



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

## برنامه درسی

### مقطع تحصیلات تکمیلی

(کارشناسی ارشد و دکتری)

### مهندسی شیمی

گروه فنی و مهندسی

نسخه بازنگری مورخ ۴۲ مورخ ۹۴/۵/۱۱ کمیسیون برنامه ریزی آموزش عالی

مصوب جلسه شماره ۷۱۹ مورخ ۸۸/۲/۲۶، مصوب جلسه شماره ۳۵۸ مورخ ۷۷/۳/۱۰، مصوب

جلسه ۲۵۷ مورخ ۷۲/۲/۱۹ و دکتری مهندسی شیمی مصوب جلسه ۳۴۳ مورخ ۷۶/۴/۸



## فهرست مطالب

۲	مشخصات کلی دوره تحصیلات تکمیلی
۲	فصل اول: برنامه و عناوین رشته‌های مهندسی شیمی
۳	۱-۱- دوره کارشناسی ارشد
۳	۱-۱-۱- دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی (۱۱ گرایش)
۳	تعریف و هدف
۳	اهمیت و اولویت تأسیس دوره
۳	ارتباط دوره با سایر دوره‌ها
۳	شرایط پذیرش دانشجو
۴	طول دوره و برنامه آموزشی و تحقیقی
۴	نحوه اخذ واحدهای درسی در دوره کارشناسی ارشد
۵	نحوه کدگذاری
۵	دروس الزامی
۶	دروس اختیاری
۶	۱- گرایش پدیده‌های انتقال
۷	۲- گرایش پلیمر
۸	۳- گرایش ترموسینتیک و کاتالیست
۹	۴- گرایش صنایع غذایی
۱۰	۵- گرایش صنایع شیمیایی معدنی
۱۱	۶- گرایش طراحی فرایند
۱۲	۷- گرایش فرایندهای جداسازی
۱۳	۸- گرایش فرآوری و انتقال گاز
۱۴	۹- گرایش محیط زیست
۱۵	۱۰- گرایش مدل‌سازی، شبیه‌سازی و کنترل
۱۶	۱۱- گرایش نانو فناوری
۱۷	۱-۲- دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی بیوتکنولوژی
۱۷	مقدمه
۱۷	تعریف و اهداف
۱۸	مدرك کارشناسی داوطلبان



۱۹.....	دروس جبرانی.....
۲۰.....	دروس الزامی.....
۲۱.....	دروس اختیاری.....
۲۱.....	سمینار.....
۲۱.....	پایان نامه.....
۲۲.....	۳-۱-۱ دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی-زیست پزشکی.....
۲۲.....	مقدمه.....
۲۳.....	تعریف و اهداف دوره.....
۲۳.....	آزمون ورودی.....
۲۳.....	مدرك کارشناسی داوطلبان.....
۲۴.....	دروس جبرانی.....
۲۴.....	دروس الزامی.....
۲۵.....	دروس اختیاری.....
۲۵.....	سمینار.....
۲۵.....	پایان نامه.....
۲۶.....	۴-۱-۱ دوره کارشناسی ارشد مهندسی انرژی.....
۲۶.....	تعریف و هدف.....
۲۶.....	اهمیت و اولویت تأسیس دوره.....
۲۷.....	نقش و توانایی.....
۲۸.....	ارتباط دوره با سایر دوره‌های کارشناسی ارشد.....
۲۸.....	شرایط پذیرش دانشجو.....
۲۹.....	طول دوره و برنامه آموزشی و تحقیقی.....
۲۹.....	سمینار.....
۳۰.....	پایان نامه.....
۳۰.....	دروس جبرانی.....
۳۱.....	دروس الزامی.....
۳۲.....	دروس اختیاری.....
۳۳.....	۲-۱ دوره دکتری.....
۳۳.....	۱-۲-۱ دوره دکتری مهندسی شیمی.....
۳۳.....	تعریف و هدف.....
۳۳.....	نقش و توانایی.....



۳۳.....	شرایط پذیرش دانشجو.....
۳۴.....	طول دوره و شکل نظام.....
۳۴.....	مرحله آموزشی.....
۳۴.....	ارزیابی جامع آموزشی و تحقیقی.....
۳۴.....	مرحله تدوین رساله.....
۳۵.....	دروس الزامی.....
۳۷.....	دروس اختیاری.....
۳۸.....	۱-۲-۲- دوره دکتری مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی.....
۳۸.....	تعریف و هدف.....
۳۸.....	نقش و توانایی.....
۳۸.....	شرایط پذیرش دانشجو.....
۳۹.....	طول دوره و شکل نظام.....
۳۹.....	مرحله آموزشی.....
۳۹.....	ارزیابی جامع آموزشی و تحقیقی.....
۴۰.....	مرحله تدوین رساله.....
۴۱.....	دروس الزامی.....
۴۱.....	دروس اختیاری.....

## ۴۲..... فصل دوم: سرفصل دروس.....

۴۳.....	۱-۲- سرفصل دروس رشته مهندسی شیمی.....
۴۳.....	ترمودینامیک پیشرفته CHE۴۰۱۰۱.....
۴۵.....	طراحی راکتور پیشرفته CHE۴۰۱۰۲.....
۴۷.....	ریاضیات مهندسی پیشرفته CHE۴۰۱۰۳.....
۴۹.....	محاسبات عددی پیشرفته CHE۴۰۱۰۴.....
۵۱.....	مکانیک سیالات پیشرفته CHE۴۰۱۰۵.....
۵۳.....	انتقال حرارت پیشرفته CHE۴۰۱۰۶.....
۵۵.....	انتقال جرم پیشرفته CHE۴۰۱۰۷.....
۵۷.....	پدیده‌های انتقال در محیط‌های متخلخل CHE۴۰۲۰۱.....
۵۸.....	انتقال جرم چند جزئی CHE۴۰۲۰۲.....
۵۹.....	مدل سازی و مشابه سازی CHE۴۰۲۰۳.....
۶۰.....	بهینه سازی CHE۴۰۲۰۴.....





۶۲.....	شیمی-فیزیک پیشرفته پلیمرها CHE۴۰۳۰۱.....
۶۴.....	رئولوژی پیشرفته پلیمرها CHE۴۰۳۰۲.....
۶۸.....	مهندسی فرایندهای پلیمریزاسیون CHE۴۰۳۰۳.....
۷۱.....	ساختار و خواص فیزیکی و مکانیکی پلیمرها CHE۴۰۳۰۴.....
۷۳.....	فرایندهای شکل دهی پلیمرها CHE۴۰۳۰۵.....
۷۶.....	طراحی و تکنولوژی قطعات لاستیکی CHE۴۰۳۰۶.....
۷۹.....	پلاستیک‌های تقویت شده با الیاف (کامپوزیت) CHE۴۰۳۰۷.....
۸۱.....	پدیده‌های انتقال در سامانه‌های پلیمری CHE۴۰۳۰۸.....
۸۳.....	هویت شناسی پیشرفته پلیمرها CHE۴۰۳۰۹.....
۶۶.....	خواص مهندسی پلیمرها CHE۴۰۳۱۰.....
۸۷.....	ترمودینامیک محلول‌های الکترولیت CHE۴۰۴۰۱.....
۸۹.....	مدل سازی ترمودینامیکی سامانه‌های خاص CHE۴۰۴۰۲.....
۹۱.....	ترمودینامک آماری CHE۴۰۴۰۳.....
۹۱.....	ترمودینامیک محلول‌های غیر ایده‌آل CHE۴۰۴۰۴.....
۹۲.....	پدیده‌های انتقال در صنایع غذایی CHE۴۰۵۰۱.....
۹۳.....	طراحی عملیات فرایندهای صنایع غذایی CHE۴۰۵۰۲.....
۹۵.....	رئولوژی مواد غذایی CHE۴۰۵۰۳.....
۹۷.....	فرایندهای پیشرفته مواد غذایی CHE۴۰۵۰۴.....
۹۸.....	بیوتکنولوژی غذایی CHE۴۰۵۰۵.....
۹۹.....	میکروبیولوژی صنعتی و فرایندهای تخمیر CHE۴۰۵۰۶.....
۱۰۰.....	بسته بندی مواد غذایی CHE۴۰۵۰۷.....
۱۰۱.....	افزودنی‌ها، آلاینده‌ها و سموم مواد غذایی CHE۴۰۵۰۸.....
۱۰۳.....	آمار در فرایندهای مهندسی شیمی CHE۴۰۵۰۹.....
۱۰۴.....	تصفیه آب و فاضلاب صنایع غذایی CHE۴۰۵۱۰.....
۱۰۵.....	جداسازی پیشرفته در صنایع غذایی CHE۴۰۵۱۱.....
۱۰۶.....	فناوری آنزیم‌ها CHE۴۰۵۱۲.....
۱۰۷.....	مدل سازی و شبیه‌سازی در صنایع غذایی CHE۴۰۵۱۳.....
۱۰۸.....	اندازه‌گیری و ابزارهای دقیق در صنایع غذایی CHE۴۰۵۱۴.....
۱۰۹.....	روش‌های پیشرفته نگهداری مواد غذایی CHE۴۰۵۱۵.....
۱۱۰.....	آزمایشگاه تکمیلی فرایندهای غذایی CHE۴۰۵۱۶.....
۱۱۱.....	طراحی ماشین آلات صنایع غذایی CHE۴۰۵۱۷.....



۱۱۱.....	روش‌های شناسایی و آنالیز مواد معدنی CHE۴۰۶۰۱
۱۱۳.....	طراحی آزمایش‌ها و آمار کاربردی CHE۴۰۶۰۲
۱۱۵.....	فناوری چسباندن‌های معدنی CHE۴۰۶۰۳
۱۱۷.....	فناوری صنایع شیمیایی معدنی CHE۴۰۶۰۴
۱۱۹.....	گرمایش و سرمایش در صنایع شیمیایی معدنی CHE۴۰۶۰۵
۱۲۱.....	نانو مواد معدنی CHE۴۰۶۰۶
۱۲۳.....	طراحی تجهیزات فرآیندی CHE۴۰۷۰۱
۱۲۵.....	طراحی پایه و تفصیلی فرآیندهای شیمیایی CHE۴۰۷۰۲
۱۲۷.....	بازافت انرژی در فرآیندهای شیمیایی CHE۴۰۷۰۳
۱۲۹.....	آنالیز اکسرژی فرآیندهای شیمیایی CHE۴۰۷۰۴
۱۲۹.....	بهینه‌سازی CHE۴۰۷۰۵
۱۳۳.....	افزایش مقیاس در فرآیندهای شیمیایی CHE۴۰۷۰۶
۱۳۵.....	مدل‌سازی و شبیه‌سازی فرآیندهای شیمیایی CHE۴۰۷۰۷
۱۳۷.....	ایمنی در صنایع شیمیایی CHE۴۰۷۰۸
۱۳۹.....	استانداردسازی CHE۴۰۷۰۹
۱۴۱.....	کارآفرینی CHE۴۰۷۱۰
۱۴۵.....	پدیده‌های خشک کردن CHE۴۰۸۰۱
۱۴۸.....	فرآیندهای جذب سطحی پیشرفته CHE۴۰۸۰۲
۱۵۱.....	غشاهای و فرآیندهای غشایی CHE۴۰۸۰۳
۱۵۳.....	پدیده‌های سطحی CHE۴۰۸۰۴
۱۵۵.....	تبلورسازی صنعتی CHE۴۰۸۰۵
۱۶۰.....	طراحی و شبیه‌سازی فرآیندها صنعت گاز CHE۴۰۹۰۱
۱۶۲.....	عملیات فرآوری، انتقال و توزیع CHE۴۰۹۰۲
۱۶۴.....	دینامیک گازها CHE۴۰۹۰۳
۱۶۶.....	هیدرات‌های گازی CHE۴۰۹۰۴
۱۶۸.....	کنترل آلودگی هوا CHE۴۱۰۰۱
۱۷۰.....	مدیریت پسماندهای جامد CHE۴۱۰۰۲
۱۷۱.....	بیوتکنولوژی زیست محیطی CHE۴۱۰۰۳
۱۷۲.....	تصفیه آب و فاضلاب CHE۴۱۰۰۴
۱۷۴.....	کاربرد هوش مصنوعی در مهندسی شیمی CHE۴۱۱۰۱
۱۷۶.....	کنترل غیر خطی فرآیندهای شیمیایی CHE۴۱۱۰۲



۱۷۸.....	کنترل تطبیقی	ChE۴۱۱۰۳
۱۸۰.....	کنترل دیجیتال	ChE۴۱۱۰۴
۱۸۲.....	کنترل مدرن و بهینه	ChE۴۱۱۰۵
۱۸۴.....	پدیده‌های انتقال در نانو فناوری	ChE۴۱۲۰۱
۱۸۶.....	مکانیک کوانتوم	ChE۴۱۲۰۲
۱۸۷.....	ترمودینامیک آماری	ChE۴۱۲۰۳
۱۸۸.....	پدیده‌های سطحی در مقیاس نانو	ChE۴۱۲۰۴
۱۸۹.....	شیشه‌سازی مولکولی	ChE۴۱۲۰۵
۱۹۰.....	مقدمه ای بر نانو فناوری	ChE۴۱۲۰۶
۱۹۲.....	شیمی و فناوری نانو	ChE۴۱۲۰۷
۱۹۳.....	ساخت و کاربرد نانو	ChE۴۰۵۰۸
۱۹۴.....	روش‌های اندازه گیری در مقیاس نانو	ChE۴۱۲۰۹
۱۹۵.....	۲-۲- سرفصل دروس رشته مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی	
۱۹۵.....	آزمایشگاه میکروبیولوژی و بیوشیمی	ChEB۴۱۰۱
۱۹۷.....	میکروبیولوژی عمومی	ChEB۴۱۰۲
۱۹۹.....	بیوشیمی عمومی	ChEB۴۱۰۳
۲۰۱.....	مبانی ژنتیک مولکولی	ChEB۴۱۰۴
۲۰۳.....	مقدمه ای بر بیوتکنولوژی	ChEB۴۱۰۵
۲۰۵.....	پدیده‌های انتقال	ChEB۴۱۰۶
۲۰۷.....	موازنه انرژی و مواد	ChEB۴۱۰۷
۲۰۸.....	سینتیک و طراحی راکتور	ChEB۴۱۰۸
۲۱۰.....	پدیده‌های انتقال در سامانه‌های زیستی	ChEB۴۱۰۹
۲۱۲.....	سینتیک و طراحی بیوراکتور	ChEB۴۱۱۰
۲۱۳.....	بازیافت و جداسازی مواد زیستی	ChEB۴۱۱۱
۲۱۵.....	میکروبیولوژی صنعتی	ChEB۴۱۱۲
۲۱۷.....	ریاضیات مهندسی پیشرفته	ChEB۴۱۱۳
۲۱۹.....	آزمایشگاه بیوتکنولوژی	ChEB۴۱۱۴
۲۲۰.....	ترمودینامیک محلول‌های غیر ایده آل	ChEB۴۱۱۵
۲۲۱.....	طراحی آماری آزمایش‌ها	ChEB۴۱۱۶
۲۲۳.....	بیوتکنولوژی محیط زیست	ChEB۴۱۱۷
۲۲۵.....	مدل سازی و شبیه سازی فرایندهای زیستی	ChEB۴۱۱۸





۲۲۷.....	ChEB۴۱۱۹	آنزیم شناسی صنعتی
۲۲۹.....	ChEB۴۱۲۰	بیوتکنولوژی تجاری
۲۳۱.....	ChEB۴۱۲۱	بیوتکنولوژی غذایی
۲۳۳.....	ChEB۴۱۲۲	سوخت‌های زیستی
۲۳۶.....		۳-۲- سرفصل دروس رشته مهندسی شیمی-زیست‌پزشکی
۲۳۶.....	ChEBM۴۱۰۱	بیوشیمی عمومی
۲۳۸.....	ChEBM۴۱۰۲	فیزیولوژی و آناتومی عمومی
۲۴۰.....	ChEBM۴۱۰۳	ایمونولوژی عمومی
۲۴۲.....	ChEBM۴۱۰۴	مهندسی پلیمر
۲۴۴.....	ChEBM۴۱۰۵	ریاضیات مهندسی پیشرفته
۲۴۶.....	ChEBM۴۱۰۶	ترمودینامیک سامانه‌های زیستی
۲۴۹.....	ChEBM۴۱۰۷	پدیده‌های انتقال در سامانه‌های زیستی
۲۵۰.....	ChEBM۴۱۰۸	سامانه‌های رهاش کنترل شده دارو
۲۵۱.....	ChEBM۴۱۰۹	مهندسی بافت
۲۵۳.....	ChEBM۴۱۱۰	زیست موادها
۲۵۵.....	ChEBM۴۱۱۱	بیوراکتور
۲۵۷.....	ChEBM۴۱۱۲	طراحی آزمایش‌ها
۲۵۹.....	ChEBM۴۱۱۳	آزمایشگاه کشت بافت
۲۶۰.....	ChEBM۴۱۱۴	آزمایشگاه عمومی پلیمر
۲۶۱.....		۴-۲- سرفصل دروس رشته مهندسی انرژی
۲۶۱.....	ChEE۴۱۰۱	سینتیک و طراحی راکتورهای شیمیایی
۲۶۳.....	ChEE۴۱۰۲	انتقال جرم
۲۶۴.....	ChEE۴۱۰۳	اخلاق حرفه ای در مهندسی شیمی
۲۶۵.....	ChEE۴۱۰۴	طراحی مفهومی فرایندهای شیمیایی
۲۶۹.....	ChEE۴۱۰۶	مدل سازی و شبیه سازی فرایندهای شیمیایی
۲۷۱.....	ChEE۴۱۰۷	انتگراسیون گرما و نوان
۲۷۳.....	ChEE۴۱۰۸	تحلیل اکسرژی
۲۷۵.....	ChEE۴۱۰۹	بهینه سازی فرایندهای شیمیایی
۲۷۷.....	ChEE۴۱۱۰	سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته
۲۷۹.....	ChEE۴۱۱۱	شبکه‌های تبادل جرم
۲۸۱.....	ChEE۴۱۱۲	فناوری هیدروژن و بیل سوختی





۲۸۴.....	انرژی و محیط زیست ChEE۴۱۱۲
۲۸۶.....	پدیده‌های انتقال پیشرفته ChEE۴۱۱۳
۲۸۸.....	طراحی آزمایش‌ها و تحلیل آماری نتایج ChEE۴۱۱۵
۲۹۰.....	فناوری تولید زیست سوخت‌ها ChEE۴۱۱۶
۲۹۳.....	ممیزی انرژی در صنایع شیمیایی ChEE۴۱۱۷
۲۹۵.....	بازیافت انرژی در صنایع شیمیایی ChEE۴۱۱۸
۲۹۷.....	سوخت و احتراق ChEE۴۱۱۹
۲۹۹.....	مهندسی ایمنی و تحلیل ریسک ChEE۴۱۲۰



# مشخصات کلی دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی شیمی



## فصل اول

# برنامه و عناوین رشته‌های مهندسی شیمی



## ۱-۱- دوره کارشناسی ارشد

### ۱-۱-۱- دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی (۱۱ گرایش)

#### تعریف و هدف

تعریف: دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی مشتمل بر دروس نظری پیشرفته مهندسی شیمی و پایان نامه تحقیقی در یکی از گرایش‌ها و یا موضوعات مربوط به مهندسی شیمی می‌باشد.

هدف: هدف از ارائه این دوره تربیت طراحان و تحقیقگران صنایع شیمیایی، پتروشیمیایی و پالایشگاه‌ها و سایر صنایع مرتبط می‌باشد. در امتداد اهداف آموزشی تربیت مربیان آموزشی و تحقیقی مراکز آموزشی و تحقیقاتی را نیز در بر می‌گیرد. فراگیران در ضمن آشنایی با اصول مهندسی شیمی در سطح پیشرفته و با تحقیق در یکی از موضوعات مهندسی شیمی قادر خواهند بود پاسخگوی نیازهای صنایع و مراکز صنعتی و تحقیقاتی کشور در زمینه‌های متنوع و مختلف تحقیقاتی در رابطه با مهندسی شیمی باشند.

#### اهمیت و اولویت تاسیس دوره

کشور جمهوری اسلامی ایران دارای منابع سرشار نفت، گاز و مواد بوده و تبدیل این منابع به مواد مصرفی مستلزم تنوع قوی العاده و وسعت صنایع شیمیایی می‌باشد، صنایع شیمیایی شامل پالایشگاه‌های نفت و گاز، پتروشیمی، صنایع معدنی و صنایع پلاستیک سازی، صنایع غذایی و داروسازی، بیوتکنولوژی، مهندسی پزشکی، صنایع نظامی، محیط زیست و غیره از گستردگی زیادی برخوردار و نقش اساسی در اقتصاد کشور ایفا می‌نمایند. تربیت متخصصین کارشناسی ارشد مهندسی شیمی با عنایت به اینکه غالب این صنایع نیاز مبرمی به تحقیق و توسعه در جهت اخذ دانش فنی در زمینه‌های مربوط دارند از اولویت خاصی برخوردار است.

#### ارتباط دوره با سایر دوره‌ها

این دوره با طیف گسترده آموزشی و موضوعات تحقیقاتی مهندسی شیمی می‌تواند با دیگر دوره‌های کارشناسی ارشد فنی و مهندسی مرتبط باشد. به عنوان مثال می‌توان از رشته‌های مکانیک حرارت و سیالات و تبدیل انرژی و رشته مواد نام برد.

#### شرایط پذیرش دانشجو

الف: شرایط عمومی و مصوب شورای عالی برنامه ریزی

ب: جنسیت: زن و مرد

ج: رشته‌ها و دوره‌های کارشناسی مورد قبول:





تبصره: گروه مهندسی شیمی هر دانشگاه می‌تواند برای پذیرفته شدگان غیر از مهندسی شیمی با توجه به نیاز آن‌ها دروس پیش‌نیاز و جبرانی از دروس دوره کارشناسی مهندسی شیمی را پیش‌بینی نماید ولی تعداد کل آن‌ها نباید از ۱۲ واحد بیشتر شود.

### طول دوره و برنامه آموزشی و تحقیقی

طول دوره: مدت این دوره ۲ سال است. پذیرفته شدگان دارای درجه کارشناسی دوره‌های مهندسی شیمی می‌توانند در صورت دارا بودن فعالیت‌های مطلوب آموزشی در ۲ سال تحصیلی این دوره را به پایان رسانند.

### نحوه اخذ واحدهای درسی در دوره کارشناسی ارشد

تعداد کل واحدهای لازم برای گذراندن این مجموعه ۲۲-۲۹ واحد آموزشی و تحقیقی است. واحدهای آموزشی شامل ۱۲ واحد اجباری و ۱۲ واحد اختیاری است. تعداد واحدهای تحقیقی ۸ واحد می‌باشد که ۲ واحد آن سمینار، شامل مرور بر نشریات و تهیه پیشنهاد تحقیقی در ارتباط با موضوع پایان‌نامه است و ۶ واحد آن به پایان‌نامه اختصاص دارد.

نوع درس	تعداد واحد
دروس الزامی	۱۲
دروس اختیاری	۱۲
سمینار	۲
پایان‌نامه	۶
جمع	۳۲



## نحوه کدگذاری

کد اختصاص یافته به دروس مهندسی شیمی در دوره‌های مختلف به صورت یک کد چند حرفی و عددی است. حروف آغازین این کد، نوع رشته را مشخص می‌سازد. این حروف برای رشته مهندسی شیمی ChE، مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی ChEB، مهندسی شیمی-زیست‌پزشکی ChEBM و برای مهندسی انرژی ChEE انتخاب شده است. اولین رقم پس از این حروف نشانگر مقطع بوده و برای کارشناسی ارشد ۴ و برای دکتری ۵ گزینش شده است. عدد پس از شناسه مقطع تا انتهای کد، شناسه درس محسوب می‌شود. کد هر درس در جدول دروس و همچنین سرفصل مربوطه ذکر شده است.

## دروس الزامی

عناوین دروسی که کلیه دانشجویان در تمامی گرایش‌های مهندسی شیمی موظف به گذراندن آن‌ها می‌باشند به شرح جدول زیر است:

جدول دروس الزامی - کارشناسی ارشد مهندسی شیمی							
کد درس	عنوان درس	تعداد واحد	واحد نظری	واحد عملی	نوع واحد	نوع درس	تعداد ساعت
ChE40101	ترمودینامیک پیشرفته	۳	۳	-	نظری	اجباری	۴۸
ChE40102	طرح راکتور پیشرفته	۳	۳	-	نظری	اجباری	۴۸
ChE40103	* ریاضیات مهندسی پیشرفته	۳	۳	-	نظری	اجباری	۴۸
ChE40104	* محاسبات عددی پیشرفته						
ChE40105	** مکانیک سیالات پیشرفته	۳	۳	-	نظری	اجباری	۴۸
ChE40106	** انتقال حرارت پیشرفته						
ChE40107	** انتقال جرم پیشرفته						

\* درس ریاضی بنا به تشخیص گروه آموزشی اخذ می‌شود.  
 \*\* از این سه درس، بنا به تشخیص گروه حداقل یک درس انتخاب می‌شود و یک یا دو درس باقیمانده می‌تواند به عنوان دروس اختیاری در گرایش‌های متفاوت اخذ شود.



## دروس اختیاری

دانشکده های مهندسی شیمی می توانند بر حسب نیاز و تأیید کمیته تخصصی مهندسی شیمی شورای عالی برنامه ریزی درسی را به جدول دروس اختیاری هر گرایش اضافه کنند.

تبصره ۱- در صورت تأیید استاد راهنما و گروه مربوط، دانشجو می تواند حداکثر یک درس خود را از سایر گرایش های مهندسی شیمی یا سایر رشته های مرتبط اخذ نماید.

تبصره ۲- چنانچه گروه بخواهد هر یک از دروس اختیاری فاقد سرفصل در این برنامه را ارائه کند؛ لازم است سرفصل پیشنهادی خود را با توجه به استانداردهای این برنامه تهیه و پس از تأیید مراجع ذی صلاح دانشگاه برای تصویب به کمیته برنامه ریزی مهندسی شیمی وزارت متبوع ارسال نماید، بدیهی است سرفصل پیشنهادی پس از تصویب در کمیته قابل اجرا خواهد بود.

تبصره ۳- سرفصل درس مباحث ویژه با توجه به نیاز گرایش و موضوعات جدیدی در زمینه های مرتبط با گرایش تحصیلی توسط استاد مربوطه تهیه و پس از تصویب در گروه آموزشی دانشگاه برای حداکثر دو دوره قابل اجرا خواهد بود. پس از آن گروه آموزشی می بایست سرفصل درس را برای تصویب به کمیته برنامه ریزی مهندسی شیمی ارسال نماید تا عنوان درس و سرفصل آن به صورت درس اختیاری جدید در برنامه ثبت شود.

## ۱- گرایش پدیده های انتقال

جدول دروس اختیاری کارشناسی ارشد گرایش پدیده های انتقال

کد درس	عنوان درس
ChE۴۰۲۰۱	پدیده های انتقال در محیط های متخلخل
ChE۴۰۲۰۲	انتقال جرم چند جزئی
ChE۴۰۲۰۳	مدل سازی و شبیه سازی
ChE۴۰۲۰۴	بهینه سازی
ChE۴۰۲۰۵	دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)
ChE۴۰۶۰۲	طراحی آزمایش ها و تحلیل آماری نتایج
ChE۴۰۸۰۱	پدیده های خشک کردن
ChE۴۰۸۰۴	پدیده های سطحی



## ۲- گرایش پلیمر

جدول دروس اختیاری کارشناسی ارشد گرایش پلیمر

کد درس	عنوان درس
ChE۴۰۳۰۱	شیمی فیزیک پیشرفته پلیمرها
ChE۴۰۳۰۲	رئولوژی پیشرفته پلیمرها
ChE۴۰۳۰۳	خواص مهندسی پلیمرها
ChE۴۰۳۰۴	مهندسی فرایندهای پلیمرزاسیون
ChE۴۰۳۰۵	ساختار و خواص فیزیکی و مکانیکی پلیمرها
ChE۴۰۳۰۶	فرایندهای شکل دهی پلیمرها
ChE۴۰۳۰۷	طراحی و تکنولوژی قطعات لاستیکی
ChE۴۰۳۰۸	پلاستیک‌های تقویت شده با الیاف (کامپوزیت)
ChE۴۰۳۰۹	پدیده‌های انتقال در سامانه‌های پلیمری
ChE۴۰۳۱۰	هویت شناسی پیشرفته پلیمرها





### ۳- گرایش ترموسینتیک و کاتالیست

جدول دروس اختیاری کارشناسی ارشد گرایش ترموسینتیک و کاتالیست

کد درس	عنوان درس
ChE۴۰۴۰۱	ترمودینامیک محلول‌های الکترولیت
ChE۴۰۴۰۲	مدل‌سازی ترمودینامیکی سامانه‌های خاص
ChE۴۰۴۰۳	ترمودینامک آماری
ChE۴۰۴۰۴	مهندسی احتراق پیشرفته
ChE۴۰۴۰۵	کاتالیست‌های غیرهمگن
ChE۴۰۴۰۶	طراحی راکتورهای چند فازی غیر کاتالیستی
ChE۴۰۴۰۷	طراحی و تحلیل راکتورهای بستریال
ChE۴۰۴۰۸	پیش بینی خواص ترمودینامیکی سیالات
ChE۴۰۴۰۹	طراحی راکتورهای کاتالیستی
ChE۴۰۸۰۴	پدیده های سطحی



## ۴- گرایش صنایع غذایی

جدول دروس اختیاری کارشناسی ارشد گرایش صنایع غذایی

عنوان درس	کد درس
پدیده‌های انتقال در صنایع غذایی	ChE۴۰۵۰۱
طراحی عملیات فرایندهای صنایع غذایی	ChE۴۰۵۰۲
رئولوژی مواد غذایی	ChE۴۰۵۰۳
فرایندهای پیشرفته مواد غذایی	ChE۴۰۵۰۴
بیوتکنولوژی غذایی	ChE۴۰۵۰۵
میکروبیولوژی صنعتی و فرایندهای تخمیر	ChE۴۰۵۰۶
بسته بندی مواد غذایی	ChE۴۰۵۰۷
افزودنی‌ها، آلاینده‌ها و سموم در مواد غذایی	ChE۴۰۵۰۸
طراحی ماشین آلات صنایع غذایی	ChE۴۰۵۰۹
تصفیه آب و فاضلاب صنایع غذایی	ChE۴۰۵۱۰
جداسازی پیشرفته در صنایع غذایی	ChE۴۰۵۱۱
فناوری انزیم‌ها	ChE۴۰۵۱۲
مدل‌سازی و شبیه‌سازی در صنایع غذایی	ChE۴۰۵۱۳
اندازه‌گیری و ابزار دقیق در صنایع غذایی	ChE۴۰۵۱۴
روش‌های پیشرفته نگهداری مواد غذایی	ChE۴۰۵۱۵
آزمایشگاه تکمیلی فرایندهای غذایی	ChE۴۰۵۱۶
طراحی آزمایش‌ها و تحلیل آماری نتایج	ChE۴۰۶۰۲



## ۵- گرایش صنایع شیمیایی معدنی

جدول دروس اختیاری کارشناسی ارشد گرایش صنایع شیمیایی معدنی

کد درس	عنوان درس
ChE۴۰۶۰۱	روش‌های شناسایی و آنالیز مواد معدنی
ChE۴۰۶۰۲	طراحی آزمایش‌ها و تحلیل آماری نتایج
ChE۴۰۶۰۳	فناوری چسباننده‌های معدنی
ChE۴۰۶۰۴	فناوری صنایع شیمیایی معدنی
ChE۴۰۶۰۵	گرمایش و سرمایش در صنایع شیمیایی معدنی
ChE۴۰۶۰۶	نانو مواد معدنی



## ۶- گرایش طراحی فرایند

جدول دروس اختیاری کارشناسی ارشد گرایش طراحی فرایند

عنوان درس	کد درس
طراحی تجهیزات فرآیندی	ChE۴۰۷۰۱
طراحی پایه و تفصیلی فرایندهای شیمیایی	ChE۴۰۷۰۲
بازیافت انرژی در فرایندهای شیمیایی	ChE۴۰۷۰۳
آنالیز اکسرژی فرایندهای شیمیایی	ChE۴۰۷۰۴
بهینه‌سازی	ChE۴۰۷۰۵
افزایش مقیاس در فرایندهای شیمیایی	ChE۴۰۷۰۶
مدل‌سازی و شبیه‌سازی فرایندهای شیمیایی	ChE۴۰۷۰۷
ایمنی در صنایع شیمیایی	ChE۴۰۷۰۸
استاندارد سازی	ChE۴۰۷۰۹
کارآفرینی	ChE۴۰۷۱۰
یکپارچه سازی فرایند	ChE۴۰۷۱۱
انرژی‌های پایدار	ChE۴۰۷۱۲
کاهش ضایعات فرآیندی	ChE۴۰۷۱۳
طراحی به کمک کامپیوتر	ChE۴۰۷۱۴
دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)	ChE۴۰۷۱۵
طراحی آزمایش‌ها و تحلیل آماری نتایج	ChE۴۰۶۰۲





## ۷- گرایش فرایندهای جداسازی

جدول دروس اختیاری کارشناسی ارشد گرایش فرایندهای جداسازی

کد درس	عنوان درس
ChE۴۰۸۰۱	پدیده‌های خشک کردن
ChE۴۰۸۰۲	فرایندهای جذب سطحی پیشرفته
ChE۴۰۸۰۳	غشاها و فرایندهای غشایی
ChE۴۰۸۰۴	پدیده‌های سطحی
ChE۴۰۸۰۵	تبلورسازی صنعتی
ChE۴۰۸۰۶	جداسازی چندجزئی
ChE۴۰۸۰۷	استخراج فوق بحرانی
ChE۴۰۶۰۲	طراحی آزمایش‌ها و تحلیل آماری نتایج



## ۸- گرایش فرآوری و انتقال گاز

جدول دروس اختیاری کارشناسی ارشد گرایش فرآوری و انتقال گاز

عنوان درس	کد درس
طراحی و شبیه‌سازی فرایندهای صنعت گاز	ChE۴۰۹۰۱
عملیات فرآوری، انتقال و توزیع	ChE۴۰۹۰۲
دینامیک گاز	ChE۴۰۹۰۳
هیدرات‌های گازی	ChE۴۰۹۰۴



## ۹- گرایش محیط زیست

جدول دروس اختیاری کارشناسی ارشد گرایش محیط زیست

عنوان درس	کد درس
کنترل آلودگی هوا	ChE41001
مدیریت پسماندهای جامد	ChE41002
زیست فناوری زیست محیطی	ChE41003
تصفیه آب و فاضلاب	ChE41004



## ۱۰- گرایش مدل سازی، شبیه سازی و کنترل

جدول دروس اختیاری کارشناسی ارشد گرایش مدل سازی، شبیه سازی و کنترل

کد درس	درس
ChE۴۱۱۰۱	کاربرد هوش مصنوعی در مهندسی شیمی
ChE۴۱۱۰۲	کنترل غیر خطی فرایندهای شیمیایی
ChE۴۱۱۰۳	کنترل تطبیقی
ChE۴۱۱۰۴	کنترل دیجیتال
ChE۴۱۱۰۵	کنترل پیشرفته و بهینه
ChE۴۰۷۰۵	بهینه سازی فرایندها
ChE۴۰۷۰۷	مدل سازی و شبیه سازی فرایندها
ChE۴۰۷۱۵	دینامیک سیالات محاسباتی CFD





## ۱۱- گرایش نانوفناوری

جدول دروس اختیاری کارشناسی ارشد گرایش نانوفناوری

عنوان درس	کد درس
پدیده‌های انتقال در نانوفناوری	ChE۴۱۲۰۱
مکانیک کوانتومی	ChE۴۱۲۰۲
ترمودینامیک آماری	ChE۴۱۲۰۳
پدیده‌های سطحی در مقیاس نانو	ChE۴۱۲۰۴
شبه‌سازی مولکولی	ChE۴۱۲۰۵
مقدمه ای بر نانوفناوری	ChE۴۱۲۰۶
شیمی و نانوفناوری	ChE۴۱۲۰۷
ساخت و کاربرد نانومواد	ChE۴۱۲۰۸
روش‌های اندازه‌گیری در مقیاس نانو	ChE۴۱۲۰۹
نانوزیست‌فناوری	ChE۴۱۲۱۰



## ۱-۲- دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی

### مقدمه

هر چند عبارت زیست فناوری (بیوتکنولوژی) برای اولین بار در سال ۱۹۱۹ از سوی یک مهندس کشاورزی مجارستانی پیشنهاد شد، لیکن مهندسی زیست فرایند به مفهوم واقعی، از سال ۱۹۴۷ همزمان با تولید صنعتی پنی سیلین به روش تخمیر غوطه ور توسط شرکت مرک و نیوبرانسویک شروع شد. سپس این توسعه در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ با سیری صعودی ادامه یافت. به ویژه در دهه ۶۰ همزمان با صنعتی شدن تولید پروتئین تک یاخته (SCP)، طراحی و ساخت بیوراکتورهای بسیار عظیم آغاز شد. توسعه مهندسی زیست فرایند در طی این سال‌ها به تولید صنعتی تعداد قابل توجهی از فرآورده‌های تخمیری صنعتی منجر شد. اغلب دستاوردهای مهندسی زیست فرایندها نیز در طی دهه‌های ۵۰ تا ۷۰ حاصل شد. در اوایل دهه ۷۰ و با تکیه بر دستاوردهای دانشمندان در دو دهه قبل از آن، اولین انتقال موفقیت آمیز ژن از یک موجود زنده به موجود زنده دیگر در سال ۱۹۷۳ در آمریکا روی داد. این امر به ظهور زیست فناوری توین منجر شد. به دنبال این موفقیت‌های حیرت انگیز دانشمندان زیست شناسی، توسعه بی حد و حصر زیست فناوری در تمامی ابعاد آغاز شد. فرآورده‌های زیستی جدید، در حجم و تنوع قابل توجهی در سطح آزمایشگاه‌ها با موفقیت تولید شد. از جمله نکات بسیار با اهمیت در این مرحله تولید اقتصادی این فرآورده‌ها است که با توسعه زیست فرایندها، اعم از فرایندهای پیش از تخمیر، تخمیر و پس از تخمیر و یا کشت سلولی عملی شده است. به گونه‌ای که تحول همه جانبه و تازه‌های علمی جدید در این رشته را به صورت هفتگی و ماهیانه شاهد هستیم.

در ایران نیز زیست فناوری در طی دهه‌های ۶۰ و ۷۰ شمسی شروع و پایه گذاری شد و برای اولین بار رشته مهندسی شیمی - بیوتکنولوژی در اوایل دهه ۷۰ شمسی در دانشکده فنی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس تاسیس شده است.



### تعریف و اهداف

مهندسی شیمی با گرایش بیوتکنولوژی از جمله زمینه‌های مهم بیوتکنولوژی است، که به کاربرد عملی ریزاندامگان‌ها، سامانه‌ها، آنزیم‌ها و فرایندهای زیستی برای ارائه خدمات به صنایع تولیدی مربوط است و اصول این رشته در برگزیده پدیده‌های انتقال در سامانه‌های زیستی، واکنش‌های زیستی، فناوری‌های آنزیمی و میکروبی، جداسازی فرآورده‌های میکروبی و سلول‌های حیوانی، رفع آلودگی‌های زیست محیطی، مهندسی سوخت و ساز و سایر مباحث جدید مانند مهندسی بافت و انتقال ژن در بیوتکنولوژی است. این رشته می‌تواند در تولید بسیاری از محصولات تجاری با ارزش افزوده بالا، نقش کلیدی ایفا کند. تحولات در زمینه زیست شناسی مولکولی فرصت‌های زیادی را برای بشر به وجود آورده است. بهره‌برداری از این فرصت‌ها به منظور تولید انبوه و اقتصادی، نیازمند مهندسی شیمی آموزش دیده در زمینه بیوتکنولوژی است. هدف از این دوره، تربیت مهندسی است که چنین توانایی تخصصی را داشته باشند. فارغ التحصیلان این رشته می‌توانند در وزارتخانه‌ها، مراکز تحقیقاتی و صنایع مرتبط با زمینه‌های سنتی و یا پیشرفته بیوتکنولوژی (شامل صنایع دارویی، شیمیایی و غیره)

مشغول به کار می‌شوند. با توجه به تصویب سند ملی بیوتکنولوژی کشور و توجه ویژه مسئولین، لازم است به تعداد کافی از این متخصصین در کنار متخصصین علوم زیستی محض برای بهینه سازی فرایندهای موجود، ایجاد صنایع تولید محصولات سنتی و گسترش کاربردهای صنعتی بیوتکنولوژی جدید تربیت شوند. هم اکنون در کشور صنایع مختلفی شامل غذایی، تولید انرژی، استخراج معادن، محیط زیست، کشاورزی و غیره به وجود این متخصصین شدیداً نیازمند هستند.

### مواد امتحانی آزمون ورودی

میکروبیولوژی و بیوشیمی عمومی

زبان عمومی و تخصصی

انتقال جرم و عملیات واحد

مکانیک سیالات و انتقال حرارت

ترمودینامیک

ریاضیات مهندسی

\* ضرایب کلیه مواد امتحانی یکسان است.

### مدرك کارشناسی داوطلبان

داوطلبان با مدرک کارشناسی مهندسی شیمی و سایر رشته‌هایی که مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری مجاز می‌دانند، می‌توانند در آزمون ورودی شرکت کنند.



## دروس جبرانی\*

### جدول دروس جبرانی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی

نوع درس	پیش نیاز/اهمیت‌یاز	ساعات ارائه	تعداد واحد	عنوان درس	کد درس
عملی	میکروبیولوژی عمومی و بیوشیمی عمومی	۳۲	۱	آزمایشگاه میکروبیولوژی و بیوشیمی	ChEB4101
نظری	-	۱۶	۱	میکروبیولوژی عمومی	ChEB4102
نظری	-	۲۲	۲	بیوشیمی عمومی	ChEB4103
نظری	-	۲۲	۲	مبانی ژنتیک مولکولی	ChEB4104
نظری	-	۲۲	۲	مقدمه ای بر بیوتکنولوژی	ChEB4105
نظری	-	۲۲	۲	پدیده‌های انتقال	ChEB4106
نظری	-	۲۲	۲	موازنه انرژی و مواد	ChEB4107
نظری	-	۲۲	۲	سببیتیک و طراحی راکتور	ChEB4108
			۱۴	مجموع	

\*دروس جبرانی با توجه به نظر گروه آموزشی تا سقف ۶ واحد اخذ می‌شود.





## دروس الزامی

جدول دروس الزامی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی

کد درس	عنوان درس	تعداد واحد	ساعات ارائه	پیش‌نیاز/اهم‌نیاز	نوع درس
ChEB4109	پدیده‌های انتقال در سامانه‌های زیستی	۳	۴۸	-	نظری
ChEB4110	سینتیک و طراحی بیوراکتور	۳	۴۸	-	نظری
ChEB4111	بازیافت و جداسازی مواد زیستی	۳	۴۸	بیوشیمی عمومی	نظری
ChEB4112	میکروبیولوژی صنعتی	۳	۴۸	میکروبیولوژی عمومی	نظری
ChEB4113	ریاضیات مهندسی پیشرفته	۳	۴۸	-	نظری
ChEB4114	آزمایشگاه بیوتکنولوژی	۱	۳۲	-	عملی
مجموع		۱۶			



## دروس اختیاری

### جدول دروس اختیاری کارشناسی ارشد مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی

کد درس	عنوان درس	تعداد واحد	ساعات ارائه	پیش‌نیاز/اهمیت‌یاز	نوع درس
ChEB4115	ترمودینامیک محلول‌های غیر ایده آل	۳	۴۸	-	نظری
ChEB4116	طراحی آماری آزمایش‌ها	۳	۴۸	-	نظری
ChEB4117	بیوتکنولوژی محیط زیست	۳	۴۸	-	نظری
ChEB4118	مدل‌سازی و شبیه‌سازی فرایندهای زیستی	۳	۴۸	-	نظری
ChEB4119	آنزیم‌شناسی صنعتی	۳	۴۸	بیوشیمی عمومی	نظری
ChEB4120	بیوتکنولوژی تجاری	۳	۴۸	-	نظری
ChEB4121	بیوتکنولوژی غذایی	۳	۴۸	-	نظری
ChEB4122	سوخت‌های زیستی	۳	۴۸	-	نظری

## سمینار

نام درس	تعداد واحد	ساعات درس	پیش‌نیاز/اهمیت‌یاز
سمینار	۲	۳۲	---

## پایان نامه

نام درس	تعداد واحد	ساعات درس	پیش‌نیاز/اهمیت‌یاز
پایان نامه	۶	---	---



## ۱-۱-۳- دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی-زیست پزشکی

### مقدمه

تاریخچه مهندسی پزشکی به سال‌ها پیش برمی‌گردد. رازی (۹۲۳-۸۵۰ میلادی) و بوعلی سینا (۱۰۳۷-۹۸۰ میلادی) با قرار دادن پوششی روی دارو، عملکرد آن را مؤثر کردند. لئوناردو داوینچی (۱۵۱۸-۱۴۵۲ میلادی) با تأکید خاص بر آناتومی، مبنای حرکت استخوان‌ها و ماهیچه‌ها را مورد بررسی قرار داد. ویلیام هاروی (۱۶۵۷-۱۵۷۸ میلادی) سامانه گردش خون در بدن و عملکرد قلب به عنوان یک پمپ را مورد مطالعه قرار داد. سیلوپوس (۱۶۷۲-۱۶۱۴ میلادی) بررسی‌های زیادی روی خواص شیمیایی مایعات بدن انجام داد و بر این اعتقاد بود که فعالیت‌های بدن بر مبنای شیمیایی استوار است.

هیلز (۱۷۶۱-۱۶۷۷ میلادی) با کار بر روی دینامیک سامانه گردش خون، سرعت و فشار خون در نقاط مختلف بدن را به دست آورد. نخستین دستگاه کلیه مصنوعی توسط ایبل، روتنر و نرنر (۱۹۱۳ میلادی) برای سگ ساخته شد و ۳۰ سال بعد برای انسان مورد بهره‌برداری کلینیکی قرار گرفت. نخستین دستگاه ریه مصنوعی در سال ۱۹۵۰ مورد بررسی قرار گرفت و در سال ۱۹۶۰ دریچه‌های قلب مصنوعی به جهان عرضه شد. همزمان با فعالیت‌های فوق‌الذکر و به دنبال آن‌ها، هر روزه اقی‌های نوینی در دنیای مهندسی پزشکی گشایش یافته، راه‌حلهایی برای شناسایی و درمان موثر بسیاری از امراض ارائه داده می‌شود.

در این بین، مهندسی شیمی با ارائه سامانه‌های کنترل انتقال دارو توانسته است روشی ارائه کند که سرعت آزاد شدن دارو در بدن را بهینه نموده، اثرهای نامطلوب جانبی را کاهش داده، دارو را در نقاط عمل متمرکز کرده و لذا روش درمان را موثرتر نماید. اندام‌های مصنوعی مرتبط با مهندسی شیمی نظیر دریچه قلب مصنوعی، سنسورهای مورد استفاده در بدن، لنزهای چشمی، کلیه مصنوعی، ریه مصنوعی و کبد مصنوعی می‌توانند در موارد لزوم جایگزین اندام‌های طبیعی شوند و نقش آن‌ها را ایفا کنند. مهندسی بافت که شاخه‌ای از مهندسی شیمی است می‌تواند به طریقی بافت‌های معیوب بدن را ترمیم کرده، روش‌هایی برای درمان برخی از امراض ارائه داده و دستگاه‌های مورد استفاده در بدن را سازگار با بدن نماید. در نهایت با کمک مهندسی شیمی و مدل‌سازی بدن، می‌توان پدیده‌هایی را که در بدن رخ می‌دهد شناسایی کرده، عامل بسیاری از بیماری‌ها را تعیین نموده و روش‌های درمان موثرتری را ارائه نمود.

در ایران، رشته مهندسی پزشکی در سال ۱۳۷۷ برای اولین بار به صورت زیرمجموعه‌ای از مهندسی شیمی در دانشکده مهندسی شیمی و نفت دانشگاه صنعتی شریف برای مقطع کارشناسی ارشد و از سال ۱۳۷۸ برای مقطع دکتری ارائه شده است. با توجه به پیشرفت سریع این رشته در دنیا و نیاز روزافزون جامعه به متخصصان آن، ضرورت تأسیس این رشته در سایر دانشگاه‌ها به شدت احساس می‌شود. لذا پیشنهاد می‌شود تا گروه مهندسی پزشکی، به عنوان یک شاخه جدید در بخش مهندسی شیمی ایجاد شود.



## تعریف و اهداف دوره

مهندسی شیمی-زیست پزشکی فصل مشترک رشته‌های مهندسی و پزشکی بوده و در واقع کاربرد رشته‌های متفاوت مهندسی در پزشکی است. این کاربردها می‌تواند در قالب مهندسی شیمی، مهندسی برق، مهندسی مکانیک و مهندسی مواد در پزشکی مطرح شود. در تمامی گرایش‌های فوق سعی بر این است تا با نگرشی مهندسی بر فرآیندهای بدن، سامانه‌ی را طراحی کرد که بتواند جایگزین اندام خاصی از بدن شود و یا اینکه با مدل کردن رفتار طبیعی بدن، امراضی را که بر اثر اختلال رفتاری اندام خاصی به وجود می‌آیند کشف و مداوا کرد. از دیگر اهداف مهندسی پزشکی، ساخت دستگاه‌هایی است که با روش‌های گوناگون، تشخیص بیماری را آسان کرده و یا با ارایه سامانه‌هایی، درمان را عملی و یا موثرتر نماید. بدیهی است که برای رسیدن به اهداف بالا، افزون بر آشنایی با مسائل فیزیولوژی و آناتومی، لازم است بر اصول مهندسی در سامانه‌های زنده و بدن انسان نیز کاملاً مسلط بود. در این بین، مهندسین شیمی با توجه به آشنایی با مفاهیمی همچون پدیده‌های انتقال جرم، حرارت و سیالات، ترمودینامیک، ترموسینتیک و خواص مهندسی پلیمرها، از پیشینه علمی قویتری جهت به کارگیری آن‌ها در راستای اهداف مهندسی پزشکی برخوردار می‌باشند. از جمله مهمترین کاربردهای مهندسی شیمی در پزشکی می‌توان به چهار گروه: سامانه‌های کنترل انتقال دارو در بدن، مدل‌سازی بدن، ساخت اندام‌های مصنوعی و مهندسی بافت اشاره نمود. هدف از این دوره تربیت مهندسانی است که چنین توانایی‌های تخصصی را داشته باشند. فارغ‌التحصیلان این رشته می‌توانند در وزارتخانه‌ها، مراکز تحقیقاتی و صنایع مرتبط با زمینه‌های سنتی یا پیشرفته پزشکی مشغول به کار شوند.

## آزمون ورودی

داوطلبان این رشته از طریق آزمون عمومی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی و کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر گزینش می‌شوند.

## مدرک کارشناسی داوطلبان

داوطلبان با مدرک کارشناسی مهندسی شیمی و سایر رشته‌هایی که مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری مجاز می‌داند، می‌توانند در آزمون ورودی شرکت نمایند.





## دروس جبرانی\*

### دروس جبرانی رشته مهندسی شیمی - زیست پزشکی

پیشنیاز	ساعات درس	تعداد واحد	نام درس	کد درس
	۳۲	۲	بیوشیمی عمومی	ChEBM۴۱۰۱
	۳۲	۲	فیزیولوژی و آناتومی	ChEBM۴۱۰۲
	۳۲	۲	ایمونولوژی عمومی	ChEBM۴۱۰۳

\* از دروس جبرانی بنا به نظر گروه آموزشی تا سقف ۶ واحد اخذ می شود.

## دروس الزامی

### دروس الزامی رشته مهندسی شیمی - زیست پزشکی

پیشنیاز	ساعات درس	تعداد واحد	نام درس	کد درس
	۴۸	۳	مهندسی پلیمر	ChEBM۴۱۰۴
	۴۸	۳	ریاضیات مهندسی پیشرفته	ChEBM۴۱۰۵
	۴۸	۳	زیست مواد	ChEBM۴۱۰۶
	۴۸	۳	پدیده‌های انتقال در سامانه‌های زیستی	ChEBM۴۱۰۷



## دروس اختیاری

### دروس اختیاری رشته مهندسی شیمی - زیست پزشکی

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعات درس	پیشنیاز
ChEBM4108	سامانه‌های رهایش کنترل شده دارو	۳	۴۸	
ChEBM4109	مهندسی بافت	۳	۴۸	
ChEBM4110	ترمودینامیک سامانه‌های زیستی	۳	۴۸	
ChEBM4111	بیوراکتور	۳	۴۸	
ChEBM4112	طراحی آزمایش‌ها	۳	۴۸	
ChEBM4113	آزمایشگاه کشت بافت	۱	۱۶	
ChEBM4114	آزمایشگاه عمومی پلیمر	۱	۱۶	

## سمینار

نام درس	تعداد واحد	ساعات درس	پیشنیاز/اهمیت‌یاز
سمینار	۲	۳۲	---



## پایان نامه

نام درس	تعداد واحد	ساعات درس	پیشنیاز/اهمیت‌یاز
پایان نامه	۶	---	---

## ۱-۴- دوره کارشناسی ارشد مهندسی انرژی

### تعریف و هدف

برنامه آموزشی و تحقیقاتی کارشناسی ارشد "مهندسی انرژی" که یکی از رشته‌های مهندسی شیمی می‌باشد مشتمل بر دروس نظری پیشرفته و پایان نامه تحقیقی در یکی از موضوعات مربوط به آن است. هدف از ارائه این رشته تربیت کارشناسان ارشد آماده برای طراحی فرایندهای شیمیایی جدید و بهینه‌سازی فرایندهای شیمیایی موجود در زمینه مدیریت مصرف انرژی می‌باشد.

فراگیران از طریق آشنایی با اصول مهندسی انرژی مرتبط با فرایندهای شیمیایی در سطح پیشرفته و با تحقیق در یکی از موضوعات این رشته قادر خواهند بود پاسخگوی نیازهای صنایع شیمیایی و تحقیقاتی کشور در زمینه‌های متنوع و مختلف تحقیقاتی به ویژه طراحی واحدهای شیمیایی و فناوری‌های مرتبط باشند.



### اهمیت و اولویت تاسیس دوره

بخش انرژی در ایران دارای اهمیت ویژه ای است. از یک طرف صادرات انرژی اولیه مهمترین منبع کسب درآمد ارزی کشور است و از سوی دیگر، انرژی به عنوان یک عامل تولید در فرایندهای تولیدی و خدماتی مورد نیاز می‌باشد. روند فزاینده مصرف انرژی در چند دهه گذشته، پایان پذیری منابع انرژی کشور و وابستگی نظام اقتصادی به درآمدهای حاصل از صادرات انرژی سبب شده تا تحولات در بخش انرژی تأثیرات گسترده ای بر توسعه کشور داشته باشد. در حال حاضر بهره برداری بهینه از منابع و فناوری‌های انرژی، کاهش وابستگی نظام اقتصادی به بازار جهانی انرژی و گسترش کاربرد منطقی انرژی و مدیریت جریان انرژی در کلیه بخش‌های جامعه به موضوع‌های مهم اجتماعی و توسعه جامعه تبدیل شده است.

برنامه آموزشی و تحقیقاتی کارشناسی ارشد مهندسی انرژی مجموعه ای است شامل دروس نظری لازم برای تربیت متخصصین مورد نیاز در این زمینه می‌باشد. هدف از ارائه این رشته آن است که کارشناسان آماده برای طراحی فرایندهای شیمیایی جدید و بهینه‌سازی فرایندهای شیمیایی موجود در زمینه مدیریت مصرف انرژی می‌باشد.

تداوم فعالیت‌ها در کلیه فرایندهای تولیدی و خدماتی در جامعه با مصرف انرژی امکان پذیر است و ترکیب انرژی مفید با عوامل تولید (کار، سرمایه، مواد و دانش فنی) در بخش‌های اقتصادی و اجتماعی مجموعه فناوری تولید را شکل می‌دهد. الزامی بودن جریان انرژی در فرایندها و توسعه پرشتاب نظام‌های اقتصادی و اجتماعی در سده گذشته و گسترش کاربرد فناوری‌های نوین تولید سبب شده است تا مصرف انرژی در جوامع مختلف سیر صعودی داشته باشد.

روند فزاینده تقاضای انرژی از طریق گسترش سامانه‌های عرضه انرژی و بهره برداری از منابع انرژی فسیلی تأمین می‌شود و این امر تا پایان قرن حاضر تداوم دارد. رشد سریع مصرف انرژی و سهم بالای انرژی‌های فسیلی در تأمین انرژی مورد نیاز جوامع، تسریع امر پایان پذیری منابع انرژی فسیلی و انتشار حجم زیادی از مواد آلاینده در محیط زیست را در پی داشته

است. علاوه بر موارد مزبور، وابستگی اقتصاد جمهوری اسلامی ایران به درآمدهای ناشی از صادرات منابع انرژی فسیلی، تاثیر پذیری نظام اقتصادی از تحولات بازار جهانی انرژی را موجب شده است.

جریان انرژی در یک جامعه مجموعه فرایندهای استخراج و استحصال، فرآورش، تبدیل، انتقال، توزیع و مصرف حامل‌های انرژی را شامل می‌شود و در هر یک از مراحل مزبور از فناوری‌های استخراج، فرآورش، تبدیل، انتقال و مصرف انرژی بطور گسترده بهره برداری می‌گردد. تحولات نظام اقتصادی و اجتماعی، سطح زندگی مردم و پیشرفت‌های علمی و فنی بر جریان انرژی تاثیر وسیعی می‌گذارد و گسترش هر یک از زیر بخش‌های انرژی دیگر اجزاء سامانه انرژی را متاثر می‌سازد.

ارتباط گسترده بخش انرژی با تحولات اقتصادی و اجتماعی و فنی و تاثیرات وسیع تحولات علمی و فنی بر فناوری‌های انرژی و همچنین آثار تولید و مصرف حامل‌های انرژی بر محیط زیست ایجاب می‌کند طراحی، توسعه و بهره برداری از سامانه‌های انرژی بر اساس نگرش نظام گرایانه و با تکیه بر شناخت ابعاد مختلف کنش و واکنش‌های سامانه انرژی با سایر زیر مجموعه‌های فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی صورت پذیرد. لذا تحلیل نظام گرایانه توسعه بخش انرژی و طراحی سامانه‌های انرژی بر اساس آن یک امر ضروری است و آموزش و تربیت کارشناسان ورزیده را لازم می‌نمایند. مهندسی انرژی رشته ای است که طراحی، توسعه و بهره برداری از سامانه‌های انرژی مرتبط با فرایندهای شیمیایی را مد نظر قرار می‌دهد و در دوره تحصیلات تکمیلی ارایه می‌شود.

شالوده مهندسی انرژی نگرش نظام گرایانه است و در این چارچوب تاکید بر آن است که طراحی، توسعه و بهره برداری از سامانه‌های انرژی در فرایندهای مهندسی شیمی با ملحوظ نمودن اثرات اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و فناوری انجام گیرد.

حل مسایل مزبور ایجاب می‌کند که کارشناس‌های ارشد ورزیده و مسلط به اصول مهندسی انرژی با زمینه تحصیلی مهندسی شیمی تربیت شوند. فارغ‌التحصیلان رشته مهندسی شیمی - انرژی متخصصینی خواهند بود که می‌توانند در پالایشگاه‌های نفت، گاز، پتروشیمی، نیروگاه‌ها، و کلیه صنایع مرتبط مانند صنایع پلاستیک، لاستیک، غذایی، شوینده‌ها و غیره فعالیت داشته باشند و نقش موثری در بهینه‌سازی مصرف انرژی در هر یک از این بخش‌ها ایفا نمایند.

## نقش و توانایی

فارغ‌التحصیلان این دوره زمینه‌های تخصصی لازم جهت احراز مسئولیت‌های زیر را کسب خواهند نمود:

الف- طراحی فرایندهای جدید شیمیایی با در نظر گرفتن بهینه‌سازی مصرف انرژی، کنترل آلاینده‌های محیط زیست، و فناوری‌های بازیافت انرژی در آنها

ب- مدیریت انرژی و محیط زیست در فرایندهای شیمیایی موجود

پ- انجام پروژه‌های تحقیقی در زمینه مهندسی انرژی مرتبط با صنایع شیمیایی





ت- پشتیبانی علمی- فنی- خدماتی نهادهای بخش انرژی (وزارت نفت، شرکت ملی گاز ایران، شرکت ملی صنایع پتروشیمی، سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت نیرو و وزارت صنایع و معادن)

### ارتباط دوره با سایر دوره‌های کارشناسی ارشد

با توجه به تنوع زمینه‌های تحقیقی موضوع این دوره و نیز ماهیت آن، ارتباط بسیار نزدیکی در سطح کارشناسی ارشد با گرایش‌های تخصصی مهندسی شیمی، مهندسی مکانیک، مهندسی نفت و مهندسی پلیمر دارد. این دوره با طیف گسترده آموزشی و موضوعات تحقیقی مهندسی شیمی می‌تواند با دیگر دوره‌های کارشناسی ارشد فنی و مهندسی مرتبط باشد. بعنوان مثال می‌توان از رشته‌های مهندسی مکانیک گرایش حرارت و سیالات و تبدیل انرژی نام برد.

### شرایط پذیرش دانشجو

الف: شرایط عمومی و مصوب شورای عالی برنامه ریزی و مصاحبه حضوری

ب: جنسیت: محدودیت وجود ندارد.

ج: رشته‌ها و دوره‌های کارشناسی مورد قبول: رشته‌های مختلف کارشناسی مهندسی شیمی، مهندسی مکانیک می‌توانند از طریق آزمون ورودی پذیرفته شوند.

تبصره: گروه مهندسی شیمی- انرژی در هر دانشگاه می‌تواند برای پذیرفته شدگان غیر از مهندسی شیمی با توجه به نیاز آن‌ها دروس پیش نیاز و جبرانی از دروس دوره کارشناسی رشته را پیش بینی نماید ولی تعداد کل آن‌ها نباید از ۱۲ واحد بیشتر باشد.

د- آزمون اختصاصی: آزمون طبق آیین نامه‌های مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری انجام می‌شود.

ضرایب	مواد امتحانی آزمون
۲	ترمودینامیک
۲	ریاضیات مهندسی
۲	انتقال حرارت
۲	مکانیک سیالات
۱	زبان تخصصی





## طول دوره و برنامه آموزشی و تحقیقی:

الف- طول دوره: مدت اسمی این دوره ۲ سال است. پذیرفته شدگان دارای درجه کارشناسی مهندسی شیمی و مکانیک (گرایش حرارت و سیالات) می‌توانند در صورت دارا بودن فعالیت‌های مطلوب آموزشی این دوره را در ۲ سال تحصیلی به پایان برسانند.

### ب- برنامه آموزشی و تحقیقی:

با توجه به ویژگی‌ها و تنوع موضوعات در گروه مهندسی انرژی، برنامه آموزشی و تحقیقی این دوره شامل مواد زیر می‌باشد:

۱- دروس الزامی: ۱۲ واحد از جدول دروس الزامی

۲- دروس اختیاری: ۱۲ واحد از جدول دروس انتخابی مرتبط با موضوع پروژه (با نظر استاد راهنما)

۳- سمینار: ۲ واحد فعالیت تحقیقی مرتبط با پایان نامه در یکی از زمینه‌های مهندسی انرژی فرآیندهای شیمیایی

۴- پایان نامه: ۶ واحد پروژه تحقیقی در یکی از موضوعات مربوط به مهندسی انرژی فرآیندهای شیمیایی

دانشجو با نظر استاد راهنما می‌تواند یکی از دو برنامه زیر را انتخاب نماید:

تعداد واحد	نوع درس
۱۲	دروس الزامی
۱۲	دروس اختیاری
۲	سمینار
۶	پایان نامه
۳۲	جمع



### سمینار:

ارائه سمینار برای دانشجویان دوره کارشناسی ارشد مهندسی انرژی ضروری است. واحد سمینار در نیم‌سال دوم اخذ و در پایان همان نیم‌سال ارائه می‌گردد. موضوع سمینار توسط استاد راهنما در یکی از زمینه‌های مهندسی انرژی در فرآیندهای شیمیایی ارائه می‌گردد و حتی الامکان باید مرتبط با موضوع پروژه کارشناسی ارشد باشد. نتیجه سمینار باید به صورت یک گزارش تحقیقی به همراه ارائه شفاهی باشد.

بعنوان بخشی از فعالیت‌های مربوط به این دوره، دانشجو موظف است در کلاس سمینار به ارزش دو واحد ثبت نام نماید. چگونگی نحوه انجام سمینار توسط استاد یا گروه آموزشی دانشکده مجری اعلام می‌گردد.

## پایان نامه

نگارش یک رساله تحقیقی در یکی از موضوع‌های مهندسی انرژی در فرآیندهای شیمیایی پایان نامه نامیده می‌شود. موضوع پایان نامه حتی الامکان جهت رفع مشکلات مبتلا به صنایع مختلف کشور در زمینه طراحی بهینه فرایندهای شیمیایی از نظر مصرف انرژی و محیط زیست، فناوری‌های بازیافت انرژی و یا نوآوری در یکی از موضوع‌های نظری، عملی و یا نظری- عملی مربوط به فناوری‌های انرژی و محیط زیست در صنایع شیمیایی باشد. دانشجوی موظف است در یک زمینه تحقیقی در این رشته و تحت نظارت یک استاد راهنما، پایان نامه ای به ارزش ۶ واحد تنظیم، تدوین و ارائه نماید.

## دروس جبرانی

### جدول دروس جبرانی دوره کارشناسی ارشد مهندسی انرژی \*

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعات ارائه درس	پیشنیاز
ChEE4101	سینتیک و طراحی راکتور	۳	۴۸	
ChEE4102	انتقال جرم	۳	۴۸	
ChEE4103	اخلاق حرفه ای در فنی و مهندسی	۲	۳۲	

\* در صورت نیاز، دانشجو می‌تواند با تشخیص گروه حداکثر ۶ واحد از دروس جبرانی را بگذراند.



## دروس الزامی

جدول دروس الزامی دوره کارشناسی ارشد مهندسی انرژی

پیش نیاز	ساعات ارائه درس	تعداد واحد	نام درس	کد درس
—	۴۸	۳	طراحی مفهومی فرایندهای شیمیایی	ChEE۴۱۰۴
—	۴۸	۳	محاسبات عددی پیشرفته	ChEE۴۱۰۱۵
—	۴۸	۳	مدل سازی و شبیه سازی فرایندهای شیمیایی	ChEE۴۱۰۶
—	۴۸	۳	انتگراسیون گرما و توان	ChEE۴۱۰۷



## دروس اختیاری

\*جدول دروس اختیاری دوره کارشناسی ارشد مهندسی انرژی

کد درس	نام درس	تعداد واحد	ساعات ارائه درس	پیش نیاز
ChEE4108	تحلیل اکسرژی	۳	۴۸	--
ChEE4109	طراحی راکتور پیشرفته	۳	۴۸	--
ChEE4110	بهینه سازی فرایندهای شیمیایی	۳	۴۸	--
ChEE4111	شکلهای تبادل جرم	۳	۴۸	--
ChEE4112	فناوری هیدروژن و پیل سوختی	۳	۴۸	--
ChEE4113	انرژی و محیط زیست	۳	۴۸	--
ChEE4114	پدیدههای انتقال پیشرفته	۳	۴۸	--
ChEE4115	طراحی آزمایشها و تحلیل آماری نتایج	۳	۴۸	--
ChEE4116	فناوریهای تولید زیست سوختها	۳	۴۸	--
ChEE4117	ممیزی انرژی در صنایع شیمیایی	۱+۲	۳۲+۳۲	دو واحد نظری و یک واحد آزمایشگاه
ChEE4118	بازیافت انرژی در صنایع شیمیایی	۱+۲	۳۲+۳۲	یک واحد گزارش بازدید علمی
ChEE4119	سوخت و احتراق	۳	۴۸	--
ChEE4120	مهندسی ایمنی و تحلیل ریسک	۳	۴۸	--

\*دانشجو باید ۴ درس از دروس جدول فوق را به عنوان دروس اختیاری به پیشنهاد استاد راهنما در راستای پروژه بگذراند و از لیست دروس گرفتن درس طراحی راکتور پیشرفته از طرف استاد راهنما مورد تاکید قرار گیرد.



## ۱-۲- دوره دکتری

### ۱-۲-۱- دوره دکتری مهندسی شیمی

#### تعریف و هدف

دوره دکتری مهندسی شیمی بالاترین مقطع تحصیلی دانشگاهی است که به اعطای مدرک در این زمینه می انجامد و رسالت آن تربیت افرادی است که با نوآوری در زمینه ای خاص در گسترش مرزهای دانش و تحلیل جامع و رفع نیازهای کشور مؤثر باشند. محور اصلی فعالیت‌های علمی دوره دکتری، به تناسب موضوع، تحقیق نظری، تحقیق تجربی و یا تلفیقی از این دو است و آموزش وسیله تکمیل دانسته‌های داوطلب و هموار ساختن راه حصول به اهداف تحقیق می‌باشد. هدف از دوره دکتری مهندسی شیمی، ضمن احاطه یافتن بر آثار علمی مهم در یک زمینه خاص از این رشته، رسیدن به یک یا چند مورد از موارد زیر است.

- آشنا شدن با روش‌های پیشرفته تحقیق و کوشش بر نوآوری در این زمینه
- دستیابی به جدیدترین مبانی علمی، تحقیقاتی و فناوری
- نوآوری در زمینه‌های علمی، تحقیقی و کمک به پیشرفت و گسترش مرزهای دانش
- تسلط یافتن بر یک یا چند امر، همچون ۱- تعلیم، تحقیق و برنامه ریزی، ۲- طراحی، اجرا، هدایت، نظارت و ارزیابی، ۳- تجزیه و تحلیل و حل مسائل علمی در لبه دانش و ۴- حل جامع مشکلات علمی جامعه در یکی از زمینه‌های مهندسی شیمی



#### نقش و توانایی

از فارغ التحصیلان دوره دکتری انتظار می‌رود که ضمن اشراف به آخرین یافته‌های علمی و فناوری در این زمینه تخصصی، در مواردی که در حین طرح و اجرای یک پروژه، راه حل مشخص و مدونی وجود ندارد قادر باشند با استفاده از آموزه‌های دوران تحصیل خود (بخش آموزشی و تحقیقی)، راه حل مناسب، بهینه و قابل قبول در سطح جامعه حرفه ای ارائه نمایند. بخش دیگری از فعالیت فارغ التحصیلان این دوره تدریس در دانشگاه‌ها و تربیت مهندسیین توانمند در دوره‌های کارشناسی و تحصیلات تکمیلی می‌باشد که بالطبع انتظار می‌رود در تولید علم و تبدیل علم به ایده و ثروت نقش مؤثری داشته باشند.

#### شرایط پذیرش دانشجو

شرایط ورود به دوره دکتری مهندسی شیمی مطابق با آئین نامه مصوب شورای برنامه ریزی آموزش عالی بوده و در این راستا موارد زیر مد نظر می‌باشد.

الف- داشتن مدرک کارشناسی ارشد در رشته مهندسی شیمی و یا سایر رشته‌های مهندسی و علوم پایه مرتبط با گرایش انتخاب شده



تبصره: پذیرفته شدگان می باید دروس جبرانی به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده را با حداقل نمره ۱۴ بگذرانند. تعداد واحد و نمره این دروس، در مرحله ی آموزشی و معدل دوره لحاظ نمی گردد.

ب- برگزاری امتحانات کتبی و شفاهی اختصاصی جهت ورود به دوره دکتری، تابع قوانین وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می باشد.

ج- پذیرش، تشخیص و تأیید صلاحیت علمی داوطلب در ورود به دوره دکتری نهایتاً به عهده دانشکده پذیرنده و زیر نظر مدیریت دانشگاه و وفق مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری انجام می شود.

### طول دوره و شکل نظام

دوره دکتری مهندسی شیمی دارای دو مرحله آموزشی و تحقیقی (تدوین رساله) می باشد. نحوه ورود و خاتمه هر مرحله، و حداقل و حداکثر طول دوره مطابق آیین نامه دوره دکتری است.

### مرحله آموزشی

در مرحله آموزشی دوره دکتری مهندسی شیمی، گذراندن حداقل ۱۴ واحد درسی از دروس تحصیلات تکمیلی (علاوه بر واحدهای قبلی گذرانده شده در مقطع کارشناسی ارشد) الزامی است، مجموع تعداد واحد این دروس در دوره های کارشناسی ارشد و دکتری به حداقل ۲۴ برسد.

تبصره: دانشجو موظف است در نیمسال اول ورود به دوره، اقدام به انتخاب استاد راهنمای (تحقیق) خود نماید. در همین زمان کلیات زمینه تحقیقاتی دانشجو و چارچوب دروس مربوطه توسط دانشجو و زیر نظر استاد راهنما تهیه و به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده می رسد.

### ارزیابی جامع آموزشی و تحقیقی

دانشجویانی که حداقل ۱۲ واحد دروس مرحله آموزشی خود را با موفقیت گذرانده باشند، لازم است در ارزیابی جامع که بر اساس آئین نامه مؤسسه برگزار می گردد شرکت نمایند. ارزیابی مرحله آموزشی به صورت کتبی و شفاهی برگزار شده و دانشجو حداکثر دو بار می تواند در ارزیابی جامع آموزشی و تحقیقی شرکت نماید.

### مرحله تدوین رساله

دانشجویان بعد از تصویب زمینه کلی تحقیقاتی خود می تواند فعالیت های تحقیقی خود را آغاز نمایند. دانشجویانی که در ارزیابی جامع پذیرفته می شوند، در مرحله تدوین رساله ثبت نام می کنند. سقف تعداد کل واحدهای تحقیقی که دانشجو در مرحله تدوین رساله اخذ می کند ۲۲ می باشد به نحوی که مجموع واحدهای درسی و تحقیقی از ۳۶ کمتر نباشد. تمدید مراحل آموزشی و تحقیقی با توجه به سنوات دانشجو و مطابق رساله نیست و ارزیابی رساله مطابق با ضوابط آئین نامه دوره دکتری انجام می شود.



تبصره ۱: دانشجو موظف است حداکثر ظرف یک نیمسال پس از قبولی در ارزیابی جامع پیشنهاد رساله خود را با راهنمایی و همکاری اساتید راهنما و مشاور تهیه نماید تا با تأیید آنان، در کمیته تخصصی بررسی پیشنهاد رساله مطرح و از چار چوب کلی آن دفاع شود.

تبصره ۲: پس از تأیید پیشنهاد رساله در کمیته مربوطه، دانشجو موظف است به شکل منظم گزارش پیشرفت تحقیق خود را در حضور استاد راهنما و مشاورین ارائه نماید.

در راستای ارزیابی کارهای انجام شده، دانشجو گزارش پیشرفت کار رساله را در انتهای هر سال (از آغاز مرحله تحقیق) به کمیته تخصصی بررسی و هدایت رساله متشکل از استاد راهنما و مشاورین رساله و تعدادی (با همه) از اساتید داخل و خارج از موسسه که توسط گروه تخصصی و تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده تعیین شده است، ارائه می نماید.

ج. توصیه می شود اعضاء حاضر در کمیته تخصصی بررسی و هدایت هر رساله از هیأت داوران آن رساله باشند.

تبصره ۳: تغییر استاد راهنما و یا موضوع رساله، تنها یک بار و با تصویب کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده امکان پذیر می باشد. بدیهی است سنوات تحصیلی دانشجو نباید از حداکثر مدت مجاز تجاوز کند.

تبصره ۴: پس از تکمیل و تدوین رساله در موعد تعیین شده و تأیید کیفیت علمی و صحت مطالب آن از طرف استاد راهنما، دانشجو موظف است از رساله دکتری خود در حضور هیأت داوری دفاع نماید.

جدول دروس پیشنهادی برای دوره دکتری مهندسی شیمی (هر درس به میزان ۳ واحد)

عنوان درس	کد درس
انتقال حرارت پیشرفته	ChE۵۰۰۰۱
مکانیک سیالات پیشرفته	ChE۵۰۰۰۲
کنترل پیشرفته	ChE۵۰۰۰۳
محاسبات عددی پیشرفته	ChE۵۰۰۰۴
جداسازی چندجزئی	ChE۵۰۰۰۵
بهینه سازی در مهندسی شیمی	ChE۵۰۰۰۶
مدل سازی و شبیه سازی فرایندها	ChE۵۰۰۰۷
ترمودینامیک مخلوطها	ChE۵۰۰۰۸
طراحی راکتورهای صنعتی و ویژه	ChE۵۰۰۰۹
پدیده های سطحی	ChE۵۰۰۱۰
رئولوژی پیشرفته و سیالات غیرنیوتنی	ChE۵۰۰۱۱



کاربرد مهندسی شیمی در پزشکی	ChE۰۰۱۲
طراحی مفهومی فرایندها	ChE۰۰۱۳
پدیده‌های انتقال پیشرفته	ChE۰۰۱۴
مهندسی بیوشیمیایی پیشرفته	ChE۰۰۱۵
مهندسی فرایندهای پلیمری	ChE۰۰۱۶
مهندسی آلودگی هوا	ChE۰۰۱۷
کنترل بهینه	ChE۰۰۱۸
مهندسی سیال شدن	ChE۰۰۱۹
استخراج فوق بحرانی	ChE۰۰۲۰
اصول فناوری تخمیر	ChE۰۰۲۱
افزایش مقیاس فرایندها	ChE۰۰۲۲
اکسرژی	ChE۰۰۲۳
بهینه سازی انرژی	ChE۰۰۲۴
مهندسی احتراق پیشرفته	ChE۰۰۲۵
انتقال جرم پیشرفته	ChE۰۰۲۶
مهندسی سیمان	ChE۰۰۲۷
مهندسی مخازن هیدروکربنی	ChE۰۰۲۸
تبلور صنعتی	ChE۰۰۲۹
تجزیه و تحلیل آماری فرایندها	ChE۰۰۳۰
تصفیه آب و فاضلاب پیشرفته	ChE۰۰۳۱
فناوری آنزیم‌ها	ChE۰۰۳۲
فناوری پنبه	ChE۰۰۳۳
تئوری لایه مرزی	ChE۰۰۳۴



مهندسی محیط زیست پیشرفته	ChE۵۰۰۳۵
جداسازی در سامانه‌های بیولوژیک	ChE۵۰۰۳۶
جراین‌های چندفازی	ChE۵۰۰۳۷
جراین‌های متلاطم	ChE۵۰۰۳۸
خواص مهندسی پلیمرها	ChE۵۰۰۳۹
دفع و مدیریت مواد زائد جامد	ChE۵۰۰۴۰
روش اجزاء (المان‌های) محدود	ChE۵۰۰۴۱
روش‌های خاص جداسازی	ChE۵۰۰۴۲
مدل‌سازی و شبیه‌سازی	ChE۵۰۰۴۳
هیدرودینامیک ماکرومولکول‌ها	ChE۵۰۰۴۴
سینتیک و راکتورهای پلیمریزاسیون	ChE۵۰۰۴۵
سینتیک و طراحی راکتورهای پیشرفته	ChE۵۰۰۴۶
طراحی به کمک کامپیوتر (CAD)	ChE۵۰۰۴۷
طراحی تجهیزات فرایندی	ChE۵۰۰۴۸
طراحی راکتورهای بیوشیمیایی	ChE۵۰۰۴۹
کنترل واحدهای صنعتی	ChE۵۰۰۵۰
طراحی فرایندهای شیمیایی	ChE۵۰۰۵۱
فرایندهای پالایش پیشرفته	ChE۵۰۰۵۲
فرایندهای جداسازی غشایی	ChE۵۰۰۵۳
مطالب ویژه	ChE۵۰۰۵۴
سمینار دکتری (۲ واحد)	ChE۵۰۰۵۵
پروژه دکتری (۲۲ واحد)	ChE۵۰۰۵۶





## ۱-۲-۲- دوره دکتری مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی

### تعریف و هدف

دوره دکتری مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی بالاترین مقطع تحصیلی دانشگاهی است که به اعطای مدرک در این زمینه می‌انجامد و رسالت آن تربیت افرادی است که با نوآوری در زمینه ای خاص در گسترش مرزهای دانش و تحلیل جامع و رفع نیازهای کشور مؤثر باشند.

محور اصلی فعالیت‌های علمی دوره دکتری، به تناسب موضوع، تحقیق نظری، تحقیق تجربی و یا تلفیقی از این دو است و آموزش وسیله تکمیل دانسته‌های داوطلب و هموار ساختن راه حصول به اهداف تحقیق می‌باشد.

هدف از دوره دکتری مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی، ضمن احاطه یافتن بر آثار علمی مهم در یک زمینه خاص از این رشته، رسیدن به یک یا چند مورد از موارد زیر است.

- آشنا شدن با روش‌های پیشرفته تحقیق و کوشش بر نوآوری در این زمینه
- دستیابی به جدیدترین مبانی علمی، تحقیقاتی و فناوری
- نوآوری در زمینه‌های علمی، تحقیقی و کمک به پیشرفت و گسترش مرزهای دانش
- تسلط یافتن بر یک یا چند امر، همچون ۱- تعلیم، تحقیق و برنامه ریزی، ۲- طراحی، اجرا، هدایت، نظارت و ارزیابی، ۳- تجزیه و تحلیل و حل مسائل علمی در لبه دانش و ۴- حل جامع مشکلات علمی جامعه در یکی از زمینه‌های مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی

### نقش و توانایی

از فارغ التحصیلان دوره دکتری انتظار می‌رود که ضمن اشراف به آخرین یافته‌های نظری و کاربردی تخصص مربوط به خود، در مواردی که در حین طرح و اجرای یک پروژه، راه حل مشخص و مدونی وجود ندارد قادر باشند با استفاده از آموزه‌های دوران تحصیل خود (بخش آموزشی و تحقیقی)، راه حل مناسب، بهینه و قابل قبول در سطح جامعه حرفه ای ارائه نمایند. بخش دیگری از فعالیت فارغ التحصیلان این دوره تدریس در دانشگاه‌ها و تربیت مهندسیین توانمند در دوره‌های کارشناسی و تحصیلات تکمیلی می‌باشد که بالطبع انتظار می‌رود در تولید علم و تبدیل علم به ایده و ثروت نقش مؤثری داشته باشند.

### شرایط پذیرش دانشجو

شرایط ورود به دوره دکتری مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی مطابق با آئین نامه مصوب شورای برنامه ریزی آموزش عالی بوده و در این راستا موارد زیر مد نظر می‌باشد.





الف- داشتن مدرک کارشناسی ارشد در رشته مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی یا مهندسی شیمی- صنایع غذایی یا مهندسی شیمی-زیست پزشکی

تبصره: پذیرفته شدگان می باید دروس جبرانی به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده را با حداقل نمره ۱۴ بگذرانند. تعداد واحد و نمره این دروس، در مرحله ی آموزشی و معدل دوره لحاظ نمی گردد.

ب- برگزاری امتحانات کتبی و شفاهی اختصاصی جهت ورود به دوره دکتری، تابع قوانین وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می باشد.

ج- پذیرش، تشخیص و تأیید صلاحیت علمی داوطلب در ورود به دوره دکتری نهایتاً به عهده دانشکده پذیرنده و زیر نظر مدیریت دانشگاه و وفق مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری انجام می شود.

### طول دوره و شکل نظام

دوره دکتری مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی دارای دو مرحله آموزشی و تحقیقی (تدوین رساله) می باشد. نحوه ورود و خاتمه هر مرحله، و حداقل و حداکثر طول دوره مطابق آیین نامه دوره دکتری است.

### مرحله آموزشی

در مرحله آموزشی دوره دکتری مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی، گذراندن حداقل ۱۴ واحد درسی از دروس تحصیلات تکمیلی (علاوه بر واحدهای قبلی گذرانده شده در مقطع کارشناسی ارشد) الزامی است. مجموع تعداد واحد این دروس در دوره های کارشناسی ارشد و دکتری به حداقل ۲۴ برسد.

تبصره:

دانشجو موظف است در نیمسال اول ورود به دوره، اقدام به انتخاب استاد راهنمای (تحقیق) خود نماید. در همین زمان کلیات زمینه تحقیقاتی دانشجو و چارچوب دروس مربوطه توسط دانشجو و زیر نظر استاد راهنما تهیه و به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده می رسد.

### ارزیابی جامع آموزشی و تحقیقی

دانشجویانی که حداقل ۱۲ واحد دروس مرحله آموزشی خود را با موفقیت گذرانده باشند، لازم است در ارزیابی جامع که بر اساس آئین نامه مؤسسه برگزار می گردد شرکت نمایند. ارزیابی مرحله آموزشی به صورت کتبی و شفاهی برگزار شده و دانشجو حداکثر دو بار می تواند در ارزیابی جامع آموزشی و تحقیقی شرکت نماید.



## مرحله تدوین رساله

دانشجویان بعد از تصویب زمینه کلی تحقیقاتی خود می‌توانند فعالیت‌های تحقیقی خود را آغاز نمایند. دانشجویانی که در ارزیابی جامع پذیرفته می‌شوند، در مرحله تدوین رساله ثبت نام می‌کنند. سقف تعداد کل واحدهای تحقیقی که دانشجو در مرحله تدوین رساله اخذ می‌کند ۲۲ می‌باشد به نحوی که مجموع واحدهای درسی و تحقیقی از ۳۶ کمتر نباشد. تمدید مراحل آموزشی و تحقیقی با توجه به ستوات دانشجو و مطابق رساله نیست و ارزیابی رساله مطابق با ضوابط آئین نامه دوره دکتری انجام می‌شود.

### تبصره ۱

دانشجو موظف است حداکثر ظرف یک نیمسال پس از قبولی در ارزیابی جامع پیشنهاد رساله خود را با راهنمایی و همکاری اساتید راهنما و مشاور تهیه نماید تا با تأیید آنان، در کمیته تخصصی بررسی پیشنهاد رساله مطرح و از چار چوب کلی آن دفاع شود.

### تبصره ۲

- ا. پس از تأیید پیشنهاد رساله در کمیته مربوطه، دانشجو موظف است به شکل منظم گزارش پیشرفت تحقیق خود را با استاد راهنما و مشاورین ارائه نماید.
- ب. در راستای ارزیابی کارهای انجام شده، دانشجو گزارش پیشرفت کار رساله را در انتهای هر سال (از آغاز مرحله تحقیق) به کمیته تخصصی بررسی و هدایت رساله متشکل از استاد راهنما و مشاورین رساله و تعدادی (یا همه) از اساتید داخل و خارج از مؤسسه که توسط گروه تخصصی و تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده تعیین شده است، ارائه می‌نماید.
- ج. توصیه می‌شود اعضا حاضر در کمیته تخصصی بررسی و هدایت هر رساله از هیأت داوران آن رساله باشند.

### تبصره ۳

تغییر استاد راهنما و یا موضوع رساله، تنها یک بار و با تصویب کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده امکان پذیر می‌باشد. بدیهی است سنوات تحصیلی دانشجو نباید از حداکثر مدت مجاز تجاوز کند.

### تبصره ۴

پس از تکمیل و تدوین رساله در موعد تعیین شده و تأیید کیفیت علمی و صحت مطالب آن از طرف استاد راهنما، دانشجو موظف است از رساله دکتری خود در حضور هیأت دآوری دفاع نماید.



## دروس الزامی

جدول دروس الزامی دوره دکتری مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی

پیشنیاز	ساعات ارایه درس	تعداد واحد	نام درس
	۴۸	۳	پدیده‌های انتقال در سامانه‌های بیولوژیک
	۴۸	۳	مهندسی بیوشیمیایی
		۱	سمینار ۱
		۱	سمینار ۲

## دروس اختیاری

جدول دروس اختیاری دوره دکتری مهندسی شیمی-بیوتکنولوژی

پیشنیاز	ساعات ارایه درس	تعداد واحد	نام درس
	۴۸	۳	مهندسی ژنتیک
	۴۸	۳	یکی از دروس ارشد بیوتکنولوژی یا زیست پزشکی



# فصل دوم

## سر فصل دروس



## سرفصل دروس رشته مهندسی شیمی

درس پیش‌نیاز	اجباری	نوع درس	تعداد واحد	ترمودینامیک پیشرفته ChE۴۰۱۰۱
			۳	
ترمودینامیک کارشناسی مهندسی شیمی	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

### هدف

هدف از درس آموزش مبانی و ترمودینامیک مولکولی و کاربرد ترمودینامیک کلاسیک و مولکولی در پیش بینی تعادلات فازی سیالات می‌باشد.

### سرفصل درس

- مروری بر قوانین و فرضیه‌های ترمودینامیک کلاسیک: قوانین اول، دوم و سوم ترمودینامیک، فرضیه‌های ترمودینامیک از دید کالن (Callen)
- ترمودینامیک کلاسیک تعادلات فازی: کاربرد ترمودینامیک در تعادلات فازی، سامانه‌های هموزنه بسته، سامانه‌های هموزنه باز، تعادل در سامانه‌های بسته ناهمگن، معادله گیبز-دوهم، قانون فاز، پتانسیل شیمیایی (Chemical Potential)، تعاریف فیوگاسیته و اکتیویته.
- خواص ترمودینامیکی از داده‌های حجمی: خواص ترمودینامیکی با متغیرهای مستقل  $T$  و  $P$ ، فیوگاسیته یک جزء در یک مخلوط با فشارهای معمولی، فیوگاسیته یک مایع و یک جامد خالص، خواص ترمودینامیکی با متغیرهای مستقل  $T$  و  $V$ ، فیوگاسیته یک جزء در یک مخلوط با استفاده از معادلات حالت حجمی، تعادلات فازی با استفاده از خواص حجمی سیالات.
- مقدمه ای بر نیروهای اندرکنشی مولکولی و تئوری حالت‌های متناظر بر نیروهای اندرکنشی، توابع اثرزی پتانسیل مولکولی، تابع لنارد-جونز برای مولکول‌های غیر قطبی، نیروهای اندرکنشی شیمیایی، تئوری مولکولی حالت‌های متناظر.





- فیوگاسیته مخلوط‌های گازی: قانون لوییس- فیوگاسیته- معادله حالت ویریان، محاسبه ضرایب ویریان از توابع انرژی پتانسیل مولکولی ضرایب ویریان از روابط تجربی حالت‌های متناظر، فیوگاسیته با استفاده از معادلات حالت، حلالیت جامدات و مایعات در گازهای متراکم.
- فیوگاسیته در مخلوط‌های مایعات (توابع مازاد): محلول ایده آل، روابط اساسی توابع مازاد، اکتیویته، و ضرایب اکتیویته، نرمالیزه نمودن ضرایب اکتیویته، ضرایب اکتیویته محلول‌های دو جزئی با استفاده از توابع مازاد گیبز، کاربرد معادله گیبز- دوهم برای به دست آورده ضرایب اکتیویته، سازگاری داده‌های آزمایشگاهی معرفی معادلات ویلسون NRTL و UNIQUAC، توابع مازاد و امتزاج جزئی.
- تئوری‌های محلول‌ها: تئوری وان لارف تئوری- Hildebrand Scatchard، محاسبه انرژی از خواص مولکولی، تئوری فلوری-هاگینز، ضرایب اکتیویته محلول‌های مجتمع (Associated)
- حلالیت: حلالیت ایده آل گازها در مایعات: قانون هنری و اهمیت ترمودینامیکی آن، اثرات فشار بر حلالیت گازها، تخمین حلالیت گازها، حلالیت گازها در مخلوط حلال‌ها، حلالیت جامدات در مایعات.
- تعادلات فاز در فشارهای بالا: رفتار فازی در فشارهای بالا، آنالیز ترمودینامیکی، محاسبه تعادلات بخار و مایع در فشارهای بالا، تعادلات مایع، مایع و گاز- گاز

## مراجع

- Thermodynamics, H. B. Callen. John Wiley & Son
- Molecular Thermodynamics of Fluid- Phase Equilibria, Second Edition, J. M. Prausnitz, R. N. Lichtenthaler, E. Gomes De Azevedo, Prentice- Hall.
- Thermodynamics, 2nd Ed., Revised by K. S. Pitzer And L. Brewer, McGraw- Hill New York.
- The Principles Of Chemical Equilibrium, K. Denbigh, Cambridge Univ. Press (3rd Ed.)
- Classical Thermodynamics of Non- Electrolyte Solutions, H. C. Van Ness, Pergamon Press.
- Thermodynamics And Its Applications, M. Modell And R.C. Reid, Prentice Hall Inc.



درس پیش‌نیاز	اجباری	نوع درس	تعداد واحد	طراحی راکتور پیشرفته  ChE۴۰۱۰۲
			۳	
طراحی راکتور کارشناسی مهندسی شیمی	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آموزش مبانی سینتیک شیمیایی و طرح راکتور توسعه معادلات و حل آن‌ها برای راکتورهای دارای شرایط متفاوت

## سر فصل درس

- مروری بر سینتیک واکنش‌ها 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
- مدل‌های توزیع زمان اقامت در راکتورها، راکتورهای ناکامل
- راکتورهای ناپایدار: حالت گذر در راکتورهای مخلوط، راکتورهای لوله ای و غیره
- تئوری‌های انتقال جرم در سامانه‌های چند فازی
- سینتیک واکنش‌های چند فازی
- بررسی واکنش‌های چند فازی در راکتورهای ایده آل و ناکامل
- طرح راکتورهای ناهمگن: کانالیزورهای ناهمگون
- ظرایب تیل (Thiele) و تأثیر عامل مؤثر (Effectiveness) در کانالیزورهای جامد با اشکال هندسی مختلف
- انتقال حرارت و جرم در کانالیزورهای جامد منخلخل، طراحی راکتورهای کانالیزوری



## مراجع

- chemical Reaction Engineering O. Levenspiel (8/11/14 Chapters)
- chemical Engineering Kinetics. G. M. Smith (10/13) Chapters
- Fundamentals of Chemical Reaction Engineering C. D. Holland, R. G. Anthony (11 Chapter)
- Chemical Reactor Design, E. B. Nauman (4/11 Chapters)
- Chemical Reactor With Chemical Reaction G. Astarita (2/6 Chapters).



درس پیش‌نیاز ریاضیات مهندسی	اجباری	نوع درس	تعداد واحد	ریاضیات مهندسی پیشرفته ChE۴۰۱۰۳
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس آموزش مباحث پیشرفته ریاضیات بخصوص حل معادلات دیفرانسیل غیر خطی برو تحلیلی می‌باشد.

## سر فصل درس

- مروری بر تبدیل اپراتورها در سامانه‌های مختصات مختلف، انواع شرایط مرزی و انواع معادلات دیفرانسیل در مهندسی شیمی
- مروری بر ماتریس‌ها و خواص آن‌ها، تئوری اپراتور جهت حل دستگاه‌های معادلات دیفرانسیل
- مروری بر خواص حل معادلات خاص با رانج متغیر (معادلات بسل، لژاندر، لاگرانژ، هرمیت و جیبی شر) و بسط به سری‌های متعامد.
- حل معادلات دیفرانسیل پاره‌ای:
- جداسازی متغیرها، تبدیل معادلات غیر همگن، تبدیل شرایط مرزی همگن، نحوه حذف ترم‌ها جابجائی و منبع در معادلات دیفرانسیل پاره‌ای، روش‌های تبدیل انتگرالی (تبدیل سنوسی فوریه و تبدیل کسینوسی فوریه، تبدیل محدود سینوسی و محدوده کسینوسی، تبدیل لاپلاس، تبدیل هنگل)، استفاده از اصل Duhamel، مسائل بدون بعد، اصل برهمتس (Superposition) و حل مسائل پیچیده خطی، معادلات لاپلاس در مختصات کارترتین (دو بعدی و سه بعدی)، حل معادلات لاپلاس در مختصات استوان‌های (دو بعدی و سه بعدی، حل معادله لاپلاس در مختصات کروی (۲ بعدی)، معادله بواسون.
- استفاده از روش‌های تابع گرین (Green) جهت حل معادلات دیفرانسیل معمولی و پاره‌ای در مهندسی شیمی.



## مراجع

- Partial Differential Equations for Scientists And Engineers, S. J. Farlow, John- Wiley & Sins, Inc./ N. Y., ۱۹۸۲
- Mathematical Methods In Chemical Engineering/ V.G. Jenson & G. v. Jeffreys, Academic Press, N. Y., ۱۹۷۲
- Mathematical Methods in Chemical Engineering/ Vd./ & ۲, R. Aris And N.R. Amundson, Prentic- Hall, Inc./N.J./۱۹۳۷
- Partial Differential Equations, P. Duchateau. And D.W. Zachmann, Mc Graw- Hill, Inc/N.Y./ ۱۹۸۶.





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	محاسبات عددی پیشرفته ChE۴۰۱۰۴
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آموزش روش‌های محاسباتی پیشرفته برای حل مسائل مهندسی شیمی و تحفیق

## سرفصل درس

- مقدمه: معادلات دیفرانسیل در مهندسی شیمی، تقسیم بندی معادلات، کمبود روش‌های تحلیلی حل معادلات دیفرانسیل پاره ای غیر خطی.
- حل معادلات دیفرانسیل خطی: روش گاوس (Gauss)، گاوس جردن (Gauss-Jordan)، سامانه‌های سه قطری (Tri-diagonal)، روش معکوس ماتریس‌ها و غیره.
- روش‌های درون یابی و انتگرال: روش‌های درون یابی چند جمله ای (Polynomial)، روش مکعب Spline روش درون یابی دو بعدی و سه بعدی، روش‌های انتگرال (Bracketing & Bisection)، نیوتون رفسون (Newton-Raphson) و غیره.
- روش تفاوت محدود (Finite Difference): معادلات معمولی ارزش مرزی، معادلات دیفرانسیلی حاکم بر پدیده‌های انتقال، روش‌های بسط معادلات (Discretization)، روش‌های Shooting، روش‌های Relaxation، حل معادلات هدایت گرمایی، مش بندی (Grid Spacing)، شرایط فلوی مرزی مشترک، روش‌های ضریح و ضمتی، جریان‌های دو بعدی و سه بعدی در انتقال حرارت، حل معادلات دیفرانسیل با عبارت‌های جابجایی، روش‌های Power, Hybrid, Upwind, Exponential، حل معادلات مکانیک سیالات بروش تفاوت محدود، عبارت افت فشار در معادله حرکت و غیره.



- روش المان‌های محدود (Finite Element)، متد گالرکین (Galerkin)، متد باقیمانده‌های وزنی (Weighted residuals)، متد Collocation، متد Moment، روش‌های بسط معادلات (Discretization) متد صریح و ضمنی، روش‌های انتگرال زمانی، روش حل معادلات ناویر استوکس و غیره.

## مراجع

- Principles of Computational Fluid Dynamics (Springer Series in Computational Mathematics) by Dr. Ir. Pieter Wesseling, ۲۰۰۹
- Numerical Methods for Chemical Engineers with MATLAB Applications by Alkis Constantinides and Navid Mostoufi (Paperback- Apr. ۲۶, ۱۹۹۹)
- Numerical Solution of Partial Differential Equations in Science and Engineering, L. Lapidus and C. F. Pinder/ Wiley and Sons, New York, ۱۹۸۲



درس پیش‌نیاز	اجباری	نوع درس	تعداد واحد	مکانیک سیالات پیشرفته ChE۴۰۱۰۵
			۳	
مکانیک سیالات کارشناسی ریاضیات مهندسی	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				



## هدف

آموزش مبانی نظری مکانیک سیالات، انشعاق معادلات و روش‌های حل آن‌ها برای مسائل کاربردی سیالات در مهندسی شیمی

## سر فصل درس

- سینماتیک ( خطوط جریان، خطوط مسیر، (Streaklines)، مختصات اولری (Eulerian) و لاگرانژی (Lagrangian)، مشتق ماده (Material Derivative)، تئوری انتقالی رنولدز (Reynolds Transport Theory).
- معادلات اساسی مکانیک سیالات: معادل پیوستگی، توابع جریان در مختصات کارتزین، استوان‌های و کروی، معادله حرکت، سیالات کاملاً چسبنده، معادله انرژی، معادله برنولی.
- معادله ناویه استوکس (Navier-Stokes)
- انشعاق معادله، قرم بدون بعد معادله، آنالیز بعدی و مشابه سازی.
- سیالات غیر نیوتونی: نقش رئولوژی در مکانیک سیالات پیوسته، تقسیم بندی رفتار سیالات، وابستگی سیالات غیر نیوتونی به زمان معادلات قانونمند سیالات (constitutive Equation)
- جریان سیالات با عدد پایین رنولدز: معادله استوکس (Stokes)، تقریب جریان خزنده (Creeping)
- تئوری روان کاری (Lubrication Theory)
- جریان‌های غیر چسبنده (Inviscid) معادله اولر، تابع جریان و گرداب (Vorticity) و جریان پتانسیل دو بعدی، تابع پتانسیل، انطباق جریان پتانسیل، جریان یکنواخت، منبع، گرداب (Vortex)، جریان اطراف استوانه، جریان اطراف کره و غیره.
- تئوری لایه مرزی: تعاریف ضخامت‌های لایه مرزی، معادلات لایه مرزی، تقریب انتگرال مومنتوم (آنالیزوان کارمن)، جریان در یک صفحه مسطح (آرام و متلاطم)، جدایی لایه مرزی و غیره.

- جریان متلاطم: معادله متوسط زمانی پیوستگی، تنش‌های رینولدز، گران روی Eddy، جریان متلاطم در لوله، تئوری K-E  
جریان متلاطم، جریان متلاطم لایه مرزی.
- جریان اجسام غوطه‌ور: نیروهای درگ (Drag) و بالابر (Lift)، دراک اجسام متقارن دو بعدی و سه بعدی، درگ جریان آرام و متلاطم.
- جریان دو فاز: الگوهای مختلف جریان دو فاز، جریان صفحات موازی، جریان در لوله، روش Lockhart- Martinelli

## مراجع

- Transport Phenomena, Bird, Stewart, Lightfoot, Wiley (۲,۳,۴ Chapters)
- Fluid Mechanics, F. M. White, Second Edition, Mc Graw- Hill (۳,۴,۵,۶,۷,۸ Chapters)
- Process Fluid Mechanics, M. M. Denn, Peentice- Hall (۱۱,۱۲,۱۳,۱۶,۱۸ Chapters)
- Vectors, Tensors. And The Basic Equations of Fluid Mechanics, R, Aris (۱,۲,۳,۴ Chapters)
- Fundamental Mechanics of Fluids, I.G. Curric, Mc Graw- Hill (۱,۲,۳ Chapters)
- Boundary Layer Theory, Schlichting, ۷th Edition.



درس پیش‌نیاز انتقال حرارت و آزمایشگاه	اجباری	نوع درس	تعداد واحد	انتقال حرارت پیشرفته  CHE۴۰۱۰۶
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با روش‌های انتقال حرارت و اصول آن است.

## سر فصل درس

- فرمولاسیون کلی، انتگرال و دیفرانسیل: مروری بر تعاریف قوانین عمومی، فرمولاسیون انتگرال و دیفرانسیل معادله هدایت، شرایط اولیه و شرایط مرزی، روش فرمولاسیون، معادله انرژی (معادله تغییرات).
- روش‌های حل (استفاده از معادله انرژی): مسائل در حالت پایدار یک بعدی هدایت، پره، ترموکوپل اصل انطباق، سری‌های توانی، تابع بسل و خواص آن، سطوح توسعه یافته (پره‌ها، پره‌های میخی و ماریچ).
- مسائل دو بعدی و سه بعدی در حالت پایدار: جداسازی متغیرها، تابع اورتوگونال، مسائل ارزش مرزی، مسائل ارزش مشخصه اورتوگونال، تابع مشخصه، بسط یک تابع در یک سری تابع اورتوگونال، سری فوریه، حالت دو بعدی سیلندری پایدار، حل به روش سری فوریه، حالت سه بعدی پایدار.
- مسائل در حالت ناپایدار - لاپلاس.
- جابجایی: به دست آوردن معادلات انرژی، مومنتم و پیوستگی، معادلات انرژی، مومنتم پیوستگی در مورد لایه مرزی، جابجایی اجباری در جریان آرام، حل مسائل از طریق مشابهت، جابجایی اجباری در جریان درهم.
- تابشی: مفاهیم فیزیک تابشی، ضریب شکل هندسی، صفحات حقیقی، تابشی گازها





## مراجع

- Transport Phenomena, R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot.
- Conduction Heat Transfer, V. S. Arpachi
- Conduction Heat Transfer, M. N. Ozisik
- Conduction Heat Transfer, L. C. Bumeister
- Conduction Heat Transfer, A. Bejan
- Conduction Heat Transfer, Kakac and Yener



درس پیش‌نیاز انتقال جرم کارشناسی	اجباری	نوع درس	تعداد واحد	انتقال جرم پیشرفته  ChE۴۰۱۰۷
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با مانی و اصول انتقال جرم است.

#### سر فصل درس

- مروری بر نفوذ مولکولی، نفوذ مولکولی در حالت ناپایدار (در کره و در سطح) ساز و کار انتقال جرم (مروری بر نظریه دو فیلمی)
- نظریه نفوذ عمقی، نظریه نفوذ عمقی با تجدید سطوح اتفاقی، نظریه فیلم، نفوذ عمقی.
- انتقال جرم در جریان آرام: لایه مرزی روی صفحه سطح جابجایی آرام در صفحه عمودی، انتقال جرم بین دو جریان همسوی غیر قابل انحلال، انتقال جرم در فیلم سقوط آزاد مایعات، انتقال جرم بین فاز گازی و فیلم سقوط آزاد مایعات در لوله‌ها، انتقال جرم بین دو صفحه سطح موازی انتقال جرم بین دو استوانه هم محور.
- انتقال جرم در جریان درهم: لایه مرزی در صفحه و سطح، جابجایی طبیعی روی صفحه عمودی، انتقال جرم در سقوط آزاد فیلم، مشابهت بین انتقال جرم و انتقال مومنتم.
- انتقال همزمان جرم و حرارت
- انتقال همزمان جرم و واکنش شیمیایی
- عملکرد را فرمانی دستگاه‌های انتقال جرم: طراحی ستون‌های آکنده، سینی دار، مخازن مجهز به همزن، برج‌های خنک کننده.



## مراجع

- Transport Phenomena, Bird, Stewart, And Lightfoot, John Wiley
- Diffusion: Mass Transfer In Fluid Systems, E. L. Cussler, Cambridge University Press.
- Diffusional Mass Transfer, by A. H. P. Skelland
- Mass Transfer, by T. K. Sherwood & R. L. Piford Mc grow Hill ۱۹۷۵.



درس پیش‌نیاز کاربرد ریاضیات در مهندسی شیمی	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد ۳	پدیده‌های انتقال در محیط‌های متخلخل  ChE۴۰۲۰۱
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت ۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>				
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس، فراهم آوردن دانش پایه‌های و پیشرفته در رابطه با اصول جریان سیال و انتقال جرم و حرارت در محیط متخلخل می‌باشد.

## سرفصل درس

- مشخصه‌یابی محیط متخلخل؛ ویژگی‌های ماکروسکوپی، ویژگی‌های میکروسکوپی، مدل‌های شبکه‌ای
- جریان سیال در محیط متخلخل؛ جریان از طریق لوله موئین، جریان از طریق شبکه‌ای از موئین‌ها، جریان از طریق محیط متخلخل
- انتقال جرم در محیط متخلخل؛ مفاهیم و تعریف‌ها، ساز و کار انتقال جرم (فرایند نفوذ، فرایند یخش، فرایند جا به جایی، فرایند جذب سطحی و نگاه‌داشت)، موازنه کلی انرژی، معادله پیوستگی
- انتقال حرارت در محیط متخلخل؛ مفاهیم و تعریف‌ها، ساز و کار انتقال حرارت (فرایند جا به جایی، فرایند هدایت)، موازنه کلی انرژی، معادله پیوستگی

## مراجع

- Bird, B. R., Stewart, W. E., Lightfoot, E. L., "Transport Phenomena", John Wiley & Sons, ۱۹۶۰.
- Prats, M., "Thermal Recovery", SPE Monograph, ۱۹۸۲.
- Burmeister, L. C., "Convective Heat Transfer", John Wiley & Sons, ۱۹۸۳.
- Green, D. W., Willhite, G. P., "Enhanced Oil Recovery", SPE Monograph, ۱۹۹۸.



درس بیش‌نیاز کاربرد ریاضیات در مهندسی شیمی	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	انتقال جرم چند جزئی  ChE۴۰۲۰۲
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

هدف از این درس، آشنایی دانشجویان با تئوری‌های جدید، مدرن و ابتکاری انتقال جرم چند جزئی می‌باشد.

#### سرفصل درس

- قوانین انتقال جرم فیک
- انتقال جرم ماکسول-استفان
- نیروهای محرکه
- مثال دو جزئی
- مثال سه جزئی
- غیر ایده آلیتی
- ضرایب انتقال
- الکترولیت

#### مراجع

- Goodarznia, Iraj, Multicomponent Mass Transfer, Markaz-e-Nashr, ۲۰۰۷.





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	مدل‌سازی و مشابه سازی  ChE۴۰۲۰۳
			۳	
کاربرد ریاضیات در مهندسی شیمی	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس، فراهم آوردن دانش کلی از مدل‌سازی ریاضی و شبیه‌سازی کامپیوتری مسائل مهندسی شیمی می‌باشد. در این درس تأکید بر شبیه‌سازی دینامیکی است اما با این وجود شبیه‌سازی حالت پایا نیز مدنظر قرار می‌گیرد. در این درس به جای استفاده از نرم افزارهای تجاری، بر کد نویسی متمرکز می‌شود.

## سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر مدل‌سازی و شبیه‌سازی؛ اهمیت شبیه‌سازی در آنالیز مسائل مهندسی شیمی، سامانه‌های متمرکز (Lumped) و توزیع یافته (distributed)، سامانه‌های حالت پایا و گذار، برنامه‌نویسی چند-سطحی.
- مروری بر روش‌های عددی حل دستگاه معادلات جبری و دیفرانسیلی
- ساختار مدل‌های ریاضی؛ مدل‌سازی پای‌های، اصول مدل‌سازی، الگوریتم cause-and-effect، فلو دیاگرام
- ساختار macro-program برای شبیه‌سازی دینامیکی مسائل مهندسی شیمی
- محاسبات پای‌های تعادل بخار-مایع شامل نقطه جوش، نقطه شبنم، فلش و مایع کردن (condensation)
- مثال و مطالعه موردی سامانه‌های دینامیک سیال، سینتیک واکنش و طراحی راکتور

## مراجع

- R. G. E. Franks, "Modeling and Simulation in Chemical Engineering", Wiley, ۱۹۷۳.
- W. Luyben, "Modeling, Simulation and Control in Chemical Engineering", ۳<sup>rd</sup> Ed., McGraw-Hill, ۱۹۹۰.



درس پیش‌نیاز کاربرد ریاضیات در مهندسی شیمی	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	بهینه‌سازی  ChE۴۰۲۰۴
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس، ایجاد مهارت کافی در دانشجویان در بهینه‌سازی مسائل مهندسی شیمی می‌باشد. مطالب ارائه شده در این درس کمک خواهد کرد تا دانشجویان بتوانند بر مبنای مدل‌سازی، تعریف تابع هدف و یافتن روشی جهت بهینه‌سازی استاتیکی و دینامیکی عمل کنند.

## سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر فرمولاسیون بهینه‌سازی
- مروری بر ریاضیاتی که دانش آن‌ها برای بهینه‌سازی ضروری است.
- روش‌های بهینه‌سازی استاتیکی بدون اعمال قید
- روش‌های بهینه‌سازی استاتیکی با اعمال قید
- بهینه‌سازی دینامیکی، Variational approach
- کاربرد و مطالعات موردی
- مباحث پیشرفته



## مراجع

- Rao, S. S., "Optimization, Theory & Applications", 3<sup>rd</sup> Ed., Wiley Eastern Ltd., Reprint: ۲۰۰۴.
- Edgar, T. F. and D. M. Himmelblau, "Optimization of Chemical Processes", McGraw-Hill Int., ۱۹۸۴.
- Denn, M. M., "Optimization by Variational Methods", McGraw-Hill, NY, ۱۹۶۹.
- Pontryagin, L. S., et al, "The Mathematical Theory of Optimal Processes", Wiley & Sons, NY, ۱۹۶۲.
- Pike, R. W., "Optimization for Engineering Systems", Van Nostrand Reinhold Co. Inc., ۱۹۸۶.
- Nocedal, J. and Wright, S. J., "Numerical Optimization" Secaucus, N. J., USA: Springer-Verlag NY, Inc., ۱۹۹۹.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	شیمی-فیزیک پیشرفته پلیمرها  ChE۴۰۳۰۱
			۳	
	تظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				



## هدف

هدف از این درس آشنایی دانشجویان این رشته با اصول و مبانی علم شیمی و ساختار شیمیایی مواد است.

## سرفصل درس

- اصول علمی شیمی فیزیک پلیمرها- نظریات اصولی وزن مولکولی و توزیع آن- اندازه و شکل فضایی و ارتباط آن با هیدرودینامیک پلیمرها
- اثر ساختار شیمیایی و خواص پلیمرها- اثر دما در پلیمرها- ارتباط ساختار پلیمرها با دما و کاربرد آن در ساخت
- وزن مولکولی، اندازه و شکل- اندازه و ذرات و ساختار فضایی پلیمرها- حجم آزاد و میزان بندی- گرانیروی پلیمرها در محلول- حجم هیدرودینامیکی پلیمرها و استفاده از آن در معادلات محلول‌های پلیمری- نظریه‌های فلوری وهاگینز و مدل‌های گرانیروی در پلیمرها
- وزن مولکولی پلیمرها- ویژگی‌های محلول‌های پلیمری- فوگاسیته و محاسبه وزن مولکولی از اسمومتری
- ترمودینامیک- ترمودینامیک و کاربرد آن در محاسبه وزن مولکولی- کروماتوگرافی ژلی (GPC) و محاسبات وزن مولکولی- اولتراسانتریفیوژ و محاسبات وزن مولکولی- روش‌های توری (LS) و اندازه پلیمرها- کاربرد وزن مولکولی و اهمیت آن در ساخت و خواص
- ترمودینامیک محلول‌های پلیمری- محاسبه انرژی آزاد گیبس و گیبس-دوهم- تئوری شبکه فلوری و معادله فلوری وهاگینز- تئوری حجم آزاد و محاسبات انتالی-انتروپی و اندرکنش-حلالیت در پلیمرها و تئوری و محاسبات آن- کاربرد ترمودینامیک محلول‌های پلیمری در ساخت سامانه‌های پلیمری و معادلات سنچز-لاکم (SLE)
- تئوری الاستیسیته- محاسبات مولکولی الاستیسیته- ارتباط مولکولی پلیمرها با کشش و تنش‌های الاستیسیته- ولکانیزاسیون در پلیمرها و تئوری آن- کاربرد و محاسبات الاستیسیته

- بلورینگی در پلیمرها- انرژی و سرعت بلورینگی- انتقال شیش‌های در پلیمرها و معادلات ترمودینامیکی آن- کاربرد بلورینگی در ساخت و خواص پلیمرها
- نفوذ در پلیمرها- انتقال جرم در پلیمرها- محاسبات نفوذ در محلول‌های پلیمری و گازها و پلیمرها- نظریه ادواردز و دویی
- هیدرودینامیک و دینامیک پلیمرها- نظریات راز و ادواردز و دیجین- محاسبات راز و ویسکوزیته پلیمرها و گره خوردگی و بیشترین زمان استراحت در مولکول‌های پلیمری- محاسبه معادلات مولکولی گرانیروی "راز" از معادلات بیوستگی- محاسبه انرژی ذخیره و اتلاف و کاربرد آن

## مراجع

- A. Kumar and R. Gupta, Fundamentals of Polymers, MCG, ۱۹۹۸-۲۰۰۲.
- H.G. Ellias, An Introduction in Polymer Science, JW, ۱۹۹۹
- Other Texts: Sun, Physical Chemistry of Macromolecules, ۲۰۰۴.
- Probestein, Physiochemical Hydrodynamics, ۱۹۹۴.





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	رئولوژی پیشرفته پلیمرها ChE۴۰۳۰۲
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی دانشجویان با مسائل مرتبط با رئولوژی پلیمرها است.

## سرفصل درس

- مفدهای بر رئولوژی پلیمرها
- وابستگی گرانروی به سرعت برشی (Power law, Yasuda, Cross, Carreau, ...)
- تنسور تغییر فرم برای تغییر فرم‌های کوچک
- ۱- ویسکوالاستیسنه خطی:
  - برش نوسانی با دامنه کم
  - بیان ریاضی انواع تغییر شکل‌های برشی و کششی تک محوره و دومحوره در تغییر شکل‌های خطی
  - تئوری‌های ملکولی (Rouse, Zimm, Bueche)
  - مدل (Doi-Edwards) Tube (فرضیات (IAA, Rigid), زمان‌های ریلکسیشن)
  - سایر ساز و کارهای رهایش از تنش
  - تعیین کیفی و کمی ساختارهای ملکولی با استفاده از ویسکوالاستیک خطی
- ۲- ویسکوالاستیک غیر خطی:
  - تنسور Invariants, Finger, Cauchy
  - بیان ریاضی انواع تغییر شکل‌های برشی و کششی تک محوره و دومحوره در تغییر شکل‌های غیرخطی
  - Rubber-Like Liquid (Lodge Model)
  - Rubber-Like Liquid در انواع تغییر شکل‌های برشی
  - Rubber-Like Liquid در انواع تغییر شکل‌های کششی



- مدل BKZ در انواع تغییر شکل‌های برشی و کشش
- معادله واگنر و تابع دمپینگ (تفکیک پذیری و ...)
- انواع توابع دمپینگ تجربی و تئوری
- ۳- مسایل متفرقه در رئولوژی پلیمرها:
- وابستگی گرانیروی به درجه حرارت
- Cox-Merz Rule
- روش‌های عملی انجام آزمون‌های رئولوژیکی
- پیشرفت‌های اخیر در رئومترهای برشی و کششی (تک محوره و دومحوره)

## مراجع

- Dealy J. M. and Wissbrun, K. F.; "Melt Rheology and Its Role in Plastics Processing"; Van Nostrand Reinhold: New York, (۱۹۹۹)
- Dealy J. M. and Larson R. G.; "Structure and Rheology of Molten Polymers: From Structure to Flow Behavior and Back Again" Hanser Gardner (۲۰۰۶)
- Bird R. B.; Armstrong R. C.; Hassager O.; "Dynamics of Polymeric Liquids"; ۲<sup>nd</sup> Ed. Wiley Interscience Publication (۱۹۸۷) Vol. ۱
- Larson R. G. "The structure and rheology of complex fluids" Oxford university Press (۱۹۹۹)
- Larson R. G. "Constitutive equations for polymer melts and solutions" Butterworths London (۱۹۸۸)



درس پیش‌نیاز	اختیاری	تعداد واحد	خواص مهندسی پلیمرها  ChE۴۰۳۰۳
		۳	
	نظری	تعداد ساعت	
		۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>			

## هدف

هدف آشنایی با پلیمرها، اصول و خواص مختلف آن‌ها می‌باشد.

## سرفصل درس

- مقدمه:
  - تعریف پلیمرهای جامد و خواص آن‌ها
  - نظریه محیط‌های پیوسته و مروری بر تئورها
- تنش و کرنش در یک محیط پیوسته:
  - سینماتیک محیط پیوسته از دیدگاه لاگرانژی و اوبلری
  - تغییر فرم‌های کوچک و تئورهای تغییر فرم و کرنش
  - قانون تجزیه قطبی و تئورهای تغییر فرم بزرگ کوشی، فینگر و کرنش<sup>۲</sup> های لاگرانژی و اوبلری
  - نیروهای داخلی در محیط پیوسته و مفهوم تنش
  - تئورهای تنش کوشی و بیولاکروف ۱ و ۲
- معادلات حالت برای مواد الاستیک جامد:
  - جامدات الاستیک، ایزوتروپیک، و خطی
  - جامدات الاستیک و ایزوتروپیک تحت تغییر فرم‌های بزرگ
  - توابع انرژی کرنشی و روابط تنش-کرنش غیر خطی



○ مثال‌هایی از روابط تنش- کرنش غیر خطی در پلیمرهای غیر قابل تراکم

• خواص ویسکوالاستیک پلیمرهای جامد:

- رفتار ویسکوالاستیک گذرا (خزش و آسودگی از تنش)
- رفتار ویسکوالاستیک شبه پایدار (رفتار دینامیکی- مکانیکی)
- مدل‌های ویسکوالاستیک خطی و اصل برهم‌نش بولتزمن
- رفتار ویسکوالاستیک غیر خطی در کامپوزیت‌های پلیمری
- اصل برهم‌نش زمان و درجه حرارت

• رفتار پلاستیک پلیمرها:

- رفتار تسلیم در مواد پلاستیک و معیارهای تسلیم ترسکا و وان میسس
- رفتار تسلیم در پلیمرها: اثر فشار هیدرواستاتیک و غیرهمگرایی
- مقدمه‌ای بر معادلات حالت برای پلاستیک‌ها: پلاستیک ایده‌ال

• رفتار شکست پلیمرها:

- مکانیک شکست خطی و نظریه گریفیت
- آنالیز تعیین نرخ انرژی آزاد شده کرنشی در شکست
- آنالیز فاکتور شدت تنش در شکست
- اندازه‌گیری انرژی پارگی و استحکام پارگی در پلیمرها

• مقاومت به ضربه و خستگی در پلیمرها:

- مقاومت به ضربه در پلیمرها
- مقاومت به خستگی تحت بارهای دینامیکی و حرارتی
- معادلات رشد ترک در خستگی مکانیکی

## مراجع

- Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium, L. E. Malvern, Prentice-Hall, Inc., ۱۹۸۷.
- Mechanical Properties of Solid Polymers, I.M. Ward & D. W. Hadley, Wiley, ۲۰۰۵
- Introduction to Polymer Viscoelasticity, M.T. Shaw, ۲۰۰۵.
- Fracture Behavior of Polymers, A. J. Kinloch, Elsevier, ۱۹۸۵



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	مهندسی فرایندهای پلیمریزاسیون  $ChE.40304$
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>				
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				



## هدف

هدف از این درس آشنایی با واکنش‌های پلیمریزاسیون و انواع آن است.

## سرفصل درس

- مروری بر واکنش‌های پلیمریزاسیون
  - تفاوت واکنش‌ها و راکتورهای پلیمر با کوچک مولکول‌ها
  - پلیمریزاسیون مرحله‌ای: انواع، مراحل، سینتیک، فرضیات مثال‌هایی از پلیمرهای مرحله‌ای
  - پلیمریزاسیون زنجیره‌ای: رادیکالی، کاتیونی و آنیونی شامل مراحل، سینتیک، فرضیات و مثال‌هایی از پلیمرها زنجیره‌ای
  - کوپلیمریزاسیون: ترکیب، توزیع ترکیب، ترتیب و سینتیک
- مهندسی فرایندهای پلیمریزاسیون
  - معرفی متغیرهای فرایند-سامانه‌های فاز مایع، شرایط واکنش، نوع و شکل راکتورهای پلیمریزاسیون
  - مقدمه‌ای بر راکتورهای شیمیایی: موازنه جرم و انرژی در راکتورهای ناپوسته، نیمه پیوسته، پیوسته CSTR و لوله‌ای
  - پلیمریزاسیون زنجیره‌ای در راکتورهای ناپوسته و نیمه پیوسته: مسایل و بسکوزیته، انتقال حرارت، بهینه‌سازی



### زمان واکنش

- پلیمریزاسیون فاز مایع استایرین در راکتورهای لوله‌ای: موازنه جرم و انرژی در جریان لایه‌ای، اثر دما و هندسه لوله بر کیفیت پلیمر
  - پلیمریزاسیون زنجیره ای در راکتورهای پیوسته CSTR: موازنه جرم و انرژی، اثر اختلاط (HCSTR, SCSTR)، انتقال حرارت، و زمان اقامت بر کیفیت پلیمر
- مدل‌سازی ریاضی واکنش‌های پلیمریزاسیون در راکتور ناپیوسته

- مروری بر روش‌های مدل‌سازی و روش‌های نمایش وزن مولکولی، توزیع وزن مولکولی و ممان‌های آن
- حل دستگاه معادلات سینتیکی برای پلیمریزاسیون آنیونیک ایده ال، مرحله ای ایده ال، و زنجیره ای برای حصول، درجه تبدیل، وزن مولکولی، توزیع وزن مولکولی و ممان‌های آن بر اساس متغیرهای سامانه
- روش حل ممان
- روش انتگرال گیری مستقیم و تقریب متغیر پیوسته
- روش تبدیل غیر پیوسته: معرفی توابع مولد و خواص آن
- کاربرد توابع مولد برای مثال‌هایی از انواع پلیمریزاسیون
- کاربرد توابع مولد برای مثال‌هایی از انواع پلیمریزاسیون
- کاربرد توابع مولد برای مثال‌هایی از انواع پلیمریزاسیون

• مدل‌سازی ریاضی واکنش‌های پلیمریزاسیون در راکتور پیوسته-اثر نوع و شکل راکتور

- راکتورهای HCSTR - معرفی زمان اقامت، توزیع زمان اقامت و عدد بدون بعد دامکپلر
- حل دستگاه معادلات سینتیکی برای پلیمریزاسیون آنیونیک ایده ال برای حصول، درجه تبدیل، وزن مولکولی، توزیع وزن مولکولی و ممان‌های آن و مقایسه با راکتور ناپیوسته
- حل دستگاه معادلات سینتیکی برای پلیمریزاسیون مرحله ای ایده ال برای حصول، درجه تبدیل، وزن مولکولی، توزیع وزن مولکولی و ممان‌های آن و مقایسه با راکتور ناپیوسته
- حل دستگاه معادلات سینتیکی برای پلیمریزاسیون رادیکالی برای حصول، درجه تبدیل، وزن مولکولی، توزیع وزن مولکولی و ممان‌های آن و مقایسه با راکتور ناپیوسته
- اختلاط در فرایندهای پلیمریزاسیون و معیارهای محاسبه اندازه و شدت جدایی فازها
- راکتورهای SCSTR - اثر جدایی فاز بر کیفیت پلیمر به روش آنیونیک ایده ال، مرحله ای ایده ال، و رادیکالی
- روش محاسبه درجه تبدیل، وزن مولکولی، توزیع وزن مولکولی، و ممان‌های آن در راکتور SCSTR
- مدل‌سازی در راکتورهای لوله‌ای PFR و تاثیر جریان برگشت
- مدل‌سازی در راکتورهای نیمه پیوسته برای پلیمریزاسیون مرحله ای با خروج محصول جانبی
- پارامترهای بیش بینی کیفیت پلیمرهای تولیدی در راکتورهای مختلف و مقایسه آن با نتایج تجربی



• پلیمریزاسیون غیرهمگن

- تعریف انواع پلیمریزاسیون‌های غیرهمگن
- پلیمریزاسیون امولسیون: شرح فرایند، مکانیزم، و اجزاء واکنش‌های رادیکالی
- سینتیک، اندازه ذرات، توزیع اندازه ذرات و بیش‌بینی آن در راکتور نابیوسته
- سینتیک، اندازه ذرات، توزیع اندازه ذرات و بیش‌بینی آن در راکتور پیوسته CSTR

مراجع

- مبانی مهندسی پلیمریزاسیون-واکنش‌های پلیمریزاسیون، جلد دوم، تألیف دکتر وحید حدادی اصل، ۱۳۸۰.
- "Polymerization Process Modeling" by Dotson, Galvan, Laurence, and Tirrell, VCH, ۱۹۹۶.
- "Principles of Polymer Production Processes and Modeling", ۶<sup>th</sup> annual intensive short course, Greece, ۱۹۹۱.
- "Fundamentals of Polymers" by Kumar and Gupta, Mc. Graw-Hill, ۱۹۹۸.
- "On the Mathematical Modeling of Polymerization Reactors", by W. H. Ray, J. Macromol. Chem., C۸(۱), ۱-۵۶, ۱۹۷۳.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	ساختار و خواص فیزیکی و مکانیکی پلیمرها  ChE۴۰۳۰۵
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

آشنایی دانشجویان با اصول مکانیک جامدات و خواص فیزیکی پلیمرها می‌باشد.

#### سرفصل درس:

- مقدمه اصول مکانیک جامدات
  - تعریف مواد مهندسی
  - پاسخ پلیمرها به محرک‌های مختلف
- تسلیم و ناپایداری در پلیمرها
  - رفتار تنش-کرنش
  - انتقال رفتار نرم-شکننده
  - گردنه ای شدن و تنش نهایی
  - معیارهای تسلیم
- تفسیر مولکولی و پیش‌بینی خواص پلیمرها
  - اصول ارتباط ساختار خواص پلیمرها
  - تبلور و اثر آن بر خواص پلیمرها
  - اثر ریزساختار بر ویسکوالاستیسیته پلیمرها



- میانی مولکولی ترک خوردگی و تسلیم برشی پلیمرها
  - ترک خوردگی
  - تسلیم برشی
  - مقاومت به ترک خوردگی در اثر تنش‌های محیطی
- پدیده شکست
  - دیدگاه‌های مختلف به مسئله شکست پلیمرها
  - فاکتور شدت تنش
  - رفتار عمومی شکست پلیمرها
- خواص دینامیکی-مکانیکی پلیمرها
  - تاثیر جرم مولکولی، تبلور و مورفولوژی
  - تاثیر نرم کننده
  - تاثیر استحکام نیروهای بین مولکولی
  - انلافات ثانویه
- شبکه‌ها و زل‌های پلیمری
  - زل شدن: مفاهیم و تعاریف
  - نقطه زل شدگی و ترکیب درصد سل-زل
  - رابراالاستیسیتی
  - سازوکارهای اتلاف انرژی الاستومرها
- خواص فیزیکی پلیمرها
  - خواص حرارتی
  - خواص سطحی
  - خواص الکتریکی
  - خواص نوری



## مراجع

- An Introduction to the Mechanical Properties of Solid Polymers, I. M. Ward and J. Sweeney, Wiley, 2<sup>nd</sup> Edition, 2004.
- The Physics of Polymers: Concepts for Understanding their Structures and Behavior, G. Strobl, Springer, 2007.
- Polymer Physics, M. Rubinstein and R. H. Colby, Oxford University Press, 2003.
- Fracture Behavior of Polymers, A. J. Kinloch, Elsevier, 1985.
- Polymer Viscoelasticity: Basics, Molecular Theories and Experiments, Y. H. Lin, World Scientific

درس پیشنهادی	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	فرایندهای شکل دهی پلیمرها  ChE۴۰۳۰۶
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

### هدف

هدف از این درس آشنایی با شکل دهی پلیمرها و انواع مختلف آن می باشد.

### سرفصل درس

• مقدمه:

- تبیین ریاضی معادلات بقا (جرم، نیرو و انرژی)
- تبیین ریاضی معادلات حالت
- حل مسئله روانکاری و قالب‌های ساده (Lubrication App)

• اکسترودر با تک ماردون:

- معرفی اجزای اکسترودر با تک ماردون
- ارایه و آنالیز مدل ناحیه پمپ
- ارایه و آنالیز مدل ناحیه حرکت جامد
- ارایه و آنالیز مدل ناحیه ذوب
- محاسبه انرژی و بالانس با حدیده

• خط تولید ورق:

- معرفی تجهیزات تولید ورق
- ارایه و آنالیز مدل پیش قالب





- ارابه و آنالیز مدل دستگاه دو غلطک
- ارابه و آنالیز مدل کشش ورق

• خط تولید فیلم چند لایه:

- معرفی تجهیزات تولید فیلم
- ارابه و آنالیز مدل قالب فیلم چند لایه
- ارابه و آنالیز مدل کشش و کشنده فیلم

• خط تولید کابل:

- معرفی خط تولید کابل
- ارابه و آنالیز مدل قالب تولید کابل

• خط پوشش دهی:

- معرفی خطوط پوشش دهی (غلطکی، تیغ‌های و آزاد)
- ارابه و آنالیز مدل غلطک و ورق
- ارابه و آنالیز مدل دستگاه تیغه و ورق
- ارابه و آنالیز مدل پوشش دهی آزاد

• خط ریسندگی الیاف:

- معرفی تجهیزات تولید الیاف
- ارابه و آنالیز مدل قالب
- ارابه و آنالیز مدل جریان
- ارابه و آنالیز مدل کشش

• دستگاه تزریق پلاستیک:

- معرفی دستگاه تزریق پلاستیک
- ارابه و آنالیز مدل راتر
- ارابه و آنالیز مدل قالب صفحه‌های
- ارابه و آنالیز مدل قالب دایره مرکزی
- بالانس نمودن قالب چند حفره‌ای

• دستگاه ترموفرمینگ:

- معرفی دستگاه ترموفرمینگ
- ارابه و آنالیز مدل قالب ساده ترموفرمینگ

• دستگاه پرس:

- معرفی دستگاه پرس



○ ارایه و آنالیز مدل قالب پرس (جریان از مرکز)

## مراجع

- Polymer Processing Principle and Design D. G. Baird and D.I. Collias, Butterworth-Heinemann, ۱۹۹۵
- Principles of Polymer Processing, ۲<sup>nd</sup> edition Z. Tadmor and C.G. Gogos, John Wiley & Sons, ۲۰۰۶.



درس پیش نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	طراحی و تکنولوژی قطعات لاستیکی  ChE۴۰۳۰۷
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف:

آشنایی با اصول و مبانی طراحی قطعات لاستیکی است.

#### سرفصل درس

- مقدم‌های بر آمیزه‌کاری لاستیک
  - الاستومرها
  - واکنش لاستیک
  - پرکننده‌ها و دیگر مواد افزودنی
- مدول و خواص مکانیکی لاستیک‌های پر شده
  - خواص الاستیک غیرخطی لاستیک‌ها (هایپرالاستیسیت)
  - خواص ویسکوالاستیک غیرخطی لاستیک‌ها
- استحکام لاستیک
  - تقویت لاستیک با پرکننده‌های تقویتی
  - نانو کامپوزیت‌های لاستیکی
  - شکست، خستگی و ازکارافتادگی در لاستیک‌ها
  - عوامل هندسی و فرایندی در استحکام لاستیک
- دوام پذیری لاستیک‌ها



- عوامل فیزیکی و شیمیایی در دوام پذیری لاستیک‌ها
- خزش، رهایی از تنش، و پسماند
- اثرات دما، عوامل شیمیایی و محیطی
- اصطکاک و سایش در لاستیک‌ها
  - سازوکارهای اصطکاک در لاستیک‌ها
  - اثرات بار، سرعت و زبری سطح بر اصطکاک لاستیک‌ها
  - سازوکارهای سایش در لاستیک‌ها
  - ارتباط سایش با شکست سطحی در لاستیک‌ها
- اصول طراحی قطعات لاستیکی
  - پوشینگ‌ها و ضربه گیرها در بارگیری فشاری و برشی (استاتیکی)
  - لرزه‌گیرها و جداگرهای دینامیکی
- طراحی قطعات لاستیکی با آنالیز المان‌های محدود
  - توانایی‌ها و عملکردهای آنالیز المان‌های محدود در طراحی قطعات لاستیکی
  - اجزاء یک مدل المان‌های محدود
  - مثال‌هایی از آنالیز المان‌های محدود برای کاربردهای لاستیکی
- آزمون‌های لاستیک
  - آزمون‌های کوتاه مدت برای خواص تنش-کرنش
  - آزمون‌هایی برای خواص دینامیکی لاستیک
  - آزمون‌های اندازه‌گیری اصطکاک و سایش لاستیک
  - آزمون‌های خزش، آسودگی از تنش، و پسماند مکانیکی در لاستیک
- ساختار و طراحی تایر
  - عملکردهای تایر
  - اجزاء اصلی تایر
  - کامپوزیت‌های لاستیک-الیاف
- تکنولوژی فرایند قطعات لاستیکی
  - تکنولوژی فرایند تسمه نقاله‌های لاستیکی
  - تکنولوژی فرایند کابل‌ها و شیلنگ‌های لاستیکی
  - تکنولوژی فرایند ضربه‌گیرها و جداگرهای لاستیکی
  - تکنولوژی فرایند غلتک‌های لاستیکی
  - تکنولوژی فرایند درزگیرها، چسب‌ها، لاتکس‌ها، و اسفنج‌های لاستیکی
  - تکنولوژی فرایند وسایل ورزشی و زیره کفش لاستیکی



## مراجع

- Engineering with Rubber-How to Design Rubber Components, ed. A. N. Gent, Hanser, ۲۰۰۰.
- Engineering with Polymers, P. C. Powell, ۱۹۸۳
- Mechanical Properties of Solid Polymers, I.M. Ward & D. W. Hadley, Wiley, ۲۰۰۴.
- Rubber Spring Design, E. F. Gobel, John Wiley, ۱۹۷۴.
- Rubber Products Manufacturing Technology, A. K. Bhowmick, M. Dekker, NY ۱۹۹۴.





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	پلاستیک‌های تقویت شده با الیاف (کامپوزیت)  ChE۴۰۳۰۸
			۳	
نظری	نوع واحد	تعداد ساعت		
		۴۸		
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف آشنایی با کامپوزیت‌ها و تحلیل انواع مختلف آن‌ها است.

## سرفصل درس

- پیشینه تاریخی تکامل تدریجی مواد، ملزومات اساسی سازه‌ها، تعاریف و تقسیم‌بندی کامپوزیت‌ها
- تحلیل میکروسکوپی و ماکروسکوپی کامپوزیت‌ها، تحلیل سفتی تک لایه، تک لایه همسانگرد، تک لایه غیر همسانگرد و ارتوتروپیک، انتقال خواص الاستیک
- تحلیل استحکام تک لایه، تک لایه همسانگرد، تک لایه غیر همسانگرد و ارتوتروپیک، معیارهای ساقط شدگی، گزینش معیار مناسب
- تحلیل کامپوزیت‌های حاوی الیاف کوتاه، کامپوزیت‌های تقویت شده با ریبون
- چند لایه‌ها، انواع، معادلات قانون‌مند (مشخصه) چند لایه‌ها
- تحلیل سفتی چند لایه‌ها، تخمین خواص الاستیک
- تحلیل استحکام چند لایه‌ها، اولین و آخرین تک لایه ساقط شده، تخمین استحکام چند لایه‌ها
- کرنش‌ها و تنش‌های حرارتی، رطوبتی و هردو باهم، تنش‌های پسماند
- روش‌های جدید شکل‌دهی و طراحی کامپوزیت‌ها
- نانو کامپوزیت‌ها



## مراجع

- Agarwal, B.D., and Broutman, L.J., Analysis and Performance of Fiber Composites, ۲<sup>nd</sup> Edition, Wiley, ۱۹۹۰.
- Jones, R.M., Mechanics of Composite Materials, ۲<sup>nd</sup> Edition, Library of Congress Cataloging-in-publication Data, ۱۹۹۹.
- Matthews, F.L., and Rawlings, R.D., Composite Materials; Engineering and Science, Chapman & Hall, ۱۹۹۴.
- Mallick, P.K., Fiber Reinforced Composites; Materials, Manufacturing and Design, CRC Press Taylor and Francis Group, LLC, ۲۰۰۸.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	پدیده‌های انتقال در سامانه‌های پلیمری  ChE۴۰۳۰۹
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف آشنایی دانشجویان با پدیده‌های انتقال در سامانه‌های پلیمری و اصول و مبانی آن‌هاست.

## سرفصل درس

- بردارها و تانسورها (بارآوری)
  - تعاریف بردار و تانسور (notation)
  - بردارهای مکان
  - توابع برداری
- خواص انتقال در پلیمرها
  - خواص حرارتی
  - خواص پخت
  - خواص رئولوژیکی
  - نفوذ و ضرایب آن
  - خواص سایشی
- انتقال جرم
  - انتقال جرم در سامانه‌های پلیمری
  - انتقال جرم در سامانه‌های پلیمری در حضور الیاف و برگرفته
  - نفوذ و ساز و کارهای انتقال جرم



- انتقال بین سطحی در سامانه‌های چند جزئی
- انتقال ممنتوم
  - ساز و کارهای انتقال ممنتوم
  - سیالات نیوتنی و غیر نیوتنی
- انتقال انرژی
  - ارتباط شار حرارتی و گرادیان درجه حرارت
  - هدایت حرارتی و مکانیسم انتقال انرژی
  - شرایط مرزی حرارتی
  - انتقال انرژی و بخت
  - گرمایش و سرمایش در سامانه‌های پلیمری
- قوانین Constitutive و کاربردهای آنها
  - سینتیک واکنش، شار حرارتی، ویسکوزیته، تنش و نرخ کرنش
- ابرسازی (Foaming)
  - مقدمه
  - مکانیسم‌های ایجاد ابر
  - خواص
- مخلوط‌های پلیمری
  - مقدمه و مکانیسم‌های پایداری
  - ترمودینامیک مخلوط‌های پلیمری

## مراجع

- Polymer Processing-Modeling and Simulation, Tim A. Osswald, Juan P. Hernandez-Ortiz, HANSER, Munich ۲۰۰۶.
- Process Modeling in Composites Manufacturing, Suresh G. Advani, E. Murat Sozer, Marcel Dekker Inc., New York, ۲۰۰۳.
- Transport Phenomena, R. Byron Bird, Warren E. Stewart, Edwin N. Lightfoot, John Wiley & Sons, Inc. Second Edition, ۲۰۰۲.
- Polymer Blends, Encyclopedia of polymer science and technology, ۲۰۰۵ John Wiley & Sons.
- Polymeric Foams, Mechanisms and Materials, S. T. Lee, N. S. Ramesh, CRC Press, ۲۰۰۴



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	هویت شناسی پیشرفته پلیمرها ChE40310
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با انواع مختلف پلیمرها و آشنایی با ساختار آن‌ها می‌باشد.

## سرفصل درس

- مقدمه ای بر شیمی پلیمر
  - روش‌های مختلف سنتز پلیمرها
  - پلیمریزاسیون مونومرهای وینیلی
  - پلیمرهای تجاری: روش‌های سنتز، خواص و کاربرد
  - پلی اولفین‌ها
  - پلیمرهای وینیلی
  - پلیمرهای تراکمی
  - کوبلیمرها
  - مشخصه‌های ساختاری و دینامیکی پلیمرها
- روش‌های مقدماتی شناسایی پلیمرها
  - آزمایش حلالیت
  - آزمایش چگالی
  - تعیین نقطه ذوب
  - آزمایش شعله
  - آزمایش پیرولیز







- طیف سنجی مادون قرمز (IR) ترکیبات آلی و پلیمرها
  - مبانی طیف سنجی مادون قرمز
  - آشنایی با مبانی طیف سنجی رامان
  - طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR)
  - شناسایی گروه‌های عاملی در ترکیبات آلی و پلیمرها
  - اثر انگشت در طیف سنجی مادون قرمز و تعیین ساختار ترکیبات آلی و پلیمرها
  - کاربردهای کمی و کنترل کیفیت پلیمرها با طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه
  - تعیین نوع کومونومر و بررسی میزان شاخه دار شدن در پلی اولفین‌ها
  - تعیین نسبت اتیلن به پروپیلن و مقدار دی آن در EPDM و EPR
  - تعیین ترکیب کوپلیمر در EVA, NBR و ...
  - تعیین ریزساختار (سیس/ترانس/وینیل) در لاستیک‌های BR و SBR
  - تعیین میزان مالئیک انیدرید در پلی اتیلن و پلی پروپیلن مالئیکه
  - سایر کاربردهای کمی
- طیف سنجی تشدید مغناطیسی هسته (NMR) و هویت شناسی پلیمرها
  - مبانی فیزیکی تشدید مغناطیسی هسته
  - طیف سنجی تشدید مغناطیسی هسته تبدیل فوریه (FT-NMR)
  - مکان شیمیایی و کوپلاژ هسته‌ها در تشدید مغناطیسی هسته پروتون ( $^1\text{H-NMR}$ )
  - تفسیر طیف  $^1\text{H-NMR}$  و برقراری ارتباط آن با ساختار ترکیبات آلی و پلیمرها
  - مکان شیمیایی و کوپلاژ هسته‌ها در  $^{13}\text{C-NMR}$
  - طیف سنجی  $^{13}\text{C-NMR}$  واجفت شده از پروتون
  - مسائل انتگرال گیری در  $^{13}\text{C-NMR}$ 
    - تقویت هسته ای اورهاووزر (NOE)
    - فرایند آسایش هسته‌های کربن
  - تفسیر طیف  $^{13}\text{C-NMR}$  و برقراری ارتباط آن با ساختار ترکیبات آلی و پلیمرها
  - کوپلاژ هسته کربن- $^{13}\text{C}$  با سایر هسته‌ها
  - محاسبه مکان شیمیایی هسته‌های کربن- $^{13}\text{C}$  در ترکیبات آلی با استفاده از جداول موجود
  - روش تقویت بدون وایجیدگی با انتقال قطبش (DEPT) در  $^{13}\text{C-NMR}$ 
    - مبانی DEPT و انواع روش‌های آن
    - تعیین نوع کربن (متیل، متیلن، متین و کربن نوع چهارم)
  - آشنایی مقدماتی با طیف سنجی NMR دوبعدی
  - تعیین ساختار ترکیبات آلی و پلیمرها به کمک طیف سنجی‌های IR و NMR

- کاربرد NMR در پلیمرها
- تعیین ساختار هموپلیمرها و کوپلیمرها
- آنالیز گروه‌های انتهایی
- بررسی ساز و کار واکنش پلیمریزاسیون
- محاسبه وزن مولکولی پلیمر
- تعیین ترکیب کوپلیمر و محاسبه نسبت واکنش پذیری کومونومرها
- تعیین الگوی افزایش مونومرها (سر به دم، دم به دم)
- بررسی تاکتیسیته در پلیمرها (ایزوتاکتیک، سندیوتاکتیک و اناکتیک)
- بررسی ریزساختار پلیمرهای حاوی پیوند غیراشباع (ایزومرهای سیس/ترانس/وینیل)
- تعیین وزن مولکولی بر حسب تبدیل در پلیمریزاسیون‌های زنده/کنترل شده
- آزمایش online <sup>1</sup>H-NMR و بررسی سینتیک واکنش‌های همو- و کوپلیمریزاسیون (محاسبه نسبت واکنش پذیری کومونومرها و تعیین ثوابت سینتیکی واکنش)
- تعیین توزیع ترکیب کوپلیمر یا توالی کومونومرها (دی، اد، تری اد و...) در کوپلیمر
- بررسی شاخه ای شدن در پلیمرها
- سایر کاربردها
- NMR سایر هسته‌ها
- تعیین وزن مولکولی و توزیع وزن مولکولی در پلیمرها
- مبانی و مفاهیم وزن مولکولی در پلیمرها
- تعیین وزن مولکولی متوسط عددی پلیمرها
- آنالیز گروه انتهایی
- خواص کلگاتیو (Colligative properties)
- فشار اسمزی
- تعیین وزن مولکولی متوسط وزنی پلیمرها
- پراکندگی نور استاتیک (SLS)
- اولتراسانتریفوژ و ترسیب نمونه
- تعیین وزن مولکولی متوسط ویسکومتری پلیمرها با استفاده از روش ویسکومتری محلول پلیمرها
- کروماتوگرافی تراوایی ژل (GPC) یا کروماتوگرافی اندازه طردی (SEC)
- مبانی GPC یا SEC
- تئوری کالیبراسیون جهانی GPC یا SEC
- محاسبه انواع وزن مولکولی و توزیع وزن مولکولی با استفاده از کروماتوگرام GPC
- کروماتوگرافی کوپلیمرها و تعیین توزیع وزن مولکولی و توزیع ترکیب شیمیایی کوپلیمر



- آنالیز حرارتی پلیمرها
- مقدمه ای بر مفاهیم خواص دینامیکی پلیمرها
- مبانی و اصول روش‌های آنالیز حرارتی
- DSC
- DMA/DMTA
- TGA
- عوامل موثر بر ترموگرام روش‌های آنالیز حرارتی
- کاربردهای آنالیز حرارتی در پلیمرها
  - تعیین دمای انتقال شیشه ای و محاسبه ظرفیت حرارتی پلیمرها
  - بررسی رفتار ذوب و بلوری شدن پلیمرها
  - تعیین میزان بلورینگی در پلیمرهای بلوری
  - بررسی سینتیک واکنش‌های پلیمریزاسیون
  - بررسی سینتیک پخت
  - بررسی پایداری حرارتی و تخریب پلیمرها
  - تعیین مقدار افزودنی و ترکیب درصد اجزا در کامپوزیت‌ها، آمیزه‌ها و آلیاژهای پلیمری
  - سایر کاربردها

## مراجع

- روش‌های ساده در شناسایی پلاستیک‌ها، بازنگری چهارم، نوشته: دیتریش براون، ترجمه: مهرداد کویکی
- Pavia, Lampman, Kriz, *Introduction to Spectroscopy*, 4<sup>th</sup> Edition.
- Silverstein and Webster, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, 7<sup>th</sup> Edition.
- Tonelli, *NMR Spectroscopy & Polymer Microstructure: The Conformational Connection*, ۱۹۸۹.
- Sun, *Physical Chemistry of Macromolecules*, ۲<sup>nd</sup> Edition (Chapters of "Molecular Weight Distribution" and "Viscometry").
- Carraher, *Polymer Chemistry*, ۷<sup>th</sup> Edition.
- Stuart, *Polymer Analysis*, ۲۰۰۲ (Chapter ۴).
- Hatakeyama and Quinn, *Thermal Analysis: Fundamentals and Applications to Polymer Science*, ۲<sup>nd</sup> Edition.



درس بیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	ترمودینامیک محلول‌های الکترولیت  ChE۴۰۴۰۱
		۳		
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
		۴۸		
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با نحوه مدل‌سازی ترمودینامیکی محلول‌های الکترولیت است.

## سرفصل درس

- مقدمه بر کاربرد سامانه‌های الکترولیت.
- آشنایی با مبانی سامانه‌های الکترولیت (پتانسیل شیمیایی، ضریب اکتیویته، ضریب اسمزی، خواص کالبدگاتیو ...).
- روش‌های اندازه‌گیری ضریب اکتیویته الکترولیت و حلال.
- مروری بر مدل‌های ضریب اکتیویته سامانه‌های الکترولیت (دبای هوکل، MSA، آفتشاشی، کرک وود باف، بیتزر، یونیکواک توسعه یافته، NRTL-E، گوگن‌هایم، میسنر....)
- تعادل ترمودینامیکی در حضور الکترولیت‌ها (تعادل جامد - مایع، تعادل بخار مایع)
- معادلات حالت سامانه‌های الکترولیت.
- مدل‌سازی سامانه‌های الکترولیت ضعیف.



## مراجع

- Robinson and Stocks, Electrolyte solution
- K. S. Pitzer, in Activity Coefficients in Electrolyte Solutions, ed. CRC, Boca Raton, 1991, 157.
- J. M. Prausnitz, R. N. Lichtenthaler and E. Gomes de Azevedo, in *Molecular Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibrium*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1999.
- P. Debye and E. Hückel, Physik Z., 1923, 24, 185.
- C. C. Chen and L. B. Evans, AIChE J., 1982, 28, 4. 11 H. Renon and J. M. Prausnitz, AIChE J., 1968, 14, 135. 12 W. Fürst and H. Renon, AIChE J., 1992, 39, 335.
- L. Blum, Mol. Phys., 1975, 30, 1529
- J. P. Simonin, L. Blum and P. Turq, J. Phys. Chem., 1996, 100, 7704.
- L. Blum and J. S. Hoye, J. Phys. Chem., 1977, 81, 1311.
- Aspen Technology Inc., in ASPEN PLUS Electrolytes Manual, Cambridge, MA, 2006





درس پیش نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	مدل سازی ترمودینامیکی سامانه‌های خاص  ChE۴۰۴۰۲
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با نحوه مدل سازی ترمودینامیکی سامانه‌های خاص است.

#### سرفصل درس

- مقدمه بر کاربرد برش‌های نفتی.
- نحوه تعیین مشخصات برش‌های نفتی.
- آزمایش‌های تعیین مشخصات نفت خام و گاز.
- شبیه‌سازی رفتار نفت خام.
- آشنایی با مدل‌های ترمودینامیکی تشکیل واکس.
- آشنایی با مدل‌های ترمودینامیکی تشکیل اسفالتین.
- آشنایی با مدل‌های ترمودینامیکی تشکیل هیدرات.
- آشنایی با نحوه مدل سازی ترمودینامیکی سامانه‌های الکتروولت ضعیف.
- آشنایی با مدل‌های تشکیل رسوب.



## مراجع

- Phase Behavior, Curtis H. Whitson, Michael R. BrulØ, enry L. Doherty Memorial Fund of AIME, Society of Petroleum Engineers Inc., Richardson, Texas ٢٠٠٠.
- Related Papers in each subject.
- Aspen Technology Inc., in ASPEN PLUS Electrolytes Manual, Cambridge, MA, ٢٠٠٦.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	ترمودینامیک آماری  ChE۴۰۴۰۳
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

هدف آشنایی دانشجویان با رویکرد آماری در ترمودینامیک سامانه‌ها و محاسبات آن می‌باشد.

#### سرفصل درس

- مروری بر مکانیک کوانتومی و مکانیک کلاسیک
- بررسی مجموعه سامانه‌ها و احتمال
- محاسبه کمیت‌های ترمودینامیکی با استفاده از احتمال
- ترمودینامیک آماری کلاسیک
- غیر ایده آل بودن گازها از ترمودینامیک آماری
- محاسبه خواص برای مولکول‌های تک اتمی و دو اتمی و چند اتمی
- تعادل شیمیایی با استفاده از ترمودینامیک آماری
- فضای فازی
- اثر میدان مغناطیسی و الکتریکی
- مکانیک آماری کوانتومی
- تابع توزیع شعاعی
- توابع همبستگی
- بررسی رفتار تابعات
- نظریه اغتشاش
- بررسی جامدات



• بررسی خواص انتقالی

درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	پدیده‌های انتقال در صنایع غذایی  ChE۴۰۵۰۱
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

هدف

آشنایی با کاربرد اصول پدیده‌های انتقال در فرآوری مواد غذایی

سرفصل درس

- جنبه‌های نظری پدیده‌های انتقال، خواص مورد نیاز مواد غذایی جهت استفاده از معادلات طراحی مهندسی شامل خواص حرارتی، نفوذ و جذب سطحی، پدیده‌های انتقال محصولات مایع شامل انتقال حرارت و جرم در جریان لوله ای غیر نیوتنی و سامانه‌های مخلوط شده، پدیده‌های انتقال در مواد غذایی جامد شامل انتقال همزمان حرارت و جرم، معادلات انتقال با یک ترم منبع مانند واکنش‌های آنزیمی، تجزیه شیمیایی و اثرات حرارتی و الکتریکی، مدل‌های مورد استفاده برای طراحی دستگاه‌های فرآوری شامل روابط انتقال حرارت در مبدل‌های حرارتی و بیوراکتورها، کاربرد پدیده‌های انتقال در طراحی عملی

مراجع

- Transport Phenomena of Foods and Biological Materials, V. Gekas, CRC Press



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	طراحی عملیات فرایندهای صنایع غذایی  ChE۴۰۵۰۲
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				



#### هدف

هدف اصلی این درس آشنایی دانشجویان با فرایندهای مختلف صنایع غذایی و اصول طراحی این فرایندها می‌باشد. در این درس به اصول، محاسبات و دستگاه‌های عملیات واحدهای حرارتی در صنایع غذایی پرداخته می‌شود.

#### سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر فرایندهای صنایع غذایی: تقسیم بندی انواع فرایندها، دسته‌بندی انواع عملیات واحدها، خصوصیات فیزیکی مواد غذایی
- فرایند بلانچینگ: تئوری بلانچینگ، اثر آن بر مواد غذایی، تجهیزات و طراحی
- فرایند پاستوریزاسیون: هدف از پاستوریزاسیون، انواع پاستوریزاسیون، آزمایش‌های پاستوریزاسیون، کیفیت مواد غذایی پاستوریزه شده، تجهیزات پاستوریزاسیون، طراحی فرایند پاستوریزاسیون
- سینتیک فرآوری حرارتی: مقاومت حرارتی میکروارگانیسم‌ها، اندازه گیری مقاومت حرارتی، سینتیک غیرفعال شدن، منحنی‌های بقای میکروبی، احتمال فساد
- فرایند سترون سازی: سترون سازی درون قوطی، فرایندهای فرا دما، اثر آن بر مواد غذایی، بهینه‌سازی سترون سازی
- وسایل و تجهیزات انتقال حرارت در صنایع غذایی: مخازن هم‌زندها، وسایل گرمایش مستقیم، وسایل گرمایش خاص و مبدل‌های حرارتی
- مبدل‌های حرارتی: دسته بندی مبدل‌های حرارتی، انتخاب مبدل‌های حرارتی، اصول کلی طراحی مبدل‌های حرارتی، روش طراحی مبدل حرارتی، نرم افزارهای شبیه‌سازی و طراحی مبدل‌های حرارتی، مبدل‌های حرارتی لوله‌ای، اجزاء مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله، روش‌های طراحی مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله، مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای،



آرایش‌های جریان در مبدل‌های حرارتی صفحه ای، اجزاء مبدل‌های صفحه ای، روش‌های طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه ای

- تغلیظ مواد غذایی: تغلیظ با روش تبخیر، تغلیظ با روش اسمز معکوس، تغلیظ با روش انجماد
- فرایند تبخیر: اصول تبخیر، کاربردهای تبخیر، خصوصیات مواد غذایی و عملکرد تبخیر کننده، انواع تبخیر کننده، طراحی تبخیر کننده، طراحی تبخیر کننده با قابلیت تراکم مجدد بخار، طراحی تبخیر کننده فیلم ریزان
- فرایند سردسازی: روش‌های سرد سازی، مواد سردساز، سردسازی مکانیکی، محاسبات سردسازی و طراحی تجهیزات

## مراجع

- Food Processing Technology (P.J. Fellow)
- Introduction to Food Engineering (R.P. Singh & D.R. Heldman)
- Handbook of Food Preservation (M. Shafiur Rahman)
- Engineering aspects of Thermal Food Processing (R. Simpson)
- Mathematical Modeling of Food Processing (S. Thorne)
- Heat Exchanger Design Handbook (D. Brian Spalding & J. Taborek)
- Food Processing Technology- Principles and Practice, P. J. Fellows, Ellis Horwood
- Food Engineering Operations, Third Edition, J. G. Brennan, J. R. Butters, N. D. Cowell and A. E. V. Lilley, Elsevier Science Publishers
- Food Procese Engineering, D. Heldman and P. Singh, AVI Publishing Co.s
- کتب تخصصی در ارتباط با فرایندهای غذایی مختلف



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	رئولوژی مواد غذایی  ChE۴۰۵۰۳
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف



- آشنایی با سیالات غیرنیوتنی و انواع معادلات موجود برای بیان رفتار سیال غیرنیوتنی.
- بررسی روش‌های مختلف ویسکومتری جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته سیالات غیرنیوتنی.
- آشنایی با مبانی جریان‌های برشی و کششی در سیالات غیرنیوتنی.
- آشنایی با رفتار ویسکوالاستیک در سیالات غیرنیوتنی.

#### سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر رفتار سیال و تعریف سیال غیرنیوتنی، بررسی انواع مدل‌های ریاضی موجود برای بیان سیالات غیرنیوتنی، بررسی سیالات وابسته و مستقل از زمان، معرفی انواع ویسکومترهای لوله‌ای و بدست آوردن معادلات حاکم بر آن برای سیالات نیوتنی و غیرنیوتنی (معادله Rabinowitsch-Mooney)، بررسی پروفیل سرعت در لوله برای سیالات غیرنیوتنی در جریان آرام، محاسبه میزان تصحیح افت فشار در ویسکومترهای لوله‌ای (ضرب تصحیح Bagley)، بدست آوردن معادلات حاکم در ویسکومترهای صفحه‌ای برای سیالات نیوتنی و غیرنیوتنی، طراحی خط لوله برای محاسبه توان پمپ در سیالات غیرنیوتنی، معرفی انواع ویسکومترهای چرخشی و بدست آوردن معادلات حاکم بر ویسکومترهای استوانه‌ای هم محور (Concentric cylinder viscometer)، بررسی پروفیل سرعت چرخشی در ویسکومترهای چرخشی استوانه‌ای هم محور در جریان آرام، معرفی ویسکومترهای چرخشی (Cone and Plate) و (Parallel Plate) و بدست آوردن معادلات حاکم بر آن‌ها، ویسکومتر اختلاطی (Mixer Viscometer) و بدست آوردن معادلات حاکم بر آن، محاسبه تنش تسلیم (Yield Stress) یا استفاده از روش بادنما (Vane Method)، مبانی جریان کششی (جریان یک‌سویه و دوسویه)، جریان از میان قالب، روش‌های Empirical، Opposing Jets، Spinning برای اندازه‌گیری ویسکوزیته کششی، مبانی اولیه رفتار ویسکوالاستیک و بررسی مدل‌های مکانیکی ماکسول و کلونین،

آزمایش خزش و رهایی تنش در مدل‌های مکانیکی ماکسول و کلونین برای بیان رفتار ویسکوالاستیک، آزمایش نوسانی (Oscillatory Testing) برای بررسی پارامترهای ویسکوالاستیک.

## مراجع

- Steffe, James F. ۱۹۹۶. Rheological Methods in Food Process Engineering, Second Edition. Freeman Press, East Lansing, MI
- Rheology of Foods, R. Borwankar and C. F. Shoemaker, Elsevier Applied Science



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	فرایندهای پیشرفته مواد غذایی ChE۴۰۵۰۴
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

آشنایی با آخرین تحولات در صنایع لبنیات، کنسرو سازی، غلات، روغن، قند، گوشت، آیمپوه، نوشابه، سیب زمینی و غیره

#### سرفصل درس

- مثال‌های استفاده از فرایندهای پیشرفته در صنایع غذایی مختلف به منظور بهینه سازی فرایند از دیدگاه اقتصادی یا زیست محیطی یا تولید محصولات جدید (مثال‌ها بر اساس آخرین تحولات در زمینه یافته‌های تحقیقاتی و توسعه ای بیان و ارائه می گردد).



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	بیوتکنولوژی غذایی  ChE۴۰۵۰۵
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

آشنایی با کاربرد اصول و فن آوری بیوتکنولوژی در صنایع غذایی

#### سرفصل درس

- طراحی بیوراکتور
- اثر اصلاحات ژنتیکی، شیمیایی و آنزیمی بر روی خواص عملکردی (functionality) پروتئین‌ها
- پلی سلکاریدهای جدید و اصلاح شده
- آنزیم‌ها در صنایع غذایی، آنزیم‌های مورد استفاده در سم‌زدایی
- تولید زیستی اسیدهای آمینه، طعم دهنده‌ها و ویتامین‌ها

#### مراجع

- Food Biotechnology- Volumes ۱ and ۲, R. D. King and P. S. j. Cheetham. Elsevier Science Publishers
- Comprehensiv Biotechnology, Editor- in Chief Murray Moo-Young, Pergamon Press
- Food Biotechbology- microorganisms- Y. H. Hiu and G. G. Khachatourians (eds), VCH, New York
- King, R.D., Cheetham, P.S.G., Food Biotechnology, Vol I & II, ۱۹۸۷, Elsevier
- Lee, B., Fundamentals of Food Biotechnology, ۱۹۹۶, VCH
- Gerhartz, W., Enzymes in Food Industry, ۱۹۹۵, C.H.





درس پیش نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	میکروبیولوژی صنعتی و فرایندهای تخمیر  ChE40506
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

آشنایی با ریز اندامگان های صنعتی و چگونگی سازوکار آنها در فرایندهای تخمیری و فرآورده های زیست فناوریانه

#### سرفصل درس

- تیک رشد میکروبی و آنزیمی در سامانه های مختلف - انتخاب، جداکردن، توسعه و نگهداری میکروارگانیسم های صنعتی، فرمول بندی محیط کشت در فرمنتورهای صنعتی، روش های جداسازی میکروارگانیسم های صنعتی، کشت روش های نگهداری میکروارگانیسم های صنعتی و نو، فرآورده های بیوتکنولوژی در مقیاس صنعتی از قبیل اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه SCP، آنتی بیوتیک ها و غیره

#### مراجع

- Comprehensive Biotechnology, M, Moo Young (Ed), Pergamon Press
- Principles of Fermentation Technology, Second Edition, P. F. Stanbury an A. Whitaker and S. J. Hall, Elsevier Science
- Biotechnology: a text book of industrial microbiology, W. Crueger and A. Crueger
- Microbial Biotechnology, Fundamentals of Applied Microbiology, A. N. Ghazer and H. Nikaido, W. H. Freeman and Company, New York.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	بسته بندی مواد غذایی ChE۴۰۵۰۷
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

- فراگیری کلی در ارتباط با ساز و کارهای تخریب در ماده غذایی و روش‌های مقابله با آن
- آشنایی با روش‌های مختلف بسته بندی جهت ازدیاد زمان ماندگاری ماده غذایی
- استفاده از سامانه‌های مختلف بسته‌بندی مواد غذایی با توجه به نوع ماده غذایی جهت افزایش زمان ماندگاری آن

#### سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر بسته‌بندی مواد غذایی، بررسی ساز و کارهای تخریب در مواد غذایی، مواد مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی، لاکرها و فرایندهای لاکر زنی، روش‌های تولید انواع بسته‌های پلیمری مورد مصرف در بسته‌بندی مواد غذایی، بررسی عبورپذیری و روش‌های اندازه‌گیری و محاسبه آن در پلیمرهای مورد مصرف در بسته‌بندی مواد غذایی، بسته‌بندی محصولات لبنی، بسته‌بندی محصولات کشاورزی (سبزیجات و میوه‌جات)، بسته‌بندی فرآورده‌های گوشتی (گوشت قرمز، مرغ و ماهی) و تخم مرغ، بسته‌بندی غلات، پاستاها و سریال‌ها، فرایندهای صنعتی ضدعفونی بسته (سامانه‌های اسپتیک)، بسته‌بندی دارای قابلیت میکروویو.

#### مراجع

- Handbook of Food Packaging, F.A. Pain and, H. Y. Paine (Ed), Blackie Academic and Professional
- Principles of Food Packaging, Second Edition, S. Sacherow and R. C. Griffin Jr, AVI Publishing Co.
- Gordon L. Robertson, Food packaging, Marcel Dekker Inc., ۱۹۹۳



درس پیش نیاز	اختیاری	توع درس	تعداد واحد	افزودنی‌ها، آلاینده‌ها و سموم مواد غذایی  ChE۴۰۵۰۸
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با انواع افزودنی‌ها در مواد غذایی و نیز حضور ترکیبات طبیعی نامطلوب در مواد غذایی ضمن اشاره به نقش سموم و آلاینده‌ها و ارتباط بسته بندی و غذا

## سرفصل درس

- افزودنی‌های غذایی (رنگ‌ها- نگهدارنده‌ها- آنتی اکسیدان‌ها- امولسیفایرها و غیره)
- مواد باقیمانده پس از عملیات صنعتی و روش بررسی و استفاده از آنها
- سموم دفع آفات و اثرات آن در روی مواد غذایی و انسان
- نیترات‌ها
- پیدایش اتفاقی در صنایع فلزات سمی مانند (جیوه- سرب- پلی کلرو بی فیل (PCBs) و هیدروکربورهای آروماتیک (پلی سیلیک) و موسومیت‌های مزمن در اثر آنها
- مایکوتوکسین‌ها
- افلاتوکسین
- رادیو اکتیوخته و غذا
- اشاره ای به مواد غذایی گیاهی که جنبه دارویی دارند
- بسته بندی در نگهداری و حفظ غذا و مواد مجازی که برای بسته بندی‌ها به کار می برند و نقش آنها در نگهداری و غذا



## مراجع

- Analysis of Food Contaminants, John Gilbert (Ed), Elsevier Applied Science
- Food Chemistry, Second Edition, O. R. Fennema (ed), Marcel Dekker
- Antimicrobials in Foods, Second Edition, P. M. Davidson and A.L. Branen (ed), Marcel Dekker



درس پیش‌نیاز	اختباری	نوع درس	تعداد واحد	طراحی ماشین آلات صنایع غذایی ChE۴۰۵۰۹
			۲	
	عملی	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۳۲	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

هدف آشنایی با دستگاه‌های مرتبط با صنایع غذایی و طراحی آن‌ها می‌باشد.

#### سرفصل درس

- خشک کن‌ها: مداوم، غیرمداوم
- مخلوط کن‌ها: انتقال سیال، حرارت و جرم
- تبخیر کننده‌ها: اتمسفری و خلأ
- دستاوری مواد جامد
- جداکننده‌های مایع-مایع و گاز-مایع
- محفظه‌ها
- تغذیه کننده‌ها، شستشو کننده‌ها و دستگاه‌های تفکیک کننده

#### مراجع:

- Chemical process equipment, Wallace
- R.K. Sinnott, Coulson and Richardson Volume ۶, Chemical Engineering Design, ۴<sup>th</sup> edition, Butterworth-Heinemann, ۲۰۰۹





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	تصفیه آب و فاضلاب صنایع غذایی ChE۴۰۵۱۰
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با فرایندهای مختلف تصفیه آب و پساب و طراحی سیارماش‌های تصفیه با تأکید بر روش‌های زیستی

## سرفصل درس

- خصوصیات فاضلاب: جریان فاضلاب-کیفیت فاضلاب-مشخصه سازی فاضلاب
- فرآیندها و عملیات واحد در تصفیه فاضلاب: سامانه‌های تصفیه مایع-فرآوری و دفع لجن
- ته‌نشین سازی اولی: -انواع زلال ساز-عوامل طراحی
- تصفیه زیستی فاضلاب: اصول تصفیه زیستی فاضلاب-تصفیه زیستی رشد معلق- تصفیه زیستی رشد چسبیده- سازندگان تجهیزات فرآیندهای تصفیه زیستی فاضلاب
- تثبیت لجن: هضم بی‌هوازی-هضم هوازی-فرآیندهای دیگر تثبیت لجن
- دفع لجن: انواع روش‌های دفع لجن-مدیریت دفع لجن-طراحی و راه اندازی واحدهای دفن لجن‌های تصفیه خانه‌های شهری



درس پیش‌نیاز	اختیاری	تعداد واحد	جداسازی پیشرفته در صنایع غذایی ChE۴۰۵۱۱
		۳	
	نظری	تعداد ساعت	
		۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>			

## هدف

آشنایی با روش‌های جداسازی جدید که در صنایع غذایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

## سرفصل درس

- مقدمه، فرایندهای جداسازی غشایی (شامل اسمز معکوس، اولترافیلتراسیون، اسمز مستقیم میکرو فیلتراسیون) روش استخراج سیال فوق بحرانی و کاربرد آن در صنایع غذایی، فرایندهای جداسازی مواد جامد، جداسازی چربی‌ها، روش‌های جداسازی جدید در فرایندهای زیستی (شامل جذب بستر گسترش یافته و روش‌های جداسازی کروماتوگرافی مثل کروماتوگرافی غشایی و ژل) و دیگر فرایندهای جداسازی جدید در صنایع غذایی

## مراجع

- Separation Processes in the Food and Biotechnology Industries: Principles and Applications, A. S. Grandison and M. J. Lewis (eds), Woodhead Publishing.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	فناوری آنزیم‌ها  ChE۴۰۵۱۲
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با مبانی و کاربرد صنعتی بالقوه و بالفعل آنزیم و تولید آن در مقیاس صنعتی

## سرفصل درس

- شیمی، زیست‌شناسی آنزیم‌ها، سینتیک واکنش‌های آنزیمی، تولید آنزیم‌ها با روش تخمیر، روش‌های آزمایشگاهی در بازیابی آنزیم‌ها، فنون صنعتی و در مقیاس بالا در بازیابی آنزیم‌ها، مهندسی ژنتیک در رابطه با آنزیم‌ها، تثبیت آنزیمی، سنتز آنزیم‌ها، مهندسی واکنش‌های زیست‌کاتالیستی، کاربرد آنزیم‌ها (در مواد غذایی انسان، غذایی دام و حیوان، در صنایع شیمیایی و دارویی) روش‌های تشخیص آنزیمی و کاربرد آن در سنجش‌های بالینی و محیط زیست، ایمنی در فناوری آنزیمی. (در حد مورد نیاز جهت دانشجویان کارشناسی ارشد صنایع غذایی)

## مراجع

- Enzymes, D. Dixon and M. Webb, Academic Press
- Biotechnology, Volume va, H. J.Rehm and G. Reed, VCH



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	مدل‌سازی و شبیه‌سازی در صنایع غذایی  ChE۴۰۵۱۳
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با اصول مدل‌سازی و شبیه‌سازی و کاربرد آن در ارتباط با عملیات و فرایندهای غذایی

## سرفصل درس

- کمیت‌های اسکالرو تانسور- تبدیل انتگرال سطحی به حجمی و حجمی به خطی- اثبات معادلات پیوستگی، مومنتوم، انرژی، بیلان جمعیت - روش‌های مختلف مدل‌سازی (کنترل حجمی- دیفرانسیلی)- مدل‌سازی فرایندهای گوشت از نظر حرارتی و شکل دهی- مدل‌سازی فرایندهای غشایی- مدل‌سازی فرایندهای خشک کردن (در سینی‌ها- کوره‌های دوار و بسسترهای سیال شده)- مدل‌سازی روش‌های تغلیط (تبخیرکننده ای معمولی و تبخیر کننده‌های فیلمی)- مدل‌سازی فرایند تخمیر-مدل‌سازی فرایندهای سترون‌سازی- مدل‌سازی فرایندهای استخراج فوق بحرانی و فرایند تبلورسازی، مدل‌سازی سامانه‌های میکربی از طریق بیلان جمعیتی- مدل‌سازی در فرایندهای اختلاط

## مراجع

- Mathematical Modelling of Food Processing Operation (۱۹۸۲), Edited by Stuart Thorne, Elsevier Applied Science



درس پیش‌تیاژ	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	اندازه‌گیری و ابزارهای دقیق در صنایع غذایی  ChE۴۰۵۱۴
			۲	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۳۲	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با اصول و تئوری روش‌های تجزیه یا دستگاه‌ها از نظر کمی و کیفی در صنایع غذایی

## سرفصل درس

طیف بینی جذبی مولکولی در نواحی فرا بنفش، مرئی و نزدیک مادون قرمز- طیف بینی جذب اتمی بر اساس اتمیزه کردن به وسیله شعله با روش حرارتی- طیف بینی رزونانس مغناطیسی هسته- اسباب‌های رنگ سنجی- اصول جداسازی به روش کروماتوگرافی- طیف بینی جرمی- روش‌های مختلف سنجش نوری شامل رفکٹومتری و پلاریمتری-روش‌های الکتروشیمیایی

## مراجع

- Analytical Chemistry of Foods, C. S. James, Chapman and Hall
- Food Process Monitoring Systems, A. C. Pinder and G. Godfrey, Blakie Academic and Professional
- Instrumentation and Sensors for the Food Industry, Erika Keress- Rogers (Editors), Butterworth-Heinemann
- Food Analysis: theory and practice, Second Edition, Y. Pomeranz and C. E. Meloan Van Nostrand Reinhold.





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	روش‌های پیشرفته نگهداری مواد غذایی  ChE۴۰۵۱۵
			۲	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۳۲	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

آشنایی با روش‌های جدیدی که جهت اصلاح روش‌های سنتی نگهداری مواد غذایی ارائه شده‌اند.

#### سرفصل درس

- روش‌های دستیابی به پایداری میکربی و ایمنی غذایی (شامل HACCP, hurdle technology). ترکیبات ضد میکربی طبیعی گرفته شده از ریزاندامگان‌ها، حیوانات و گیاهان، یرتو افکنی مواد غذایی، فرآوری توسط میکرو ویو، عمل آوری غذا توسط فشار هیدرواستاتیکی، نگهداری توسط روش‌های ترکیبی (مانند استفاده از حرارت و امواج ماورای صوتی)، روش‌های حرارتی غیر معمول مثل روش‌های حرارت دادن توسط تعادلات الکتریکی و روش پالش ولتاژ بالا، نگهداری توسط آلاینده زدائی میکربی (مانند عمل آوری سطح گوشت توسط اسیدهای آلی)، تحولات در فرآوری اسپتیک، پیشرفت‌ها در بسته بندی تحت جو اصلاح شده.

#### مراجع

- New Methods of Food Preservation, G. W. Gould (Ed), Blackie Academic and Professional



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	آزمایشگاه تکمیلی فرایندهای غذایی  ChE۴۰۵۱۶
			۲	
	عملی	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۳۲	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد ■ ندارد □ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه ■				

## هدف

آشنایی با تعدادی از واحدهای عملیاتی در صنایع غذایی و بررسی متغیرهای اصلی جهت کنترل محصولات حاصل از این فرایندها و آشنایی با بعضی روش‌های اندازه‌گیری خواص مواد غذایی و سنجش مربوطه

## سرفصل درس

- انجام آزمایش‌ها بر روی بعضی عملیات واحد مورد استفاده در صنعت غذا مثل خشک‌کن‌ها (مانند خشک‌کن پاششی) تبخیرکننده‌ها (مثل تبخیرکننده‌های فیلمی)، فیلترها، سانتریفوژ، اکسترودر، خشک‌کن انجمادی، انجماد، بلاچینگ، پاستوریزاسیون و سترون سازی
- انجام آزمایش‌ها کنترل کیفی بر روی مواد غذایی جهت کنترل محصولات حاصل از عملیات واحد مانند اندازه‌گیری رطوبت و رسم نمودار جذب هم دمایی، اندازه‌گیری کیفیت مواد غذایی مانند اندازه‌گیری قندها، پروتئین‌ها، املاح و مواد معدنی
- اندازه‌گیری خواص فیزیکی (مثل بافت دانسته)، حرارتی (مثل هدایت حرارتی) فیزیکی- شیمیایی (مانند رنگ)، بیوفیزیکی (مثل جذب اکسیژن) و رئولوژیکی (مثل گرانروی)
- اندازه‌گیری متغیرهای مربوط به رشد و مرگ میکربی در غذاها و فرایندهای غذایی
- استفاده از روش‌های آنزیمی جهت سنجش و فرآوری (مثل استفاده از آنزیم گلوکزآکسیداز جهت اندازه‌گیری یا حذف اکسیژن و قند در مواد غذایی)



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	روش‌های شناسایی و آنالیز مواد معدنی  ChE۴۰۶۰۱
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

آشنا نمودن دانشجویان با مفاهیم و دسته‌بندی روش‌های شناسایی و آنالیز مواد، مطالعه مهمترین روش‌های شناسایی و آنالیز مواد و در مجموع ارتقای قابلیت‌های پژوهشی دانشجویان

#### سرفصل درس

- مقدمه و تعاریف (اهداف درس، جایگاه درس)
- آشنایی با عناصر و کاتی‌های موجود در پوسته زمین
- تقسیم‌بندی روش‌های شناسایی و آنالیز مواد
- مهمترین روش‌های آنالیز عنصری:
  - طیف سنجی جذب اتمی
  - طیف سنجی نشر اتمی
  - فلورسانس اشعه X
- آنالیز فازی (پراش سنجی اشعه X)
- روش‌های آنالیز حرارتی:
  - وزن سنجی حرارتی (TGA)
  - وزن سنجی حرارتی دیفرانسیلی (DTG)
  - آنالیز حرارتی افتراقی (DTA)
  - گرماسنجی روبشی افتراقی (DSC)
- روش‌های آنالیز ریز ساختار ( میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM))



- روش‌های آنالیز سطح (اندازه‌گیری سطح ویژه (BET)، تخلخل سنجی جیوه‌ای (MIP))
- روش‌های تعیین اندازه ذرات (روش پراکندگی استاتیک نور لیزر (SLS)، روش پراکندگی دینامیکی نور (DLS))

## مراجع

- Y. Lang, Material Characterization: Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods, 3<sup>rd</sup> Edition, Wiley-VCH, ۲۰۱۳.
- M. Sardela (Ed.), Practical Materials Characterization, Springer, ۲۰۱۴.
- S. Zhang, L. Li, A. Kumar, Materials Characterization Techniques, Taylor & Francis, ۲۰۰۹.
- C.R. Brundle, C.A. Evans, Sh. Wilson, Encyclopedia of Materials Characterization: Surfaces, Interfaces, Thin films, Gulf Professional Publishing, ۱۹۹۲.
- E. Lifshin, X-ray Characterization of Materials, Wiley-VCH, ۱۹۹۹.
- S. Lowell, J.E. Shields, M.A. Thomas, M. Thommes, Characterization of Porous Solids and Powders: Surface Area, Pore Size and Density, Particle Technology Series, Vol. ۱۶, Springer, ۲۰۰۴.
- H.G. Merkus, Particle Size Measurements: Fundamentals, Practice, Quality, Particle Technology Series, Vol. ۱۷, Springer, ۲۰۰۹.
- E.F. Vansant, P. Van Der Voort, K.C. Vrancken, Characterization and chemical modification of the silica surface, Studies in Surface Science and Catalysis, Vol. ۹۳, Elsevier, ۱۹۹۵.
- Zh.L. Wang (Ed.), Characterization of Nanophase Materials, Wiley-VCH, ۲۰۰۰.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	طراحی آزمایش‌ها و تحلیل آماری نتایج  ChE۴۰۶۰۲
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنا نمودن دانشجویان با مفاهیم آمار و آنالیز آماری داده‌ها، مطالعه روش‌های طراحی آماری آزمایش و پیش‌بینی نتایج بر اساس روش‌های آماری و در مجموع ارتقای مهارت دانشجویان در طراحی صحیح آزمایش‌ها و تحلیل مناسب نتایج

## سرفصل درس

- مقدمه (اهداف درس، جایگاه درس)
- تعاریف (آمار توصیفی، فراوانی، توزیع فراوانی، ...)
- آمار توصیفی (پارامترهای شکلی توزیع، شاخص پراکندگی، انحراف معیار ادغام شده)
- احتمال (تعاریف، آزمایش تصادفی، نمودار، احتمال، قوانین احتمال، احتمال روی فضای نامتناهی، ...)
- متغیر تصادفی (انواع فضای نمونه، تابع توزیع تجمعی، تابع چگالی، محاسبات، ...)
- توابع احتمال (تابع چگالی احتمال، تابع احتمال توأم، امید ریاضی، خواص امید ریاضی، ...)
- توابع توزیع گسسته (توابع توزیع خاص، تابع یکتواخت، متغیر تصادفی دو جمله‌ای، واریانس و ...)
- توابع چگالی احتمال خاص (متغیر تصادفی گاما، توزیع کای دو، توزیع student-t، توزیع فیشر، ...)
- آزمون فرض (فرض آماری، انواع آزمون فرض، ناحیه بحرانی، طبقه تعیین ناحیه بحرانی، ...)
- طراحی و تحلیل آماری آزمایش (مزایای طراحی، اصول طراحی آماری، تصادفی سازی، بلوک بندی، ...)
- طراحی فاکتوریل کامل (رویه پاسخ، مدل اثرات ثابت، آنالیز آماری مدل، ANOVA، مجموع مربعات، ...)
- طراحی فاکتوریل جزئی (کسر ۱/۲، generator، رابطه تعریف، ترکیب خطی، هم اثر، کسر مکمل، ...)
- طراحی تاگوچی (اصول طراحی، انواع فاکتور، آرایه متعامد، جراف خطی، طرح مخلوط، تحلیل نتایج، ...)
- طراحی به کمک نرم افزار (آشنایی با نرم افزار minitab، انتخاب طرح، ورود داده‌ها، پردازش نتایج، ...)





## مراجع

- D.C. Montgomery, Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, ۲۰۰۱.
- T.S. Ryan, Modern Experimental Design, John Wiley & Sons, ۲۰۰۶.
- D.C. Montgomery, G.C. Runger, Applied Statistics and Probability for Engineers, ۵<sup>th</sup> Edition, John Wiley & Sons, ۲۰۱۱.
- R.K. Roy, A Primer on the Taguchi Method, Society of Manufacturing Engineers; ۱<sup>st</sup> Edition, ۱۹۹۰.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	فناوری چسباننده‌های معدنی  ChE۴۰۶۰۳
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با نقش راهبردی و کلیدی چسباننده‌های معدنی در فرایند توسعه صنعتی، مطالعه مفاهیم علمی مرتبط با چسباننده‌های معدنی بالاخص سیمان پرتلند و فراگیری اصول علمی و مهندسی فناوری‌های رایج در فرایندهای مربوطه

## سرفصل درس

- مقدمه (اهداف درس، جایگاه درس، انواع چسباننده‌های معدنی و اهمیت آن‌ها)
- تاریخچه چسباننده‌های معدنی و سیر تحول کیفی این مواد
- سیر تحول فناوری در فرایند تولید سیمان (مقایسه ابتدائی‌ترین و مدرن‌ترین فناوری‌ها)
- شناخت مقدماتی سیمان پرتلند و کلیات فرایند تولید
- انواع مواد اولیه مصرفی در فرایند تولید سیمان پرتلند (اکسیدهای اصلی و فرعی)
- نحوه آماده‌سازی فیزیکی و شیمیایی مخلوط مواد خام (پارامترهای کیفی و اهمیت و نقش آن‌ها)
- تحولات کمی و کیفی مواد در فرایند پخت (فاکتورهای موثر بر قابلیت پخت مواد)
- مشخصات و خواص فازهای اصلی سیمان پرتلند (تقسیم بندی انواع سیمان پرتلند)
- هیدراتاسیون فازهای سیمان (نقش گچ در تنظیم زمان گیرش، عوامل موثر بر استحکام مکانیکی سیمان)
- انواع فرایندهای تولید سیمان (مقایسه مزایا و معایب)
- عملیات‌های اصلی فرایند خشک
- عملیات‌های آماده سازی مواد اولیه و تجهیزات مربوطه (سازوکار عملکرد و اصول طراحی)
- عملیات پخت مواد و تولید کلیتکر و تجهیزات مربوطه (سازوکار عملکرد و اصول طراحی)
- عملیات آسیاب کردن کلیتکر و تولید سیمان و تجهیزات مربوطه (سازوکار عملکرد و اصول طراحی)



- سامانه‌های کنترل کیفی در فرآیند تولید سیمان
- آشنایی با گچ، محصولات جانبی، کاربردها و فرآیند تولید آن
- آشنایی با آهک، کاربردها و فرآیند تولید آن
- آشنایی با فناوری‌های غبارگیری در صنایع شیمیایی معدنی

## مراجع

- J.I. Bhatti, F.M. Miller, and S.H. Kosmatka, Innovations in Portland Cement Manufacturing, Portland Cement Association, ۳<sup>rd</sup> Edition, Illinois ۶۰۰۷۷-۱۰۸۳, ۲۰۱۱.
- S.N. Ghosh, Cement and Concrete Science and Technology, Vol. ۱, Part ۱, ۱<sup>st</sup> Edition, ABI Books Private Ltd., India, New Dehli, ۱۹۹۱.
- W.H. Duda, Cement Data Book, Vol.۱, ۳<sup>rd</sup> Edition, Bauverlag GMBH, Germany, Wiesbaden, ۱۹۸۵.
- O. Labahn, B. Kohlhaas, Cement Engineers Handbook, ۴<sup>th</sup> Edition, ۱۹۸۶.
- D.H. Sampson (Editor), Gypsum: Properties, Production & Applications, Nova Science Publishers Inc, New York, ۲۰۱۱.
- J.A.H. Oates, Lime and Limestone: Chemistry and Technology, Production and Uses, WILEY-VCH Verlag GmbH, ۱<sup>st</sup> edition, ۱۹۹۸.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	فناوری صنایع شیمیایی معدنی  ChE۴۰۶۰۴
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با جایگاه و نقش راهبردی مهمترین صنایع کانی غیر فلزی (به جز چسباننده‌های معدنی) در فرایند توسعه صنعتی، مطالعه مفاهیم علمی مرتبط با فناوری‌های مواد سرامیکی و شیشه و فراگیری اصول علمی و مهندسی فناوری‌های رایج در فرایندهای مربوطه

## سرفصل درس

- مقدمه (اهداف درس، جایگاه درس، انواع سرامیک و شیشه و اهمیت آن‌ها)
- فرایندهای سرامیکی و محصولات سرامیکی
- شیمی سطح و محاسبات مربوطه
- مواد اولیه سرامیک‌ها
- مواد شیمیایی افزودنی (اضافه شونده‌های خاص)
- رفتارها و مشخصات مواد سرامیکی
- ترکیب شیمیایی و فازی مواد معدنی
- دانه بندی و توزیع اندازه ذرات
- دانسیته، سطح مخصوص، دانسیته ظاهری، دانسیته مطلق
- محلول‌های مورد استفاده، عوامل مرطوب کننده، عوامل تعلیق، عوامل ته‌نشینی، عوامل اتصال، عوامل ضد کف، عوامل ضد کپک، عوامل پلاستیک کننده گل‌ها، عوامل روغن کاری
- مشخصات توده ذرات و محاسبات مربوطه
- رئولوژی دوغاب‌ها و خمیرهای معدنی و محاسبات مربوطه



- آماده سازی مواد اولیه شامل: توزین و اختلاط، گرانول سازها و گرانول سازی، خمیر سازها، طراحی آن‌ها
- شکل دادن سرامیک‌ها شامل: پرس، شکل دادن خمیرهای پلاستیک، ریخته گری دوغاب‌ها، اکسترودرها، طراحی آن‌ها
- خشک نمودن، فرایند شکل دادن روی سطح قطعه خشک، کوره‌های پخت، طراحی آن‌ها
- لعاب کاری و بخت‌ن‌هایی
- سرامیک‌های تک‌پخت
- کنترل کیفی سرامیک‌ها
- لعاب: انواع، خواص، کاربرد و فرایند تولید
- شیشه: انواع، خواص، کاربرد و فرایند تولید

## مراجع

- J.S. Reed, Principles of Ceramic Processing, ۳<sup>rd</sup> Edition, John Wiley & Sons, ۱۹۹۵.
- A.G. King, Ceramic Processing and Technology: A Practical Working Guide, ۱<sup>st</sup> Edition, William Andrew Publishing, ۲۰۰۲.
- W.D. Kingery, H.K. Bowen, D.R. Uhlmann, Introduction to Ceramics, Wiley Series, ۱۹۷۶.
- J. Benbow, J. Bridgwater, Paste Flow and Extrusion, Oxford Series, ۱۹۹۳.
- J.E. Shelby, Introduction to Glass Science and Technology, ۲<sup>nd</sup> Edition, Royal Society of Chemistry, ۲۰۰۵.
- F.V. Tooley, The Handbook of Glass Manufacture, Ashlee Publishing Company, ۱۹۸۴.
- F.W. Hodkin, A. Cousen, A Textbook of Glass Technology, D. Van Nostrand, ۱۹۳۵.





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	گرمایش و سرمایش در صنایع شیمیایی معدنی  ChE۴۰۶۰۵
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

آشنایی با انواع فناوری‌های گرمایش و سرمایش در صنایع شیمیایی معدنی، مطالعه مفاهیم علمی مرتبط با گرمایش و سرمایش در صنایع شیمیایی معدنی و فراگیری اصول فنی-مهندسی فناوری‌های رایج در عملیات‌های مربوطه

#### سرفصل درس

- مقدمه (اهداف درس، جایگاه درس)
- اصول موازنه جرم و انرژی
- اصول انتقال حرارت، رسانش، همرفت و تابش، ترکیب سه پدیده انتقال حرارت در سامانه‌های حرارتی
- تقسیم بندی کوره‌ها و خنک‌کننده‌ها با توجه به صنایع مختلف، پیوسته یا مرحله‌ای بودن فرآیند، روش‌های صرفه جویی در انرژی
- اجزا تشکیل دهنده یک کوره یا خنک‌کننده، مشعل‌ها، دمنده‌ها، کانال‌ها و دودکش
- مواد و مصالح ساخت کوره‌ها، خنک‌کننده‌ها، عایق‌ها، نسوزها
- کوره، پیش‌گرمکن و خنک‌کن در صنعت سیمان
- کوره‌های صنعت کاشی و سرامیک
- کوره و ریجنراتور در صنعت شیشه
- کوره، پیش‌گرمکن و خنک‌کن در صنعت آجریزی
- کوره‌های احیا سنگ معدن مانند کوره بلند ذوب آهن
- فرآیند تشویه و کوره‌های تشویه
- کوره‌های برقی: انواع، کاربرد و طراحی



## مراجع

- W. Trinks, Industrial Furnaces, 6<sup>th</sup> Edition, John Wiley and Sons, 2004.
- P. Mullinger, B. Jenkins, Industrial and Process Furnaces: Principles, Design and Operation, 2<sup>nd</sup> Edition, Elsevier Ltd. & Book Aid Int., 2014.
- J.I. Bhatti, F.M. Miller, and S.H. Kosmatka, Innovations in Portland Cement Manufacturing, Portland Cement Association, 3<sup>rd</sup> Edition, Illinois 60-77-1083, 2011.
- F.V. Tooley, The Handbook of Glass Manufacture, Ashlee Publishing Company, 1984.
- A.G. King, Ceramic Processing and Technology: A Practical Working Guide, 1<sup>st</sup> Edition, William Andrew Publishing, 2002.
- J.H. Strassburger, Blast Furnace: Theory and Practice, Gordon and Breach, New York, 1969.
- J.D. Gilchrist, Fuels, Furnaces, and Refractories, 1<sup>st</sup> Edition, Pergamon Press, New York, 1977.
- M.A. Glinkov, G.M. Glinkov, A General Theoru of Furnaces, Mir Publishing Company, 1980.



درس پیش‌تبار	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	نانومواد معدنی  ChE۴۰۶۰۶
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنا نمودن دانشجویان با مفهوم فناوری نانو، مطالعه روش‌های مختلف سنتز و تهیه نانو مواد، کاربردهای نانو مواد در صنایع مختلف و روش‌های مشخصه‌یابی دستگاهی نانو مواد

## سرفصل درس

- مقدمه و تعاریف (اهداف و جایگاه درس، مفاهیم اولیه نانو فناوری، خواص مواد، تغییر خواص با اندازه)
- تقسیم‌بندی روش‌های سنتز نانو مواد
- روش‌های فیزیکی سنتز نانو مواد
- روش‌های شیمیایی سنتز نانو مواد
  - روش رسوب‌دهی
  - روش سل-زُل
  - روش میکروامولسیون
  - روش سنتز احتراقی
  - روش پیرولیز پاششی
  - روش سونوشیمیایی
  - استحصال نانو مواد از منابع معدنی
- روش‌های مشخصه‌یابی نانو ذرات:
  - پراش سنجی اشعه ایکس



- میکروسکوپ الکترونی
- میکروسکوپ پروب روبشی
- روش‌های تعیین اندازه ذرات
- آنالیز سطح
- دیسپرس کردن نانو مواد:
  - معرفی رفتار توزیع و کلوخه شدن نانو ذرات
  - حرکت براونی و ترشوندگی نانو ذرات
  - نانو سیالات (معرفی، روش‌های تهیه یک و دو مرحله ای، پایداری، انتقال حرارت بهبود یافته در نانو سیالات)
  - نانو ذرات کلئیدی
- بررسی برخی کاربردهای نانو مواد:
  - صنایع ساختمانی و نانو سیلیس
  - نانومواد مغناطیسی
  - محیط زیست (نانو جاذب‌ها، نانو فوتوکاتالیست‌ها، نانو فیلتراسیون)
  - انرژی (سلول خورشیدی، باتری‌ها، پیل سوختی، مواد ترموالکترونیک، مواد فوتو ولتائیک، شکافت آب و تولید هیدروژن)
  - دیرگذاها
  - نانو پوشش‌ها
  - نانو بیوتکنولوژی (نانو بیو سرامیک، دارو رسانی هدفمند، حسگرها)



## مراجع

- M. Hosokawa *et al* (Ed.), Nanoparticle Technology Handbook, Elsevier, Netherlands, ۲۰۰۷.
- Ch.P. Poole, Introduction to Nanotechnology, Wiley, ۲۰۰۳.
- S. Ernest (Ed.), Advances in Nanoporous Materials, Elsevier, ۲۰۱۰.
- R.K. Leach, Fundamental Principles of Engineering Nano Metrology, Elsevier, ۲۰۱۰.
- R.L. Johnston, J.P. Wilcoxon, Metal Nanoparticles and Nanoalloys, Frontiers of Nanoscience, Vol. ۳, Elsevier, ۲۰۱۲.
- L. Theodore, Nanotechnology: Basic Calculations for Engineers and Scientists, John Wiley & Sons, ۲۰۰۶.
- Zh.L. Wang (Ed.), Characterization of Nanophase Materials, Wiley-VCH, ۲۰۰۰.
- G. Schmidt (Ed.), Nanoparticles: From Theory to Application, Wiley- VCH, ۲۰۰۴.
- S. Logothetidis (Ed.), Nanostructured Materials and their Applications, Springer, ۲۰۱۲.

درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	طراحی تجهیزات فرایندی ChE۴۰۷۰۱
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس آموزش تخصصی دانشجویان در رابطه با مباحث طراحی پایه فرایندی و مکانیکی تجهیزات فرایندی از قبیل برج‌ها، مبدل‌ها، مخازن و غیره در عمل می‌باشد. همچنین آموزش استانداردهای طراحی، آشنایی با انواع جنس تجهیزات، تهیه جدول اطلاعات تجهیزات از دیگر اهداف این درس می‌باشد.

## سرفصل درس

- استانداردها و کدها طراحی تجهیزات فرایند - استانداردهایی همچون: ASTM, ASME, API
- طراحی انواع تانک‌های ذخیره سازی کروی و استوانه ای - انتخاب نوع مخزن ذخیره بر حسب ماده، طراحی پایه مخزن، انتخاب جنس ساخت، طراحی تجهیزات جانبی مورد نیاز، طراحی نازل‌های مخزن، تهیه جدول اطلاعات اولیه
- طراحی برج‌های تقطیر و استخراج انتخاب شرایط عملیاتی، انتخاب ماده میرد و ماده حرارت دهنده، جایگاه استفاده از مبدل‌های فناوری پینچ پمپ حرارتی، طراحی دمایی و مکانیکی میعان کننده و جوش آور برج، محاسبه پارامترهای اندازه ای برج، طراحی پارامترهای مکانیکی، طراحی تجهیزات جانبی مورد نیاز، طراحی نازل‌های مخزن، تهیه جدول اطلاعات برج و سینی
- طراحی مخازن و درام‌ها (Drum) کاربرد مخازن و درام‌ها در فرایند، طراحی فرایندی مخازن و درام‌ها بر اساس نصب افقی یا عمودی، طراحی پایه مخزن، انتخاب جنس، طراحی تجهیزات جانبی مورد نیاز، طراحی نازل‌های مخزن، تهیه جدول اطلاعات اولیه
- طراحی مبدل‌های حرارتی بر استاندارد TEMA طراحی مبدل‌های حرارتی پوسته-لوله، کولرهای هوایی و مبدل‌های حرارتی صفحه ای
- استفاده از نرم افزارهای مجموعه Aspen Tech جهت طراحی برج و مبدل حرارتی





## مراجع

- D. W. Green and R. H. Perry, "Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Ed., Mc Graw Hill, 2008.
- J. R. Couper and S. M. Walas, "Chemical Process Equipment", 3rd Ed., Elsevier, 2010.
- C. Matthews, "Engineers' Guide to Pressure Equipment", Professional Engineering Publishing Limited, 2006.
- Coulson & Richardson's Chemical Engineering, Butterworth-Heinemann, 3rd Ed., Vol. 6, 1999.
- E. Ludwig, "Applied Process Designing for Chemical and Petrochemical Plants", 3rd Ed., Gulf, 1999.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	طراحی پایه و تفصیلی فرآیندهای شیمیایی  ChE: ۰۷۰۲
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس آموزش تخصصی مباحث و مبانی طراحی پایه و تفصیلی در واحدهای نفت، گاز و پتروشیمی می باشد. این مباحث شامل انتقال و یا تولید دانش فنی، انجام محاسبات، تهیه مدارک مهندسی، نمودار جریان فرآیندی (PFD)، نمودارهای لوله و ابزار دقیق (P&ID)، چیدمان تجهیزات، جداول اطلاعاتی تجهیزات، و ... می باشد.

## سرفصل درس

- مراحل طراحی فرآیندهای شیمیایی
- طراحی از نظر کلی، تشریح فرآیندهای تولیدی شیمیایی، سازماندهی در یک فرآیند مهندسی شیمی، طبقه بندی مدارک و مستندات پروژه، کدها و استانداردها، فاکتورهای اصلی در ایمنی، واحدهای اندازه گیری، درجه آزادی در طراحی، بهینه‌سازی
- مدارک مهندسی پایه
- مبانی طراحی پروژه، نمودار جریان فرآیندی، دیاگرام لوله کشی و ابزار دقیق، خطوط لوله و ابزار دقیق، جانمایی، دستورالعمل راه اندازی و بهره برداری
- مدارک مهندسی تفصیلی
- نقشه‌های تفصیلی اجرایی، مشخصات فنی، درخواست خرید تجهیزات، خدمات مهندسی
- مبانی طراحی و ترسیم نقشه‌های پایه ای فرآیندی
- نمودار جریان فرآیندی (PFD)، نمودار جریان بلوکی (BFD)، محاسبات جانمایی کل واحد
- مبانی طراحی و ترسیم نمودارهای لوله و ابزار دقیق (P&ID)
- نمادها، انتخاب شیرها، افت فشار در لوله‌ها و محاسبات اندازه خطوط، شماره گذاری تجهیزات و خطوط، لوپ‌های کنترل



و اینترلاکها، شیرهای کنترل و on-off

- جداول اطلاعاتی تجهیزات
- جداول اطلاعاتی تجهیزات ابزار دقیق فرآیندی، جداول اطلاعاتی تجهیزات دوار و ثابت فرآیندی

## مراجع

- D. W. Green and R. H. Perry, "Perry's Chemical Engineers' Handbook, 4nd Ed., McGraw Hill, ۲۰۰۸.
- C. R. Branan, "Rules of Thumb for Chemical Engineers", ۴nd Ed., Gulf Professional Publishing, ۲۰۰۵.
- R. K. Sinnott, "Coulson & Richardson's Chemical Engineering series-Chemical Engineering Design", Butterworth-Heinemann, ۴nd Ed., Vol. ۶, ۲۰۰۵.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	بازیافت انرژی در فرایندهای شیمیایی  ChE۴۰۷۰۳
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

ارائه روش‌های قانونمند جهت بهینه‌سازی اقتصادی سامانه‌های انرژی در فرایندهای شیمیایی و آموزش تخصصی روش‌های طراحی شبکه مبدل‌های حرارتی بر اساس تکنولوژی پینچ از اهداف این درس می‌باشد.

## سرفصل درس

- مقدمه
- تاریخچه آنالیز پینچ، درجه بندی طراحی فرآیند، سرمایه گذاری در شبکه مبدل‌های حرارتی و تأسیسات جانبی
- اهداف انرژی
- اصول بازیافت حرارتی، بازیافت حرارتی در فرایندهای چند جریان، منحنی‌های ترکیبی و پینچ
- روش‌های طراحی شبکه مبدل حرارتی جهت دستیابی به اهداف انرژی
- نمودارهای شبکه مبدل حرارتی، روش طراحی پینچ، مسائل آستانه ای، پینچ ترکیبی
- طراحی و آنالیز سامانه‌های پشتیبانی فرآیند
- منحنی‌های ترکیبی گرند (Grand Composite)، انتخاب سامانه‌های پشتیبانی، انتگراسیون حرارتی موتورها و پمپ‌های گرمایی، پینچ بازیافت انرژی، الگوریتم محاسباتی برای یافتن اهداف انرژی
- هدف گیری‌های اقتصادی طراحی شبکه مبدل حرارتی فرآیند
- حداقل سازی تعداد مبدل‌های حرارتی، حداقل سازی سطح و تعداد پوسته درمبدل حرارتی، بهینه‌سازی شبکه مبدل، طراحی شبکه با معیارهای هزینه ای متفاوت
- ابزارهای طراحی شبکه مبدل حرارتی
- ماتریس CP، تقسیم جریان، شکستن حلقه‌ها، ترسیم نمودار نیروی پیش برنده، آنالیز مبدل‌های قطع کننده پینچ، روش Topology Trap

- مطالعات رتروفیت
- مسائل رتروفیت، مشخصات داده ای فرآیند، محرک‌ها و اهداف رتروفیت، آنالیز اقتصادی و روش طراحی، استفاده بازیافت
- مبدل حرارتی در رتروفیت
- ملاحظات افت فشار
- تاثیر افت فشار در تعیین سطح مبدل، طراحی Grass-Root، رتروفیت برای ذخیره سازی
- انرژی، رتروفیت برای شکستن محدود کننده‌های فرآیندی
- انتگراسیون حرارتی واحدهای عملیاتی
- راکتورها، برج‌های تقطیر، تبخیر کننده‌ها، خشک‌کن‌ها، پمپ‌های حرارتی و یخچال‌ها

## مراجع

- I. C. Kemp, "Pinch Analysis and Process Integration", Butterworth-Heinemann Press, 2nd Edition, 2007.
- R. Smith, "Chemical Process Design and Integration", John Wiley & Sons, 2nd Edition, 2007.
- W. O. Sieder, S. D. Scade and D. R. Lewin, "Process Design Principles", John Wiley, 2004.
- R. Smith, "Chemical Process Design", McGraw Hill, 1st Ed., 1995.





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	آنالیز اکسرژی فرآیندهای شیمیایی  ChE۴۰۷۰۴
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

ارائه روش‌های قانونمند جهت بررسی کیفی و کمی اکسرژی در تجهیزات فرآیندهای شیمیایی و آشنایی با روش‌های آنالیز اکسرژی از اهداف این درس می‌باشد.

## سرفصل درس

- مقدمه
- تاریخچه آنالیز اکسرژی، جایگاه کاربرد اکسرژی در فرآیندهای شیمیایی
- بررسی کیفی اکسرژی
- مثال‌های فیزیکی، تعاریف اصول حاکم بر اکسرژی، مفاهیم قانون دوم ترمودینامیک، نمودارهای انتروپی-درجه حرارت، اکسرژی حرارتی، اکسرژی جریان‌های فرآیندی
- اصول آنالیز اکسرژی
- تغییرات اکسرژی از انتالیپی، نگوش "از میان واحد"، فرمول دما، فرمول فشار، فرمول برای اختلاط و جداسازی، راندمان قانون دوم
- آنالیز اکسرژی تجهیزات عملیاتی
- آنالیز اکسرژی مصرف کننده انرژی (تجهیزات انتقال سیال) و تولید کننده کار (توربین)، آنالیز اکسرژی میدل‌های حرارتی و کوره‌ها، آنالیز اکسرژی برج‌های تقطیر، جذب و استخراج
- آنالیز اکسرژی واکنش‌ها و راکتورها
- اکسرژی واکنش‌های شیمیایی، موازنه اکسرژی برای راکتورها
- هدررفت‌های قابل اجتناب و غیر قابل اجتناب



- هدر رفت‌های غیر قابل اجتناب راکتورها و تجهیزات فرآیندی، هدر رفت‌های قابل اجتناب تجهیزات فرآیندی، جلوگیری از هدر رفت‌ها با صرف هزینه‌های سرمایه‌گذاری محدود
- آنالیز اکسرژی فرآیندهای شیمیایی
- آنالیز اکسرژی فرآیند رطوبت زنی و خشک کردن، آنالیز اکسرژی نیروگاه‌های حرارتی، آنالیز اکسرژی فرآیندهای سرما ساز، آنالیز اکسرژی فرآیندهای نفتی و.....

## مراجع

- I. Dincer and M. A. Rosen, "Exergy: energy, environment, and sustainable development", Elsevier Press, 1st Ed., 2007.
- J. Szargut, "Exergy Method: Technical and Ecological Applications", WIT Press, Southampton, Boston, 2005.
- C. J. Cleveland, "Encyclopedia of Exergy", Elsevier Press, 2nd Ed., 2004.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	بهینه‌سازی ChE۴۰۷۰۵
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس ایجاد مهارت کافی در دانشجویان در بهینه‌سازی مسائل مهندسی شیمی می‌باشد. مطالب این درس کمک مناسبی خواهد بود که دانشجو بتواند بر مبنای سه محور مدل سازی، سرف تابع هدف و یافتن روشی جهت بهینه‌سازی استاتیکی و پادینامیکی عمل کند.



## سرفصل درس

- مقدمه
- مفاهیم اولیه در بهینه‌سازی (متغیر طراحی، تابع هدف، انواع فیود، بهینه‌سازی پیوسته و بهینه‌سازی گسسته، بهینه‌سازی محلی و بهینه‌سازی سراسری، بهینه‌سازی با اعمال قید و بدون اعمال قید، مسائل خطی و غیر خطی، الگوریتم‌های بهینه‌سازی، درجه آزادی در حل مسائل بهینه‌سازی، بهینه‌سازی از طریق طراحی آزمایش‌ها، نمودارهای کانتور (هم پاسخ)، مروری بر عملیات ماتریسی، اکستریم توابع، تعمر، ماتریس هسین
- بهینه‌سازی بدون اعمال قید
- بهینه‌سازی بدون قید یک بعدی، روش‌های مستقیم برای مسائل یک بعدی (سرعت همگرایی، روش نیوتن، روش سکانت)، بهینه‌سازی بدون قید چند بعدی، روش‌های تکراری برای مسائل چند بعدی، روش‌های مستقیم برای مسائل چند بعدی (روش جستجوی Simplex، روش جستجوی تک متغیره، روش جستجوی مزدوج، روش پاول، روش‌های غیر مستقیم برای مسائل چند بعدی (روش گرادیان، روش نیوتن، روش سکانت)
- بهینه‌سازی با اعمال قید
- روش لاگرانژ، شرط لازم و کافی برای فیود تساوی و ناتساوی، تعبیر ترسیمی شرایط لازم و کافی
- برنامه ریزی خطی

- برنامه ریزی خطی از دیدگاه هندسی، روش سیمپلکس، روش سدی، تحلیل حساسیت، کاربرد نرم افزار Excel در برنامه ریزی خطی
- برنامه ریزی غیرخطی با قید
- روش جایگزینی مستقیم، روش تعمیم یافته کاهشی گرادیانی، روش تابع پنالتی، روش سدی، روش افزایشی لاگرانژی، برنامه ریزی درجه دوم متوالی
- برنامه ریزی روی اعداد صحیح یا مخلوط اعداد صحیح و پیوسته
- فرمول بندی مسئله به صورت NLP، فرمول بندی مسئله به صورت برنامه ریزی روی اعداد صحیح، روش شاخه و مرز، برنامه ریزی خطی روی مخلوط اعداد صحیح و پیوسته، برنامه ریزی غیر خطی روی مخلوط اعداد صحیح و پیوسته
- برنامه ریزی دینامیکی
- مثال‌های کاربردی بهینه‌سازی در مهندسی شیمی و استفاده از نرم افزار MATLAB

## مراجع

- K. J. Beers, "Numerical Methods for Chemical Engineering Applications in MATLAB", Cambridge University Press, ۲۰۰۷.
- S. S. Rao, "Optimization Theory and Applications", ۲nd edition, John Wiley & Sons, New Delhi, ۲۰۰۴.
- T. F. Edgar, D. M. Himmelblau, and L. S. Lasdon, "Optimization of Chemical Processes", ۲nd ed., Mc Graw-Hill, New York, ۲۰۰۱.
- J. Nocedal and S. J. Wright, "Numerical Optimization" Secaucus, N.J., Springer-Verlag, NY, ۱۹۹۹
- L. S. Pontryagin and, V. G. Boltyanskii, Gamkrelidze R.V., Mishchenko E.F., "The Mathematical Theory of Optimal Processes", Wiley & Sons, NY, ۱۹۶۲.
- R. W. Pike, "Optimization for Engineering Systems", Van Nostrand Reinhold Inc., ۱۹۸۶.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	افزایش مقیاس در فرآیندهای شیمیایی  ChE۴۰۷۰۶
			۲	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

این درس برای تقویت توانایی دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد جهت افزایش مقیاس تجهیزات فرایندی، از ابعاد آزمایشگاهی به ابعاد صنعتی، در نظر گرفته شده است.

## سرفصل درس

اصول و مبانی روش‌های افزایش مقیاس

- آنالیز ابعادی و تئوری مدل‌ها، محدوده کاربرد پذیري آنالیز ابعادی، تئوری تقریب و تشبیه، مدل‌سازی و شبیه‌سازی ریاضی، مهارت‌های آزمایشگاهی در فرآیند افزایش مقیاس

گروه‌های بدون بعد

تئوری Buckingham، ایجاد گروه‌های بدون بعد به صورت فضای  $\pi$  با استفاده از ماتریس تبدیل، تغییر ناپذیری ابعاد فضای  $\pi$  استفاده از کمیت‌های حد واسط، تقلیل فضای  $\pi$ ، ارتباط ابعاد فیزیکی فرآیند با فضای  $\pi$  آنالیز ابعادی با استفاده مدل‌های ریاضی

- توضیح اصول و مبانی، تعریف کمیت‌های مرجع، بازنویسی معادلات در قالب گروه‌های بدون بعد، اثر گذاری ابعاد فیزیکی، شرایط عملیاتی و رژیم جریان بر تغییر ماهیت معادلات ریاضی، افزایش مقیاس در شرایط تشابه جزئی، ارائه مثال‌های صنعتی

آنالیز ابعادی در غیاب مدل‌های ریاضی

- گروه‌های بدون بعد با خواص فیزیکی ثابت، گروه‌های بدون بعد با خواص فیزیکی متغیر، نحوه اترگذاری ثوابت فیزیکی و شیمیایی بر فرآیند افزایش مقیاس، تقلیل خطا در فرآیند افزایش مقیاس، بهینه سازی شرایط انجام فرآیند با توجه به ملاحظات افزایش مقیاس، ارائه مثال‌های صنعتی





ارائه مثال‌هایی صنعتی از افزایش مقیاس تجهیزات فرآیندی در مهندسی شیمی

- فرآیندهای عملیات واحد، انتقال جرم، انتقال حرارت و راکتورهای شیمیایی

## مراجع

- M., Zlokarnik, "Scale-up in Chemical Engineering", Wiley-VCR, ۲۰۰۶.
- A., Bisio and R.L. Kable, "Scale-up of Chemical Processes", Wiley-Interscience, ۱۹۸۵.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	مدل‌سازی و شبیه‌سازی فرایندهای شیمیایی  ChE۴۰۷۰۷
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از ارائه این درس آشنایی دانشجویان با روش‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی تجهیزات فرایندی در یک فرایند شیمیایی می‌باشد.

## سرفصل درس

### مقدمه

- تعاریف و کاربردهای مدل‌سازی و شبیه‌سازی
- روش‌های عددی عددی حل معادلات جبری
- فصل دوم: مدل‌سازی و شبیه‌سازی راکتورهای شیمیایی
- راکتورهای ناپیوسته، راکتورهای پیوسته، راکتورهای با بستر ثابت کاتالیستی، بیو راکتورها
- مدل‌سازی و شبیه‌سازی برج‌های جداسازی
- مدل ریاضی موازنه انرژی و مواد در برج‌ها
- برج جداسازی بوتان در پالایشگاه
- برج‌های جداسازی در واحد اولفین
- مدل‌سازی و شبیه‌سازی کوره‌ها و دیگ‌های بخار
- کوره‌های شکست حرارتی، کوره‌های پالایشگاهی، دیگ‌های بخار
- مدل‌سازی میدل‌های حرارتی
- میدل‌های پوسته و لوله



- مبدل‌های دولوله
- مبدل‌های پر شده با بستر ثابت و متحرک

### مراجع

- Chemical Process Modelling and Computer Simulation, Amiya Jana, PHI, ۲۰۰۸
- Theoretical Chemical Engineering: Modelling and Simulation, Christo Boyadjieva, ۲۰۱۰.
- Chemical Engineering: Modelling and Simulation and Similitude, T. G. Dobre, J.G. S. Marcano, Wiley-VCH, ۲۰۰۷
- Process Plant Simulation, B.V. Babu, Oxf. Univ. Press, ۲۰۰۴



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	ایمنی در صنایع شیمیایی ChE۴۰۷۰۸
			۲	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف:

هدف از این درس آموزش تخصصی مشخصات محیط‌های خطرناک، مواد آتش زا، قابل انفجار و سمی در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی می باشد. همچنین فراگیری موارد ایمنی، ذخیره مواد خطرناک، راه‌های پیشگیری از خطر از دیگر اهداف این درس می باشد.

#### سرفصل درس

- ایمنی فرآیندهای شیمیایی
- برنامه‌های ایمنی، ریسک قابل قبول، ماهیت حوادث، ایمنی ماندگار و حوادث بزرگ
- مواد خطرناک و شرایط خطر
- اشتعال پذیری، مثلث آتش، احتراق، انفجار، الکتریسیته ساکن، تمایل به واکنش، سمی بودن
- آنالیز ایمنی در فرآیند
- آنالیز خطر، آنالیز ریسک
- منابع تولید احتراق
- احتراق توسط شعله، احتراق اتوماتیک، منبع الکتریکی، منبع فیزیکی، واکنش‌های شیمیایی
- خطرات سامانه‌های الکتریکی
- تجهیزات الکتریکی، تجهیزات روشنایی، اتصال به زمین، دسته بندی مناطق خطر الکتریکی
- طراحی تجهیزات ایمنی و عملکرد ایمن
- طراحی سامانه‌های تخلیه فشار، طراحی وسایل تخلیه اضطراری در شرایط خطر، مانع شعله احتراقی و



انفجاری (Deflagration and Detonation Flame Arresters)، طراحی سامانه‌های انتقال و ذخیره مواد خطرناک،

سامانه‌های دفع مواد خطرناک

- مدل‌های نشت و انتشار مواد سمی
- عوامل موثر بر انتشار مواد سمی، مدل‌های انتشار شناور خنثی، انتشار گازهای سنگین، تاثیرات مواد سمی و روش‌های کاهش نشت آن‌ها
- طراحی در راستای جلوگیری از آتش و انفجار
- خنثی‌سازی، سامانه‌های تخلیه فشار و مواد در شرایط خطر، تجهیزات ضد انفجار، تعویض هوای محیط، سامانه‌های آتش نشانی
- تشخیص مخاطرات
- چک لیست مخاطرات فرآیند، ارزیابی مخاطرات، مطالعات HAZOP (آنالیز مخاطرات و قابلیت بهره برداری)، کنترل ایمنی فرآیند

## مراجع

- D. W. Green and R. H. Perry, "Perry's Chemical Engineers' Handbook, 4th Ed., McGraw Hill, ۲۰۰۸.
- "Guidelines for Risk Based Process Safety", Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, ۲۰۰۷.
- D. A. Crowl and J. F. Louvar, "Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications", 2nd Ed., Prentice Hall, ۲۰۰۲.





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	استانداردسازی  ChE۴۰۷۰۹
			۳	
ندارد	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				



#### هدف

آشنایی دانشجویان با سامانه استانداردسازی و اهمیت و کاربرد آن در مهندسی

#### سرفصل درس

- مفاهیم استاندارد (تعریف و تاریخچه، کنترل انواع و فواید آن (یکی کردن طراحی، اعداد مرجع، انتخاب روش‌ها، بکارگیری سامانه کد گذاری، کنترل ورودی و فواید کنترل انواع)، تعویض پذیری، اصول و فواید استانداردسازی
- سامانه استاندارد سازی، تحقیق و توسعه، تدوین استاندارد، سطوح استانداردسازی (استانداردهای کارخانه ای، ملی، منطقه ای، بین المللی)، ابعاد استاندارد (ویژگی‌ها، روش‌های آزمون، آیین کار، استانداردهای ایمنی و ...)، روش اجرایی تدوین استاندارد، نحوه استفاده از پایگاه‌های اینترنتی برای تدوین استانداردها، نحوه نگارش استانداردهای ملی
- استاندارد و نوآوری، نوآوری در عرصه فناوری، استانداردهای مرتبط با نوآوری‌های فناورانه، نوآوری‌های فناورانه یا استفاده از استانداردها، ارزیابی انطباق و بازرسی
- مرور کلی بر ارزیابی انطباق، تعاریف و اهداف، فعالیت‌های ارزیابی انطباق، اهمیت فعالیت‌های آزمون، انواع سامانه‌های گواهی دهنده و ویژگی‌ها، سامانه‌های ارزیابی، سامانه‌های مدیریت کیفیت، سامانه‌های مدیریت محیطی، سایر سیستم‌های گواهی دهنده، سامانه گواهی محصول، سامانه‌های گواهی بازارهای محصول، سامانه‌های گواهی بین المللی، ارزیابی انطباق و توافقنامه‌های دو جانبه و چند جانبه، آشنایی با ارزیابی انطباق و تجارت بین المللی
- اندازه شناسی، آشنایی با اندازه شناسی و آزمون، روش شناسی اندازه گیری و آزمون، نگاه کلی به اندازه شناسی، مبانی و سازمان‌های اندازه شناسی، کتوانسیون متر، دفتر بین المللی اوزان و مقیاس‌ها، سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی، سازمان‌های اندازه شناسی منطقه ای، قابلیت ردیابی، اندازه شناسی در قرن ۲۱، کیفیت در اندازه گیری و آزمون،

ارزیابی‌های آماری نتایج اندازه‌گیری، عدم قطعیت اندازه‌گیری، صحت‌گذاری، مقایسه‌های بین آزمایشگاهی و آزمون  
کفایت تخصصی، مواد مرجع  
• استانداردهای تخصصی ملی و بین‌المللی مرتبط نفت، گاز، پتروشیمی و صنایع فرایندی

## مراجع

- Standardization: Fundamentals, Impact, and Business Strategy, APEC Sub Committee on Standards and Conformance, Education Guideline ۳- Textbook for higher education.
- ISO/IEC Directives Part ۲: ۲۰۰۴. Support for international standard developments.
- Standards, Conformity Assessment, and Accreditation for Engineers by Robert D. Hunter, CRC Press, (۲۰۰۹).
- Springer Handbook of Metrology and Testing by Horst Czichos, Tetsuya Saito, Leslie Smith, ۲nd edition ۲۰۱۱



درس پیش‌نیاز	اختباری	نوع درس	تعداد واحد	کارآفرینی ChE۴۰۷۱۰
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی دانشجویان با تاریخچه، مبانی و مهارت‌های مورد نیاز برای موفقیت در فرایند کارآفرینی و مدیریت کسب و کار و کسب مهارت تحلیلی ابعاد کسب و کار و انتخاب کسب و کار مناسب.

## سرفصل درس

### موفقیت

- چراهای موفقیت
- شرکت/ کسب و کار (موفق)
- خالق شرکت موفق (کارآفرینان)
- برنامه ریزی مسیرهای شغلی
- رویاهای ایجاد کسب و کار
- چشم انداز، آرزو و آرمان (Vision)
- اهمیت و نقش Vision در زندگی فردی، سازماندهی و اجتماعی
- مدل GEM
- آشنایی با اصول و انواع کسب و کار
- مبانی و اصول کسب و کار
- مفهوم و تعریف کسب و کار
- اصول کسب و کار



- عناصر کسب و کار
- کسب و کار تولیدی
- کسب و کار صنعتی
- کسب و کار کشاورزی
- کسب و کار خدماتی
- کسب و کار تجاری
- فناوری‌های جدید (Nano Tech. IT. Bio Tech...)
- انواع کسب و کار بر اساس اندازه
- کسب و کار کوچک
- کسب و کار متوسط
- کسب و کار بزرگ
- انواع کسب و کار بر اساس ماهیت
- کسب و کار مجازی
- کسب و کار اینترنتی
- کسب و کار بدون کارخانه (تولید بدون کارخانه)
- کسب و کارهای خانگی
- کسب و کارهای خانوادگی
- کسب و کارهای روستایی
- مهارت‌های کسب و کار (۵ مهارت اصلی)
- ماتریس کسب و کار
- نگاه کسب و کارانه
- تغییرات جهانی
- روند مهم تغییرات جهانی
- تاثیر روندهای جهانی بر کسب و کار
- روند فزاینده مشتری مداری و مشتری محوری در سازمان‌ها
- حرکت از ساختار سلسله مراتبی به نظام شبکه ای
- گذر جامعه صنعتی به اطلاعاتی (سه انقلاب EDI)
- کارآفرینی
- سابقه تاریخی کارآفرینی
- تعاریف کارآفرینی
- تمایز بین کارآفرین با مخترع / نوآور / سرمایه گذار / مدیر / خلاق



- انواع کارآفرینی
- کارآفرینی فردی
- کارآفرینی سازمانی
- کارآفرینی اجتماعی
- ویژگی‌های کارآفرینان
- تجارب موفقیت‌آمیز
- -تجارب عدم موفقیت
- تکالیف فصل

#### فرآیند کارآفرینی

- عناصر فرایند کارآفرینی
- تشخیص فرصت‌های کارآفرینی
- ایده و ایده پردازی
- تعریف ایده
- روش‌های خلق ایده
- راه‌های یافتن ایده کسب و کار
- خلاقیت
- روش‌های خلاقیت
- نمونه سازی و آزمون محصول
- تدوین برنامه طرح کسب و کار
- انتخاب مکان
- انتخاب شکل قانونی و تأسیس کسب و کار
- انتخاب نام
- انتخاب نوع شرکت
- مالکیت انفرادی
- شراکت
- انواع شراکت
- ثبت شرکت
- مراحل صدور جواز تاسیس و پروانه بهره‌برداری کسب و کار
- تأمین مالی و گردآوری منابع و امکانات
- راه اندازی کسب و کار
- انواع روش‌های راه اندازی کسب و کار





- روش خرید کسب و کار
- روش پذیرش نمایندگی
- شروع کسب و کار از صفر
- مدیریت کسب و کار
- تامین منابع
- تخصیص منابع
- تولید
- فروش
- تدارکات
- مدیریت ریسک
- ریسک‌های شخصی کارآفرینان
- ریسک‌های کسب و کار
- ریسک شهرت و اعتبار
- بیمه
- بیمه‌های اجتماعی
- بیمه‌های بازرگانی
- اهمیت نقش بیمه برای کارآفرینان
- رشد کسب و کار

## مراجع

- میانی کارآفرینی - دکتر محمود احمدپور داریانی - مرکز کارآفرینی دانشگاه تهران - ۱۳۸۵.
- کارآفرینی ( تعاریف، نظریات و الگوها) - دکتر محمود احمدپور داریانی - شرکت پردیس - ۱۳۷۸.
- نگارشی معاصر بر کارآفرینی - جلد اول و دوم - دانلفد، کوزاتکو، ریچارد ام. هاجنس، ترجمه ابراهیم عامل محرابی - دانشگاه فردوسی مشهد - ۱۳۸۳.
- کارآفرینی - دکتر محمود احمدپور داریانی - وزارت آموزش و پرورش، دفتر برنامه ریزی و تالیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش - تهران: محراب قلم، ۱۳۸۳.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	پدیده‌های خشک کردن ChE۴۰۸۰۱
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف:

هدف آشنایی دانشجویان این رشته با شیوه‌های خشک کردن و اصول و مبانی آن است.

#### سرفصل درس

- مقدمه
  - اهمیت درس
  - انواع خشک‌ها
  - ساز و کار خشک شدن
  - مصرف انرژی در خشک‌کن‌ها
- خواص ترمودینامیکی هوای مرطوب
  - تعاریف خصوصیات هوای مرطوب مانند رطوبت نسبی - رطوبت مطلق - دمای خشک - دمای تر - دمای اشباع آریاتنیک - دمای اشباع‌هایگروسکوپیک هوا - آنتالپی هوا
  - منحنی سایکرومتریک هوای مرطوب
  - منحنی سولیر هوای مرطوب
- خواص ماده تر
  - انواع رطوبت ماده
  - منحنی‌های رطوبت تعادلی ماده (ایزوترم‌ها)
  - فعالیت آبی ماده



- آنتالیی ماده تر
- حرارت تر شدن ماده و انرژی بیوندی آب و ماده
- انتقال حرارت و جرم در پروسه خشک کردن
  - ضرائب انتقال جرم و حرارت
  - اعداد بدون بعد Kirpichev و Robinder
  - ساز و کار خشک شدن و مراحل خشک شدن
  - معیارهای پرپور اول و دوم خشک شدن با استفاده از عدد Kirpichev
  - ضریب Acherman در انتقال حرارت توأم با انتقال جرم
- سینتیک خشک شدن
  - محاسبه زمان خشک شدن
  - منحنی‌های خشک شدن (سینتیکی - نرخ تبخیر - منحنی دما)
  - معادلات سینتیکی خشک شدن
- محاسبه نرخ تبخیر در فرایند خشک شدن
  - نرخ تبخیر در پرپود اول
    - روش استفاده از لایه مرزی
    - روش استفاده از میزان انتقال حرارت در سطح ماده
    - روش استفاده از عدد Kirpicher
  - نرخ تبخیر در پرپود دوم
    - روش مقاومت داخلی
    - روش استفاده از معادلات دینامیکی خشک شدن
    - روش استفاده از انتقال حرارت در سطح تبخیر
- اصول طراحی خشک کن‌های مداوم
  - محاسبه انرژی در خشکن‌های ایده آل و غیر ایده آل
  - بیلان جرم و انرژی در خشکن‌ها
  - حل معادلات حاکم به روش‌های مختلف
    - روش گرافیکی
    - روش عددی و تحلیلی
  - محاسبه ابعاد خشکن‌ها
    - روش استفاده از بیلان‌ها



▪ روش استفاده از زمان اقامت ماده

• خشکن‌های نیمه batch

- معادلات حاکم در پریود اول
- معادلات حاکم در پریود دوم
- برگشتی در خشکن‌های نیمه batch
- تعداد واحد انتقال (NTU)

• خشکن‌های مداوم

- معادلات حاکم در پریود اول و دوم
- پروتایل‌های رطوبت بر حسب زمان و مکان

• بار گذاری Loading

- بار گذاری در خشکن‌های Co- Current
- بار گذاری در خشکن‌های Counter- Current

• محاسبات خشکن‌های ویژه

- Freez dryer
- Fluidized bed
- Penumatic dryer
- Spray dryer

• تقسیم بندی خشکن‌ها

- بررسی عمومی و کاربردی خشکن‌ها

مراجع

- Drying: Principbs, Applications and Design C.Strumilo, T. Kudra
- Hand book of industrial drying A.S. Mujumdar
- Drying: Principles and Practic (Pergaman, Oxford)
- Drying of Loose materials R. B.Keey



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	فرایندهای جذب سطحی پیشرفته  ChE۴۰۸۰۲
			۳	
	تظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸۰	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف آشنایی با انواع جاذب‌ها و کاربرد آن‌ها می‌باشد.

## سرفصل دروس:

- مقدمه
- جذب سطحی بر اساس جداسازی تعادلی و جداسازی سینتیکی
- جاذب‌های تجاری و کاربرد آن‌ها
- جاذب‌های پیشرفته و کاربردهای آن‌ها در آینده
- پارامترهای اساسی در طراحی جاذب و انتخاب جاذب مناسب
  - اثر خواص جذب شونده بر روی جذب سطحی: قطبیت، ثمان دو قطبی، ثمان چهار قطبی، ...
  - گرمای جذب سطحی
  - مفاهیم اولیه برای طراحی جاذب: قطبیت، بار الکتریکی، شعاع وندروالس
  - اندازه حفرات و شکل حفرات: توزیع اندازه حفرات، هیسترسیس در سیکل جذب-دفع، تنوع شکلی حفره‌ها
- جذب تعادلی ایزوترم‌های جذب
  - ایزوترم لانگمیر برای گازهای تک جزیی و چند جزیی
  - ایزوترم BET: برای تک جزیی و چند جزیی. تعیین سطح مخصوص و حجم حفرات جاذب بر اساس آنالیز BET
  - ایزوترم‌ها بر مبنای تئوری پتاسیل



- ایزوترم‌های جذب بر مبنای تئوری محلول ایده آل جذب شده
- سینتیک جذب سطحی
  - مقاومت‌های انتقال جرم در دانه جذب: مقاومت‌های فیلمی و داخلی
  - نفوذ حفره ای و نفوذ سطحی در دانه
  - سینتیک توده ای در دانه و معادله حاکم بر آن
  - سینتیک بر مبنای گرایان نفوذ در دانه و معادله حاکم بر آن
- دینامیک جذب سطحی در بسترهای پر شده از جذب
  - پراکندگی محوری در بستر پر شده
  - مدل‌سازی ریاضی در بسترهای پر شده در شرایط چند جزئی و غیر هم دما
  - موازنه جرم، انرژی و ممنتوم در بسترهای جذب در شرایط غیر ایزوترم و چند جزئی
  - موازنه‌های جرم و انرژی در دانه‌های جذب
  - معرفی روش‌های حل عددی مجموعه معادلات بسترهای جذب چند جزئی و غیر هم دما
- انواع فرایندهای جذب سطحی
  - فرایندهای تناوبی: فرایندهای جذب با تناوب فشار، فرایندهای جذب با تناوب دما، فرایندهای جذب با تناوب خلأ
  - فرایندهای جذب تعویض یونی: رزین‌های تعویض یونی، بازیابی بسترهای تعویض یونی
  - فرایندهای جذب سطحی مداوم:
    - فرایند بستر متحرک (فرایند Porasiv)
    - فرایند در بسترهای متحرک شبیه‌سازی شده (فرایند Sorbex)
    - فرایندهای کروماتوگرافیک
    - شبیه‌سازی فرایندهای جذب سطحی با شبیه‌ساز ASPEN ADSIM
      - شبیه‌سازی فرایندهای جذب گازی
      - شبیه‌سازی فرایندهای جذب مایع
      - شبیه‌سازی فرایندهای تعویض یونی
      - تخمین پارمترهای جذب سطحی
      - اجرای مثال‌های شبیه‌سازی شامل:
        - جداسازی هوا
        - خالص سازی هیدروژن
        - جداسازی نیتروژن از متان
        - جداسازی پارافین‌ها از الفین‌ها
        - رطوبت زدایی از گاز طبیعی



- مرکابتان زدایی از گاز طبیعی
- حذف سختی از آب آشامیدنی
- جداسازی ایزومرهای زایلن

#### مراجع:

- R. T. Yang, Adsorbents, Fundamental and Applications, J. Wiley & Sons, ۲۰۰۳
- Ruthven, Principle of Adsorption Processes, J. Wiley & Sons, ۱۹۸۴
- R. T. Yang, Gas separation by Adsorption Processes, Imperial College Press, ۱۹۹۷



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	غشاهای و فرایندهای غشایی ChE۴۰۸۰۳
			۳	
	تظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

توضیح و تبیین جنبه‌های مختلف غشاهای، فرایندهای غشایی، کاربردها مزایا و محدودیت‌ها

#### سرفصل دروس:

- آشنایی با غشاهای
- جنس، ساختار و خواص غشاهای
- ساخت غشاهای
- مدول‌های غشایی
- فرایندهای غشایی
- میکروفلتراسیون
- الترا فلتراسیون
- نانو فلتراسیون (نانو فلترها)
- اسمز معکوس
- دیالیز
- الکترو دیالیز
- غشاهای مایع
- کاربرد غشاهای در صنایع مختلف



- مزایا و محدودیت‌های فرایندهای غشایی
- گرفتگی غشاها و راه کارهای کاهش آن
- آشنایی با آخرین دستاوردها در زمینه غشاها و فرایندهای غشایی از طریق مقالات منتشره در مجلات بین المللی

## مراجع

- غشاها و فرایندهای غشایی، سید سیاوش مدائنی، انتشارات دانشگاه رازی
- Membrane Handbook, Winston Ho, Kamalesh Sirkar
- Nanofiltration: Principles AND Applications, A. I. Schafer, A. G. Fane, T. D. Waite
- Ultrafiltration Handbook, Munir Cheryan
- Handbook of Industrial Membranes, Kieth Dcott
- Membrane Science and Technology, Matthias Wessling, Kamalesh Sirkar
- Membrane Technology and Applications, Richard W. Baker



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	پدیده‌های سطحی  ChE۴۰۸۰۴
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از ارائه این درس، آشنا نمودن دانشجویان با مفاهیم اساسی و کاربردی سطح و بین سطح، خواص و تاثیرات سطح و بین سطح و شرایط حاکم بر آنها می‌باشد. لذا در این خصوص با در نظر گرفتن فازهای تاثیر گذار و نیروهای حاکم شرایط و پدیده‌ها بحث و بررسی می‌شوند. همچنین اصول ترمودینامیکی مربوطه با توجه به شرایط بین سطح و پدیده‌های مربوطه اعم از زوایای تماس و ترشوندگی مطرح می‌شوند. از دیگر مباحث حائز اهمیت، لایه‌های دوتایی الکتریکی و تاثیرات متقابل پتانسیل و بارها مطرح می‌شوند. مباحث کلیدی دیگر شامل جذب سطحی، و فرایندهای مربوطه، اصطکاک، روانکاری و تاثیرات پوشش و تغییرات خواص سطوح در کنار فعال کننده‌های سطحی و مایسل‌ها می‌باشد

## سرفصل دروس:

- تعریف علمی کشش سطحی و کشش بین فازی
- نظریه یانگ در مورد فاز سطحی (لایه فصل مشترک دو فاز) و معادله یانگ- لاپلاس
- مدل گیبس در مورد فاز سطحی
- معادله‌های کاربردی ترمودینامیک در پدیده‌های سطحی
- بررسی اثر انحنا سطوح بر خواص ترمودینامیکی و نتایج عملی آن
- بررسی معادله‌های نظری و تجربی کشش سطحی و کشش بین فازی
- مواد فعال سطحی و کاربردهای آن
- ترشوندگی و زاویه تماس





- پراکنش‌ها (امولسیون، سوسپانسیون و کف)
- بررسی فرایندهای جداسازی بر اساس اختلاف خواص سطحی
- بررسی تئوریک مدل‌های تخلیه فاز پیوسته در دام افتاده بین دو قطره یا بین قطره و فاز همفاز
- بررسی عوامل مؤثر بر کولنس (انتلاف)

## مراجع

- Surface Tension and Adsorption, Defay and Prigogine
- Applied Surfactants, Tadros
- Colloids and Interfaces in Life Science, Norde
- Physical Chemistry of Surfaces ۶th ed., John Wolry ۱۹۹۷
- Surfactants and Interfacial Phenomwna, ۳<sup>rd</sup> edition Miltonj. Rosen, Wiley- Interscience



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	تبلورسازی صنعتی  ChE۴۰۸۰۵
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

- آشنایی دانشجویان با مبانی، فناوری ذره و انواع فناوری تبلورسازی

#### سرفصل درس

##### تعریف و مبانی

- حلالیت و فوق اشباع
- تقسیم بندی ناحیه فوق اشباع
- انواع هسته زایی
- انتخاب کریستالیزور

##### تکنولوژی ذره

- تعریف ضرایب شکلی، دانسیته جمعیتی، گشتاورهای دانه بندی.
- انواع توزیع دانه بندی و تعاریف مختلف اندازه متوسط ذرات.
- دستگاه‌های اندازه گیری دانه بندی
- دستگاه‌های جداسازی مایع-ذره
- هیدروسیکلون‌ها
- تیکنرها
- فیلترها



- بیان جمعیتی
- کریستالوگرافی
- تعریف و انواع سلول واحد
- دسته بندی کریستال ها
- نواحی مختلف رشد
- پدیده INCLUSION
- انواع کریستالیزور
- کریستالیزورهای سرمایشی
- DTB
- SWENSON-WALKER-
- کریستالیزورهای تبخیری
- FORCED CIRCULATION
- OSLO
- کریستالیزورهای آدیباتیک (تحت خلأ)
- نوع تاپیوسته
- انواع دایمی
- مکانیسم و سینتیک رشد کریستال ها
- مراحل انتقال جرم
- مدل ریاضی رشد و رابطه آن با ضریب انحلال
- تئوری ها و روش های تعیین ضریب انحلال
- روش MC CABE در تعیین شدت رشد
- روش INITIAL DERIVATIVES
- تعیین توام سینتیک رشد و هسته زایی
- روش S-PLANE ANALYSIS
- مدل های مورد استفاده در طراحی کریستالیزورها
- کریستالیزور MSMPR
- کریستالیزورهای سرمایشی
- کریستالیزورهای تبخیری
- کریستالیزورهای تحت خلأ
- ساز و کارهای تولید و پایداری نانوذرات
- تولید نانوذرات با کریستالیزاسیون واکنشی
- تولید نانوذرات با کریستالیزاسیون اقلایی





- تعریف زمان القا
- ساز و کار هسته زایی اولیه همگن
- ساز و کار هسته زایی اولیه ناهمگن
- ساز و کار هسته زایی ثانویه

## مراجع

- Mullin, J. W. (۱۹۷۲), Crystallization, Butterworths
- Industrial Crystallization : Process Simulation Analysis and Design (Plenum Chemical Engineering) by Narayan S. Tavare (Hardcover - August ۱۹۹۵)
- Crystalization Processes by H. Ohtaki(Editor) (Paperback - November ۱۹۹۷)
- Handbook of Industrial Crystallization by Allan S. Myerson(Editor) (Hardcover - January ۱۹۹۲)
- Crystalization Processes by H. Ohtaki(Editor) (Paperback - November ۱۹۹۷)
- Admixtures in Crystallization by Jaroslav Nyvlt, Joachim Ulrich (Paperback - August ۱۹۹۵)
- Advances in Solidification Processes : Proceedings (European Materials Research Society Symposia Proceedings, Vol ۴۴) by Symposium F on Advances in Solidification Processes (Hardcover)
- Bulk Crystal Growth Technology (Japanese Technology Reviews, Vol ۴) by Shin-Ichi Akai, et al (Paperback - September ۱۹۸۸)
- Crystal Growth of Organic Materials (Conference Proceedings Series (American Chemical Society)) by Allan S. Myerson(Editor), et al (Hardcover - March ۱۹۹۶)
- Crystallization and Related Phenomena in Amorphous Materials (Materials Research Society Symposium Proceedings, V. ۳۲۱) by Matthew Libera (Hardcover - December ۱۹۹۴)
- Crystallization As a Separations Process (Acs Symposium Series, No ۴۳۸) by Allan S. Myerson, Ken Toykura(Editor) (Hardcover - September ۱۹۹۰)
- Crystallization of Biological MacRomolecules by Alexander McPherson (Hardcover - October ۱۹۹۹)
- Industrial Crystallization by S.J. and Grootcholten, P.A.M. Jancic (Hardcover - June ۱۹۸۴)
- Industrial Crystallization ۸۷ : Proceedings of the ۱۰-th Symposium on Industrial Crystallization, Bechyne, Czechoslovakia, September ۲۱-۲۵, ۱۹۸۷) by Jaroslav Nyvlt, Stanislav Zacek (Hardcover - April ۱۹۸۹)
- MacRokinetics of Crystallization by Ju. A. Buevich, et al (Hardcover - September ۲۰۰۰)
- Mineral Scale Formation and Inhibition by Zahid Amjad(Editor) (Hardcover - February ۱۹۹۶)
- Nucleation and Crystallization in Liquids and Glasses (Ceramic Transactions, Vol ۳۰) by Michael C. Weinberg(Editor) (Hardcover - April ۱۹۹۳)
- Protein Crystallization by Terese M. Bergfors(Editor) (Hardcover - February ۱۹۹۹)

درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	جداسازی چندجزئی  ChE۴۰۸۰۶
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف آشنایی دانشجویان با عملیات جداسازی و روش‌های آن می‌باشد.

## سرفصل درس

مفاهیم اساسی

فرآیندهای جداسازی توضیحات کلی انواع فرآیندها جداسازی: تبخیر، تقطیر، استخراج و ...

ترمودینامیک عملیات جداسازی: مدل‌های مورد استفاده برای تعادلها در تعادل‌های فازی

مفاهیم نفوذ و انتقال جرم

مختصری از فرآیندهای جدا سازی دو جزئی: جذب، دفع، تبخیر، تقطیر، استخراج، خشک کردن، تبلور

فرآیندهای جداسازی چند جزئی:

روشهای تقریبی جدا سازی چند جزئی: جذب، دفع، تقطیر، استخراج و ...

روشهای دقیق جدا سازی در تقطیر (ترم افزای مورد استفاده)

مدلهای مبتنی بر تعادل در تقطیر چند جزئی





مدلهای مبتنی بر سرعت در تقطیر چند جزئی

تقطیر ناپیوسته

جدا سازی های غشایی

## مراجع

- Encyclopedia of Separation, Ian d. Wilson, Edward R. Adlaed, Michael Cooke, Coin F.Poole
- Multistage Separation Processes, Fouad M. Khoury
- Separation Processes, Jean- Pierre Wauquier
- Solid Liquid Separation, Ladislav Svarovsky
- Adsorption Technology and Design, W. J. Thomas, Barry Crittenden
- Separation Process Principles, J. D. Seader, Ernest J. Henley

• اصول فرآیندهای جداسازی سیدر، هنلی ترجمه دکتر منتظر رحمتی



درس پیش نیاز کاربرد ریاضیات در مهندسی شیمی	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	طراحی و شبیه سازی فرایندها صنعت گاز  ChE۴۰۹۰۱
			۲	
	عملی	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۳۲	
آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

طراحی و شبیه سازی فرایندهای صنعت گاز - آشنایی دانشجویان با قابلیت های شبیه سازهای صنعتی برای شبیه سازی فرایندهای گاز

## سرفصل دروس

- مقدمه
- شبیه سازی برای دست یابی به فرایندهای جدید
- رویکردهای حل و فرموله کردن مسئله
- شبیه سازهای فرایندهای تجاری (ASPEN PLUS)
- تخمین خواص فیزیکی و ترمودینامیک کاربردی
- شبیه سازی واحدهای گازی ایده آل و غیر ایده آل (offshore Platforms, turboxpander, refrigeration units, Compression, Sweetening, dehyrtion, hydrata and Water Content, dehydration towers, N GL fractionation Units, dynamic de- pressuring, membrane Separation Units, multiphase flow reactors,....)
- شبیه سازی و بهینه سازی Pfd
- تحلیل حساسیت



- شبیه‌سازی دینامیکی Pfd ( P-F theory, dynamic Simulation environment, transition From SS to dynamic, ) dynamic Separator, Compressor, reactor, HE and Column, Cascade Control. Advanced Features and real- (World Scenarios, Case Studies With gas Processing Units
- انتقال گاز ( PipeSys environment, maximum flow rate, energy Optimization, insulation and hydrate, ) (Optimum Pipeline, gas gathering system, gas Condensate,
- Tutorials and training Sets

## مراجع

- Seider, W. D., J. D. Seader and D. R. Lewin, Process Design Principles, Synthesis, Analysis and Evaluation, John Wiley and Sons, New York ۱۹۹۹.
- Campbell J. M., Gas Conditioning and P rocessing, Pennwell Corp (June ۱۹۹۲)
- Sotudeh- Gharebagh R. and N. Mostoufi, Process Simulation Using HYSYS, Vol. ۱. And Vol. ۲ Boshra Co. ۲۰۰۵
- Lecture Notes and Papers
- Reference guides and manuals, Process Simulators



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	عملیات فرآوری، انتقال و توزیع گاز  ChE۴۰۹۰۲
			۲	
	عملی	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۳۲	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس آشنایی با کلیه فرایندهای گاز پس از استخراج از چاه شامل فرآوری، انتقال و سپس توزیع آن می‌باشد. فرآوری گاز شامل روش‌های پیشرفته جداسازی گاز-مایع می‌باشد. همچنین انواع روش‌های فرآوری گاز ارائه شده و روش‌های نوین تولید انواع محصولات گاز طبیعی ارائه خواهند شد. انتقال و توزیع گاز شامل روش‌های انتقال و بهینه‌سازی شبکه توزیع گاز می‌باشد. انتظار می‌رود دانشجو در انتهای این واحد درسی تسلط کافی بر طراحی فرایندهای گاز، رفع مشکلات عملیاتی، شبکه‌های توزیع و انتقال گاز و بهینه‌سازی کل شبکه را داشته باشد.



## سرفصل درس

- مقدمه ای بر صنعت گاز (گذشته تا آینده پژوهی)
- نگرشی به صنعت گاز از تولید تا مصرف - رفتار فیزیکی گاز طبیعی - مشخصات مخازن گازی - جایگاه گاز در جهان به عنوان منبع انرژی - وضعیت کنونی و پیش بینی آینده مصرف گاز در کشور و جهان - اقتصاد گاز (قیمت گاز در جهان، بررسی اقتصادی تبدیل گاز به اشکال مختلف)
- جداسازی مایع از گاز و تجهیزات مربوطه
- آشنایی با اصول جداسازی مایعات گازها - روش‌های مختلف جداسازی - آشنایی با تجهیزات اصلی در جداسازها - آشنایی با جداسازی سه فازی - بیان اصول طراحی جداسازی سه فازی و معادلات مربوطه - آشنایی با لخته گیرها - معرفی انواع

لخته گیرها- بیان اصول طراحی لخته گیرها- انواع رطوبت گیرها

- فرآوری گاز طبیعی
- مروری بر فرایندهای گاز (شیرین سازی، نم زدایی، سولورزدایی و جداسازی مایعات گاز طبیعی)- معرفی روش‌های نوین فرآوری گاز و کاستی‌های موجود- اصول طراحی واحد جداسازی مایعات گاز طبیعی- بررسی اقتصادی واحد جداسازی مایعات (طراحی واحد بر اساس جداسازی اتان یا پروپان، هزینه‌های سرمایه گذاری و جاری)- آشنایی با انواع محصولات گاز طبیعی و شرح فرایندهای مربوطه
- محاسبات مربوط با انتقال گاز در لوله‌ها
- طبقه بندی و معرفی معادلات مختلف- لوله‌های انتقال گاز سری و موازی- پیدا کردن قطر بهینه در لوله‌های انتقال- اصول طراحی خطوط لوله انتقال (تعیین مسیر خط، نکات ایمنی، نکات محیط زیستی، ایستگاه‌های تقویت فشار، ساخت، بهره‌برداری)- مشکلات عملیات ناشی از انتقال گاز (تشکیل هیدرات، افت فشار، خوردگی)- انواع روش‌های حفاظت خط لوله در برابر خوردگی- اصول طراحی دینامیک خطوط لوله انتقال
- طراحی شبکه توزیع
- پیدا کردن میزان مصرف گاز جهت طراحی شبکه توزیع- اصول طراحی شبکه‌های توزیع گاز (تعیین مسیر، حریم‌ها و نکات ایمنی)- معرفی روش‌های کراس- طراحی عددی شبکه توزیع- طراحی به کمک کامپیوتر- ارائه روش‌های بهینه سازی سامانه‌های توزیع گاز- استفاده از نرم افزارهای موجود در زمینه توزیع گاز

## مراجع

- X. Wang, M. Economids, Advanced Natural Gas Engineering, Elsevier, ۲۰۱۳.
- J. M. Campbell, R. N. Maddox, L. L. Lilly, R. A. Hubbared, Gas Conditioning and Processing, Campbell Petroleum Series, ۱۹۷۶
- R. N. Maddox, E. Erbar, Gas Cinditioning and Processing. Vol. ۳, (۱۹۸۲).
- A. J. Kidnay, W. R. Parrish, Fundamentals of natural das Processing, CRC Press, ۲۰۰۶.
- D. L. V. Katz, K. Donald La Verne, Handbook of natural gas engineering, Mc Graw- Hill New York, ۱۹۵۹.





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	دینامیک گازها ChE۴۰۹۰۳
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> ■ سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

هدف آشنایی با اصول و مبانی دینامیک سیالات است.



#### سرفصل درس

- مبانی دینامیک سیالات
  - تعرف سیال - پیوستگی خواص آن - جریان سیال و بیان ریاضی آن - توصیف لاگرانژی (مادی) و توصیف اولری (فضائی) جریان سیال و روابط بین آن‌ها - طبقه بندی جریان - پایتدگی جرم - پایتدگی مقدار حرکت (مومنوم) - پایتدگی انرژی
  - جریان تراکم پذیر (Compressible)
    - تراکم پذیری - توصیف جریان تراکم پذیر - انتشار موج در محیط تراکم پذیر - سرعت صوت - عدد ماخ - توزیع فشار در جریان تراکم پذیر - جریان ایزنتروپیک و معادلات آن - شرایط سکون (Stagnation) - تاثیر تغییر سطح بر خواص جریان - جریان در شبوره‌ها (Nozzles)
  - امواج شوک (Shock)
    - تعریف موج شوک - انتشار موج شوک - معادلات جریان در مقطع موج - حرکت امواج شوک و انعکاس آن‌ها - جریان غیر ایزنتروپیک - جریان مافوق صوت (Supersonic) - جریان غیر یکنواخت در لوله شوک

- جریان در لوله‌ها و کانال با مقاطع ثابت
  - جریان اصطکاکی تحت مقطع ثابت- معادلات جریان آدیاباتیک اصطکاکی گاز- مسیر نانو (Fanno)- جریان گاز در مسیر نانو- جریان ایزوترمال با اصطکاک- معادلات جریان همراه با انتقال حرارت- مسیر ری لی (Rayleigh)- جریان گاز در مسیر ری لی- خفگی به علت اصطکاک- خفگی به علت انتقال حرارت- اثر خفگی (Choking) بر جریان
- دینامیک مخازن گازی
  - جابجایی گاز در مخزن (Reservoir)- معادلات حرکت گاز در مخزن- توزیع دما و توزیع فشار در مخازن گازی- رانش گاز- نیروی محرکه تولید- تخمین ضریب تولید- مقدمه ای بر شبیه‌سازی (Simulation) مخازن گاز



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	هیدرات‌های گازی  ChE۴۰۹۰۴
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با پدیده تشکیل هیدرات گازی، معضلات و کاربردهای این پدیده

## سرفصل درس

- مفاهیم اولیه، شکل مولکولی و ساختارهای ۱ و ۲ و H هیدرات گازی
- هسته‌زایی، رشد و تجزیه کریستال‌های هیدرات
- روش‌های تجربی (Correlations) تخمین دما و فشار تعادلی تشکیل هیدرات چه ترکیبات خالص و چه مخلوط‌ها
- روش‌های مبتنی بر ترمودینامیک آماری تخمین دما و فشار تعادلی تشکیل هیدرات چه ترکیبات خالص و چه مخلوط‌ها در حضور آب خالص برای هر سه ساختار. (مهمترین روش در این قسمت مدل vdWP می‌باشد)
- روش‌های مبتنی بر ترمودینامیک آماری تخمین دما و فشار تعادلی تشکیل هیدرات چه ترکیبات خالص و چه مخلوط‌ها در حضور:

○ الف) الکترولیت‌ها

○ ب) الکل‌ها

○ ج) حضور همزمان الکترولیت‌ها و الکل‌ها

○ د) تسریع‌کننده‌ها



در این قسمت برای هر مرحله حداقل دو روش ذکر می‌شود که یکی از آن‌ها روش میانبر  $\Delta H$  approach می‌باشد.

- روش‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری دما و فشار تعادلی هیدرات
- نمودارهای تعادلی هیدرات و نواحی مختلف در پوشش‌های فازی مربوطه
- توضیح مختصری از مدل‌های سینتیکی رشد و تجزیه کریستال‌های هیدرات
- توضیح مختصری از کاربردهای هیدرات اعم از ذخیره‌سازی و انتقال گاز، شیرین‌سازی آب، جداسازی مخلوط گازها و ..
- توضیحاتی در مورد ساختارهای جدید هیدرات مثل هیدرات نیمه کلاتریت و تسریع‌کننده‌های سینتیکی و ترمودینامیکی و مایعات یونی

## مراجع

- Clathrate Hydrates of Natural Gases, E. D. Sloan. Marcel Dekker, ۲۰۰۷.
- Natural Gas Hydrates: A Guide for Engineers, J. Carroll, Elsevier Science and Technology Books, ۲۰۰۲.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	کنترل آلودگی هوا  ChE41001
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی دانشجویان با راهکارهای کنترل آلودگی هوا

## سرفصل درس

- آشنایی با اتمسفر و مقیاس‌های آن
- آلاینده‌های هوا
- آلاینده‌های کلاسیک
- سموم هوا
- منابع تولید آلودگی از منابع مختلف
- مدل انتشار آلودگی از خودروها (IVE)
- هواشناسی مقیاس کوچک (پایداری اتمسفر)
- مدل‌سازی یخش و پراکندگی آلاینده‌ها (مدل گوس)
- خواص ذرات معلق در اتمسفر
- مدل‌های بر پایه گیرنده (source apportionment)





- روش‌های کنترل آلودگی از منابع ساکن
- روش‌های کنترل آلودگی از خودروها

## مراجع

- Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change, John H. Seinfeld, Spyros N. Pandis
- Air Pollution Control Engineering , Noel de Nevers



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	مدیریت پسماندهای جامد ChE41002
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس، آشنایی با اصول و مبانی مدیریت پسماندهای جامد است.

## سرفصل درس

- منابع، مقادیر و ترکیب پسماندهای جامد
- قوانین و مقررات
- هضم بی هوازی
- هضم بی هوازی پسماند شهری
- کمپوست سازی
- سوزاندن
- بازیافت و بازگردانی
- فن آوری‌های بازگردانی
- پسماندهای جامد صنعتی
- طراحی و مدیریت محل‌های دفن زباله
- ارزیابی خطر در محل‌های دفن زباله
- آلودگی از محل‌های دفن زباله
- سرنوشت، کاهش و تصفیه شیرابه‌ها



- تدابیر در رابطه با پسماندهای جامد صنعتی و شهری

درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	بیوتکنولوژی زیست محیطی ChE41003
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

هدف از این درس، آشنایی دانشجویان با مفاهیم اولیه و اصول

#### سرفصل درس

- مفاهیم میکروبیولوژی زیست محیطی
- استوکیومتری و انرژی تیک باکتریایی
- سینتیک میکروبی
- سینتیک بیوفیلمی
- راکتورها
- فرآیند لجن فعال
- لاگون‌ها
- فرایندهای بیوفیلمی هوازی
- نیتریفیکاسیون
- دی نیتریفیکاسیون
- حذف فسفر
- تصفیه آب آشامیدنی
- تصفیه بی هوازی مولد متان



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	تصفیه آب و فاضلاب  ChE۴۱۰۰۴
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با خصوصیات انواع آب و آشنایی با روش‌های متداول و پیشرفته تصفیه آب‌های صنعتی

## سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر اهمیت آب، منابع آن و موارد مصرف
- گزارش آنالیز آب
- تکنولوژی تصفیه آب‌های صنعتی
- تصفیه فیزیکی و مقدماتی
- حذف مواد معلق و حذف مواد کلوبیدی
- تصفیه شیمیایی
- رسوب دادن شیمیایی
- روش‌های پیشرفته تصفیه آب
- تعویض کننده یونی و تهیه آب خالص
- تصفیه آب به روش اسمز معکوس
- تصفیه آب به روش الکترو دیالیز
- ضد عفونی کردن آب کاربرد اوزون و فرابنفش در تصفیه آب
- قسمت پساب
- تعریف مفاهیم اولیه



- معرفی فاضلاب و انواع آن
- مشخصات فاضلاب
- استانداردهای زیست محیطی
- تصفیه فیزیکی
- اشغال گیری
- دانه گیری
- متعادل سازی
- شناورسازی
- ته نشینی
- تصفیه زیستی
- اصول تصفیه بیولوژیکی هوازی و بی هوازی
- تعیین ضرایب بیوسینتیک
- انواع راکتورهای بیولوژیکی
- فرآیندهای بیولوژیکی
- سامانه‌های متداول تصفیه بیولوژیکی شامل:
  - برگه تثبیت
  - لاگون با هوادهی
  - لجن فعال
  - صافی چکنده
  - بسترهای چرخنده بیولوژیکی
  - راکتورهای بی هوازی تصفیه فاضلاب
- تصفیه نهایی (پیشرفته)
  - گندزدایی
  - حذف ازت و فسفر
  - زدایش مواد معلق و تخم انگل
  - زدایش مواد غیرقابل تجزیه بیولوژیکی
- تصفیه لجن مازاد
  - مشخصات لجن
  - مقدار لجن مازاد
  - تشریح فرآیندهای تغلیظ



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	کاربرد هوش مصنوعی در مهندسی شیمی  ChE41101
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس ارائه مفاهیم مختلف مربوط به هوش مصنوعی در حالت کلی و نحوه کاربرد آن‌ها در مواجهه و حل مسائل مختلف مهندسی شیمی به خصوص در گرایش شیه سازی و کنترل است.

## سرفصل درس

- سامانه‌های خبره
  - سامانه‌های خبره و اجزاء متشکله آن
  - موارد کاربرد سامانه‌های خبره در حالت عام
  - مسائل حوزه مهندسی شیمی قابل حل توسط سامانه‌های خبره
  - پیاده سازی کلی سامانه‌های خبره بر اساس پایگاه‌های اطلاعاتی رابطه‌ای ( Relational Databases )
- منطق فازی
  - مقدمه ای بر مجموعه‌های فازی و منطق فازی و کاربرد آن در شناسایی و کنترل
  - نگاشت‌های فازی و کاربرد آن‌ها در مدل سازی سامانه‌ها
  - مدل‌های فازی و کاربرد آن‌ها در شبیه سازی رفتار پایا و بویای سامانه‌ها
  - روش‌های کنترل فازی و کاربرد آن‌ها در کنترل سامانه‌های شیمیایی
  - بهینه سازی فازی و کاربرد آن در بهینه سازی سامانه‌های شیمیایی
- شبکه‌های عصبی مصنوعی
  - مقدمه ای بر شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های یادگیری مربوطه
  - گونه‌های مختلف شبکه‌های عصبی و موارد کاربرد هر یک از آن‌ها
  - شناسایی رفتار پایا و بویای سامانه‌های مختلف با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی





- استفاده شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت پیاده‌سازی روش‌های مختلف کنترل سامانه‌های شیمیایی
- الگوریتم‌های تکاملی
  - مقدمه‌ای بر الگوریتم‌های تکاملی و استفاده از آن‌ها در بهینه‌سازی سامانه‌های شیمیایی
  - الگوریتم‌های ژنتیک
  - الگوریتم اجتماع مورچگان
  - الگوریتم دسته‌پرنندگان

## مراجع

- The Handbook Of Applied Expert Systems by : J. Liebowitz, CRC Press.
- Fuzzy Expert Systems And Fuzzy Reasoning by : W. Siler, J. J. Buckley ,Wiley InterScience, ۲۰۰۵.
- Intelligent Control Systems by: Gupta, Sinha, IEEE Press, ۱۹۹۷.
- Neural Networks by Haykin, IEEE Press ,۱۹۹۶.
- Mathematical Methods of Neural Networks by Golden, CRC Press, ۱۹۹۷.



درس پیش‌نیاز	اختباری	نوع درس	تعداد واحد	کنترل غیر خطی فرایندهای شیمیایی ChE411-2
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس ارائه مشخصات و ویژگی‌های رفتاری سامانه‌های غیر خطی در حالت کلی و سامانه‌های غیر خطی شیمیایی در حالت خاص است. پس از ارائه این مشخصات به نحوه مواجهه با آن‌ها و روش‌های مختلف کنترل غیر خطی جهت شناسایی و کنترل کارآمد این سامانه‌ها است.

## سرفصل درس

- مشخصات و ویژگی‌های رفتاری سامانه‌های غیر خطی
- روش‌های تجزیه و تحلیل پایداری سامانه‌های غیر خطی
- مروری بر مفاهیم کاربردی هندسه ديفرانسیل جهت استفاده در روش‌های کنترل غیر خطی
- تجزیه و تحلیل سامانه‌های غیر خطی با استفاده از هندسه ديفرانسیل
- روش‌های کنترل غیر خطی بازخورد حالات مبتنی بر هندسه ديفرانسیل (خطی‌سازی دقیق مبتنی بر بازخورد حالات)
- کنترل پیشخور غیر خطی (Nonlinear Feedforward Control)
- روش‌های غیر خطی تعدیل تأخیر زمانی (Nonlinear time-delay Compensation)
- روش‌های تخمین حالت غیر خطی (Nonlinear State Estimation Methods)



## مراجع

- H. Nijmeijer, A.J. Vanderschaft: "Nonlinear Dynamical Systems" Springer Verlag.
- H. Khalil: "Nonlinear Systems" Prentice-Hall, ۱۹۹۰.
- R. Marino, P. Tomei: "Nonlinear Control Design, Geometric, Adaptive and Robust" Prentice-Hall, ۱۹۹۷.
- J.J. Slotine, W. Li: "Applied Nonlinear Control", Wiley ۱۹۹۴.
- M.A. Henson, D.E. Seborg: "Nonlinear Process Control", Prentice-Hall, ۱۹۹۷.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	کنترل تطبیقی ChE41103
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس معرفی انواع نمایش سامانه‌های دینامیکی غیرخطی ولی در قالب یک ساختار خطی و پارامتریزه در حوزه زمان و فرکانس می‌باشد.

## سرفصل درس

- معرفی
- نمایش سامانه
- تحلیل بیداری و تابع لب‌پونوف
- شناسایی سامانه‌های پیوسته
- شناسایی سامانه‌های گسسته
- طراحی تخمین‌زننده (آبزور) تطبیقی
- دسته‌بندی راهبردهای کنترل تطبیقی
- رگولاتورهای خودتنظیم
- کنترل تطبیقی مدل-مرجع
- کاربردهای کنترل تطبیقی



مراجع:

- Stable Adaptive Systems, Narendra.
- Adaptive Control, Astrom
- Adaptive Filtering, Prediction and Control, Goodwin.
- Theory and Practice of Recursive Identification, Ljung.



درس پیش‌تبار	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	کنترل دیجیتال  CHE41104
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس آشنایی با کنترل دیجیتال یا کنترل کامپیوتری می‌باشد. پشتیبانی ریاضی سامانه‌های نمونه‌گیری شده توسط کامپیوتر و همچنین مدل‌سازی و طراحی کنترلر مبتنی بر مدل در قالب آنالیز سامانه‌های گسسته و معادلات دیفرانس می‌باشد.

## سرفصل درس

- معرفی، تبدیل Z
- تابع انتقال پالس سامانه‌های پیوسته
- پاسخ مدارباز
- تحلیل پایداری
- پاسخ مدار بسته
- طراحی کنترل با روش انتقال
- نمایش فضای حالت (گسسته)
- طراحی آبرزور و فیلتر کالمن
- طراحی کنترلر در حوزه زمان (فضای حالت)
- کنترل بهینه (گسسته)





## مراجع

- Discrete- time Control Systems, Ogata.
- Digital Control System Analysis and Design, Phillips.
- Computer-Controlled Systems, Astrom.
- Computer Process Control, Deshpande.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	کنترل مدرن و بهینه  ChE41105
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از این درس آشنایی با کنترل پیشرفته (حوزه فرکانس) و کنترل مدرن (حوزه زمان) می‌باشد. بنای درس بر نمایش فضای حالت (خطی) گذاشته شده است. سنتز تحلیلی و سامان‌هاتیک کنترلر در قالب قطب‌گذاری و بازخورد استاتیک حالات، بازخورد خروجی و همچنین طراحی تخمین‌زننده حالات می‌باشد. به علاوه، به مباحث کنترل بهینه سامانه‌ها یا مدل‌های پیوسته تحت آنالیز مدرن حساب جامع دیفرنسیال و انتگرال نیز پرداخته می‌شود.

## سرفصل درس

- معرفی کنترل پیشرفته و مدرن
- بهبود عملکرد حلقه کنترل توسط روش‌های پیشرفته
- مدل‌سازی و شناسایی سامانه‌های خطی دینامیکی، فضای حالت
- پایداری و سنتز فیدبک حالت
- تخمین‌زننده حالات (آبزرور)
- کنترل بهینه



## مراجع

- Stephanopoulos, G., Chemical Process Control, Prentice-Hall, ۱۹۸۴.
- Ogunaaike, B.A. and W.H. Ray, Process Dynamics, Modeling and Control, Oxford University Press, ۱۹۹۴.
- Bequette, B.W., Process Control: Modeling, Design and Simulation, Prentice-Hall, ۲۰۰۳.
- Romagnoli, J.A. and A. Palazoglu, Introduction to Process Control, Taylor and Francis, ۲۰۰۶.
- Seborg, D.E., T.F. Edgar and D.A. Mellichamp, Process Dynamics and Control, ۲nd Ed., Wiley, ۲۰۰۴.
- Smith, C.A. and A.B. Corripio, Principles and Practice of Automatic Process Control, ۳rd ed. , Wiley , ۲۰۰۵ .
- Luyben, M.L. and W.L. Luyben, Essentials of Process Control, Mc Graw Hill, ۱۹۹۷.
- Ogata , K., Modern Control Engineering , ۴th ed., Prentice-Hall Inc., ۲۰۰۲ .
- Anderson , B.D.O. and J.B. Moore, Linear Optimal Control, Upper Saddle River , NJ: Prentice-Hall Inc., ۱۹۷۱ .
- Athans ,M. and P.L. Flab ,Optimal Control: An Introduction to the Theory and Its Applications ,NY: Mc Graw Hill, ۱۹۶۵ .
- Cheng, D.K., Analysis of Linear Systems, Reading MA: Addison –Weseley Publishing Co. ۱۹۵۹.
- Kailath ,T., Linear Systems , Upper Saddle River , NJ: Prentice-Hall Inc., ۱۹۷۱ .



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	پدیده‌های انتقال در نانوفناوری ChE۴۱۲۰۱
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

### هدف

آشنایی با اصول پدیده‌های انتقال و مبانی آن‌ها در حوزه نانوفناوری است.

### سرفصل درس

درس پدیده‌های انتقال از نقطه نظر مفاهیم اولیه و تشابه بین سه پدیده اساسی بقای ممنتوم، جرم و حرارت مورد بحث قرار گرفته و مدل‌سازی معادلات بقا از روش‌های دیفرانسیلی و انتگرال اثبات شده و در جهت تکمیل معادلات بقای بیلان جمعیت مورد بحث قرار خواهد گرفت. پس از اثبات معادلات اصلی بقا کاربرد آن در مباحث مختلف مورد تجزیه تحلیل قرار خواهد گرفت.

فهرست مطالب به قرار زیر می‌باشد:

- آشنایی با عملیات بردارها و تانسورها
- اصول و مفاهیم اولیه بقای ممنتوم، انرژی و جرم
- تنش در سیالات و ارتباط آن با معادلات بقا
- معادلات ممنتوم، انرژی و جرم و بیلان جمعیت از دو روش:
  - روش دیفرانسیلی (differential)
  - روش انتگرالی (The General Property Balance)
- جریان‌های ویسکوز و معادلات ممنتوم در حالت Steady و Unsteady
- جریان‌های In Viscid Flow و Potential Flow



- معادلات انرژی در حالت Steady و Unsteady
- معادلات جرم در حالت Steady و Unsteady
- معادلات جرم و پیوستگی برای نفوذ جرم چند جزئی
- لایه‌های مرزی منتم و حرارتی و جرم
- مباحث ویژه در نانو فناوری شامل موارد زیر
  - مدل‌سازی پدیده‌های نانو
  - مدل‌سازی حرکت ذرات نانو در سیال با و بدون حضور محیط‌های متخلخل
  - مدل‌سازی انتقال جرم همراه با واکنش گاز و مایعات در سامانه‌های نانو (کاتالیست‌ها و غشاهای و سایر موارد)
  - شبیه‌سازی مولکولی در مقیاس نانو برای گازها، مایعات و امولسیون‌ها و سوسپانسیون‌ها و مولکول‌های پلیمری
  - مباحث اساسی انتقال منتم، جرم و انرژی در مقیاس نانو در پدیده‌های سطحی، ذرات کلونیدی و مباحث بیوتکنولوژی و محیط زیست



درس پیش‌نیاز	اختباری	نوع درس	تعداد واحد	مکانیک کوانتوم  ChE۴۱۲-۲
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

هدف آن است که دانشجویان با اصول پایه و کلی مکانیک کوانتوم آشنا شوند.

#### سرفصل درس

- مکانیک کلاسیک و توسعه مکانیک کوانتومی، کاربرد معادله شرودینگر در بررسی تعدادی از مسائل: نظیر حرکت الکترون در مولکول‌ها با سامانه کنژوگه، چرخش و ارتعاش مولکول‌های دو اتمی و چند اتمی، طیف سنجی الکترونیک ماکروویو، IR، ساختمان اتم، خواص اسپین، طیف سنجی ESR و NMR ساختمان مولکول و تشکیل پیوند روش‌های انجام محاسبات مکانیک کوانتومی، آشنایی و کار با نرم افزارهای موجود
- آشنایی با سامانه‌های کوانتومی به عنوان فرایندهای اطلاع رسانی و کاربرد آن‌ها در کامپیوترهای کوانتومی.





درس پیش‌نیاز	اختیاری	توع درس	تعداد واحد	ترمودینامیک آماری  ChE۴۱۲-۳
			۳	
	نظری	توع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

آشنایی با اصول ترمودینامیک و کاربرد آن‌ها در محاسبه خواص ترمودینامیکی مولکول‌ها است.

#### سرفصل درس

- اصول ترمودینامیک کلاسیک و ترمودینامیک سامانه‌های کوچک، اصول ترمودینامیک آماری، انواع تابع افزار و کاربرد آن‌ها در محاسبه خواص ترمودینامیکی مولکول‌های تک اتمی و دو اتمی و چند اتمی، آمار BE و FD و کاربرد آن‌ها، بررسی پدیده‌هایی نظیر واکنش‌های شیمیایی، جذب سنجی، معرفی تابع توزیع و کاربرد آن در بررسی خواص گازهای فشرده، مایعات، جامدات و بررسی خواص الکترولیت‌ها، پدیده‌های الکتریک، پدیده مغناطیسی، بررسی دینامیک مولکولی و روش مونت کارلو از دیدگاه ترمودینامیک آماری



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	پدیده‌های سطحی در مقیاس نانو  ChE۴۱۲۰۴
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف آشنایی با اصول و مبانی پدیده‌های سطحی در مقیاس نانو است.

## سرفصل درس

خواص سطح مشترک بین فازی گاز- مایع، مایع- مایع، مایع- جامد، گاز- جامد، جامد- جامد، خواص سطح جامدات و نحوه بررسی آنها از دیدگاه مولکولی با استفاده از روش‌های مکانیک کوانتومی و ترمودینامیک آماری، کاربرد روش‌های میکروسکوپی و طیف سنجی در به دست آوردن اطلاعات از سطح بررسی پدیده‌هایی نظیر تشکیل فوم، آموکسیون، هسته زدایی، کاربرد روش‌های محاسباتی در بررسی خواص سطح، جذب شیمیایی و کاتالیزور از دیدگاه مولکولی



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	شبیه‌سازی مولکولی  ChE۴۱۲-۵
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

هدف آشنایی با انواع و روش‌های شبیه‌سازی مولکولی در مقیاس نانو برای دانشجویان این رشته است.

#### سرفصل درس

معرفی اهداف MS، اصول و مفاهیم MCS، MD و NHMD زمینه‌های تئوری و کاربرد MS در سامانه‌هایی نظیر کرات سخت، اتم‌ها، مولکول‌های غیرقطبی، مولکول‌های قطبی، بون‌ها، محاسبه پتانسیل بین مولکولی و محاسبه برهمکنش‌های برد کوتاه، کاربرد MS در بررسی رفتاری ماکرو مولکول‌ها، کاربرد MS در بررسی تعادلات فازی، جذب و رفتار کاتالیست‌ها



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	مقدمه ای بر نانوفناوری  ChE۴۱۲۰۶
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی دانشجویان با اصول و مبانی نانوفناوری است.

## سرفصل دروس:

- نانو بیوتکنولوژی یک زمینه جدید و رو به توسعه چند تخصصی است که با علوم و مهندسی در سطح مولکول سر و کار دارد.
- نانو بیوتکنولوژی از زیست شناسی برای ساخت ابزار و مواد در اشل نانو ال‌هام می‌گیرد. به جای رویکرد از بالا به پایین که در ساخت ابزار مرسوم بوده است. دانشمندان هم اکنون به رویکرد از پایین به بالا که توسط زیست شناسی در طی هزاران سال تکامل توسعه پیدا کرده است توجه پیدا کرده اند.
- هدف نانو بیوتکنولوژی به کارگیری قابلیت بسیار جالب توجه زیست شناسی در سنتز و مونتاژ ساختارهای پیچیده از مواد ساده با دقت اتمی می‌باشد. محققین امیدوارند که از این خصوصیت جهت ساخت ساختارهای نانو که در آنها مولکول‌های زیستی به عنوان اجزاء سامانه داخل گردیده اند استفاده کنند. همچنین از راهبردهای طراحی زیستی می‌توان به عنوان الگو و چارچوب‌های قابل جدا کردن برای ساخت مواد مرسوم استفاده کرد.
- درس مقدمه بر نانو بیوتکنولوژی می‌تواند بر روی مبانی نانوبیوتکنولوژی مثل ساخت از پایین به بالا، ساخت خودکار از مواد اولیه تمرکز کند. موارد زیر می‌تواند در چنین درسی مدنظر باشد.
  - خودآرایی
  - پلیمرها در نانو فناوری
  - ابزار آنالیز در نانو فناوری
  - ریز ساخت



- زیست حسگرها
- میانی حسگرهای زیست مولکولی
- آنالیز عملکرد زیست حسگرها
- حسگرهای الکتروشیمیایی
- حسگرهای میکروبی
- حسگرهای نوری

## مراجع

- Bionanotechnology: Lessons from nature
- D. S. Goodsell
- John Wiley & Sons Inc ۲۰۰۴
- Table of Contents:
- The quest for Nanotechnology: Bionanomachines in Action, Bimolecular Design and Biotechnology, Structural Principles of Bionanotechnology, Functional Principles of Bionanotechnology, Bionanotechnology today, the future of Bionanotechnology,



درس پیش‌نیاز:	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	شیمی و فناوری نانو  ChE(۴)۲۰۷
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

### هدف

آشنایی دانشجویان با مواد نانو و روش‌های ساخت آن‌ها است.

### سرفصل درس

- تعریف ساختمان فلز، پیوندهای شیمیایی در مواد نانو ذره ای، خلاصه ای از مشخصات ویژه و کاربردهای مواد نانو ذره ای، تقسیم بندی ترکیبات نانو ذره ای، روش‌های تهیه شیمیایی و الکتروشیمیایی مواد و پوشش‌های نانو ذره ای، بررسی سنتز: نانو فلزات، نانو اکسیدها، متوسیلیس، نانو کربن، نیمه‌هادی، نانو پلیمرها و سیال مغناطیسی
- کاربرد روش‌های تجزیه ای MS, AFM, XPS, EDS, FTIR, SPM, XRD, SEM, P. S. A, TEM
- جهت بررسی ساختار شیمیایی ترکیبات نانو با ذکر اصول پایه ای و دستگاهی این روش‌ها، بهینه سازی فرایندهای سنتز مواد نانو با طراحی‌های آماری و ارائه مدل نظری





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	ساخت و کاربرد نانو  ChE۴۰۵۰۸
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی دانشجویان این رشته با روش‌های سنتز و کاربرد نانو است.

## سرفصل درس

- روش‌های سنتز خشک برای نانو ذرات، روش‌های سنتز مرطوب نانو ذرات پلیمری، کاربرد نانو ذرات مختلف (مثل نانو ذرات کربنی،  $Ni, ZnO, TiO_2, SiO_2$  و سرامیکی)، طراحی راکتورهای تولید نانو ذرات و افزایش مقیاس آن‌ها، نانو کاتالیست‌ها برای رفع آلودگی هوا و تولید مواد پلیمری و دارویی، انواع روش‌های پلیمریزاسیون تولید نانو پلیمرها، سایر کاربردهای مواد نانو در صنایع رنگ و چسب و پوشش‌ها و مواد مغناطیسی و صنایع الکترونیک



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	روش‌های اندازه‌گیری در مقیاس نانو  ChE41209
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از تدریس این درس آشنایی دانشجویان با روش‌های مختلف اندازه‌گیری نانو مواد است.

## سرفصل درس

- میکروسکوپ‌های به روشی (SPM) شامل میکروسکوپ تونلی رویشی (STM) و میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، میکروسکوپ الکترونی رویشی (SEM)، روش‌های تعیین توزیع اندازه ذرات، سایر روش‌های آنالیز و تعیین مشخصات مواد نانو مثل MALS و DLS و UAC و NMR و MS و XPS



## ۲-۲- سرفصل دروس رشته مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی

دروس پیشنهادی:	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	آزمایشگاه میکروبیولوژی و بیوشیمی  ChEB(۱۰)
			۱	
	عملی	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد ■ ندارد □ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه ■				

### هدف

آشنا نمودن دانشجویان به طور عملی با میکروبیولوژی و بیوشیمی

### سرفصل درس

- روش‌های مطالعه ریزاندامگان‌ها (آشنایی با میکروسکوپ و فتون آن، آشنایی با روش کار با میکروب‌ها، آشنایی با خصوصیات چند میکروب مهم)
- مطالعه باکتری‌ها (آشنایی با خصوصیات مورفولوژیکی باکتری‌ها و روش کار با آن‌ها، آشنایی با روش تهیه فروتی و رنگ آمیزی ساده)
- رنگ آمیزی گرم (آشنایی با انواع رنگ‌ها و روش رنگ آمیزی باکتری‌ها، آشنایی با روش رنگ آمیزی گرم و روش تهیه محلول‌های رنگ آمیزی، تشخیص باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت)
- مطالعه قارچ‌ها (آشنایی با طبقه بندی قارچ‌ها و خصوصیات ظاهری و روش‌های مطالعه آزمایشگاهی آن‌ها، بررسی ساختمان میکروسکوپی قارچ‌های رشته ای و مخمرها)
- محیط‌های کشت میکروبی (آشنایی با انواع محیط‌های کشت و روش تهیه محیط‌های کشت جامد و مایع و روش سترون کردن مواد و وسایل)
- روش‌های کشت میکروبی (آشنایی با روش‌های کشت میکروبی و تهیه کشت خالص و انجام کشت خطی)
- جداسازی میکروب‌ها از نمونه‌های طبیعی (آشنایی با اصول نمونه برداری و روش‌های غنی سازی، جداسازی باکتری‌های خاک و شمارش آن‌ها، آشنایی با روش‌های شمارش میکروبی)



- منحنی رشد باکتری‌ها (آشنایی با مفهوم رشد و روش‌های ارزیابی رشد میکروپها و روش شمارش تعداد میکروپها، آشنایی با روش کدورت سنجی، آشنایی با منحنی رشد باکتری‌ها و محاسبه سرعت رشد)
- آزمایش‌های بیوشیمیایی (آشنایی با مراحل شناسایی باکتری‌ها و چند آزمایش بیوشیمیایی)
- فرماتورهاى آزمایشگاهی (آشنایی با انواع فرماتورها و اجزاء اصلی آنها و آشنایی با اصول کار با آنها)
- آشنایی با تجهیزات آزمایشگاهی (آشنایی با اولترافیلتراسیون، فریزدرایر و HPLC)

## مراجع

- جزوه آزمایشگاه مهندسی بیوشیمی، دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه‌های بیرمنگام و واترلو
- Microbiology. A laboratory Manual, J. G. Cappuccino, N. Sherman. ۴th edition. Longman Inc. (۱۹۹۹).



درس پیشنهاد	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	میکروبیولوژی عمومی  ChEB4102
			۱	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی اولیه با میکروبیولوژی و ساختار و عملکرد انواع ریزاندامگان ها

## سرفصل درس

- مقدمه و تاریخچه
- مورفولوژی و ساختارهای سلولی و پروکاریوت‌ها
- مورفولوژی و ساختارهای سلولی یوکاریوت‌ها
- فیزیولوژی باکتری‌ها (نیازمندی‌های تغذیه ای، گروه‌های تغذیه ای باکتری‌ها، محیط کشت، عوامل محیطی مؤثر بر رشد باکتری‌ها، رشد و تکثیر باکتری‌ها، سینتیک رشد باکتری‌ها، کشت مداوم و همزمان، تمایز در باکتری‌ها).
- متابولیسم باکتری‌ها (واکنش‌های تولید انرژی، واکنش‌های بیوسنتزی)
- کنترل ریزاندامگان‌ها (تعریف مرگ میکروبی، ساز و کار اثر عوامل ضد میکروبی، عوامل ضد میکروبی فیزیکی، عوامل ضد میکروبی شیمیایی)
  - طبقه بندی باکتری‌ها
  - زنتیک باکتری‌ها
  - ویروس‌ها (باکتریوفاژها)
- مبانی مهندسی ژنتیک
- قارچ‌ها
- مبانی ایمنی شناسی
- میکروپ‌ها در صنعت



• میکروبیولوژی کاربردی

## مراجع

- میکروبیولوژی عمومی، دکتر فریدون ملک زاده- دکتر منوچهر ش‌هامت، انتشارات شهر آب سال ۱۳۷۱.
- Microbiology, Principles & Applications, J.G. Black, Prentice-Hall (۱۹۹۶).
- Fundamentals of Microbiology, E. Alcamo, Vol. I., Sixth edition, Jones and Bartle Publishers, Canada (۲۰۰۱).
- Introductory Immunobiology, H. Davies, School of Life Science. University of Manchester.
- Bacteria in Biology, Biotechnology and Medicine, P. Singleton, John Wiley & sons Ltd, ۵th edition (۱۹۹۹).
- Molecular Biotechnology (Principles and Application of Recombinant DNA), B.R. Glick, J.J. Pasternak, American Society for Microbiology (۱۹۹۸).





درس پیشتیاژ	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	بیوشیمی عمومی  ChEB4103
			۲	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با انواع زیست مولکول‌ها و نقش آن‌ها و سوخت و ساز سلولی

## سرفصل درس

- مقدمه (حیات و آشنایی با سلول‌های زنده و زیست مولکول‌ها)
- نقش آب در سامانه‌های زیستی
- اسیدهای آمینه و پپتیدها
- پروتئین‌ها (تقسیم بندی، تعیین توالی، ساختمان‌های چهارگانه پروتئین‌ها)
- آنزیم‌ها و کوفاکتورها
- وینامین‌ها
- کربوهیدرات‌ها
- لیپیدها و غشاها
- اصول پایه سوخت و ساز سلولی
- بیوانرژی
- گلائیکولیز
- سیکل اسید سیتریک
- زنجیره انتقال الکترون
- اکسیداسیون اسیدهای چرب (مرور مختصر)
- تجزیه آمینو اسیدها (مرور مختصر)
- بیوسنتز کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، آمینو اسیدها و نوکلئوتیدها (مرور مختصر)



• فوتوسنتز

## مراجع

- Principles of Biochemistry, A.L. Lehninger, W.H. Freeman (۲۰۰۵).
- Principles of Biochemistry, D.J. Voet, J.G. Voet, C.W. Pratt, Wiley (۲۰۰۸).
- Concepts of Biology, S.S. Mader, McGRAW-Hill (۲۰۰۹).
- Biology, R.J. Brooker, E.P. Widmaier, L.E. Graham, P.D. Stiling, McGRAW-Hill (۲۰۰۸).



درس پیشنهادی	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	مبانی ژنتیک مولکولی  ChEB4104
			۲	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنا نمودن دانشجویان با موضوع مهم ژنتیک مولکولی به عنوان پایه اصلی بیوتکنولوژی نوین

## سر فصل درس

- ساختمان مولکولی اسیدهای نوکلئیک
- همانندسازی DNA
- ساختارهای ژنتیکی سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی
- اهمیت کلونینگ ژن
- حامل‌ها
- روش‌های خالص سازی و کار با اسیدهای نوکلئیک DNA و RNA
- وارد کردن DNA به داخل سلول‌های میزبان
- روش‌های انتخاب سلول‌های توترکیب
- حامل‌های کلونیک برای باکتری *E.Coli*
- حامل‌های کلونینگ برای سایر میکروارگانیسم‌ها
- کاربردهای کلونینگ



## مراجع

- Gene Cloning: An Introduction, T.A. Brown, Third edition, Chapman & Hall (۱۹۹۶).
- Introduction to Molecular Biology, P. Paoella, WCB McGraw-Hill (۱۹۹۸).
- ۳- Molecular Biotechnology (Principles and Application of Recombinant DNA),
- B.R. Glick, J.J. Pasternak, ASM (۱۹۹۸).



درس پیشنهاد	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	مقدمه ای بر بیوتکنولوژی  ChEB۴۱۰۵
			۲	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنا نمودن دانشجویانی که با بیوشیمی و میکروبیولوژی عمومی آشنایی لازم برای ادامه دوره را ندارند.

## سر فصل درس



- ماهیت و تاریخچه بیوتکنولوژی (با تأکید بر تحولات در بیوتکنولوژی صنعتی)
- نقش مهندسی شیمی در بیوتکنولوژی
- مروری بر اصول زیست‌شناسی

- سلول به عنوان واحد حیات (نامگذاری سلول‌ها، ساختار سلول‌ها شامل خصوصیات و اجزاء سلول‌های پروکاریوتیک و یوکاریوتیک)
- انواع سلول‌های مهم، با اشاره به کاربردهای صنعتی آن‌ها (باکتری‌ها شامل اوباکتری‌ها و آرکیباکتری‌ها، مخمرها، قارچ‌ها، کبک‌ها، جلبک‌ها، پروتوزواها، سلول‌های حیوانی و گیاهی، ویروس‌ها)
- مواد شیمیایی حیات (قندها و پلی‌ساکاریدها، اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها، اسیدهای هسته‌ای، DNA و RNA، لیپیدها، مواد شیمیایی چندگانه‌ای، ترکیبات زیستی مهم دیگر، تغذیه سلولی، درشت مغذی‌ها، ریز مغذی‌ها، انواع محیط‌های کشت)
- متابولیسم سلولی (تقسیم بندی سلول‌ها براساس منبع کربن و انرژی، تقسیم بندی متابولیسم، بیوانرژیستیکس (ATP و ترکیبات فسفات‌ها دیگر، همبسته بودن واکنش‌های اکسیداسیون و احیاء از طریق NAD)، کاتابولیسم کربن (مسیر EMP، مسیرهای دیگر کاتابولیسم کربوهیدرات‌ها شامل تخمیر، مسیر ED و مسیرهای کاتابولیسم قندهای شش‌گانه دیگر مانند لاکتوز و فروکتوز و پنج‌گانه مانند ریبوز). تنفس (چرخه TCA، چرخه تنفسی)، فوتوسنتز، متابولیسم ترکیبات

- ازته، متابولیسم هیدروکربورها، تثبیت ازت، بیوسنتز (سنتز مولکول‌های کوچک، سنتز ماکرو مولکول‌ها)، سازماندهی و تنظیم متابولیکی، محصولات نهایی متابولیسم)
- نظر اجمالی بر ژنتیک مولکولی: عقاید اصلی زیست شناسی، تکثیر DNA، نسخه برداری، ترجمه (کد ژنتیکی، ترجمه، اصلاحات بعد از ترجمه)، کنترل متابولیسم در مقیاس ژنتیکی.
  - کاربردهای بیوتکنولوژی: تولید سوخت زیستی، پروتئین تک یاخته، بیوتکنولوژی و پزشکی، بیوتکنولوژی محیط زیست، بیوتکنولوژی در صنایع، کشاورزی و جنگلداری، بیوتکنولوژی غذایی.
  - حفاظت اختراعات بیوتکنولوژی، ایمنی در بیوتکنولوژی و استنباط عمومی از بیوتکنولوژی

## مراجع

- Biotechnology, J.E. Smith, 4<sup>th</sup> Edition. Cambridge University Press. (۲۰۰۴).
- Bioprocess Engineering: Basic Concepts, M.L. Schuler, F. Margi, ۲<sup>th</sup> Edition. Prentice Hall Inc. New Jersey (۲۰۰۲).
- Biochemical Engineering Fundamentals, J. Bailey, D.F. Ollis, ۲<sup>th</sup> Edition. McGraw Hill Book Company (۱۹۸۶).
- Biology and Biochemistry for Chemists and Chemical Engineers, W.J. Mitchell, J.C. Slater, Ellis Horwood Limited. Chichester (۱۹۸۹).





درس پیشنهاد	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	پدیده‌های انتقال  ChEB4106
			۲	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنا نمودن دانشجویان با اصول مکانیک سیالات، انتقال جرم و حرارت

## سر فصل درس

مکانیک سیالات:

- سیالات نیوتنی و غیر نیوتنی
- استاتیک سیالات
- جریان سیال و معادلات حرکت
- سیالات تراکم ناپذیر
- انتقال و اندازه‌گیری سیالات

انتقال حرارت:

- انتقال حرارت هدایتی
- انتقال حرارت جابجایی
- انتقال حرارت تابشی
- انتقال حرارت همراه با تغییر فاز

انتقال جرم:

- کلیات فرایندهای انتقال جرم
- نفوذ مولکولی در سیالات
- ضرایب انتقال جرم
- انتقال جرم در فصل مشترک فازها



## مراجع

- Transport Phenomena, R.B. Bird, John Wiley & Sons (۲۰۰۷).
- Unit Operations of Chemical Engineering, W.L. McCabe W, J.C. Smith, P. Harriott McGraw-Hill (۱۹۸۵).
- Mass Transfer Operation, R.E. Treybal, McGraw-Hill (۱۹۸۲).
- Heat Transfer, J.P. Holman, McGraw (۱۹۸۱).
- Fluid Mechanics, V.L. Streeter, McGraw-Hill (۱۹۷۹).



درس پیشیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	موازنه انرژی و مواد  ChEB4107
			۲	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

### هدف

آشنا نمودن دانشجویان با اصول پایه و آنالیز مسائل مربوط به موازنه انرژی و مواد

### سر فصل درس

- مقدمه ای بر محاسبات مهندسی
- موازنه مواد، آنالیز مسائل موازنه مواد
- گازها، بخارها، مایعات و جامدات، قانون گازهای ایده آل، روابط گازهای حقیقی
- موازنه انرژی
- ترکیب موازنه انرژی و مواد
- موازنه انرژی و مواد در حالت ناپایدار

### مراجع

- Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering, D.M. Himmelblau, Prentice-Hall (۱۹۹۶).



درس پیشنهادی	اختباری	نوع درس	تعداد واحد	سینتیک و طراحی راکتور ChEB4108
			۲	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنا نمودن دانشجویان با اصول پایه سینتیک و طراحی راکتورهای شیمیایی

## سر فصل درس

### سینتیک:

- مقدمه ای بر طراحی راکتور و طبقه بندی واکنش‌ها
- بررسی سرعت واکنش‌های متجانس
- بررسی واکنش‌های مختلف تعیین معادلات سرعت واکنش‌ها با درجات مختلف

### طراحی راکتور:

- مقدمات طراحی راکتور
- راکتورهای آرمانی و منفرد
- انواع راکتورهای مداوم
- اثرات دما و فشار
- واکنش‌های کانالیستی



## مراجع

- طراحی راکتورهای شیمیایی، تألیف Octave Levenspiel، ترجمه دکتر مرتضی سهرابی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ چهارم، ۱۳۸۸.
- Fundamentals of Chemical Reactions Engineering, C.D. Holland, R.G. Anthony, Second Edition, Prentice-Hill International Editions (۱۹۹۹).



درس پیشنهاد	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	پدیده‌های انتقال در سامانه‌های زیستی  ChEBf109
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با مفاهیم اولیه پدیده‌های انتقال و کاربرد آن‌ها در سامانه‌های زیستی

## سر فصل درس

- مقدمه (مقیاس‌های گوناگون بررسی پدیده‌های انتقال، معرفی مختصات اولری و لاگرانژی در به دست آوردن معادلات تغییر، قضیه انتقال رینولدز)
- به دست آوردن معادلات تغییر در سامانه‌های تک جزئی (معادله پیوستگی، معادله مونتوم، معادله انرژی)
- به دست آوردن معادلات تغییر در سامانه‌های چند جزئی (معادله پیوستگی، معادله مونتوم، معادله انرژی، تعریف فلاکس نفوذی جرم در سامانه‌های چند جزئی)
- نفوذ در محلول‌های الکترولیت
- اختلاط و هوادهی
- انتقال اکسیژن در بیوراکتورها (تشکیل و توزیع حباب‌ها، رژیم‌های جریان)
- ضریب انتقال جرم در بیوراکتورها (عوامل مؤثر، روابط همبستگی)
- روش‌های اندازه‌گیری شدت جذب اکسیژن
- عوامل مهم برای افزایش مقیاس بیوراکتورها
- انتقال گرما در بیوراکتورها





## مراجع

- Transport Phenomena, Bird, Stewart and Lightfoot, ۲th Ed. John Wiley (۲۰۰۲).
- Biochemical Engineering Fundamentals, J. Bialy, D.F. Oillis D., McGraw Hill (۱۹۸۶).
- Biochemical Engineering, H.W. Blanch, S.D. Clark, Marcel Dekker Inc (۱۹۹۶).



درس پیشنهاد	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	سینتیک و طراحی بیوراکتور ChEB411
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				



#### هدف

آشنایی با اصول مقدماتی و پیشرفته طراحی بیوراکتورهای آزمایشگاهی و صنعتی

#### سر فصل درس

- مقدمه ای بر رشد سلولی، انواع معادلات کینتیک رشد، عناصر اصلی رشد، عناصر جزئی، کشت‌های گیاهی، کشت‌های حیوانی و اصول طراحی بیوراکتور به همراه مثال‌های مرتبط (مرور)، کینتیک آنزیم‌ها، معادله میکایل-منتن، برجیس-هالدين و ... استخراج پارامترهای مختلف معادلات کینتیک آنزیم‌ها، آنزیم‌های رقابتی و غیررقابتی.
- طراحی بیوراکتورهای مبتنی بر آنزیم (ناپیوسته، پلاگ و پیوسته)، آنزیم‌های تثبیت شده و بیوراکتورهای مخصوص کار با آنزیم‌های تثبیت شده، آنزیم‌های صنعتی و بیوراکتورهای مخصوص به آن‌ها.
- تثبیت سلول و بیوراکتورهای مخصوص کشت‌های تثبیت شده، طراحی عمومی بیوراکتورهای متعارف شامل ناپیوسته، همزده و پلاگ، طرح عمومی بیوراکتورهای نیمه پیوسته و اصول و تئوری‌های خوراک دهی ناپیوسته.
- روابط و طرح عمومی بیوراکتورهای خاص شامل: هواپر، گردشی و گازگرد، شیمی، میکروبیولوژی و طرح عمومی بیوراکتورهای بی‌هوازی، بیوراکتورهای رایج در تصفیه آب و فاضلاب، بیوراکتورهای مینیاتوری.
- بیوراکتورهای هیبریدی، کنترل و اصول اندازه‌گیری در بیوراکتورها (دما، اسیدیته، اکسیژن محلول، کدورت و پتانسیل اکسیداسیون و احیاء)، طراحی بیوراکتورهای چند فازی، طراحی فتوبیوراکتور، بیوراکتورها با جریان‌های غیر ایده آل، مباحث خاص (Case Studies) و راکتورهای ویژه، بیوراکتورهای دینامیک.

#### مراجع:

- Biochemical Engineering Fundamentals, J.E. Bailey, D.F. Ollis, McGraw Hill (۱۹۸۶).

- Biochemical Engineering, J.M. Lee, Prentice Hall (۲۰۰۴).

درس پیشنهاد	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	بازیافت و جداسازی مواد زیستی ChEB411
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

آشنایی با اصول تئوری و عملی روش‌های مختلف جداسازی و بازیافت مواد زیستی

#### سر فصل درس

- مقدمه
- فیلتراسیون
- سانتریفوژ کردن
- گسستن دیواره سلولی
- روش‌های نوین استخراج شامل: استخراج زل، میسلار، تفکیک دو فاز آبی و استخراج یا مایع فوق بحرانی
- جذب سطحی
- کروماتوگرافی (با تأکید بر کروماتوگرافی مایع)
- رسوب دهی
- اولترافیلتراسیون، الکترودیالیز، الکتروفورزیس، تمرکز ایزوالکتریکی
- کریستالیزاسیون
- خشک کردن
- طراحی زیست فرایندها (سنتز فرایندهای جداسازی)



## مراجع

- Bioseparations Engineering, M.R. Ladisch, Wiley Interscience (۲۰۰۱).
- Bioseparations: Downstream Processing for Biotechnology, P.A. Belter, E.L. Custer, W.S. Hu, Wiley (۱۹۸۸).
- Bioseparations Science and Engineering, R.G. Harrison, Oxford University Press (۲۰۰۳).
- Comprehensive Biotechnology, Murray Moo-Young, Vol.۳, Pergamon (۱۹۸۵).
- Biochemical Engineering Fundamentals, J.E. Bailey, D.F. Ollis, ۳<sup>rd</sup> Edition, McGraw-Hill (۱۹۸۶).



درس پیشنهاد	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	میکروبیولوژی صنعتی  ChEB4112
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آموزش جزئیات زیست فرایند خصوصاً در مرحله بالادستی تخمیر و تولید

## سر فصل درس

- مقدمه و سیر تاریخی توسعه بیوتکنولوژی از ۸۰۰ سال قبل از میلاد مسیح تاکنون
- روند توسعه بیوتکنولوژی صنعتی در طی چند دهه گذشته و مهم ترین فرآورده‌های زیستی تجاری
- مهندسی متابولیک و زیست شناسی سامانه‌ها و کاربرد آن‌ها در بیوتکنولوژی صنعتی
- زمینه‌های کاربرد بیوتکنولوژی صنعتی (دارویی و پزشکی، غذایی، محیط زیست و نفت و ...)
- نانو بیوتکنولوژی
- ریزاندامگان‌ها و سلول‌های صنعتی، نحوه تهیه و نگهداری آن‌ها
- محیط‌های کشت صنعتی، منابع، فرمول بندی و روش تهیه آن‌ها
- سترون سازی شامل: مقدمه، تئوری، روابط و معادلات حاکم بر فرایند سترون سازی محیط‌های کشت صنعتی میکروبی و روش‌های مناسب برای سترون سازی محیط‌های کشت صنعتی سلولی
- انواع روش‌های سترون سازی شامل غیر پیوسته و ناپیوسته
- سترون سازی هوا، روابط و معادلات حاکم
- توسعه مایه تلقیح برای کشت انبوه ریزاندامگان‌ها و فرآورده‌های زیستی و انواع مایه تلقیح
- سینتیک رشد میکروبی و انواع روش‌های کشت
- سینتیک تولید محصولات زیستی و مصرف سوپسترا
- ادامه سینتیک رشد، تولید محصول و مصرف سوپسترا و تخمیر حالت جامد
- آخرین پیشرفت‌های مربوط به توسعه پایش و کنترل فرایندهای زیستی



## مراجع

- بیوتکنولوژی صنعتی، نگارنده: سید عباس شجاع الساداتی، با همکاری محمد علی اسدالهی تهران دانشگاه تربیت مدرس، دکتر نشر آثار علمی - چاپ سوم، سال ۱۳۸۹.
- Biochemical Engineering Fundamentals, J.E. Bailly, D.F. Ollis, ۳<sup>rd</sup> Edition, McGraw-Hill (۱۹۸۶).
- Principles of Fermentation Technology, P.F. Stanbury, A. Whitaker, ۲<sup>nd</sup> Edition, Chapman & Hall (۱۹۹۶).
- Bioprocess Engineering: Basic Concepts, M.L. Schuler, ۲<sup>nd</sup> Edition, Prentice Hall Inc., New Jersey (۲۰۰۲).
- Metabolic Engineering: Principles and Methodologies, G.N. Stephanopoulos, A.A. Aristides, J. Nielsen, Academic Press (۲۰۰۶).
- Industrial Systems Biology, Biotechnology and Bioengineering, Vol.۱۰۵, No.۳, ۴۴۲-۴۶۰, (۲۰۱۰).





درس پیشنهادی	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	ریاضیات مهندسی پیشرفته  ChEB4113
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آموزش مباحث تحلیلی و عددی ریاضیات مهندسی پیشرفته (علاوه بر آن چه دانشجویان در دوره کارشناسی آموخته اند) برای رفع نیازهای آموزشی (در سایر درس‌ها) و تحقیقی

## سر فصل درس

### بخش تحلیلی

- مروری بر جبر خطی، عملیات ماتریسی، آنالیز برداری و معادلات دیفرانسیل عادی
  - معادلات دیفرانسیل پاره ای و مقدمه ای بر کاربرد ریاضیات در مهندسی شیمی، شرایط مرزی و انواع آن و مسایل مربوط به لایلاسن
  - تعریف انواع معادلات دیفرانسیل پاره ای و مختصات مختلف هندسی و روش‌های تبدیل آن‌ها به یکدیگر، معادلات دیفرانسیل بیضوی، هذلولی و سهموی و شرح/بسط معادلات بیضوی، تبیین معادلات نفوذی در مهندسی شیمی
  - روش جداسازی متغیرها با کاربرد آن در معادلات نفوذی به همراه تبدیل شرایط مرزی پیچیده به ساده، حل معادلات دیفرانسیل پاره ای که دارای ترم‌های پیچیده هستند (stiff)
  - حل معادلات دیفرانسیل پاره ای (نفوذ) در مختصات استوانه و کره
  - حل معادلات دیفرانسیل پاره ای ناهمگن از طریق بسط توابع ویژه
  - روش حل معادلات دیفرانسیل پاره ای از طریق تبدیلات انتگرالی (Sin, Cos) محدود و نامحدود
  - روش حل معادلات دیفرانسیل پاره ای از طریق تبدیلات انتگرالی (فوریه و لایلاس)
  - محدود، اصل دهامل و حل معادلات دیفرانسیل معمولی و پاره ای به روش تابع-گرین
- بخش محاسبات عددی



- مروری بر اصول محاسبات عددی شامل: حل دستگاه‌های خطی، چندجمله‌ای‌ها، انتگرال‌گیری مجذوری
- روش‌های مختلف عددی حل معادلات دیفرانسیل (روش تفاضل محدود، روش اجزای محدود و ...)
- روش‌های مختلف حل عددی معادلات دیفرانسیل پاره‌ای چند بعدی و خطای محاسباتی

## مراجع

- Partial Differential Equations for Scientists and Engineers, S.J. Farlow, John Wiley (۲۰۰۵).
- Applied Numerical Analysis, K. Gerald, Wesley (۲۰۰۲).



درس پیشتیاژ	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	آزمایشگاه بیوتکنولوژی ChEB۴۱۴
			۱	
	عملی	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد ■ ندارد □ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه ■				

## هدف

آشنا شدن دانشجویان با انجام کشت میکروبی و تعیین ثوابت و ضرایب مهم

## سرفصل درس

- انجام آزمایش‌های کشت میکروبی در فرمتور
- رسم منحنی رشد و تعیین ثوابت سنتیکی شامل  $\mu$  و  $K_s$  و همچنین محاسبه بازدهی و محصول دهی
- انجام آزمایش‌های کشت مداوم و تعیین D بهینه
- انجام آزمایش‌های کشت غیرمداوم توأم با خوراک دهی
- تعیین ثابت  $K_{1,0}$
- آشنایی با دستگاه‌های آنالیز شامل GC, HPLC
- آشنایی با دستگاه‌های مربوط به آزمایش‌های مهندسی ژنتیک، شامل PCR، الکتروفورز و پروتئین و DNA و ...

در این واحد، بازدید از آزمایشگاه‌های مراکز بیوتکنولوژی نیز می‌تواند در برنامه قرار گیرد.

## مراجع:

- جزوه آزمایشگاه مهندسی بیوشیمی، دانشکده شیمی دانشگاه‌های بیرمنگام و واترلو
- Microbiology. A laboratory Manual. James G. Cappuccino. Natalie Sherman. ۴<sup>th</sup> edition. Longman Inc. (۱۹۹۹).



درس پیشنیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	ترمودینامیک محلول‌های غیر ایده آل ChEB4115
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی دانشجویان با رفتارهای فازی محلول‌های غیر ایده آل

## سرفصل درس

- معادلات حالت و کاربرد آن‌ها در بررسی مخلوط‌ها، اصول ترمودینامیک محلول‌ها: تعادلات فازی و پایداری فازی، ضریب اکتیویته و مدل‌های ضریب اکتیویته بر اساس برهم‌کنش‌های مولکولی و سایر عوامل در رفتار غیر ایده آل محلول‌ها، محلول‌های تجمعی و الکترولیت‌ها، ترمودینامیک رشد سلولی و جذب سوپسترا، ترمودینامیک حاکم بر واکنش‌های آنزیمی، پروتئینی، خون، دارو، غذا و فوتوستتر، انرژی رشد و مرگ و میرسلولی، ترمودینامیک مولکول‌های زیستی بر انرژی مانند ATP و NADH، ترمودینامیک متابولیسم‌های زیستی.

## مراجع

- Molecular Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibrium, J.M. Prausnitz, R.N. Lichtenthaler, E.G. Azevedo, 3<sup>rd</sup> Edition; Prentice Hall (۱۹۹۹).
- Thermodynamics, H.B. Cullen, John Wiley & Sons (۱۹۶۰).
- Thermodynamics and its Applications, M. Model, R.C. Reid, Prentice Hall (۱۹۷۴).



درس پیشنهاد	اختباری	نوع درس	تعداد واحد	طراحی آماری آزمایش‌ها ChEB4116
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با روش‌های مختلف آماری در فرایندهای مهندسی و نرم افزارهای طراحی آزمایش برای بهینه سازی فرایندهای زیستی

## سرفصل درس

- مقدمه ای بر ضرورت طراحی آزمایش‌ها
- مفاهیم آماری: جمعیت آماری، انحراف معیار و واریانس، توزیع نرمال، توزیع t، آزمایش F
- آنالیزهای one-way و two-way
- طراحی‌های لاتین و گریکو لاتین
- روش‌های غربال گری فاکتورها: Yates table، پلاکت - برمن
- طراحی فاکتوریل کامل: طراحی ۲<sup>k</sup>، Blocking در طراحی فاکتوریل کامل، Confounding در طراحی ۲<sup>k</sup>
- طراحی فاکتوریل جزئی
- معرفی نرم افزارهای قابل استفاده در طراحی آزمایش‌ها
- آموزش عملی استفاده از نرم افزار Design Expert برای روش پلاکت برمن و فاکتوریل کامل
- روش بهینه سازی تاگوچی: تئوری و عملی استفاده از نرم افزار ۴. Qualtek و Design Expert
- طرح مرکب مرکزی (CCD) در روش RSM: تئوری و عملی
- روش یاکس - بهتکن: تئوری و عملی



## مراجع

- Design and Analysis of Experiments, D.C. Montgomery, John Wiley (۲۰۰۵).
- A Primer on the Taguchi Method, R.K. Roy, Van Nostrand Reinhold (۱۹۹۰).
- Efficiency in Research, Development and Production, L. Davies, Royal Society of Chemistry (۱۹۹۳).
- Modern Engineering Statistics, T.P. Ryan, Wiley-Interscience (۲۰۰۷).
- Design of Experiments in Chemical Engineering, Z.R. Lazic, Wiley-VCH (۲۰۰۴).





درس پیشنهاد	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	بیوتکنولوژی محیط زیست  ChEB4117
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

به کار گیری فنون بیوتکنولوژی برای جلوگیری از آلودگی و رفع آلودگی‌های گسترده زیست محیطی

#### سرفصل درس

- آکوسامانه‌های بزرگ و مشکل آلودگی در جهان
- بیوتکنولوژی در حذف و جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی
- آنالیز ضایعات و اثرپذیری محیط زیست از آن‌ها (تعریف ضایعات، خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها، فلزات سنگین، مواد سمی، مواد مغذی (P,N)، گازهای خروجی ( $H_2S, CO_2, CO, NO_x$ )، آلودگی خاک و دریا).
- روش‌های تصفیه بیولوژیک (تجزیه پذیری ضایعات، کینتیک تصفیه به وسیله روش‌های بیولوژیک، روش‌های آماده سازی ضایعات، بیوراکتورهای هوازی و بی هوازی تصفیه فاضلاب و لجن، برکه‌های تثبیت، آبدهی و دفع لجن، حذف فسفر، حذف مواد مغذی، حذف فلزات سنگین، حذف مواد سمی)
- تثبیت و اندازه‌گیری آلودگی‌ها (آلودگی‌های میکروبی ناشی از حیوان و انسان، آلودگی‌های میکروبی و شیمیایی هوا، آب و خاک)
- میکروبیولوژی توصیفی فرایندهای تصفیه (هوازی و بی هوازی)
- روش‌های بیولوژیک تثبیت در هضم ضایعات جامد
- اصلاح و احیاء خاک‌ها و آب‌های آلوده با به کارگیری ریزاندامگان‌ها و گیاهان (Phytoremediation, Bioremediation)
- حذف بو و گازهای سمی از مواد آلوده با روش‌های زیست صافی (Biofiltration) مدیریت دفع ضایعات شهری و صنعتی



## مراجع

- Wastewater Engineering Treatment and Reuse, Metcalf & Eddy, McGraw-Hill (۲۰۰۳).
- Industrial Pollution Control, Jr Eckenfelder, Prentice Hall (۱۹۸۶).



درس پیشنهاد	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	مدل سازی و شبیه‌سازی فرایندهای زیستی  ChEB4118
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

به کارگیری مدل سازی، شبیه‌سازی و نرم افزارهای موجود برای طراحی و اجرای فرایندهای زیستی

## سرفصل درس

- مقدمه ای بر جریان های تک فازي در سامانه های زیستی
- جریان های دو فازي در سامانه های زیستی شامل:
  - جریان های گاز- مایع
  - جریان های گاز- جامد
  - جریان های جامد مایع
- جریان های سه فازي شامل جریان در فرمانتورها و حباب ها در جریان های دوغایی
- مدل های چند فازي در سامانه های زیستی شامل:
  - مدل اولرین
  - مدل حجمی سیال
  - مدل مخلوط
- مدل های جریان متلاطم در سامانه های زیستی شامل:
  - مدل  $K - \epsilon$  استاندارد
  - مدل  $k - \omega$  استاندارد
  - مدل  $RNG - k - \epsilon$
  - مدل Reynolds Stress
- معرفی شرایط مرزی مختلف در سامانه های شیمیایی و بیوشیمیایی



- تولید هندسه مسأله با استفاده از نرم افزارهای مناسب
- مدل سازی، شبیه سازی و بررسی انتقال جرم بین فازی در سامانه های زیستی
- مدل سازی، شبیه سازی و بررسی انتقال حرارت در سامانه های زیستی
- بررسی سینتیک واکنش های بیوشیمیایی و اجرای آن در محیط نرم افزارهای مناسب

## مراجع

- 3-D Direct Numerical Simulation of Gas Liquid and Gas-Liquid-Solid Flow Systems Using the Level-set and Immersed-Boundary Methods, Yang Ge and Liang-Shih Fan, Elsevier (۲۰۰۶).
- Introduction to Computational Fluid Dynamics Anil W. Date, Cambridge University Press (۲۰۰۵).



درس پیشنهاد	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	آنزیم شناسی صنعتی  ChEB4119
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با آنزیم شناسی پایه و کاربرد آنزیم‌های صنعتی

## سر فصل درس

- مقدمه و تاریخچه
- مروری بر خصوصیات و طبقه بندی اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها
- مروری بر کوفاکتورها، خصوصیات، مکانیزم عمل و نامگذاری آنزیم‌ها
- سینتیک واکنش‌های آنزیمی (واکنش‌های تک سویسترایبی و دو سویسترایبی، برگشت پذیر)
- عوامل موثر بر فعالیت کاتالیستی آنزیم‌ها
- غیر فعال شدن و پایدار سازی آنزیم‌ها
- مهار آنزیمی
- تنظیم واکنش‌های آنزیمی
- واکنش‌های آنزیمی در سامانه‌های ناهمگن
- تثبیت آنزیم‌ها
- سینتیک واکنش آنزیم‌های تثبیت شده
- منابع تولید آنزیم‌ها
- اصلاح آنزیم‌ها، مهندسی پروتئین و تولید آنزیم‌های نو ترکیب
- آزمایش‌های سنجش کمیت و کیفیت نمونه‌های آنزیمی



- کاربرد آنزیم‌ها در صنایع مختلف (چرم، خوراک دام، دترجنت‌ها، نساجی، کاغذ سازی، صنایع شیمیایی، علوم پزشکی، تشخیصی، نان و شیرینی، صنایع لبنی، آب میوه، روغن، نشاسته، ...)
- زیست حسگرها
- مروری بر جنبه‌های قانونی، ایمنی، سمیت و محیط زیستی کار با آنزیم‌ها
- چالش‌ها و فرصت‌های موجود در تولید و به کارگیری آنزیم‌ها

## مراجع

- Biocatalysts and Enzyme Technology, K. Buchholz, V. Kasche, U.T. Bornscheuer, WILEY-VCH (۲۰۰۵).
- Recombinant DNA, Genes and Genomes- A Short Course, J.D. Watson, R.M. Myers, A.A. Caudy, J.A. Witkowski, Cold Spring Harbor Laboratory Press (۲۰۰۷).
- Biotechnological Processing Steps for Enzyme Manufacturing, R.C. Tripathi, Gene-Tech Books (۲۰۰۶).
- Industrial Enzymology, T. Godfrey, S. West, The Macmillan Press Ltd (۱۹۹۶).
- Comprehensive Biotechnology, Vol. ۱, M. Moo-Young, PERGAMON PRESS (۱۹۸۵).
- Biochemical Engineering Fundamentals, J.E. Bailey, D.F. Ollis, McGraw-Hill (۱۹۸۶).
- Biotechnology, Vol. ۷a: Enzyme Technology, J.F. Kennedy, VCH (۱۹۸۷).
- Concepts in Biotechnology, D. Balasubramanian *et al*, COSTED-IBN, Universities Press (۱۹۹۶).





درس پیشنهادی	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	بیوتکنولوژی تجاری  ChEB4120
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با جنبه‌های تجاری و مدیریتی و قوانین و مقررات مربوط به بیوتکنولوژی

## سرفصل درس

- مقدمه ای بر علم بیوتکنولوژی
- مقدمه ای بر بیوتکنولوژی تجاری
- قوانین، مقررات و سیاست‌ها در زمینه بیوتکنولوژی تجاری
- اصول و مقررات مربوط به مالکیت معنوی و ثبت اختراعات
- مبانی توسعه و فروش دانش فنی
- سرمایه گذاری در بیوتکنولوژی تجاری
- مدیریت منابع مالی و انسانی در بیوتکنولوژی
- تحقیق و تحقیق
- بازاریابی
- مبانی توسعه شرکت‌های تجاری و دانش بنیان
- معرفی شرکت‌ها و مؤسسات مهم بیوتکنولوژی کشور و بازدید از آن‌ها
- مدیریت بیوتکنولوژی
- اخلاق زیستی
- حقوق و روابط بین الملل در زمینه بیوتکنولوژی



## مراجع

- Bulding Biotechnology, Y. Friedman, ۳<sup>rd</sup> Edn, Logos Press, Washington (Dc/۲۰۰۸).
- Journal of Commercial Biotechnology, Palgrave MacMillan Journals.
- <http://www.biotechu.com>



درس پیشنهاد	اختباری	نوع درس	تعداد واحد	بیوتکنولوژی غذایی  ChEB۴۱۲۱
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با به کارگیری بیوتکنولوژی برای تولید انواع مواد اعم از بیولوژیک و شیمیایی و انجام فرایندها برای تولید غذا

## سرفصل درس

بخش اول: کاربرد فناوری میکروبی در فرآورد مواد غذایی

- کاربرد ریزاندامگانها در تولید محصولات کشاورزی و خوراک دام
- تولید پروتئین میکروبی جهت مصرف انسان
- غذاهای تخمیری بر پایه فرایندهای موجود در آسیای جنوب شرقی
- تولید و استفاده از کشت‌های آغازگر در صنعت تولید نان (خمیر مایه) و لبنیات
- پروبیوتیک‌ها
- تولید مواد افزودنی غذایی به روش بیوتکنولوژی: اسیدی کننده‌ها، صمغ‌های میکروبی، مکمل‌های غذایی، طعم دهنده‌ها و شیرین کننده‌ها

بخش دوم: کاربرد آنزیم‌ها در صنایع غذایی

- نشاسته و تبدیل آن به شربت مالتوز و کلوکتر
- آنزیم‌های تثبیت یافته و تولید شربت غنی از فروکتوز
- آنزیم‌ها و پنیرسازی
- آنزیم‌ها و مهندسی ژنتیک- زئین میکروبی
- آنزیم‌ها و محیط زیست- تبدیل ضایعات کشاورزی و پساب‌های صنعتی به مواد شیمیایی مفید
- آنزیم‌ها و تولید مواد شیمیایی



## مراجع

- Biotechnological Innovations in Food Processing. Biotechnology by Open Learning (Boito) Series. Butterworth-Heinemann. ۱۹۹۱.
- Biotechnological Innovations in Waste Treatment and Energy Resources, Biotechnology by Open Learning (Boito) Series. Butterworth-Heinemann. ۱۹۹۱.
- Food Biotechnology-۱, R.D. King, P.S.J. Cheetah, Elsevier Applied Science (۱۹۸۷).
- Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology, Y.H. Huc, *et al.*, Marcel Dekker Inc. (۲۰۰۴).
- Industrial Enzymologist, T. Godfrey, S. West, ۲<sup>nd</sup> Edition. The McGraw Hill Press Ltd. (۱۹۹۶).



درس پیشنهاد	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	سوخت‌های زیستی  ChEB۴۱۲۲
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

- در این درس مبانی فیزیکی، شیمیایی و زیستی فرایندهای تبدیل و تجهیزات به کار برده شده برای تولید سوخت‌های زیستی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

#### سرفصل درس

- مقدمه
- مصرف انرژی و منابع آن در حال حاضر
- زمینه‌های شیمی و مهندسی سوخت‌های زیستی
- بازار انرژی حاصل از توده زیستی (Biomass)
- منابع توده زیستی
- توده زیستی غیر پسماند
- توده زیستی به صورت پسماند
- برداشت و نگهداری توده زیستی
- قابلیت‌های به کارگیری توده زیستی
- حمل و نقل توده زیستی
- به کارگیری توده زیستی برای تولید سوخت و مشکلات ناشی از آن در کشاورزی
- عمل آوری توده زیستی با روش‌های فیزیکی
- خشک‌سازی
- خرد کردن



- متراکم سازی
- جداسازی
- عمل آوری توده زیستی با روش های حرارتی

○ احتراق

○ پیرولیز/امیگان گازهای حاصل

○ تبدیل به گاز

- اتانول حاصل از ذرت

○ پودر کردن خشک

○ آسیاب کردن مرطوب

○ تخمیر

○ محصولات همراه

○ موازنه انرژی

- اتانول حاصل از مواد سلولزی

○ مرور کلی فرایند

○ فناوری های آماده سازی اولیه

○ آبکافت

○ تخمیر

○ محصولات همراه

○ موازنه انرژی

○ تبدیل به گاز/تخمیر

- دیزل زیستی (Biodiesel)

○ استفاده از روغن های گیاهی - کیفیت/کمیت

○ فناوری های تبدیل روغن های گیاهی

○ محصولات همراه

○ خواص

○ کاربردها

- گاز زیستی (Biogas)

○ بازیافت گاز از محل دفن زباله ها

○ هضم بی هوازی کود و ضایعات حیوانی





## مراجع

- Biorenewable Resources: Engineering New Products from Agriculture, R.C. Brown, Wiley-Blackwell Publishing (۲۰۰۲).
- Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology: Befoul, L. Olsson, Springer (۲۰۰۷).
- Anaerobic Biotechnology for Bioenergu Production: Principles and Applications, S.K. Khanul, Wiley-Blackwell Publishing (۲۰۰۸).
- Biofuels: Implication for the Feed lindustry, J. Doppeubery, P. van deer Aar, Wageningen Academic Publishers (۲۰۰۷).



## ۲-۳- سرفصل دروس رشته مهندسی شیمی- زیست پزشکی

درس پیش نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	بیوشیمی عمومی ChEBM۴۱۰۱
			۲	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۲۴	
آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

### هدف

آشنایی اولیه با انواع زیست مولکولها و نقش آنها در متابولیسمهای سلولی

### سرفصل درس

- مقدمه
- نقش آب در حیات
- آمینو اسیدها و پپتیدها
- پروتئینها
- آنزیمها
- ویتامینها
- کربوهیدراتها
- لیپیدها و غشاءها
- متابولیسم
- سیکل ATP و بیوانرژی سلول
- گلیکولیز
- سیکل اسید نیتریک



- زنجیره انتقال الکترون
- اکسیداسیون اسیدهای چرب
- اکسیداسیون آمینواسیدها و سیکل اوره
- بیوسنتز کربوهیدراتها
- بیوسنتز لیپیدها؛ آمینواسیدها و نوکلئوتیدها
- فوتوسنتز

### مراجع

- A. Lehninger, "Principles of Biochemistry", New York, Worth ۲۰۰۵
- محمدی، رضا؛ "اصول بیوشیمی لنینجر"، چاپ سوم، ۱۳۸۲ (ناشر: آبیژ)



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	فیزیولوژی و آناتومی عمومی ChEBM4102
			۲	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۲۴	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

آشنایی اولیه با فیزیولوژی و آناتومی بدن انسان و نحوه عملکرد بافت‌ها و سلول‌های آن

#### سرفصل درس

- مقدمه‌ای بر فیزیولوژی
- فیزیولوژی سلول و عشاء
- قلب و گردش خون
- کلیه‌ها و مایعات بدن
- دستگاه تنفس و گردش خون ریوی
- فیزیولوژی لوله گوارش
- متابولیسم و تنظیم درجه حرارت



## مراجع

- A.C. Guyton, J.E. Hall, "Textbook of Medical Physiology", V ۱&۲, Saunders, ۲۰۰۰.
- C.Yokochi, J.W.Rohen, E.Lutjen-Drecoll, "Color Atlas of Anatomy: A photographic study of human body", ۶th Ed., ۲۰۰۶.
- نیاورانی، احمدرضا؛ "چکیده فیزیولوژی پزشکی گایتون"، نشر سماط، ۱۳۸۰
- دبیدی روشن، ولی‌الله؛ "مبانی آناتومی و حرکت"، نشر سمت، ۱۳۸۱



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	ایمونولوژی عمومی  ChEBM۴۱۰۳
			۲	
	تظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۲۴	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی اولیه با سامانه ایمنی بدن انسان و نحوه عملکرد آن

## سرفصل درس

- تعریف و تاریخچه ایمونولوژی
- سلول‌ها، نسوج و اعضای لنفاوی
- تکامل گونه‌ای و تکامل جنینی سامانه ایمنی
- ایمنی طبیعی
- آنتی ژن‌ها
- سامانه بیگانه‌خواری
- ایمونوگلوبین
- سامانه ایمنی همورال
- سامانه کمپلمان
- سامانه سازگاری نسجی
- ایمنی سلولی
- ایمونولوژی مخاطات و پوست
- واکنش آنتی‌بادی با آنتی‌ژن





مراجع:

• D.Male, "Immunology", WorldWide Ltd., ۲۰۰۳.

• عباس، ابول؛ "ایمونولوژی سلولی و مولکولی"، سماط، ۱۳۸۲



درس پیش نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	مهندسی پلیمر ChEBM4104
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی دانشجویان با اصول اولیه علم پلیمر، تعیین خواص پلیمرها و واکنش‌های پلیمری

## سرفصل درس

مقدمه

- طبقه بندی پلیمرها
- وزن مولکولی و توزیع آن
- محلول‌های پلیمری
- ساختار فضایی زنجیر پلیمری
- ترمودینامیک محلول‌های پلیمری
- تعیین وزن مولکولی و اندازه مولکولی آن
- آنالیز گروه‌های انتهایی
- اندازه گیری فشار اسمزی، پراکندگی نوری،
- گرانبوری مولکول و اندازه مولکولی
- پلیمریزاسیون رشد مرحله ای (تراکمی)
- مکانیسم و سینتیک پلیمریزاسیون
- محاسبه وزن مولکولی و توزیع آن
- پلیمریزاسیون زنجیری رادیکالی
- مکانیسم و سینتیک پلیمریزاسیون



- محاسبه وزن مولکولی و توزیع آن
- پلیمریزاسیون‌های محلولی، توده‌ای، امولسیون و تعلیقی
- کو پلیمریزاسیون رادیکال آزاد
- مکانیسم و سینتیک پلیمریزاسیون
- محاسبه نسبت‌های فعالیت رادیکالی
- توزیع توالی در کو پلیمریزاسیون رادیکال آزاد
- پلیمریزاسیون یونی
- پلیمریزاسیون آنیون‌ها، کاتیون و حلقه گشا

#### مراجع:

- G. Odian, "Principles of Polymerization" , 4th Ed., Wiley, ۲۰۰۴
- A. Rudin "The Elemnt of Polymer Science & Engineering" , 2nd Ed., A.P, ۲۰۰۶
- پورعباس بهزاد: اصول مهندسی پلیمر؛ مک کروم ن.ج. ، دانشگاه صنعتی سهند، ۱۳۸۲



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	ریاضیات مهندسی پیشرفته ChEBM4105
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آموزش مباحث تحلیلی و عددی ریاضی با جهت گیری کاربرد در مهندسی پزشکی

## سرفصل درس

### تحلیلی:

- مروری بر جبر خطی و عملیات ماتریسی
- مروری بر آنالیز برداری و کاربرد آن در مدل سازی
- مروری بر حل معادلات دیفرانسیل عادی و روش های مختلف حل
- روش جداسازی/ ترکیب متغیرها
- تبدیلات بسل، فوریه، لاپلاس، هنکل و نژاندر
- کاربرد نگاشت متعامد در حل معادلات دیفرانسیل پاره ای
- معادلات تفاضلی و کاربرد آن در مهندسی شیمی
- مروری بر حسب تغییرات و کنترل بهینه

### عددی:

- مروری بر روش های حل دستگاه معادلات خطی و بیان موارد کاربرد
- مروری بر روش های حل چند جمله ای ها جهت تعیین تمامی ریشه های آن ها در فضای حقیقی و مختلط

### مختلط:

- مروری بر روش های انتگرال گیری مجذوری
- روش های درون یابی سازگار



- دستگاه معادلات غیرخطی
- دستگاه معادلات دیفرانسیل عادی
- دستگاه معادلات پاره ای
- تفاضل محدود و کاربرد آن در حل دستگاه معادلات دیفرانسیل پاره ای غیر خطی

## مراجع

- C.F Gerald, "Applied Numerical Analysis", Addison Wesley, ۲۰۰۲.
- E. Kreyszig, "Advanced Engineering Mathematics", ۹<sup>th</sup> Ed. Wiley, ۲۰۰۵.
- A. Ralston & P. Rabinowitz, "A First Course in Numerical Analysis", ۲<sup>nd</sup> Ed., McGraw-Hill, ۲۰۰۱.



درس پیش‌نیاز	اختباری	نوع درس	تعداد واحد	ترمودینامیک سامانه‌های زیستی ChEBM۴۱۰۶
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی دانشجویان با پدیده‌های ترمودینامیکی در سامانه‌های زیستی

## سرفصل درس

### تبدیل انرژی

- بقاء انرژی، حرارت و کار
- حالت سامانه و تعادل فازی
- کرین، انرژی و حیات
- قوانین اول، دوم و سوم ترمودینامیک
- انرژی داخلی و آنتالپی
- قانون اول و عملکرد آن در بیوشیمی
- آنتروپی و قانون دوم ترمودینامیک
- تخریب پروتئین
- قانون سوم و بیولوژی
- برگشت ناپذیری و حیات

### انرژی آزاد گیبس

- فرایندهای تعادلی و برگشت‌پذیر
- تبدیل فاز و پتانسیل شیمیایی
- حالت استاندارد در بیوشیمی
- کاربرد ترمودینامیک در سامانه‌های بیولوژیکی





- فوتوسنتز
- گلايکوليز
- چرخه اسيد سيتريك
- اکسيداتيو فسفريلاسيون و هيدروليز ATP
- چرخه سوپسترا
- اسمز، دياليز و تعادل دئان
- انتقال از غشاء
- برهمکنش آنزيم-سوپسترا
- فارماکولوژی مولکولی
- هموگلوبين
- ساختار، پايداری و شکل فضایی پروتئين
- ساختارهای اسيد نوکلئولیک
- ذوب DNA
- ترمودينامیک آماری
- نفوذ
- توزيع بولتزمن
- تابع إفراز
- آناليز داده‌های ترموديناميکی
- تعادل چند حالتی
- تابع ظرفیت حرارتی پروتئين
- تئوری انتقال Coil-Helix
- سینتیک واکنش‌ها
- سرعت واکنش و ثابت سرعت
- مکانيسم واکنش
- اثرات دما
- سینتیک آنزيم
- مکانيسم واکنش ليزوزيم
- پيچش پروتئين و شکل فضایی مناسب و نامناسب آن
- انقباض ماهیچه‌ای و موتورهای مولکولی



## مراجع

- D.T. Haynie, "Biological Thermodynamics", Cambridge University Press., ۲۰۰۳.
- G.G. Hammes, "Thermodynamics and Kinetics for the Biological Sciences", Wiley-Interscience, ۲۰۰۰.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	پدیده‌های انتقال در سامانه‌های زیستی  ChEBM4107
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با مفاهیم اولیه پدیده‌های انتقال و کاربرد آن‌ها در سامانه‌های زیستی

## سرفصل درس

- مقدمه
- بدست آوردن معادلات تغییر در سامانه‌های تک جزئی
- بدست آوردن معادلات تغییر در سامانه‌های چند جزئی
- بدست آوردن معادلات تغییر در فصل مشترک فازها
- آنالیز ابعادی
- جریان سیال در بافت و اندام
- انتقال جرم در سامانه‌های بیولوژیکی
- برهمکنش انتقال جرم و واکنش‌های بیوشیمیایی
- انتقال مولکول‌ها در سلول‌ها
- پدیده‌های انتقال در اندام‌ها و ارگانسیم‌ها

## مراجع

- G.A. Truskey et al., "Transport Phenomena in Biological Systems", Pearson Prentice Hall, ۲۰۰۳.
- B. Bird et al., "Transport Phenomena", ۲<sup>nd</sup> Ed., John Wiley, ۲۰۰۲.
- E.N. Lightfoot, R.L. Fournier, "Transport Phenomena and Living Systems", Wiley-Interscience, ۱۹۷۴.



- R.L. Fournier, "Basic Transport Phenomena in Biomedical Engineering", Taylor & Francis, ۱۹۹۹.

درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	سامانه‌های ره‌ایش کنترل شده دارو  ChEBM۴۱۰۸
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

آشنایی با مفاهیم اولیه ره‌ایش هوشمند دارو در بدن و سامانه‌های نوین دارورسانی

#### سرفصل درس

- مقدمه
- فارماکولوژی پایه‌ای: فارماکودینامیک و فارماکوسینتیک
- سامانه‌های دارویی متداول
- سامانه‌های کنترلی انتقال دارو
- پلیمرها در سامانه‌های کنترلی انتقال دارو
- مکانیسم‌های ره‌ایش و توزیع دارو
- نانوفناوری و ره‌ایش کنترلی دارو
- بیماری‌های ژنتیک و سامانه‌های توزیع ژن



#### مراجع

- A.M. Hillery, A.W. Lloyd, J.J. Swarbrick, "Drug Delivery and Targeting", Taylor & Francis, ۲۰۰۱.
- Cherng-ju Kim, "Controlled Release Dosage Form Design", Technomic Publishing Company, ۲۰۰۰.
- L.T. Fan, S.K. Singh, "Controlled Release, A Quantitative Treatment", Springer-Verlag, ۱۹۸۹.

درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	مهندسی بافت ChEBM۴۱۰۹
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با اصول و تکنولوژی تهیه و ساخت سلول‌های بنیادی و روش‌های تمایز و رشد آن‌ها

## سرفصل درس

- مقدمه
- تاریخچه و اهداف
- اعضاء مهم بدن از دیدگاه مهندسی بافت
- اساس رشد و تفکیک
- سلول‌های بنیادی
- تکنولوژی سلول / فناوری ساخت
- سازماندهی سلول‌ها در ساختارهای منظم شده
- تعیین و تمایز سلول
- بیومواد در مهندسی بافت
- الگوی سلولی و محیط اطراف آن‌ها
- برهمکنش سلول با پلیمرها / پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر
- داربست در مهندسی بافت
- داربست‌های فعال بیولوژیکی



- ساخت داربست‌های متخلخل
- آزمایش‌های حیوانی و انسانی در مهندسی بافت
- سامانه جراحی پلاستیک
- سامانه عضلانی-استخوانی
- سامانه قلبی-عروقی و قفسه سینه
- سامانه عصبی / سامانه گوارشی

### مراجع

- Y. Ikada, "Tissue Engineering: Fundamentals and Applications", Academic Press, ۲۰۰۶.
- R. Lanza, R. Langer, J. Vacanti, "Principles of Tissue Engineering", ۲<sup>nd</sup> Edn., Academic Press, ۲۰۰۰.
- D.M. Liu, V. Dixit "Porous Materials for Tissue Engineering", Trans Dec., ۱۹۹۷.





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	زیست‌موادها ChEBM۴۱۱۰
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با اصول و تکنولوژی تهیه و ساخت سلول‌های بنیادی و روش‌های تمایز و رشد آن‌ها

## سرفصل درس

- مقدمه
- زیست‌مواد
- زیست‌سازگاری
- خون‌سازگاری
- آنالیز زیستی
- ملاحظات بیولوژیکی در استفاده از زیست‌مواد
- بررسی خواص زیست‌مواد
- خواص توده
- خواص سطح
- روش‌های اصلاح خواص
- تقسیم بندی مواد مورد استفاده در پزشکی
- فلزات (کاربردهای ارتوپدی)
- سرامیک، شیشه و کامپوزیت (کاربردهای ارتوپدی و دندانپزشکی)
- پلیمرها و کوپلیمرها (کاربردهای ارتوپدی، رهایش دارو، مهندسی بافت)
- هیدروژل‌ها (کاربردهای رهایش دارو، مهندسی بافت، نقش‌نگاری مولکولی)



• مواد زیست تخریب پذیر

## مراجع

- S.A. Guelcher, J.O. Hollinger, "An Introduction to Biomaterials", CRC/Taylor & Francis, ۲۰۰۶.
- P. Vadgama, "Surfaces and Interfaces for Biomaterials", CRC Press., ۲۰۰۵.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	بیوراکتور ChEBM4111
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با انواع راکتورهای شیمیایی و اصول حاکم بر طراحی آن‌ها در راستای کشت بافت

## سرفصل

- مقدمه
- مهندسی بافت کاربردی
- بهینه‌سازی میکروراکتورها جهت مهندسی بافت کاربردی
- تکنولوژی بیوراکتورها
- تنظیم بیوراکتور به منظور تشکیل بافت
- تقسیم‌بندی بیوراکتورهای مهندسی بافت
  - بیوراکتورهای بستراکنده
  - بیوراکتورهای جریان شعاعی (کشت بافت)
  - بیوراکتورهای فیبر توخالی (رشد غضروف)
  - بیوراکتورهای مکانیکی (مهندسی بافت استخوان)
  - بیوراکتورهای تنش دینامیکی (مهندسی بافت کلاژن)
  - بیوراکتورهای مورد استفاده در مهندسی رباط
  - بیوراکتورهای مورد استفاده در تهیه دریچه قلب



## مراجع

- J. Chaudhuri, M. Al-Rubei, "Bioreactors for Tissue Engineering: Principles, Design and Operation", 1st Edn., Springer, ۲۰۰۵.
- R. Lanza, R. Langer, J. Vacanti, "Principles of Tissue Engineering", ۲nd Edn., Academic Press, ۲۰۰۰.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	طراحی آزمایش‌ها  ChEBM4112
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با انواع راکتورهای شیمیایی و اصول حاکم بر طراحی آن‌ها در راستای کشت بافت

## سرفصل درس

- اصول
- مقدمه، اهداف و نیازمندی‌ها
- روش‌های طراحی تحقیقاتی، مفاهیم پایه
- توزیع احتمال
- خطاهای آزمایشگاهی، صحت و دقت
- آنالیز آماری
- حدود اطمینان، آزمایش درجه اهمیت، آزمایش t & F
- آنالیز واریانس (ANOVA)
- بررسی‌های تصادفی یا دسته بندی شده
- طراحی آزمایشات
- تعیین تعداد تکرار مورد نیاز
- تعیین محدوده آزمایشات
- جدول Yates
- طراحی مربعی Latin و Latin - Graeco
- طراحی فاکتوریل آزمایشات



- طراحی فاکتوریل جزئی آزمایشات
- سمینار درسی
- طراحی فاکتوریل سه سطحی
- طراحی دسته بندی ناقص (Youden & Lattice Design)
- طراحی شبکه ای
- روش ناگوجی

### مراجع

- D.C. Momtgomery ; "Design and Analysis of Experiments"; ۴<sup>th</sup> ; ۱۹۹۷





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	آزمایشگاه کشت بافت  ChEBM4113
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد ■ ندارد □ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه ■				

## هدف

آشنا شدن دانشجویان با روش‌های کشت سلول جانوری و نگهداری سلول‌های کشت داده شده

## سرفصل درس

### تظری:

- مقدمه و تاریخچه کشت سلول‌های جانوری.
- آزمایشگاه کشت سلولی: طراحی، وسایل و تجهیزات، شستشو و اتوکلاو کردن.
- انواع محیط‌های کشت.
- اصول کشت سلول‌های جانوری: کشت اولیه، جداسازی، پاساز سلولی، انجماد و ذوب.

### عملی:

- شستشو و استریل کردن وسایل، آنکوباتور، لامینارفلو و اتاق کشت.
- کشت اولیه فیبروبلاست‌های جنین جوجه.
- شمارش و ارزیابی زنده بودن سلول‌ها.
- نگهداری، احیا و استفاده مجدد از سلول‌های فریز شده.

## مراجع:

- J.M. Dais, "Basic Cell Culture", Oxford University Press, 2<sup>nd</sup> Ed.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	آزمایشگاه عمومی پلیمر  ChEBM4114
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد ■ ندارد □ سفر علمی □ کارگاه □ آزمایشگاه ■				

## هدف

آشنا شدن دانشجویان با روش‌های تعیین خواص پلیمرها و شکل‌دهی و قالب‌گیری آن‌ها

## سرفصل درس

- شکل‌دهی با اکستروژن و پارامترهای موثر بر آن
- قالبگیری تزریقی و پارامترهای موثر بر آن
- تولید فیلم دمشی و بررسی پارامترهای موثر بر آن
- قالبگیری فشاری رابرها و ترموپلاستیک‌ها
- اختلاط رابرها با مواد افزودنی به کمک غلتک
- تعیین ویسکوزیته مذاب پلیمرها با ویسکومتر لوله موئین
- پلاستی سول‌های PVC (قالبگیری و پوشش‌دهی)
- تولید فوم‌های یورتان
- آزمایش کشش برای رابرها و ترموپلاستیک‌ها
- آزمایش سختی برای رابرها و ترموپلاستیک‌ها
- آزمایش ضربه برای ترموپلاستیک‌ها

## مراجع

- رضائی سعادت آبادی، احمد؛ "آزمایشگاه پلیمر"، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه صنعتی شریف.



## ۲-۴- سرفصل دروس رشته مهندسی انرژی

درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	سینتیک و طراحی راکتورهای شیمیایی  ChEE4101
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

### هدف

آشنایی دانشجویان با سینتیک و طراحی راکتورهای شیمیایی و کاربرد آنها در صنعت می‌باشد.

### سرفصل درس

- مقدمه، یادآوری، ترمودینامیک، شیمی فیزیک، موازنه.....
- معرفی روش‌های عددی، نرم افزارهای مرتبط و کاربرد آنها
- سینتیک واکنش‌های همگن و ناهمگن
- راکتورهای همدم، ایده ال
- کاتالیست‌ها و راکتورهای کاتالیستی
- راکتورهای غیر هم دم



### مراجع

- Fogler, Elements of Chemical reaction Engineering, Prentice Hall, ۱۹۹۹.
- Levenspiel, Chemical reaction Engineering, John Wiley, ۱۹۹۹.
- Hill, An introduction of chemical Engineering kinetics and Reactor Design, John Wiley, ۱۹۷۱.
- Smith, Chemical Engineering Kinetics, Mc Graw, ۱۹۹۱.
- Froment, Elements of Chemical Reaction Engineering, ۱۹۹۷.
- Rase, Chemical Reactor Design for Process Plants, Vol. ۱, ۲, John Wiley.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	انتقال جرم  ChEE4102
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

### هدف

آشنایی دانشجویان با ساز و کارهای انتقال جرم می‌باشد.

### سرفصل

- عملیات انتقال جرم
- نفوذ مولکولی سیالات
- ضرایب انتقال جرم
- نفوذ در جامدات
- انتقال جرم بین فازها
- دستگاه‌های مربوط به عملیات تماس گاز- مایع
- عملیات مرطوب سازی
- جذب گاز

### مراجع

- کتاب رابرت تریبال ترجمه دکتر سیف کردی و دکتر جاودانی
- کتاب رابرت تریبال ترجمه دکتر کاغذچی و دکتر سهراپی
- اصول عملیات انتقال جرم دکتر چالکش امیری



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	اخلاق حرفه ای در مهندسی شیمی  CHEE4103
			۲	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۲۴	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی دانشجویان با اخلاق حرفه ای در مهندسی شیمی می‌باشد.

## سرفصل درس

- لزوم اخلاق مهندسی، مقدمه ای بر اخلاق مهندسی، اصول مهندسی شیمی
- مسئولیت پذیری در مهندسی
- قالب بندی و مشخص کردن مسائل مهندسی (Framing the Problem)
- روش‌های حل مسائل و مشکلات در مهندسی شیمی
- ابعاد اجتماعی و ارزش‌های فناوری
- اعتماد و مدیریت در مسائل مهندسی شیمی و صنعت

## مراجع

- Engineering Ethics: Concepts and Cases, Jr. Charles E. Harris, Michael S. Pritchard, and Michael J. Rabins, ۲۰۰۴.
- Engineering Ethics: An Industrial perspective, by Gail Baura, ۲۰۰۶.





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	طراحی مفهومی فرآیندهای شیمیایی  ChEE4104
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با مبانی طراحی مفهومی فرآیندهای شیمیایی با نگرش استفاده بهینه از مواد و انرژی

## سرفصل درس

- مقدمه شامل: هدف، ضرورت، پیچیدگی مسئله، تاریخچه و چگونگی پیشرفت این علم
- تعاریف اولیه و اصطلاحات متداول
- هرم طراحی مفهومی و چگونگی غلبه بر بارادوکس آغاز طراحی با استفاده از روش طراحی مفهومی
- مزایا و معایب روش طراحی مفهومی
- مبانی اقتصادی مورد نیاز برای انجام طراحی مفهومی
- روش تعیین گزینه‌های محتمل در طراحی و ارزیابی سریع آن‌ها (مطالعه موردی)
- اطلاعات مورد نیاز برای آغاز طراحی مفهومی
- تصمیم‌گیری در مورد پیوسته (continuous) یا ناپیوسته (batch) بودن فرآیند
- طراحی مرحله ورود - خروج (Input-Output) فرآیند
- طراحی مرحله جریان برگشتی (Recycle Structure) - بخش واکنش
- طراحی ساختار کلی بخش جداسازی
- طراحی بخش جداسازی گازها
- طراحی بخش جداسازی مایعات
- مقدمه ای بر طراحی شبکه تبادل حرارتی



مرجع

- J. M. Douglas, Conceptual Design of Chemical Processes, Mc. Graw Hill, NY, ۱۹۹۸
- L.T. Biegler, I.E. Grossmann, A.W. Westerberg, Systematic Methods of Chemical Process Design, Prentice Hall International Series, ۱۹۹۷
- R. Smith, Chemical Process Design and Integration, Mc Graw Hill, NY, ۲۰۰۵.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	محاسبات عددی پیشرفته ChEE4105
			۳	
	تظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آموزش روش‌های محاسباتی پیشرفته برای حل مسائل مهندسی شیمی و تحقیق

## سرفصل درس

- مقدمه: معادلات دیفرانسیل در مهندسی شیمی، تقسیم بندی معادلات، کمبود روش‌های تحلیلی حل معادلات دیفرانسیل پاره ای غیر خطی.
- حل معادلات دیفرانسیل خطی: روش گوس (Gauss)، گوس جردن (Gauss-Jordan)، سامانه‌های سه قطری (Tri-diagonal)، روش معکوس ماتریس‌ها و غیره.
- روش‌های درون یابی و انتگرال: روش‌های درون یابی چند جمله ای (Polynomial)، روش مکعب Spline روش درون یابی دو بعدی و سه بعدی، روش‌های انتگرال (Bracketing & Bisection)، نیوتون رفسون (Newton-Raphson) و غیره.
- روش تفاوت محدود (Finite Difference): معادلات معمولی ارزش مرزی، معادلات دیفرانسیلی حاکم بر پدیده‌های انتقال، روش‌های بسط معادلات (Discretization)، روش‌های Shooting، روش‌های Relaxation، حل معادلات هدایت گرمایی، مش بندی (Grid Spacing)، شرایط فلوی مرزی مشترک، روش‌های صریح و ضمنی، جریان‌های دو بعدی و سه بعدی در انتقال حرارت، حل معادلات دیفرانسیل با عبارت‌های جابجایی، روش‌های Power, Hybrid, Upwind, Exponential، حل معادلات مکانیک سیالات بروش تفاوت محدود، عبارت افت فشار در معادله حرکت و غیره.
- روش المان‌های محدود (Finite Element)، متد گالرکین (Galerkin)، متد باقیمانده‌های وزنی (Weighted residuals)، متد Collocation، متد Moment، روش‌های بسط معادلات (Discretization) متد صریح و ضمنی، روش‌های انتگرال زمانی، روش حل معادلات ناوبر استوکس و غیره.



## مراجع

- Principles of Computational Fluid Dynamics (Springer Series in Computational Mathematics) by Dr. Ir. Pieter Wesseling, ۲۰۰۹
- Numerical Methods for Chemical Engineers with MATLAB Applications by Alkis Constantinides and Navid Mostoufi (Paperback- Apr. ۲۶, ۱۹۹۹)
- Numerical Solution of Partial Differential Equations in Science and Engineering, L. Lapidus and C. F. Pinder/ Wiley and Sons, New York, ۱۹۸۲



درس پیش‌تیار	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	مدل‌سازی و شبیه‌سازی فرایندهای شیمیایی  ChEE۴۱۰۶
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از ارائه این درس آشنایی دانشجویان با روش‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی تجهیزات فرایندی در یک فرایند شیمیایی می‌باشد.

## سرفصل درس

مقدمه

- تعاریف و کاربردهای مدل‌سازی و شبیه‌سازی
- روش‌های عددی عددی حل معادلات جبری
- مدل‌سازی و شبیه‌سازی راکتورهای شیمیایی
- راکتورهای ناپیوسته، راکتورهای پیوسته، راکتورهای با بستر ثابت کاتالیستی، بیو راکتورها
- مدل‌سازی و شبیه‌سازی برج‌های جداسازی
- مدل ریاضی موازنه انرژی و مواد در برج‌ها
- برج جداسازی بوتان در پالایشگاه
- برج‌های جداسازی در واحد اولفین
- مدل‌سازی و شبیه‌سازی کوره‌ها و دیگ‌های بخار
- کوره‌های شکست حرارتی، کوره‌های پالایشگاهی، دیگ‌های بخار
- مدل‌سازی مبدل‌های حرارتی
- مبدل‌های پیوسته و لوله
- مبدل‌های دولوله
- مبدل‌های پر شده یا بستر ثابت و متحرک



- Chemical Process Modelling and Computer Simulation, Amiya Jana, PHI, ۲۰۰۸
- Theoretical Chemical Engineering: Modelling and Simulation, Christo Boyadjieva, ۲۰۱۰.
- Chemical Engineering: Modelling and Simulation and Similitude, T. G. Dobre, J.G. S. Marcano, Wiley-VCH, ۲۰۰۷
- Process Plant Simulation, B.V. Babu, Oxf. Univ. Press, ۲۰۰۴





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	انتگراسیون گرما و توان  ChEE4107
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با مبانی و نحوه کاربرد فناوری Pinch

## سرفصل درس

انتگراسیون گرما

- تبیین به هم تنیدگی فرایندها
- تعیین اهداف انرژی در شبکه‌های تبادل‌های حرارتی (Energy Targeting of Heat Exchanger Networks)
- مبانی بازیافت حرارت
- بازیافت حرارت در فرایندهای چند جریانی
- رسم دیاگرام آبشاری و تعیین اهداف انرژی
- تعیین نقطه Pinch بازیافت حرارت
- تعیین حداقل واحدهای تبادل حرارت در شبکه
- قاعده اولر
- طراحی برای رسیدن به اهداف انرژی (Maximum Energy Recovery Design)
- دیاگرام پنجره ای شبکه تبادل‌های حرارتی
- روش طراحی Pinch
- طراحی برای رسیدن به حداقل واحدهای تبادل حرارت
- حلقه و گذر
- شکستن حلقه و کاهش واحدهای تبادل حرارت
- تفکیک جریان



- تعیین حداقل سطح تبادل حرارت
- تعیین هزینه کل شبکه‌های تبادل حرارتی
- مقدمه ای بر هزینه کل
- هدف گذاری برای حداقل هزینه کل
- تعیین مقدار بهینه حداقل نیروی محرکه دمایی ( $\Delta T_{min}$ )
- تعیین حداقل پوسته‌های مورد نیاز در شبکه
- طراحی برای میدل‌هایی با جنس‌های متفاوت
- ترکیب بهینه سرویس‌های جانبی گوناگون
- چگونگی چیدمان مناسب کوره‌ها در شبکه تبادل‌های حرارتی

انتگراسیون توام توان و گرما (CHP)

- چگونگی چیدمان مناسب موتورهای حرارتی در شبکه تبادل‌های حرارتی
- چگونگی چیدمان مناسب پمپ‌های حرارتی در شبکه تبادل‌های حرارتی
- چگونگی چیدمان مناسب برج‌های تقطیر در شبکه تبادل‌های حرارتی

طراحی اصلاحی

- طراحی اصلاحی شبکه‌های تبادل حرارتی (Retrofit)
- هدف گذاری طراحی اصلاحی
- فلسفه و ابزار طراحی اصلاحی
- روش طراحی اصلاحی

## مراجع

- Smith, R., "Chemical Process Design and Integration", Mc Graw Hill, NY, ۲۰۰۵.
- El-Halwagi, M., "Process Integration", Elsevier, Academic Press, ۲۰۰۶.
- Kemp, I., "Pinch Analysis and Process Integration", Elsevier, Butterworth – Heinemann, ۲۰۰۷.



درس پیش نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	تحلیل اکسرژی ChEE4108
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با مبانی و نحوه میزان اکسرژی در یک فرایند شیمیایی

## سرفصل دروس

- مقدمه - قوانین ترمودینامیک و اعتبار آنها
- تعادل ترمودینامیکی کلاسیک
- سیکل های کار و گرما
- تحلیل انرژی در سامانه ها
- راندمان ترمودینامیکی سامانه ها
- مفهوم اکسرژی و انواع آن
- اکسرژی حرارت
- اکسرژی جریان های فرآیند
- تراز اکسرژی واکنش گرما
- محاسبه اکسرژی مواد و جریان ها
- محاسبه تلفات اکسرژی در جریان ها و تجهیزات
- بیلان اکسرژی در سامانه ها
- کمینه سازی تلفات اکسرژی در سامانه ها



- راندمان اکسرژی
- تغییر اکسرژی از انتالپی
- روش برخورد "Across the Unit"
- فرمول دما
- فرمول فشار
- فرمول اختلاط و تفکیک
- تعیین کارایی یا عملکرد سامانه‌ها از طریق تحلیل اکسرژی
- تلفات جبران پذیر و گریزناپذیر
- تلفات گریزناپذیر در واکنش گرما
- تلفات گریزناپذیر ناشی از عوامل یدیهی
- تلفات لازم برای محدود کردن هزینه سرمایه‌های

#### مرجع

- Ibrahim Dincer and Marc A. Rosen, "Exergy, Energy, Environment and sustainable Development", ۲۰۰۷
- Giuseppe Azzarelli, "Advanced Exergy Analysis", ۲۰۰۹
- Elias P. Gyftopoulos, "Thermodynamics: Generalized available energy and availability or exergy", ۲۰۱۱



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	بهینه سازی فرآیندهای شیمیایی  ChEE4109
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

تسلط به روش‌های بهینه سازی و آشنایی با کاربرد آن‌ها در مسایل مرتبط

#### سرفصل درس

- تنظیم و فرموله کردن مدل بهینه سازی
- برنامه ریزی خطی؛
- مدل برنامه ریزی خطی، روش سیمپلکس، هندسه روش سیمپلکس، برنامه ثانویه، برنامه ریزی خطی پارامتریک، تحلیل حساسیت‌ها، برنامه اولیه و ثانویه، برنامه ریزی خطی سامانه‌های بزرگ و چند دوره زمانی، روش تجزیه مدل‌های بزرگ
- برنامه ریزی غیر خطی
- مبانی برنامه ریزی غیر خطی، شرایط Kuhn-Tucker، روش‌های حل مدل‌های غیر خطی
- برنامه ریزی اعداد صحیح و ترکیبی
- مسایل برنامه ریزی اعداد صحیح و ترکیبی (Mixed Integer)، روش‌های حل مسایل برنامه ریزی اعداد صحیح
- کاربرد نرم افزار GAMS در برنامه ریزی



- Optimization of Chemical Processes, by: T. F. Edgar, D. M. Himmelblau, ۲۰۰۱
- Xin-She Yang, Introduction to Mathematical Optimization: From Linear Programming to Metaheuristics, ۲۰۰۸
- Intrilligator, M. D., "Mathematical Optimization and Economic Theory", Prentice Hall Inc., ۲۰۰۶
- Murtagh, Bruce A., Advanced Linear Programming: Theory and Practice, ۱۹۸۵
- Reklaitis, G.V., Ravindran, A., Ragsdell, K.M., "Engineering Optimization, Methods and Applications", ۱۹۸۳.





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته  ChEE4110
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با سینتیک و طراحی راکتورهای شیمیایی صنعتی و کاربردهای انواع آن در صنعت می‌باشد.

## سرفصل درس

### راکتورهای بستر ثابت

- معیارهای تشخیص تناسب و عدم تناسب برای انجام یک فرایند شیمیایی. چیدمان راکتورهای بستر ثابت، بررسی مدل‌های گوناگون برای توصیف رفتار راکتورهای بستر ثابت، طراحی یک راکتور بستر ثابت با انتخاب مدل مناسب و اعمال محدودیت‌های ذاتی و عملیاتی

### راکتورهای بستر سیال

- انواع رژیم جریان، تشریح تئوری دو فازی، تعیین طول بستر سیال، دبی و توزیع اندازه ذرات خروجی از راکتور، پیش بینی ضریب انتقال جرم و حرارت بین فاز جامد و گاز، طراحی و نصب مبدل در بسترهای سیال شده

### راکتورهای حبابی

- رژیم جریان و اصول هیدرودینامیکی، توزیع اندازه حباب‌ها و نقش آن‌ها در مدیریت انتقال جرم و حرارت، بررسی اهمیت نسبی هیدرودینامیک، انتقال جرم، حرارت و سینتیک واکنش‌ها در طراحی راکتور

### راکتورهای دوغایی

- راکتورهای دو فازی و سه فازی، رژیم جریان و اصول هیدرودینامیکی، ارزیابی فرایندهای انتقال جرم و حرارت، انتخاب روش‌های مناسب برای ایجاد هم خوردگی موثر، انتخاب مدل مناسب برای طراحی راکتور

راکتورهای مونولیتی (لانه زنبوری)



- رژیم جریان، نحوه تاثیر پذیری قابل پدیده‌های انتقال و سینتیک، افزایش مقیاس راکتورهای غشایی
- انواع غشاء و نحوه عملکرد آن‌ها، مدل‌های موجود برای بررسی عملکرد دیواره غشاء، بررسی عوامل
- تاثیرگذار بر راندمان راکتورهای غشایی
- راکتورهای زیستی
- واکنش‌های زیستی، انواع راکتورهای زیستی و جایگاه کاربرد آن‌ها، مدل‌سازی راکتورهای زیستی

## مراجع

- U. Mann, "Principles of chemical reactor analysis and design: new tools for industrial chemical reactor operations", John Wiley and Sons, 2nd edition, 2008.
- H. A. Jakobsen, "Chemical Modeling: Multiphase Reactive Flows", Springer, 2008.
- I. J. Dunn, E. Heinzle, J. Ingham, J. E. Pfenosil, Biological Reaction Engineering, Dynamic Modelling Fundamentals with Simulation Examples", WILEY, VCH Verlag, 2003.
- B. Nauman, "Handbook of Chemical Reactor Design, Optimization", and Scale - up, 2nd edition, McGraw Hill, 2001
- D. Kunii and O. Levenspiel, "Fluidization Engineering", 2nd edition, Butterworth - Heinemann, 1991.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	شبکه‌های تبادل جرم  ChEE4111
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی روش‌های بهینه‌سازی مصرف مواد و کاهش ضایعات مواد در فرایند.

## سرفصل درس

مقدمه: تعریف و کلیاتی در مورد شبکه‌های تبادل جرم

- استخراج اطلاعات مسئله
- مقیاس‌های نمایش غلظت و حداقل نیروی محرکه غلظت
- نمودارهای غلظت‌های حدی
- تعیین حداقل میزان MSA از خارج از فرآیند بدون انتگراسیون جرم
- تعیین حداقل میزان MSA از خارج از فرآیند همراه با انتگراسیون جرم
- منحنی‌های ترکیبی فرآیند-جریان و فرآیند-MSA
- روش گرافیکی تهیه منحنی‌های ترکیبی
- روش جدولی تهیه منحنی‌های ترکیبی (نمودار غلظت-بازه)، (concentration-Interval Diagram) CID
- بارگذاری سرویس خارجی (utility placement) - منحنی ترکیبی گراند
- ابزارهای طراحی: نمایش شبکه‌های تبادل جرم - شبکه پنجره ای (Grid Diagram)
- نمودار محتوای جرم (Mass-content Diagram)
- طراحی مقدماتی شبکه تبادل جرم
- زیر شبکه‌های پینچ
- حداقل واحدهای تبادل جرم مورد نیاز
- حداکثر سازی بار تبادل جرمی



- قاعده ظرفیت شدت جرم برای انتخاب تبادل مناسب
  - قاعده جهت حرکت در انتخاب تبادل های مناسب
  - انشعاب جریان ها (Stream Splitting)
- اصلاحات نهایی شبکه

## مراجع

- Synthesis of Mass Exchange Networks, Mahmoud M. El-Halwagi, Vasilios Manousiouthakis, Department of Chemical Engineering, University of California, Los Angeles, AIChE Journal, Vol. ۳۵, No. ۸, ۱۹۸۹.
- Mass Integration for Process Design course notes from Vasilios Manousiouthakis, Chemical Engineering Department, UCLA, USA, ۱۹۹۹.
- Synthesis of mass exchange network for batch processes—Part I: Utility targeting, C.Y. Foo, Z.A. Manan; R.M. Yunus, R.A. Aziz, Chemical Engineering Science, ۵۹, ۰۷۰۹ – ۱۰۲۶, ۲۰۰۴.
- On the state space approach to mass/heat exchanger network design, Miguel J. Bagajewicz, Robert Pham and Vasilios Manousiouthakis, Chemical Engineering Science, Vol. ۵۳, No. ۱۴, ۱۹۹۸.



درس پیش نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	فناوری هیدروژن و پیل سوختی ChEE4112
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزش تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/>				
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با انواع پیل های سوختی و طراحی و ساخت سامانه

## سرفصل درس

- آشنایی با پیل سوختی:
- تعریف پیل سوختی
- تاریخچه
- اصول عملی پیل سوختی
- اجزای تشکیل دهنده
- EMF و مشخصه عملکرد عمومی پیل
- انواع پیل های سوختی
- مزایا و معایب پیل سوختی
- پیل های سوختی اکسید جامد:
- اصول ترمودینامیکی
- راندمان پیل سوختی
- دسته بندی پیل های سوختی اکسید جامد (SOFCs)
- طراحی، دمای عملیاتی و پایه پیل های سوختی SOFC
- اجزای پیل های SOFC
- عملکرد پیل های SOFC





بررسی انواع پیل‌های سوختی:

- پیل‌های سوختی قلبیایی (AFC)
  - عملکرد پیل‌های AFC
  - پیل‌های سوختی با غشاهای تبادل پروتون (PEM)
  - عملکرد پیل‌های PEM
  - پیل‌های سوختی روش مستقیم (DMFC)
  - عملکرد پیل‌های DMFC
  - پیل‌های سوختی کربنات مذاب (MCFC)
  - عملکرد پیل‌های MCFC
  - پیل‌های سوختی اسید فسفریک (PAFC)
  - عملکرد پیل‌های PAFC
  - پیل‌های سوختی میکروبی (MFC)
  - عملکرد پیل‌های MFC
  - پیل‌های سوختی اتانول و متانول مستقیم (DEFC, DMFC)
  - عملکرد پیل‌های DEFC
  - عملکرد پیل‌های DMFC
  - پیل‌های سوختی هیدریدهای فلزی (MHFC)
  - عملکرد پیل‌های MHFC
- فناوری‌های هیدروژن:
- فناوری‌های تولید
  - تبدیل متان یا گاز طبیعی (Reforming)
  - گازسازی از زیست توده (Gasification of Biomass)
  - الکترولیز آب
  - فتوالکترولیز آب
  - استفاده از آنزیم‌ها
  - فناوری‌های ذخیره سازی





## مراجع

- Fuel cell technology handbook, edited by Gregor Hoogers, CRC Press  
۲۰۰۳
- Handbook of Batteries and Fuel cell, David Linden, McGraw-Hill Book Company, ۲۰۰۱
- High-temperature Solid Oxide Fuel Cells: Fundamentals, Design and Applications, S.C. Singhal, Elsevier Publications, ۲۰۰۳
- Hydrogen Fuel: Production, Transport, and Storage , Ram B. Gupta , ۲۰۰۸
- Hydrogen and Syngas Production and Purification Technologies, Ke Liu, Chunshan Song and Velu Subramani, ۲۰۱۰
- Hydrogen Storage Technologies, Agata Godula-Jopek, Walter Jehle and Joerg Wellnitz, ۲۰۱۲



درس پیش‌نیاز	اختباری	نوع درس	تعداد واحد	انرژی و محیط زیست  ChEE4113
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف:

آشنایی با انواع الاینده‌های محیط زیست؛ روش‌های کاهش، و روش‌های از بین بردن انواع آن

#### سرفصل درس:

##### مقدمه

- تأثیرات سامانه‌های تولید، فرآوری و مصرف سوخت‌های فسیلی در محیط زیست
- فیزیک انرژی و محیط زیست
- آلودگی محیط زیست
- ۱- آب- ۲- هوا- ۳- خاک
- خطرات آلودگی محیط زیست از استخراج سوخت‌های فسیلی
- آلودگی‌های استخراج گاز- ۲- آلودگی‌های استخراج نفت- ۳- آلودگی‌های استخراج داخل دریا
- خطرات آلودگی محیط زیست از حمل و فرآوری سوخت‌ها
- خطرات آلودگی ناشی از نوله‌های حمل و نقل سوخت‌های مایع و گاز
- خطرات آلودگی فرآوری گاز و ترکیبات گازی
- آلودگی‌های محیط زیست از احتراق سامانه‌های ساکن و متحرک
- ارتباط و تقابل راندمان انرژی و محیط زیست
- الاینده‌های حاصل از سامانه‌های متحرک
- الاینده‌های حاصل از سامانه‌های ساکن
- روش‌های کنترل آلودگی‌ها
- کنترل آلودگی اب- کنترل آلودگی هوا- کنترل آلودگی خاک



روش‌های جایگزین تولید انرژی - انرژی پاک

- انرژی باد- انرژی خورشیدی- انرژی زیست توده- انرژی موج- انرژی زمین گرمایی
- سایر آلودگی‌های زیست محیطی
- انرژی گلخانه ای  $CO_2$
- کاهش لایه ازن
- ساختار هسته ای و انرژی
- راکتور هسته ای و ضایعات

### مراجع

- Energy and the Environment, J. A. Fay, (MIT), D. S. Golomb, University of Massachusetts Lowell, Oxford university press, ۲۰۰۲
- Energy and its use and the Environment, Hinriches Kleinbach Amazon ۲۰۰۵
- Energy and Environment, L. Richard W. Jean-Philippe, Z. Georges ۲۰۰۵, Springer



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	پدیده‌های انتقال پیشرفته ChEE4114
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

#### هدف

آشنایی با مبانی پیشرفته نظری پدیده‌های انتقال در سامانه‌های انرژی، تعیین معادلات و شرایط مرزی جهت حل مسایل پیشرفته انتقال حرارت با استفاده از مبانی تئوری و حل معادلات دیفرانسیل بروش تحلیلی و بررسی رفتار سیالات نیوتونی و غیر نیوتونی یا استفاده از مبانی تئوری به منظور طراحی واحدهای عملیاتی

#### سرفصل درس

- انتقال مومنتم: تعاریف و ساز و کارهای انتقال مومنتم
- موازنه مومنتم و توزیع سرعت در حرکت آرام
- معادلات تغییرات در سامانه‌های ایزوترم
- معادلات تغییرات در سامانه‌های با بیش از یک متغیر مستقل
- موازنه مومنتم و توزیع سرعت در حرکت متلاطم
- موازنه ماکروسکوپیکی در سامانه‌های جریان ایزوترم
- سیالات پلیمری
- انتقال انرژی: ساز و کارهای انتقال انرژی
- معادلات انتقال حرارت و توزیع دما در سامانه‌های مختلف
- معادلات انرژی با بیش از یک متغیر غیر وابسته
- توزیع دما در سامانه‌های جریان متلاطم
- انتقال حرارت توسط تابش



انتقال جرم:

- تعاریف
- معادلات انتقال نفوذ و ساز و کارهای انتقال جرم
- معادلات توزیع غلظت در سامانه‌های با جریان آرام و متلاطم-

## مراجع

- Advanced Transport Phenomena; by: L. Wang, Springer Verlag, ۲۰۰۹
- Transport Phenomena, R.B. Bird, W.E. Stewart, E.N. Lightfoot, ۲۰۰۶
- Fluid Mechanics, fifth edition F. M. White, McGraw-Hill, ۲۰۰۶
- Modeling of Transport phenomena, by: Ismail Tosun, Elsevier, ۲۰۰۷
- Convective Heat Transfer, L. C. Bumeister, ۲۰۰۵
- Convection Heat Transfer, A. Bejan, ۲۰۰۴



درس پیش نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	طراحی آزمایش‌ها و تحلیل آماری نتایج  ChEE4115
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی با روش‌های طراحی داده‌های آزمایش و تحلیل داده‌ها

## سرفصل درس

بخش اول:

- اهداف درس و نیاز به آن
- روش‌های تحقیق
- تعریف‌های اصلی
- تابع‌های توزیع
- خطاهای آزمایش، دقت و صحت
- محدوده اطمینان
- آزمایش اهمیت، t-test, F-test
- تحلیل پراکندگی (ANOVA)
- دسته بندی و تصادفی سازی (Randomization and Blocking)
- تعیین میزان مورد نیاز آزمایش
- آزمایش محدوده یابی
- جدول Yates
- طراحی Latin Square و Graeco-Latin
- طراحی فاکتوریل کامل
- طراحی فاکتوریل جزئی





بخش دوم:

- طراحی به روش فاکتوریل در سه سطح
- طراحی به روش تاگوچی
- طراحی به روش مرکب مرکزی (CCD)

### مراجع

- Leslie Davies, Efficiency in Research, Development and Production: The Statistical Design and Analysis of Chemical Experiments, ۱۹۹۳.
- Montgometry, D.C., Design and Analysis of Experiments, Fourth ed., ۱۹۹۷.
- Mason, Robert L., Statistical Design and Analysis of Experiments With Applications to Engineering and Science, ۱۹۸۹.



درس پیش نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	فناوری تولید زیست سوخت‌ها ChEE4116
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف از ارائه این درس آشنایی دانشجویان با روش‌ها و فناوری‌های سوخت‌های زیستی می‌باشد.

## سرفصل درس

### مقدمه

- تعاریف و انواع زیست سوخت‌ها
- امکان‌سنجی استفاده از زیست سوخت‌ها با توجه به شرایط اقتصادی در ایران
- پتانسیل‌های تولید
- مزایا و معایب

### سیکل زیست سوخت‌ها در طبیعت

- موازنه انرژی و مواد و راندمان تهیه زیست سوخت‌ها
- تولید آلاینده‌ها از احتراق زیست سوخت‌ها
- دیگر اثرات محیط زیستی استفاده از زیست سوخت‌ها
- اقتصاد زیست سوخت‌ها و محصولات جانبی

### انواع زیست سوخت‌ها: تولید بیواتانول

- تولید بیواتانول از شکر، نشاسته، سلولزی
- خواص بیواتانول
- فناوری تولید بیواتانول و کاربرد آن بعنوان جایگزین سوخت‌های مایع
- استاندارد سازی بیواتانول
- موازنه انرژی و مواد



- تولید آلاینده‌ها از احتراق زیست سوخت‌ها
- دیگر اثرات زیست محیطی (آب- خاک- انسان)
- تولید زیست سوخت‌ها از منبع چربی‌ها
  - تهیه خوراک
  - دانه‌های روغنی
  - میکروجلیک
  - چربی‌های روغنی
  - روغن‌های مصرف شده
- تولید سوخت: استخراج روغن- تصفیه روغن- استری کردن روغن‌ها
- خواص و کاربرد سوخت‌های با منبع چربی
- خواص بیودیزل- خواص روغن‌های خالص
- فناوری تهیه زیست سوخت‌ها
- استاندارد سازی زیست سوخت‌ها
- موازنه انرژی زیست سوخت‌ها
- موازنه انرژی بیودیزل
- تولید آلاینده‌ها از زیست سوخت‌ها
- دیگر اثرات محیط زیستی زیست سوخت‌ها (آب- خاک- انسان)
- اقتصاد زیست سوخت‌ها

#### بیومتان

- تولید خوراک
- تولید بیومتان
- خالص سازی بیوگاز
- خواص بیومتان و کاربردها
- استاندارد سازی بیومتان
- تولید آلاینده‌ها از احتراق بیومتان
- دیگر اثرات زیست محیطی بیومتان
- اقتصاد بیومتان

#### بیو هیدروژن

- فرایندهای تولید بیوهیدروژن
- کاربرد بیوهیدروژن
- اقتصاد بیوهیدروژن



## مراجع

- Biofuel Technology Handbook, D. Rutz, R. Janseen, WIP Ren, Energy, ۲۰۰۷
- Biomass for Renewable Energy, and Chemicals, Elsevier, ۱۹۸۹
- Biofuels Engineering Process Tech., C. Drapcho, J. Nghim, T. Walker, Academic Press, ۲۰۰۸



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	ممیزی انرژی در صنایع شیمیایی ChEE4117
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی دانشجویان با روش‌های ممیزی انرژی در فرآیندهای شیمیایی

## سرفصل درس

- ممیزی انرژی در صنایع
- تعاریف و انواع ممیزی انرژی
- ممیزی انرژی سریع
- ممیزی انرژی متوسط
- ممیزی انرژی کامل
- نتایج ممیزی انرژی
- ممیزی انرژی در واحدهای حرارتی
- ممیزی سوخت و احتراق
- دیگ‌های جوش آور (بویلرها)
- سامانه تولید بخار
- کوره‌ها
- برج‌های تقطیر
- عایق بندی و تسوزها
- جوش آورهای با بستر احتراق سیال (FBC)
- تولید همزمان برق و بخار (Cogeneration)



- جوش آور با استفاده از انرژی تلف شده (Waste heat boiler)
- مبدل‌های حرارتی
- کمپرسورها
- پمپ‌ها و سامانه افزایش فشار
- برج‌های خنک کن
- سامانه‌های تهویه و گرمایش / سرمایش
- ابزارهای ممیزی انرژی و نرم افزارهای موجود
- ابزارهای مورد نیاز در ممیزی انرژی
- نرم افزارهای مورد استفاده در ممیزی انرژی

## مراجع

- Energy Management, P. O'Callaghan, McGraw Hill, ۲۰۰۵
- Process intensification for the chemical industry, A. Green, BHR pub., ۲۰۰۹
- Energy efficiency and human activity, L. Schipper, S. Meyers, Cambridge Univ. Press., ۲۰۰۸
- Energy conversion systems, R. D. Behamurde, New Age Int. Pub., ۲۰۰۹
- Energy management handbook, ۶<sup>th</sup> Edition, Wayne C. Turner, Steve Doty, ۲۰۰۹





درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	بازیافت انرژی در صنایع شیمیایی  ChEE۴۱۱۸
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

هدف آشنایی دانشجویان با فناوری‌های نوین بازیافت انرژی، مدل‌سازی، بهینه‌سازی، و طراحی آن‌ها در صنایع شیمیایی می‌باشد.

## سرفصل درس

### مقدمه

- انواع انرژی، اهمیت، پتانسیل‌های بازیافت انرژی
- ریکوپراتورها و ریزراتورهای حرارتی
- ریزراتورهای دوار و بستر ثابت
- طراحی ریزراتورها
- سامانه‌های ذخیره‌سازی انرژی گرمایی و سرمایشی
- مواد تغییر فاز
- لوله‌های گرمایی
- انواع لوله‌های گرمایی
- طراحی لوله‌های گرمایی
- فناوری‌های استفاده در صنایع
- دیگ‌های بازیاب حرارتی و زیاله سوزها
- دیگ‌های بازیاب با منبع گرمایی گازهای احتراق
- دیگ‌های بازیاب با منبع گرمایی فرایندی



- بازیافت انرژی در واحد سرویس‌های جانبی  
 بازیافت انرژی در پالایشگاه‌ها و صنایع پتروشیمی
- صنایع اولفین و فناوری‌های بازیافت انرژی
  - استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر
  - فناوری‌های تولید زیست سوخت‌ها

## مراجع

- Energy Management, By : P. O'Callaghan, McGraw Hill, ۱۹۹۲
- Energy management handbook, ۶<sup>th</sup> Edition, Wayne C. Turner, Steve Doty, ۲۰۰۹.
- Energy audit of Building systems, By : M. Krarti, CRC, ۲۰۰۰.
- Heat pipes, ۴<sup>th</sup> Edition, Reay & Dunn, ۱۹۹۴
- Thermal Energy Storage, Systems and applications, I Dincer, M.A. Rosen, John Wiley, ۲۰۰۱.
- Cryogenic Regenerative Heat Exchangers, Robert A. Ackermann, [www.books.google.com](http://www.books.google.com), pp.۲۴-۰۷.



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	سوخت و احتراق  ChEE4119
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی دانشجویان با مبانی سوخت و احتراق و سامانه‌های احتراقی در صنایع شیمیایی

## سرفصل درس

- سوخت‌های جامد، مایع و گاز
- بررسی انواع سوخت‌ها و منابع تولید
- ذغال سنگ، سوخت‌های مایع، سوخت‌های گازی، سوخت‌های دارای منبع کشاورزی
- تئوری فرآیند احتراق
- ترمودینامیک احتراق
- محاسبه سریع استوکیومتری احتراق
- بررسی واکنش شیمیایی احتراق
- پیشروی شعله
- روش‌های پایدارسازی شعله
- موازنه انرژی و مواد
- روابط استوکیومتری احتراق
- میزان تئوری هوای مورد نیاز برای احتراق
- محاسبه میزان گازهای حاصل از احتراق
- تأثیر نقطه شبنم
- آنالیز گازهای حاصل از احتراق
- علل‌های مشعل‌ها



- مفهوم جرقه زنی، جرقه زنی خود به خودی، دمای جرقه
- اجزاء اصلی مشعل‌های جامد، مایع و گاز سوز
- اصول طراحی انواع مشعل‌ها
- مشعل‌های ریکوپراتیو
- مشعل‌های ریژنراتیو

## مراجع

- Samir Sarkar, Fuels & Combustion, 2nd Edition, Orient Longman, 1990
- Bhatt, vora Stoichiometry, 2nd Edition, Tata Mcgraw Hill, 1984
- Blokh AG, Heat Transfer in Steam Boiler Furnace, Hemisphere Publishing Corpn, 1988
- Civil Davies, Calculations in Furnace Technology, Pergamon Press, Oxford, 1966
- Sharma SP, Mohan Chander, Fuels & Combustion, Tata Mcgraw Hill, 1984



درس پیش‌نیاز	اختیاری	نوع درس	تعداد واحد	مهندسی ایمنی و تحلیل ریسک CHEE4170
			۳	
	نظری	نوع واحد	تعداد ساعت	
			۴۸	
آموزشی تکمیلی عملی: دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input checked="" type="checkbox"/> سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/>				

## هدف

آشنایی دانشجویان با روش‌های پیش‌بینی تحلیل و کنترل خطرات در فرایندهای شیمیایی مرتبط با انرژی می‌باشد. در عین حالیکه تحلیل خطر یک موضوع جامع و در برگیرنده اکثر فرایندهای شیمیایی صنعتی و غیر صنعتی است در این درس توجه خاص به فرایندهای شیمیایی مهندسی شیمی که در آن انرژی حرارتی و شیمیایی تولید یا مصرف و یا تبادل می‌گردد. دانشجویان با گذراندن این درس دیدگاه لازم طراحی و ارزیابی فرایندهای شیمیایی از نقطه نظر ایمنی و به حداقل رساندن خطرات ناشی از آزاد سازی تصادفی انرژی پیدا می‌کنند.

## سرفصل درس

ریسک و مخاطره (HAZID)

- معرفی
- شناسایی خطرات
- ریسک، مدیریت ریسک، آنالیز ریسک، مراحل تصمیم‌گیری در مدیریت ریسک
- روش‌های ارزیابی ریسک
- روش HAZOP
- حفاظت‌ها (ETBA)
- مخاطره
- انتخاب روش ارزیابی مخاطرات
- تکنیک شناسایی خطر (HAZOP)
- معرفی
- مزایای استفاده از HAZID



- انواع تکنیک شناسایی خطر
- تعاریف اصطلاحات HSE
- ارتباطات برگه گزارش کار با مورد HSE
- شناسایی حوادث بالقوه
- معرفی
- تاریخچه HAZOP
- گسترش تکنیک مطالعه عملیات و خطر
- HAZOP توسعه یافته
- فلسفه گروهی بودن HAZOP
- روش HAZOP
- نقاط قوت HAZOP
- نقاط ضعف HAZOP
- کاربردهای HAZOP
- روش آنالیز (HAZOP)
- مروری اجمالی بر تکنیک HAZOP
- جزئیات HAZOP
- گروه HAZOP
- ارزیابی پیامد

## مراجع

- Loss Prevention in Process Industries –Hazard Identification Assessment & Control, Frank P. Lee, Reed Educational and Professional Publishing LTD, ۱۹۹۶, ISBN - ۷۵۰۶ ۱۵۴۷۸
- Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design, Gavin Towler and R K Sinnott Elsevier ۲۰۰۸.
- Health Hazard Control in the Chemical Process Industries by Sydney Lypton, John Wiley & Sons, ۱۹۸۷, ISBN --۴۷۱-۸۴۴۷۸-۰-
- ۴-Hazop & Hazan: Identifying and Assessing Process Industry Hazards, Fourth Edition, by Trevor A. Kletz, Taylor & Francis, ۱۹۹۹, ISBN ۱-۵۶۰۳۲-۸۵۸-۴





بِسْمِ اللَّهِ الرَّمَّانِ الرَّحِيمِ

مصوبه جلسه شماره ۴۲ مورخ ۹۴/۵/۱۱ کمیسیون برنامه ریزی آموزش عالی :

- ۱- با استناد به آیین نامه واگذاری اختیارات برنامه ریزی درسی مصوب ۱۳۷۹ برنامه درسی دوره تحصیلات تکمیلی (ارشد و دکتری) مهندسی شیمی در جلسه مورخ ۹۴/۵/۱۱ کمیسیون برنامه ریزی آموزش عالی بازنگری و تصویب شد.
- ۲- برنامه درسی بازنگری شده مذکور از تاریخ تصویب جایگزین برنامه درسی تمامی رشته های کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی ( مهندسی شیمی - زیست پزشکی مصوب جلسه شماره ۷۱۹ مورخ ۸۸/۲/۲۶ ، دوره مهندسی شیمی - صنایع غذایی جلسه شماره ۳۵۸ مورخ ۰۷۷/۳/۱۰ ، دوره مهندسی شیمی مصوب جلسه ۲۵۷ مورخ ۷۲/۲/۱۹ ) و دکتری مهندسی شیمی (جلسه ۳۴۳ مورخ ۷۶/۴/۸) شورای عالی برنامه ریزی شد.
- ۳- برنامه درسی مذکور از تاریخ تصویب برای تمامی دانشگاه ها و مؤسسه های آموزش عالی و پژوهشی کشور که طبق مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری فعالیت می کنند برای اجرا ابلاغ می شود.
- ۴- برنامه درسی مذکور برای دانشجویانی که بعد از تاریخ تصویب برنامه، در دانشگاهها پذیرفته می شوند لازم الاجرا است.
- ۵- این برنامه درسی از تاریخ تصویب به مدت ۵ سال در قابل اجراست و پس از آن قابل بازنگری است.

عبدالرحیم نوده ابراهیم

دبیر شورای برنامه ریزی آموزش عالی

رئیس

