

# پیشنهاد درس "آشنایی با مهندسی شیمی" برای دوره کارشناسی مهندسی شیمی

جلال الدین شایگان، محمدعلی موسویان

دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده فنی دانشگاه تهران

**چکیده:** با توجه به ناآشنا بودن دانشجویان قبول شده در رشته مهندسی شیمی با محتوای این رشته و دامنه کاری آن، درس دو واحدی "آشنایی با مهندسی شیمی" معرفی شده است. درس از دو قسمت آشنایی با دروس اصلی مهندسی شیمی و آشنایی با صنایع شیمیایی تشکیل شده است. در قسمت اول، دروس اصلی مهندسی شیمی توسط استادان مربوط و به صورت موجز و حتی الامکان در یک جلسه معرفی می شود. در بخش دوم، مهمترین صنایعی که مهندسان شیمی در آنها نقش اول را ایفا می کنند، برای محل های بازدید در نظر گرفته می شوند. گزارش بازدیدهای صنعتی به علاوه، آزمون از مطالب ارائه شده در بخش اول نمره نهایی درس را مشخص می کند. در خاتمه، دو کتاب درسی برای راهنمایی دانشجویان و استادان آن درس معرفی شده است.

**واژه های کلیدی:** دروس اصلی مهندسی شیمی، آشنایی با مهندسی شیمی، برنامه دروس مهندسی شیمی.

مردم مهندسان عمران را با پل‌ها و ساختمان‌های عظیم، مهندسان برق و الکترونیک را با نیروگاه‌ها و سیستم‌های مخابراتی و مهندسان مکانیک را با انواع خودرو و ماشین‌های پیشرفته مرتبط می‌دانند. اما مهندسان شیمی هیچ نشانه برجسته‌ای که بلافاصله این رشته را در اذهان عمومی مجسم سازد، ندارند. در حالی که محصولاتی که در نتیجه کاربرد تخصص مهندسی شیمی در زندگی روزمره مردم کاربرد دارند، بسیار زیاد است. از جمله این محصولات می‌توان به انواع شوینده‌ها، داروها، بنزین و سایر سوخت‌ها، انواع کودها و آفت‌کش‌ها و فرآورده‌های غذایی اشاره کرد. اگرچه اکثر این محصولات به ابهت و شکوه نشانه‌های سایر رشته‌های مهندسی نیست، اما هنر تولید با کیفیت و قیمت مناسب این محصولات همواره می‌تواند چالشی شوق‌برانگیز باشد [۱].

مهندسی شیمی که ترجمه کامل اسم آن از زبان انگلیسی "مهندسی شیمیایی" یا به‌طور مفهومی‌تر "مهندسی صنایع شیمیایی" است، در واقع یکی از رشته‌های جدا شده از مهندسی مکانیک است. وظایف انحصاری که امروزه در دنیا بر عهده مهندسان شیمی گذاشته شده است، در ابتدا بر عهده مهندسان مکانیک بوده است، ولی با پیشرفت و گسترش علم و فناوری به تدریج مشخص شد که در طراحی بعضی دستگاه‌ها که در آنها عملیات جداسازی مخلوط‌ها یا ترکیب شیمیایی مواد صورت می‌گیرد، مهندسان مکانیک علاوه بر اشراف به دروس پایه و اصلی مرتبط با رشته مهندسی مکانیک از جمله ریاضیات، فیزیک، استاتیک و مقاومت مصالح، ترمودینامیک، مکانیک، سیالات، انتقال حرارت و دینامیک، لازم است با دانش شیمی، شیمی فیزیک، مهندسی واکنش‌ها، ترمودینامیک مخلوط‌ها، انتقال جرم و آنچه امروزه به نام عملیات واحد و طراحی راکتورها نامیده می‌شود نیز آشنایی کامل داشته باشند تا بتوانند با تسلط کامل بر فرایند اتفاق افتاده در داخل راکتور به طراحی بهینه دستگاه مناسب پردازند.

برای اولین بار در سال ۱۸۹۱ میلادی در انستیتو تکنولوژی ماساچوست (ام. آی. تی) رشته مهندسی شیمی پایه گذاری شد و در سال‌های اول قرن بیستم، مهندسی شیمی به صورت یک حرفه مشخص درآمد. در ایران نیز اولین بخش مهندسی شیمی در دانشکده فنی دانشگاه تهران در سال ۱۳۱۳ هجری شمسی و پس از آن در دانشگاه صنعتی امیرکبیر در سال ۱۳۳۶

شکل گرفت. دانشگاه‌های شیراز و صنعتی شریف به‌طور همزمان بخش مهندسی شیمی خود را در سال ۱۳۴۵ هجری شمسی شروع کردند [۲].

## ۲. ضرورت درس

در حالی که در بسیاری کشورهای پیشرفته و صنعتی اولین سده تولد رشته مهندسی شیمی را در سپتامبر سال ۱۹۸۸ جشن گرفتند، هنوز در کشور ما و بی‌تردید در شماری از کشورهای توسعه‌نیافته یا در حال توسعه، دامنه کار این رشته از مهندسی برای اکثر مردم عادی و حتی مدیران صنعت نامشخص است و فصل مشترک یا تمایز آن با سایر رشته‌های مهندسی روشن نیست. طبعاً دانش‌آموزان سال‌های آخر دبیرستان نیز از این قاعده مستثنا نیستند و به‌ویژه آنهایی که در آستانه مواجهه با هیولای کنکور هستند، به هیچ‌وجه درک درستی از حرفه مهندسی شیمی ندارند. انتخاب رشته برای تحصیلات دانشگاهی نیز عموماً با توجه به بازار کار، ارزیابی از توان علمی دانش‌آموز و برآورد نمره قبولی او در کنکور صورت می‌گیرد و در چنین شرایطی است که قبول شده کنکور به صورت تصادفی به عنوان دانشجوی سال اول رشته مهندسی شیمی در یکی از دانشگاه‌های سراسری یا دانشگاه آزاد در رشته‌ای که برداشت درستی از آن ندارد، دوره تحصیل خود را شروع می‌کند.

ترم‌های اول رشته‌های مهندسی و حتی بعضی از رشته‌های علوم بیشتر حاوی دروس عمومی و پایه است و دروس ریاضی ۱ و ۲، فیزیک ۱ و ۲، شیمی عمومی، تربیت بدنی، گرافیک صنعتی، کارگاه، برنامه‌نویسی کامپیوتر و همین‌طور معارف اسلامی، زبان انگلیسی و فارسی و... بیشتر ۳۰ تا ۴۰ واحد دو ترم سال اول را می‌پوشاند، در حالی که هنوز دانشجوی تازه‌وارد رشته مهندسی شیمی از سرنوشتی که کنکور سراسری برایش رقم زده است، اطلاع درستی ندارد و دید مشخصی از دروس تخصصی و افق‌های کاری بعد از پایان دوره تحصیل پیدا نکرده است. از این‌رو ضروری به‌نظر می‌رسد که این دانشجو قبل از اینکه با رشته‌ای که هنوز در او علاقه‌ای ایجاد نکرده است بیگانه نشود و تصویر روشن و درستی را از مجموعه دروس این رشته و آینده‌ای که می‌تواند در انتظار او باشد، مجسم کند.

برای این منظور درس دو واحدی با عنوان "آشنایی با مهندسی شیمی" تعریف می‌شود که هدف اصلی آن توجیه دانشجوی سال اول با محتوای کلی رشته تعیین شده برای او و آشنایی با

چهره و تخصص استادانی است که در طول چهار سال تحصیلی با آنها سروکار خواهد داشت. هدف دوم درس، شناخت کلی از صنایعی است که مهندس شیمی در طراحی، تولید یا اداره آنها نقش مؤثر و برجسته‌ای دارد.

### ۳. محتوای درس

درس پیشنهادی از دو بخش جداگانه آشنایی با دروس مهندسی شیمی و آشنایی با صنایع عمده شیمیایی تشکیل شده که محتوای کلی آنها در دو جدول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱. عناوین فصول مختلف بخش آشنایی با دروس مهندسی شیمی

شماره فصل	عنوان فصل	زمان اختصاص یافته
۱	تعریف کلی و اجمالی مهندسی شیمی	یک جلسه ۲ ساعته
۲	اهمیت و نقش ترمودینامیک در مهندسی شیمی	یک جلسه ۲ ساعته
۳	اهمیت و نقش مکانیک سیالات در مهندسی شیمی	یک جلسه ۲ ساعته
۴	اهمیت و نقش انتقال حرارت در مهندسی شیمی	یک جلسه ۲ ساعته
۵	اهمیت و نقش انتقال جرم در مهندسی شیمی	یک جلسه ۲ ساعته
۶	آشنایی کلی با عملیات واحد	دو جلسه ۲ ساعته
۷	آشنایی با سینتیک واکنش‌ها و طراحی راکتورها	یک جلسه ۲ ساعته
۸	آشنایی با ابزار دقیق و کنترل فرایندها	یک جلسه ۲ ساعته
۹	آشنایی با گرایش‌های مختلف مهندسی شیمی، نفت، گاز، پتروشیمی، پلیمر، صنایع غذایی، بیوتکنولوژی، محیط‌زیست، صنایع معدنی، صنایع سلولزی	ده جلسه ۱ ساعته
جمع		۲۶ ساعت

جدول ۲. بعضی از صنایعی که در طول ترم یا به صورت یک برنامه منظم

تنظیم شده در انتهای ترم می تواند مورد بازدید قرار گیرد.

شماره	نوع صنعت	واحدهای نمونه برای بازدید
۱	نفت	پالایشگاه تهران، پالایشگاه آبادان، پالایشگاه اراک و پالایشگاه بندرعباس
۲	گاز	پالایشگاه گاز عسلویه، خانگیران، کنگان و بیدبلند
۳	پتروشیمی	مجتمع پتروشیمی رازی، خراسان و شیراز
۴	پلیمری	کارخانه های پارسیلون، پلی اکریل و الیاف
۵	غذایی	کارخانه قند، کارخانه روغن خوراکی و کارخانه نوشابه سازی
۶	معدنی	کارخانه های سیمان، صنایع فولاد، صنایع مس و صنایع شیشه
۷	بیوتکنولوژی	کارخانه های خمیرمایه (ایران مایه، دز مایه) یا الکل سازی (بیدستان و اصطکک)
۸	محیط زیست	تصفیه خانه های فاضلاب یا واحد کمپوست سازی از زباله شهرهای مختلف از جمله تهران و اصفهان
۹	کاغذسازی	چوکا، چوب و کاغذ مازندران و کاغذ پارس

### ۱.۳. شرح سرفصل درس

در جدول یک فقط عناوین فصول مختلف داده شده است، با توجه به اینکه مدت زمان تعیین شده برای ارائه هر فصل بسیار محدود و اکثراً در حد یک جلسه دو ساعته است، لذا شرح مطالب هر فصل و تأکیدی که باید بر بعضی مطالب مهم آن صورت گیرد، در ادامه مطالب آمده است [۳].

#### ۱.۱.۳. فصل اول - تعریف کلی و اجمالی مهندسی شیمی

از جمله وظایف عمده مهندسان شیمی می توان به دو مورد زیر اشاره کرد:

الف. طراحی دستگاه های مختلفی که در آنها فرایندهای جداسازی صورت می گیرد؛

ب. طراحی دستگاه های مختلفی که در آنها به نحوی ترکیب شیمیایی صورت می گیرد و در

حقیقت، از ترکیب یک سری مواد اولیه، مواد دیگری به عنوان محصول به وجود می آیند. در این فصل ضمن بیان و شرح دو وظیفه یاد شده و آوردن مثال‌های مناسب از صنایع مختلف شیمیایی، دانشجویان به طور اجمال با رشته مهندسی شیمی و گرایش‌های مختلف آن آشنا می‌شوند. با توجه به آنکه جهان مادی جهان مخلوط‌هاست و مواد لازم صنعت نیز به اندازه کافی در طبیعت موجود نیستند و امروزه بسیاری از مواد با خواص مختلف ساخته می‌شوند که اصلاً در طبیعت وجود ندارند، اهمیت و نقش برجسته صنایع شیمیایی و ارزش افزوده بالای آنها در این فصل تشریح خواهد شد. در پایان این فصل قسمت‌های مشترک رشته مهندسی شیمی با مهندسی مکانیک (مثل طراحی نیروگاه‌ها، سردخانه‌ها، مبدل‌های حرارتی و...) تشریح خواهد شد. ضمناً در طی این فصل و فصل‌های بعدی بر حسب مورد اهمیت و نقش اصلی دروس ریاضیات، فیزیک و شیمی، این دروس به عنوان پایه رشته مهندسی شیمی تشریح و بر آن تأکید می‌شود.

### ۲.۱.۳. فصل دوم - اهمیت و نقش ترمودینامیک در مهندسی شیمی

در این فصل موضوع کلی ترمودینامیک و تبدیل انرژی‌های مختلف به یکدیگر، به خصوص تبدیل گرما به کار بررسی می‌شود و ضمن آشنایی با بیلان جرم، قانون اول و دوم و مفاهیم انرژی و انتروپی به عنوان دو خاصیت مهم ماده برگرفته از قانون اول و دوم به طور کلی تشریح می‌شوند. سپس، دانشجویان با منابع تجدیدنپذیر و تجدیدپذیر انرژی و سیکل‌های توانی و تبریدی آشنا می‌شوند. همچنین، اهمیت محاسبات ترمودینامیکی در طراحی و انتخاب دستگاه‌های مختلف مثل کمپرسورها شرح داده می‌شود. سپس، به شرح کلی ترمودینامیک مخلوط‌ها به عنوان پایه مهندسی شیمی پرداخته و پتانسیل شیمیایی به عنوان نیروی محرکه اصلی انتقال جرم تبیین می‌شود. در پایان این فصل، شرط لازم و کافی تعادل و تعادل فازی [به عنوان پایه فرایندهای جداسازی در مهندسی شیمی] و تعادل شیمیایی [به عنوان پایه طراحی راکتورهای شیمیایی] تشریح خواهد شد.

### ۳.۱.۳. فصل سوم - اهمیت و نقش مکانیک سیالات در مهندسی شیمی

در این فصل ضمن تشریح کلی قانون ویسکوزیته نیوتن و بیلان مومنتم به بیان پارامترهای

مؤثر بر روی سرعت حرکت یک سیال در یک لوله پرداخته می‌شود و با بیان این مسئله که نمودار سرعت تابع زمان و مکان است، دو نوع جریان آرام و متلاطم تشریح می‌شود. سپس، با ذکر مثال‌هایی اهمیت و نقش نمودار سرعت [و به‌طور کلی مدل جریان] در عملکرد و طراحی دستگاه‌های عملیات و راکتورها بررسی می‌شود. در پایان این فصل پمپ‌ها و کمپرسورها تشریح می‌شوند.

### ۴.۱.۳. فصل چهارم - اهمیت و نقش انتقال حرارت در مهندسی شیمی

در این فصل ابتدا با ذکر مثال‌های مختلف سه مکانیزم مختلف انتقال حرارت یعنی هدایت، جابه‌جایی و تشعشع همراه با فرمول‌های اصلی مربوط تشریح می‌شوند و سپس، نقش مکانیک سیالات در محاسبات مربوط به انتقال حرارت بیان می‌شود. در ادامه به منظور نشان دادن کاربرد انتقال حرارت، تأثیر گرمای تحولات فیزیکی (اختلاط و جداسازی) و تحولات شیمیایی در تغییر دما در دستگاه‌های مختلف پرداخته و لزوم سیستم‌های تبادل گرما برای تنظیم دما مطرح می‌شود. در پایان فصل انواع مبدل‌های حرارتی تشریح خواهند شد.

### ۵.۱.۳. فصل پنجم - اهمیت و نقش انتقال جرم در مهندسی شیمی

در این فصل قانون فیک و اینکه در سیستم‌های تک‌فازی می‌توان غلظت را به‌جای پتانسیل شیمیایی نیروی محرکه انتقال جرم دانست، تشریح می‌شود. سپس با ذکر مثال‌هایی نفوذهای مولکولی، آرام و متلاطم در سیالات و انواع نفوذ مولکولی در جامدات و همچنین، نفوذ بین دو فاز غیرقابل امتزاج مجاور شرح داده می‌شوند. آنگاه انواع دستگاه‌های تبادل جرمی از جمله پر شده، سینی‌دار و پاششی تشریح می‌شوند و پارامترهای مؤثر بر عملکرد هر کدام به‌طور اجمالی تشریح می‌شوند. به‌خصوص با ذکر مثال‌هایی این نکته شرح داده می‌شود که برای طراحی دستگاه‌های تبادل جرمی، تسلط کامل بر دروس مکانیک سیالات و انتقال حرارت و انتقال جرم ضروری است. در پایان این فصل طرز کار و طراحی یک ستون جذب یا دفع به‌طور فیزیکی تشریح می‌شود.

### ۶.۱.۳. فصل ششم - آشنایی کلی با عملیات واحد

در این فصل اصول کلی فرایندهای جداسازی مختلف نظیر تقطیر، استخراج، خشک کردن، رطوبت زنی، جذب سطح، ستون تبادل یونی و در صورت امکان جداسازی‌های خاص مثل فلوتاسیون تشریح می‌شود و ضمن آوردن مثال‌هایی در هر مورد، مکانیسم عمل تشریح می‌شود [مثلاً اینکه جذب و استخراج بر اساس اختلاف حلالیت و تقطیر بر اساس اختلاف فراریت و فلوتاسیون و انواع مشابه آن بر اساس اختلاف خواص سطحی کار می‌کنند]. ضمناً در هر مورد نقش محاسبات مربوط به تعادل فازی در طراحی تبیین می‌شود.

### ۷.۱.۳. فصل هفتم - آشنایی با سینتیک واکنش‌ها و طراحی راکتورها

در این فصل ابتدا سینتیک واکنش‌ها و نحوه به دست آوردن معادلات تجربی سرعت واکنش‌ها تشریح می‌شود، سپس انواع راکتورها (اعم از همگن و غیرهمگن) ذکر و نقش بیلان جرم و قانون اول ترمودینامیک در طراحی راکتورها بیان می‌شود. سپس، پارامترهای کلی موثر بر عملکرد هر نوع راکتور به اندازه معین [سینتیک واکنش، مدل جریان شرایط عملیاتی] شرح داده می‌شوند و نقش مکانیک سیالات و انتقال حرارت و انتقال جرم و به خصوص ترمودینامیک در طراحی راکتور تشریح می‌شود. در پایان نقش و اهمیت کاتالیزورهای صنعتی تعیین می‌شود.

### ۸.۱.۳. فصل هشتم - آشنایی با ابزار دقیق و کنترل فرایندها

در این فصل با توجه به لزوم اندازه گیری و کنترل پارامترهای مختلف عملیات، به خصوص دما و فشار و شدت جریان‌ها، به طور اجمالی نحوه کار دستگاه‌های مختلف اندازه گیری و نحوه کنترل فرایندها بررسی و تشریح می‌شود.

### ۹.۱.۳. فصل نهم - آشنایی با گرایش‌های مختلف مهندسی شیمی

در این فصل به تفصیل و با ذکر مثال‌های لازم، گرایش‌های مختلف مهندسی شیمی مثل نفت، گاز، پتروشیمی، پلیمر، صنایع غذایی، بیوتکنولوژی، محیط زیست، صنایع معدنی، صنایع سلولزی و مهندسی نفت (بهره‌برداری از منابع نفتی) تشریح می‌شوند. در پایان، فرایندهای



جدید در مهندسی شیمی مثل نانوتکنولوژی تشریح خواهند شد.

### ۲.۳. شرح بازدیدهای صنعتی

در تکمیل درس و به منظور آشنایی هرچه بیشتر دانشجویان سال اول با دامنه کار مهندسان شیمی، بازدیدهای صنعتی نیز در نظر گرفته شده است. همان طور که در جدول ۲ ملاحظه می شود، در اکثر صنایع انتخاب شده مهندسان شیمی نقش اول را ایفا می کنند و این موضوع بهتر است در حین بازدید مورد توجه قرار گیرد و در صورت امکان از مهندسان شیمی شاغل در واحدها خواسته شود که نقش مهندسان شیمی را در طراحی و اداره واحد صنعتی تشریح کنند. پس از پایان هر بازدید دانشجویان موظف اند که گزارش بازدید از واحد را که می تواند چارچوبی نظیر جدول شماره ۳ داشته باشد، ارائه دهند. دانشجویان می توانند با توجه به نوع بازدید و حالت های خاص پیش آمده فراتر از چارچوب پیشنهادی گزارش خود را تهیه کنند. به علاوه، توصیه می شود به منظور بحث و تبادل نظر دانشجویان با یکدیگر، گزارش های بازدید توسط گروه های دو حداکثر سه نفری تهیه شود. حداکثر زمان تحویل گزارش هر بازدید یک هفته پس از انجام یافتن آن است. به این ترتیب، دانشجویان قادر خواهند بود قبل از فراموش کردن نکات مهم، پس از بحث و تبادل نظر و استفاده از یادداشت های برداشت شده در حین بازدید گزارش مطلوبی با صرف زمان کوتاهی تهیه کنند.

### ۴. نحوه ارائه درس و انتخاب استاد مناسب

همان طور که اشاره شد، هدف از ارائه درس "آشنایی با مهندسی شیمی" آشنایی دانشجویان تازه وارد با امکانات و استادان بخش مهندسی شیمی و آگاهی از دامنه کار مهندسان شیمی است و با این توصیف طبیعی است که یک استاد به تنهایی نمی تواند چنین امر مهمی را انجام دهد. اگرچه یک استاد با تجربه لازم است که کار هماهنگی و مدیریت درس را بر عهده بگیرد و طبیعتاً بخش اول سرفصل ارائه شده در جدول ۱ نیز توسط همین استاد ارائه خواهد شد. سایر فصول با توجه به تخصص استادان موجود در بخش توسط استادان مختلف ارائه می شود که طبیعتاً فرصت مناسبی برای آشنایی دانشجویان با آن استاد نیز خواهد بود. بعضاً لازم است برای بعضی از گرایش ها در فصل ۹ از یک استاد مدعو [در دانشگاه یا صنعت] دعوت به عمل

آید که آن نیز با برنامه‌ریزی توسط استاد هماهنگ‌کننده انجام خواهد گرفت. بازدیدهای صنعتی از جمله بخش مشکل، اما مهم درس است که در اجرای آن علاوه بر برنامه‌ریزی استاد هماهنگ‌کننده همکاری مدیریت بخش دانشکده و دانشگاه و همچنین، صنایع مورد نظر شرط اساسی است. لازم است که در هر بازدید حداقل یک استاد و حتی الامکان آشنا به آن صنعت با دانشجویان همراه باشد تا بازدید به‌طور هدفمند و با برنامه تعیین شده انجام گیرد. در این جا باید یاد آور شد که استادان به دلیل مشغله زیاد علاقه زیادی به شرکت در این بازدیدها نشان نمی‌دهند و جا دارد این موضوع در شورای بخش یا دانشکده مطرح و شرایطی فراهم شود که این نیز به‌عنوان یکی از وظایف در برنامه آموزشی هر استاد لحاظ و گنجانده شود.

### جدول ۳. چارچوب گزارش‌های بازدید از واحدهای صنعتی

شماره بخش	عنوان و شرح بخش‌های مختلف
۱	شناسنامه واحد صنعتی (اسم، نوع و ظرفیت تولید و محل استقرار و...)
۲	نمودار تولید (دیاگرام جعبه‌ای و در صورت امکان رسم PFD ساده)
۳	شرح مختصر بخش‌های مختلف تولید (واحدهای اصلی و جانبی)
۴	شرح واحدهای کنترل و آلودگی (هوا، فاضلاب و ضایعات جامد)
۵	ضایعات مواد و انرژی
۶	اقدامات ایمنی
۷	وجود و نقش واحد تحقیق و توسعه
۸	نمودار سازمانی اداره واحد صنعتی و نقش مهندسان شیمی در اداره واحد
۹	پیشنهادهایی در بهبود و تولید و کاهش ضایعات (مصرف انرژی و مواد)
۱۰	پیشنهادهایی در اداره بهتر واحد صنعتی

### ۵. نحوه آزمون و ارزیابی دانشجویان

برای ارزیابی دانشجویان از سه معیار زیر استفاده می‌شود:

۱. شرکت در کلاس‌های درس و بازدیدهای صنعتی؛

۲. گزارش بازدیدهای صنعتی؛

۳. آزمون نهایی.

پیشنهاد می‌شود برای هر یک از سه معیار یادشده یک سوم از نمره آزمون درس اختصاص یابد و شرط قبولی در درس اخذ حداقل ۵۰ درصد در هر یک از سه معیار ذکر شده باشد.

۶. کتاب‌های درسی مناسب

اگرچه استادان مختلف می‌توانند برای موضوع درس خود جزوه مناسبی را تهیه و برای دانشجویان تکثیر کنند، اما کتاب‌های زیر نیز می‌تواند به‌عنوان راهنمایی برای دانشجویان و همچنین استادان درس مورد استفاده قرار گیرد.

1. Perspectives in Chemical Engineering: Research and Education.

Edited by Clark K. Colten

Academic Press Inc. 1991.

2. Chemical Engineering: Introductory Aspects

by Robert Field

Macmillan Education, 1988.

۷. جایگاه درس و تعداد واحد پیشنهادی

بهترین جایگاه این درس قبل از ارائه درس موازنه ماده و انرژی است. در اکثر بخش‌های مهندسی شیمی درس موازنه در ترم سوم و در بعضی در ترم دوم ارائه می‌شود، لذا درس آشنایی با مهندسی شیمی می‌تواند در ترم اول یا حداکثر در ترم دوم ارائه شود. با توجه به برنامه ارائه شده دو واحد برای درس پیشنهاد می‌شود و پیشنهاد آن قبولی در رشته مهندسی شیمی است.

مراجع

1. Robert Field, Chemical Engineering: Introductory Aspect, Macmillan Education, 1988.

۲. رشتچیان، داود، و جلال‌الدین شایگان، "نگرشی بر آموزش کارشناس مهندسی شیمی و اشتغال"، مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۴، سال دوم، زمستان ۱۳۷۹.

3. Clark K. Colten, Perspectives in Chemical Engineering: Research and Education, Academic Press Inc. 1991.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۱/۱۰/۷)