مطالعات پشتیبان

دانشکده: مهندسی

رشته: مهندسی شیمی

گرایش: جداسازی

مقطع: کارشناسی ارشد

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه
دانشگاه فردوسی مشهد

مطالعات پشتیبان

رشته: مهندسی شیمی

گرایش: جداسازی

مجری طرح:

دکتر مجید پاکیزه

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل اول: کلیـات

۱-۱- تاریخچه ۳

۱-۱-۱- تاریخچه رشته در دنیا ۳

۱-۱-۲- تاریخچه رشته در ایران ۵

۱-۱-۳- تاریخچه رشته در دانشگاه ۵

۱-۲- روش پژوهش ۶

۱-۳- جامعه ۶

۱-۴-نمونه ۶

۱-۵- ابزار ۷

۱-۶- شیوه تحلیل ۷

فصل دوم: تحلیل اسناد فرادست

۲-۱- اسناد فرادست کلان ۹

۲-۱-۱- سند چشم‌انداز ۲۰ ساله ۹

۲-۱-۲ نقشه جامع علمی کشور ۹

۲-۱-۳- سند تحول راهبردی علم و فناوری کشور ۱۰

۲-۱-۴- سند راهبردی دانشگاه ۱۱

۲-۱-۵- سایر اسناد فرادستی به فراخور رشته تحصیلی ۱۱

۲-۲- دلالت‌های اسناد مورد بررسی جهت بازنگری برنامه درسی ۱۲

فصل سوم: بررسی تجربیات دانشگاه‌های برتر دنیا

۳-۱- رشته علوم گیاهی در دانشگاه‌های برتر دنیا ۱۵

دانشگاه مؤسسه فناوری ماساچوست (**MIT**) ۱۵

دانشگاه دانشگاه صنعتی دلفت ۱۸

کالج دانشگاهی لندن ۲۴

دانشگاه آدلاید ۳۱

۳-۲- ماتریس نقاط اشتراک و افتراق ۳۹

۳-۳- دلالت‌های بررسی دانشگاه‌های دنیا ۴۱

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

فصل چهارم: بررسی تجربیات دانشگاه‌های برتر ایران

۴-۱- برنامه درسی رشته مهندسی شیمی در دانشگاه‌های برتر ایران ۴۴

دانشگاه تهران ۴۴

دانشگاه صنعتی شریف ۴۷

دانشگاه صنعتی اصفهان ۵۲

دفتر برنامه‌ریزی آموزش عالی ۵۶

۴-۲- ماتریس نقاط اشتراک و افتراق. ۶۲

۴-۳- ۴-۳- دلالت‌های بررسی دانشگاه‌های ایران..... ۶۴

فصل پنجم: پایش دانش‌آموختگان

۵-۱- ارزیابی دیدگاه‌ها و نقطه نظرات ۶۷

۵-۲- نتایج نظرسنجی اساتید ۶۷

۵-۳- دلالت‌های نظرسنجی اساتید..... ۷۲

۵-۴- نتایج نظرسنجی دانشجویان و دانش‌آموختگان ۷۲

۵-۵- دلالت‌های نظرسنجی دانشجویان و دانش‌آموختگان ۷۹

فصل ششم: پایش کارفرمایان

۶-۱- نتایج نظرسنجی کارفرمایان..... ۸۱

۶-۲- دلالت‌های نظرسنجی کارفرمایان..... ۸۳

فصل هفتم: باهم‌نگری و نتیجه‌گیری

۷-۱- مقدمه..... ۸۵

۷-۲- نتایج نظرسنجی‌های انجام‌شده ۸۶

۷-۳- دلالت‌های تغییرات صورت گرفته ۸۷

۷-۴- پیشنهاد عمده‌ترین تغییرات در برنامه درسی بر مبنای مطالعات انجام‌شده..... ۸۷

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

فهرست جداول

جدول ۱-۳- دروس دانشگاه MIT ۱۵

جدول ۲-۳- ساختار برنامه درسی دانشگاه MIT..... ۱۶

جدول ۳-۳ دروس دانشگاه صنعتی دلفت..... ۱۸

جدول ۴-۳- ساختار برنامه درسی دانشگاه دلفت..... ۱۹

جدول ۵-۳- دروس کالج دانشگاهی لندن..... ۲۴

جدول ۶-۳- ساختار برنامه درسی کالج دانشگاهی لندن..... ۲۵

جدول ۷-۳- دروس دانشگاه آدلاید..... ۳۲

جدول ۸-۳- ساختار برنامه درسی دانشگاه آدلاید..... ۳۲

جدول ۹-۳-دروس غیرمشترک در دانشگاه‌های خارج..... ۳۹

جدول ۱-۴- دروس دانشگاه تهران..... ۴۴

جدول ۲-۴- ساختار برنامه درسی دانشگاه تهران..... ۴۵

جدول۳-۴- دروس دانشگاه صنعتی شریف..... ۴۸

جدول ۴-۴- ساختار برنامه درسی دانشگاه صنعتی شریف ۴۹

جدول ۵-۴- دروس دانشگاه صنعتی اصفهان..... ۵۴

جدول ۶-۴- ساختار برنامه درسی دانشگاه صنعتی اصفهان..... ۵۵

جدول ۷-۴- دروس دفتر برنامه‌ریزی آموزش عالی..... ۵۷

جدول ۸-۴- ساختار برنامه درسی دفتر برنامه‌ریزی آموزش عالی..... ۵۸

جدول ۹-۴- دروس غیرمشترک سایر دانشگاه‌های ایران..... ۶۴

جدول ۱-۵- نظر اساتید در مورد دروس اختیاری ۷۰

جدول ۲-۵- نظرات دریافتی از اساتید در مورد دروس و برنامه درسی..... ۷۰

جدول ۳-۵- نظرات دریافتی از دانشجویان و دانش‌آموختگان در مورد دروس و برنامه درسی..... ۷۸

جدول ۱-۷- دروس اصلی منتخب..... .... ۸۵

جدول ۲-۷- مقایسه برنامه درسی قدیم با برنامه درسی پیشنهادی..... ۸۶

مقدمه

توسعه روزبه‌روز صنایع شیمیایی، احساس نیاز مبرم به تجدیدنظر و اصلاح سرفصل دروس مهندسی شیمی را ایجاد کرده است. از طرفی با توجه به اینکه مواد شیمیایی تولیدی در صنایع شیمیایی مخلوطی از مواد مختلف می‌باشد می‌توان گفت یکی از مهم‌ترین بخش‌های تولید یک محصول فرایندهای جداسازی و خالص‌سازی آن می‌باشد که منجر به تولید محصول با کیفیت و کمیت بهتر می‌شود. بدین منظور در مجموعه پیش رو سرفصل پیشنهادی و اصلاح‌شده دوره ارشد مهندسی شیمی گرایش جداسازی ارائه گردیده است.

برای بهبود برنامه درسی و سرفصل دروس مقایسه بین دانشگاه‌های مطرح دنیا در حوزه مهندسی شیمی که سرفصل دروس آن‌ها قابل‌دسترسی بود انجام گرد. دانشگاه‌های انتخابی شامل دانشگاه MIT، دانشگاه صنعتی دلف، کالج دانشگاهی لندن و دانشگاه آدلاید بوده است.

همچنین از میان دانشگاه‌های ایران سه دانشگاه تهران، صنعتی شریف و صنعتی اصفهان و نیز برنامه پیشنهادی وزارت علوم موردبررسی قرار گرفت. در نهایت برنامه بر اساس نظرسنجی صورت گرفته اصلاح گردید.

این برنامه بر اساس برنامه ارائه‌شده توسط دانشگاه‌های داخلی و برنامه پیشنهادی وزارت علوم اصلاح و نگارش شده است و همپوشانی خوبی با برنامه‌های دانشگاه‌های داخلی و همچنین برنامه پیشنهادی وزارت علوم دارد. امید است که مهندسین شیمی همچون گذشته راهگشای صنایع شیمیایی کشور باشند.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

فصل اول

کلیات

۱-۱ تاریخچه

۱-۱-۱- تاریخچه رشته در دنیا

شیمیایی در اواخر قرن ۱۹ میلادی بر مبنای پیشرفت‌های علمی در دانشگاه‌ها، به‌ویژه دانشگاه‌های آلمان بود. در آغاز قرن نوزدهم، مطالعه شیمی در آلمان رشد چشم‌گیری داشت. جوزوس فون لیبیگ[1] (۱۸۰۳-۱۸۷۳)، یکی از برجسته‌ترین متخصصان علوم شیمی در قرن نوزدهم که موفقیت‌های تحقیقاتی زیادی داشته است، در سال ۱۸۲۵ یک آزمایشگاه شیمی کوچک در دانشگاه گیزن[2]، یک شهر ۳۵ مایلی شمال فرانکفورت، آلمان تأسیس کرد. تعداد زیادی از دانشمندان معروف در آن تحصیل نمودند. در سه‌ماهه دوم قرن نوزدهم، سه آزمایشگاه بزرگ شیمی در دانشگاه‌های گیزن، گوتینگن و هیدلبرگ[3]، تعدادی از متخصصان شیمی آلی و فیزیکی را آموزش داد که همه آن‌ها تحقیقات انجام دادند که منجر به ایجاد روش‌های جدید تولید مواد شیمیایی شد و در نتیجه صنعت آلمان، اروپا و به‌طور غیرمستقیم آمریکا را تقویت کرد.

در سال ۱۸۴۸، انقلاب سیاسی فرانسه آغاز گردید که در نهایت منجر به سرنگونی نظام حاکم بر آلمان شد. یکی از نتایج تغییرات سیاسی در سال ۱۸۴۸ تلاش برای تجدیدنظر در فرایندهای صنعتی با تأکید، هرچند ابتدایی، بر ایمنی و کارآمدی بیشتر روش‌ها بود. این شرایط که در اواسط قرن نوزدهم ایجاد شد، زمینه مهندسی شیمی را به وجود آورد. علیرغم پیشرفت دانشگاه‌ها و صنایع آلمانی، آموزش‌وپرورش در شیمی و مهندسی شیمی هنوز مشخص نشده بود. در بهترین حالت دانشجویان اطلاعات سطحی از فرایندهای شیمیایی صنعتی جدید در دوره‌های شیمی به دست می‌آوردند. در اواخر قرن نوزدهم میلادی رقابت بین بریتانیا، آلمان و ایالات‌متحده آمریکا برای مواد شیمیایی صنعتی شدید شد و نیاز به تخصص مهندسی شیمی افزایش یافت.

اولین دوره مهندسی شیمی توسط یک ناشر صنعتی ناشناخته از منچستر انگلستان به نام جورج دیویس[4] ارائه شد که تصمیم گرفت دانش خود را که از سال بازرسی کارخانه‌های شیمیایی در مناطق صنعتی انگلستان به دست آورده بود، به کلاس درس انتقال دهد... در پاییز ۱۸۸۷، او یک سری از ۱۲ سخنرانی را که بعدها در مجله Chemical Trade Journal منتشر شد، منتشر کرد. سال بعدازآن یعنی ۱۸۸۸ لوئیس نورتون[5] (۱۸۵۵-۱۸۹۳) از بخش شیمی دانشگاه MIT دوره جدیدی در زمینه مهندسی شیمی ارائه داد که تحت تأثیر پیشرفت‌های دانشگاه‌های آلمان و مجموعه‌ی سخنرانی‌ها جورج دیویس در مورد شیوه‌های عملیات شیمیایی بریتانیا بود. مواد درسی به‌طور عمده از یادداشت‌های نورتون در مورد فعالیت‌های صنعتی در آلمان گرفته شده بود که در آن زمان احتمالاً پیشرفته‌ترین صنایع فرآوری

[1] Justus von Liebig
[2] University of Giessen
[3] Universities of Giessen, Göttingen, and Heidelberg
[4] George E. Davis
[5] Lewis M. Norton

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

شیمیایی در جهان بوده است. نورتون اولین دوره مهندسی شیمی را تحت عنوان Course X برپا کرد. این دوره ترکیبی از مهندسی مکانیک با شیمی صنعتی بوده که در کاتالوگ آن نوشته شده بود: «نیازمند دانشجویانی هستیم که علاقه به تحصیل در رشته مهندسی مکانیک داشته و درعین‌حال به‌طور هم‌زمان بتوانند در زمینه شیمی مطالعه کرده و کاربردهای آن را در صنعت و بخصوص در رفع مشکلات تولید محصولات شیمیایی بیابند.»

در سال ۱۸۹۱ هفت دانشجو به‌عنوان اولین فارغ‌التحصیلان رشته مهندسی شیمی با مدرک لیسانس فارغ‌التحصیل شدند. هنگامی که نورتون در سال ۱۸۹۳ درگذشت، فرانک هام تورپ[۶] (۱۸۶۴– ۱۹۳۲)، فارغ‌التحصیل MIT مسئولیت دوره نورون را گرفت. دست‌نوشته‌های شیمی صنعتی تورپ که در سال ۱۸۹۸ با عنوان «نمای کلی شیمی صنعتی[۷]» منتشر شد، یکی از اولین کتاب‌های درسی در مهندسی شیمی است. اصطلاح «شیمی صنعتی» برای توصیف فرآیندهای صنعتی که در تولید مواد شیمیایی کاربرد دارند، تدوین شده بود. در این کتاب به درمان شیمیایی محصولات بیولوژیکی اشاره شده بود که اشاره‌ای زودهنگام و بسیار ضعیف به فرآیندهای زیست‌فناوری بود.

اگرچه نورتون و تورپ پیشگام مهندسی شیمی در ایالات‌متحده بودند اما آرتور نویز[۸] (۱۹۳۶–۱۸۶۶) و بعداً ویلیام واکر[۹] (۱۹۳۴–۱۸۶۹) بودند که به تدوین برنامه درسی آن کمک کردند. در اوایل قرن بیستم، ویلیام واکر برنامه آموزشی را تغییر داد به‌طوری‌که به‌طور واضح مهندسی شیمی به‌عنوان یک حرفه شناخته می‌شد. در همین زمان (سال ۱۹۰۱) در انگلستان کتابی با عنوان «راهنمای مهندسی شیمی[۱۰]» نوشته جورج دیویس انتشار یافت که در سال ۱۹۰۴ با تعداد ۱۰۰۰ صفحه به چاپ دوم رسید. اهمیت این کتاب به دلیل معرفی عملیات واحد بود البته اصطلاح عملیات واحد در سال ۱۹۱۵ توسط آرتور لیتل[۱۱] در MIT ارائه گردید. واکر به همراه لیتل که فارغ‌التحصیل Course X بود ایده عملیات واحد (عملیات پایه‌ای که تشکیل‌شده از فرآیندهای صنعتی مختلف)، یک آزمایشگاه تحقیقاتی برای شیمی و فرایندهای صنعتی و یک مدرسه مهندسی شیمی را توسعه دادند.

در این زمان Course X در داخل گروه شیمی آموزش داده می‌شد. گروه مجزایی برای مهندسی شیمی وجود نداشت تا اینکه در سال ۱۹۲۰ این گروه با ریاست وارن لوییس[۱۲] شکل گرفت. سه سال بعد از تشکیل گروه مهندسی شیمی لوییس، واکر، ویلیام مک آدامز[۱۳] به همراه تعدادی از دانشجویان اصول مهندسی شیمی را به‌صورت کتاب تدوین کردند، کتابی تأثیرگذار که عملیات واحد را اندازه‌گیری می‌کرد و به مهندسین ابزاری برای تجزیه‌وتحلیل فرایندهای شیمیایی ارائه می‌کرد.

---

[6] Frank H. Thorpe
[7] Outlines of Industrial Chemistry
[8] Arthur A. Noyes
[9] William H.Walker
[10] Handbook of Chemical Engineering
[11] Arthur D. Little
[12] Warren K. Lewis
[13] William H. McAdams

دانشگاه فردوسی مشهد
شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

در ایالات‌متحده آمریکا دانشگاه MIT اولین دانشگاهی است که در سال ۱۸۸۸ برنامه آموزشی چهارساله برای مهندسی شیمی ارائه داده است. پس از این دانشگاه، دانشگاه پنسیلوانیا و دانشگاه تولان در سال ۱۸۹۴، دانشگاه میشیگان و دانشگاه توفت در سال ۱۸۹۸، دانشگاه Northeastern در سال ۱۹۰۹، دانشگاه بیرمنگام ۱۹۱۱، دانشگاه کمبریج در سال ۱۹۴۵ و دانشگاه ملبورن در سال ۱۹۵۱ دوره‌ی چهارساله‌ی مهندسی شیمی را ارائه کردند.

توسعه روزبه‌روز صنایع شیمیایی و احساس نیاز مبرم به مهندسان شیمی دانشگاه‌ها را بر آن داشت تا اقدام به تأسیس دانشکده‌های مهندسی شیمی کنند. از طرفی با توجه به اینکه مواد شیمیایی تولیدی در صنایع شیمیایی مخلوطی از مواد مختلف می‌باشد می‌توان گفت یکی از مهم‌ترین بخش‌های تولید یک محصول فرایندهای جداسازی و خالص‌سازی آن می‌باشد که منجر به تولید محصول با کیفیت و کمیت بهتر می‌شود.

۲-۱-۱- تاریخچه رشته در ایران

دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه علم و صنعت ایران با فارغ‌التحصیل نمودن اولین دانش‌آموخته خود در سال ۱۳۱۴ به‌عنوان اولین دانشکده مهندسی شیمی در ایران پا به عرصه فعالیت گذارد. دانشگاه علم و صنعت ایران که در سال‌های آغازین خود به‌عنوان مدرسه صنعتی ایران و آلمان شناخته می‌شد، پس از جنگ جهانی اول به‌عنوان غرامت جنگی به ایران واگذار شده بود، در هرکدام از رشته‌های مهندسی شیمی، برق و ماشین حدود بیست دانشجو می‌پذیرفت. دانش‌آموختگان مدرسه صنعتی ایران پس از یک دوره تحصیلی دوساله مهندس شیمی نامیده می‌شدند. در سال ۱۳۱۳ دانشگاه تهران تأسیس شد و در سال ۱۳۲۵ در دانشکده فنی دانشگاه تهران و پس از آن در دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران) در سال ۱۳۳۶ رشته مهندسی شیمی شکل گرفت. امّا برنامه درسی آن زمان دانشگاه تهران و صنعتی امیرکبیر هنوز با برنامه واقعی مهندسی شیمی تفاوت بسیار داشت. درس‌هایی مانند انتقال حرارت، انتقال جرم و طراحی رآکتور در سرفصل دروس گنجانده نشده بودند و از تنها درس‌های ویژه مهندسی شیمی، تقطیر، جذب و ترمودینامیک را می‌توان نام برد. پس از این دانشگاه‌ها، دانشگاه‌های شیراز و صنعتی شریف به‌طور هم‌زمان بخش مهندسی شیمی خود را در سال ۱۳۴۵ هجری شروع کردند که برنامه درسی آن‌ها تفاوت چندانی با برنامه درسی که امروز در رشته مهندسی شیمی ارائه می‌شود نداشت. در سال‌های بعد، دوره کارشناسی ارشد و در برخی دانشگاه‌ها دوره دکتری مهندسی شیمی نیز راه‌اندازی شد. امروزه دامنه رشته مهندسی شیمی بسیار وسعت یافته است.

در سال ۱۳۵۴ دانشگاه صنعتی امیرکبیر و در سال ۱۳۵۵ در دانشگاه صنعتی شریف مقطع ارشد تأسیس گردیده است.

۳-۱-۱- تاریخچه رشته در دانشگاه

بر اساس مصوبه یک‌صد و چهارمین نشست شورای گسترش آموزش عالی مورخ پنجم اسفند ۱۳۵۳ و با هدف ایجاد یک قطب مهندسی قوی و مناسب در شرق ایران و ایجاد امکانات و شرایط مناسب برای پرورش استعدادهای فنی جوانان، تأمین نیروی انسانی متخصص، اجرای طرح‌های صنعتی و استقلال علمی و صنعتی کشور، دانشکده مهندسی

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

دانشگاه فردوسی مشهد تأسیس گردید.

دانشکده مهندسی در مهر ۱۳۵۴ با پذیرش ۳۰ دانشجو در رشته برق و ۳۰ دانشجو در رشته مکانیک فعالیت خود را آغاز کرد. گروه مهندسی شیمی دانشگاه فردوسی مشهد نیز از مهرماه ۱۳۷۱ با پذیرش ۲۰ دانشجو در مقطع کارشناسی مهندسی شیمی، گرایش صنایع گاز، فعالیت خود را آغاز نمود.

در سال ۱۳۸۷ مقطع ارشد با عنوان مهندسی شیمی- پدیده‌های انتقال و فرایندهای جداسازی تأسیس گردید که در سال ۱۳۸۹ به مهندسی شیمی-جداسازی تغییر نام داد.

۱-۲- روش

به‌منظور ارتقاء کیفیت دروس ارائه‌شده برای دانشجویان ورودی به گرایش جداسازی در مقاطع ارشد و دکتری و کمک به فعالیت‌های پژوهشی ایشان، یک نظرسنجی توسط گروه مهندسی شیمی دانشگاه فردوسی و زیر نظر جناب آقای دکتر پاکیزه انجام شد. برای انجام نظرسنجی مذکور، ابتدا یک فرم پرسشنامه تدارک دیده شد. هدف از این نظرسنجی، ارزیابی بهره‌وری دروس گرایش جداسازی در رشته‌ی مهندسی شیمی بود.

۱-۳- جامعه

مجموعه ویژگی‌ها، افراد و واحدهایی که حداقل یک صفت مشترک داشته باشند، یک جامعه آماری را مشخص می‌سازد. در این پژوهش دانشجویان مهندسی شیمی که گرایش آن‌ها جداسازی بوده و یا در مقطعی از تحصیل پروژه‌ای در زمینه جداسازی انجام داده‌اند به‌عنوان جامعه دانشجویان انتخاب شدند. جامعه اساتید را اساتیدی که در گروه مهندسی شیمی-جداسازی مشغول به تدریس و پژوهش‌اند تشکیل می‌دهد. افرادی که در صنایع وابسته به مهندسی شیمی – جداسازی مشغول به کار می‌باشند جامعه کارفرمایان این پژوهش را تشکیل می‌دهند. این صنایع شامل نفت، گاز و پتروشیمی، صنایع غذایی، دارویی، شیمیایی و غیره می‌شود.

۱-۴- نمونه

ازآنجاکه بررسی کلیه نمونه‌ها ازنظر هزینه‌ای و زمانی امکان‌پذیر نمی‌باشد لذا نمونه‌های انتخاب شد. به‌عنوان نمونه دانشجویان ۱۵۰ نفر با کمک دانشجویان مشغول به تحصیل در دانشگاه‌های معتبر داخلی انتخاب گردید و فرم نظرسنجی به‌صورت الکترونیک از طریق شبکه‌های مجازی برایشان ارسال گردید. پس از پیگیری‌های مکرر در نهایت ۴۵ نفر اقدام به شرکت در نظرسنجی کردند که نمونه دانشجویان را تشکیل می‌دهند.

از میان اساتید به ۵۰ نفر از اساتید دانشگاه‌های معتبر فرم نظرسنجی به‌صورت الکترونیک به آدرس ایمیل ذکرشده در سایت دانشگاه مربوطه، ارسال گردید و همچنین از اساتید دانشگاه فردوسی به‌صورت حضوری نظرسنجی انجام گرفت. در نهایت ۱۳ نفر فرم نظرسنجی را تکمیل کردند که نمونه اساتید را تشکیل می‌دهند.

با استفاده از افرادی که در صنعت مشغول به کار بودند ۵۰ نفر به‌عنوان نمونه کارفرمایان انتخاب گردید که فرم

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

نظرسنجی این افراد نیز به‌صورت الکترونیک از طریق شبکه‌های مجازی برایشان ارسال گردید که پس پیگیری‌های متعدد تنها ۹ نفر فرم نظرسنجی را تکمیل نمودند.

۵-۱- ابزار

شیوه‌ها و ابزارآلات مختلفی برای گردآوری داده‌ها وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مشاهده، مصاحبه، پرسشنامه و مدارک و اسناد اشاره نمود. در این پژوهش مهم‌ترین ابزار مورداستفاده مدارک و اسناد موجود در وب‌سایت‌های دانشگاه‌ها به‌منظور ارزیابی برنامه درسی دانشگاه‌های خارجی و داخلی و تدوین پرسشنامه به‌منظور ارزیابی برنامه درسی دانشگاه‌های داخلی می‌باشد.

۶-۱- شیوه تحلیل

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده با توجه به نوع داده ازنقطه‌نظر کمی و کیفی، روش‌های مختلفی وجود دارد و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها تابع نوع روش تحقیقی است که به کار گرفته می‌شود. ازآنجایی‌که در این پژوهش روش کیفی به‌عنوان روش تحقیق انتخاب شده است، لذا داده‌های گردآوری‌شده نیز به همین روش تحلیل می‌گردد.

دانشگاه فردوسی مشهد

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

فصل دوم

تحلیل اسناد فرادست

۱-۲- بررسی اسناد فرادست کلان

۱-۱-۲- سند چشم‌انداز ۲۰ ساله (چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ هجری شمسی)

با اتکال به قدرت لایزال الهی و در پرتو ایمان و عزم ملی و کوشش برنامه‌ریزی‌شده و مدبرانه جمعی و در مسیر تحقق آرمان‌ها و اصول قانون اساسی، در چشم‌انداز ۲۰ ساله، ایران کشوری است توسعه‌یافته با جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در سطح منطقه، با هویت اسلامی و انقلابی، الهام‌بخش در جهان اسلام و با تعامل سازنده در روابط بین‌الملل.

- در بند ۹ سیاست‌های کلی برنامه چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران در امور فرهنگی، علمی و فناوری به سازمان‌دهی و بسیج امکانات و ظرفیت‌های کشور در جهت افزایش سهم کشور در تولیدات علمی جهان اشاره شده است. همچنین در بند ۱۰ این سیاست‌ها اصلاح نظام آموزشی کشور شامل آموزش‌وپرورش، آموزش فنی و حرفه‌ای، آموزش عالی و کارآمد کردن آن برای تأمین منابع انسانی موردنیاز در جهت تحقق اهداف چشم‌انداز مدنظر قرار گرفته است.
- در بند ۴۲ سیاست‌های کلی برنامه چهارم توسعه جمهوری اسلامی ایران در امور اقتصادی نیز حرکت در جهت تبدیل درآمد نفت و گاز به دارایی‌های مولد و همچنین در بند ۴۴ این سیاست‌ها هم‌افزایی و گسترش فعالیت‌های اقتصادی به‌ویژه صنایع نفت، گاز و پتروشیمی و خدمات مهندسی پشتیبان آن و غیره به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اهداف چشم‌انداز عنوان‌شده که کاربرد فراوان علوم مهندسی شیمی در راستای رسیدن به این اهداف امری بدیهی به نظر می‌رسد

۲-۱-۲- نقشه جامع علمی کشور (سند نقشه جامع علمی کشور)

در این چشم‌انداز، جمهوری اسلامی ایران با اتکال به قدرت لایزال الهی و با احیای فرهنگ و برپایی تمدن نوین اسلامی- ایرانی برای پیشرفت ملی، گسترش عدالت و الهام‌بخشی در جهان، کشوری برخوردار از انسان‌های صالح، فرهیخته، سالم و تربیت‌یافته در مکتب اسلام و انقلاب و با دانشمندانی در تراز برترین‌های جهان؛ توانا در تولید و توسعه علم و فناوری و نوآوری و به‌کارگیری دستاوردهای آن و پیشتاز در مرزهای دانش و فناوری با مرجعیت علمی در جهان خواهد بود.

- در بند ۸ اهداف بخشی نظام علم، فناوری و نوآوری کشور به تثبیت جایگاه کشور در علوم و فناوری‌های حوزه نفت و گاز به‌منظور دستیابی به نقش محوری در منطقه اشاره شده است.
- در بخش اولویت‌های علم و فناوری اشاره شده در این سند شاهد حضور چشمگیر عناوین مرتبط با حوزه نفت و گاز و به‌کارگیری علوم مهندسی شیمی می‌باشیم این عناوین شامل موارد ذیل می‌باشد.

❖ اولویت‌های الف در فناوری:

فناوری هوافضا، فناوری اطلاعات و ارتباطات، فناوری هسته‌ای، فناوری‌های نانو و میکرو، فناوری‌های نفت و گاز،

فناوری زیستی، فناوری‌های زیست‌محیطی، فناوری‌های نرم و فرهنگی؛

❖ اولویت‌های ب در فناوری:

لیزر، فوتونیک، زیست حسگرها، حسگرهای شیمیایی، مکاترونیک، خودکارسازی و روباتیک، نیم‌رساناها، کشتی‌سازی، مواد نوترکیب، بسپارها (پلیمرها)، حفظ و احیای ذخایر ژنی، اکتشاف و استخراج مواد معدنی، پیش‌بینی و مقابله با زلزله و سیل؛

❖ اولویت‌های ج در فناوری:

اپتوالکترونیک، کاتالیزورها، مهندسی پزشکی، آلیاژهای فلزی، مواد مغناطیسی، سازه‌های دریایی، حمل‌ونقل ریلی، ایمنی حمل‌ونقل، ترافیک و شهرسازی، مصالح ساختمانی سبک و مقاوم، احیای مراتع و جنگل‌ها، فناوری‌های بومی؛

- در بخش راهبردهای کلان توسعه علم و فناوری ارائه‌شده در این سند توجه زیادی به اصلاح ساختارها و تحول و نوسازی نظام آموزشی اشاره شده است. ازجمله این راهبردها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود.

❖ راهبرد کلان ۱: اصلاح ساختارها و نهادهای علم و فناوری و انسجام بخشیدن به آن‌ها و هماهنگ‌سازی نظام تعلیم و تربیت، در مراحل سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان

❖ راهبرد کلان ۶: تحول و نوسازی نظام تعلیم و تربیت اعم از آموزش‌وپرورش و آموزش عالی به‌منظور انطباق با مبانی تعلیم و تربیت اسلامی و تحقق اهداف کلان نقشه

❖ راهبرد کلان ۱۲: جهت‌دهی به چرخه علم و فناوری و نوآوری برای ایفای نقش مؤثرتر حوزه فنی و مهندسی

۳-۱-۲- سند تحول راهبردی علم و فناوری کشور

- اهداف بنیادین نظام علم و فناوری کشور

۱ - دستیابی به جایگاه اول علم و فناوری در منطقه و اثرگذاری و الهام بخشی علمی در جهان؛

۲ - استقرار جامعه دانش‌بنیان و عدالت محور جهان اسلام با مشارکت کشورهای اسلامی برای احراز مرجعیت علمی در جهان؛

۳ - تعمیق و گسترش آموزش‌های عام و تخصصی همراه با تقویت موفقیت دینی، آزاداندیشی و روحیه خلاقیت و پرسشگری به‌طور مستمر در بین آحاد جامعه به‌ویژه نسل جوان؛

۴ - دستیابی و توسعه علوم و فناوری‌های نوین و نافع، متناسب با اولویت‌ها و نیازهای کشور و انتشار و به‌کارگیری آن‌ها در نهادهای مختلف آموزشی، صنعتی و خدماتی به‌طور مستمر؛

۵ - افزایش سهم تولید محصولات و خدمات مبتنی بر دانش و فناوری به حداقل ۵۱ درصد تولید ناخالص داخلی کشور؛

۶ - سرآمدی نسبت به کشورهای منطقه و احراز جایگاه برجسته در جهان از طریق ارتقاء و بهبود مستمر کلیه

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

شاخص‌های آموزشی، پژوهشی و فناوری کشور.

- فهرست حوزه‌ها و اولویت‌های راهبردی علم و فناوری کشور

۱ - در علوم دینی و معرفتی

۲ - در علوم انسانی و هنر

۳ - در علوم پایه

۴ - در علوم کاربردی با تأکید بر هوا و فضا، فناوری هسته‌ای، فناوری اطلاعات و ارتباطات، انرژی به‌ویژه منابع هیدروکربن، نفت و گاز، کاتالیزورها، انرژی‌های نو و غیره

۲-۱-۴- سند راهبردی دانشگاه فردوسی مشهد

در بند دوم راهبردهای کلان و برنامه‌های عملیاتی دانشگاه فردوسی بهبود نظام جامع آموزشی دانشگاه مدنظر قرار گرفته است که شامل راهکارهای ارائه‌شده ذیل می‌باشد.

- گسترش متوازن کمی و کیفی دوره‌های تحصیلات تکمیلی
- تنوع‌بخشی شیوه‌های آموزشی و ارتقاء کیفی آموزش
- راه‌اندازی دوره‌های مشترک با دانشگاه‌ها و مراکز علمی معتبر
- طراحی و به‌کارگیری روش‌های مناسب برای جذب دانشجویان نخبه و توانمند
- به‌روزرسانی و اصلاح و بازنگری مستمر محتوای برنامه‌های آموزشی دانشگاه مبتنی بر آمایش سرزمین
- توسعه و تقویت برنامه‌های آموزشی کالج دانشگاه

۲-۱-۵- سایر اسناد فرادستی به فراخور رشته تحصیلی

از دیگر اسناد بالادستی کشور که سیاست‌های کلی کشور در حوزه صنایع به‌خصوص صنایع نفت و گاز و پتروشیمی موردتوجه قرارگرفته می‌توان به سیاست‌های کلی نظام در خصوص تشویق سرمایه‌گذاری، سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف، سیاست‌های کلی اصل ۲۲ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، سیاست‌های کلی نظام در بخش صنعت و سیاست‌های کلی جمهوری اسلامی در خصوص انرژی اشاره نمود.

در سند سیاست‌های کلی انرژی، سیاست‌های کلی نفت و گاز به شرح ذیل بیان شده است.

- ❖ اتخاذ تدابیر و راهکارهای مناسب برای گسترش اکتشاف نفت و گاز و شناخت کامل منابع کشور.
- ❖ افزایش ظرفیت تولید صیانت شده نفت متناسب با ذخایر موجود و برخورداری کشور از افزایش قدرت اقتصادی و امنیتی و سیاسی.
- ❖ افزایش ظرفیت تولید گاز، متناسب با حجم ذخایر کشور به‌منظور تأمین مصرف داخلی و حداکثر جایگزینی با فرآورده‌های نفتی.

دانشگاه فردوسی مشهد شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

- ❖ گسترش تحقیقات بنیادی و توسعه‌ای و تربیت نیروی انسانی و تلاش برای ایجاد مرکز جذب و صدور دانش و خدمات فنی مهندسی انرژی در سطح بین‌الملل و ارتقای فناوری در زمینه‌های منابع و صنایع نفت و گاز و پتروشیمی.
- ❖ تلاش لازم و ایجاد سازمان‌دهی قانونمند برای جذب منابع مالی موردنیاز (داخلی و خارجی) در امر نفت و گاز در بخش‌های مجاز قانونی.
- ❖ بهره‌برداری از موقعیت منطقه‌ای و جغرافیایی کشور برای خریدوفروش و فرآوری و پالایش و معاوضه و انتقال نفت و گاز منطقه به بازارهای داخلی و جهانی.
- ❖ بهینه‌سازی مصرف و کاهش شدت انرژی.
- ❖ جایگزینی صادرات فرآورده‌های نفت و گاز و پتروشیمی به‌جای صدور نفت خام و گاز طبیعی.

۲-۲- دلالت‌های اسناد موردبررسی جهت بازنگری برنامه درسی

در این تحقیق اسناد بالادستی نظام با دو دیدگاه اهمیت بازنگری برنامه درسی و اهمیت رشته مهندسی شیمی موردبررسی قرار گرفته است. ازآنجاکه علوم مهندسی شیمی شالوده اصلی صنایع نفت و گاز و پتروشیمی را تشکیل می‌دهد، لذا به اسناد فوق‌الذکر از این منظر نگریسته شده است.

- **اهمیت بازنگری برنامه درسی**

همان‌طور که عنوان شد یکی از بندهای سند چشم‌انداز بیست‌ساله کشور به‌طور مستقیم به اصلاح نظام آموزشی کشور شامل آموزش‌وپرورش، آموزش فنی و حرفه‌ای، آموزش عالی و کارآمد کردن آن برای تأمین منابع انسانی موردنیاز در جهت تحقق اهداف چشم‌انداز اشاره شده است.

از طرفی در راهبردهای کلان اشاره شده در سند نقشه جامع علمی کشور اصلاح ساختارها و نهادهای علم و فناوری و انسجام بخشیدن به آن‌ها و هماهنگ‌سازی نظام تعلیم و تربیت، تحول و نوسازی نظام تعلیم و تربیت اعم از آموزش‌وپرورش و آموزش عالی به‌منظور انطباق با مبانی تعلیم و تربیت اسلامی و همچنین جهت‌دهی به چرخه علم و فناوری و نوآوری برای ایفای نقش مؤثرتر حوزه فنی و مهندسی به‌عنوان یکی از ارکان اصلی این سند موردتوجه قرار گرفته است.

در سند راهبردی دانشگاه فردوسی مشهد نیز بهبود نظام جامع آموزشی دانشگاه به‌عنوان یکی از راهبردهای کلان مطرح‌شده و راهکارهایی برای آن ارائه شده است.

- **صنایع نفت، گاز و پتروشیمی**

با توجه به اینکه صنایع نفت، گاز و پتروشیمی عمده‌ترین منبع درآمدی کشور محسوب می‌گردد در اسناد بالادستی نظام به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین اولویت‌ها معرفی گردیده است. در این راستا گسترش فعالیت‌های اقتصادی به‌ویژه صنایع نفت، گاز و پتروشیمی و خدمات مهندسی پشتیبان آن به‌عنوان یکی از بندهای سند چشم‌انداز بیست‌ساله کشور

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

مطرح شده است.

همچنین در سند جامع علمی کشور، فناوری‌های نفت و گاز، بسپارها (پلیمرها) و کاتالیزورها به‌عنوان اولویت‌های فناوری کشور معرفی شده‌اند.

نهایتاً در فهرست حوزه‌ها و اولویت‌های راهبردی علم و فناوری کشور در علوم کاربردی بر حوزه انرژی به‌ویژه منابع هیدروکربن، نفت و گاز، کاتالیزورها، انرژی‌های نو و غیره تأکید شده است.

دانشگاه فردوسی مشهد

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

فصل سوم

بررسی تجربیات دانشگاه‌های برتر دنیا

۱-۳- رشته مهندسی شیمی در دانشگاه‌های برتر دنیا

مؤسسه فناوری ماساچوست (MIT)

معرفی دانشگاه

مؤسسه‌ی فناوری ماساچوست (Massachusetts Institute of Technology) مشهور به ام‌آی‌تی، دانشگاه خصوصی واقع در شهر کمبریج، در ایالت ماساچوست آمریکا است که دارای پنج دانشکده اصلی، یک کالج و ۳۲ گروه آموزشی می‌باشد. این دانشگاه معمولاً با نام اختصاری آن، یعنی ام‌آی‌تی (MIT) شناخته می‌شود. ویلیام بارتون راجرز در سال ۱۸۶۱ آن را ایجاد کرد. مساحت پردیس دانشگاه در شهر کمبریج ۰٫۷ کیلومترمربع می‌باشد که مقابل فاصله حدود یک مایلی رود معروف «چارلز» واقع شده است. پردیس دانشگاه توسط خیابان «ماساچوست» به دو قسمت تقسیم می‌شود و پل «هاروارد» به آن متصل است.

دلیل انتخاب

این دانشگاه یکی از مهم‌ترین مراکز علمی تحقیقاتی در آمریکا و جهان به شمار می‌رود. دانشگاه ام‌آی‌تی همه‌ساله به‌عنوان بهترین دانشگاه مهندسی جهان انتخاب می‌شود. ام‌آی‌تی در سال ۲۰۱۲ طی الگوی تحقیقاتی انجام‌شده توسط مؤسسه‌ی QS برای رتبه‌بندی کلی دانشگاه‌ها، در رتبه اول بهترین دانشگاه‌های جهان قرار گرفت. در سال ۲۰۱۴ رتبه این دانشگاه در نظام رتبه‌بندی دانشگاه شانگهای، در زمینه‌ی مهندسی و علوم کامپیوتر، نخست و در رتبه‌بندی کلی، در جایگاه سوم دانشگاه‌های جهان بوده است.

جدول ۱-۳- دروس دانشگاه MIT

دروس اصلی	دروس اختیاری
روش‌های عددی در مهندسی شیمی Numerical Methods in Chemical Engineering	مهندسی بیوشیمیایی Biochemical Engineering
ترمودینامیک مهندسی شیمی Chemical Engineering Thermodynamics	مهندسی سلول و متابولیک Metabolic and Cell Engineering
آنالیز پدیده‌های انتقال Analysis of Transport Phenomena	سنتز پلیمر Synthesis of Polymers
مهندسی راکتور شیمیایی Chemical Reactor Engineering	نانو فناوری مهندسی Engineering Nanotechnology
	فناوری و علم کریستالیزاسیون Crystallization Science and Technology
	مسیر فرایند شیمیایی و شیمی صنعتی Industrial Chemistry and Chemical Process Pathways
	شیمی و فیزیک اتمسفری Atmospheric Physics and Chemistry
	سیستم‌های انرژی الکتروشیمیایی

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

Electrochemical Energy Systems	
مهندسی سیستم‌ها Systems Engineering	

نحوه برگزاری دوره کارشناسی ارشد

دوره کارشناسی ارشد در دانشگاه MIT شامل ۲ ترم برای دروس نظری و یک ترم برای دوره کارورزی در صنعت می‌باشد. در این دانشگاه دانشجویان مقطع ارشد این رشته پروژه نداشته و به‌جای این درس دوره‌ی کارورزی در صنعت برای دانشجویان تدارک دیده شده است.

دروس اصلی برای تمام گرایش‌ها یکسان بوده و تمامی دانشجویان موظف به گذراندن این دروس می‌باشند. دانشجویان علاوه بر دروس اصلی درس «مهندسی سیستم‌ها» و یک درس دیگر از بین سایر دروس اختیاری و یا از سایر دانشکده‌ها را باید بگذرانند.

جدول ۲-۳- ساختار برنامه درسی دانشگاه MIT

نام درس	سرفصل
روش‌های عددی در مهندسی شیمی Numerical Methods in Chemical Engineering	- روش‌های عددی برای حل مسائل انتقال جرم، انتقال حرارت، مکانیک سیالات، راکتور شیمیایی و شبیه‌سازی مولکولی - جبر خطی عددی - حل معادلات جبری غیرخطی - حل معادلات دیفرانسیل درجه اول (ODE) - حل معادلات دیفرانسیل جزئی (PDE) - روش‌های عددی در شبیه‌سازی مولکولی (بهینه‌سازی هندسه، دینامیک)
ترمودینامیک مهندسی شیمی Chemical Engineering Thermodynamics	- مقدمات پایه ترمودینامیک کلاسیک - کاربرد ترمودینامیک کلاسیک در سیستم‌های باز و بسته - شرایط پایداری و تعادل - مدل‌های پیش‌بینی کننده خواص مواد خالص و مخلوط با تأکید بر تأثیر مولکول‌ها با استفاده از مکانیک آماری - تعادل شیمیایی و فازی سیستم‌های چند جزئی
آنالیز پدیده‌های انتقال Analysis of Transport Phenomena	- انتقال حرارت - انتقال جرم - مکانیک سیالات - فرمولاسیون پدیده‌های انتقال و روش‌های تحلیلی حل - هدایت و نفوذ - رژیم جریان آرام - انتقال حرارت همرفتی و انتقال جرم - انتقال جرم و حرارت هم‌زمان همراه واکنش شیمیایی و تغییر فاز
مهندسی راکتور شیمیایی Chemical Reactor Engineering	- سینتیک واکنش‌های گازی، مایع و سطحی - شیمی کوانتوم - نظریه حالت گذار - فرایندهای جذب، نفوذ و دفع

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

	- مکانیسم و سینتیک فرایندهای زیستی - آنالیز حساسیت و فرمولاسیون مکانیسم - راکتورهای جریان غیر ایده آل - توزیع رمان ماند و مدل‌های پخش - سیستم‌های واکنشی چند فازی - پدیده‌های راکتور غیرخطی - مثال از کاربردهای مختلف راکتورها: کاتالیزوری هتروژن، پلیمریزاسیون، احتراق، سیستم‌های بیوشیمیایی، فرآوری مواد
مهندسی سیستم‌ها Systems Engineering	- مقدمه‌ای بر عناصر مهندسی سیستم‌ها - توجه ویژه بر ابزار کمک‌کننده به دانشجویان به‌منظور حل مسائل پیچیده - مثال‌های منتخب از مسائل گوناگون مهندسی شیمی: طراحی و توسعه محصول، طراحی و توسعه فرایند، آنالیز نظری و آزمایشگاهی فرایندهای شیمی فیزیکی، آنالیز عملیات فرایند
مهندسی بیوشیمیایی Biochemical Engineering	- برهمکنش مهندسی شیمی، بیوشیمی و میکروبیولوژی - بیان ریاضی سیستم‌های میکروبی - سینتیک رشد، مرگ و متابولیسم - تخمیر پیوسته - هم زدن و تلاطم - انتقال جرم - افزایش مقیاس سیستم‌های تخمیری - فناوری آنزیم
مهندسی سلول و متابولیک Metabolic and Cell Engineering	- متابولیسم سلول و تولید انرژی - انتقال از بین موانع برای ورود به سلول - سنتز پروتئین و دفع - تنظیم بیان ژن - انتقال سیگنال از محیط خارج سلولی - تکثیر سلولی - چسبندگی سلولی و مهاجرت
سنتز پلیمر Synthesis of Polymers	- رویکردهای سنتی: پلیمریزاسیون باز شدن حلقه، تجمع رادیکالی و آنیونی - روش‌های جدید: رادیکال‌های آزاد پایدار، اتم رادیکال آزاد انتقالی، رویکردهای کاتالیزوری جدید به‌منظور معماری تعریف‌شده، عامدار کردن پلیمر به‌صورت توده‌ای و سطحی - شرایط فرایند: محلول توده، امولسیون، سوسپانسیون، فاز گاز، بسترسیال پیوسته و ناپیوسته - میکرو معماری: تاکتیک، توزیع وزن مولکولی، توزیع توالی در کوپلیمرها، خطا در زنجیره‌ها از قبیل شاخه‌ها، افزودن سربه‌سر، ترکیب پراکسید
نانو فناوری مهندسی Engineering Nanotechnology	- بررسی مفاهیم انتقال الکترون، جرم و انرژی در مقیاس نانو - بررسی مشکلات موجود در طراحی مواد، الکترونیک، درمان، بیولوژی و انرژی
فناوری و علم کریستالیزاسیون Crystallization Science and Technology	- مطالعه هسته‌زایی و رشد بلورها از مذاب و یا محلول مایع و اهمیت نقش آن‌ها در کاربرد کریستالیزاسیون شامل: داروسازی، پروتئین، نیمه‌هادی‌ها - طراحی آزمایش‌های موردنیاز - شبیه‌سازی مدل‌ها - طراحی کریستالیزاسیون - نظارت و کنترل فرایند کریستالیزاسیون

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

مسیر فرایند شیمیایی و شیمی صنعتی Industrial Chemistry and Chemical Process Pathways	- آنالیز شیمی فرایند به‌وسیله مسیر p و مسیر d - استفاده از مکانیسم واکنش‌ها برای استنتاج تشکیل محصول جانبی، سینتیک و تعادل - منطق سنتز فرایند با استفاده از انتخاب پذیری، بازیافت و جداسازی
شیمی و فیزیک اتمسفری Atmospheric Physics and Chemistry	- مقدمه‌ای بر شیمی و فیزیک اتمسفری - انتقال گاز و هوا - مدل‌های هم‌زمان اشعه، حمل‌ونقل و شیمی - حل معکوس مسائل به‌منظور کشف انتشار و نرخ حذف - فناوری کنترل انتشار و هزینه‌ها - کاربرد در آلودگی هوا و آب‌وهوا
سیستم‌های انرژی الکتروشیمیایی Electrochemical Energy Systems	- مقدمه‌ای بر مدل‌های ریاضی و پایه‌ای ذخیره‌سازی و تبدیل انرژی الکتروشیمیایی - مطالعات مدار تعادل، ترمودینامیک، سینتیک واکنش، پدیده‌های انتقال، الکترواستاتیک، محیط متخلخل، تبدیل فاز - باتری‌ها، سلول سوختی، ابر خازن‌ها، الکتروسینتیک

دانشگاه صنعتی دلفت (Delft University of Technology)

معرفی دانشگاه

دانشگاه صنعتی دلفت دانشگاهی است در دلفت در استان هلند جنوبی در کشور هلند که بزرگ‌ترین دانشگاه صنعتی هلند است؛ و بر اساس رتبه‌بندی تایمز یکی از معتبرترین دانشگاه‌های دنیا در زمینه فناوری است. این دانشگاه در تاریخ ۱۸ ژانویه ۱۸۴۲ توسط پادشاه ویلیام دوم هلند تأسیس شده است. در ابتدا این مرکز را به‌عنوان آکادمی سلطنتی به‌منظور فراگیری علوم شهرسازی در مستعمرات خود بنا کردند. در اوایل، تمام ساختمان‌های دانشگاه در مرکز تاریخی شهر دلفت قرار داشت که در اوایل نیمه دوم قرن بیستم جای بعضی از آن‌ها تغییر کرد.

دلیل انتخاب

این دانشگاه در رتبه‌بندی QS رتبه ۱۵ را دارد. همچنین این دانشگاه در سطح بین‌الملل ۳ جایزه‌ی نوبل را دارد.

۳-۳- جدول دروس دانشگاه صنعتی دلفت

دروس اصلی	دروس مسائل ویژه	دروس اختیاری
ریاضیات عددی کاربردی Applied Numerical Mathematics	کنترل و دینامیک فرایند Process Dynamics & Control	پدیده‌های انتقال فیزیکی پیشرفته Advanced Physical Transport Phenomena
ترمودینامیک مولکولی Molecular Thermodynamics	پدیده‌های انتقال کاربردی Applied Transport Phenomena	مهندسی سطح Interfacial Engineering
پدیده‌های انتقال مولکولی Molecular Transport Phenomena	راکتور و سینتیک Reactor and Kinetics	مهندسی راکتور چند فازی Multiphase Reactor Engineering
		فرایندهای جداسازی، طراحی و عملیات Separation Processes, Design

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

and Operation		
فناوری شیمی Chemical Technology		
کاتالیزورهای ناهمگن برای مهندسی شیمی Heterogeneous Catalysis for Chemical Engineering		
افزایش مقیاس/ کاهش مقیاس Scale Up/Scale Down		
پدیده‌های انتقال محاسباتی Computational Transport Phenomena		
فناوری نانو ذرات Nanoparticle Technology		
فرایند تشدید Process Intensification		
انرژی از زیست‌توده Energy from Biomass		

نحوه برگزاری دوره کارشناسی ارشد

دوره ارشد در این دانشگاه دوساله است و ۱۲۰ واحد برای آن در نظر گرفته شده است. در سال اول تحصیل دانشجویان ملزم به گذراندن سه درس «ریاضیات عددی کاربردی»، «ترمودینامیک مولکولی» و «پدیده‌های انتقال مولکولی» دروس اصلی این دوره، می‌باشند که ۱۵ واحد دوره را در برمی‌گیرد. دروس مسائل ویژه نیز که شامل ۱۵ واحد است برای دانشجویان این دوره در نظر گرفته شده است که تمام دانشجویان باید این دروس را بگذرانند. از میان دروس اختیاری نیز دانشجویان قادر به انتخاب ۳ درس با توجه به علاقه و نیاز خود می‌باشند این ۳ درس نیز ۱۵ واحد دوره را شامل می‌شود. همچنین یک دوره ۳ ماهه ۱۵ واحدی کارورزی در صنعت باید دانشجویان بگذرانند. در مجموع در سال اول ۶۰ واحد گذرانده می‌شود.

در سال دوم تحصیل دانشجویان باید پیشنهاده پایان‌نامه که ۲۰ واحدی است را آماده کرده و در ادامه پس از موافقت بر روی پروژه خود کار کنند. پروژه دانشجویان ۴۰ واحدی است. در سال دوم نیز دانشجویان ۶۰ واحد باقی‌مانده را می‌گذرانند.

جدول ۴-۳- ساختار برنامه درسی دانشگاه دلفت

نام درس	سرفصل	منابع
ریاضیات عددی کاربردی Applied Numerical Mathematics	- سیستم‌های معادلات خطی - حل معادلات غیرخطی - انتگرال و تفاضل عددی - حل معادلات دیفرانسیل، ادغام زمان - معادلات دیفرانسیل با مشتق جزئی، مسائل مقدار مرزی - برازش تابع بر داده‌ها - روش‌های بهینه‌سازی	[1]. Lindfield, G., & Penny, J. (2012). *Numerical methods: using MATLAB*. Academic Press.

ترمودینامیک مولکولی Molecular Thermodynamics	- معرفی - سیستم‌های مولکولی و آمار - ارتقاء سطح کارایی "ترمودینامیک کلاسیک" - شرایط تعادل و پایداری - مکانیک آماری - توزیع بولتزمن و توابع جزئی کنونیکال - ارتباط بین مدل‌های آماری مولکولی و توابع ترمودینامیک - کاربرد برای سیستم‌های با مولکول‌های مستقل / زیرسیستم‌ها - گاز ایده آل ازنقطه‌نظر مکانیک کوانتوم، شامل درجه داخل مولکولی آزادی (ارتعاشات، چرخش‌ها) - جذب سطحی (مدل لانگمور) - توابع تقسیم و گروه‌ها: Microcaninical, Canonical, Grandcanonical, Generalisation - کاربرد برای سیستم‌ها با مولکول‌های برهمکنشی - سیالات مولکول‌های برهمکنشی - تابع تقسیم کلاسیک - توابع توزیع - مقدمه‌ای بر شبیه‌سازی کامپیوتری - مدل‌های شبکه‌های توری برای مخصوص سیالات، مخلوط، محلول‌های پلیمری (Flory-Huggins Model)، نمودار فازی این سیستم‌ها	[1]. Sandler, S. I. (2010). *An introduction to applied statistical thermodynamics*. John Wiley & Sons.
پدیده‌های انتقال مولکولی Molecular Transport Phenomena	- تجزیه‌وتحلیل کلاسیک پدیده‌های انتقال که منشأ آن‌ها در معادلات جرم، انرژی و موازنه‌ی مومنتوم قرار دارد. - تکمیل معادلات موازنه با استفاده معادله گیبس یک رابطه از قانون دوم ترمودینامیک در چند مقیاس برای مفاهیم مهندسی از قبیل کنترل، پایداری و کارایی فراهم می‌کند و منجر به یک مسیر کمی برای رسیدن به پایداری می‌گردد. - مقیاس میکروسکوپی - چارچوب فلاکس نیرو: منشأ جنبش مولکولی - مدل ماکسول–استفان - نرخ تولید آنتروپی - روش‌های حداقل کردن - مقیاس مزوسکوپی - انتقال بار، جرم و حرارت: هدایت و نفوذ: آزاد و کنترل‌شده ناقص - مکانیک سیالات: جریان استوکس، انتقال در سیستم‌های سیالاتی - سیستم‌های واکنشی نفوذی - مقیاس ماکروسکوپی - انرژی: مفهوم، طرح‌های به حداقل رساندن و اقتصادی - کنترل‌پذیری بر اساس اصل دست‌کاری نرخ اتلاف - کنترل فرایند بر اساس اصل دست‌کاری ثابت زمانی با استفاده از نرخ اتلاف - روش‌های تجزیه‌وتحلیل ریاضیاتی - روش‌های تقریب و هم مقیاس سازی - روش‌های عددی و تحلیلی	[1]. Wesselingh, J. A., & Krishna, R. (2000). *Mass transfer in multicomponent mixtures* (p. 88). Delft: Delft University Press. [2]. Janssen, L. P. B. M., & Warmoeskerken, M. M. C. G. (1987). *Transport phenomena data companion*. Hodder Arnold.
کنترل و دینامیک فرایند Process Dynamics & Control	- مقدمه. سیستم‌های دینامیک و پویا. خصوصیات عمومی سیستم‌های پویا. مدل‌سازی پیوسته و گسسته. توابع انتقال و زمان پاسخ. درجه آزادی. پایداری. کنترل. - رفتار دینامیکی سیستم‌های گسسته. پاسخ و دامنه زمان. پاسخ و دامنه نوسانی. اسکلت یک سیستم: مقادیر و بردار ویژه. رفتار خطی و غیرخطی. مفهوم خطی سازی.	[1]. Palm, W. J. (2005). *System dynamics*. McGraw-Hill Higher Education.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

	- پایداری. مقدمه‌ای بر مفهوم کلیدی پایداری. پایداری پویا و پایا. پایداری متا و مطلق. پایداری یک سیستم گسسته‌ی ساده. پایداری یک سیستم گسسته با چندین درجه آزادی: سیستم معادلات دیفرانسیل معمولی. پایداری خطی و غیرخطی. - کنترل عمومی. مقدمه‌ای بر ایده‌های کنترل عمومی. کنترل بازخورد (Feedback). کنترل PID. کاربرد در سیستم گسسته‌ی ساده. - اتصال مشخصه‌های سیستم با کنترل. کنترل و زمان پاسخ. درجه آزادی و کنترل. پایداری و کنترل. شکل‌های مختلف کنترل: از طریق تحریک و/یا از طریق تغییر سیستم. - طراحی مقدماتی سیستم‌های کنترل. مقدمه‌ای بر مفهوم طراحی مقدماتی. نمودار بد (Bode). نمودار نایکوئیست (Nyquist). - مقدمه‌ای بر مفهوم کنترل پیشرفته. کنترل زمان تأخیر و فید فوروارد (Feed Forward). تابع هزینه. کنترل مبتنی بر حالت و ساختارهای مبتنی بر مدل. سیستم‌های عمومی (مدل‌های گسسته یا پیوسته) و کنترل. محدودیت‌های کنترل در واقعیت. محدودیت‌های اطلاعاتی و کنترل. رفتار تصادفی و کنترل.	
پدیده‌های انتقال کاربردی Applied Transport Phenomena	- موازنه - هم مقیاس سازی - کاهش ابعاد - جریان یک‌سویه، روانکاری - مقیاس زمانی - تشابه - روش‌های یکپارچه‌سازی - روش‌های اختلال - انتقال گرما/جرم همرفت اجباری	[1]. Deen, W. M. (1998). *Analysis of transport phenomena*. Oxford University Press, New York.
راکتور و سینتیک Reactor and Kinetics	- سینتیک - ساخت مدل‌های واکنشی میکروسینتیک - جبر خطی سینتیک: ماتریس استوکیومتری، واکنش‌های مستقل / وابسته، درجه، سرعت و نرخ جرء و سرعت مراحل ابتدایی. - دید مولکولی در واکنش‌ها: نظریه حالت گذار، برخورد، فاز گاز در مقابل فاز مایع، اثرات ایزوتوپ، اثرات حلال. - شبیه‌سازی مدل‌های واکنش: معادله دیفرانسیل معمولی مراحل ابتدایی، فرض شبیه حالت پایا، حساسیت، سرعت جزء به سرعت ابتدایی. - واکنش‌های پلیمریزاسیون: اندرسون–شولتز–فلوری، شروع، انتشار، ختم. - واکنش‌های سطحی: میکرو سینتیک، جذب رقابتی، مراحل محدود، لانگمویر–هیلشنوود، انرژی فعالیت ظاهری / درجه ظاهری. - واکنش آنزیمی: تشخیص غیر کووالانسی، محدودکننده‌ها، میکاییل منتنس. - سینتیک غیرفعال شدن کاتالیزور. - راکتور - بررسی مختصر تبدیل و انتخاب در انواع راکتورهای ایده آل. - واکنش‌های نفوذی در محیط‌های متخلخل: اثر کاتالیزور، اثر حرارت، غیرفعال شدن کاتالیزور، فعل‌وانفعال غیرفعال شدن نفوذی در انتخاب. - راکتورهای بستر ثابت: مدل پراکندگی، شبیه‌سازی پراکندگی محوری، پیچ‌درپیچ، اثرات حرارت. - روش‌های تجربی راکتورهای آزمایشگاهی: تست کاتالیزور، زیست‌سنجی، آزمایشگاه تراشه، تجزیه‌وتحلیل، روش‌های گذرا.	[1]. Rawlings, J. B., & Ekerdt, J. G. (2002). *Chemical reactor analysis and design fundamentals*. Nob Hill Pub, Llc.
پدیده‌های انتقال فیزیکی پیشرفته	- جنبه‌های مدل‌سازی/عددی/تحلیلی پدیده‌های انتقال فیزیکی پیشرفته (جریان سیالات، انتقال حرارت و اغتشاش)	[1]. Hanialić, K., Keniereš, S., Tummers, M.J. and

Advanced Physical Transport Phenomena	- معادلات اولیه پدیده‌های انتقال - روش‌های ریاضی برای حل معادلات پدیده‌های انتقال (PDE، جداسازی متغیر، مقادیر و توابع ویژه، تابع بسل، تبدیل لاپلاس، تابع گاما و خطا، روش انتگرال) - انتقال در محیط ساکن (نفوذ، مشکلات جلوی حرکت، نفوذ همراه با ترم منبع) - انتقال مومنتوم (جریان پتانسیل، جریان خزشی، لایه مرزی) - انتقال در محیط متحرک (انتقال پایا در جریان با سرعت یکنواخت، انتقال حرارت در جریان لوله‌ای آرام، همرفت آزاد) - جریان سیالات و حرارت عددی (روش‌های گسسته سازی برای هدایت و همرفت و نفوذ گرما، روش‌های تفاضل، نفوذ عددی، نفوذ و همرفت پایا و پویا، محاسبه میدان جریان/سرعت فشار، الگوریتم ساده) - اغتشاش: برخی از ویژگی‌ها و منطق برای مدل‌سازی (برخی از انواع عمومی جریان آشفته و فرایندهای همرفتی، جریان‌های آشفته دیواره محدود: توزیع دما و سرعت/تابع دیوار، تجزیه رینولدز، RANS) - مدل‌سازی اغتشاش (مشکل خاتمه، ویسکوزیته گردابی/مدل‌های نفوذی، مدل K-E، دو معادله دیگر مدل‌های ویسکوزیته گردابی)	Jonker, H.J.J. (2009). *Analysis and modelling of physical transport phenomena*. 2nd Edition. VSSD Book. [2]. Bird, R. B., Warren, E. S., & Lightfoot, N. (2002). Edwin. *Transport Phenomena*. 2nd Edition. John Wiley & Sons. [3]. Hoogendoorn, C. J., & Van der Meer, T. H. (1991). *Fysische transportverschijnselen II*.
مهندسی سطح Interfacial Engineering	- سیستم‌های دوفازی آبی - سنتز نانو ذرات مرطوب - پوشش‌های پایه آبی سبز - لایه‌برداری گرافن	[1]. Koper, G. J. M. (2007). *An Introduction to Interfacial Engineering*. Delft: VSSD. [2]. Stokes, R. J., & Evans, D. F. (1997). *Fundamentals of interfacial engineering*. John Wiley & Sons.
مهندسی راکتور چند فازی Multiphase Reactor Engineering	- انواع راکتورهای چند فازی: بستر ثابت، بستر قطره‌ای، بسترسیالی، ستون حبابی، راکتور دوغابی، میکرو راکتور، راکتور ساخت‌یافته (یکپارچه). - جنبه‌های مهندسی: رژیم‌های جریان، انتقال جرم، مدل‌های تبدیل، عدد Hatta، افزایش واکنش، توزیع زمان‌ماند، ساختار راکتور کاتالیزوری در مکان و زمان. - جنبه‌های طراحی: انتخاب راکتور، جداسازی سینتیک و پدیده‌های انتقال، ترکیب واکنش و جداسازی، جفت‌شدگی واکنش، مرحله جداسازی کاتالیزور، ورودی انرژی کنترل‌شده.	
فرایندهای جداسازی، طراحی و عملیات Separation Processes, Design and Operation	- ترمودینامیک فرایندهای جداسازی، انتقال جرم همرفتی، انتقال جرم نفوذی، نظریه فیلم. - مرحله تعادلی تک و زنجیری - اصول اولیه و روش‌های طراحی برای وسایل استفاده‌شده در فرایندهای جداسازی مرحله‌ای (تقطیر، جذب، دفع، استخراج و کریستالیزاسیون) و فرایندهای جداسازی مکانیکی (ته‌نشینی، فیلتریزاسیون، جداسازی غشایی)	[1]. Seader, Junior D., and Ernest J. Henley (2011). *Separation process principles*, 3rd Edition. Hoboken, NJ: Wiley.
فناوری شیمی Chemical Technology	ضرورت فناوری فرایند ادغام رشته‌های مختلف است. دانشجویان باید قادر باشند تا با استفاده از دانش به‌دست‌آمده در تجزیه‌وتحلیل فرایندهای موجود و در طراحی سیستم‌های تبدیل مفهومی جدید استفاده کند. در پایان این درس دانشجویان قادر خواهند بود: - فهم ساختار فرایندهای شیمیایی - فهم فرایندهای تبدیل مواد خام - دانش برای فرایندهای تبدیل شیمیایی عمده - آگاهی از مفاهیم مهم‌تر مسیرهای تبدیل مختلف	[1]. Moulijn, J. A., Makkee, M., & Van Diepen, A. E. (2013). *Chemical process technology*. John Wiley & Sons.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

	- فهم صنایع شیمیایی، پترو و پتروشیمیایی	
کاتالیزورهای ناهمگن برای مهندسی شیمی Heterogeneous Catalysis for Chemical Engineering	- تاریخچه کاتالیزور - آماده‌سازی کاتالیزور - آزمایش عملکرد کاتالیزور - مکانیسم کاتالیزور - سینتیک واکنش - بافت و مورفولوژی - تعیین محل فعال - مشخصه یابی (FTIR، روش‌های برنامه‌ریزی دمایی، XRD، میکروسکوپ الکترونی، XPS)	
افزایش مقیاس/ کاهش مقیاس Scale Up/Scale Down	- جنبه‌های عمومی افزایش مقیاس: چرا و چگونه؟ - ضریب مقیاس - تشابه - گروه‌های بدون بعد مشخصه، آنالیز ابعادی - هم مقیاس سازی معادلات موازنه - آنالیز رژیم فرایندها - معیارهای افزایش مقیاس - مثال‌های فیزیکی، شیمیایی و بیوفناوری - مطالعه موردی یک فرایند صنعتی	
پدیده‌های انتقال محاسباتی Computational Transport Phenomena	- دوره مقدماتی دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) و پدیده‌های انتقال - مکانیک سیالات مقدماتی - جنبه‌های محاسباتی - اغتشاش و مدل‌سازی اغتشاش - شبیه‌سازی گردابه‌های بزرگ (Large-Eddy) در مقابل RANS - عملیات و فرایندهای انتقال در تجهیزات فرایندی - واکنش‌های شیمیایی - جریان دوفازی	
فناوری نانو ذرات Nanoparticle Technology	- انگیزه استفاده از نانو ذرات: تفاوت رفتار ذرات کوچک و بزرگ، مثال برای کاربرد ذرات کوچک (بدون توضیح اصول اساسی) - خواص مقدماتی و اولیه ذرات کوچک: اثرات هندسی (سطح/حجم)، اثرات مغناطیسی، اثرات مکانیک کوانتوم - کاربردهای عمومی نانو ذرات: مواد غذایی، کاتالیزور، آرایشی و بهداشتی، درمان و تشخیص پزشکی، حسگرهای شیمیایی، ابر خازن‌ها، کامپوزیت‌ها، پوشش‌ها. - تمرکز بر روی کاربردهای مرتبط با انرژی نانو ذرات: سلول خورشیدی، تولید هیدروژن، ذخیره‌سازی هیدروژن، پیل سختی، باتری Li-ion، روشنایی LED - تولید نانو ذرات: آسیاب، روش‌های فاز گاز، روش‌های فاز مایع - عامل دار کردن نانو ذرات - اصول مونتاژ نانو ذرات - مسائل ایمنی و بهداشتی نانو ذرات	
فرایند تشدید Process Intensification	- معرفی فرایند تشدید - مسائل مربوط به پایداری در صنت پردازش - تعاریف فرایند تشدید - اصول و روش‌های اساسی فرایند تشدید - چگونگی طراحی پایدار و ایمن‌تر یک کارخانه فرایندی - روش‌های فرایند تشدید	[1]. Stankiewicz, A., & Moulijn, J. A. (2003). *Re-engineering the chemical processing plant: process intensification*. CRC Press.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

	- رویکرد ساختار در حوزه مکان - رویکرد انرژی در حوزه ترمودینامیک - رویکرد همکاری در حوزه عملکردی - رویکرد زمان در حوزه زمانی	
انرژی از زیست‌توده Energy from Biomass	- مشخصه‌های زیست‌توده: انواع، خواص، تجزیه‌وتحلیل - آماده‌سازی: برداشت، کاهش اندازه، خشک‌کردن - تبدیل حرارتی: تبدیل به گاز، احتراق، انواع راکتور - تبدیل بیوشیمیایی: میکروارگانیسم‌های صنعتی، تخمیر - سوخت انتقالی/ پالایشگاه زیستی: تبدیل گاز سنتز، اقتصاد - طراحی فرایند: رویکرد طراحی ساختار	[1]. De Jong, W., & van Ommen, J. R. (2014). *Biomass as a sustainable energy source for the future: Fundamentals of conversion processes*. John Wiley & Sons.

کالج دانشگاهی لندن (UCL - University College London)

معرفی دانشگاه

کالج دانشگاهی لندن معروف به یو سی ال UCL، دانشگاهی دولتی و تحقیقاتی در بریتانیا می‌باشد که پردیس دانشگاهی اصلی آن در منطقه‌ی بلومزبری، در شهر لندن واقع است. این دانشگاه یک کالج مستقل و قدیمی‌ترین بخش دانشگاه لندن بوده و یکی از دو کالج بنیان‌گذار آن است. یوسی‌ال در ۱۸۲۶ میلادی تحت نام دانشگاه لندن و به‌عنوان جایگزینی سکولار برای دانشگاه‌های آکسفورد و کمبریج تأسیس شد؛ لذا پذیرش در این دانشگاه بدون توجه به دین و اعتقاد دانشجویان صورت می‌گرفت. شعار دانشگاه یوسی‌ال نیز بر این سیاست تأکید دارد: «بگذارید همه آنانی بیایند که با شایستگی خود، سزاوار بهترین پاداش‌ها هستند.»

دلیل انتخاب

سازمان QS در رتبه‌بندی سال ۲۰۱۴ دانشگاه‌های جهان، UCL را پنجمین دانشگاه برتر دنیا دانست. سازمان رتبه‌بندی شانگهای همچنین این دانشگاه را چهارمین مرکز مهم علمی اروپا معرفی کرد.

جدول ۵-۳- دروس کالج دانشگاهی لندن

دسته‌ی اول	دسته‌ی دوم
مهندسی فرایند پیشرفته Advanced Process Engineering	مهندسی بیورآکتور پیشرفته Advanced Bioreactor Engineering
پیشگیری و ایمنی پیشرفته Advanced Safety & Loss Prevention	سیستم‌های زیست‌محیطی Environmental Systems
کنترل و دینامیک فرایند Process Dynamics & Control	تصفیه آب و پساب Water and Wastewater Treatment
مهندسی واکنش شیمیایی Chemical Reaction Engineering	مدیریت پروژه Project Management
پدیده‌های انتقال Transport Phenomena	کارآفرینی ماهرانه Mastering Entrepreneurship
فرایندهای جداسازی Separation Processes	

سیستم‌های ذرات سیال Fluid-Particle Systems	
سیستم‌های انرژی و پایدار پذیر Energy Systems and Sustainability	
طراحی و مدل‌سازی سیستم‌های فرایندی Process Systems Modelling and Design	
ترمودینامیک مولکولی Molecular Thermodynamics	
مهندسی الکتروشیمیایی و منابع قدرت Electrochemical Engineering and Power Sources	
مهندسی شیمی الهام گرفته شده از طبیعت Nature Inspired Chemical Engineering	

نحوه برگزاری دوره کارشناسی ارشد

دوره ارشد در این دانشگاه ۱۸۰ واحدی در نظر گرفته شده است. هر درس نظری در این دانشگاه ۱۵ واحد است. دانشجویان موظف هستند در حداقل ۴ درس یعنی ۶۰ واحد از دسته‌ی اول و حداکثر دو درس یعنی ۳۰ واحد از دسته‌ی دوم را انتخاب نمایند. ۹۰ واحد دیگر این دوره مربوط به پایان‌نامه دانشجویان می‌باشد.

جدول ۶-۳- ساختار برنامه درسی کالج دانشگاهی لندن

نام درس	سرفصل	منابع
کنترل و دینامیک فرایند Process Dynamics & Control	- مدل‌سازی و تجزیه‌وتحلیل رفتار و دینامیک فرایندهای شیمیایی معمولی - توضیح و تجزیه‌وتحلیل فرایندهای شیمیایی در حالت نمودار جعبه‌ای برای نشان دادن همبستگی رفتار با متغیرهای کنترل‌شده، متغیرهای دست‌کاری شده و اختلالات - قابلیت‌های ضروری حلقه کنترل بازخورد (Feedback) و شرایطی که در آن منافع بالقوه ظاهر می‌شوند. - طراحی سیستم کنترلی - کنترل کارخانه گسترده، پیشرفته و پیچیده - ابزار دقیق برای کنترل	[1]. Stephanopoulos, G. (1984). *Chemical process control*. New Jersey: Prentice hall. [2]. Seborg, D. E., Mellichamp, D. A., Edgar, T. F., & Doyle III, F. J. (2010). *Process dynamics and control*. John Wiley & Sons. [3]. Schuler, H. (1996). *Process Dynamics, Modelling, and Control*. Babatunde A. Ogunnaike, W. HArmon Ray. Oxford University Press, Oxford 1995.
مهندسی واکنش شیمیایی Chemical Reaction Engineering	- طراحی راکتور غیر هم‌دما - واکنش‌های متعدد در PFR/CSTR - طراحی راکتور در شرایط غیر پایا - راکتورهای غیر ایده آل و توزیع زمان‌ماند - مقدمه‌ای بر کاتالیزور - انتقال جرم و واکنش در کاتالیزورهای ناهمگن - طراحی راکتورهای بستر ثابت - انتقال جرم و واکنش در محیط گاز یا مایع - طراحی راکتورهای سه فازی	[1]. Fogler, H. Scott (1999). *Elements of chemical reaction engineering*. Prentice-Hall International Inc. [2]. Octave Levenspiel (1998). *Chemical reaction engineering*, 3rd Edition. John Wiley & Sons.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

پدیده‌های انتقال Transport Phenomena	- معادلات موازنه مومنتوم خطی و جرم (فرم لاگرانژی و اویلری) - فشار در داخل یک سیال و مشکل بسته شدن - هم مقیاس سازی معادلات انتقال و تجزیه‌وتحلیل مرتبه بزرگی - نظریه نفوذ (نفوذ جرم، مومنتوم خطی و انرژی) - نظریه لایه مرزی - جریان آشفته (ویژگی‌های جریان آشفته، معادلات انتقال متوسط گیری شده، استرس رینولدز، مشکل بسته شدن، نظریه طول اختلاط، نظریه تولموگروف) - سیالات غیر نیوتونی (نازکی برش، ضخامت برش، میعات بینگهام) - انتقال جرم همراه با واکنش شیمیایی (نظریه‌های نفوذ و فیلم)	[1]. Welty, James R., et al. (1976). *Fundamentals of momentum, heat, and mass transfer*. John Wiley & Sons. [2]. Bird, R. Byron, Warren E. Stewart, and Edwin N. Lightfoot. (1960). *Transport phenomena*. John Wiley & Sons.
پیشگیری و ایمنی پیشرفته Advanced Safety & Loss Prevention	- روش ایجاد شرایط مناسب، اجرا و نظارت - تائید و اعتبار سنجی سیستم ایمنی و مسئولیت حسابرسی - روش‌های اساسی برای شناسایی خطر و توسعه آن (HAZID) - خطر و مطالعات عملکردی آن (HAZOP) - ارزیابی ریسک کمی (QRA) - مطالعات ایمنی - نمونه‌های ایمنی و بهبودهای ایجادشده در آن‌ها - سیستم مدیریت ایمنی - نقش بهداشت و ایمنی - عواقب کلیدی ناشی از تجمع گاز، انفجار، دود - طبقه‌بندی منطقه و حمل‌ونقل	[1]. Lees, Frank and Pergamon (1980). *Loss prevention in the process industries: Hazard identification, assessment and control*. Vol 1 & 2. [2]. Bond, John (1991). *Sources of ignition: flammability characteristics of chemicals and products*. Butterworth. [3]. M Zucrow and JD Hoffman. *Gas dynamics*. John Willey and Sons. Vol 1, 1976, and Vol 2, 1977.
فرایندهای جداسازی Separation Processes	- اصول انتقال جرم شامل: نیروی محرکه، مرحله ایده آل، واحد انتقال جرم، بازده مرحله، روش‌های تماس دو فاز به‌منظور انتقال جرم - تقطیر، جذب و استخراج - تخمین خواص ترمودینامیکی - طراحی و آنالیز روش‌ها - روش‌های گرافیکی آنالیز - طراحی تجهیزات از قبیل طراحی ستون و طراحی داخل ستون - اصول نقشه جریان و شبیه‌سازی انتقال جرم	

دانشگاه فردوسی مشهد

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

مهندسی فرایند پیشرفته Advanced Process Engineering	- دیدگاه ترکیب فرایند و بهینه‌سازی فرایند - برنامه‌نویسی خطی به‌وسیله روش‌های ساده و گرافیکی - معرفی بهینه‌سازی فرایند غیرخطی، شرایط بهینه‌سازی، شرط یک نقطه بهینه، بهینه‌سازی غیر مشروط، بهینه‌سازی مشروط، کاربرد در بهینه‌سازی نقشه جریان - قسمت‌بندی مدل‌سازی سیستم فرایندی - روش‌های حل مسائل بهینه‌سازی قسمت‌بندی شده: برنامه‌نویسی مجتمع، برنامه‌نویسی ترکیبی خطی مجتمع، برنامه‌نویسی ترکیبی غیرخطی مجتمع، ترکیب فرایند با استفاده از شمارش ضمنی - نگاه الگوریتمی به ترکیب سیستم‌های پایدار: شبکه مبدل‌های حرارتی - ترکیب فرایند تحت عدم قطعیت. تجزیه‌وتحلیل انعطاف‌پذیری	[1]. Biegler, Lorenz T., Ignacio E. Grossmann, and Arthur W. Westerberg (1997). *Systematic methods for chemical process design*. Prentice Hall. [2]. Edgar, Thomas F. and David M. Himmelblau (1988). *Optimization of chemical processes*. McGraw-Hill. [3]. Floudas, Christodoulos A. (1995). *Nonlinear and mixed-integer optimization: fundamentals and applications*. Oxford University Press. [4]. Seider, W.D., J.D Seader, D.R Lewin and S. Widagdo (2009). *Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Design*, 3rd Edition.Wiley. [5]. Williams, H. Paul (2013). *Model building in mathematical programming*. Wiley.
سیستم‌های ذرات سیال Fluid-Particle Systems	- اصول سیستم‌های مایع-جامد و جامد-گاز - برهمکنش ذرات سیال - نظریه پایداری بسترسیال - دینامیک حباب - جداسازی و اختلاط ذرات - انتقال جرم و حرارت - رآکتورهای شیمیایی بستر سیالیزه - نظریه هسته‌زایی و رشد بلور - اندازه‌گیری هسته‌زایی و سینتیک رشد - کریستالیزاسیون و کریستالیز کننده - موازنه جمعیت و طراحی کریستالیز کننده	[1]. Gibilaro, L. G. (2001). *Fluidization dynamics*. Butterworth-Heinemann. [2]. Daizo, Kunii, and Octave Levenspiel (1991). *Fluidization engineering*', 2nd Edition. Butterworth-Heinemann. [3]. Mullin, John William (1993). *Crystallization*, 3rd Edition. Butterworth-Heinemann. [4]. Jones, A. G. (2002). *Crystallization process systems*. Butterworth-Heinemann.

دانشگاه فردوسی مشهد

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

سیستم‌های انرژی و پایدار پذیر Energy Systems and Sustainability	- مفهوم انرژی: بازده، سیکل انرژی - کاربرد و منابع انرژی: سوخت‌های معمول، سوخت‌های جایگزین، مسائل جانبی موردتقاضا، تغییر الگوی مصرف انرژی، سناریوهای انرژی آینده - تبدیل انرژی معمول: موتورهای حرارتی، سیستم‌های توربین، شکافت هسته‌ای، انتقال حرارت - انرژی تجدید پذیر: آب، موج، باد، حرارت خورشید، فتوولتائیک، سوخت زیستی، گداخت هسته‌ای و غیره - موضوعات پیشرفته: سلول سوختی، زباله تا انرژی، بهینه‌سازی سیستم‌های انرژی - انرژی در آینده‌ی پایدار: مفهوم پایدار پذیری	[1]. Andrews, J., Jelly, N. (2007). *Energy science: principles, technologies, and impacts*. Oxford University Press. [2]. Breeze, Paul (2005). *Power generation technologies*. Elsevier. [3]. Boyle, Godfrey (2004). *Renewable energy: power for a sustainable future*. Oxford university press. [4]. Boyle, G., Everett, B., Ramage, J. (2003). *Energy systems and sustainability: Power for a sustainable future*. Oxford University Press. [5]. Fanchi, John R. (2004). *Energy: technology and directions for the future*. Elsevier. [6]. Kreith, Frank, and D. Yogi Goswami, eds. (2008). *Energy conversion*. CRC Press. [7]. Jayamaha, Dr Lal. (2006). *Energy-efficient building systems*. McGraw-Hill. [8]. Gevorkian, Peter (2006). *Sustainable Energy System Engineering: The Complete Green Building Design Resource*. McGraw-Hill. [9]. Kreith, F., Kreider, J. F. (2011). *Principles of sustainable energy systems*. CRC Press. [10]. Larminie, James, Andrew Dicks, and Maurice S. McDonald. (2003). *Fuel cell systems explained*. John Wiley and Sons. [11]. O'Hayre, R., S. W. Cha, W. Colella, and F. B. Prinz. (2009). *Fuel cell fundamentals*. John Wiley and Sons. [12]. Ramage, Janet (1997). *Energy: A Guidebook*. Oxford University Press. [13]. Sorensen, B. (2010). *Renewable Energy: Physics, Engineering, Environmental Impacts, Economics & Planning*, 4th Edition. Elsevier.

طراحی و مدل‌سازی سیستم‌های فرایندی Process Systems Modelling and Design	- مهندسی سیستم فرایند - مدل‌سازی فرایند - ترکیب فرایند - بهینه‌سازی فرایند - شبیه‌سازی پویا - طراحی سیستم کنترل	[1]. Felder, Richard M. (2004). *Elementary principles of chemical processes*. Wiley. [2]. McCabe, Warren Lee, Julian Cleveland Smith, and Peter Harriott (2005). *Unit operations of chemical engineering*, 7th Edition. McGraw-Hill. [3]. Towler, Gavin, and Raymond K. Sinnott (2012). *Chemical engineering design: principles, practice and economics of plant and process design*. Butterworth-Heinemann.
ترمودینامیک مولکولی Molecular Thermodynamics	- نظریه‌های تشریح کننده و پیش‌بینی کننده تعادل فازی - مفهوم ترمودینامیک کلاسیک - مفاهیم وابسته به برهمکنش‌های درون مولکولی - روش‌های ترمودینامیک آماری برای پیش‌بینی خواص ماکروسکوپی با استفاده از برهمکنش‌های درون‌مولکولی و دیگر خواص مولکولی - مکانیک آماری، معرفی ابزار مونت‌کارلو و شبیه‌سازی دینامیک مولکولی	[1]. Chandler, David (1987). *Introduction to Modern Statistical Mechanics*. Oxford University Press. [2]. Prausnitz, John M., Rudiger N. Lichtenthaler, and Edmundo Gomes de Azevedo (1998). *Molecular thermodynamics of fluid-phase equilibria*, 3rd Edition. Prentice Hall.
مهندسی الکتروشیمیایی و منابع قدرت Electrochemical Engineering and Power Sources	- پتانسیل استاندارد - معادلات حاکم: Faraday Nernst و Butler Volmer - کلر قلیایی و الکترولیز - خوردگی - نمودار Pourbaix - باتری‌های Pb، Ni cad، NIMH - باتری‌های لیتیومی - سلول‌های سوختی: PEMFC و SOFC - سلول‌های سوختی به‌عنوان یک الکترولیز کننده - الکتروتجزیه - خازن‌ها و دیگر منابع قدرت - مدل‌سازی منابع قدرت الکتروشیمیایی - مشخصه یابی الکتروشیمیایی پیشرفته	[1]. Bard, A.J. and L.R. Faulkner (2001). *Electrochemical methods: fundamentals and applications*. Wiley. [2]. Huggins, Robert (2008). *Advanced batteries: materials science aspects*. Springer Science & Business Media. [3]. Larminie, James, Andrew Dicks, and Maurice S. McDonald (2003). *Fuel cell systems explained*, 2nd Edition. Wiley. [4]. Newman, John, and Karen E. Thomas-Alyea (2004). *Electrochemical systems*, 3rd Edition. John Wiley & Sons. [5]. Mench, Matthew M. (2008). *Fuel cell engines*. John Wiley & Sons. [6]. Prentice, Geoffrey (1990). *Electrochemical engineering principles*. [7]. Root, Michael (2010). *The Tab Battery Book: An in-depth guide to construction, design, and use*. McGraw-Hill.

مهندسی شیمی الهام گرفته شده از طبیعت Nature Inspired Chemical Engineering	این درس به‌عنوان یک روش قدرتمند به‌عنوان راهنمای طراحی فرایندها و مواد جدید برای برنامه‌های کاربردی، اعم از انرژی و بهره‌وری انرژی تا تولید مواد شیمیایی و درمان معرفی شده است. هدف در این درس اعمال اصول مهندسی شیمی به‌منظور کارایی بالاتر (بهره‌وری، مقیاس‌پذیری، استحکام و غیره) می‌باشد که با رویکردهای نوآورانه به حل مشکلات با استفاده از سیستم‌های طبیعت که به‌صورت ایده آلانه به‌منظور بالاترین کارایی ساختار یافته‌اند، می‌پردازد. نکته مهم در این درس این است که حل این مشکلات با آگاهی از زمینه‌های مختلف زیست‌شناسی و برنامه‌های کاربردی فن‌آوری انجام می گیرد.	[1]. Bejan, Adrian (2000). *Shape and structure, from engineering to nature*, Cambridge University Press. [2]. Mandelbrot, Benoit B., and Roberto Pignoni (1983). *The fractal geometry of nature*. San Francisco. [3]. Vicsek, Tamás (1992). *Fractal growth phenomena*, 2nd Edition. World scientific.
مهندسی بیورآکتور پیشرفته Advanced Bioreactor Engineering	- استوکیومتری فرایندهای بیوکاتالیزوری: موازنه جرم، موازنه الکترون و درجه کاهش - مدل‌های عملکردی بیورآکتورها: سینتیک رشد، فرایند ناپیوسته، فرایند نیمه‌پیوسته، فرایند پیوسته - بهینه‌سازی تولید محصول و حداقل سازی هزینه - طراحی بیورآکتور: تخمین اندازه، یک یا چند ظرفی، سیستم اسپارجر و همزن، طراحی برای عملیات ضدعفونی شده و ماندگی. - کنترل و نظارت بیورآکتور: ابزار، تجزیه‌وتحلیل برخط و غیر برخط، الگوریتم‌های کنترل. - استریلیزاسیون بیورآکتور: سینتیک مرگ سلول، سیستم‌های پیوسته و غیر پیوسته، استریلیزاسیون فیلتر گاز و مایع، عملیات محتاط و ایمن. - انتقال اکسیژن: نظریه انتقال جرم و همبستگی، طراحی برای انتقال اکسیژن، اندازه حباب، ماندگی گاز. - اختلاط و مصرف انرژی: تعداد قدرت و طراحی همزن، زمان اختلاط و ناهمگنی رآکتور، اثر هوادهی و رئولوژی محیط کشت. - اثر تنش: تأثیر تنش بر روی هیدرودینامیک و میکروارگانیسم و مفهوم کلموگروف تلاطم. - مشکلات افزای مقیاس فرایندها: اثرات ناهمگنی و اصول برای افزایش مقیاس. - کاهش مقیاس فرایند تخمیر: منفعت‌های کاهش مقیاس فرایند، تجزیه‌وتحلیل رژیم و استراتژی‌های کاهش مقیاس آزمایشگاهی شامل اتوماسیون فرایند. - اساس و اصول کاتالیزورهای زیستی: تولید بیوکاتالیزورها، شکل بیوکاتالیزورها و مفاهیم فناوری rDNA. - ویژگی‌ها و سینتیک بیوکاتالیزورها: تثبیت آنزیم، سینتیک آنزیم آزاد و تثبیت‌شده، مشخصه یابی بیوکاتالیزور. - رآکتورهای بیوکاتالیزوری: معادلات طراحی رآکتور، عملیات و انتخاب راکتور. - بهبود تولید محصول بیورآکتور: پیامدهای بیوکاتالیزورها با دو فاز مایع و حذف محصول از رامتور در محل. - سخنرانی صنعتی: تأثیر فیزیولوژی میکروبی بر روی عملکرد بیورآکتور، روند تخمیر حال و آینده، افزایش و کاهش مقیاس فرایند تخمیر صنعتی، توسعه فرایند تخمیر سریع، کاربرد صنعتی بیوکاتالیزورها، روش‌های ژنتیکی برای بهبود بیوکاتالیزورها.	

سیستم‌های زیست‌محیطی Environmental Systems	- تشریح منابع و ویژگی‌های کلیدی آلوده‌کننده‌های هوا - تشریح اهمیت بیماری‌زایی و چگونگی انتقال آن‌ها از طریق هوا - انجام پایه‌ای روش‌های نمونه‌برداری کیفیت هوای داخلی - نگارش یک گزارش آزمایشگاهی فنی - بحث در مورد تأمین انرژی، منابع انرژی و فناوری - بحث پیرامون گزینه‌های مدیریت زیست‌محیطی برای سیستم‌های انرژی - انجام یک ارزیابی چرخه‌ی زندگی اساسی برای سیستم‌های انرژی - بحث پیرامون منابع و گزینه‌های مدیریت برای مواد زائد جامد صنعتی و شهری - تشریح ویژگی‌های زمین آلوده و روش‌های اصلاح زمین آلوده - تشریح مفهوم ارزیابی ریسک - بحث پیرامون مکانیسم و روش گیاه‌پالایی - تشریح ویژگی‌های آب آلوده و روش‌های اصلاح آن - تشریح آب‌شناسی چرخه آب، دسترسی به آب و منابع - بحث پیرامون روش‌های تأمین آب روش‌های تصفیه آن - بحث پیرامون تأثیر آلودگی‌های زیست‌محیطی بر اکوسیستم‌ها - تشریح علل و عواقب اتروفیکاسیون - تشریح علل و عواقب اسیدی شدن آب‌های طبیعی به دلیل باران‌های اسیدی - تشریح مفاهیم و کاربردهای مهندسی محیط‌زیست و ترمیم اکوسیستم - بحث پیرامون چگونگی ارتباط بین سیستم‌های زیست‌محیطی با یکدیگر	[1]. Boyle, Godfrey (2004). *Renewable energy: power for a sustainable future*. Oxford University Press. [2]. Boyle, Godfrey, Robert Everett, and Janet Ramage (2003). *Energy systems and sustainability*. Oxford University Press. [3]. Jeremy Colls (2002). *Air pollution*. Spon Press. [4]. Masters, Gilbert M., and Wendell Ela (2007). *Introduction to environmental engineering and science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. [5]. McCutcheon, Steven C., and Jerald L. Schnoor (2003). *Phytoremediation*. John Wiley & Sons. [6]. Mitsch, William J., and Sven E. Jørgensen (2004). *Ecological engineering & Ecosystem Restoration*. John Wiley & Sons.
تصفیه آب و پساب Water and Wastewater Treatment	- تشریح اهداف تصفیه آب و پساب - تشریح اهمیت آب نوشیدنی و استانداردهای تخلیه - توضیح و تشریح فرایندهای اساسی فیزیکی، شیمیایی و زیستی تصفیه آب و پساب - تشریح و استفاده از شرایط طراحی اساسی برای فرایندهای تصفیه آب و پساب - طراحی اولیه فرایند تصفیه - نحوه‌ی ترکیب مناسب فرایندهای مختلف - توسعه و بهبود طرح‌های واحدهای تصفیه	[1]. Crittenden, J.C., Trussel, R.R., Hand, D.W., Howe, K.J., Tchoganoglous, G. (2005). *Water treatment: principles and design*, 2nd Edition. John Wiley & Sons. [2]. Droste, Ronald L. (1997). *Theory and practice of water and wastewater treatment*. John Wiley & Sons. [3]. Judd, Simon, and Thomas Stephenson, eds. (2002). *Process science and engineering for water and wastewater treatment*. IWA publishing. [4]. Metcalf & Eddy, Franklin L. Burton, H. David Stensel, and George Tchobanoglous (2003). *Wastewater engineering: treatment and reuse*. McGraw-Hill.

دانشگاه آدلاید (University of Adelaide)

معرفی دانشگاه

دانشگاه آدلاید دانشگاهی عمومی واقع در شهر آدلاید، جنوب استرالیا است. این دانشگاه در سال ۱۸۷۴ تأسیس شد و سومین دانشگاه استرالیا ازنظر قدمت است. پنج نفر از برندگان جایزه نوبل در این دانشگاه حضور داشتند. محوطه اصلی

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

دانشگاه در مرکز شهر آدلاید و در نزدیکی موزه‌های استرالیایی قرار دارد. دانشگاه آدلاید ۴ پردیس هم در خارج از ایالت دارد.

دلیل انتخاب

در رتبه‌بندی سال ۲۰۱۱ دانشگاه‌ها (QS) دانشگاه آدلاید در رتبه ۹۲ قرار دارد که هشتمین دانشگاه برتر استرالیاست. در رتبه‌بندی سال ۲۰۱۰ این مؤسسه، دانشگاه آدلاید استرالیا در رتبه ۱۰۳ و در سال ۲۰۰۹ در رتبه ۸۱ قرار داشت.

۳-۷- جدول دروس دانشگاه آدلاید

دروس اصلی	دروس اختیاری
ارتباطات مهندسی و تفکر بحرانی Engineering Communication & Critical Thinking	فناوری احتراق و کنترل انتشار Combustion Technology & Emissions Control
مکانیک ذرات و سیالات چند فازی Multi-Phase Fluid & Particle Mechanics	تصفیه آب و پساب Water & Waste Water Treatment
طراحی رآکتور و سینتیک Kinetic & Reactor Design	مهندسی و علم مواد Material Science & Engineering
مدیریت پروژه کاربردی ۱ Applied Project Management 1	فرایندهای انتقال در محیط‌زیست Transport Processes in the Environment
فرایندهای جداسازی Separation Processes	ترکیب فرایند و آنالیز پینچ Pinch Analysis and Process Synthesis
شبیه‌سازی و طراحی مفهوم Simulation & Concept Design	پیرومتالورژی Pyrometallurgy
سیستم‌های مدیریت کسب‌وکار Business Management Systems	ایمنی کارخانه و ارزیابی ریسک Process Plant Safety & Risk Assessment
روش‌های تحقیق و آمار Research Methods and Statistics	سوخت‌های زیستی، زیست‌توده و زباله‌ها Biofuels, Biomass and Wastes
	کنترل فرایند و ابزار دقیق Process Control & Instrumentation
	هیدرو متالورژی و الکترومتالورژی Hydrometallurgy & Electrometallurgy

جدول ۸-۳- ساختار برنامه درسی دانشگاه آدلاید

نام درس	سرفصل	منابع
ارتباطات مهندسی و تفکر بحرانی Engineering Communication & Critical Thinking	- دانش انضباط عمیق - تفکر بحرانی و حل مشکلات - کار تیمی و روش‌های ارتباط - آمادگی شغلی و رهبری - صلاحیت اخلاقی و بین فرهنگی - خودآگاهی و هوش هیجانی	[1]. Beer, D &McMurrey (2005). *A Guide to Writing as an Engineer*, 2nd Edition. John Wiley and Sons. [2]. Huckin, T & Olsen (1991). *Technical Writing and Professional Communication for Nonnative Speakers of English*, 2nd Edition. McGraw-Hill. [3]. Weissberg, R & Buker, S. (1990). *Writing up Research*. Prentice Hall, Englewood

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

Cliffs.		
مکانیک ذرات و سیالات چند فازی Multi-Phase Fluid & Particle Mechanics	- سیستم‌های دارای ذرات ریز: تعریف، مشخصه یابی، طبقه‌بندی - مکانیک ذرات در یک سیال: ذرات سخت، ذرات ناپایدار (حباب‌ها و قطرات)، سامانه‌های چند ذره‌ای - حرکت سیال از میان محیط متخلخل: جریان تک فاز، جریان دوفازی (همسو و ناهم‌سو) - ته‌نشینی: ته‌نشینی ناپیوسته، پیوسته، نیمه‌پیوسته، طراحی و تجزیه‌وتحلیل تیکنر - سیال‌سازی: نظریه، سیال‌سازی ذرات، سیال‌سازی لخته کننده - فیلتریزاسیون: نظریه، فرایند فیلتریزاسیون ناپیوسته، فیلتریزاسیون پیوسته - انتقال سیال–جامد: انتقال بادی جامدات از طریق خط لوله، انتقال آبی جامدات از طریق خط لوله	[1]. Coulson, JM & Richardson JF (1996). *Chemical Engineering*, V.2, 4th Edition. Butterworth-Heinemann, Oxford. [2]. Foust, AS et al. (1980). *Principles of Unit Operations*, 2nd Edition. Wiley and Sons, New York. [3]. Perry, RH & Green, DW. (1998). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th Edition. McGraw-Hill, New York.
طراحی رآکتور و سینتیک Kinetic & Reactor Design	- مقدمه و اصول طراحی - رآکتورهای ناپیوسته هم‌دما - رآکتورهای جریان پلاگ لوله‌ای هم‌دما - رآکتور همزن‌دار پیوسته هم‌دما - طراحی راکتور برای سیستم‌های چند واکنشی - واکنش‌های زیستی و بیورآکتورها - طراحی رآکتور غیر هم‌دما - کاتالیزور و رآکتورهای کاتالیزوری	[1]. Fogler, HS. (2005). *Elements of Chemical Reaction Engineering*, 4th Edition. Prentice Hall. [2]. Schuler, ML & Kargi, F. (2002). *Bioprocess Engineering*, 2nd Edition. Prentice Hall.
مدیریت پروژه کاربردی ۱ Applied Project Management 1	- مقدمه، محتوای پروژه و اصول - مدل‌های مدیریت پروژه - حوزه‌های مدیریت - مدیریت زمان پروژه - مدیریت هزینه - یکپارچه‌سازی یا ادغام پروژه - سیستم‌های تحویل پروژه - مدیریت کیفیت - مدیریت نیروی انسانی - مدیریت ارتباطات - مدیریت ریسک - تدارکات و ذینفعان	[1]. Meredith, JR & Mantel, S. (2011). *Project management: A managerial Approach*, 8th Edition. Wiley. [2]. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, 5th Edition. Project Management Institute (PMI), 2013. [3]. Gray, C & Larson, E. (2000). *Project management*. McGraw-Hill. [4]. Kerzner, H. (2009). *A project management: A systems approach to planning, scheduling and contracting*. Wiley.
فرایندهای جداسازی Separation Processes	- مقدمه‌ای بر فرایندهای جداسازی: عملیات واحد، تعاریف، مفاهیم، روش‌ها، اصطلاحات - تعادل فازی: قانون گیبس، ثابت تعادل، ضریب جداسازی، دیاگرام آنتالپی ترکیب، بخار–مایع، مایع–مایع، مایع–جامد - عملیات‌های مرحله‌ای: محاسبات مرحله تعادلی (تک مرحله، عملیات‌های مرحله‌ای جریان متقابل همراه با رفلاکس و بدون رفلاکس)، روش‌های مرحله ساده‌شده، نرم‌افزار ChemSOF - عملیات‌های تماس پیوسته: مقدمه، نظریه انتقال جرم، ارتفاع بستر پرشده (توسعه معادلات طراحی)، واحدهای انتقال (مفهوم و محاسبات)، روش‌های تماس ساده‌شده	[1]. Foust A S et al. *Principles of Unit Operations*, 2nd Edition. John Wiley & Sons, NY. [2]. Geankoplis C J. *Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operations)*, 4th Edition. Prentice Hall, NJ. [3]. King C J. *Separation Processes*, 2nd Edition. McGraw-Hill, NY. [4]. McCabe W L Et al. *Unit Operations of Chemical Engineering*, 4th Edition. McGraw-Hill. [5]. Perry R H & Green D W. (1997). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

Edition. McGraw-Hill, NY. [6]. Seader J D & Henley E J. *Separation Process Principles*, 2nd Edition. John Wiley & Sons, NY. [7]. Treybal R E. *Mass Transfer Operations*, 3rd Edition. McGraw-Hill.		
[1]. Seider, WD, Seader JD & Lewin, DR. (2009). *Product and Process Design Principles Synthesis, Analysis and Evaluation*, 3rd Edition. John Wiley & Sons. [2]. Biegler, LT, Grossmann EL & Westerberg, AW. (1997). *Systematic Methods of Chemical Process Design*. Prentice Hall. [3]. Douglas, JM. (1998). *Conceptual Design of Chemical Processes*. McGraw-Hill. [4]. Ray, MS & Johns DW. (1989). *Chemical Engineering Design Project a Case Study Approach*. Gordon and Breach. [5]. Peters, MS & Timmerhaus, KD. (2002). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. McGraw-Hill. [6]. Baasel, WD. (1990). *Preliminary Chemical Engineering Plant Design*, 2nd Edition. Van Nostrand Reinhold. [7]. Turton, Bailie, Whiting, Shaelwitz (1998). *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ. [8]. Silla, H (2003). *Chemical process engineering: design and economics*. [9]. Kayode, A (2003). *Ludwig's applied process design for chemical and petrochemical plants*.	- مقدمه‌ای بر طراحی فرایند - ترکیب فرایند مقدماتی - شبیه‌سازی فرایند - پروژه طراحی	شبیه‌سازی و طراحی مفهوم Simulation & Concept Design
	- ارتباطات حرفه‌ای مؤثر - برنامه‌ریزی فناوری - مسئولیت اجتماعی و حاکمیت - قوانین و گزارشات - ارزیابی مالی - سیستم‌های مدیریت کسب‌وکار - مدیریت ایمنی و ریسک - ایمنی سیستم - BMS در حال استفاده - حاکمیت مهندسی - سیستم مدیریت مهندسی - سایر توابع	سیستم‌های مدیریت کسب‌وکار Business Management Systems
[1]. Higham, N. J. (1998). *Handbook of writing for the mathematical sciences*. Siam.	- مقدمه، رئوس مطالب، هدف - مسئولیت‌پذیری و انتظارات یک دانشجوی تحصیلات	روش‌های تحقیق و آمار Research Methods and Statistics

	تکمیلی، تفاوت پروژه تحقیقاتی با سایر بخش‌های تحصیلی، اهمیت کار تیمی، کار مؤثر با استاد راهنما - فرایند تحقیق، ارتباط بین آمار و پروژه، تکرارپذیری و قابلیت انتقال پژوهش - اخلاق و مسئولیت پژوهش، اخلاق در علم چیست؟ نیازهای دانشجویان چیست؟ - روش‌های ارتباطی در محتوی پروژه‌های پژوهشی، نیازمندی‌ها، فرایند نگارش - آناتومی پایان‌نامه، مقدمه قانع کننده، مرور ادبیات پژوهش، نگارش علمی آموزنده - مدیریت اطلاعات، پاک‌سازی اطلاعات، ذخیره‌سازی اطلاعات - پشتیبان گیری و کنترل ویرایش، الزامات و روش‌های نگهداری اطلاعات - بررسی آمار، هیستوگرام، میانگین نمونه، واریانس نمونه و انحراف معیار - خلاصه‌ای از پنج عدد، نمودارهای Scatter، کوواریانس نمونه، همبستگی نمونه - نظریه احتمال اساسی ۱: محورهای احتمالی، قواعد احتمالی، احتمال شرطی - نظریه احتمال اساسی ۲: قانون احتمال کل، نظریه Bayes، پدیده‌های مستقل - متغیر تصادفی گسسته ۱: توزیع‌های هندسی، دوجانبه و برنولی - متغیر تصادفی گسسته ۲: فرایند پوآسون، توزیع پوآسون، میانگین، واریانس و انحراف استاندارد - متغیر تصادفی پیوسته: توزیع نمایی، لگاریتمی نرمال، نرمال و یکدست - توزیع دومتغیره: متغیرهای تصادفی مستقل، کوواریانس، همبستگی - ترکیب خطی متغیرهای تصادفی - نمونه تصادفی، آمار، توزیع میانگین نمونه، قضیه حدود مرکزی - تخمین آماری، تخمین نقطه‌ای، خطاهای استاندارد، فاصله اطمینان - آزمون نظریه‌های آماری، اهمیت و P-values - یک نمونه، دو نمونه مستقل و آزمون T جفت شده، استنباط نسبت‌ها - محاسبه‌ی اندازه نمونه، حاشیه خطا، قدرت آمار - برازش خطی، برآورد حداقل مربعات، استنتاج، پیش‌بینی، بررسی مدل - برازش خطی چندگانه	
تصفیه آب و پساب Water & Waste Water Treatment	- تصفیه آب شرب - چرخه هیدرولوژیکی - شیمی آب - مخزن آب - عملیات واحد: تصفیه آب شرب	[1]. Cornwell, D.A. & Davis, M.L. (2008). *Introduction to environmental engineering*. McGraw-Hill, Boston. [2]. Stensel, H.D., Burton, F.L., Tchobanoglous, G., Metcalf & Eddy (2003). *Wastewater*

	- طراحی کارخانه‌های تصفیه - تصفیه پساب - ویژگی‌های پساب - فرایندهای تصفیه اولیه، ثانویه و ثالثیه - دفع لجن - طراحی کارخانه‌های تصفیه	*engineering: treatment and reuse*. McGraw-Hill, Boston.
مهندسی و علم مواد Material Science & Engineering	- مواد اساسی - فلزها - پلیمرها - سرامیک‌ها - کامپوزیت‌ها - مواد پیشرفته - مواد الکترونیکی - مواد مغناطیسی - مواد نوری - مهندسی خوردگی - الکتروشیمی - مکانیسم‌های خوردگی - پیشگیری از خوردگی	[1]. Callister W.D. *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 7th Edition. Wiley. [2]. K. R. Tretheway and J. Chamberlain. *Corrosion for Science and Engineering*, 2nd Edition. Longman.
فرایندهای انتقال در محیط‌زیست Transport Processes in the Environment	- معرفی سیستم‌های فرایند - سینتیک - مدل‌های راکتور و راکتورهای ایده آل - شیمی آب - سرنوشت و اثرات آلودگی - پراکندگی Plume - آلودگی هوا - اثر گلخانه‌ای - تابش و استخراج اورانیوم	[1]. Fogler, H. S. (1986). *Elements of Chemical Reaction Engineering*. Prentice-Hall. [2]. Masters, G.M. (1998). *Introduction to Environmental Engineering and Science*, 2nd Edition. Prentice-Hall.
ترکیب فرایند و آنالیز پینچ Pinch Analysis and Process Synthesis	- ماژول‌های مقدماتی: بررسی مواد، تعاریف، مبدل حرارتی و اصول پینچ - آنالیز پینچ: آنالیز پینچ چیست؟، تاریخچه، مفهوم ترکیب فرایند، نقش ترمودینامیک - مفاهیم کالیدی: بازیابی حرارت و مبدل حرارتی، مفاهیم پایه، نمودار آنتالپی–دما، منحنی‌های ترکیبی، جدول مسئله، منحنی ترکیبی بزرگ (GCC)، منحنی ترکیبی تحریک‌شده - پینچ و اهمیت آن - طراحی شبکه مبدل حرارتی: نمایش نقطه‌ای شبکه، طراحی شبکه رایج، بازیابی انرژی حداکثر، استراتژی طراحی - انتخاب ΔT_{min}: پیامدهای انتخاب ΔT_{min} - روش‌شناسی آنالیز پینچ: محدوده‌ی روش‌های آنالیز پینچ، چگونگی انجام مطالعه پینچ - استخراج اطلاعات: موازنه جرم و حرارت، محاسبه‌ی بارهای حرارتی، دستورالعمل خلاصه، هدف‌گذاری انرژی - طراحی شبکه مبدل حرارتی: تجهیزات مبدل‌های حرارتی، تقسیم جریان، تکمیل شبکه - استفاده از فناوری: چگونگی انجام آنالیز پینچ، نمونه‌های انجام‌شده، طراحی شبکه و هدف‌گذاری، تجربیات صنعتی	[1]. Kemp I C. (2007). *Pinch Analysis and Process Integration: A user guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy*, 2nd Edition. IChemE Publications-Butterworth-Heinemann, Oxford, 2007. [2]. Linnhoff B. (1997). *Introduction to Pinch Analysis in: Developments in the Design of Thermal Systems*. Cambridge University Press, Cambridge. [3]. Seider W D, Seader J D, Lewin D R and Widagdo S. (2009). *Product and Process Design Principles – Synthesis, Analysis and Evaluation*, 3rd Edition. John Wiley & Sons, NY.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

پیرومتالورژی Pyrometallurgy	- مقدمه: جایگاه پیرومتالورژی در چرخه‌ی حیات ترکیبات فلزی - آگلومراسیون: پختن و پلت سازی، انتقال گرما و احتراق - ترمیودینامیک عملیات پیرومتالورژی: تأثیر ترمودینامیک بر انتخاب فرایند، تعیین و استفاده از سطوح برتری و نمودار الینگام، دیاگرام‌های فازی، پیش‌بینی عوامل کاهنده مناسب و دمای فرایند، سینتیک واکنش، جوهای کوره، پالایش حرارتی، شناسایی ترکیبات فلزی که به‌وسیله فرایندهای حرارتی کاهش نمی‌یابند - شیمی‌فیزیک فرایندهای پیرومتالورژی: ساختار و خواص سرباره، واکنش‌های سرباره فلزی و اهمیت آن‌ها، اکسایش و کاهش فلزات و اهمیت آن - پدیده‌های انتقال در فرایندهای پیرومتالورژی: کوره بسترسیال، آئرودینامیک کوره انفجار و کنترل، فولادسازی اکسیژنی اساسی، پالایش الکترولیتی پیرومتالورژی - مرور فرایند: ذوب و پالایش مس، تولید آهن و فولاد، ذوب و پالایش سرب، ذوب نیکل، تولید روتیل مصنوعی، تولید تیتانیوم و حرارت دهی روی	[1]. J.J. Moore (1990). *Chemical Metallurgy*, 2nd Edition. Butterworths. [2]. Y.K. Rao (1985). *Stoichiometry and Thermodynamics of Metallurgical Processes*. Cambridge University Press. [3]. J.D. Gilchrist (1989). *Extraction Metallurgy*, 3rd Edition. Pergamon Press. [4]. Guthrie, R.I.L. (1992). *Engineering in Process Metallurgy*. Clarendon Press.
سوخت‌های زیستی، زیست‌توده و زباله‌ها Biofuels, Biomass and Wastes	- مقدمه: موقعیت حاضر و بررسی منابع انرژی مختلف - بررسی انرژی زیست‌توده - احتراق زیست‌توده - تبدیل ترموشیمیایی زیست‌توده - انرژی زباله‌ها - مسائل و فرصت‌های انرژی زیست‌توده	[1]. de Nevers, N. *Air pollution control engineering*, 2nd Edition. McGraw-Hill.
کنترل فرایند و ابزار دقیق Process Control & Instrumentation	- توسعه مدل و معادلات دیفرانسیل: حل معادلات دیفرانسیل، استفاده از تبدیل لاپلاس، توسعه مدل‌های دینامیک، خطی سازی معادلات دیفرانسیل غیرخطی با بسط تیلور، معکوس تبدیل لاپلاس، بسط کسری جزئی - نمودارهای بلوک: سیستم‌های حلقه بسته، ریاضیات نمودار بلوک - پاسخ‌های پله و الگوریتم‌های کنترل‌کننده: پاسخ‌های پله سیستم‌های درجه اول و دوم، کنترل PID – عناصر ساده متناسب، حالت یکپارچه و مجزا، کنترل‌کننده‌های ایده آل و دنیای واقعی - توابع انتقال پیچیده‌تر: سیستم‌های درجه بالاتر، پاسخ معکوس، زمان تلف‌شده - پایداری: مقدمه، قطب‌ها و ریشه‌ها، نمودار Argand، آرایه Routh، نمودار ریشه Locus، درجه آزادی - تنظیم کنترل‌کننده و برازش مدل: توسعه مدل با استفاده از داده‌های کارخانه، روش‌های تنظیم Cohen Coon و Zeigler Nichols - ابزار دقیق: سنسورها و تبدیل‌کننده‌ها، انتقال داده، دقت و تکرارپذیری، عنصر نهایی در حلقه کنترل، اندازه‌گیرهای فشار، دما، سطح و جریان - عناصر نهایی: کنترل سرعت موتور، شیر کنترل- ویژگی‌های ذاتی و نصب‌شده، PID	[1]. Stephanopoulos, G. (2005). *Chemical Process Control; An Introduction to Theory & Practice*. Prentice-Hall. [2]. Seborg, DE, Edgar TF & Mellichamp DA. (2008). *Process Dynamics & Control*, 2nd Edition. John Wiley.
هیدرو متالورژی و الکترومتالورژی	- نظریه لیچینگ: سینتیک و خواص ترمودینامیکی فرایند و چگونگی کنترل آن‌ها و تأثیرشان بر سرعت واکنش فرایند	[1]. Michael L. Free (2013). *Hydrometallurgy – Fundamentals and*

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

Hydrometallurgy & Electrometallurgy	- عملیات لیچینگ: درک فرایندهای مختلفی که برای استخراج مواد معدنی مختلف استفاده می‌شود - جداسازی مایع-جامد: درک چگونگی جداسازی محصولات ارزشمند از باقی‌مانده - استخراج حلال - تبادل یون: استفاده از تبادل یون به‌منظور افزایش غلظت فلز ارزشمند در محلول - ترسیب و کریستالیزاسیون: درک روش‌های موجود به‌منظور ترسیب جز خاص جهت تولید محصول با ارزش تا افزایش غلظت فلز ارزشمند - فرایندهای غشایی: نحوه‌ی استفاده از غشا در صنعت به‌منظور افزایش غلظت مواد معدنی ارزشمند و یا حذف اجزا نامطلوب - کاهش تماس و سیمان‌سازی: درک چگونگی عملکرد این روش ساده به‌منظور جداسازی فلز از محلول - Electrowinning و Electrorefining: درک چگونگی استفاده از این فرایند برای به دست آوردن فلزات از محلول و پالایش آن‌ها - فلزات گران‌بها: درک فرایند بازیابی فلزات گران‌بها از محلول و لجن	*Applications*. Wiley. [2]. Robert C. Merritt (1971). *Extractive Metallurgy of Uranium.* [3]. Schlesinger, M. E., King, M. J., Sole, K. C. & Davenport, W. G. *Extractive Metallurgy of Copper*, 5th Edition.

دانشگاه فردوسی مشهد

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

۳-۲- ماتریس بررسی نقاط اشتراک و افتراق

ترمودینامیک پیشرفته

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
مؤسسه فناوری ماساچوست	✓		Chemical Engineering Thermodynamics
دانشگاه صنعتی دلفت	✓		Molecular Thermodynamics
کالج دانشگاهی لندن	✓		Molecular Thermodynamics
دانشگاه آدلاید		✓	

سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
مؤسسه فناوری ماساچوست	✓		Chemical Reactor Engineering
دانشگاه صنعتی دلفت	✓		Reactor and Kinetics, Multiphase Reactor Engineering
کالج دانشگاهی لندن	✓		Chemical Reaction Engineering
دانشگاه آدلاید	✓		Kinetic & Reactor Design

انتقال جرم پیشرفته

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
مؤسسه فناوری ماساچوست	✓		Analysis of Transport Phenomena
دانشگاه صنعتی دلفت	✓		Advanced Physical Transport Phenomena, Applied Transport Phenomena
کالج دانشگاهی لندن	✓		Transport Phenomena
دانشگاه آدلاید		✓	

مکانیک سیالات پیشرفته

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
مؤسسه فناوری ماساچوست	✓		Analysis of Transport Phenomena
دانشگاه صنعتی دلفت	✓		Advanced Physical Transport Phenomena, Applied Transport Phenomena
کالج دانشگاهی لندن	✓		Transport Phenomena
دانشگاه آدلاید		✓	

انتقال حرارت پیشرفته

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
مؤسسه فناوری ماساچوست	✓		Analysis of Transport Phenomena
دانشگاه صنعتی دلفت	✓		Advanced Physical Transport Phenomena, Applied Transport Phenomena
کالج دانشگاهی لندن	✓		Transport Phenomena

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

دانشگاه آدلاید		✓	

ریاضیات مهندسی پیشرفته

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
مؤسسه فناوری ماساچوست		✓	
دانشگاه صنعتی دلفت		✓	
کالج دانشگاهی لندن		✓	
دانشگاه آدلاید		✓	

محاسبات عددی پیشرفته

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
مؤسسه فناوری ماساچوست	✓		Numerical Methods in Chemical Engineering
دانشگاه صنعتی دلفت	✓		Applied Numerical Mathematics
کالج دانشگاهی لندن		✓	
دانشگاه آدلاید		✓	

فرایندهای جداسازی غشایی

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
مؤسسه فناوری ماساچوست		✓	
دانشگاه صنعتی دلفت	✓		Separation Processes, Design and Operation
کالج دانشگاهی لندن		✓	
دانشگاه آدلاید		✓	

روش‌های خاص جداسازی

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
مؤسسه فناوری ماساچوست		✓	
دانشگاه صنعتی دلفت	✓		Separation Processes, Design and Operation
کالج دانشگاهی لندن		✓	
دانشگاه آدلاید		✓	

جدول ۹-۳-دروس غیرمشترک در دانشگاه‌های خارج

مؤسسه فناوری ماساچوست	دانشگاه صنعتی دلفت	کالج دانشگاهی لندن	دانشگاه آدلاید
Systems Engineering	Molecular Transport Phenomena	Advanced Design Project	Engineering Communication & Critical Thinking
Biochemical Engineering	Process Dynamics & Control	Process Dynamics & Control	Multi-Phase Fluid & Particle

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

Mechanics			
Applied Project Management 1	Advanced Safety & Loss Prevention	Interfacial Engineering	Metabolic and Cell Engineering
Simulation & Concept Design	Advanced Process Engineering	Separation Processes, Design and Operation	Synthesis of Polymers
Business Management Systems	Fluid-Particle Systems	Chemical Technology	Engineering Nanotechnology
Research Methods and Statistics	Energy Systems and Sustainability	Heterogeneous Catalysis for Chemical Engineering	Crystallization Science and Technology
Combustion Technology & Emissions Control	Process Systems Modelling and Design	Scale Up/Scale Down	Industrial Chemistry and Chemical Process Pathways
Water & Waste Water Treatment	Electrochemical Engineering and Power Sources	Computational Transport Phenomena	Atmospheric Physics and Chemistry
Material Science & Engineering	Nature Inspired Chemical Engineering	Nanoparticle Technology	Electrochemical Energy Systems
Transport Processes in the Environment	Advanced Bioreactor Engineering	Process Intensification	
Pinch Analysis and Process Synthesis	Environmental Systems	Energy from Biomass	
Pyrometallurgy	Water and Wastewater Treatment		
Process Plant Safety & Risk Assessment			
Biofuels, Biomass and Wastes			
Process Control & Instrumentation			
Hydrometallurgy & Electrometallurgy			

۳-۳- دلالت‌های بررسی دانشگاه‌های دنیا

همان‌طور که مشاهده شد درس طراحی راکتور پیشرفته در تمامی دانشگاه‌های موردبررسی جزء برنامه درسی قرار گرفته است که این موضوع اهمیت نیاز دانشجویان به مباحث این درس را نشان می‌دهد. همچنین درس ریاضیات مهندسی پیشرفته در هیچ‌کدام از دانشگاه‌های موردبررسی تدریس نمی‌شود؛ که نظر اساتید در مورد این درس به شرح زیر است:

- در بسیاری از دانشگاه‌های معتبر خارج کشور بخشی از مباحث ریاضیات مهندسی پیشرفته در قالب دروس ریاضیات مهندسی و غیره در دوره کارشناسی ارائه می‌شود و به همین جهت درس ریاضیات مهندسی پیشرفته در لیست آن‌ها قرار ندارد. به نظر این‌جانب ارائه این درس از اولویت زیادی برخوردار است.
- درس ریاضیات پیشرفته به بحث مدل‌سازی فرایندهای شیمیایی می‌پردازد ولی حل عددی این معادلات در درس محاسبات عددی پیشرفته ارائه می‌گردد.

- اگر قرار باشد ازلحاظ نظری یک پدیده مدل شود طبیعتاً به درس ریاضیات مهندسی پیشرفته نیاز است، مگر اینکه اصولاً بخواهیم درس‌های مدل‌سازی را حذف نماییم.
- کمک به حل معادلات موجود که با توجه به پیشرفت علوم برنامه‌نویسی و کامپیوتری نقش این درس کم‌رنگ شده است.
- به نظر می‌رسد که محاسبات عددی پیشرفته یا دروسی مانند شبیه‌سازی و مدل‌سازی پیشرفته ارجحیت دارد.

با توجه به این نظرات وجود این درس در برنامه درسی به‌عنوان درسی انتخابی مفید می‌باشد.

از طرفی دانشگاه آدلاید در رشته مهندسی شیمی گرایش جداسازی بیشتر به مسائل مدیریتی در کنار مسائل مهندسی پرداخته است که باعث تطابق کمتر این دانشگاه با سایر دانشگاه‌ها شده است.

همچنین با توجه به برنامه درسی مشخص شده است که دروس دو دانشگاه ام‌آی‌تی و صنعتی دلف از هم‌پوشانی نسبتاً خوبی با فردوسی برخوردار هستند. این در حالی است که دانشگاه‌های دیگر دارای سرفصل‌های متفاوتی نسبت به دانشگاه فردوسی مشهد هستند که البته می‌توان آن را به تخصص اساتید مربوطه نیز نسبت داد. به‌طوری‌که یکی از دلایل اصلی ارائه دروس خاص در هر دانشگاه حضور اعضای هیئت‌علمی متخصص در این زمینه با دارا بودن مقالات علمی متعدد می‌باشد.

دروس متفاوت دانشگاه‌های خارج از کشور نشان می‌دهد که دروس اختیاری متعدد و حق انتخاب دانشجویان برای گذراندن این دروس از ویژگی‌های بارز دانشگاه‌های خارج بوده و دانشجویان بر اساس علاقه خود دروس اختیاری را انتخاب می‌کنند. این دروس از رشته‌ها و گرایش‌های مختلف می‌باشند.

دانشگاه فردوسی مشهد
شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

فصل چهارم

بررسی تجربیات دانشگاه‌های برتر ایران

۱-۴- برنامه درسی رشته مهندسی شیمی در دانشگاه‌های برتر ایران

دانشگاه تهران

معرفی دانشگاه

دانشگاه تهران بزرگ‌ترین مرکز آموزش عالی در ایران است که در سال ۱۳۱۳ خورشیدی به دستور رضاشاه تأسیس شد. دانشگاه تهران هم‌اکنون دارای ۲۵ دانشکده، ۹ پردیس و ۱۱ مرکز پژوهشی است و از استادان مجرب ایرانی در بیشتر رشته‌ها بهره می‌گیرد. برند دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۲ در دهمین جشنواره ملی قهرمانان صنعت ایران به‌عنوان یکی از ۱۰۰ برند برتر ایران شناخته شد.

دلیل انتخاب

دانشگاه تهران (بدون احتساب دانشگاه علوم پزشکی) در سال ۲۰۰۹ در رتبه‌بندی SCImago (که بر اساس تعداد مقالات علمی مؤسسات تحقیقاتی دولتی و آموزش عالی کشورهای مختلف موجود در دیتابیس Scopus از انتشارات Elsevierبه‌دست‌آمده است) در رتبه ۳۰۸ جهان قرار داشت (که در تمام خاورمیانه پس از چهار دانشگاه اسرائیلی در رتبه پنجم قرار داشت). بر اساس جدیدترین رتبه‌بندی دانشگاه‌های دنیا در جولای سال ۲۰۱۱ و بر اساس وب‌سنجی، دانشگاه تهران برترین دانشگاه ایران می‌باشد؛ دانشگاه تهران با رتبه جهانی ۷۰۸، در شاخص اندازه صفحات وب امتیاز ۵۰۲، در شاخص قابلیت مشاهده از سوی دیگران امتیاز ۹۶۱، در شاخص پَروَنجاهای قابل‌دسترسی امتیاز ۷۸۸ و در شاخص میزان ارجاعات امتیاز ۳۸۴ را به دست آورده است. این در حالی است که رتبه این دانشگاه در آخرین نسخه‌ای که از رتبه‌بندی وبومتریک در ماه مرداد منتشر شد، ۹۳۸ اعلام شده بود. بر اساس نظام رتبه‌بندی بین‌المللی دانشگاهی شانگهای، در رتبه‌بندی دانشگاه‌های جهان در سال ۲۰۱۴، دانشگاه تهران رتبه ۵۶۶ را بین دانشگاه‌های برتر جهان کسب کرد. در سال ۲۰۱۵ نیز در نظام رتبه‌بندی شانگهای این دانشگاه در رتبه ۳۰۰–۲۰۱ و در رشته‌های فنی و مهندسی نیز در رتبه ۷۵–۵۱ و در بین ۱۰۰ دانشگاه برتر جهان قرار گرفت.

جدول ۱-۴- دروس دانشگاه تهران

دروس اصلی	دروس اختیاری
ریاضیات مهندسی پیشرفته	کنترل پیشرفته
طراحی راکتور پیشرفته	فرایندهای پالایش پیشرفته
ترمودینامیک پیشرفته	طراحی واحدهای عملیاتی
مکانیک سیالات پیشرفته	فناوری پینچ
انتقال جرم پیشرفته	پدیده‌های سطحی
انتقال حرارت پیشرفته	شبیه‌سازی فرایند پیشرفته
جداسازی چند جزئی	استخراج مایع-مایع پیشرفته
	فناوری سیالات فوق بحرانی

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

	طراحی آزمایش‌ها و آمار کاربردی
	مهندسی هسته‌ای
	فرایند اختلاط
	انرژی‌های پایدار
	فرایند پیشرفته جذب سطحی

نحوه برگزاری دوره کارشناسی ارشد

دوره ارشد ۳۲ واحدی است که ۲ واحد مربوط به سمینار، ۶ واحد مربوط به پایان‌نامه و ۲۴ واحد مربوط به دروس نظری است. دانشجویان دروس اصلی را باید بگذراند که در این دروس از بین دروس پدیده‌های انتقال، دو درس را باید بگذرانند که در مجموع ۶ درس گذرانده می‌شود که معادل ۱۸ واحد درسی است. ۶ واحد باقیمانده از بین دروس اختیاری باید انتخاب گردد. همچنین دانشجویان می‌توانند درس پدیده‌های انتقال باقیمانده را به‌عنوان درس اختیاری انتخاب کنند.

جدول ۲-۴- ساختار برنامه درسی دانشگاه تهران

نام درس	سرفصل	منابع
ریاضیات مهندسی پیشرفته	-مروری بر ماتریس‌ها و خواص آن‌ها، نظریه اپراتور در جهت حل دستگاه‌های معادلات دیفرانسیل -مروری بر خواص معادلات خاص با ضرایب متغیر (معادلات بسل، لژاندر، لاگرانژ، هرمیت و چیپی شر) و بسط سری‌های متعامد -حل معادلات دیفرانسیل پاره‌ای: جداسازی متغیرها، تبدیل معادلات غیر همگن، تبدیل شرایط مرزی غیر همگن به شرایط مرزی همگن، حذف ترم‌های جابجایی و منبع در معادلات دیفرانسیل پاره‌ای، روش‌های تبدیل انتگرالی (تبدیل سینوسی و کسینوسی فوریه، تبدیل محدود سینوسی و کسینوسی، تبدیل هنگل)، حل مسائل پیچیده خطی، معادلات لاپلاس در مختصات کارتزین و استوانه‌ای (دوبعدی و سه‌بعدی)، معادلات لاپلاس در مختصات کروی (دوبعدی)، معادله پواسون. -استفاده از روش‌های تابع گرین جهت حل معادلات دیفرانسیل معمولی و پاره‌ای در مهندسی شیمی	[1]. Farlow, S. J. (1993). *Partial differential equations for scientists and engineers*. Courier Corporation. [2]. Jenson, Victor George, and Godfrey Vaughan Jeffreys (1977). *Mathematical methods in chemical engineering*. Elsevier. [3]. Aris, Rutherford, and Neal Russell Amundson (1973). *Mathematical Methods in Chemical Engineering: First-order Partial Differential Equations with Applications*. Prentice-Hall.

طراحی راکتور پیشرفته	- مروری بر سینتیک واکنش‌ها و طراحی راکتورهای تک فازی - اثر دما و فشار در راکتورها - مدل‌های توزیع زمان اقامت در راکتورها، راکتورهای ناکامل - راکتورهای ناپایدار، حالت گذرا در راکتورهای درهم، راکتورهای لوله‌ای و غیره - طراحی راکتورهای ناهمگن - انتقال جرم و حرارت در کاتالیزورهای جامد متخلخل، طراحی راکتورهای کاتالیزوری - مبانی طراحی راکتورهای گاز-جامد کاتالیزوری و غیر کاتالیزوری، بسترهای ساکن و سیاله	[1]. Octave Levenspiel (1998). *Chemical reaction engineering*, 3rd Edition. John Wiley & Sons. [2]. Fogler, H. Scott (1998). *Elements of chemical reaction engineering*, 3rd Edition. PrenticeHall ECS Professional.
انتقال حرارت پیشرفته	- اصول اولیه انتقال حرارت - فرمولاسیون Lumped، Integral و دیفرانسیلی - مسائل تک‌بعدی پایا، توابع بسل - مسائل دوبعدی و سه‌بعدی پایا، جداسازی متغیر و توابع متعامد - مسائل نا پایا، جداسازی متغیر و توابع متعامد - مسائل متناوب پایا، دمای متشکل از چند جز	[1]. Arpaci, Vedat S., and Poul Scheel Larsen (1984). *Convection heat transfer*. Prentice Hall. [2]. Bird, R. Byron, Warren E. Stewart, and Edwin N. Lightfoot (2007). *Transport phenomena*. John Wiley & Sons.
پدیده‌های سطحی	سطح مایعات: - آشنایی با مفاهیم و تعریف اصطلاحات در پدیده‌های سطحی - ترمودینامیک فصل مشترک - لایه دوگانه الکتریکی - تأثیرات سطوح مشترک دارای بار الکتریکی - نیروهای سطحی - زاویه تماس و پدیده‌های مربوط به مرطوب‌سازی سطح جامدات: - برجذب - اصلاح سطح - سورفکتانت، میسل، امولسیون و کف - لایه‌ی نازک مایعات روی سطح	[1]. Butt, Hans-Jürgen, Karlheinz Graf, and Michael Kappl (2006). *Physics and chemistry of interfaces*. John Wiley & Sons. [2]. Barnes, Geoffrey, and Ian Gentle (2011). *Interfacial science: an introduction*. Oxford University Press.

دانشگاه فردوسی مشهد

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

طراحی آزمایش‌ها و آمار کاربردی	آمار - مقدمه و تعاریف - آمار توصیفی - احتمال - امید ریاضی - نمونه‌گیری و توزیع نمونه‌ها - تخمین آماری - رگرسیون - آنالیز واریانس طراحی آزمایش - مقدمه - طرح‌های مربعی - طرح‌های عاملی - طرح پلاکت-برمن - طراحی به روش رویه پاسخ	
شبیه‌سازی فرایند پیشرفته	- مقدمه (مفاهیم شبیه‌سازی) - شبیه‌سازی برای کمک به خلق فرایند - فرمولاسیون مسئله و رویکردهای حل - شبیه‌سازهای فرایند تجاری (ASPEN PLUS) - اصول شبیه‌سازی نقشه جریان - تعادل فاز و مدل‌های واحد فرایند - شبیه‌سازی سیستم‌های ایده آل و غیرایده‌آل - اندازه تجهیزات - تخمین خواص فیزیکی، مدیریت مواد جامد - شبیه‌سازی و بهینه‌سازی نقشه جریان فرایند - آنالیز حساسیت - کاربردها (شبیه‌سازی فرایند یکپارچه، شبیه‌سازی فرایند برای طراحی و آنالیز) - ارتباطات فنی - مطالعات موردی	[1]. Seider, Warren D., Junior D. Seader, and Daniel R. Lewin (1999). *Process design principles: synthesis, analysis, and evaluation.* John Wiley & Sons. [2]. Schefflan, Ralph (2011). *Teach yourself the basics of Aspen Plus.* John Wiley & Sons. [3]. Douglas, James Merrill (1988). *Conceptual design of chemical processes.* McGraw-Hill.

دانشگاه صنعتی شریف

معرفی دانشگاه

دانشگاه صنعتی شریف دانشگاهی دولتی در تهران ایران است. این دانشگاه در سال ۱۳۴۴ با نام دانشگاه صنعتی آریامهر بنیان‌گذاری گشت که پس از انقلاب اسلامی، در آبان ۱۳۵۸، به‌افتخار یکی از دانش‌آموختگان آن، مجید شریف واقفی، به دانشگاه صنعتی شریف تغییر نام داد. دانشگاه صنعتی شریف در محله طرشت تهران در نزدیکی میدان آزادی

واقع‌شده و پردیسی نیز در جزیره کیش در خلیج‌فارس دارد.

این دانشگاه بسیاری از بهترین دانشجویان ایران را جذب می‌کند. از ۵۰۰ هزار نفری که هرساله در کنکور پذیرفته می‌شوند، ۸۰۰ نفر بالا می‌توانند وارد این دانشگاه بشوند. این دانشگاه ام‌آی‌تی ایران خوانده شده است. دانش‌آموختگان این دانشگاه سهم عظیمی از نخبگان اقتصادی، سیاسی و فرهنگی ایران را تشکیل می‌دهند. برند دانشگاه صنعتی شریف در سال ۱۳۹۲ در دهمین جشنواره ملی قهرمانان صنعت ایران به‌عنوان یکی از ۱۰۰ برند برتر ایران شناخته شد.

دلیل انتخاب

بر اساس رتبه‌بندی تایمز در سال ۹۴ این دانشگاه در رتبه ۳۰۱ تا ۳۵۰ دانشگاه‌های جهان قرار گرفته است. کسب رتبه ۴۷۱ تا ۴۸۰ در بین دانشگاه‌های برتر جهان بر اساس رتبه‌بندی QS در سال ۱۳۹۴. قرار گرفتن در رتبه ۲۷ بین ۱۰۰ دانشگاه جوان جهان.

جدول۳-۴- دروس دانشگاه صنعتی شریف

دروس اصلی	دروس اختیاری
ریاضیات عددی پیشرفته	استخراج مایع – مایع پیشرفته
طراحی راکتور پیشرفته	مدل‌سازی و شبیه‌سازی در مهندسی شیمی
ترمودینامیک پیشرفته	فرایندهای جداسازی غشایی
پدیده‌های انتقال پیشرفته	افزایش مقیاس فرایندها
سیال سازی	پدیده‌های بین سطحی
جداسازی چند جزئی	

نحوه برگزاری دوره کارشناسی ارشد

مقطع ارشد ۳۲ واحد بوده که ۲ واحد مربوط به سمینار و ۶ واحد مربوط به پایان‌نامه است. از دروس نظری ۱۷ واحد مربوط به دروس اصلی است (درس جداسازی چند جزئی ۲ واحدی است و سایر دروس اصلی ۳ واحدی). ۷ واحد باقیمانده باید از بین دروس اختیاری انتخاب گردد.

دانشگاه فردوسی مشهد

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

جدول ۴-۴- ساختار برنامه درسی دانشگاه صنعتی شریف

نام درس	سرفصل	منابع
ریاضیات عددی پیشرفته	- خلاصه‌ای از مسائل اولیه: تخمین و خطا، سیستم معادلات جبری خطی - روش‌های تجزیه ماتریس: تجزیه LU، تجزیه QR - دست‌کاری ماتریس Sparse: کاربرد ماتریس Sparse در پدیده‌های انتقال و جداسازی - معادلات غیرخطی: خلاصه‌ای از روش‌های اولیه برای حل یک معادله غیرخطی، محاسبه ریشه‌های حقیقی و مختلط یک چندجمله‌ای، سیستم معادلات جبری غیرخطی - روش‌های انتگرال‌گیری، مشتق‌گیری و درون‌یابی عددی: خلاصه‌ای از روش‌های درون‌یابی معمولی، روش‌های Spline، عملگرهای مختلف، مشتق‌گیری و درون‌یابی عددی با استفاده از عملگرهای مختلف، روش‌های انتگرال‌گیری Quadrature - حل عددی ODE: خلاصه‌ای از روش‌های معمول، روش‌های چندمرحله‌ای، سیستم ODE و Stiff ODE، - روش‌های Multi Value، روش‌های Orthogonal Collocation برای ODE - معادله دیفرانسیل جزئی: انواع مختلف PDE، حل PDE با استفاده از تفاضل محدود - مقدمه‌ای بر روش‌های عناصر محدود - حل PDE با استفاده از Orthogonal Collocation	[1]. Gerald, C. F. (2004). *Applied numerical analysis*. Pearson Education India. [2]. Chapra, S. C., & Canale, R. P. (1998). *Numerical methods for engineers* (Vol. 2). New York: McGraw-Hill. [3]. Rice, R. G., & Do, D. D. (2012). *Applied mathematics and modeling for chemical engineers*. John Wiley & Sons.
طراحی راکتور پیشرفته	- تأثیر غیر هم‌دما بودن و موازنه انرژی در راکتورهای شیمیایی، مروری بر رفتار ترمودینامیکی واکنش‌های شیمیایی شامل تأثیر دما و فشار بر تعادل و گرمای واکنش - اصول جریان غیر ایده آل، توزیع زمان‌ماند (RTD)، روش‌های آزمایشگاهی و مدل‌ها برای مشخص کردن RTD و جریان غیر ایده آل در راکتورهای شیمیایی شامل مدل‌های پراکندگی، جریان آرام و مدل‌های همرفتی، مدل‌های مخازن سری، مدل‌های چند پارامتری و اثر جداسازی مایع بر رفتار راکتور - سینتیک واکنش‌های کاتالیزوری هتروژن و طراحی راکتور - سینتیک واکنش‌های مایع-مایع هتروژن و طراحی راکتور - مسائل ویژه در طراحی راکتور: واکنش‌های بیوشیمیایی، واکنش‌های پلیمریزاسیون و غیره	[1]. Octave Levenspiel (1998). *Chemical reaction engineering*, 3rd Edition. John Wiley & Sons. [2]. Fogler, H. Scott (1998). *Elements of chemical reaction engineering*', 3rd Edition PrenticeHall ECS Professional.

ترمودینامیک پیشرفته	- مرور روابط ترمودینامیک کلاسیک به‌منظور پیش‌بینی خواص ترمودینامیکی و شرایط تعادل بخار-مایع خالص و مخلوط - مروری بر معادلات حالت درجه‌دو - معرفی روابط اساسی به‌منظور تخمین خواص ترمودینامیکی با استفاده از معادلات حالت - خلاصه مختصری از نیروهای بین‌مولکولی، توابع پتانسیل، نظریه حالات متناظر و ضریب اسمزی - معرفی روش‌های مختلف بر اساس ترمودینامیک کلاسیک و مولکولی جهت تخمین خواص مخلوط گازی - معرفی توابع اضافی (Excess Functions) بر اساس قانون هنری و لوئیس - معرفی مدل‌های حل مختلف بر اساس ترمودینامیک کلاسیک و مولکولی جهت تصحیح خواص مخلوط مایع - آنالیز پایداری، محاسبات بخار-مایع، مایع-مایع و بخار-مایع-مایع	[1]. Prausnitz, J. M., Lichtenthaler, R. N., & de Azevedo, E. G. (1998). *Molecular thermodynamics of fluid-phase equilibria*. Pearson Education. [2]. Smith, J. M., H. C. Van Ness, and M. M. Abbott (2005). *Chemical engineering thermodynamics*, 7th Edition. McGraw-Hill.
مکانیک سیالات پیشرفته	- وکتور و تنسور، موازنه مومنتوم، استاتیک سیالات - دینامیک سیالات، معادله حرکت، پایستگی مومنتوم - معادله انرژی مکانیکی، حرارتی و انرژی کل - آنالیز ابعادی، نظریه لایه مرزی، جریان چرخشی و غیر چرخشی، جریان پتانسیل - حل تحلیلی معادلات ناویراستوکس - جریان آشفته، جریان کانالی آشفته - نظریه طول اختلاط پرندتل	[1]. White, F. M. (1991). *Viscous fluid flow*. McGraw-Hill International Editions, New York. [2]. Bird, R. Byron, Warren E. Stewart, and Edwin N. Lightfoot (2007). *Transport phenomena*. John Wiley & Sons. [3]. Hinze, J. O. (1959). *Turbulence: An introduction to its mechanisms and theory*. Mechanical Engineering. [4]. Schlichting, H. (1968). *Boundary Layer Theory*', 6th Edition. McGraw-Hill.
انتقال حرارت پیشرفته	- موازنه انرژی پوسته، توزیع دما در جامد و جریان آرام - معادله تغییر در سیستم‌های غیر هم‌دما، معادله انرژی، خنک‌کننده Transpiration، انتقال حرارت همرفتی آزاد از صفحه عمودی - توزیع دما با بیش‌تر از یک متغیر مستقل، حرارت در یک صفحه نیمه بی‌نهایت، هدایت حرارتی پایا در جریان آرام سیال ویسکوز، نظریه لایه مرزی، انتقال حرارت در هدایت اجباری جریان آرام در طول دیوار داغ - مقدمه‌ای بر انتقال حرارت در جامد، فرمولاسیون مسائل انتقال حرارت	[1]. Bird, R. Byron, Warren E. Stewart, and Edwin N. Lightfoot (2007). *Transport phenomena*. John Wiley & Sons. [2]. Arpaci, Vedat S., and Poul Scheel Larsen (1984). *Convection heat transfer*. Prentice Hall. [3]. Arpaci, Vedat S. (1966). *Conduction heat transfer*.

انتقال جرم پیشرفته	- نفوذ و مکانیسم‌های انتقال جرم - توزیع غلظت در جامد و جریان آرام - معادلات تغییر در سیستم‌های چندترکیبی - توزیع غلظت وابسته به بیش‌تر از یک متغیر مستقل	[1]. Bird, R. Byron, Warren E. Stewart, and Edwin N. Lightfoot (2007). *Transport phenomena*. John Wiley & Sons. [2]. Crank, J. (1979). *The mathematics of diffusion*. Oxford university press. [3]. McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1993). *Unit operations of chemical engineering*. New York: McGraw-Hill.
سیال سازی	- مقدمه - کاربردهای صنعتی - رژیم‌های سیال‌سازی - بسترهای چگال - حباب‌ها در بسترهای چگال - بسترسیال حبابی - Entrainment و Elutraiation برای بسترسیال - بسترسیال با سرعت ماکزیمم - حرکت جامد - انتقال جرم و حرارت از ذره به گاز - تبدیل گاز در واکنش‌های کاتالیزوری - RTD و SD جامدات در بسترسیال - سیستم‌های گردشی - طراحی بسترسیال	[1]. Levenspiel, O. (1991). *Fluidization engineering*. Butterworth-Heinemann. [2]. Gupta, C. K., & Sathiyamoorthy, D. (1998). *Fluid bed technology in materials processing*. CRC press. [3]. Rowe, P. N., Davidson, J. F., & Harrison, D. (1971). Fluidization. *Fluidization*. Academic Press.
جداسازی چند جزئی	محاسبات کامل تبخیر چند جزئی Flash و ساده تقطیر چند جزئی - روش Short-Cut: محاسبه نسبت رفلاکس حداقل، روش‌های Underword و Geddes، حداقل تعداد سینی (معادله Fersk)، همبستگی Gilliland، محاسبه ترکیب محصول - محاسبه سینی به سینی: روش Lewis-Matheson، روش Geddes جذب چند جزئی - هم‌دما و غیر هم‌دما جداسازی مخلوط با استفاده از چگالی و اندازه (جامد، مایع) بازده ستون، صفحه و نقطه - اختلاط مایع کامل - اختلاط مایع جزئی - سینی با پروفایل سرعت مایع	[1]. Winkle MV. (1967). *Distillation*. Chem. Eng. Series, McGraw-Hill. [2]. Smith, B. D. (1963). *Design of equilibrium stage processes*. McGraw-Hill Companies.

استخراج مایع – مایع پیشرفته	- مقدمه - انتخاب حلال - هیدرودینامیک ستون: مدل‌های هیدرودینامیک (Olney، Mizek، Barnea-Mizrahi)، ضریب تحرک ستون، محاسبه قطر ستون (توزیع اندازه قطره یکدست)، محاسبه قطر ستون (توزیع اندازه قطره) - انتقال جرم ستون: مدل‌های ایده آل (اختلاط کامل و جریان پلاگ)، مدل‌های واقعی (مدل جریان پلاگ با پراکندگی محوری، مدل مرحله‌به‌مرحله با جریان برگشتی) - اندازه‌گیری ضریب پراکندگی محوری - مدل‌های انتقال جرمی قطره: مدل قطره سخت، مدل گردش آرام، مدل گردش آشفته، مدل نوسانی آشفته - مقدمه‌ای بر تجهیزات استخراج مایع-مایع	[1]. Hanson (1980). *Recent Advances in Liquid-Liquid Extraction*. [2]. Andersson, S. O. S., Reinhardt, H., Lo, T. C., Baird, M. H. I., & Hanson, C. (1983). *Handbook of Solvent Extraction*. TC Lo (Ed.). [3]. Godfrey, J. C., & Slater, M. J. (Eds.). (1994). *Liquid-liquid extraction equipment*. Chichester, UK: Wiley.
استخراج فوق بحرانی	- سیال فوق بحرانی - دیاگرام فازی برای سیال فوق بحرانی به‌عنوان حلال - مدل‌سازی ترمودینامیکی سیال فوق بحرانی به‌عنوان حلال - استخراج فوق بحرانی	[1]. McHugh, M., & Krukonis, V. (2013). *Supercritical fluid extraction: principles and practice*. Elsevier.
مدل‌سازی و شبیه‌سازی در مهندسی شیمی	- مقدمه‌ای بر مدل‌سازی و شبیه‌سازی، اهمیت شبیه‌سازی در آنالیز مسائل مهندسی شیمی، سیستم‌های توزیع‌شده و Lumped، سیستم‌های پایا و گذرا، برنامه‌نویسی چند سطحی - مروری بر روش‌های عددی حل مجموعه‌ای از معادلات دیفرانسیل و جبری، پایداری و Stiffness معادلات دیفرانسیل - ساختار مدل‌های ریاضی: مدل‌سازی اولیه، مبانی مدل‌سازی، الگوریتم‌های علت و اثر، نمودارهای جریان اطلاعات، نمونه‌هایی از مدل‌سازی در مسائل مهندسی شیمی مختلف - ساختار یک برنامه بزرگ برای شبیه‌سازی دینامیک مسائل مهندسی شیمی - محاسبات اولیه برای تعادل بخار-مایع: نقطه‌جوش، نقطه شبنم، Flash، چگالش و غیره - مثال‌ها و مطالعات موردی برای سیستم‌های دینامیک سیالات، سینتیک واکنش و طراحی راکتور، عملیات مرحله‌ای چند جزئی و سیستم‌های توزیع‌شده	[1]. Franks, R. G. (1972). *Modeling and simulation in chemical engineering*. [2]. W Luyben (1990). *Modeling, Simulation and Control in Chemical Engineering*, 2nd Edition. McGraw-Hill.
افزایش مقیاس فرایندها	- مقدمه و رویکرد افزایش مقیاس - اصول پایه‌ای افزایش مقیاس: آنالیز ابعادی و نظریه مدل‌ها، نظریه تخمین و تشابه، مدل‌سازی ریاضی و شبیه‌سازی - گروه‌های بدون بعد، قضیه باکینگهام، تولید π دسته به‌وسیله تبدیل ماتریس و فضای π بعدی، مقیاس تغییرناپذیر فضای π بعدی - آنالیز ابعادی در غیاب مدل‌های ریاضی، اعداد بدون بعد با خواص فیزیکی متغیر - آنالیز ابعادی در حضور مدل‌های ریاضی: رویکرد پایه‌ای - مثال‌هایی از مسائل افزایش مقیاس در عملیات واحد مکانیکی، عملیات واحد انتقال جرم و حرارت و راکتورهای شیمیایی	[1]. M., Zlokarnik (2002). *Scale-up in Chemical Engineering*. Wiley-VCR. [2]. Bisio, A., & Kabel, R. L. (1985). *Scaleup of chemical processes*. A Wiley interscience publ.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

انتقال جرم چند جزئی	- قوانین فیک برای انتقال جرم - انتقال جرم مکسول-استفان - نیروهای محرکه - نیروهای اصطکاک - مثال دوجزئی - مثال سه‌جزئی - عوامل غیر ایده آلی - ضرایب انتقال - الکترولیت‌ها	[1]. Goodarznia, Iraj (2007). *Multicompont Mass Transfer*. Markaz-e-Nashr.

دانشگاه صنعتی اصفهان

معرفی دانشگاه

یکی از دو دانشگاه بزرگ دولتی استان اصفهان و با ۲۳۰۰ هکتار مساحت، بزرگ‌ترین دانشگاه کشور ازلحاظ وسعت است. این دانشگاه در محدوده‌ی شهرستان اصفهان و در ۵ کیلومتری اصفهان قرار گرفته است. این دانشگاه دارای پارک جنگلی کوچکی است و کوه سید محمد، کوه صلات و امامزاده سید محمد در اراضی دانشگاه واقع شده‌اند.

دانشگاه در سال ۱۳۵۶ رسماً شروع به کار کرد. این دانشگاه ابتدا دارای نام «دانشگاه صنعتی آریامهر اصفهان» بود که بعد از وقوع انقلاب اسلامی در سال ۱۳۵۷ خورشیدی به «دانشگاه صنعتی اصفهان» تغییر نام داده شد؛ و همانند «دانشگاه صنعتی آریامهر در تهران» (دانشگاه صنعتی شریف فعلی)، این دانشگاه مستقیماً بر اساس الگوی دانشگاه ام آی تی در آمریکا الگوبرداری گردید.

دلیل انتخاب

دانشگاه صنعتی اصفهان، در سال ۲۰۱۲ از طرف پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC) در آخرین گزارش آن از پیشتازان علم در کشور، به‌عنوان چهارمین دانشگاه در میزان تولید علم کشور طی سه دهه گذشته اعلام شده است. در این گزارش که به بررسی و تحلیل تولید علم کشور طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۲ پرداخته است، دانشگاه صنعتی اصفهان پس از دانشگاه‌های علوم پزشکی تهران، تهران و مجموعه دانشگاه آزاد اسلامی جایگاه چهارم تولید علم کشور طی این مدت را به خود اختصاص داده است.

در گزارش پایگاه استنادی ISC، سهم دانشگاه صنعتی اصفهان به‌عنوان برترین دانشگاه صنعتی کشور در تولید علم طی سه دهه گذشته ۶٫۵۵ درصد کل تولیدات علمی کشور است که پس از دانشگاه تهران جایگاه دوم در میان مراکز آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری را به دست آورده است. همچنین در آوریل ۲۰۱۳ میلادی در جدیدترین رتبه‌بندی مؤسسه تایمز به‌عنوان یکی از معتبرترین مراکز رتبه‌بندی دانشگاه‌های جهان، برای نخستین بار دانشگاه صنعتی اصفهان در فهرست یک‌صد دانشگاه ممتاز قاره آسیا قرار گرفت، در این گزارش دانشگاه صنعتی اصفهان پس از

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

دانشگاه صنعتی شریف برترین دانشگاه صنعتی کشور است. گفتنی است تعداد مقالات ISI منتشرشده از محققان و پژوهشگران دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۲۰۱۱ برابر ۸۲۷ مقاله و از ابتدای سال جاری میلادی تا ماه نوامبر نیز ۵۹۶ مقاله می‌باشد. در سال ۲۰۱۵ در نظام رتبه‌بندی لایدن، دانشگاه صنعتی اصفهان در صدر فهرست برترین دانشگاه‌های ایران برحسب شاخص‌های مرجعیت علمی و دیپلماسی علمی قرار گرفت. در رتبه‌بندی مؤسسه معتبر بین‌المللی تایمز در سال ۲۰۱۵ نیز با کسب رتبه ۶۳، ضمن قرارگیری مجدد در فهرست یک‌صد دانشگاه برتر با کمتر از ۵۰ سال قدمت جهان، ۲۹ رتبه ارتقاء یافت.

جدول ۵-۴- دروس دانشگاه صنعتی اصفهان

دروس اصلی	دروس اختیاری
ریاضیات پیشرفته	فناوری پودر
طراحی راکتور پیشرفته	استخراج پیشرفته
ترمودینامیک پیشرفته	عملیات واحد پیشرفته
مکانیک سیالات پیشرفته	جداسازی مکانیکی
انتقال جرم پیشرفته	پدیده‌های سطحی
انتقال حرارت پیشرفته	فرایندهای غشایی
محاسبات عددی پیشرفته	طراحی عملیات واحد پیشرفته
	تقطیر چند جزئی
	روش‌های خاص جداسازی

نحوه برگزاری دوره کارشناسی ارشد

در این دانشگاه نیز دوره ارشد ۳۲ واحدی است که ۲ واحد مربوط به سمینار و ۶ واحد مربوط به پایان‌نامه است. از دروس نظری ۱۸ واحد دروس اصلی است که باید از بین دروس مربوط به پدیده‌های انتقال دو درس انتخاب شود و درس سوم این دسته به‌صورت اختیاری قابل اخذ است، همچنین ۲ درس نیز از بین دروس اختیاری انتخاب می‌شود.

دانشگاه فردوسی مشهد

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

جدول ۶-۴- ساختار برنامه درسی دانشگاه صنعتی اصفهان

نام درس	سرفصل	منابع
ریاضیات پیشرفته	- ارائه مدل‌های ریاضی - جبر خطی - وکتور و ماتریس - مسائل مقادیر ویژه - بهینه‌سازی - توابع خاص (گاما، بتا، بسل، لژاندر و غیره) - روش‌های حل تحلیلی معادله دیفرانسیل - روش‌های تحلیلی تخمینی حل - روش‌های آماری - روش‌های حل عددی معادله دیفرانسیل	
طراحی راکتور پیشرفته	- مرور سینتیک واکنش‌ها و طراحی راکتورهای تک فاز - تأثیر دما و فشار در راکتورها - مدل‌های جریان غیر ایده آل - مدل Compartment - تانک در مدل سری - مقدمه‌ای بر راکتورهای هتروژن - واکنش‌های دارای کاتالیزر جامد - غیرفعال شدن کاتالیزر - سینتیک واکنش‌های چند فازی - واکنش‌های چند فازی در راکتورها - راکتورهای کاتالیزوری بستر پرشده	[1]. Octave Levenspiel (1998). *Chemical reaction engineering*, 3rd Edition. John Wiley & Sons. [2]. Fogler, H. Scott (1998). *Elements of chemical reaction engineering*, 3rd Edition. PrenticeHall ECS Professional. [3]. Smith, J. M. (1981). *Chemical engineering kinetics*. McGraw-Hill. [4]. Missen, R. W., Mims, C. A., & Saville, B. A. (1999). *Introduction to chemical reaction engineering and kinetics*. J. Wiley. [5]. Westerterp, K. R., Van Swaaij, W. P. M., Beenackers, A. A. C. M., & Kramers, H. (1984). *Chemical reactor design and operation*. Wiley. [6]. Bischoff, K. B. (1990). *Chemical reactor analysis and design*. John Wiley & Sons Inc.

دانشگاه فردوسی مشهد

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

ترمودینامیک پیشرفته	- مسائل تعادل فازی - ترمودینامیک کلاسیک تعادل فازی - توابع انرژی پتانسیل مولکولی - خواص ترمودینامیکی از داده‌های حجمی - نیروهای بین‌مولکولی و حالت‌های متناظر - مدل‌های مولکولی - تابع لناردجونز - فوگاسیته در مخلوط‌های گازی - فوگاسیته در مخلوط‌های مایع - توابع فزونی - مدل‌های و نظریه محلول‌ها - پایداری ترمودینامیکی و معیار آن	[1]. Prausnitz, J. M., Lichtenthaler, R. N., & de Azevedo, E. G. (1998). *Molecular thermodynamics of fluid-phase equilibria*. Pearson Education. [2]. Israelachvili, J. N. (2011). *Intermolecular and surface forces*. Academic press. [3]. Kontogeorgis, G. M., & Folas, G. K. (2009). *Thermodynamic models for industrial applications: from classical and advanced mixing rules to association theories*. John Wiley & Sons. [4]. Tester, Jefferson W., and Michael Modell (1997). *Thermodynamics and its Applications*, 3rd Edition. Prentice Hall PTR.
مکانیک سیالات پیشرفته	- معادلات حاکم (قضیه انتقال رینولدز، پایستگی جرم، پایستگی مومنتوم، پایستگی انرژی) - سینماتیک جریان (خطوط جریان، گردش و پیچش، لوله‌های جریان و لوله‌های گردابه، سینماتیک خطوط گردابه) - شکل خاص معادلات حاکم (قضیه کلوین، معادله برنولی، معادله Crocco، معادله پیچش) - جریان‌های بالقوه دوبعدی و سه‌بعدی - جریان‌های ویسکوز سیالات تراکم ناپذیر، حل دقیق - لایه‌های مرزی - جریان‌های آرام و آشفته	[1]. Currie, I. G. (2012). *Fundamental mechanics of fluids*. Crc Press. [2]. White, Frank M., and Isla Corfield (2006). *Viscous fluid flow*, 3rd Edition. New York: McGraw-Hill. [3]. Bird, R. Byron, Warren E. Stewart, and Edwin N. Lightfoot (2007). *Transport phenomena*. John Wiley & Sons. [4]. Graebel, W. (2007). *Advanced fluid mechanics*. Academic Press.
انتقال جرم پیشرفته	- نفوذ مولکولی، تعاریف فلاکس، قانون فیک، نفوذ - نفوذ مولکولی پایا - نفوذ مولکولی نا پایا در کره، تخته و استوانه - ضرایب انتقال جرم - مکانیسم‌های انتقال جرم - انتقال جرم در جریان آرام - انتقال جرم در جریان آشفته	[1]. Skelland, Anthony Harold Peter (1974). *Diffusional mass transfer*. New York: Wiley. [2]. Bird, R. Byron, Warren E. Stewart, and Edwin N. Lightfoot (2007). *Transport phenomena*. John Wiley & Sons. [3]. Sherwood, T. K., Pigford, R. L., & Wilke, C. R. (1975). *Mass transfer*. McGraw-Hill.
روش‌های خاص جداسازی	- علم و فناوری تبادل یون - فناوری غشایی (الکترودیالیز و اسمز معکوس) - فیلتریزاسیون و الترافیلتریزاسیون - شناورسازی (حباب، کف، یون و Aphron) - جذب	

محاسبات عددی پیشرفته	- تخمین و خطا - روش‌های حل مجموعه معادلات جبری خطی و غیرخطی - درون‌یابی، برون‌یابی، مشتق و انتگرال - حل عددی معادلات دیفرانسیل درجه اول، مسائل مقدار اولیه و مرزی - حل عددی معادلات دیفرانسیل جزئی، معادلات بیضوی، پارابولیک و هایپربلوک	
پدیده‌های سطحی	- موئینگی - تشریح ترمودینامیک سطح تماس - پدیده‌های سطحی در سطح تماس مایع-مایع - جذب در سطح تماس مایع-مایع - پایداری سوسپانسیون - آشفتگی سطح تماس - کف - پدیده‌های الکتروسینتیک: الکتروفورز، الکترو اسموز، پتانسیل جریان و پتانسیل رسوب‌گذاری	
فرایندهای غشایی	- مقدمه‌ای بر فرایندهای غشایی - تعریف غشا - بررسی تفاوت انواع غشا و ماژول‌های غشایی - ساخت غشاهای پلیمری و مشخصه یابی - بررسی انواع نیروهای محرکه فرایندهای غشایی: اسمز معکوس، میکروفیلتریزاسیون، الترافیلتریزاسیون، جداسازی گاز غشایی، تراوش تبخیری و نفوذ بخار، الترودیالیز - مقدمه‌ای بر غشاهای زئولیتی و سرامیکی	
طراحی عملیات واحد پیشرفته	- انتخاب فرایندهای جداسازی - نقشه جریان ساده‌شده - طراحی مفهومی - طراحی هیدرودینامیکی ستون - کاهش انرژی احتراق - ضریب جداسازی و خواص مولکولی - استخراج حلال	

دفتر برنامه‌ریزی آموزش عالی

جدول ۷-۴- دروس دفتر برنامه‌ریزی آموزش عالی

دروس اصلی	دروس اختیاری
ریاضیات پیشرفته	پدیده‌های خشک‌کردن
طراحی راکتور پیشرفته	فرایندهای جذب سطحی پیشرفته
ترمودینامیک پیشرفته	غشاها و فرایندهای غشایی

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

مکانیک سیالات پیشرفته	پدیده‌های سطحی
انتقال جرم پیشرفته	تبلور سازی صنعتی
انتقال حرارت پیشرفته	جداسازی چند جزئی
محاسبات عددی پیشرفته	استخراج فوق بحرانی
	طراحی آزمایش‌ها و تحلیل آماری نتایج

نحوه برگزاری دوره کارشناسی ارشد

طول دوره ۲ ساله است و مجموع واحدهای این دوره ۳۲ واحد است. واحدها باید به‌صورت ۱۲ واحد اجباری و ۱۲ واحد اختیاری و ۸ واحد نیز تحقیقی در نظر گرفته شود. ۸ واحد تحقیقی شامل ۲ واحد سمینار و ۶ واحد پایان‌نامه می‌باشد.

درس ریاضیات پیشرفته بنا به تشخیص گروه‌های آموزشی می‌تواند به‌عنوان درس اصلی و اجباری قرار داده شود و همچنین از بین دروس پدیده‌های انتقال حداقل یک درس باید به‌صورت اصلی انتخاب شود و دروس باقیمانده به‌عنوان درس اختیاری می‌تواند اخذ شود.

جدول ۸-۴- ساختار برنامه درسی دفتر برنامه‌ریزی آموزش عالی

نام درس	سرفصل
ترمودینامیک پیشرفته	- مروری بر قوانین و فرضیه‌های ترمودینامیک کلاسیک - ترمودینامیک کلاسیک تعادلات فازی - خواص ترمودینامیکی از داده‌های حجمی - مقدمه‌ای بر نیروهای برهمکنش بین‌مولکولی - فوگاسیته مخلوط گازی - فوگاسیته در مخلوط مایع: توابع مازاد - نظریه محلول‌ها - حلالیت - تعادلات فازی در فشارهای بالا
طراحی راکتور پیشرفته	- مروری بر سینتیک واکنش‌ها و طراحی راکتور تک فاز - اثرات فشار و دما در راکتورها - مدل‌های توزیع زمان اقامت در راکتورها، راکتورهای ناکامل - راکتورهای ناپایدار: حالت گذر در راکتورهای مخلوط، راکتورهای لوله‌ای و غیر - نظریه انتقال جرم در سامانه‌های چند فازی - بررسی واکنش‌های چند فازی در راکتورهای ایده آل و ناکامل - طرح راکتور ناهمگن: کاتالیزورهای هتروژن - ضرایب تیل (Thiele) و تأثیر عامل مؤثر در کاتالیزورهای جامد با اشکال هندسی مختلف - انتقال حرارت و جرم در کاتالیزورهای جامد متخلخل، طراحی راکتورهای کاتالیزوری

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

ریاضیات مهندسی پیشرفته	- مروری بر تبدیل اپراتورها در سامانه‌های مختلف، انواع شرایط مرزی و انواع معادلات دیفرانسیل - مروری بر ماتریس‌ها و خواص آن‌ها، نظریه اپراتور جهت حل دستگاه معادلات دیفرانسیل - مروری بر خواص حل معادلات خاص ضرایب متغیر و سری‌های متعامد - حل معادلات دیفرانسیل پاره‌ای - جداسازی متغیرها، تبدیل معادلات غیر همگن، تبدیل شرایط مرزی همگن، نحوه حذف ترم‌ها جابجایی و منبع در معادلات دیفرانسیل پاره‌ای، روش‌های تبدیل انتگرالی، استفاده از اصل Duhamel، مسائل بدون بعد، اصل بر هم نهش (Superposition) و حل مسائل پیچیده خطی، معادلات لاپلاس در مختصات کارتزین، حل معادلات لاپلاس در مختصات استوانه‌ای، حل معادلات لاپلاس در مختصات کروی، معادله پواسون - استفاده از روش‌های تابع گرین جهت حل معادلات دیفرانسیل معمولی و پاره‌ای
محاسبات عددی پیشرفته	- مقدمه: معادلات دیفرانسیل، تقسیم‌بندی معادلات، کمبود روش‌های تحلیلی حل معادلات دیفرانسیل پاره‌ای غیرخطی - حل معادلات دیفرانسیل خطی: روش گوس، گوس جردن، سامانه‌های سه قطری، روش معکوس ماتریس‌ها و غیره - روش‌های درون‌یابی و انتگرال: روش‌های درون‌یابی چندجمله‌ای، روش مکعب Spline، روش درون‌یابی دوبعدی و سه‌بعدی، روش‌های انتگرال، نیوتون رافسون - روش تفاوت محدود: معادلات معمولی ارزش مرزی، معادلات دیفرانسیلی حاکم بر پدیده‌های انتقال، روش‌های بسط معادلات، روش‌های Shooting، روش‌های Relaxation، حل معادلات هدایت گرمایی، مش بندی، شرایط فلوی مرزی مشترک، روش‌های صریح و ضمنی، جریان‌های دوبعدی و سه‌بعدی در انتقال حرارت، حل معادلات دیفرانسیل با عبارت‌های جابجایی، روش‌های Upwind، Hybrid، Power Exponential، حل معادلات مکانیک سیالات به روش تفاوت محدود، عبارت افت فشار در معادله حرکت - روش المان‌های محدود، متد گالرکین، متو باقیمانده‌های وزنی، متد Collocation، متد Moment، روش‌های بسط معادلات، متد صریح و ضمنی، روش‌های انتگرال زمانی، روش حل معادلات ناویه استوکس
مکانیک سیالات پیشرفته	- سینماتیک - معادلات اساسی مکانیک سیالات - معادله ناویه استوکس - انشقاق معادله، فرم بدون بعد معادله، آنالیز بعدی و مشابه‌سازی - سیالات غیر نیوتونی - جریان سیالات با عدد پایین رینولدز: معادله استوکس، تقریب جریان خزنده - نظریه روانکاری - جریان‌های غیر چسبنده: معادله اولر، تابع جریان و گرداب و جریان پتانسیل دوبعدی، تابع پتانسیل، انطباق جریان پتانسیل، جریان یکنواخت، منبع، گرداب، جریان اطراف استوانه، جریان اطراف کره و غیره - نظریه لایه مرزی - جریان متلاطم - جریان اجسام غوطه‌ور - جریان دوفازی
انتقال حرارت پیشرفته	- فرمولاسیون کلی، انتگرال و دیفرانسیل - روش‌های حل (استفاده از معادله انرژی) - مسائل دوبعدی و سه‌بعدی در حالت پایدار - مسائل در حالت ناپایدار – لاپلاس - جابجایی - تابشی

انتقال جرم پیشرفته	- مروری بر نفوذ مولکولی، نفوذ مولکولی در حالت ناپایدار، سازوکار انتقال جرم - نظریه نفوذ عمقی، نظریه نفوذ عمقی با تجدید سطوح اتفاقی، نظریه فیلم، نفوذ عمقی - انتقال جرم در جریان آرام - انتقال جرم در جریان درهم - انتقال هم‌زمان جرم و حرارت - انتقال هم‌زمان جرم و واکنش شیمیایی - دستگاه‌های انتقال جرم
پدیده‌های خشک کردن	- مقدمه - خواص ترمودینامیکی هوای مرطوب - خواص ماده تر - انتقال حرارت و جرم در پروسه خشک‌کردن - سینتیک خشک‌کردن - محاسبه‌ی نرخ تبخیر در فرایند خشک‌کردن - اصول طراحی خشکن مداوم - خشکن‌های نیمه Batch - خشکن‌های مداوم - بارگذاری (Loading) - محاسبات خشکن‌های ویژه - تقسیم‌بندی خشکن‌ها
فرایندهای جذب سطحی پیشرفته	- مقدمه - جذب سطحی بر اساس جداسازی تعادلی و جداسازی سینتیکی - جاذب‌های تجاری و کاربرد آن‌ها - جاذب‌های پیشرفته و کاربرد آن‌ها در آینده - پارامترهای اساسی در طراحی جاذب و انتخاب جاذب مناسب - جذب تعادلی ایزوترم‌های جذب - سینتیک جذب سطحی - دینامیک جذب سطحی در بسترهای پرشده از جاذب - انواع فرایندهای جذب سطحی - فرایند بستر متحرک (فرایند Porasiv) - فرایند در بسترهای متحرک شبیه‌سازی‌شده (فرایند Sorbex) - فرایندهای کروماتوگرافیک - شبیه‌سازی فرایندهای جذب سطحی با شبیه‌ساز ASPEN ADSIM

دانشگاه فردوسی مشهد
شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

غشاها و فرایندهای غشایی	- آشنایی با غشاها - جنس، ساختار و خواص غشا - ساخت غشا - مدول غشایی - فرایندهای غشایی - میکروفیلتراسیون - الترافیلتراسیون - نانوفیلتراسیون - اسمز معکوس - دیالیز - الکترودیالیز - غشاهای مایع - کاربرد غشا در صنایع مختلف - مزایا و محدودیت‌های فرایندهای غشایی - گرفتگی غشاها و راه‌های کاهش آن - آشنایی با آخرین دستاوردها در زمینه غشاها و فرایندهای غشایی از طریق مقالات منتشره در مجلات بین‌المللی
پدیده‌های سطحی	- تعریف علمی کشش سطحی و کشش بین فازی - نظریه یانگ در مورد فاز سطحی و معادله یانگ-لاپلاس - مدل گیبس در مورد فاز سطحی - معادله‌های کاربردی ترمودینامیک در پدیده‌های سطحی - بررسی اثر انحنا سطوح بر خواص ترمودینامیکی نتایج عملی آن - بررسی معادله‌های نظری و تجربی کشش سطحی و کشش بین فازی - مواد فعال سطحی و کاربردهای آن - تر شوندگی و زاویه تماس - پراکنش‌ها (امولسیون، سوسپانسیون و کف) - بررسی فرایندهای جداسازی بر اساس اختلاف خواص سطحی - بررسی مدل‌های تخلیه فاز پیوسته در دام افتاده بین دو قطره یا بین قطره و فاز هم‌فاز - بررسی عوامل مؤثر بر کولنس (ائتلاف)
تبلورسازی صنعتی	- تعریف و مبانی - فناوری ذره - کریستالوگرافی - انواع کریستالیزور - مکانیسم و سینتیک رشد بلور - تعیین توأم سینتیک رشد و هسته‌زایی - مدل‌های مورداستفاده در طراحی کریستالیزورها - سازوکارهای تولید و پایدارسازی نانو ذرات

جداسازی چند جزئی	- مفاهیم اساسی - فرایندهای جداسازی - ترمودینامیک عملیات جداسازی - مفاهیم نفوذ و انتقال جرم - مختصری از فرایندهای جداسازی دوجزئی - فرایندهای جداسازی چند جزئی - روش‌های تقریبی جداسازی چند جزئی - روش‌های دقیق جداسازی در تقطیر - مدل‌های مبتنی بر تعادل در تقطیر چند جزئی - مدل‌های مبتنی بر سرعت در تقطیر چند جزئی - تقطیر ناپیوسته - جداسازی‌های غشایی
طراحی آزمایش‌ها و تحلیل آماری نتایج	- مقدمه - تعاریف - آمار توصیفی - احتمال - متغیر تصادفی - توابع احتمال - توابع توزیع گسسته - توابع چگالی احتمال خاص - آزمون فرض - طراحی و تحلیل آماری آزمایش - طراحی فاکتوریل کامل - طراحی فاکتوریل جزئی - طراحی تاگوچی - طراحی به کمک نرم‌افزار

۲-۴- ماتریس بررسی نقاط اشتراک و افتراق

ترمودینامیک پیشرفته

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
دانشگاه تهران	✓		ترمودینامیک پیشرفته
دانشگاه صنعتی شریف	✓		ترمودینامیک پیشرفته
دانشگاه صنعتی اصفهان	✓		ترمودینامیک پیشرفته

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
دانشگاه تهران	✓		طراحی راکتور پیشرفته
دانشگاه صنعتی شریف	✓		طراحی راکتور پیشرفته
دانشگاه صنعتی اصفهان	✓		طراحی راکتور پیشرفته

انتقال جرم پیشرفته

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
دانشگاه تهران	✓		انتقال جرم پیشرفته
دانشگاه صنعتی شریف	✓		انتقال جرم پیشرفته
دانشگاه صنعتی اصفهان	✓		انتقال جرم پیشرفته

مکانیک سیالات پیشرفته

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
دانشگاه تهران	✓		مکانیک سیالات پیشرفته
دانشگاه صنعتی شریف	✓		مکانیک سیالات پیشرفته
دانشگاه صنعتی اصفهان	✓		مکانیک سیالات پیشرفته

انتقال حرارت پیشرفته

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
دانشگاه تهران	✓		انتقال حرارت پیشرفته
دانشگاه صنعتی شریف	✓		انتقال حرارت پیشرفته
دانشگاه صنعتی اصفهان	✓		انتقال حرارت پیشرفته

ریاضیات مهندسی پیشرفته

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
دانشگاه تهران	✓		ریاضیات مهندسی پیشرفته
دانشگاه صنعتی شریف		✓	
دانشگاه صنعتی اصفهان	✓		ریاضیات مهندسی پیشرفته

محاسبات عددی پیشرفته

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
دانشگاه تهران		✓	

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

دانشگاه صنعتی شریف	✓		ریاضیات عددی پیشرفته
دانشگاه صنعتی اصفهان	✓		محاسبات عددی پیشرفته

فرایندهای جداسازی غشایی

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
دانشگاه تهران		✓	
دانشگاه صنعتی شریف	✓		فرایندهای جداسازی غشایی
دانشگاه صنعتی اصفهان	✓		فرایندهای غشایی

روش‌های خاص جداسازی

نام دانشگاه	درس معادل		عنوان درس معادل
	دارد	ندارد	
دانشگاه تهران	✓		فناوری سیالات فوق بحرانی، فرایند پیشرفته جذب سطحی
دانشگاه صنعتی شریف	✓		استخراج فوق بحرانی
دانشگاه صنعتی اصفهان	✓		روش‌های خاص جداسازی

جدول ۹-۴- دروس غیرمشترک سایر دانشگاه‌های ایران

دانشگاه تهران	دانشگاه صنعتی شریف	دانشگاه صنعتی اصفهان
جداسازی چند جزئی	جداسازی چند جزئی	فناوری پودر
کنترل پیشرفته	سیال سازی	استخراج پیشرفته
فرایندهای پالایش پیشرفته	استخراج مایع – مایع پیشرفته	عملیات واحد پیشرفته
طراحی واحدهای عملیاتی	افزایش مقیاس فرایندها	جداسازی مکانیکی
فناوری پینچ	مدل‌سازی و شبیه‌سازی در مهندسی شیمی	پدیده‌های سطحی
پدیده‌های سطحی	پدیده‌های بین سطحی	تقطیر چند جزئی
شبیه‌سازی فرایند پیشرفته		طراحی عملیات واحد پیشرفته
استخراج مایع-مایع پیشرفته		
فرایند اختلاط		
طراحی آزمایش‌ها و آمار کاربردی		
انرژی‌های پایدار		
مهندسی هسته‌ای		

۳-۴- دلالت‌های بررسی دانشگاه‌های ایران

با بررسی برنامه درسی ارائه‌شده در دانشگاه فردوسی و مقایسه با برنامه درسی سایر دانشگاه‌ها مشخص گردید که تطابق بسیار بالایی در دروس اصلی و برنامه درسی بین دانشگاه فردوسی و سایر دانشگاه‌های ایران وجود دارد و نیاز به تغییر در برنامه و عنوان دروس اصلی نمی‌باشد.

همان‌گونه که مشخص است تنها سه درس ریاضیات مهندسی پیشرفته، محاسبات عددی پیشرفته و فرایندهای جداسازی

غشایی در بین دانشگاه‌های موردبررسی تفاوت دارند و سایر دروس مشترک می‌باشند. درس «روش‌های خاص جداسازی» در هر دانشگاه سرفصل‌های مختص خود با توجه به اساتید گروه تعریف شده است، به همین دلیل تطابق کامل در این درس بین دانشگاه‌های مختلف وجود ندارد.

دروس غیرمشترک تنها در مورد دروس اختیاری ارائه‌شده در سایر دانشگاه‌های ایران می‌باشد که با توجه به آن مشخص می‌شود تنوع دروس اختیاری در دانشگاه‌های ایران وجود دارد و هر دانشگاه نیز با توجه به تخصص اساتید خود اقدام به ارائه دروس اختیاری می‌کند با توجه به این نتیجه نیاز به ارائه دروس اختیاری متنوع احساس می‌شود.

دانشگاه فردوسی مشهد

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

فصل پنجم

پایش دانش‌آموختگان و اساتید

۵-۱- ارزیابی دیدگاه‌ها و نقطه نظرات

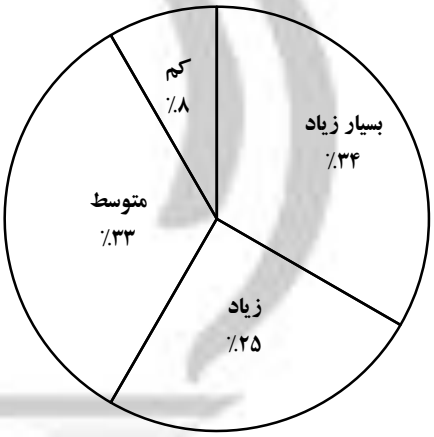
دراین‌ارتباط با توجه به بررسی‌های انجام‌شده بر روی برنامه درسی دانشگاه‌های معتبر دنیا و همچنین برنامه درسی وزارت علوم و دانشگاه‌های داخلی به‌منظور انجام یک نظرسنجی عمومی پرسشنامه‌ای جهت بررسی چالش‌های و تفاوت‌های برنامه درسی ایجاد گردید و در اختیار دانشجویان و اساتید قرار گرفت. از چالش‌های اساسی عدم وجود تنوع دروس اختیاری مقطع ارشد مهندسی شیمی گرایش جداسازی می‌باشد. پرسشنامه ارسالی به شرح زیر است:

۵-۲- نتایج نظرسنجی اساتید

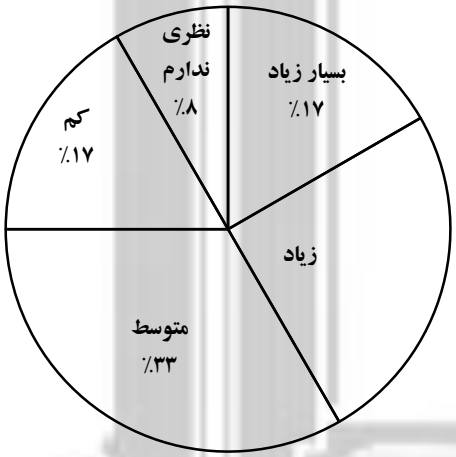
نظرسنجی از اساتید به‌صورت الکترونیک و همچنین به‌صورت حضوری نیز صورت پذیرفت که متأسفانه تعداد پاسخ دریافتی از اساتید در مجموع ۱۳ عدد بود که نتایج به شرح زیر است:

به نظر شما برای انجام صحیح و کامل یک پژوهش در زمینه جداسازی، ارائه و تدریس مباحث زیر تا چه حد می‌تواند مفید باشد؟

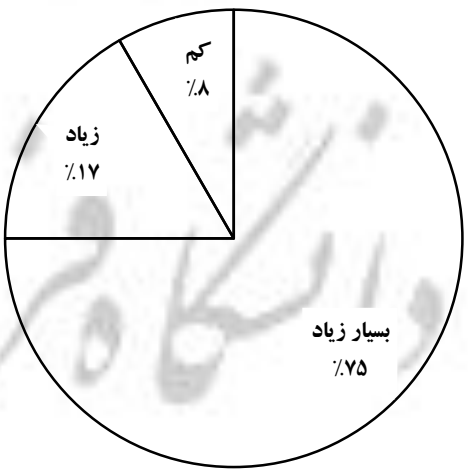
ترمودینامیک پیشرفته



سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته

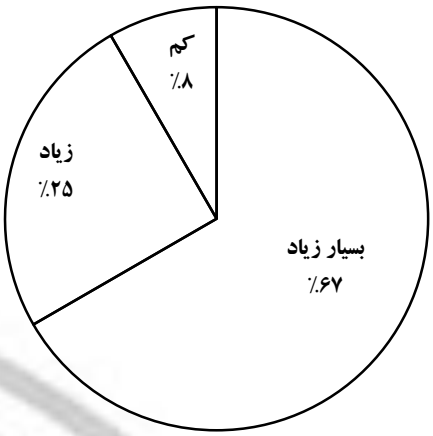


انتقال جرم پیشرفته

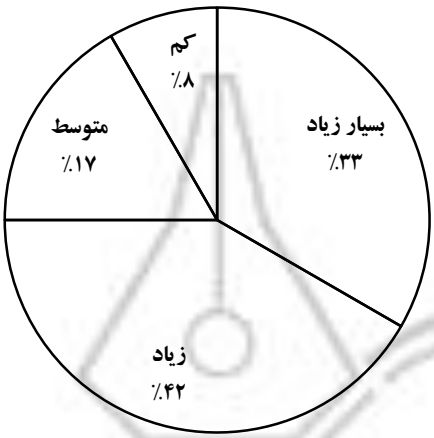


انتقال حرارت پیشرفته

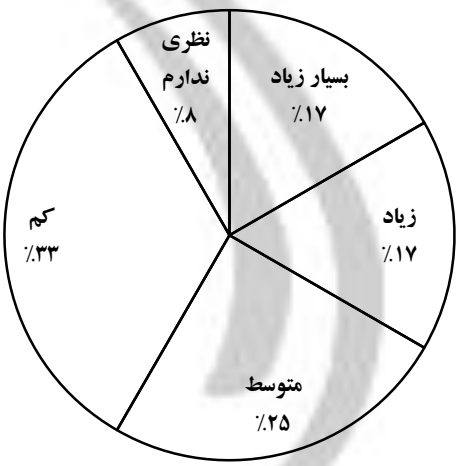
روش‌های خاص جداسازی



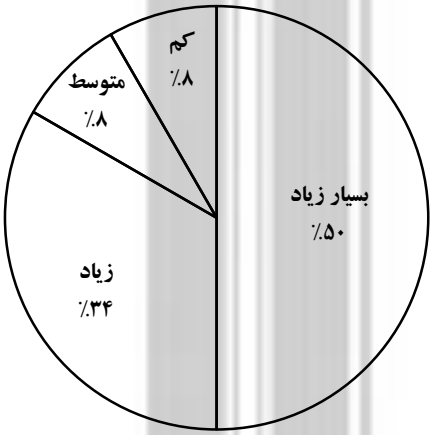
محاسبات عددی پیشرفته



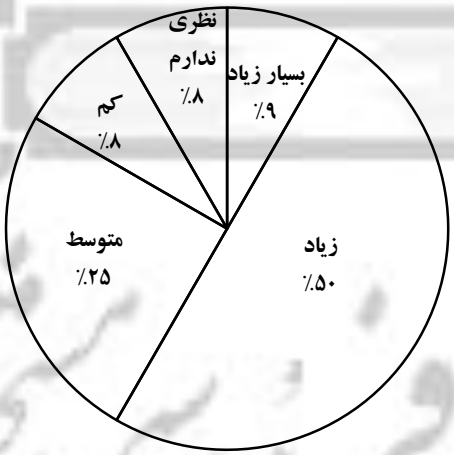
ریاضیات مهندسی پیشرفته



فرایندهای جداسازی غشایی



مکانیک سیالات پیشرفته



نظرتان را در مورد ارائه دروس متنوع اختیاری را ذکر نمایید.

- حتماً مفید خواهد بود.
- حالت ایده آل این است که دانشجو دروس اختیاری را بر مبنای زمینه‌ای که علاقه‌مند است بردارد ولی همیشه محدودیت‌ها وجود دارد.
- درصورتی‌که تعداد دانشجویان به‌اندازه کافی باشد که دروس اصلی و اجباری از حدنصاب برگزاری کلاس خارج نگردد، پیشنهاد خیلی خوبی است.
- با این پیشنهاد بسیار موافق هستم. بخصوص با دروسی که زمینه فعالیت‌های بین‌رشته‌ای را افزایش می‌دهد.
- پیشنهاد مناسبی است.
- ارائه دروس اختیاری متنوع با توجه به نوع پروژه بسیار مفید است، البته اگر مشکلات آموزشی به همراه نداشته باشد.
- در ترم دوم دانشجویان می‌توانند به‌جای دروس اختیاری مشخص‌شده از دروس در راستای پایان‌نامه انتخاب کنند.
- نمی‌توان تعیین نمود. چون به پایان‌نامه دانشجو بستگی دارد. بهتر است به دانشجو اختیار داده شود تا حداکثر یک درس از گرایش‌های دیگر با نظر استاد راهنما و با توجه به موضوع پایان‌نامه انتخاب نماید.
- با ارائه چند درس اختیاری موافقم، منتهی با توجه به اینکه اغلب همکاران حجم دروس تدریسی بالایی دارند، پیشنهاد می‌شود که دروس اختیاری مطابق با نیازهای چند گرایش مختلف در مقطع ارشد باشد.

از بین دروس زیر کدام درس را به عنوان درس اختیاری گرایش جداسازی مناسب می‌دانید؟
(حق انتخاب چند درس وجود داشته است)

جدول ۱-۵- نظر اساتید در مورد دروس اختیاری

عنوان درس	نقطه نظرات
پدیده‌های سطحی	▪ مطالب این درس می‌تواند در حد کفایت در درس روش‌های خاص جداسازی گنجانده شود. ▪ این درس بیشتر مناسب مقطع دکتری است. ▪ بسیاری از مفاهیم این درس در دروس دیگر نظیر ترمودینامیک و روش‌های خاص جداسازی تدریس می‌شود.
طراحی آزمایش‌ها و آمار کاربردی	▪ برای دانشجویان جداسازی که کار تجربی و آزمایشگاهی انجام می‌دهند توصیه اکید می‌شود. ▪ در پروژه‌های عملی می‌تواند مفید باشد. ▪ با توجه به ماهیت درس و نیز ماهیت آزمایشگاهی گرایش جداسازی لزوم این درس احساس می‌شود. ▪ این درس هم‌اکنون با عنوان آمار در فرایندهای مهندسی شیمی ارائه می‌شود.
شبیه‌سازی فرایند پیشرفته	▪ برای دانشجویان جداسازی که کار نظری انجام می‌دهند مناسب و مفید است. ▪ می‌تواند اطلاعات مفید و کاربردی مهندسی در اختیار دانشجویان قرار دهد. ▪ این درس در گرایش کنترل ارائه می‌شود.
سیال سازی	▪ مباحث در حد کفایت می‌تواند در درس سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته گفته شود. ▪ این درس برای مقطع دکتری مناسب است. ▪ به‌صورت خاص و در محدوده‌ی خاصی از فرایندهای جداسازی می‌تواند مفید باشد. ▪ خیلی خاص و تخصصی است و برای دانشجویان دکتری مناسب است.
جداسازی چند جزئی	▪ اطلاعات کاملی از فرایندهای جداسازی در اختیار دانشجویان قرار می‌دهد. ▪ این درس ازجمله دروسی است که برای تمامی دانشجویان جداسازی مناسب است.
استخراج مایع – مایع پیشرفته	▪ این درس برای مقطع دکتری مناسب است. ▪ محدود به فرایندهای خاص است و می‌تواند برای دانشجویانی که در این زمینه کار می‌کنند مفید باشد. ▪ بسیار خاص و تخصصی است و مناسب دانشجویان دکتری است.
مدل‌سازی و شبیه‌سازی در مهندسی شیمی	▪ اهمیت این درس در لزوم ارائه مدل جهت پیشگویی‌ها و استفاده‌های بعدی است. ▪ هم‌اکنون در گرایش کنترل ارائه می‌شود.
افزایش مقیاس فرایندها	▪ برای کلیه‌ی گرایش‌های مقطع ارشد مهندسی شیمی توصیه می‌شود. ▪ جز دروس مناسب انتخابی می‌تواند باشد.
طراحی عملیات واحد پیشرفته	▪ درس روش‌های خاص جداسازی با سرفصل‌های بیشتر مناسب‌تر است. ▪ می‌تواند اطلاعات تخصصی‌تری نسبت به دوره لیسانس در اختیار دانشجویان قرار دهد. ▪ در قالب درس طراحی تجهیزات ارائه می‌شود.

جدول ۲-۵- نظرات دریافتی از اساتید در مورد دروس و برنامه درسی

عنوان درس	نقطه نظرات
ترمودینامیک پیشرفته	▪ با توجه به اینکه اکثر فرایندهای جداسازی در مسیر رسیدن به تعادل انجام می‌شوند بنابراین انجام یک پژوهش در این بخش نیاز مبرم به شناخت مباحث تعادل و ترمودینامیک دارد. ▪ پدیده‌های انتقال بر اساس ترمودینامیک صورت می‌گیرد.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

	▪ به نظر برای کلیه دانشجویان مهندسی شیمی مقطع کارشناسی ارشد باید اجباری باشد.
سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته	▪ جریان‌های ورودی و خروجی از یک راکتور موردنظر جدا سازی ا ست و به نظر می‌ر سد اهمیت چندانی در این گرایش ندارد. ▪ درصورتی‌که جداسازی همراه با واکنش شیمیایی باشد می‌تواند بسیار مفید باشد. ▪ برای دانشجویان علاقه‌مند به پژوهش در زمینه سینتیک واکنش‌ها و کاتالیزورها توصیه می‌گردد.
انتقال جرم پیشرفته	▪ مکانیسم‌های جداسازی بسیار مرتبط با مفاهیم انتقال جرم می‌باشد. لذا شناخت کامل پدیده‌های درگیر در انتقال جرم با اهمیت است. ▪ اساس جداسازی انتقال جرم است. ▪ برای گرایش جداسازی و پدیده‌های انتقال اجباری و لازم است.
انتقال حرارت پیشرفته	▪ بعضی از روش‌های جداسازی با استفاده از حرارت می‌باشد بنابراین مفاهیم انتقال حرارت اهمیت دارد. ▪ جداسازی بر اساس اطلاعات حرارت ۱ و ۲ دوره لیسانس قابل انجام است. ▪ برای گرایش جداسازی و پدیده‌های انتقال اجباری و لازم است.
مکانیک سیالات پیشرفته	▪ بعضی از روش‌های جداسازی از قبیل سانتریفوژ کردن مرتبط با مکانیک سیالات است. ▪ معمولاً در فرایندهای جداسازی مکانیک سیالات نیز موردنیاز است. ▪ برای گرایش جداسازی و پدیده‌های انتقال اجباری و لازم است.
ریاضیات مهندسی پیشرفته	▪ در طراحی واحدهای جداسازی و افزایش مقیاس آن‌ها مفاهیم ریاضیات مهندسی اهمیت دارد. ▪ کمک به حل معادلات موجود که با توجه به پیشرفت علوم برنامه‌نویسی و کامپیوتری نقش این درس کم‌رنگ شده است. ▪ پیشنهاد می‌گردد در گرایش جداسازی درس محاسبات عددی پیشرفته جایگزین این درس گردد.
محاسبات عددی پیشرفته	▪ در شبیه‌سازی و مدل‌سازی ریاضی و حل معادلات با استفاده از کامپیوتر واحدهای جداسازی اهمیت دارد. ▪ با ظهور کامپیوتر به نظر می‌رسد این درس از اهمیت بالایی برخوردار است.
روش‌های خاص جداسازی	▪ انواع روش‌های نوین جداسازی را بحث می‌کند. ▪ می‌تواند اطلاعات مفید و کلی را در اختیار دانشجویان قرار دهد.
فرایندهای جداسازی غشایی	▪ یکی از روش‌های مهم جداسازی، جداسازی غشایی است که اخیراً موردتوجه محققین قرار گرفته است. ▪ اگر دانشجو بخواهد در این زمینه کار کند اطلاعات بسیار مفیدی به دانشجو منتقل می‌کند. ▪ برای دانشجویانی که زمینه تحقیقاتی مرتبط با غشا دارند توصیه می‌گردد و برای سایر دانشجویان در صورت علاقه مناسب است.
دروس پیشنهادی	▪ جای دروسی بهینه‌سازی واحدهای جداسازی، درس شبیه‌سازی واحدهای جداسازی، درس خشک‌کردن خالی به نظر می‌رسد. ▪ دروسی از قبیل خشک‌کردن، سانتریفوژ، تقطیر چند جزئی و pinch به‌عنوان دروس اختیاری قابل‌ارائه می‌باشند. ▪ درس طراحی به کمک کامپیوتر پیشنهاد می‌گردد. ▪ فرایندهای جذب سطحی پیشرفته و شبیه‌سازی آن‌ها در مباحث گنجانده شود. ▪ بهینه‌سازی فرایندهای جداسازی از مباحث مهم است که پیشنهاد می‌شود تدریس شوند.
نظرات پیشنهادی	▪ به نظرم بهتر است دروس کاربردی‌تر و خاص‌تر شوند. ارائه دروس با پیش کلمه Advanced را مفید نمی‌دانم. ▪ دروس ارائه‌شده در این گرایش بر اساس برنامه دانشگاه‌های معتبر دنیا و تجربه همکارانی که در دانشگاه‌ها و کشورهای مختلف تحصیل کرده‌اند انتخاب شده است و به نظر بنده ایراد خاصی ندارد، لیکن ارائه چند درس اختیاری بسیار مناسب بوده و آن را جامع‌تر خواهد کرد.

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

۵-۳- دلالت‌های نظرسنجی اساتید

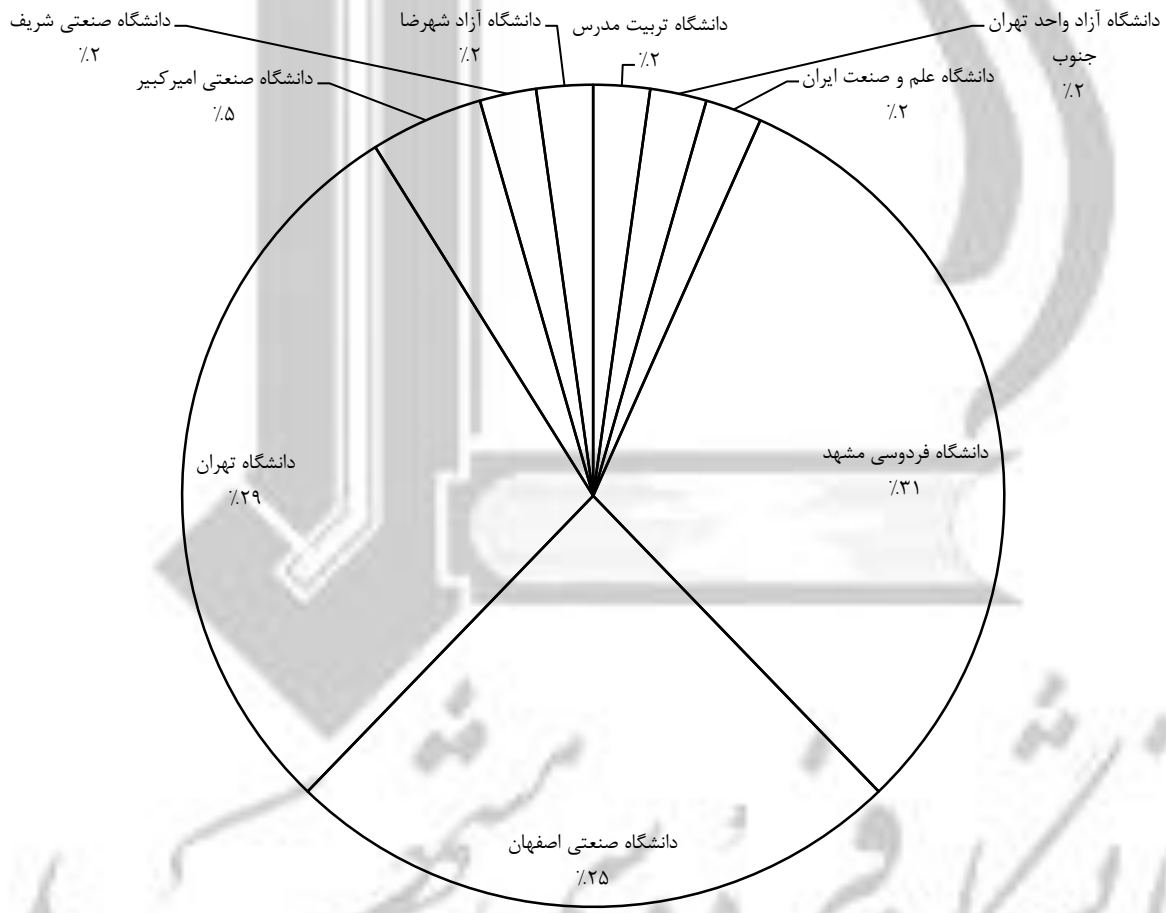
با توجه به نظرات اساتید در مورد اولویت و اهمیت دروس ارائه‌شده در مقطع ارشد مهندسی شیمی گرایش جداسازی مشخص گردید که دروس "ترمودینامیک پیشرفته "، "انتقال جرم پیشرفته" و "سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته" از اهمیت بالاتری نسبت به سایر دروس برخوردارند.

اساتید با ارائه دروس مختلف به‌عنوان دروس اختیاری موافق بوده و تنها نگرانی موجود مشکلات آموزشی و به حدنصاب نرسیدن کلاس‌ها می‌باشد که با ارائه دروس اختیاری مشترک بین گرایش‌های مختلف می‌توان این مشکل را برطرف نمود.

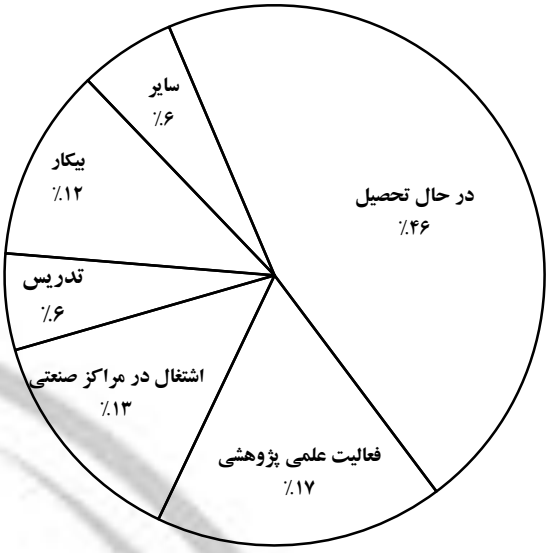
ازنظر اساتید عناوین درسی ارائه‌شده مناسب می‌باشد و تنها نیاز به اضافه کردن دروس اختیاری به برنامه است.

۵-۴- نتایج نظرسنجی دانشجویان و دانش‌آموختگان

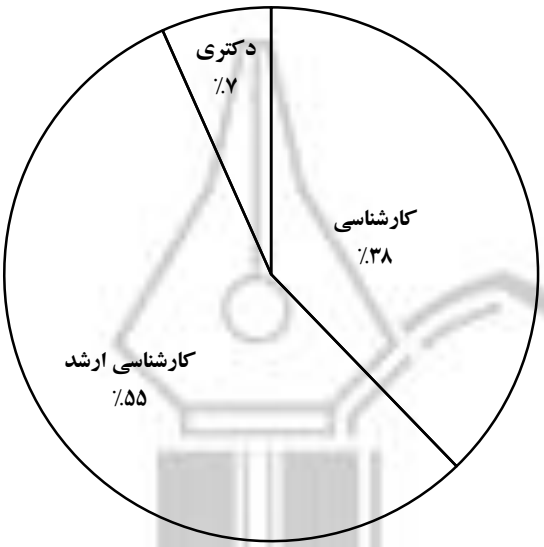
تعداد دانشجویان شرکت‌کننده در نظرسنجی ۴۵ نفر می‌باشد که نتایج به‌دست‌آمده از نظرسنجی دانشجویان به شرح زیر است:



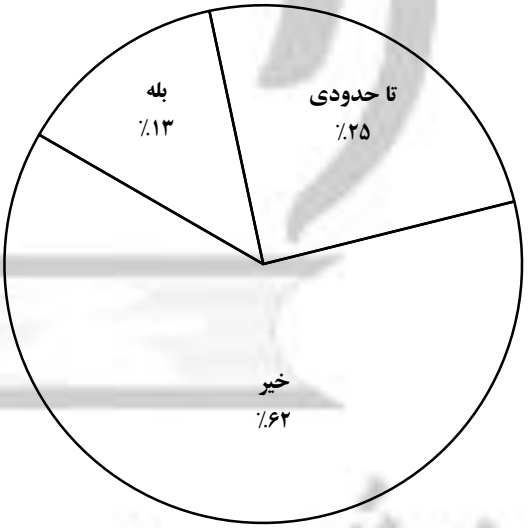
وضعیت شغلی در حال حاضر



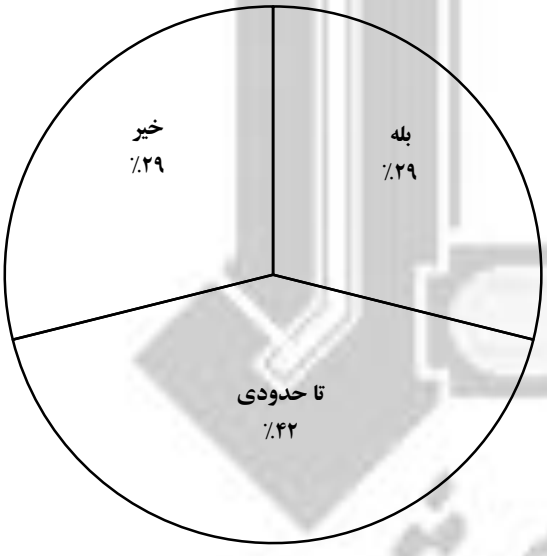
در چه مقطع تحصیلی پروژه پژوهش و یا گرایش شما جداسازی بوده است؟



آیا از میزان درآمد خود رضایت دارد؟

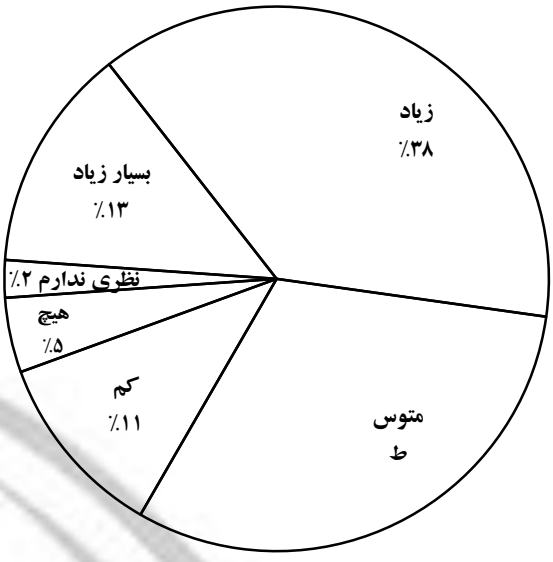


آیا از موضوع شغلی خود رضایت دارید؟

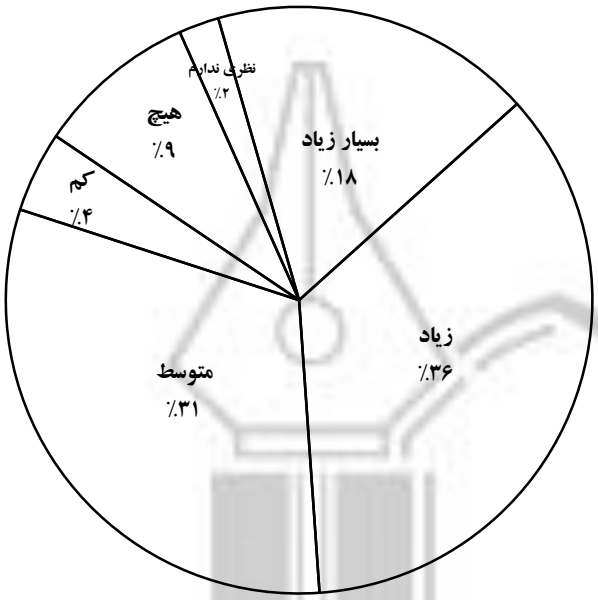


دانشگاه فردوسی مشهد

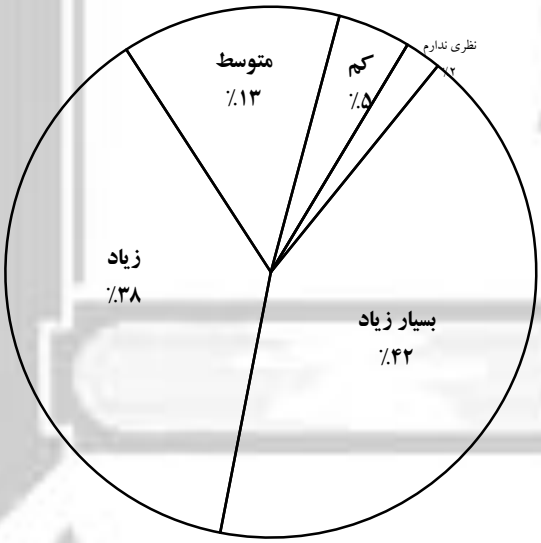
سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته



ترمودینامیک پیشرفته

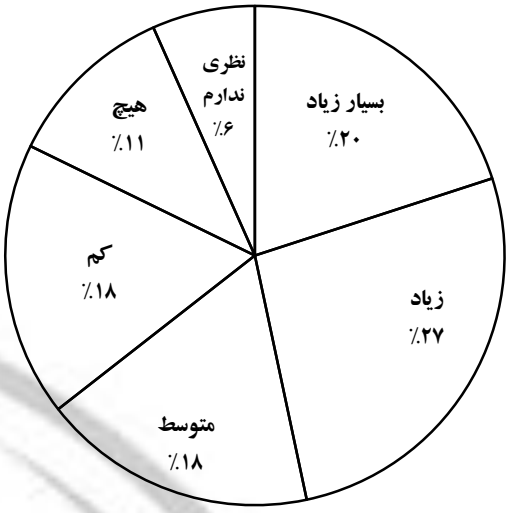


انتقال جرم پیشرفته

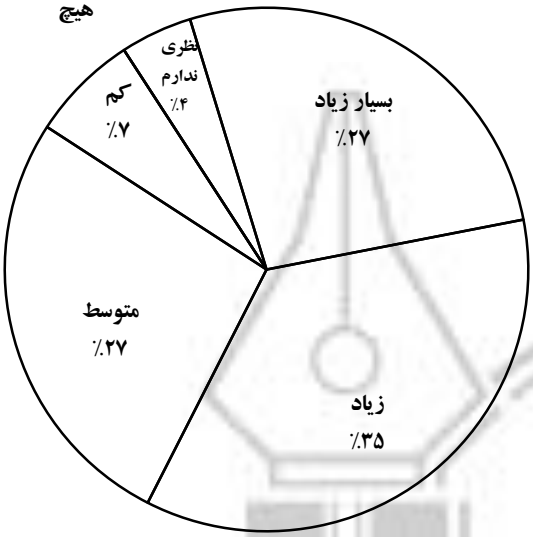


به نظر شما برای انجام صحیح و کامل یک پژوهش در زمینه جداسازی، ارائه و تدریس مباحث زیر تا چه حد می‌تواند مفید باشد؟

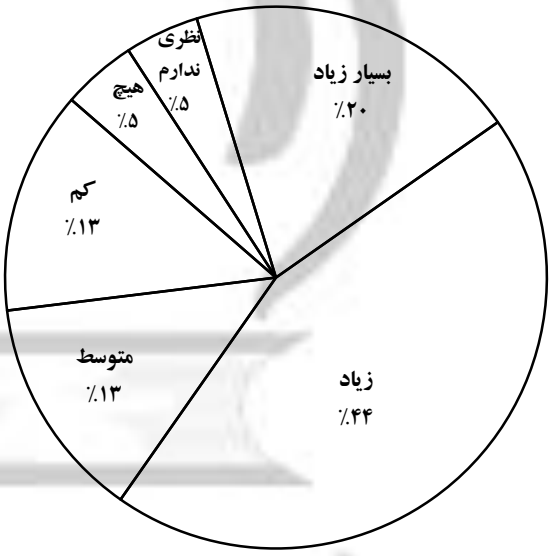
ریاضیات مهندسی پیشرفته



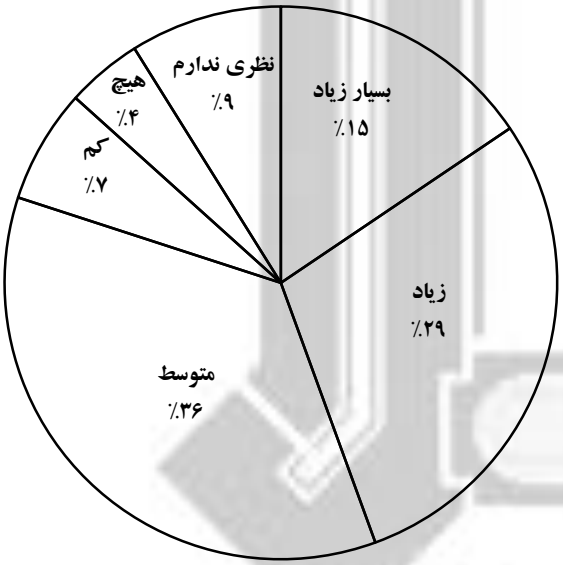
مکانیک سیالات پیشرفته



انتقال حرارت پیشرفته



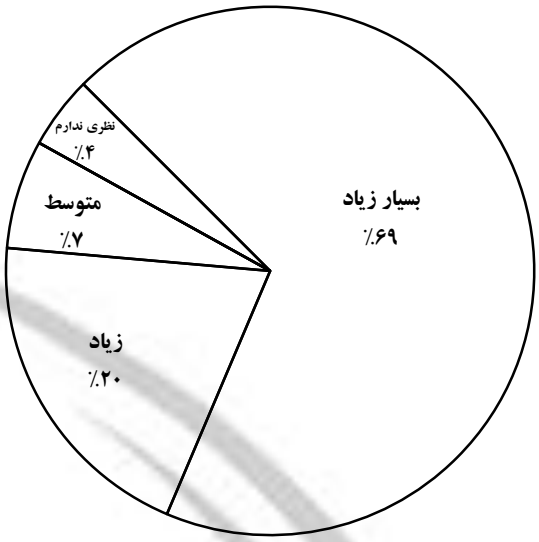
محاسبات عددی پیشرفته



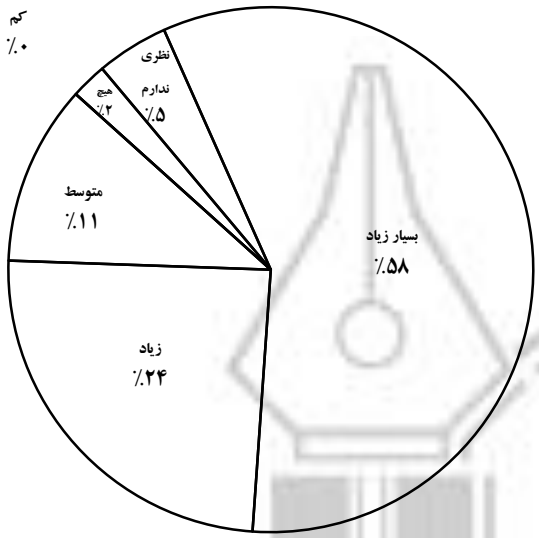
دانشگاه فردوسی مشهد

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه
دانشگاه فردوسی مشهد

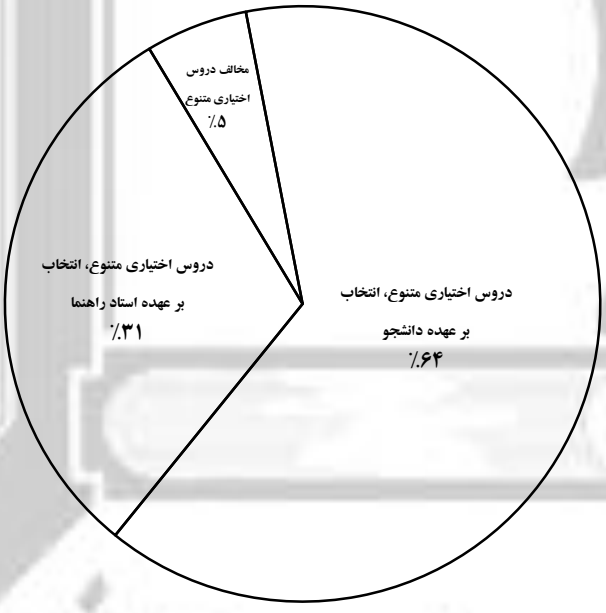
فرایندهای جداسازی غشایی



روش‌های خاص جداسازی

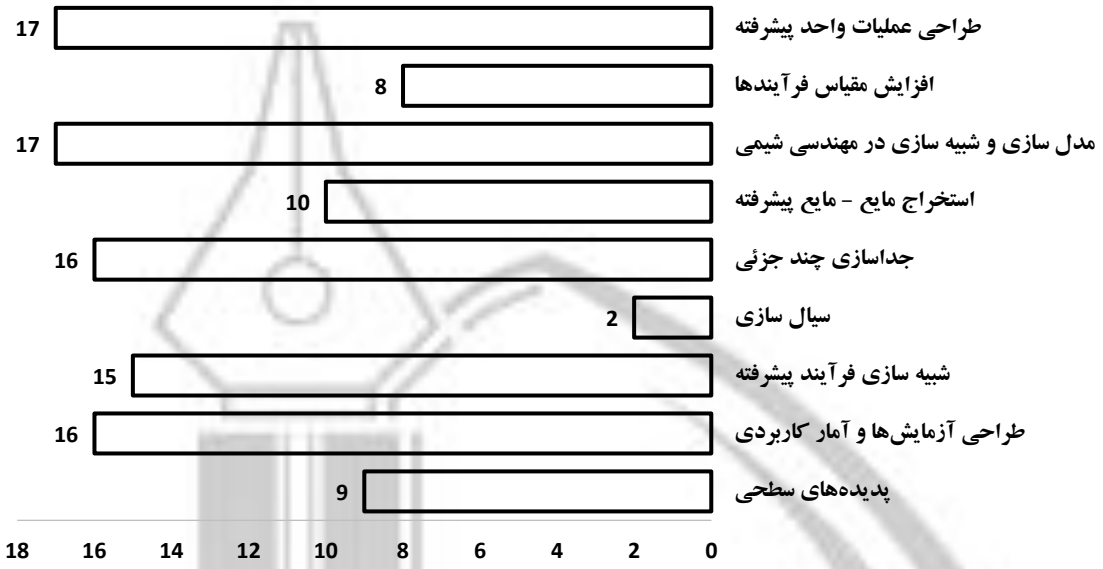


با ارائه دروس اختیاری متنوع در این گرایش موافق هستید؟



دانشگاه فردوسی مشهد

از بین دروس زیر کدام درس را به عنوان درس اختیاری انتخاب میکنید؟ (حق انتخاب سه درس وجود داشته است)



جدول ۳-۵- نظرات دریافتی از دانشجویان و دانش‌آموختگان در مورد دروس و برنامه درسی

ترمودینامیک پیشرفته	▪ معادلات ترمودینامیکی از اهمیت بالایی در زمینه تعادل شیمیایی برخوردار است و مناسب برای فرایندهای جداسازی است. ▪ وجود مدل‌های مختلف و آشنایی با این مدل‌ها در این درس منجر به قوی‌تر ظاهر شدن در شبیه‌سازی و مدل‌سازی فرایندهای جداسازی می‌شود. ▪ این درس زیرساخت مهندسی شیمی و تعادل است. ▪ اهمیت هر درس با توجه به پژوهش و کار انجام‌شده مشخص می‌شود، به‌عنوان‌مثال در فرایندهای غشایی حتی به‌صورت آزمایشگاهی این درس از اهمیت بالایی برخوردار است. ▪ برای درک تعادل شیمیایی که از مباحث مهم مهندسی شیمی است وجود این درس لازم و ضروری است.
سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته	▪ این درس منجر به ایجاد دید منطقی برای طراحی و انتخاب راکتورهای موردنیاز در صنایع می‌شود. ▪ برای فهمیدن الگوها و انتخاب نوع راکتور بسیار مهم و کاربردی است.
انتقال جرم پیشرفته	▪ از دروس بسیار مهم و پراهمیت بوده که در مباحث جداسازی بسیار کاربردی است. ▪ شاید بهتر بود سه درس مکانیک سیالات پیشرفته، انتقال حرارت پیشرفته و انتقال جرم پیشرفته در قالب یک درس پدیده‌های انتقال ارائه می‌شد. این درس‌ها دارای اهمیت بوده اما از شباهت‌هایی در مفاهیم برخوردار هستند که گذراندن همه آن‌ها به‌صورت سه درس مجزا به نظر اتلاف انرژی و زمان است و شاید گنجاندن دو درس دیگر در لیست دروس مناسب‌تر باشد. ▪ مباحث انتقال جرم در تحلیل و انجام مدل‌سازی و شبیه‌سازی از اهمیت بالایی برخوردار است. ▪ محاسبات انتقال جرمی در طی یک فرایند جداسازی مقدار بازده فرایند را می‌تواند برای ما مشخص کند.
انتقال حرارت پیشرفته	▪ در فرایندهای جداسازی که انتقال حرارت در آن‌ها دخیل می‌باشد از اهمیت بالایی برخوردار است. ▪ شاید بهتر بود سه درس مکانیک سیالات پیشرفته، انتقال حرارت پیشرفته و انتقال جرم پیشرفته در قالب یک درس پدیده‌های انتقال ارائه می‌شد. این درس‌ها دارای اهمیت بوده اما از شباهت‌هایی در

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

	مفاهیم برخوردار هستند که گذراندن همه آن‌ها به‌صورت سه درس مجزا به نظر اتلاف انرژی و زمان است و شاید گنجاندن دو درس دیگر در لیست دروس مناسب‌تر باشد. در ضمن مطالب ارائه‌شده در این درس در ریاضیات مهندسی پیشرفته نیز ارائه می‌گردد. می‌توان گفت مطالب ثابتی تحت چهار عنوان درسی ارائه می‌شود. ▪ ارتباط چندانی نداشته و به نظرم ارائه این درس به‌صورت اجباری ضروری نیست. ▪ با توجه به نوع فرایند جداسازی موردنظر اهمیت خود را نشان می‌دهد.
مکانیک سیالات پیشرفته	▪ موازنه مومنتوم و معادلات سیالاتی از اهمیت بالایی در فرایندهای جداسازی برخوردار هستند. ▪ شاید بهتر بود سه درس مکانیک سیالات پیشرفته، انتقال حرارت پیشرفته و انتقال جرم پیشرفته در قالب یک درس پدیده‌های انتقال ارائه می‌شد. این درس‌ها دارای اهمیت بوده اما از شباهت‌هایی در مفاهیم برخوردار هستند که گذراندن همه آن‌ها به‌صورت سه درس مجزا به نظر اتلاف انرژی و زمان است و شاید گنجاندن دو درس دیگر در لیست دروس مناسب‌تر باشد. البته این درس گستردگی مطالب و کاربری بیشتری داشته و لیاقت بیشتری نسبت به انتقال جرم پیشرفته و انتقال حرارت پیشرفته برای ارائه آن به‌صورت مستقل دارد. ▪ فهمیدن الگوی جریان که بر تمام فرایند تأثیرگذار است با استفاده از مباحث این درس ممکن است. ▪ گاهی نیروهای وارده بر سیال از عوامل مؤثر و مضاعف بر جداسازی است که با استفاده از مباحث این درس تحلیل و بررسی می‌شود
ریاضیات مهندسی پیشرفته	▪ این درس تقریباً در دوره کارشناسی گذرانده می شود و تفاوت آن با درس ارشد بیشتر در مباحثی هست که من اسم آن‌ها را ریاضی محض می‌گذارم؛ یعنی مباحثی که به یک رشته ریاضی مرتبط هست تا یک مهندس شیمی. درس خوبی هست و دید را باز می‌کند اما شاید بهتر بود به همان ریاضی مهندسی دوره کارشناسی بسنده می‌شد و به‌جای آن درسی کاربردی‌تر ارائه می‌شد. البته می‌شود این درس و درس حرارت پیشرفته را ادغام کرد که مباحثی یکسان دارند. ▪ با توجه به اینکه در اکثر موارد ما با حل تحلیل مواجه نیستم این درس در دوره ارشد کاربردی نیست.
محاسبات عددی پیشرفته	▪ در اکثر مسائل موردبررسی نیاز به حل عددی معادلات داریم که در این درس به این موضوع پرداخته می‌شود. ▪ این درس بسیار از اهمیت بیشتری نسبت به درس ریاضیات پیشرفته برخوردار است.
فرایندهای جداسازی غشایی	▪ با توجه به اینکه یکی از روش‌های روز دنیا استفاده از غشا می‌باشد آشنایی با این نوع فرایندها بسیار ضروری و لازم می‌باشد. ▪ این درس بسیار شیرین و جذاب هست و شما را با دنیای جالبی آشنا می‌کند؛ اما مشکل آن هست که شاید همه دانشجویان رشته جداسازی نخواهند روی غشا تمرکز کنند. شاید بهتر بود دو عنوان در سی روش‌های خاص جداسازی ۱ و روش‌های خاص جداسازی ۲ ارائه می‌شد و روش‌های غشایی فصلی از این درس‌ها بود. چون روش‌های دیگر مهجور واقع می‌شود. ▪ بسته به زمینه کاری دانشجویان وجود این درس ضرورت پیدا می‌کند.
روش‌های خاص جداسازی	▪ با توجه به این‌که در این درس روش‌های مختلف جداسازی مطرح می‌شود اهمیت این درس برای دانشجویان این گرایش بسیار بالاست. ▪ بسیار درس مهم و کاربردی هست و چه‌بهتر اگر زمان بیشتری به آن اختصاص می‌یافت. حتی نظر من این هست که دو درس روش‌های خاص جداسازی ارائه شود؛ و مورد دیگر بسیار عالی هست که دانشجویان در این درس بر روی یک روش جداسازی به انتخاب خود کاری پژوهشی انجام بدهند که بسا این بعدها به سمینار و انتخاب موضوع پایان‌نامه کمک شایان کند.
مباحث لازم پیشنهادی	▪ ارائه درس روش تحقیق برای دانشجویان این رشته بسیار مناسب می‌باشد. ▪ روش‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی، بهینه‌سازی، محاسبات عددی، میکروبیولوژی و یا مباحث زیستی،

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

	طراحی فرایندها با نرم‌افزارهای مختلف، آموزش یک نرم‌افزار مفید که هر نرم‌افزار تخصصی می‌تواند باشد. یکی از مهم‌ترین درس‌های پیشنهادی روش‌های پژوهشی که واقعاً ضعف بخش عمده‌ای از دانشجویان آشنا نبودن با این روش‌ها و مقالات و مجلات، قوانین حاکم بر روش‌های پژوهشی، دسته‌بندی آن‌ها، ارزش و اهمیت آن‌ها و غیره هست. قوانین نوشتار و نگارش یک پژوهش و خیلی مباحث دیگر که به نظر از خیلی از مباحث درسی که آموزش می‌بینند اهمیت بیشتری دارند. ▪ دروسی با مضامین طراحی دستگاه‌های جداسازی مانند برج‌ها ▪ با توجه به نوع پروژه، دروس مرتبط با آن پروژه خاص. مثلاً اگر با میکروارگانیسم‌ها سروکار دارد باید برای انتخاب بهترین روش، خصوصیات آن‌ها را دانست. ▪ جای دروس بهینه‌سازی خالی است.

۵-۵- دلالت‌های نظرسنجی دانشجویان و دانش‌آموختگان

بر اساس نظر دانشجویان برنامه کلی دروس دارای ایراد نمی‌باشد و تنها دروس اختیاری باید افزایش یابد تا حق انتخاب دانشجویان بیشتر باشد تا دانشجویان با توجه به موضوع پایان‌نامه و علاقه بتوانند درس مناسب را انتخاب نمایند.

از طرفی به نظر دانشجویان سه درس "ترمودینامیک پیشرفته"، "سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته" و "انتقال جرم پیشرفته" از دروس با اهمیت این گرایش است. پس لزوم قرار دادن این سه درس در بین دروس اصلی احساس می‌شود.

دانشگاه فردوسی مشهد

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه فردوسی مشهد

فصل ششم

پایش کارفرمایان

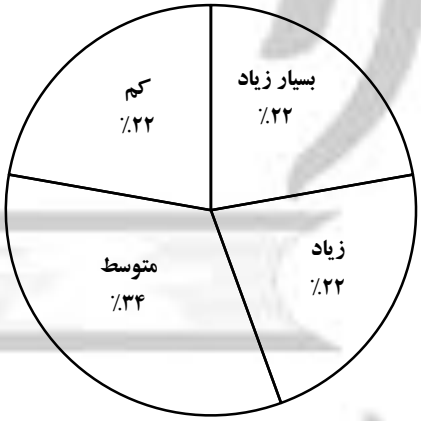
۱-۶- نتایج نظرسنجی کارفرمایان

از بین افرادی که برایشان فرم نظرسنجی ارسال گردید ۹ نفر اقدام به تکمیل فرم نمودند که نتایج به‌صورت زیر است.

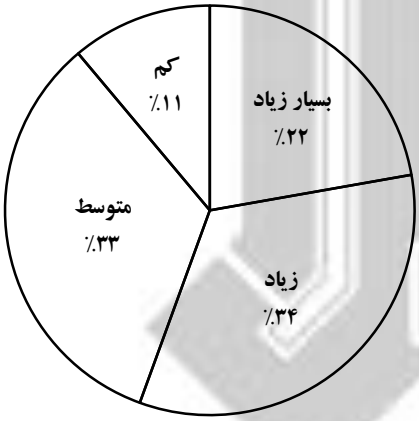
کارفرمایان در چه صنعتی مشغول به فعالیت هستند؟

اهمیت هر درس در صنعت به چه اندازه است؟

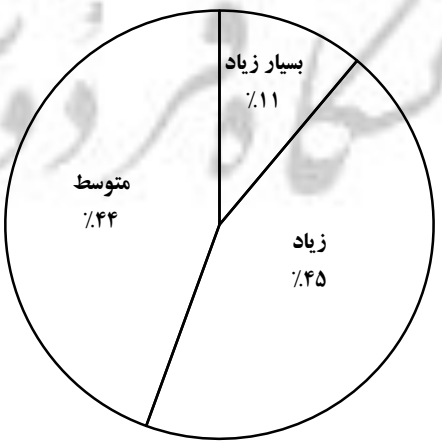
ترمودینامیک پیشرفته



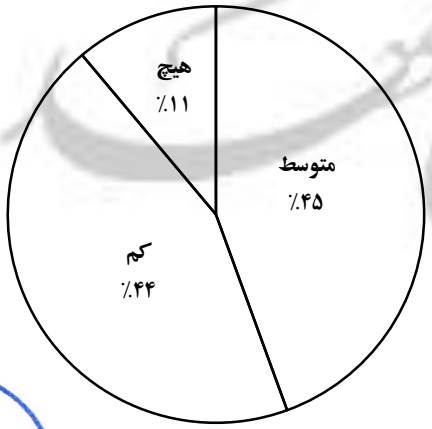
سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته



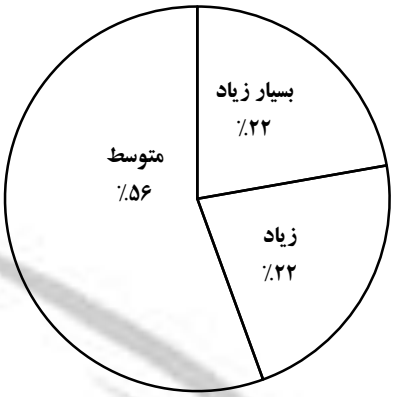
مکانیک سیالات پیشرفته



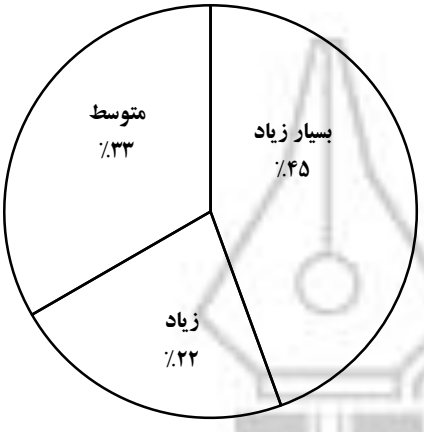
ریاضیات مهندسی پیشرفته



انتقال حرارت پیشرفته

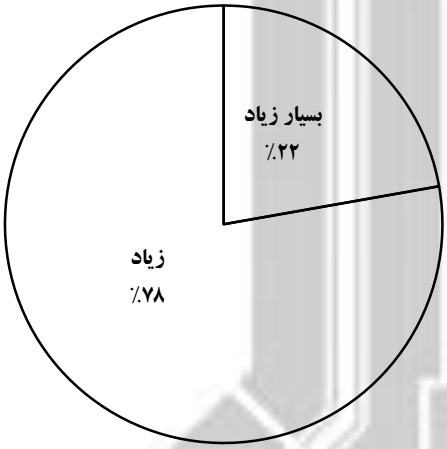


انتقال جرم پیشرفته



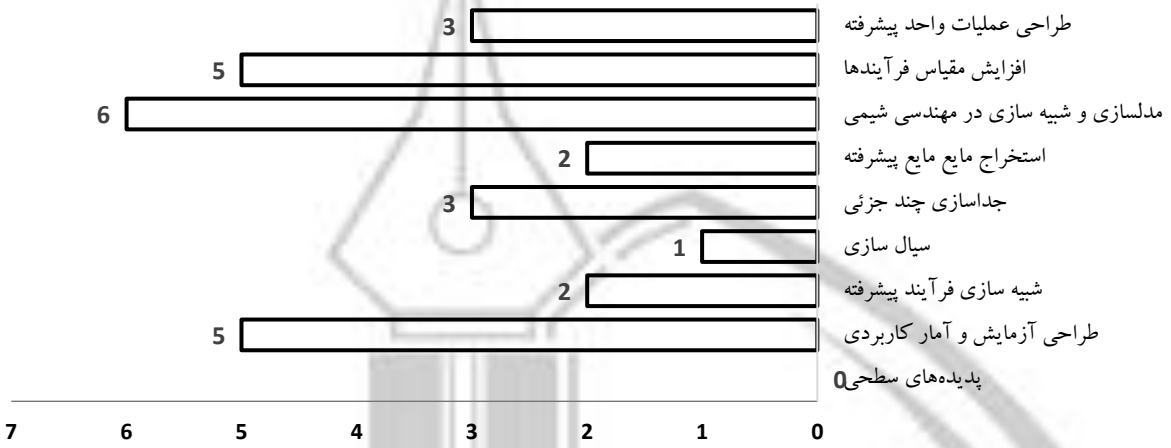
محاسبات عددی پیشرفته

روش‌های خاص جداسازی



فرآیندهای جداسازی غشایی

از بین دروس زیر کدام درس را به عنوان درس اختیاری گرایش جداسازی مناسب می‌دانید؟ (حق انتخاب چند درس وجود داشته است)



۲-۶- دلالت‌های نظرسنجی کارفرمایان

ازنظر کارفرمایان شرکت‌کننده در نظرسنجی تنها درس "ریاضیات مهندسی پیشرفته" از اهمیت کمی نسبت به سایر دروس برخوردار است. دو درس اختیاری "روش‌های خاص جداسازی" و "فرایندهای جداسازی غشایی" نیز بیشترین اهمیت را دارا بودند.

با توجه به نظر کارفرمایان در مورد دروس اختیاری مشخص می‌شود که وجود دروس "مدل‌سازی و شبیه‌سازی در مهندسی شیمی"، "افزایش مقیاس فرایندها" و "طراحی آزمایش و آمار کاربردی" به کارایی افراد در صنعت کمک شایانی می‌کند.

دانشگاه فردوسی مشهد

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه فردوسی مشهد

فصل هفتم

باهم‌نگری و نتیجه‌گیری

۱-۷- مقدمه

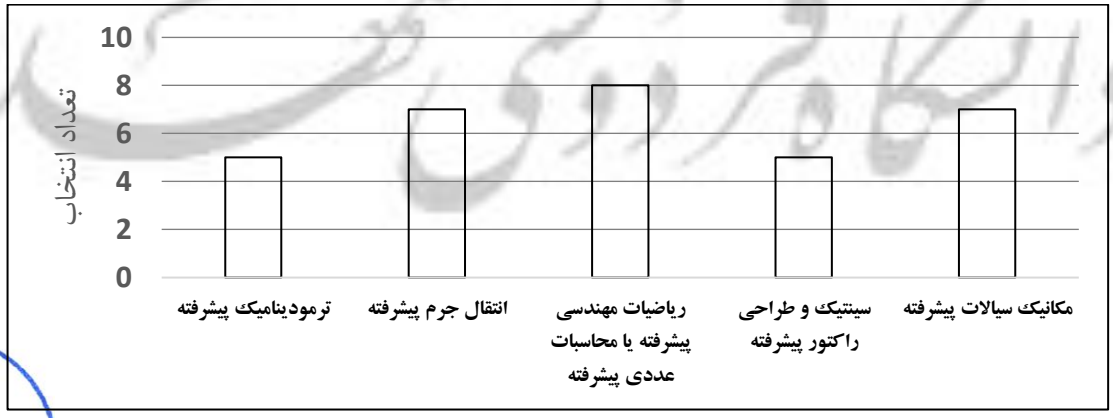
بر اساس مطالعات انجام‌شده و اسناد فرادست، مهندسی شیمی گرایش جداسازی، نقش مؤثری در ایجاد پژوهش‌های علمی جدید دارد. از طرف دیگر، بر اساس نتایج حاصل از پایش دانشجویان، به خاطر کاربردهای گسترده این دانش در تمامی صنایع بخصوص صنایع نفت و گاز، نیاز به بازنگری در دروس ارائه‌شده برای این رشته احساس می‌شود. درواقع هدف اصلی این مطالعات، ارتقاء کیفیت دروس ارائه‌شده برای دانشجویان در مقطع کارشناسی ارشد و کمک به فعالیت‌های پژوهشی ایشان، می‌باشد، به همین دلیل برنامه درسی دانشگاه‌های مختلف خارج و داخل کشور با برنامه درسی ارائه‌شده در دانشگاه فردوسی مقایسه شده و بر اساس نیاز دانشجویان و همچنین با توجه به تخصص اساتید، ایجاد تغییراتی در برنامه درسی پیشنهاد می گردد.

با توجه به مصوبه انجام‌شده در وزارت علوم تحقیقات و فناوری مبنی بر این که تعداد دروس اختصاصی دانشجویان در مقطع ارشد از ۱۲ واحد بیشتر نمی‌تواند باشد، نظرسنجی برای تعیین دروس اصلی بین اساتید گروه مهندسی شیمی انجام گرفت. در این نظرسنجی اساتید از بین دروس زیر که در بررسی‌ها به‌عنوان دروس با اهمیت مشخص گردیده بودن ۴ درس را به‌عنوان درس اصلی انتخاب نمودند.

جدول ۱-۷- دروس اصلی منتخب

ردیف	نام درس
۱	ترمودینامیک پیشرفته
۲	انتقال جرم پیشرفته
۳	سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته
۴	ریاضیات مهندسی پیشرفته یا محاسبات عددی پیشرفته
۵	مکانیک سیالات پیشرفته

نتایج نظرسنجی دروس اصلی



شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

همان‌گونه که از نتیجه نظرسنجی مشخص شده است دروس "ریاضیات مهندسی پیشرفته یا محاسبات عددی پیشرفته"، "انتقال جرم پیشرفته" و "مکانیک سیالات پیشرفته" از اهمیت بالاتری نسبت به سایر دروس برخوردارند و دو درس "ترمودینامیک پیشرفته" و "سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته" از اهمیت یکسانی برخوردارند.

۲-۷- نتایج نظرسنجی‌های انجام‌شده

پس از بررسی و تحلیل نتایج نظرسنجی موارد ذیل نتیجه‌گیری گردید:

- وجود دروس اصلی «انتقال جرم پیشرفته» و «مکانیک سیالات پیشرفته» لازم و ضروری گرایش جداسازی است.
- دانشجویان از بین دو درس «ترمودینامیک پیشرفته» و «سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته» با صلاحدید استاد راهنما یک درس را به‌عنوان درس اصلی انتخاب نمایند.
- در درس «ریاضیات مهندسی پیشرفته» مبحث مدل‌سازی فرایندها و حل تحلیلی مدل‌های به‌دست‌آمده و در درس «محاسبات عددی پیشرفته» بحث حل مدل‌ها به‌صورت عددی و با استفاده از کامپیوتر مطرح می‌شود. با توجه به اهمیت حل معادلات برای پیش‌بینی آینده‌ی فرایند و همچنین توسعه و پیشرفت‌های دنیای کامپیوتر و پیچیدگی مدل‌های واقعی، اهمیت هر دو درس زیاد است و حداقل یکی از این دو درس به‌عنوان درس اصلی باید توسط دانشجویان انتخاب شود.
- ارائه دروس اختیاری متنوع برای دانشجویان این گرایش ازنظر اساتید امری مفید است البته نگرانی از مشکلات آموزشی نیز وجود داشت که با توجه به اینکه برخی از دروس اختیاری بین گرایش‌های مختلف مشترک است می‌توان امکان انتخاب این دروس را برای دانشجویان فراهم کرد.
- دروس اختیاری باید بر اساس موضوع پایان‌نامه دانشجویان انتخاب شود و ارائه دروس کاملاً تخصصی برای برخی از دانشجویان که در آن حوزه فعالیت نمی‌کنند، مناسب نیست.

جدول ۲-۷- مقایسه برنامه درسی قدیم با برنامه درسی پیشنهادی

نوع درس	برنامه فردوسی مشهد	برنامه پیشنهادی جدید
اصلی	ترمودینامیک پیشرفته	ترمودینامیک پیشرفته یا سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته
	سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته	انتقال جرم پیشرفته
	دو درس از پدیده‌های انتقال	مکانیک سیالات پیشرفته
	ریاضیات مهندسی پیشرفته یا محاسبات عددی پیشرفته	ریاضیات مهندسی پیشرفته یا محاسبات عددی پیشرفته
اختیاری	فرایندهای جداسازی غشایی	انتقال حرارت پیشرفته
	روش‌های خاص جداسازی	فرایندهای جداسازی غشایی
	یکی از دروس پدیده‌های انتقال	روش‌های خاص جداسازی

شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

		طراحی آزمایش و آمار کاربردی
		شبیه‌سازی فرایندها
		بهینه‌سازی
		جداسازی چند جزئی
		طراحی واحدهای تصفیه آب و پساب

دانشجویان می‌توانند با نظر استاد راهنما دروس اصلی را که به انتخاب خود به‌عنوان درس اصلی انتخابی که انتخاب نکرده‌اند را به‌عنوان درس اختیاری انتخاب کنند.

۳-۷- دلالت‌های تغییرات صورت گرفته

طبق نظرسنجی از سه گروه اساتید، دانشجویان و کارفرمایان مشخص گردید که دروس "انتقال جرم پیشرفته" و "مکانیک سیالات پیشرفته" دارای اهمیت بالایی در گرایش جداسازی هستند بدین منظور این دو درس در دسته دروس اصلی قرارگرفته‌اند و تمام دانشجویان این دروس را باید بگذرانند.

دو درس "ترمودینامیک پیشرفته" و "سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته" طبق نظرسنجی از اهمیت کمتری نسبت به برخوردارند. دانشجویان باید یکی از این دو درس را با صلاحدید استاد راهنما بگذرانند.

دو درس "ریاضیات مهندسی پیشرفته" و "محاسبات عددی پیشرفته" جز دروس اصلی بوده که با توجه به نظرسنجی صورت گرفته دارای اهمیت کمتری نسبت به سایر دروس اصلی برخوردارند و طبق بررسی صورت گرفته پیشنهاد می‌شود که دانشجویان با توجه به موضوع پایان‌نامه و پژوهش یکی از این دروس را انتخاب نمایند.

در برنامه جدید همان‌گونه که مشخص است دروس اختیاری با توجه به نظرسنجی صورت گرفته بیشتر شده است. البته با توجه به نگرانی از مسائل آموزشی و به حدنصاب نرسیدن کلاس دروس اختیاری، عناوین دروس به‌صورت مشترک با سایر گرایش‌ها انتخاب گردیده است. همچنین در برنامه پیشنهادی این امکان وجود دارد که دانشجویان در صورت تشخیص استاد راهنما حداکثر یک درس از دروس اختیاری را از دانشکده‌های دیگر انتخاب کنند. همچنین دروس باقیمانده از بین دروس "ریاضیات مهندسی پیشرفته"، "محاسبات عددی پیشرفته"، "ترمودینامیک پیشرفته" و "سینتیک و طراحی راکتور پیشرفته" را دانشجویان می‌توانند به‌عنوان درس اختیاری انتخاب کنند.

۴-۷- پیشنهاد عمده‌ترین تغییرات در برنامه درسی بر مبنای مطالعات انجام‌شده

بر اساس بررسی‌های صورت گرفته دروس ارائه‌شده به سه دسته: دروس اصلی، دروس اصلی انتخابی و دروس اختیاری تقسیم‌بندی شده‌اند.

از مقایسه برنامه‌های درسی دانشگاه‌های داخل و خارج کشور همپوشانی تقریباً کامل بین دروس اصلی مشاهده گردید. همچنین بر اساس نظرسنجی انجام‌شده علاقه دانشجویان به دروس شبیه‌سازی و مدل‌سازی به‌عنوان دروس اختیاری

دبیرخانه شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه

بالاست که در دانشگاه‌های مختلف به آن پرداخته شده است اما در دانشگاه فردوسی درسی بدین منظور در برنامه درسی گرایش جداسازی وجود ندارد.

فعالیت‌های پژوهشی کاربردی متناسب با نیاز صنعت که در آزمایشگاه‌ها انجام می‌گیرد جهت انتقال دانش به صنعت نیازمند افزایش مقیاس و بزرگنمایی می‌باشند که لزوم درس افزایش مقیاس به‌عنوان یک درس اختیاری در این گرایش را نشان می‌دهد.

همچنین می‌توان با بررسی برنامه درسی ارائه‌شده در سایر دانشکده‌ها، فرصتی برای استفاده دانشجویان از دانش اساتید در سایر رشته‌های مرتبط را به وجود آورد. به‌عنوان‌مثال درس «روش تحقیق» که شیوه پژوهش و مقاله‌نویسی را بررسی می‌کند، در برنامه درسی می‌تواند مفید باشد.

نکته قابل‌توجه دیگر درخواست اکثر دانشجویان برای اختیاری بودن بعضی از دروس ارائه‌شده گرایش جداسازی، بر مبنای موضوع پایان‌نامه کارشناسی ارشد بود. ازآنجاکه افزایش تعداد و تنوع دروس در برنامه درسی و اختیاری نمودن بعضی از آن‌ها، به دانشجو امکان انتخاب دروس را بر مبنای موضوع پژوهش خود می‌دهد، پس بهتر است با ارائه ۵ درس به‌صورت پایه و اصلی و باقی دروس به‌صورت اختیاری، برنامه درسی مفیدی در اختیار دانشجویان قرار داد.

دانشگاه فردوسی مشهد
شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه