جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای گسترش و برنامه ریزی آموزش عالی

برنامه درسی رشته

مهندسی شیمی

Chemical Engineering

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته

گرایش

پدیده‌های انتقال | Transition Phenomena

گروه فنی و مهندسی

پیشنهادی دانشگاه صنعتی اصفهان

باسمه تعالی

نام رشته: مهندسی شیمی | **عنوان گرایش: پدیده‌های انتقال**

گروه: فنی و مهندسی | **دوره تحصیلی: کارشناسی ارشد ناپیوسته**

کارگروه تخصصی: مهندسی شیمی | **نوع مصوبه: بازنگری**

پیشنهادی: دانشگاه صنعتی اصفهان | **تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۳/۰۹**

برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته مهندسی شیمی گرایش پدیده‌های انتقال، در جلسه شماره ۱۵۷ تاریخ ۱۴۰۰/۰۳/۰۹ کمیسیون برنامه‌ریزی آموزشی به شرح زیر تصویب شد:

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

ماده دو – این برنامه درسی، جایگزین برنامه درسی رشته مهندسی شیمی گرایش پدیده‌های انتقال مصوب جلسه ۴۲ تاریخ ۱۳۹۴/۰۵/۱۱ کمیسیون برنامه‌ریزی آموزشی می‌شود.

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

ماده چهار- این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن، در صورت تشخیص کارگروه تخصصی مربوطه، نیاز به بازنگری دارد.

دکتر محمدرضا آهنچیان
دبیر کمیسیون برنامه‌ریزی آموزشی

جدول تغییرات

ردیف	در برنامه قبلی	در برنامه بازنگری شده
۱.	از درس‌های انتقال حرارت پیشرفته، مکانیک سیالات پیشرفته و انتقال جرم پیشرفته تنها یک درس الزامی بود.	هر سه درس انتقال حرارت پیشرفته، مکانیک سیالات پیشرفته و انتقال جرم پیشرفته الزامی است.
۲.	از دو درس ریاضیات پیشرفته و روش‌های عددی پیشرفته تنها یک درس الزامی بود.	درس روش‌های عددی پیشرفته الزامی است.
۳.		لیست درس‌های تخصصی اختیاری/انتخابی به روز رسانی شده و سرفصل درس‌های قبلی به روز رسانی شد.

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

الف) مقدمه

مهندسان شیمی (CHEMICAL ENGINEERING) در گستره وسیعی از توسعه دانش نقش‌آفرینی می‌کنند که از روش‌های بهینه طراحی و بهره برداری فرایندهای بزرگ مقیاس نظیر تولید مواد شیمیایی، دارویی، روان کننده‌ها، پلیمرها و مواد نفتی تا جداسازی سلولی در ریز مقیاس و تولید ذرات نانو و استفاده از نانو سیال‌ها را شامل می‌شود. برای توسعه دانش در زمینه‌های مختلف درک دقیق از نظریه‌های حاکم برپدیده‌های انتقال در مقیاس‌های مختلف ضروری است. دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی – گرایش پدیده‌های انتقال شامل آموزش نظریه‌های نوین انتقال مومنتوم، انتقال گرما و انتقال جرم و کاربرد این نظریه‌ها در انجام یک پروژه تحت عنوان پایان‌نامه است.

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

با توجه به گسترش فعالیتهای دانش بنیان مهندسان شیمی در زمینه های نوظهور بازنگری برنامه درسی و توسعه مهارتهای جدید برای دانشجویان رشته مهندسی شیمی لازم است. از این رو بازنگری رشته مهندسی شیمی – پدیده های انتقال در مقطع کارشناسی ارشد انجام شد.

هدف از این دوره تربیت متخصصان آشنا با مبانی نظری و کاربردهای نوظهور در مهندسی شیمی است.

پ) ضرورت و اهمیت

برخورداری کشور از منابع گسترده نفت و گاز و سیاست ملی مبنی بر ایجاد ارزش افزوده و عدم خام فروشی و همچنین زمینه های نوظهور برای توسعه دانش و ایجاد ثروت مبتنی بر دانش بازنگری برنامه درسی را ضروری می سازد. دانش آموختگان این رشته توانایی استفاده از دانش آموخته شده در زمینه های کاربردی دانش بنیان نظیر میکروفلوییدیک و فرآیند تراشه مقیاس را خواهند داشت.

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی

جدول (۱)- توزیع واحدها

نوع دروس	تعداد واحد
دروس عمومی	-
دروس پایه	-
دروس تخصصی الزامی	۱۲
دروس تخصصی اختیاری	۱۵
رساله / پایان‌نامه	۵
جمع	۳۲

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

(مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌هایی که دانشجو پس از اتمام دوره تحصیل خود، به دست خواهد آورد را در جدول زیر بنویسید و دروس مرتبط با هر مهارت، شایستگی یا توانمندی را در مقابل آن درج نمایید. در برشمردن شایستگی‌های مورد انتظار برنامه به حیطه‌های مختلف دانش، توانش و نگرش توجه شود)

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط
تحلیل پدیده ها	کلیه درس ها
توسعه دانش	کلیه درس ها
تحلیل و رفع مشکلات صنعت	کلیه درس ها
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

دانش آموختگان کارشناسی مهندسی شیمی، مهندسی پلیمر، مهندسی مکانیک و مهندسی نفت (با اخذ درس‌های جبرانی)

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول (۱)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی

نام گرایش	ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
				نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
پدیده های انتقال	۱.	مکانیک سیالات پیشرفته	۳	۳	۰		۴۸	۰	
	۲.	انتقال حرارت پیشرفته	۳	۳	۰		۴۸	۰	
	۳.	انتقال جرم پیشرفته	۳	۳	۰		۴۸	۰	
	۴.	روشهای عددی پیشرفته	۳	۳	۰		۴۸	۰	
			۱۲						

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

جدول (۲)- عنوان و مشخصات کلی دروس اختیاری

نام گرایش	ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	نوع واحد			تعداد ساعات		پیش نیاز / هم نیاز
				نظری	عملی	نظری - عملی	نظری	عملی	
پدیده های انتقال	۱.	انتقال حرارت و جرم جابجایی پیشرفته	۳	۳	۰		۴۸	۰	مکانیک سیالات پیشرفته
	۲.	دینامیک سیالات محاسباتی(CFD)	۳	۳	۰		۴۸	۰	روش های عددی پیشرفته
	۳.	پدیده های انتقال در مقیاس میکرو و نانو	۳	۳	۰		۴۸	۰	مکانیک سیالات پیشرفته
	۴.	پدیده های انتقال در سامانه های زنده	۳	۳	۰		۴۸	۰	
	۵.	جریان های دوفازی	۳	۳	۰		۴۸	۰	
	۶.	لایه های مرزی	۳	۳	۰		۴۸	۰	مکانیک سیالات پیشرفته
	۷.	انتقال حرارت دو فازی	۳	۳	۰		۴۸	۰	
	۸.	طرح رآکتور پیشرفته	۳	۳	۰		۴۸	۰	
	۹.	ریولوژی پیشرفته و سیالات غیر نیوتنی	۳	۳	۰		۴۸	۰	
	۱۰.	تلاطم در سیالات	۳	۳	۰		۴۸	۰	
			۳۰						

*انتخاب ۱۵ واحد درسی از جدول دروس اختیاری

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

طرح بازنگری ۱۰۰۰ برنامه درسی

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

عنوان درس به فارسی:	مکانیک سیالات پیشرفته		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Fluid Mechanics		پایه ☐	نظری ☑
دروس پیش‌نیاز:	-		تخصصی اجباری ☑	عملی ☐
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد واحد:	۳		رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۴۸			

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

هدف کلی: آموزش مبانی نظری مکانیک سیالات

اهداف ویژه: آشنایی با معادلات حاکم بر حرکت سیالات و دسته بندی روشهای آنالیز جریان سیال (جریان ایده آل، جریان ویسکوز، لایه مرزی)

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- قوانین بقا (پیوستگی، حرکت)
- تنش های سطحی، قوانین وضعی و قانون ویسوزیته نیوتن
- کاربرد قوانین بقا برای حجم کنترل، موازنه های ماکروسکوپیک
- آنالیز دیفرانسیلی جریان ویسکوز، توزیع سرعت و افت فشار در جریان آرام (بین دو صفحه تخت، فیلم ریزان، لوله، کانالهای با مقاطع مختلف، بین دو استوانه در راستای محور، بین دو استوانه در حال چرخش، مساله اول استوکس، مساله دوم استوکس، جریان سکون، جریان در گوشه همگرا و واگرا)
- سینماتیک جریان (تعاریف خط جریان streamline ، خط مسیر pathline، خط رگه streakline ، لوله جریان stream tube)، لوله ورتکس vortex tube، ورتیسیتی vorticity و چرخش circulation، قضیه کلوین، معادله برنولی

جریان پتانسیل دو بعدی، تابع پتانسیل، تابع جریان، مرور برهم نهی و المانهای جریان پتانسیل در صفحه (جریان یکنواخت، منبع، چاه، ورتکس، دابلت)، جریان پتانسیل روی استوانه بدون چرخش و با چرخش، محاسبه نیروی بالابر و توزیع فشار

- مرور المانها ی جریان ایده آل سه بعدی، توزیع سرعت روی دماغه و کره
- معرفی لایه مرزی و آنالیز بزرگی مرتبه پرانتل، معادلات لایه مرزی، حل بلازیوس روی صفحه تخت، حل انتگرال برای صفحه تخت
- معرفی اغتشاش turbulence، معادلات متوسط رینولدز، تنش رینولدز، تئوری طول اختلاط، توزیع سرعت یونیورسال

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

تقویت مهارت حل مساله، استفاده از فیلمهای جریان در هندسه های مختلف

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

تکلیف	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۳۰ درصد
پروژه درسی	۱۵ درصد
آزمون ترم	۴۵ درصد

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

امکانات سمعی و بصری

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- R. Byron Bird, Warren E. Stewart, Edwin N. Lightfoot, Transport phenomena, ۲nd ed., ۲۰۰۶, Wiley.
- I.G. Currie, Fundamental mechanics of fluids, ٤th ed. ۲۰۱۳, CRC press.
- Frank M. White, Fluid Mechanics, ۷th ed., ۲۰۱۱, McGraw-Hill

طرح بازنگری ۱۰۰۰ برنامه درسی

عنوان درس به فارسی:	انتقال حرارت پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Heat Transfer	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ☑
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی اجباری ☑	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: آشنایی با مبانی نظری انتقال گرمای هدایت

اهداف ویژه: تحلیل مسایل هدایت و روشهای حل

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مرور قانون فوریه برای محیطهای هموژن و آیزوتروپیک
- معادله گرما (Heat equation) در مختصات کارتزین، استوانه ای و کروی، شرایط مرزی
- تعریف پره و معادلات حاکم بر پره ها، راندمان و کارآیی پره ها، راندمان مجموعه پره ها، مقاومت پره، پره های با مقطع متغیر، کاربرد معادلات بسل
- انتقال گرمای هدایتی دو بعدی و سه بعدی پایا در هندسه های کارتزین، استوانه ای و کروی، جداسازی متغیرها توابع متعامد در دامنه حل بسل و لژاندر، مسایل مقدار مرزی در راستای شعاع، زاویه
- انتقال گرمای هدایتی انتقالی (ناپایا)، روش جداسازی متغیرها، تخمین هایسلر، هدایت انتقالی دو و سه بعدی
- انتقال گرمای هدایتی ناپایا در اجسام نیمه متناهی
- پاسخ انتقال گرمای پایدار به شرط مرزی نوسانی، استفاده از تابع موهومی
- تئوری Duhamel برای شرط مرزی تابع زمان و کاربرد آن در حل مسایل هدایت

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

تقویت مهارت فرمولاسیون و حل مسایل انتقال حرارت هدایتی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

تکلیف	۱۰ درصد
آزمون میان ترم	۳۰ درصد
پروژه درسی	۱۵ درصد
آزمون ترم	۴۵ درصد

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

امکانات سمعی و بصری

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- David W. Hahn and M. Necati Özisik, Heat conduction, ۳rd ed. ۲۰۱۲, John Wiley & Sons Inc.
- Vedat S. Arpaci, Conduction Heat Transfer, ۱۹۶۶, Addison-Wesley.
- H. S. Carslaw and J. C. Jaeger, Conduction of Heat in Solids, ۲nd ed., ۲۰۰۰, Oxford University Press.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه‌ریزی و اعتباربخشی

عنوان درس به فارسی:	انتقال جرم پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Mass Transfer		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		پایه ☐ نظری ☑
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی اجباری ☑ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ☐ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی:

آشنایی با پدیده های نفوذ مولکولی و انتقال جرم جابجایی و کاربرد آن در تحلیل فرآیندها و تجهیزات انتقال جرم

اهداف ویژه:

روش تحلیل واکنشهای شیمیایی هتروژن و هموژن به همراه انتقال جرم

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- بررسی نفوذ مولکولی و سرعتها در مقیاس مولکولی، ارتباط با تئوری پیوستگی جرم
- بررسی نفوذ پایا و ناپایا در هندسه های دیواره تخت، استوانه و کره
- تعریف ضرایب انتقال جرم، ضریب انتقال جرم در نرخ بالا
- مدل های انتقال جرم، نفوذ عمقی، نوشوندگی سطح، فیلم، ترکیبی فیلم-نفوذ عمقی
- توزیع غلظت در جریان آرام: فیلم مایع روی سطح شیب دار، زمان تماس کوتاه و بلند و تغییر در معادلات، ضریب انتقال جرم روی سطح آزاد مایع و مرز جامد، توسعه یافتگی غلظتی، توزیع غلظت درون لوله مدور، ضریب انتقال جرم برای جریان داخل کانال، توزیع غلظت در لایه مرزی روی صفحه تخت در جابجایی اجباری، توزیع غلظت در لایه مرزی جابجایی آزاد روی صفحه قائم
- انتقال جرم در جریان متلاطم : تعریف پارامترهای دیواره، توزیع سرعت یونیورسال جریان مغشوش، تشابه انتقال - جرم با انتقال مومنتوم بافرض هسته متلاطم، زیر لایه آرام، لایه بافر، زیر لایه چرخانه ساز، تشابه انتقال جرم و - - حرارت، تشابه چیلتون و کولبرن، اهمیت و کاربردهای آن
- بررسی اثر انتقال جرم بر ضریب اصطکاک و انتقال حرارت
- طراحی تجهیزات تماس مداوم انتقال جرم (برج جداره مرطوب، آکنده، خنک کن، ...)

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

تدریس مستقیم و تعاملی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

آزمون میان ترم	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد
پروژه درسی	۲۰ درصد
تکلیف	۱۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- A.H.P. Skelland, Diffusional Mass Transfer, ۲nd ed., Krieger Pub Co., ۱۹۸۵.
- R.B. Bird, W.E. Stewart and E.N. Lightfoot, Transport Phenomena, ۲nd ed. Wiley, ۲۰۰۱.

شورای عالی برنامه ریزی و تحقیقات دانشگاهی

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

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

هدف کلی: آشنایی با روشهای عددی برای حل معادلات جبری و دیفرانسیل عادی و جزیی

اهداف ویژه: آشنایی با کاربردهای روشهای عددی در مثالهای مهندسی شیمی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- تخمین مقادیر گسسته(جدول تفاضل متناهی، روش نیوتن، روش گاوس، روش لاگرانژ، روش اسپلاین، برازش)
- مشتق گیری عددی
- انتگرال گیری عددی با استفاده از توابع تخمین (ذوزنقه ای، سیمپسون، سیمپسون سه هشتم، روش های گاوس)
- حل تک معادله غیر خطی (روش نصف کردن، جایگزینی مستقیم، نابجایی، وتری، نیوتن)
- مرور ماتریس و دترمینان و حل دستگاه معادلات خطی (روش مستقیم و تکرار) ماتریس سه قطری
- حل دستگاه معادلات غیر خطی (خطی سازی معادلات، روش نیوتن، روشهای تکرار)
- حل معادلات دیفرانسیل معمولی (اویلر، رانگ کوتا، چند قدمی، مسایل مقدار آغازین، مسایل مقادیر مرزی، روش شوتینگ، روش تفاضل متناهی)
- حل دستگاه معادلات دیفرانسیل معمولی
- حل معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزیی(گسسته سازی، روش صریح، روش ضمنی، روش کرنک-نیکلسون، روش جهت تناوبی، آنالیز پایداری)

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

تدریس مستقیم، انجام پروژه تیمی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

آزمون میانی	۳۰ درصد
تکالیف	۱۰ درصد
پروژه درسی	۲۰ درصد
آزمون پایانی	۴۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- Carnahan, B., Luther, H.A., and Wilkes, J.O.,Applied Numerical Methods, John Wiley, ۱۹۶۹.
- Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., Flannery, B.P., Nmerical Recipes, The Art of Scientific Computing. ۳rd ed., Cambridge University Press, ۲۰۰۷.
- Heath, M. T. Scientific Computing. ۲nd ed., SIAM, ۲۰۱۸.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه‌ریزی و اعتباربخشی

عنوان درس به فارسی:	انتقال حرارت و جرم جابجایی پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Convective heat and mass transfer		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	Advanced Fluid Mechanics مکانیک سیالات پیشرفته		☑ نظری ☐ پایه
دروس هم‌نیاز:	-		☐ عملی ☐ تخصصی اجباری
تعداد واحد:	۳		☐ نظری-عملی ☑ تخصصی اختیاری
تعداد ساعت:	۴۸		☐ رساله / پایان‌نامه

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

هدف کلی: آشنایی با مکانیسم انتقال حرارت و جرم جابجایی

اهداف ویژه: تقویت مهارت تحلیل مساله های انتقال حرارت و جرم جابجایی و رفع مشکلات تجهیزات فرآیندی انتقال جرم و حرارت

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- تعاریف، اهمیت انتقال حرارت و جرم جابجایی
- مرور قوانین بقا (جرم، مومنتوم، انرژی، جزء)
- جریانهای آرام بیرونی، لایه های مرزی سرعت، دما و غلظت
- حل انتگرال، حل تشابهی لایه های مرزی
- لایه های مرزی روی گوشه، جریان سکون، مکش و دمش در لایه مرزی، اثر انتقال جرم روی انتقال حرارت و مومنتوم
- جریانهای داخلی، طول ورودی و توسعه یافتگی
- تخمین ضرایب انتقال جرم و انتقال حرارت در کانالها
- جابجایی آزاد بیرونی، حل انتگرال و تشابهی مومنتوم، حرارت و جرم
- انتقال حرارت و جرم جابجایی مخلوط روی هندسه های مختلف
- لایه مرزی مغشوش، معادلات متوسط گیری شده زمانی، مدل طول اختلاط
- توزیع سرعت یونیورسال و تشابه انتقال حرارت و جرم و مومنتوم

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

تدریس مستقیم و تعاملی از طریق پروژه درسی تیمی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

آزمون میانی	۳۰ درصد
تکلیف	۱۰ درصد
پروژه گروهی	۲۰ درصد
آزمون پایانی	۴۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- Bejan A, Convection Heat Transfer, ۳rd ed., John Wiley, ۲۰۰٤.
- Kays W, Crawford M, Weigand B, Convective Heat and Mass Transfer, ٤th ed., McGraw Hill International, ۲۰۰٥.

عنوان درس به فارسی:	دینامیک سیالات محاسباتی		
عنوان درس به انگلیسی:	Computational Fluid Dynamics (CFD)		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	روشهای عددی پیشرفته		پایه ☐ نظری ☑
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ☑ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی:

آشنایی با مبانی دینامیک سیالات محاسباتی

اهداف ویژه:

کاربرد روش حجم محدود برای حل معادلات دیفرانسیل جزیی، حل عددی معادلات حرکت سیال برای هندسه‌های ساده، بهبود توانایی برنامه نویسی دانشجویان

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه (آشنایی با مفهوم CFD، کاربردهای CFD، آشنایی با بخش‌های مختلف یک کد CFD)
- قوانین بقاء (معادله پایستگی جرم، معادله پایستگی مومنتوم خطی، معادله پایستگی انرژی)
- آشنایی با روش حجم محدود
- کاربرد روش حجم محدود برای مسائل نفوذ پایا
- کاربرد روش حجم محدود برای مسائل نفوذ ناپایا (روش صریح، روش غیرصریح، روش Crank-Nicholson)
- کاربرد روش حجم محدود برای مسائل نفوذ-جابجایی پایا (روش QUICK)
- کاربرد روش حجم محدود برای مسائل نفوذ-جابجایی ناپایا (روش upwind، روش hybrid، روش power law)
- الگوریتم‌های کوپل کردن معادله پیوستگی و مومنتوم (روش‌های SIMPLE، SIMPLEC، PISO و coupled)
- حل عددی معادلات نویر-استوکس
- مدل‌سازی جریان‌های متلاطم (روش RANS: مدل‌های standard $k-\varepsilon$، RNG $k-\varepsilon$، realizable $k-\varepsilon$، standard $k-\omega$، SST $k-\omega$)
- ایجاد شبکه و هندسه‌های پیچیده

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

تدریس به صورت ترکیبی از پاورپوینت و تخته می‌تواند برای این درس مفید باشد. معادلات پیچیده و طولانی به صورت پاور پوینت ارائه شوند و مطالب ساده‌تر بر روی تخته تدریس شوند.

پروژه از طریق کد نویسی با یکی از روش‌های برنامه نویسی مانند C++ یا Fortran انجام شود. پروژه می‌توان به صورت گروه‌های ۲ نفره انجام شود.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۷۰ درصد (میان ترم: ۳۰ درصد، پروژه: ۴۰ درصد)
آزمون پایان نیم‌سال	۳۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method, H. Versteeg and W. Malalasekra, ۲nd Edition, Pearson, ۲۰۰۷.
- Computational Fluid Dynamics, A Practical Approach, J. Tu, G. Yeo, and C. Liu, ۳rd Edition, B-H, ۲۰۱۸.
- Computational Methods for Fluid Dynamics, J.H. Fereziger and M. Peric, ۳rd Edittion, Springer ۲۰۰۲.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه‌ریزی و اعتباربخشی

عنوان درس به فارسی:	پدیده های انتقال در مقیاس میکرو و نانو		
عنوان درس به انگلیسی:	Micro and Nanoscale Transport Phenomena		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	مکانیک سیالات پیشرفته		پایه ☐ نظری☑
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری☑ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی:

آشنایی با اصول پدیده های انتقال و مبانی آنها در حوزه ریزمقیاسها (میکرو و نانوفناوری)

اهداف ویژه:

در این درس تشابه و تفاوتهای پدیده های انتقال شامل انتقال ممنتوم، انتقال جرم و انتقال حرارت در سیستمهای متداول و سیستمهای میکرو و نانو بررسی شده و مفاهیمی نظیر ترموفورسیس، میکرو سیالی (Microfluidics)و نانوسیال (Nanofluids) که به عنوان سیستمهای جدید انتقال حرارت جرم و پدیده های سطحی هستند آموزش داده خواهد شد.

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

-اصول و مفاهیم اولیه بقای ممنتوم، انرژی و جرم، آنالیز ابعادی

-لایه های مرزی ممنتوم، حرارتی و جرم

- مدل سازی پدیده های نانو

- بررسی انتقال سیال در ریز مجراها (میکروکانالها)

-بررسی انتقال حرارت در ریز مجراها (میکروکانالها)

-مدل سازی حرکات نانوذرات در سیال در محیطهای متخلخل و غیر متخلخل، بررسی پدیده های ترموفورسیس و دیفیوزو فورسیس

- بررسی انتقال جرم همراه با واکنش در سامانه های میکرو و نانو

- نانوسیال، مفاهیم اساسی و ویژگی های حرارتی و ترمو فیزیکی نانوسیال(انتقال جرم در نانوسیال، ثابت هدایت حرارتی نانوسیال، انتقال حرارت جابجایی آزاد و اجباری در نانوسیالها، جوشش نانوسیال، تاثیر اعمال میدانهای خارجی (میدان الکتریکی و مغناطیسی) بر جریان نانوسیال)

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

ترکیبی از روشهای سخنرانی مستقیم برای بخش های ابتدایی و بررسی پدیده های انتقال در سیستمهای کلاسیک، تعاملی برای بخش پدیده های انتقال در سیستم های نوین و نانومقیاس، گروهی برای بخش فعالیتهای کلاسی و تحقیق روی مفاهیم نوین

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال (تحقیق روی مفاهیم نوین) ۲۰-۳۰ درصد

آزمون میانی نیم سال ۲۰-۳۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰-۶۰ درصد

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

اسناد و کتب و تجهیزات متداول آموزشی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

R. Byron Bird, Warren E. Stewart, Edwin N. Lightfoot, Transport Phenomena, ۲nd Edition, John Wiley& Soncs Inc., ۲۰۰۶.

Sarit K. Das, Stephen U. S. Choi, Wenhua Yu, T. Pradeep, Nanofluids: Science and Technology, ۱st Edition, Wiley, ۲۰۰۷.

B. I. Kharisov, O.V. Kharissova, U.O.Mendez, CRC Concise Encyclopedia of Nanotechnology (Nanofluids: Basic Principles and Modern Aspects) ۱st Edition, CRC Press, ۲۰۱۶.

L. Gary Leal, Advanced Transport Phenomena, ۱st Edition, Cambridge University Press, ۲۰۱۲.

J. Sousa, J. Ventura, A. Pereira, Transport Phenomena in Micro- and Nanoscale Functional Materials and Devices, ۱st Edition, Elsevier, ۲۰۲۱.

عنوان درس به فارسی:	پدیده های انتقال در سامانه های زنده		
عنوان درس به انگلیسی:	Transport phenomena in living systems	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ☑
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری☑	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی: آشنایی با پدیده های انتقال در سامانه های زنده و کاربرد های نوین در پزشکی

اهداف ویژه:

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه (مقیاس های گوناگون بررسی پدیده های انتقال ، معرفی مختصات اولری و لاگرانژی در به دست آوردن معادلات تغییر ، قضیه انتقال رینولدز)
- معادلات بقا (معادلهٔ پیوستگی ، معادلهٔ مونتوم ، معادلهٔ انرژی)
- نفوذ در مایعات و الکترولیتها
- هوادهی و اختلاط
- اکسیژن رسانی در بیوراکتورها (تشکیل و توزیع حباب ها ، رژیم های جریان)
- ضریب انتقال جرم در بیوراکتورها
- روش های اندازه گیری شدت جذب اکسیژن
- افزایش مقیاس بیوراکتورها
- انتقال گرما در بیوراکتورها و سامانه های زنده

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: سخنرانی، تدریس مستقیم

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

E.N. Lightfoot, Transport phenomena and living systems, Wiley, ۱۹۷٤.
G.Truskey, F.Yuan, D Katz, Transport phenomena in biological systems, ۲nd ed., Pearson publishing, ۲۰۰۸.

طرح بازنگری ۱۰۰۰ برنامه درسی

عنوان درس به فارسی:	جریان های دوفازی		
عنوان درس به انگلیسی:	Two-Phase Flows		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		پایه ☐ نظری ☑
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ☑ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: آشنایی با جریانهای دو فازی و طراحی سامانه های انتقال آنها

اهداف ویژه: آشنایی با جریانهای دو فاز پر کاربرد در مهندسی شیمی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمات ، تعاریف و مفاهیم
- الگوهای جریان
- جریانهای همگن یک بعدی پایا
- جریانهای مجزای یک بعدی پایا
- خفگی و سرعت جریان بحرانی
- مدل رانش شار (Drift Flux Model)
- کاربرد مدل رانش شار برای جریانهای حبابی و لخته ای
- روشهای اندازه گیری در جریانهای دو فازی
- جریانهای دو فازی و تغییر فاز

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف: سخنرانی، پروژه درسی، سمینار

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۳۰ درصد
پروژه	۳۰ درصد
آزمون پایان نیم‌سال	۴۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

C. Kleinstreuer, Two-phase flow:Theory and applications, Taylor & Francis Books Inc., ۲۰۰۳
G.B. Wallis, One-dimensional two-phase flow, Dover Publications, ۲۰۲۰

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی و آموزشی
طرح بازنگری ۱۰۰۰ برنامه درسی

عنوان درس به فارسی:	لایه های مرزی		
عنوان درس به انگلیسی:	Boundary layers	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	مکانیک سیالات پیشرفته	پایه ☐	نظری ☑
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ☑	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با تئوری و کاربرد تقریب لایه های مرزی برای پدیده های انتقال مومنتوم، حرارت و جرم آشنا خواهند شد.

اهداف ویژه:

مرور شباهتهای لایه های مرزی سرعت، دما و جرم

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- معادلات دیفرانسیل حاکم بر پدیده های انتقال
- تقریب پرانتل و پیامدهای ساده سازی معادلات
- حل بلازیوس برای صفحه تخت
- حل فالکنر و اسکن
- روش انتگرال برای صفحه تخت، روش فون-کارمن
- توزیع دما و غلظت در لایه مرزی
- ضرایب انتقال حرارت و انتقال جرم
- تاثیر انتقال جرم بر انتقال حرارت و ضریب اصطکاک
- لایه مرزی جابجایی طبیعی برای مومنتوم، حرارت و جرم
- مرور روش انتگرال برای حل معادلات لایه های مرزی توربولانت

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

ارایه مستقیم درس، سخنرانی، تعامل آموزشی با دانشجویان

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

آزمون میان ترم	۳۰ درصد
پروژه درسی	۲۰ درصد
آزمون پایانی	۴۰ درصد
تکلیف	۱۰ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- H. Schlichting, K. Gersten, Boundary Layer Theory, ۹th ed. Springer, ۲۰۱۷.
- R.B. Bird, W.E. Stewart and E.N. Lightfoot, Transport Phenomena, ۲nd ed. Wiley, ۲۰۰۱.
- I.G. Currie, Fundamental Mechanics of Fluids, ٤th ed., CRC press, ۲۰۱۲.

طرح بازنگری ۱۰۰۰ برنامه درسی

عنوان درس به فارسی:	انتقال حرارت دوفازی		
عنوان درس به انگلیسی:	Two-phase heat transfer		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		پایه ☐ نظری ☑
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ☑ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی: آشنایی با روشهای انتقال گرما همراه با تغییر فاز

اهداف ویژه: تحلیل و طراحی سامانه های انتقال گرمای همراه با تغییر فاز، جوش آور و چگالنده

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

– منحنی جوشش، جوشش استخری

- روابط همبسته جوشش استخری
- چگالش قطره ای و فیلمی
- جوشش جریانی
- چگالش جریانی
- شار گرمایی بحرانی و خشک شدگی سطح جوشش
- تقویت جوشش و چگالش
- تقویت شار گرمایی بحرانی

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

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- S.G.Kandlikar, Handbook of phase change:Boiling and condensation, Rutledge, ۲۰۱۹.
- J.G.Collier, J.R.Thome, Convective boiling and condensation, Clarendon press, ۱۹۹۶.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی و آموزشی

طرح بازنگری ۱۰۰۰ برنامه درسی

عنوان درس به فارسی:	طرح راکتور پیشرفته		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Reactor Design	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ☑
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☑	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی:

آموزش مبانی سینتیک شیمیایی و طرح راکتور، توسعه معادلات و حل آن ها برای راکتورهای دارای شرایط متفاوت

اهداف ویژه:

آشنایی با رآکتورهای مختلف مورد استفاده در صنعت و چالش های عملیاتی

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مروری بر سینتیک واکنش ها و طراحی راکتورهای تک فاز
- اثرات دما و فشار در راکتورها : وابستگی سرعت واکنش به دما ، درجه حرارت بهینه برای راکتورهای هم دما ، اثرات فشار
- مدل های توزیع زمان اقامت در راکتورها ، راکتورهای غیر ایده آل
- تئوری های انتقال جرم در سامانه های چند فازی
- سینتیک واکنش های چند فازی
- بررسی واکنش های چند فازی در راکتورهای ایده آل و واقعی
- طرح راکتورهای ناهمگن : کاتالیزورهای ناهمگن
- ضرایب تیل (Thiele) و تأثیر عامل مؤثر (Effectiveness) در کاتالیزورهای جامد با اشکال هندسی مختلف
- انتقال حرارت و جرم در کاتالیزورهای جامد متخلخل ، طراحی راکتورها کاتالیزوری

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

سخنرانی، سمینار دانشجویی، پروژه

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

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

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, ۳rd ed., Wiley, ۱۹۹۸.
- J. M Smith, Chemical Engineering Kinetics, ۳rd ed., McGraw Hill, ۱۹۸۱
- H.S. Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, ٦th ed., Pearson, ۲۰۲۰.

عنوان درس به فارسی:	رئولوژی پیشرفته و سیالات غیرنیوتنی		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Rheology and nom-Newtonian Fluids		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		پایه ☐ نظری ☑
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		خصصی اختیاری☑ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

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

هدف کلی:

آشنایی با مفاهیم رئولوژی و تاثیر ان در فرایندهاو پدیده های مختلف

اهداف ویژه:

آشنایی با معادلات موجود برای بیان رفتار سیال غیر نیوتنی، بررسی روش های مختلف ویسکومتری و اندازه گیری ویسکوزیته و خواص رئولوژیکی سیالات غیر نیوتنی، آشنای با جریانهای برشی و کششی در سیالات مختلف

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه ای بر رئولوژی و تعریف سیال غیر نیوتنی
-بررسی انواع مدلهای موجود برای سیالات غیرنیوتنی
-بررسی سیالات غیرنیوتنی مستقل از زمان
-بررسی سیالات غیر نیوتنی وابسته به زمان
- بررسی سیالات ویسکو الاستیک
-ویسکوالاستیک خطی و غیر خطی
-بررسی جریان سیالات غیر نیوتنی در جریان آرام داخل لوله های دایره ای شکل
-بررسی جریان سیالات غیر نیوتنی در جریان آرام داخل کانالهایی با سطح مقطع غیر دایره ای
- رئومترهای موئینه (Capillary Rheometer)، بدست آوردن معادلات حاکم، نحوه کاهش خطاها
- رئومترهای چرخشی (Rotary Rheometer) رئومتری استوانه ای، صفحه و مخروط و ... بدست آوردن معادلات حاکم و نحوه کاهش خطاها
- رئومترهای حرکتی (Moving Body) استوانه و کره سقوط کننده، حباب صعود کننده

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

ترکیبی از روشهای سخنرانی مستقیم برای بخش های کلاسیک مکانیک سیالات غیرنیوتنی و رئومتری و گروهی برای بخش فعالیتهای کلاسی

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال (تحقیق روی مفاهیم نوین) ۲۰-۳۰ درصد

آزمون میانی نیم سال ۲۰-۳۰ درصد

آزمون پایان نیم‌سال ۵۰-۶۰ درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه: اسناد و کتب و تجهیزات متداول آموزشی

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- R. Byron Bird, Warren E. Stewart, Edwin N. Lightfoot, Transport Phenomena, ۲nd Edition, John Wiley& Soncs Inc ۲۰۰۶.
- A. Y. Malkin, A.I. Isayev, Rheology: Concepts, Methods, and Applications, ۱st Edition, Elsevier ۲۰۱۲.
- Ch.W. Macosko, Rheology: Principles, Measurements, and Applications, ۱st Edition, Wiley, ۱۹۹٤.
- F. Irgens, Rheology and Non-Newtonian Fluids, ۱st Edition, Springer, ۲۰۱٤.

طرح بازنگری ۱۰۰۰ برنامه درسی

عنوان درس به فارسی:	تلاطم در سیالات		
عنوان درس به انگلیسی:	Turbulence in Fluids	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ☑
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☑	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۳	رساله / پایان‌نامه ☐	

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

هدف کلی:

آشنایی با مفهوم و روش‌های شبیه‌سازی جریان متلاطم

اهداف ویژه:

آشنایی با مفهوم فیزیکی تلاطم، آشنایی با مدل‌های جریان متلاطم، شبیه‌سازی جریان‌های متلاطم

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه (معرفی مفهوم تلاطم، معرفی جریان‌های متلاطم موجود در طبیعت و صنعت)
- قوانین بقاء (معادله پایستگی جرم، معادله پایستگی مومنتوم خطی)
- ویژگی‌های جریان متلاطم
- مقیاس‌های جریان متلاطم
- روش‌های تجربی مطالعه جریان متلاطم (سرعت سنج سیم داغ، سرعت سنج لیزر داپلر، سرعت سنج تصویر ذرات)
- روش‌های آماری مطالعه جریان متلاطم
- روش‌های عددی مطالعه جریان متلاطم (روش DNS، روش LES، روش RANS)
- مدل‌های متداول روش RANS (مدل‌های Standard $k-\varepsilon$، RNG $k-\varepsilon$، Realizable $k-\varepsilon$، Standard $k-\omega$، SST $k-\omega$)
- مدل‌های متداول روش LES (مدل‌های Eddy-viscosity، Similarity، Velocity reconstruction)
- جریان لایه مرزی متلاطم
- جریان‌های برشی آزاد متلاطم (دنباله، جت، لایه‌های برشی)

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

تدریس به صورت ترکیبی از پاورپوینت و تخته می‌تواند برای این درس مفید باشد. معادلات پیچیده و طولانی به صورت پاور پوینت ارائه شوند. و مطالب ساده‌تر بر روی تخته تدریس شوند.

پروژه از طریق یکی از نرم‌افزارهای تجاری CFD مانند فلوئنت یا اپن‌فوم انجام شود.

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال	۵۰ درصد (تکلیف: ۱۰ درصد، پروژه: ۴۰ درصد)
آزمون پایان نیم‌سال	۵۰٪ درصد

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

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

- Turbulent Flows, S. B. Pope, Cambridge University Press, ۲۰۰۰.
- Turbulence modeling for CFD, D. C. Wilcox, ۳rd Edition, D C W Industries, ۲۰۰۶.
- A First Course in Turbulence, H. Tennekes and J. L. Lumley, MIT Press, ۱۹۷۲.