیش نیاز: مکانیک سیالات پیشرفته (هم-نیاز)	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: توربوماشین‌ها
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Turbomachinery
	تعداد واحد عملی:				
تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری	تخصصی			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با طراحی و پیش‌بینی عملکرد توربوماشین‌ها شامل کمپرسور جریان محوری، کمپرسور گریز از مرکز، توربین جریان محوری، توربین جریان شعاعی، دیفیوزر؛ محاسبات محفظه احتراق و همچنین روش‌های تجربی تعیین عملکرد توربوماشین‌ها.

سرفصل درس:

هفته	سرفصل
اول	مروری بر فناوری توربوماشین‌ها
دوم	معادلات حاکم بر جریان سیال و ترمودینامیک در دستگاه‌های مختصات ثابت و چرخان
سوم	تئوری طبقه (Stage) در توربوماشین‌ها
چهارم	تعادل شعاعی
پنجم	انواع افت انرژی
ششم	طراحی پره
هفتم	دیفیوزر
هشتم	طراحی و پیش‌بینی عملکرد کمپرسور جریان محوری
نهم	طراحی و پیش‌بینی عملکرد کمپرسور گریز از مرکز
دهم	
یازدهم	طراحی و پیش‌بینی عملکرد توربین جریان محوری
دوازدهم	طراحی و پیش‌بینی عملکرد توربین جریان شعاعی
سیزدهم	
چهاردهم	محاسبات محفظه احتراق
پانزدهم	روش‌های تجربی تعیین عملکرد توربوماشین‌ها
شانزدهم	



ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	%۶۵	%۳۰	%۵

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Whitfield, Arnold, and Nicholas C. Baines. Design of Radial Turbomachines, Springer Verlag (1990).
2. Saravanamuttoo, Herbert IH, Gordon Frederick Crichton Rogers, and Henry Cohen. Gas Turbine Theory. Pearson Education (2001).
3. Aungier, Ronald H. Centrifugal Compressors, The American Society of Mechanical Engineers, (2000).
4. Aungier, Ronald H. Axial-flow Compressors: A Strategy for Aerodynamic Design and Analysis. The American Society of Mechanical Engineers, (2003).
5. Ronald H. Aungier, Turbine Aerodynamics, The American Society of Mechanical Engineers (2005).
6. Schobeiri, Meinhard. Turbomachinery Flow Physics and Dynamic Performance. Springer (2012).
7. Cumpsty, Nicholas A. Compressor Aerodynamics, Longman Scientific & Technical (1989).
8. Wilson, David Gordon, and Theodosios Korakianitis. The Design of High-efficiency Turbomachinery and Gas Turbines, With A New Preface. MIT Press (2014).
9. Dixon, Sydney Lawrence, and Cesare Hall. Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery. Butterworth-Heinemann (2013).



سرفصل درس: مکانیک محیط‌های پیوسته ۱					
درس پیش‌نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: مکانیک محیط‌های پیوسته ۱
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	تخصصی	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Continuum Mechanics I
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

مکانیک محیط پیوسته سرشاخه درس‌های اصلی دوره کارشناسی‌ارشد و دکتری است. اهداف این درس عبارتند از فراگیری حساب تانسوری به عنوان ابزار کار با معادلات حاکم، فراگیری مدل ریاضی محیط پیوسته سیالات و معادلات حاکم بر جریان سیال.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
بخش نخست: حساب تانسوری تعریف گروه و فضای برداری؛ علائم ایندکسی و قرارداد جمع؛ تعریف دستگاه مختصات منحنی (Curvilinear) تعریف تانسور؛ مولفه‌های هموردا (Covariant) و پادوردا (Contravariant)؛ تعریف ضرب داخلی؛ بردارهای مختصات؛ تانسور متریک؛ تبدیل مختصات تعریف ضرب خارجی؛ تعریف تانسورهای کارترین و خصوصیات آنها به عنوان حالت خاص دستگاه مختصات منحنی	اول
	دوم
	سوم
	چهارم
محاسبه مشتق و انتگرال در دستگاه مختصات منحنی؛ نمادهای کریستوفل؛ مشتق هموردا؛ عملگرهای دیورژانس و کرل؛ قضیه‌های انتگرال استوکس و گاوس	پنجم
	ششم
بخش دوم: مکانیک محیط پیوسته	هفتم
	هشتم





حرکت؛ مختصات لاگرائژی؛ مختصات اولیری؛ نرخ زمانی تغییرات بردار؛ تعریف سرعت؛ تعریف شتاب؛ خط جریان و خط مسیر؛ مشق مادی؛ مشتق مادی المانهای منحنی، سطح، و حجم؛ سینماتیک انتگرالهای خط، سطح و حجم	نهم
تعریف جرم؛ نقطه مادی؛ اندازه حرکت خطی؛ اندازه حرکت زاویه‌ای؛ انرژی؛	دهم
کرنش؛ نرخ کرنش؛ تانسور تغییر شکل؛ نامتغیرهای کرنش؛ کرنش‌های اصلی؛ دوران؛ توصیف هندسی کرنش و دوران	یازدهم دوازدهم
تنش، تانسور تنش؛ نیروهای داخلی و خارجی؛ اصول تعادل اندازه حرکت محلی؛ شرایط تغییر یکباره (Jump Conditions) در یک ناپوستگی سطحی متحرک؛ کوادریک تنش کوشی؛ جهت‌های اصلی؛ تنش‌های اصلی	سیزدهم چهاردهم
اصول بنیادی مکانیک؛ معادلات حاکم بر سیالات نیوتونی و غیرنیوتنی؛ معادلات حالت؛ ترمودینامیک محیط پیوسته	پانزدهم شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	٪۶۵	٪۳۰	٪۵

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه منابع اصلی

1. Flüge, Wilhelm. Tensor Analysis and Continuum Mechanics. Springer-Verlag (1972).
2. Eringen, A. Cemal, Mechanics of Continua, Huntington (1980).
3. Eringen, A. Cemal, Continuum Physics—Mathematics, Academic Press (1971).
4. Eringen, A. Cemal, Continuum Physics—Volume 2-Continuum Mechanics of Single-Substance Bodies, Academic Press (1975).
5. Aris, Rutherford. Vectors, Tensors and The Basic Equations of Fluid Mechanics. Courier Corporation (2012).
6. Lai, W. Michael, et al. Introduction to Continuum Mechanics. Butterworth-Heinemann (2009).
7. Ruderman, Michael S. Fluid Dynamics and Linear Elasticity. Springer International Publishing (2019).
8. Rossmann, Jenn Stroud, Clive L. Dym, and Lori Bassman. Introduction to Engineering Mechanics: A Continuum Approach. CRC Press (2015).



سرفصل درس: مکانیک محیط‌های پیوسته ۲					
درس پیش نیاز: مکانیک محیط پیوسته ۱	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: مکانیک محیط‌های پیوسته ۲
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Continuum Mechanics 2
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

مکانیک محیط پیوسته سرشاخه درس‌های اصلی دوره کارشناسی ارشد و دکتری است. اهداف این درس عبارتند از فراگیری حساب تانسوری به عنوان ابزار کار با معادلات حاکم، فراگیری مدل ریاضی محیط پیوسته سیالات و معادلات حاکم بر جریان سیال. در مکانیک محیط پیوسته ۲ مدل‌های ماده به سیالات غیرنیوتنی و مواد ویسکوالاستیک توسعه می‌یابد. این درس شامل ترمودینامیک محیط پیوسته و الکترومکانیک محیط پیوسته می‌باشد و همچنین تئوری الاستیسیته به عنوان یک ابزار محاسبه مواد جامد ارائه می‌شود.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
هندسه سطح‌های منحنی	اول
معادلات حالت محیط پیوسته	دوم
	سوم
	چهارم
ترمودینامیک محیط پیوسته	پنجم
	ششم
ویسکوالاستیسیته	هفتم
	هشتم
	نهم
تئوری الاستیسیته	دهم
	یازدهم
ترموالاستیسیته	دوازدهم





	سیزدهم	آیروترموالاستیسیته
	چهاردهم	
	پانزدهم	الکترو دینامیک محیط پیوسته
	شانزدهم	

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	٪۶۵	٪۳۰	٪۵

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Flügge, Wilhelm. Tensor Analysis and Continuum Mechanics. Springer-Verlag (1972).
2. Eringen, A. Cemal, Mechanics of Continua, Huntington (1980).
3. Eringen, A. Cemal, Continuum Physics—Mathematics, Academic Press (1971).
4. Eringen, A. Cemal, Continuum Physics—Volume 2-Continuum Mechanics of Single-Substance Bodies, Academic Press (1975).
5. Aris, Rutherford. Vectors, Tensors and The Basic Equations of Fluid Mechanics. Courier Corporation (2012).
6. Lai, W. Michael, et al. Introduction to Continuum Mechanics. Butterworth-Heinemann (2009).
7. Ruderman, Michael S. Fluid Dynamics and Linear Elasticity. Springer International Publishing (2019).
8. Rossmann, Jenn Stroud, Clive L. Dym, and Lori Bassman. Introduction to Engineering Mechanics: A Continuum Approach. CRC Press (2015).



سرفصل درس: آیروآکوستیک					
درس پیش نیاز:	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: آیروآکوستیک
	تعداد واحد عملی:				
ریاضیات	تعداد واحد نظری:	الزامی	تخصصی	نوع واحد	تعداد ساعت ۴۸
پیشرفته ۱،	تعداد واحد عملی:				
مکانیک	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			عنوان درس به انگلیسی: Aeroacoustics
سیالات	تعداد واحد عملی:				
پیشرفته					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی و توانایی محاسبه تولید و انتشار امواج صوتی در محیط‌های سیال و همچنین آشنایی مقدماتی با روش‌های اندازه‌گیری صوت به منظور استفاده در آکوستیک تجربی.

تشخیص منشا صوت آیرودینامیک و روش انتشار آن؛ توانایی اندازه‌گیری، تحلیل نتایج و تشخیص منبع یا منبع‌های اصلی ایجاد نویز؛ آشنایی با تئوری مکانیزم‌های تولید نویز صوتی.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مقدمه‌ای بر آیروآکوستیک	اول
صدا و روش انتشار آن؛ اصول اولیه آکوستیک؛ امواج صوتی و سرعت صوت در گازها؛ معیار دسیبل، فشار، شدت و توان صوت؛ طیف صوت، جذب و میرایی صدا، تاثیر شرایط محیطی بر انتشار صدا؛ گوش انسان و روش عملکرد آن؛ قوانین و استانداردهای کنترل نویز؛ انتشار صوت در محیط‌های مختلف	دوم
معادله موج آکوستیک و حل‌های ساده آن	سوم
مرور مختصر مکانیک سیالات؛ معادله غیرخطی موج؛ معادله خطی موج؛ حل معادله موج با تابع گرین؛ میدان‌های موج سه بُعدی ساده (موج تخت، موج‌های سطحی و موج‌های کروی)	چهارم



<p>پنجم</p> <p>بازتاب و انتقال:</p> <p>تابش عمودی؛ تابش مایل؛ انتقال از لایه یک سیال</p> <p>تشعشع صوت:</p> <p>تشعشع از کره مرتعش؛ منبع‌های صوت تک قطبی، دو قطبی، چهار قطبی؛ منبع خط پیوسته؛ تشعشع از یک پیستون مسطح دوار</p>	
<p>ششم</p> <p>هفتم</p> <p>روش‌های اندازه‌گیری صوت</p> <p>انواع میکروفن؛ تنظیم (کالیبراسیون) میکروفن؛ اندازه‌گیری شدت صوت؛ لوله امیدانس؛ فیلترهای صدا؛ تونل‌های باد آبرواکوستیکی</p>	
<p>هشتم</p> <p>نهم</p> <p>تشعشع صوت از جریان برشی آزاد و سطوح جامد:</p> <p>آنالوژی لایتیل؛ معادلات فووکس ویلیامز-هاو کینگ؛</p>	
<p>دهم</p> <p>یازدهم</p> <p>انتشار امواج خطی در محیط متحرک:</p> <p>معادلات اویلر خطی؛ خواص اصلی انتشار امواج در محیط متحرک؛ امواج صوتی، گردابه‌ای و آنتروپی؛ شکست صوت در جریان غیریکنواخت</p>	
<p>دوازدهم</p> <p>آرایه‌های فازی (Phased Arrays) و تعیین موقعیت (Localization) منبع صدا</p>	
<p>سیزدهم</p> <p>صوت/نویز آبرودینامیکی:</p>	
<p>چهاردهم</p> <p>پانزدهم</p> <p>نویز لایه مرزی؛ نویز جت زیرصوت؛ نویز ایرفویل؛ شوک در جریان مافوق صوت؛ صدای گردابه و ناشی از جریان مغشوش؛ صدای حاصل از برخورد سیال و اجسام جامد</p> <p>کاربردها:</p> <p>صدای فن (دمنده)؛ انتشار صدا در کانال‌ها؛ نویز حاصل از توربو ماشین‌ها؛ کاربردهای دیگر</p>	
<p>شانزدهم</p> <p>مقدمه‌ای بر ناپایداری ترمواکوستیک</p>	



ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	٪۶۵	٪۳۰	٪۵



منابع اصلی

1. Glegg, Stewart, and William Devenport. Aeroacoustics of Low Mach Number Flows: Fundamentals, Analysis, and Measurement. Academic Press (2017).
2. Pierce, Allan D. Acoustics: An Introduction to Its Physical Principles and Applications. Springer (2019).
3. Crighton, D. G. Modern Methods in Analytical Acoustics. SpringerVerlag (2004).



سرفصل درس: کرایوژنیک					
درس پیش نیاز: ترمودینامیک پیشرفته (هم-نیاز)	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: کرایوژنیک
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Cryogenics
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با انواع سیالات کرایوژنیک، رفتار مواد و خصوصیات آنها در دماهای بسیار پایین، تبرید کرایوژنیک، شناخت فرایند جداسازی گازها و خالص سازی آنها

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مقدمه:	اول و دوم
تعریف کرایوژنیک، بررسی خصوصیات سیالات کرایوژنیک نظیر اکسیژن، نیتروژن، آرگون، نئون، فلورین، هلیوم، هیدروژن، خصوصیات مواد در دماهای بسیار پایین، فوق هدایت (superconductivity) الکتریکی و گرمایی.	سوم
تبرید کرایوژنیک:	چهارم
اصول و روش های دستیابی به دماهای بسیار پایین و تحلیل آنها: انبساط ژول-تامپسون، سیستم های تبرید گاز سرد، فرایندهای cascade، چرخه لند-هامپسن، سیستم های کلاود، کرایوکولرهای استرلینگ، تبرید مغناطیسی، سیستم های تبرید گیفورد،	پنجم
اجزاء سیستم های کرایوژنیک:	ششم
مبدل های حرارتی کرایوژنیک، کمپرسورها، توربوآکسپنדרها، روش های عایق سازی، تجهیزات ذخیره مایعات کرایوژنیک، تجهیزات انتقال مایعات کرایوژنیک	هفتم
جداسازی و خالص سازی گازها:	هشتم
گاز ایده آل، خصوصیات مخلوط گازها، اصول جداسازی گازها، شناخت فرایند تولید گاز مایع و جداسازی و خالص سازی متان، جداسازی و خالص سازی سایر هیدروکربن های سنگین از متان در فرایند	نهم
	دهم
	یازدهم



مایع‌سازی گاز طبیعی، استخراج هلیوم در حین مایع‌سازی گاز طبیعی، خالص‌سازی و مایع‌سازی هلیوم	
ابزار اندازه‌گیری و ایمنی در کرایوژنیک:	دوازدهم
خصوصیات ابزار اندازه‌گیری، اندازه‌گیری فشار، جریان، سطح مایع، چگالی، دما، دبی در گستره کرایوژنیک، ایمنی در حین استفاده، ذخیره‌سازی و انتقال سیالات کرایوژنیک، شناخت مخاطرات و صدمات احتمالی در حین کار با سیالات کرایوژنیک مانند خفگی، سرمازدگی و هیپوترمی	سیزدهم
کاربرد:	چهاردهم
استفاده از مایعات کرایوژنیک در ابزارهای فوق‌هادی مانند دیودها، موتورها، ترانسفورماتورها، استفاده در	پانزدهم
تکنولوژی فضایی، نگهداری مواد غذایی، نگهداری ارگان‌ها و بافت‌ها، پیش‌رانش هسته‌ای، پیش‌رانش شیمیایی، سرمایش آنی	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Flynn, Thomas. Cryogenic Engineering, Revised and Expanded. CRC Press (2004).
2. Atrey, Milind. Cryocoolers, Theory and Applications. Springer (2020).
3. Mukhopadhyay, Mamata. Fundamentals of Cryogenic Engineering. PHI Learning Pvt. Ltd. (2010).
4. Timmerhaus, Klaus D., and Thomas M. Flynn. Cryogenic Process Engineering. Springer Science & Business Media (2013).



سرفصل درس: پردازش موازی و کاربردهای آن در CFD					
درس پیش نیاز: دینامیک سیالات محاسباتی ۱	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: پردازش موازی و کاربردهای آن در CFD
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	تخصصی	نوع واحد	عنوان درس به انگلیسی: Parallel Processing and Its Applications in CFD
	تعداد واحد عملی:				
تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری	تعداد ساعت: ۴۸			
تعداد واحد عملی:					
<p>آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد</p> <p>سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/></p>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					



اهداف درس:

آشنایی با روش‌های پردازش موازی و چگونگی استفاده از آن در CFD با هدف تسریع و بهینه‌سازی محاسبات رایانه‌ای

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مقدمه: تشریح اهمیت روش‌های موازی‌سازی در حل مسایل حجیم و زمان‌بر مهندسی.	اول
اصول پردازش موازی	دوم
معرفی اصطلاحات و تعاریف اولیه، رهیافت‌های مطرح در پردازش موازی، مزایا و معایب آنها	سوم
اساس کار و ساختار ابررایانه‌ها و کلاسترها	چهارم
معرفی سخت‌افزارها-نحوه ارتباط سخت‌افزارها و دسترسی به منابع سیستم پردازش موازی، آشنایی با ابرکامپیوترهای مطرح جهان و توان محاسباتی آنها، آشنایی با نحوه کار و برقراری ارتباط و نحوه استفاده از سیستم‌های پردازش موازی مطرح کشور	پنجم ششم
آشنایی با سیستم عامل لینوکس:	هفتم
مروری بر توزیع‌های مطرح لینوکس و شناخت اجمالی لینوکس‌های پرکاربرد به عنوان سیستم عامل در پردازشگرهای موازی، آشنایی با دستورها و ابزارهای مهم لینوکس	هشتم نهم
آشنایی با MPI و OpenMP:	دهم

یازدهم	معرفی کتابخانه‌ها و اساس کار آنها به همراه معرفی دستورات مهم و چگونگی استفاده از آنها در زبان-های برنامه‌نویسی
دوازدهم	اصول تهیه کد CFD موازی و مروری بر قابلیت پردازش موازی در نرم‌افزارهای مطرح:
سیزدهم	ملاحظات مربوط به الگوریتم حل، تجزیه دامنه محاسباتی، تبادل داده‌ها و جمع‌آوری داده‌ها، مرور
چهاردهم	روش‌های موازی‌سازی در نرم‌افزارهایی مانند OpenFOAM، Fluent و سایر نرم‌افزارهای مطرح، معیارهای بررسی کارایی و مقایسه عملکرد کدهای موازی
پانزدهم	پردازش گرافیکی:
شانزدهم	مبانی پردازش گرافیکی، چگونگی استفاده از پردازش گرافیکی در محاسبات علمی، معرفی اجمالی زبان‌های برنامه‌نویسی مبتنی بر پردازش گرافیکی

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
۳۰٪	اختیاری	۳۰٪	۲۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

- 1- Rajasekaran, Sanguthevar, and John Reif, eds. Handbook of Parallel Computing: Models, Algorithms and Applications. CRC press (2007).
- 2- Trobec, Roman, et al. Introduction to Parallel Computing: From Algorithms to Programming on State-of-Art Platforms. Springer (2018).
- 3- Cheng, John, Max Grossman, and Ty McKercher. Professional CUDA C Programming. John Wiley & Sons (2014).
- 4- Pacheco, Peter, and Matthew Malensek. An Introduction to Parallel Programming. Morgan Kaufmann (2021).



سرفصل درس: جریان‌های میکرو-نانو					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: جریان‌های میکرو-نانو
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Microflows and Nanoflows
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با جریان و انتقال حرارت در مقیاس میکرو و نانو-شناخت پارامترهای تأثیرگذار و نحوه ایجاد جریان- شناخت روش‌های تحلیل مربوط به این جریانات

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
	اول
	مقدمه و معادلات حاکم: *مقدمه‌ای بر جریان‌های میکرو و نانو *رژیم‌های جریانی در مقیاس میکرو * مشخصه‌های جریان میکرونانو * فرض پیوستگی، عدد نادسن
	سوم
	مدلسازی چندمقیاسی در جریان میکرو-نانو • روش دینامیک مولکولی • روش شبیه‌سازی مونت کارلو • روش شبکه بولتزمن • روش SPH
	چهارم
	پنجم
	ششم
	معادلات حاکم و مدل‌های لغزشی *معادلات پایه در دینامیک سیال *تراکم-پذیری *روش مرتبه‌بالا



	جریان‌های برشی:	هفتم
	* جریان کوئت: رژیم جریان لغزشی	هشتم
	* جریان کوئت: رژیم گذرا و مولکول آزاد * جریان حفره	
	جریان‌های ایجاد شده در اثر گرادیان فشار	نهم
	* رژیم جریان لغزشی	دهم
	* رژیم گذرا و مولکول آزاد	
	انتقال حرارت در جریان‌های میکرو و نانو:	یازدهم
	* انتقال حرارت در جریان پوازی میکرو	دوازدهم
	* انتقال حرارت در جریان کوئت میکرو * انتقال حرارت نانوسیال	
	جریان‌های الکتروسینتیک	سیزدهم
	* مقدمه‌ای بر الکترودینامیک * معادلات حاکم در جریان‌های الکتروسینتیک * جریان‌های الکترواسمز * الکتروفوریسیس	چهاردهم
	جریان‌های متاثر از کشش سطحی	پانزدهم
	* مفاهیم پایه و معادلات حاکم * پمپاژ موینگی حرارتی * موینگی الکتریکی	شانزدهم
	* انتقال حباب در لوله‌های موینه	

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Karniadakis, George, Ali Beskok, and Narayan Aluru. Microflows and Nanoflows: Fundamentals and Simulation. Vol. 29. Springer Science & Business Media (2006).
2. Rudyak, Valery Ya, et al. Micro-and Nanoflows: Modeling and Experiments. Vol. 118. Springer (2018).
3. Tabeling, Patrick. Introduction to Microfluidics. Oxford University Press (2005).



سرفصل درس: موتورهای احتراق داخلی پیشرفته					
درس پیش نیاز: ترمودینامیک پیشرفته (هم-نیاز)	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: موتورهای احتراق داخلی پیشرفته
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	تخصصی	تعداد ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Internal Combustion Engines
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با نحوه عملکرد موتورهای احتراق داخلی، سیکل‌های تولید توان در موتور احتراق داخلی، ساختمان و اجزاء موتور، آلاینده‌گی.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مقدمه‌ای بر موتورهای احتراق داخلی، انواع و فناوری‌ها	اول
پیدایش موتور، موتور اتو و دیزل، موتور وانکل، طرز کار موتورها، معرفی قطعات موتور، معرفی صنعت طراحی و ساخت موتور (خودرویی، دریایی، کشاورزی، مولد برق و ...)، راهبرد صنعت موتورسازی در کشورهای صنعتی	دوم
طراحی موتور و متغیرهای مؤثر	سوم
مشخصات هندسی موتور، اجزاء موتور، تخمین اولیه حجم موتور، موارد مورد استفاده برای قطعات مختلف، مقدمه‌ای بر روش‌های ساخت قطعات موتور	چهارم
مروری بر ترمودینامیک	پنجم
فوانین اول و دوم ترمودینامیک، مشخصات سیال، توان و بازده، بازدهی اندیکاتور و ترمزی	ششم
سیکل‌های ایده‌آل تولید توان در موتور احتراق داخلی:	هفتم
معرفی سیکل اتو و دیزل، سیکل میلر، سیکل ایده‌آل در موتورهای احتراق تراکمی همگن، در نظر گرفتن اتلافات و مقایسه با چرخه واقعی	هشتم

احتراق در موتورهای اشتعال جرقه‌ای	نهم
چرخه واقعی در موتور، زمان لازم برای احتراق، اثر متغیرهای مختلف روی سرعت شعله، معرفی کوبش و اقرات آن، درجه‌بندی سوخت و کوبندگی، تفاوت موتورهای پایه گازسوز و موتورهای بنزینی، معرفی انواع موتورهای تزریق مستقیم	دهم
احتراق در موتورهای اشتعال تراکمی:	یازدهم
فناوری‌های پاشش سوخت، اثر متغیرهای مختلف موتوری، درجه‌بندی سوخت دیزل، اتاق احتراق، محاسبه کارایی موتور، احتراق غیرهمگن، مقایسه موتورهای دیزل طراحی شده برای خودروهای سنگین و سواری	دوازدهم
شکل‌گیری آلاینده و کنترل آلایندگی:	سیزدهم
معرفی انواع محدودیت‌ها و استانداردهای آلایندگی، نحوه تشکیل اکسیدهای نیتروژن، مونوکسید کربن، هیدروکربن‌ها، ذرات معلق، صافی دود، اثرات محتویات و نوع سوخت بر تخریب تجهیزات آلایندگی، کنترل رایانه‌ای موتور برای کاهش آلایندگی	چهاردهم
مدلسازی عملکرد موتور:	پانزدهم
آشنایی با کدهای احتراقی یک بعدی و سه‌بعدی، آشنایی با نرم‌افزارهای شبیه‌سازی عملکرد موتورهای احتراق داخلی	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:
منابع اصلی

1. Heywood, John B. Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw-Hill Education (2018).
2. Pulkrabek, Willard W. Engineering Fundamentals of The Internal Combustion engine. Pearson Education (2004).



سرفصل درس: جریان چندفاز در محیط متخلخل					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: جریان چندفاز در محیط متخلخل
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Multiphase Flow in Porous Media
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری	آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد		
تعداد واحد عملی:	سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>				
سال ارائه درس: سال اول به بعد					



اهداف درس:

آشنایی با خصوصیات جریان در محیط متخلخل، روابط حاکم و کاربرد جریان چندفازی در محیط متخلخل

سرفصل درس:

هفته	سرفصل
اول	مقدمه:
دوم	مفاهیم اولیه، فرضیات حاکم و تشریح کاربردها با تیکه بر مخازن هیدروکربنی
سوم	خواص فیزیکی ماده متخلخل:
چهارم	تخلخل، تراوایی مطلق و نسبی، ترشوندگی، حجم نمونه پایه، مفهوم متوسط گیری، تراکم پذیری سنگ، ناهمگنی سنگ
پنجم	خواص فیزیکی سیالات چندفازی:
ششم	مفاهیم فاز و جزء، فشار موینگی، لزجت، ترمودینامیک سیالات چندفاز-چندجزیی، تراکم پذیری، حل شوندگی اجزاء در فازها، معادلات حالت برای سیالات هیدروکربنی، محاسبات فلاش، محاسبات پایداری فازها
هفتم	معادلات حاکم:
هشتم	مدل داری، مدل های غیرداری، معادله بقای جرم برای اجزاء، مدل دو فاز، مدل سه فاز، فرمول بندی-های مختلف برای مدل نفت سیاه و مدل ترکیبی
نهم	نمونه هایی از حل تحلیلی یک بعدی معادلات
دهم	مفهوم کسر جریان، حل باکلی-لورت، حل جریان دوفاز گاز-نفت (بدون و با حل شدگی)، حل جریان دوفاز سیلابزنی پلیمری-نفت

روش‌های حل عددی:	یازدهم
الگوریتم‌های مختلف حل عددی معادلات، کاربرد روش‌های اختلاف محدود و حجم محدود در مسایل مخزن	دوازدهم
نمونه‌هایی از حل مسایل مخزن:	سیزدهم
مسئله دوبعدی پنج‌چاهی (بدون و با گرانش)، جریان نقت سیاه یک‌بعدی، جریان ترکیبی یک‌بعدی	چهاردهم
مدلسازی مخازن ترک‌دار:	پانزدهم
انواع ترک، مدل تخلخل دوگانه، مدل تراوایی دوگانه، مدل‌های ترکیبی، مدلسازی ترک‌های مجزا	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:
منابع اصلی

1. Bear, Jacob. Dynamics of Fluids in Porous Media. Courier Corporation (2013).
2. Islam, M. Rafuqul, et al. Advanced Petroleum Reservoir Simulation: Towards Developing Reservoir Emulators. John Wiley & Sons (2016).
3. Islam, M. Rafiqul, Jamal Hussein Abou-Kassem, and S. M. Farouq-Ali. Petroleum Reservoir Simulation. Gulf Professional Publishing (2020).



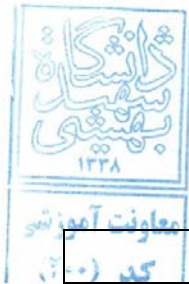
سرفصل درس: روش اجزاء محدود					
درس پیش نیاز: ریاضیات پیشرفته ۱	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: روش اجزاء محدود
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	تخصصی	نوع واحد تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Finite Element Method
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳				
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با روش المان محدود و کاربرد آن در حل معادلات جریان سیال.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مرور معادلات دینامیک سیالات و مقدمه ای بر روش المان محدود:	اول
مرور معادلات حاکم بر دینامیک سیالات، میدان سرعت، نرخ کرنش و میدان تنش در مکانیک سیالات، معادلات اساسی سیالات، بقای جرم، بقای مومنتوم و تعادل دینامیکی، بقای انرژی و معادله حالت، معادلات جریان لزج نیوتنی (ناویر-استوکس)، جریان تراکم ناپذیر و غیرلزج، تابع پتانسیل سرعت، معرفی تقریب المان محدود، حل های قوی و ضعیف، تقریب مانده های وزن شده، روش المان محدود گالرکین	دوم سوم
تقریب تفاضل محدود برای معادلات جابجایی-پخش:	چهارم
مساله جریان دائمی در یک بعد، روش پتروف-گالرکین برای اعمال upwinding در یک بعد، روش تغییری در یک بعد، تقریب کمینه مربعات گالرکین، جابجایی-پخش یک بعدی، تقریب مرتبه بالا، جریان دائمی چندبعدي، پایدارسازی به روش SUPG و GLS، مسایل گذرا و متدهای قابل استفاده در تقریب المان محدود،	پنجم ششم
روش حل کلی معادلات جریان به روش المان محدود:	هفتم
الگوریتم Characteristic Based Split (گسسته سازی زمانی و مکانی، تمرکز جرم)، فرم های صریح، نیمه ضمنی، و تقریباً ضمنی، تراکم پذیری مصنوعی در جریان دائمی و گذرا، خطاهای تقریب اجزاء محدود، شرایط مرزی (مرزهای حقیقی و مجازی)، الگوریتم های حل جریان های لزج و غیرلزج	هشتم نهم
حل جریان های تراکم ناپذیر نیوتنی به روش المان محدود:	دهم



یازدهم	فرمول‌بندی مختلط و پناستی، آنالوژی با الاستیسیته تراکم‌ناپذیر، روش لاگرانژ، دقت و پایداری، اعمال ریزسازی تطبیقی شبکه در المان محدود
دوازدهم	حل جریان‌های همراه با سطح آزاد در روش المان محدود:
سیزدهم	فرمول‌بندی جریان‌های سطح آزاد، روش لاگرانژی، روش‌های اویلری، روش اویلری-لاگرانژی اختیاری برای تصویرسازی سطح آزاد،
چهاردهم	حل جریان‌های تراکم‌پذیر به روش المان محدود:
پانزدهم	فرم‌های مختلف بیان معادلات حاکم، شرایط مرزی، اعمال الگوریتم Characteristic Based Split در جریان تراکم‌پذیر، تسخیر شوک، هموارسازی متغیرها و روش‌های پایداری،
شانزدهم	

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Reddy, Junuthula Narasimha, and David K. Gartling. The Finite Element Method in Heat Transfer and Fluid Dynamics. CRC press (2010).
2. Löhner, Rainald. Applied Computational Fluid Dynamics Techniques: An Introduction Based on Finite Element Methods. John Wiley & Sons (2008).
3. Zienkiewicz, Olek C., Robert L. Taylor, and Jian Z. Zhu. The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals. Elsevier (2005).



سرفصل درس: تبدیل مستقیم انرژی					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: تبدیل مستقیم انرژی
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Direct Energy Conversion
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

شناخت اصول و روش‌های مختلف تبدیل مستقیم فرم‌های مختلف انرژی و همچنین شناخت مزایا و معایب هر کدام از این روش‌ها.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مقدمه‌ای بر تکنولوژی‌های تبدیل انرژی:	اول
مرور روش‌های تولید توان الکتریکی در نیروگاه، محدودیت‌های سیستم‌های فعلی تولید توان الکتریکی مانند محدودیت‌های ترمودینامیکی، متالورژیکی، زیست‌محیطی و محدودیت‌های سیستم‌های انتقال توزیع، معرفی مقدماتی انواع سیستم‌های تبدیل مستقیم	دوم
سلول‌های خورشیدی:	سوم
انرژی فوتون، اصول حالت جامد، تئوری باند، نیمه‌هادی‌ها، تئوری فوتولتائیک و شناخت انواع مختلف و نحوه عملکرد، معیارهای محاسبه کارایی و بهبود عملکرد این سلول‌ها، مواد سازنده سلول‌های خورشیدی، نیروگاه‌های خورشیدی به همراه روش‌های طراحی و معرفی اجزاء آنها، محدودیت‌های سیستم‌های فوتولتائیک	چهارم پنجم
پیل سوختی:	ششم
اصول عملکرد پیل سوختی، روش تحلیل عملکرد، معرفی فاکتورهای سنجش عملکرد، شناخت انواع پیل سوختی شامل PEMFC، SOFC، AFC، MCFC، DMFC، PAFC و RFC، کاربردهای پیل سوختی و شناخت مزایا و معایب پیل سوختی	هفتم هشتم
تولید توان مبتنی بر مگنتوهیدروودینامیک:	نهم



اصول عملکرد، مسایل طراحی از قبیل سرعت گاز، چگالی شار مغناطیسی، رسانش الکتریکی گاز، تحلیل عملکرد ترمودینامیکی، تحلیل الکتریکی، شناخت روش محاسبه کارایی، سیستم‌های سیکل باز و سیکل بسته، مزایا و محدودیت‌های تولید توان مبتنی بر مگنتوهیدرودینامیک.	دهم
	یازدهم
تولید توان به روش ترموالکتریک	دوازدهم
شناخت اصول عملکرد سیستم‌های ترموالکتریک معرفی اثر سبیک، اثر پلته، اثر تامسون، اثر ژول، روابط کلوین، روش تحلیل عملکرد سیستم‌های ترموالکتریک، شناخت مواد مورد استفاده و نیمه‌هادی‌ها، کاربردهای ژنراتورهای ترموالکتریک و مزایا و محدودیت‌های آنها	سیزدهم
	چهاردهم
تولید توان ترمیونی:	پانزدهم
شناخت اصول عملکرد ژنراتورهای ترمیونی، روش محاسبه کارایی، گستره کاربرد ژنراتور ترمیونی، محدودیت‌های عملکردی	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Mitofsky, Andrea M., Direct Energy Conversion, Creative Commons Attribution (2018).
2. Brownson, Jeffrey RS., Solar Energy Conversion Systems. Academic Press (2013).
3. O'hayre, Ryan, et al. Fuel Cell Fundamentals. John Wiley & Sons (2016).
4. Goldsmid, H. Julian. Introduction to Thermoelectricity. Vol. 121. Berlin: Springer (2010).
5. Sutton, George W., and Arthur Sherman. Engineering Magnetohydrodynamics. Courier Dover Publications (2006).



سرفصل درس: ترمودینامیک آماری					
درس پیش نیاز: ترمودینامیک پیشرفته	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: ترمودینامیک آماری
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Statistical Thermodynamics
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳				
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

بررسی قوانین ترمودینامیک و خواص ترمودینامیکی از دیدگاه آماری.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
ساختار مکانیک آماری:	اول
سیستم، مرزها و متغیرها، انرژی داخلی، کار و گرما، انتروپی، برگشت ناپذیری و بی نظمی، پتانسیل ترمودینامیکی، انرژی آزاد و انرژی مستهلک، پتانسیل شیمیایی، روابط مکسول، توابع پاسخ، آنتروپی بولتزمن و ارتباط با ریزمقیاس ها، محدودیت های ترمودینامیک	دوم سوم چهارم
از مکانیک کلاسیک به مکانیک آماری:	پنجم
ریزحالت ها، متغیرهای حالت، آنتروپی به عنوان ارتباط دهنده ماکرو و میکرو، نوسانات و مقدمات احتمال، تئوری لیوویل، تئوری بیرکھوف، اهمیت احتمال در مکانیک آماری	ششم هفتم
مروری بر تئوری احتمال:	هشتم
رخدادها، فضای نمونه و احتمال، ترکیب احتمالات و احتمال شرطی، احتمال گسسته، متغیرهای تصادفی و توزیع احتمال، نظریه حد مرکزی، توابع مشخصه، تابع توزیع احتمال، حد ترمودینامیکی، تحدب، انسامبل های کوانتومی	نهم دهم
سیستم های ایده آل:	یازدهم
توزیع سرعت ماکسول، پارامغناطیس، مدل هارمونیک برای انرژی نوسانی، گازهای دو اتمی، فرمیون و بوزون، آمارهای فرمی-دیراک و بوزی-اینشتاین	دوازدهم سیزدهم



سیستم‌های دارای برهمکنش:	چهاردهم
معادله حالت، معادله حالت ویريال، معادله حالت واندروالس، پتانسیل چاه مثلثی، پتانسیل چاه دوزنقه ای، پتانسیل ساترلند، پتانسیل لنارد-جونز	پانزدهم
	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	٪۵۰	٪۳۰	٪۲۰

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Hill, Terrell L. An introduction to Statistical Thermodynamics. Courier Corporation (1986).
2. Luscombe, James H. Statistical Mechanics: From Thermodynamics to the Renormalization Group. CRC Press (2021).
3. Daily, John W. Statistical Thermodynamics: An Engineering Approach. Cambridge University Press (2018).





سرفصل درس: انتقال حرارت در مقیاس میکرو و نانو					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: انتقال حرارت در مقیاس میکرو-نانو
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	تخصصی	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Micro-Nanoscale Heat Transfer
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳:				
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

با توجه به پیشرفت سریع در زمینه MEMS، NEMS، تولید ریزتراشه‌ها و قطعات میکروالکترونیکی که عملکرد آنها در بسیاری از موارد با تولید حرارت همراه است، نیاز به شناخت اصول و توسعه روش‌های انتقال حرارت در ابعاد میکرو و نانو گسترش روزافزونی یافته است. لذا در این طرح درس سعی شده است که شناخت مدونی از انتقال حرارت در مقیاس میکرو و نانو بدست آید.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مروری بر علوم حرارتی در مقیاس ماکروسکوپی	اول
مروری بر ترمودینامیک (قوانین اول-دوم و سوم)، روابط ترمودینامیکی، معادلات حالت، مرور مکانیزم‌های انتقال حرارت (هدایت، جابجایی و تشعشع) از دید ماکروسکوپی	دوم
مقدمات ترمودینامیک آماری و کوانتوم	سوم
مکانیک آماری ذرات مستقل (حالت‌های میکروسکوپی و ماکروسکوپی، فضای فازی، توابع توزیع تعادلی)، قوانین ترمودینامیکی کار و انرژی و انتروپی، ضرایب لاگرانژ، گازهای ایده‌آل تک اتمی و دو اتمی و چنداتمی، توزیع سرعت ماکسول، انسامبل‌های آماری و نوسانات، مکانیک کوانتوم پایه، گسیل و جذب فوتون توسط مولکول‌ها و اتم‌ها، انرژی جرم و مومنتوم از منظر نسبیتی،	چهارم پنجم
تئوری جنبشی و جریان‌ات در مقیاس میکرو و نانو	ششم
توصیف کینتیک گازهای رقیق، معادلات انتقال و خصوصیات گازهای ایده‌آل (پخش گرما و جرم و نیروهای بین مولکولی)، معادله انتقال بولتزمن، جریان و انتقال حرارت در مقیاس میکرو و نانو (عدد	هفتم هشتم

نارسن و رژیم‌های جریان، لغزش سرعت و پرش دما، هدایت حرارتی گاز در رژیم مولکولی آزاد)	
خصوصیات حرارتی جامدات	نهم
گرمای ویژه در جامدات، اثر اندازه کوانتومی بر گرمای ویژه، هدایت حرارتی و الکتریکی جامدات، ترموالکتریسیته	دهم
	یازدهم
انتقال الکترون و فونون	دوازدهم
اثر هال، طبقه‌بندی کلاسیک جامدات، ساختارهای بلوری، ساختارهای باند الکترونیک، پراکندگی فونون، گسیل الکترون، انتقال الکتریکی در نیمه‌هادی‌ها	سیزدهم
	چهاردهم
انتقال غیرتعادلی انرژی در نانو ساختارها	پانزدهم
نظریه‌های پدیده‌شناختی (هدایت حرارتی هذلولوی، مدل تاخیر فاز دوگانه، مدل دو دما)، هدایت حرارتی در عرض ساختارهای لایه‌ای، رژیم‌های هدایت حرارتی	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	٪۵۰	٪۳۰	٪۲۰

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Zhang, Zhuomin M., Zhuomin M. Zhang, and Luby, Nano/Microscale Heat Transfer. Vol. 410, McGraw-Hill (2020).
2. Shen, Ching, Rarefied Gas Dynamics: Fundamentals, Simulations and Microflows. Springer Science & Business Media (2006).



سرفصل درس: مکانیک سیالات زیستی					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: مکانیک سیالات زیستی
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Biofluid Mechanics
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

این درس کاربرد اصول مکانیک سیالات را در سیستم های کارکردی اعضای داخلی بدن بررسی می نماید. در این درس، پدیده های مربوط به جریان مایعات طبیعی بدن از دید مهندسی مورد بررسی قرار می گیرد. همچنین در بخشی از این درس سیستم های جریان سیال در مقیاس میکرو (microfluidic systems) که دارای کاربردهای زیستی هستند، معرفی و بررسی می گردند.

سرفصل درس:

هفته	سرفصل
اول	مروری بر مکانیک سیالات
دوم	رئولوژی
سوم	معادلات اساسی، مدل های سیالات غیر نیوتنی
چهارم	سیستم گردش خون، رئولوژی خون
پنجم	فیزیولوژی و عملکرد سیستم گردش خون - گردش خون در قلب - عروق لنفاوی - خصوصیات غیر نیوتنی خون
ششم	مدل های گردش جریان خون: جریان پایدار در مجاری، جریان های ضربانی در مجاری صلب - جریان های ضربانی در مجاری انعطاف پذیر (الاستیک) - انتشار موج در مجاری الاستیک
هفتم	کاربرد اصول مکانیک سیالات در سیستم گردش خون: دینامیک جریان خون در سرخرگ ها و سیاهرگ ها، دینامیک جریان خون در دریچه های قلب، جریان خون در حالت انقباض و اتساع عروق
هشتم	مایعات مفصلی: فیزیولوژی مفاصل، کارکرد مایعات مفصلی، رئولوژی مایعات مفصلی، استفاده از تئوری روغن کاری برای بررسی حرکت مایعات مفصلی
نهم	
دهم	مکانیک سیالات زیستی در دستگاه تنفسی: فیزیولوژی سیستم تنفسی، جریان هوا در ریه ها، بررسی



یازدهم	فرایند تنفس از دید مکانیک سیالات، تبادلات گازی در ریه‌ها، آشنایی با کارکرد دستگاه‌های تنفس مصنوعی، نشست ذرات در ریه‌ها
دوازدهم سیزدهم	جریان سیال در کلیه- کارکرد دستگاه همودیالیز- معرفی فرایند سنگ‌شکنی کلیه- برهم‌کنش شوک و حباب در فرایند سنگ‌شکنی
چهاردهم	کاربردهای دینامیک سیالات محاسباتی در شبیه‌سازی جریان سیالات زیستی - روش‌های شبیه‌سازی جریان‌های زیستی
پانزدهم	آشنایی با سیستم‌های سیالاتی در مقیاس میکرو و بررسی کاربردهای زیستی و بیولوژیک آنها، بررسی روش‌های ساخت ابزارهای میکروفلوئیدیک
شانزدهم	تکنیک‌های اندازه‌گیری سرعت و فشار در جریان مایعات زیستی

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان‌ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
۳۰٪	اختیاری	۵۰٪	اختیاری	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Ethier, C. Ross, and Craig A. Simmons, Introductory Biomechanics: From Cells to Organisms. Cambridge University Press (2007).
2. Kleinstreuer, Clement, Biofluid Dynamics: Principles and Selected Applications. CRC Press (2006).
3. Waite, Lee, and Jerry Fine. Applied Biofluid Mechanics. McGraw-Hill Education (2007).
4. Ostadfar, Ali. Biofluid Mechanics: Principles and Applications. Academic Press (2016).
5. Mazumdar, Jagannath. Biofluid Mechanics. World Scientific (2015).



سرفصل درس: انتقال و پخش ذرات					
دروس پیش نیاز: مکانیک سیالات پیشرفته (هم- نیاز)	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: انتقال و پخش ذرات
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	تعداد واحد	عنوان درس به انگلیسی: Aerosol Transport	
	تعداد واحد عملی:				
تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری	ساعت: ۴۸			
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

شناخت مبانی جریان‌های گاز همراه با ذرات، شناخت خصوصیات و رفتار ذرات معلق، آشنایی با روش‌های جداسازی ذرات معلق از جریان.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مقدمه:	اول
تعاریف، اندازه ذرات، شکل و چگالی، غلظت ذرات	
خصوصیات گازها: انرژی جنبشی گاز، سرعت مولکولی، طول متوسط پویش آزاد مولکولی، عدد رینولدز، محاسبه سرعت و دبی و فشار	دوم
حرکت یکنواخت ذرات قانون نیوتن، قانون استوکس، سرعت ته‌نشینی ذرات، فاکتور لغزش، ذرات غیر کروی، قطر ایرودینامیکی، ته‌نشینی در اعداد رینولدز بالا،	سوم چهارم
توزیع آماری اندازه ذرات: توزیع اندازه ذرات، متوسط ممان، توزیع ممان، توزیع لگاریتمی-نرمال (lognormal)، معادله هیچ-کوئیت (Hatch-Choate)	پنجم ششم
حرکت و چسبندگی ذرات زمان آسایش، فاصله توقف، حرکت منحنی‌الخط و ضریب استوکس، نیروهای چسبندگی، جداسازی ذرات	هفتم هشتم
حرکت براونی و پخش	نهم



دهم	ضریب پخش، طول متوسط پویش ذره، جابجایی براونی، نیروهای وارد بر ذره، ردیابی ذرات، انتقال و جذب اینرسیال
یازدهم دوازدهم	بررسی عملکرد سایکلون‌ها، فیلترهای غشایی، فیلترهای الکترواستاتیک، بررسی جریان گاز طبیعی همراه با ذرات معلق درون خطوط لوله، روش‌های جداسازی ذرات از جریان گاز
سیزدهم چهاردهم	تقطیر و تبخیر ذرات اثر کلوین، هسته‌زایی همگن، چگالش هسته‌ای، تبخیر
پانزدهم شانزدهم	روش‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی جریان همراه با ذرات معلق و کاربرد آن در شبیه‌سازی آلودگی ناشی از ذرات معلق

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
۳۰٪	اختیاری	۵۰٪	اختیاری	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Hinds, William C. Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles. John Wiley & Sons (1999).
2. Colbeck, I., and Mihalis Lazaridis. Aerosol Science. Wiley Online Library (2014).
3. Williams, Michael Maurice Rudolph, and Sudarshan K. Loyalka, Aerosol Science: Theory and Practice, Pergamon Press (1991).





سرفصل درس: جریان های لزج					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: جریان های لزج
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	تخصصی	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Viscous Flow
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
<input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

معرفی حل های دقیق از جریان لزج، کاربردهای جریان لزج، پدیده های مربوط به جریان لزج مانند لایه مرزی و ناپایداری

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
معرفی مفاهیم اساسی جریان لزج و شناخت لزجت و اثرات آن با ذکر چند نمونه	اول
سینماتیک جریان سیال فرضیه محیط پیوسته و معیارها، رویکرد اولیری لاگرانژی، انواع حرکت در جابجایی ذره سیال	دوم
معادلات اساسی تئوری انتقال رینولدز، معادلات بقای جرم و مومنتوم و انرژی، معادله مشخصه سیال نیوتنی، معادلات ناویر-استوکس، معادله بقای مومنتوم از دید ناظر لخت و غیرلخت	سوم چهارم
حل های تحلیلی معادله ناویر-استوکس دسته بندی حل -های تحلیلی معادلات ناویر-استوکس، جریان های موازی، جریان های ناپایا، جریان همراه با دمش و مکش، جریان ژئوفیزیکی، حل های تشابهی در جریان سیالات	پنجم ششم هفتم
جریان خزشی تشریح نحوه ساده سازی معادلات حاکم بر جریان در تقریب خزشی، ارایه حل های تحلیلی از معادلات حاکم بر جریان خزشی مانند حل مفات، جریان خزشی در گوشه (حل دین و مونتگنون)، جریان فشاری (Squeezing Flow) بین دو دیسک نزدیک شونده و غیره، تشریح پارادوکس استوکس و معرفی تقریبات اصلاح شده برای جریان خزشی مانند تقریب اوسین (Oseen's approximation)	هشتم نهم
تقریب روغنکاری تشریح نحوه ساده سازی معادلات حاکم بر جریان در تقریب روغنکاری و بررسی نحوه به کارگیری این	دهم یازدهم

تقریب در یاتاقان‌های ژورنال و یاتاقان‌های لغزشی	
لایه‌های مرزی معرفی تقریب لایه مرزی، لایه مرزی روی صفحه تخت، لایه مرزی اجسام ضخیم، حل فالکنر-اسکن، حل پل‌هاوزن و پیش‌بینی محل جدایش، لایه‌های برشی، لایه‌های مرزی سه بعدی	دوازدهم سیزدهم چهاردهم
ناپایداری مفهوم ناپایداری در اعمال اغتشاشات کوچک، روش مدهای نرمال، ناپایداری کلونین-هلمهولتز، معادله Orr-Sommerfeld، پایداری جریان‌های غیرلزج و موازی، معرفی مقدماتی تئوری ناپایداری غیرخطی، گذرش	پانزدهم شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
۳۰٪	اختیاری	۵۰٪	اختیاری	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. White, Frank M., and Joseph Majdalani. Viscous Fluid Flow. McGraw-Hill (2021).
2. Panton, Ronald L. Incompressible Flow. John Wiley & Sons (2013).
3. Currie, Iain G. Fundamental Mechanics of Fluids. CRC press (2016).
4. Graebel, William. Advanced Fluid Mechanics. Academic Press (2007).
5. Kundu, Pijush K, Ira M. Cohen, and David R. Dowling. Fluid Mechanics. Academic press (2015).



سرفصل درس: ریاضیات پیشرفته ۱					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: ریاضیات پیشرفته ۱
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Engineering Mathematics I
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳				
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					



اهداف درس:

آشنایی با مباحث پیشرفته ریاضی مهندسی

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
 <ul style="list-style-type: none"> • آنالیز اعداد مختلط <ul style="list-style-type: none"> ○ بررسی توابع مختلط ○ انتگرال گیری مختلط ○ سری های توانی ○ انتگرال گیری به روش مانده ها 	اول
	دوم
	سوم
	چهارم
<ul style="list-style-type: none"> • جبر خطی <ul style="list-style-type: none"> ○ بررسی ماتریس دترمینان و بردار ○ مسایل مقدار ویژه 	پنجم
	ششم
<ul style="list-style-type: none"> • معادلات دیفرانسیل ODE <ul style="list-style-type: none"> ○ یادآوری ○ سیستم معادلات دیفرانسیل ○ توابع بسل لژاندر گاما هر میت گاوس 	هفتم
	هشتم
<ul style="list-style-type: none"> • معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی 	نهم

	دهم
	یازدهم
	دوازدهم
<ul style="list-style-type: none"> • تبدیلات انتگرالی و کاربرد آن ها در حل PDE ها <ul style="list-style-type: none"> ○ مسایل اشتورم لیوویل ○ توابع متعامد ○ تبدیل لاپلاس فوریه و ملین 	سیزدهم
	چهاردهم
<ul style="list-style-type: none"> • توابع انتگرالی <ul style="list-style-type: none"> ○ انتگرال های گرین و کرنل 	پانزدهم
<ul style="list-style-type: none"> • حساب تغییرات 	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
۵٪	اختیاری	۵۵٪	۵٪	۳۵٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

- . Kreyszig, Erwin. Advanced Engineering Mathematics, 10th eddition, Wiley (2009).
- . Pinchover, Yehuda, and Jacob Rubinstein. An Introduction to Partial Differential Equations. Cambridge University Press (2005).



سرفصل درس: ترمودینامیک پیشرفته					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: ترمودینامیک پیشرفته
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت: ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Thermodynamics
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳				
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

آشنایی با مباحث و مفاهیم پیشرفته ترمودینامیک و کسب توانایی در تحلیل آگرژی سیکل‌ها و فرآیندهای ترمودینامیکی، بهینه سازی در ترمودینامیک و روابط ترمودینامیکی.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مروری بر ترمودینامیک کلاسیک، یادآوری تعاریف پایه در محیط پیوسته، معرفی سیستم و محیط، سیستم‌های باز، بسته و ایزوله. توابع مستقل از مسیر و توابع وابسته به مسیر. بیان قانون صفرم و سوم ترمودینامیک و اثبات آنها	اول
	دوم
	سوم
تشریح قانون اول و دوم ترمودینامیک و اثبات آنها برای انواع سیستم‌ها ارائه اثبات قانون دوم برای سیستم‌های شامل چند منبع - قانون دوم برای سیستم‌های باز و بسته - تعادل ترمودینامیکی - تئوری کراتودوریک در بیشینه انروپی و کمینه انرژي اثبات قوانین و به کارگیری مفهوم فرایندهای امکان پذیر ترمودینامیکی	چهارم
	پنجم
	ششم
تحلیل آگرژی و محاسبه تولید انروپی در سیکل‌ها و فرایندها معرفی آگرژی غیرجریانی و فیزیکی و معرفی آگرژی جریانی و چرخه آگرژی سیکل‌ها	هفتم
	هشتم



	<p>- تولید انتروپی و تخریب انرژی</p> <p>- مفهوم بازگشت پذیری در فرایندهای ترمودینامیکی و سیستم‌های باز و بسته</p> <p>- مکانیزم تولید انتروپی در انواع پدیده‌ها و فرایندها</p>	<p>نهم</p>
	<p>مقدمه‌ای بر بهینه‌سازی به روش ریاضی</p>	<p>دهم</p>
	<p>بهینه‌سازی سیکل‌های ترمودینامیکی</p> <p>- سیکل‌های تولید توان:</p>	<p>یازدهم</p>
	<p>- بازگشت ناپذیری و تخریب انرژی در سیکل‌های نیروگاهی، نیروگاه‌های بخار و گاز پیشرفته</p>	<p>دوازدهم</p>
	<p>و سیکل‌های ترکیبی.</p> <p>- سیکل‌های تبرید:</p>	<p>سیزدهم</p>
	<p>- اثر ژول تامسون و مفهوم تخریب انرژی در سیکل‌های سرمایش</p> <p>- کمینه کردن تولید انتروپی</p> <p>بهینه‌سازی فرایندها به روش کمینه کردن تولید انتروپی در انتقال حرارت و بازگشت ناپذیری ناشی از آن و در مبدل‌های حرارتی و سیستم‌های ذخیره سازی انرژی و...</p>	<p>چهاردهم</p>
	<p>روابط ترمودینامیکی:</p>	<p>پانزدهم</p>
	<p>- روابط ماکسول، کلاسیوس-کلاپرون، معادلات گیبس، تغییر فاز، انواع تعادل و ناپایداری، معادلات حالت و...</p>	<p>شانزدهم</p>

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Bejan, Adrian. Advanced Engineering Thermodynamics. John Wiley & Sons (2016).
2. Winterbone, Desmond, and Ali Turan. Advanced Thermodynamics For Engineers. Butterworth-Heinemann (2015).
3. Moran, Michael J., et al. Fundamentals of Engineering Thermodynamics. John Wiley & Sons (2010).
4. Callen, Herbert B. Thermodynamics and an Introduction to Statistical Mechanics. John Wiley & Sons (1988).
5. Hsieh, Jui Sheng. Principles of Thermodynamics. Kogakusha (1975).



سرفصل درس: مکانیک سیالات پیشرفته					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: مکانیک سیالات پیشرفته
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت ۴۸	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Fluid Mechanics
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۳	اختیاری			
تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					



اهداف درس:

آشنایی با مباحث تکمیلی مکانیک سیالات و کسب توانایی در تحلیل دیفرانسیلی جریان سیال، آشنایی با معادلات حاکم بر جریان در حالت کلی، کسب معلومات مورد نیاز در به کارگیری تقریبات مختلف از معادلات حاکم بر جریان.

سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مرور مقدماتی جبر تانسوری، بیان معادلات در فرم اندیسی	اول
استخراج معادلات حاکم بر حرکت سیال در حالت کلی با به کارگیری فرضیه محیط پیوسته، تحلیل سینماتیک جریان، مرور رهیافت اویلری و لاگرانژی و قضیه انتقال رینولدز، معرفی معادلات اساسی و معادلات حالت پر کاربرد، استخراج معادلات ناویر-استوکس به عنوان معادلات حاکم بر جریان سیالات نیوتنی	دوم سوم
ارایه حل های دقیق پر کاربرد از معادلات ناویر-استوکس در مسایلی مانند جریان پوازی، جریان کوئت، جریان کوئت دورانی، مساله اول و دوم استوکس، جریان نقطه سکون، جریان پیچشی فون کارمن، جریان ضربانی، جریان در کانالهای همگرا-واگرا، جریان اطراف حباب نوسانی و معادله رایلی-پلسه، جریان یکنواخت روی سطح متخلخل	چهارم پنجم ششم
تشریح نحوه ساده سازی معادلات حاکم بر جریان در تقریب خزشی، دستیابی به معادله Biharmonic، ارایه حل های تحلیلی از معادلات حاکم بر جریان خزشی مانند حل مفات، جریان خزشی در گوشه (حل دین و مونتاگون)، جریان فشاری (Squeezing Flow) بین دو دیسک نزدیک شونده و غیره، تشریح پارادوکس استوکس و معرفی تقریبات اصلاح شده برای جریان خزشی مانند تقریب اوسین (Oseen's approximation)	هفتم هشتم نهم

تشریح نحوه ساده‌سازی معادلات حاکم بر جریان در تقریب روغنکاری و بررسی نحوه به کارگیری این تقریب در یاتاقان‌های ژورنال و یاتاقان‌های لغزشی	دهم
تشریح فرضیات اساسی در تقریب لایه مرزی، به دست آوردن معادلات حاکم بر لایه مرزی از معادلات ناویر-استوکس، تبدیل فالکنر-اسکن و حل‌های تحلیلی لایه مرزی همراه با گرادیان فشار مانند لایه مرزی روی سطح شیب‌دار، لایه مرزی در جریان نقطه سکون و لایه مرزی در کانال‌های همگرا، روش حل تقریبی لایه مرزی مانند روش مونتوم-انتگرال فون کارمن، معرفی روش‌های پیش‌بینی جدایش لایه مرزی مانند روش کارمن-پل‌هاوزن و روش تویتس، معرفی اجمالی تحلیل پایداری خطی لایه مرزی	یازدهم
	دوازدهم
	سیزدهم
تشریح تقریب پتانسیل و بررسی شرایط لازم جهت اعمال این تقریب، معرفی تابع پتانسیل مختلط و تشریح ارتباط تابع پتانسیل و تابع جریان، بررسی تابع پتانسیل مختلط جریان‌های ساده و بررسی جریان‌های پتانسیل ترکیبی، انتگرال بلازیوس، معرفی نگاشت‌های همدیس و کاربرد آنها در تحلیل جریان پتانسیل حول ایرفویل، شرط کوتا	چهاردهم
	پانزدهم
	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
اختیاری	اختیاری	۵۰٪	۳۰٪	۲۰٪

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. White, Frank M., and Joseph Majdalani. Viscous Fluid Flow. McGraw-Hill (2021).
2. Panton, Ronald L. Incompressible Flow. John Wiley & Sons (2013).
3. Currie, Iain G. Fundamental Mechanics of Fluids. CRC Press (2016).
4. Graebel, William. Advanced Fluid Mechanics. Academic Press (2007).
5. Kundu, Pijush K, Ira M. Cohen, and David R. Dowling. Fluid Mechanics. Academic Press (2015).



سرفصل درس: انتقال حرارت جابه‌جایی						
دروس پیش‌نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۳	عنوان درس به فارسی: انتقال حرارت جابه‌جایی	
	تعداد واحد عملی:					
	تعداد واحد نظری:	الزامی	تخصصی	نوع واحد	عنوان درس به انگلیسی: Convection Heat Transfer	
	تعداد واحد عملی:					
	تعداد واحد نظری: ۳:	اختیاری	تعداد واحد عملی:	تعداد ساعت ۴۸		
	تعداد واحد عملی:					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد						
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>						

اهداف درس:

آشنایی عمیق با مفاهیم انتقال حرارت جابه‌جایی، آشنایی با معادلات حاکم و کسب توانایی در تحلیل مسائل مختلف با روش‌های آنالیز مقیاس، تشابهی و انتگرالی، کسب مهارت مورد نیاز در به‌کارگیری تقریب‌های مناسب مهندسی در ساده کردن معادلات حاکم.



سرفصل	هفته
<p>قوانین اساسی: معرفی قوانین بقای جرم، ممنتوم و انرژی، معرفی روابط ساختاری شامل رابطه حاکم بر سیال نیوتنی و رابطه فوریه، معرفی معادلات حالت، بدست آوردن شکل دیفرانسیلی معادلات حاکم بر جابه‌جایی اجباری با فرض جریان آرام شامل معادلات بقای جرم، بقای ممنتوم (معادله نویر-استوکس با فرض سیال نیوتنی) و قانون اول ترمودینامیک (بقای انرژی)، قانون دوم ترمودینامیک، معرفی روش آنالیز مقیاس و قوانین آن، معادلات حاکم در مختصات استوانه‌ای و کروی</p>	<p>اول و دوم</p>



<p>جریان لایه مرزی لامینار: تشریح فرضیات اساسی در تقریب لایه مرزی، بدست آوردن معادلات حاکم بر لایه مرزی از معادلات ناویر-استوکس، استفاده از آنالیز مقیاس در حل جریان آرام لایه مرزی روی صفحه تخت نیمه بینهایت برای اعداد پراندل بزرگ و کوچک، حل دقیق جریان روی صفحه نیمه بینهایت با شرط مرزی دمای سطح ثابت و فرض لایه مرزی: حل بلازیوس در میدان سرعت و حل پلهاوزن در میدان دما، روش حل تقریبی انتگرالی در حل لایه مرزی، مقایسه مزایا و معایب روش‌های انتگرالی و دیفرانسیلی، استخراج شکل انتگرالی معادلات بقا، مراحل کار در حل انتگرالی، حل دقیق تشابهی جریان روی صفحه نیمه بینهایت با شرط مرزی دمای سطح ثابت و فرض لایه مرزی: حل بلازیوس در میدان سرعت و حل پلهاوزن در میدان دما، استفاده از فرض لایه مرزی و روش تشابهی در حل جریان خارجی روی صفحه نیمه بینهایت با شرط مرزی دمای سطح متغیر، حل انتگرالی جریان آرام روی صفحه تخت با شرط مرزی دمای سطح ثابت و شرط مرزی شار حرارتی ثابت و در حالت دهش و مکش جریان عمود بر سطح، اثر گرادیان فشار طولی: جریان روی گوه</p>	<p>سوم، چهارم، پنجم و ششم</p>
<p>انتقال حرارت در جریان آرام داخلی: مفاهیم جریان توسعه یافته و در حال توسعه، طول ورودی هیدرولیکی و حرارتی، استفاده از آنالیز اسکیل و روش انتگرالی در بدست آوردن طول ورودی در جریان آرام داخلی با فرض لایه مرزی، تعریف سرعت و دمای میانگین، ارائه مبانی توسعه یافتگی در میدان سرعت و حرارت، اثبات مستقل بودن عدد ناسلت در جریان آرام توسعه یافته، حل معادلات لایه مرزی درون لوله در حالت جریان توسعه یافته و بدست آوردن عدد ناسلت در شرایط مرزی دمای سطح ثابت، شار حرارتی سطح ثابت و حالتی که لوله توسط یک سیال دما ثابت احاطه شده است برای دو حالت عدد پراندل کوچک و بزرگ، جریان توسعه یافته در مجاری غیر دوار، حل معادلات لایه مرزی در حالت جریان توسعه نیافته حرارتی در ناحیه ورودی (حل گراتز Graetz)</p>	<p>هفتم، هشتم و نهم</p>
<p>انتقال حرارت جابجایی آزاد: انتقال حرارت جابجایی طبیعی و شرایط لازم برای ایجاد آن، معادلات حاکم و شرایط مرزی، اعداد بدون بعد گراشف، رایلی و بوزینسک، بررسی مفهوم فیزیکی و هندسی و میزان اهمیت هر یک به کمک آنالیز مقیاس، تفاوت شکل لایه مرزی در جابجایی اجباری و طبیعی، حل معادله جریان جابجایی طبیعی روی صفحه تخت عمودی با شرط دمای سطح ثابت به کمک روش تشابهی و روش انتگرالی، انتقال حرارت جابجایی طبیعی با رقیق شدن هوا، انتقال حرارت مخلوط جابجایی طبیعی و اجباری</p>	<p>دهم، یازدهم و دوازدهم</p>
<p>گذر جریان لامینار به جریان مغشوش: روابط تجربی گذر به حالت توربولان، قوانین مقیاس در حالت گذر، کمانش جریان غیر ویسکوز، معیار عدد رینولدز موضعی برای گذر، گذر در حالت انتقال حرارت جابجایی روی دیواره عمودی</p>	<p>سیزدهم</p>



<p>چهاردهم و پانزدهم</p> <p>انتقال حرارت جابجایی در جریان لایه مرزی مغشوش: ساختار مقیاس بزرگ، معادلات متوسط زمانی توربولان، معادلات لایه مرزی، مدل طول مخلوط شونده، توزیع سرعت، اصطکاک دیواره در لایه مرزی توربولان، انتقال حرارت در جریان لایه مرزی توربولان، تئوری انتقال حرارت در جریان لایه مرزی توربولان، انتقال حرارت کنوکسیون آزاد روی دیواره عمودی</p>
<p>شانزدهم</p> <p>انتقال حرارت با تغییر فاز: جوشش استخری و رژیمهای مختلف آن، جوشش جریان، تقطیر لامینار و توربولان فیلمی، تقطیر قطره ای</p>

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
٪۲۰	ندارد	٪۵۰	ندارد	٪۳۰

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی:

1. Bejan, Adrian. Convection Heat Transfer. John wiley & sons (2013).
2. Jiji, Latif M. Heat Convection. Springer Science & Business Media (2009).
3. Kays, William Morrow. Convective Heat And Mass Transfer. McGraw-Hill Education (2012).



سرفصل درس: سمینار و روش تحقیق					
درس پیش نیاز: ندارد	تعداد واحد نظری:	پایه		تعداد واحد: ۲	عنوان درس به فارسی: سمینار و روش تحقیق
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری:	الزامی	نوع واحد	تعداد ساعت ۳۲	عنوان درس به انگلیسی: Research Methodology and Seminar
	تعداد واحد عملی:				
	تعداد واحد نظری: ۲:	اختیاری	تخصصی		
	تعداد واحد عملی:				
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input checked="" type="checkbox"/>					
سال ارائه درس: سال اول به بعد					

اهداف درس:

کسب آشنایی با روش‌های تحقیق و تهیه گزارش و ارائه علمی و فنی، جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی، کسب آمادگی لازم جهت انجام همکاری علمی و ارزیابی فعالیت‌های پژوهشی.



سرفصل درس:

سرفصل	هفته
مقدمه: اصول روش تحقیق، مدیریت تحقیق؛ برنامه‌ریزی پژوهشی و تهیه نمودار گانت	اول
معرفی پایگاه‌های اطلاعات علمی: روش‌های جستجو و استخراج اطلاعات- اصول کلی استفاده از سامانه‌های پردازش موازی جهت انجام محاسبات و استفاده از نرم‌افزارهای تحلیلی؛ تهیه جاب اسکریپت (Job Script)	دوم
اصول تهیه مقالات علمی و پایان‌نامه	سوم
اخلاق در پژوهش؛ حق نسخه‌برداری؛ سرقت ادبی؛ ثبت اختراع	چهارم
اصول ارایه علمی و تهیه پیشنهاد پروژه و پژوهش (پروپوزال)	پنجم
آشنایی با سیستم عامل لینوکس؛ آشنایی با نرم‌افزارهای متن‌باز	ششم
استفاده از نرم‌افزار لاتک (Latex) در تهیه متون علمی؛ آشنایی مقدماتی با امکانات نرم‌افزار و نحوه اجرای آن-مقدمه‌ای بر تهیه مدارک صنعتی	هفتم
معرفی مفاهیم اقتصاد مهندسی؛ آشنایی با روش تهیه ارزیابی هزینه پروژه و طرح تحقیقاتی	هشتم
جلسه بررسی پیشرفت سمینار با استاد راهنما	نهم
جلسه بررسی پیشرفت سمینار با استاد راهنما	دهم



جلسه بررسی پیشرفت سمینار با استاد راهنما	یازدهم
جلسه بررسی پیشرفت سمینار با استاد راهنما	دوازدهم
جلسه بررسی پیشرفت سمینار با استاد راهنما	سیزدهم
جلسه بررسی پیشرفت سمینار با استاد راهنما	چهاردهم
جلسه بررسی پیشرفت سمینار با استاد راهنما	پانزدهم
جلسه بررسی پیشرفت سمینار با استاد راهنما	شانزدهم

ارزشیابی:

پروژه	آزمون‌های نهایی		میان ترم	ارزشیابی مستمر
	عملکردی	نوشتاری		
%۵۰	%۵۰	اختیاری	اختیاری	اختیاری

ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

منابع اصلی

1. Deb, Dipankar, Rajeeb Dey, and Valentina E. Balas. Engineering Research Methodology. Reino Unido: Springer (2019).
2. Novikov, Alexander M., and Dmitry A. Novikov. Research Methodology: From Philosophy of Science to Research Design. CRC Press (2013).
3. Thomas, C. George. Research Methodology and Scientific Writing. Thrissur: Springer (2021).

