

تحلیلی بر درس اقتصاد و طرح مهندسی و نحوه تدریس آن در دوره کارشناسی مهندسی شیمی

جلال الدین شایگان

دانشگاه صنعتی شریف

چکیده: در ابتدا درس فلسفه درس اقتصاد و طرح مهندسی در دوره کارشناسی مهندسی شیمی به مثابه ملاتی که سایر دروس را به هم ربط می‌دهد تا ساختمان یک واحد فرایندی را به وجود آورد، مورد بررسی قرار گرفته و سپس با توجه به نقش این درس سرفصل‌های اصلی همراه با رئوس مطالب هر فصل و زمان لازم برای تدریس آن ارائه شده است.

در نحوه تدریس، وضعیت دانشجویان در زمان انتخاب این درس تشریح و در ادامه به شرایط خاص استاد برای تدریس اشاره شده است. اهمیت پروژه طراحی به عنوان جزء لاینفک درس اقتصاد و طرح مهندسی و اجزای مهم آن و وزنی که باید به هر جزء آن داده شود، مورد توجه قرار گرفته است.

به علاوه، تعداد آزمون‌های مناسب، محتوای هر آزمون و طرز صحیح ارزیابی دانشجویان از آغاز تا پایان ترم برای استفاده استادان جوان پیشنهاد شده است.

واژه‌های کلیدی: مهندسی شیمی، درس اقتصاد و طرح، نحوه تدریس.

شاید در ابتدا به ذهن متبادر نشود که یک کارخانه قند و یک پالایشگاه نفت هر دو کار جداسازی را انجام می‌دهند و برای این جداسازی هر دو از فرایندهای کم و بیش یکسانی استفاده می‌کنند که مبانی آن در دروس کارشناسی مهندسی شیمی بدون تکیه زیاد به کاربرد آن در صنایع مختلف ارائه می‌شود. مهندسی شیمی از جمله رشته‌های مهندسی است که مبانی و فرایندهای مشترک در صنایع مختلف شیمیایی را بدون توجه به نوع صنعت در دروس مختلف از جمله انتقال حرارت، انتقال جرم، کنترل فرایند، طراحی رآکتور و عملیات واحد ارائه می‌دهد. مقدمه‌ای بر این موضوعات، درسی به نام موازنه ماده و انرژی است که هدف آن علاوه بر ارائه اصول و محاسبات مهندسی شیمی، آشنایی با صنایع شیمیایی است که در آنها فرایندهای مختلف به کار گرفته می‌شوند.

تقریباً در انتهای دوره کارشناسی درس دیگری با عنوان "اقتصاد و طرح مهندسی" ارائه می‌شود که هدف آن ترکیب و ادغام دروس مختلف برای ایجاد یک صنعت فرایندی است و اینکه چگونه می‌توان از ترکیب دروسی نظیر عملیات واحد، انتقال جرم، مکانیک سیالات، طراحی رآکتور و انتقال حرارت یک کارخانه قند ساخت یا باز با استفاده از مبانی همین دروس یک پالایشگاه نفت را طراحی کرد. ارتباط واحدها چگونه است؟ واحدها از چه جنس و چه اندازه باشند؟ آب، برق، بخار و سایر سرویس‌های لازم در چه مقدار مورد نیاز خواهد بود؟ قیمت دستگاه‌ها و تجهیزات کمکی فرایند و در نهایت، مقدار تقریبی سرمایه‌گذاری ثابت و سرمایه‌گذاری کل و هزینه تمام شده محصول برای یک کارخانه فرایندی کامل چگونه برآورد می‌شود؟

ملاحظه می‌شود که درس اقتصاد و طرح مهندسی در واقع، ملاتی برای چسباندن دروس اصلی مهندسی شیمی است که با اتصال آنها به یکدیگر بنای یک واحد فرایندی به وجود می‌آید؛ به عبارت دیگر، دانشجو با گذراندن این درس باید هنر معماری برای تجمع مفردات به یک ترکیب کلی را فراگیرد و در نهایت، با ابزارهای اقتصادی ساخت یا عدم ساخت یک واحد فرایندی را توجیه کند.

در دانشگاه‌های بزرگ کشورهای پیشرفته برنامه‌ریزی‌های خاصی برای ارائه این درس پیش‌بینی شده است. این درس معمولاً با همکاری چند استاد ارائه می‌شود و دانشجویان در

زمان اخذ این واحد کم و بیش به صورت تمام وقت درگیرند و در یک برنامه فشرده و از پیش برنامه ریزی شده به فراگیری مشغول می شوند. همکاری های تیمی دانشجویی علاوه بر ایجاد عمق برای درک و ربط مطالب، هنر انجام دادن کار گروهی را نیز تقویت می کند. در انتهای درس که معمولاً با اجرای یک پروژه طراحی توأم است، دانشجویان احساس می کنند که به آخر خط آموزش مهندسی نزدیک شده اند و خود را برآزای عنوان مهندس شیمی می بینند.

در ایران، متأسفانه به دلیل بی توجهی به نقش اصلی این درس معمولاً دانشجویان بدون آمادگی ذهنی و در شرایطی مبادرت به ثبت نام در این درس می کنند که در مرحله فارغ التحصیل شدن هستند و معمولاً در همان ترم حداکثر واحد ممکن را نیز اخذ کرده اند. غافل از اینکه محتوای درس، تمرین و پروژه آن در حدی است که خیلی بیش از سه واحد معمولی نیاز به صرف وقت دارد و در نتیجه، دانشجویان با گرفتاری و عدم جذب مطالب و بعضاً رد شدن یا با نمره کم درس را به انتها می رسانند. این باعث می شود که دانشجویان اگرچه در دروس اصلی مهندسی شیمی نظیر دروس انتقال و عملیات واحد دارای پایه بسیار قوی هستند، اما بعد از فراغت از تحصیل از هنر معماری بی بهره بمانند و اکثراً از جرئت و اعتماد به نفس کافی نیز برخوردار نباشند. اقتصاد و طرح مهندسی واحدی است که دانشجو در زمان گذراندن آن مطالب خوانده شده قبلی را به دقت جانمایی می کند و توانایی لازم برای به کارگیری آنها را در خود پرورش می دهد. به علاوه، در حین اجرای پروژه طراحی دانشجویان با مسائل خاص و گریبانگیر کشور از جمله فقر منابع اطلاعاتی و مشکلات در استخراج و کسب اطلاعات مواجه می شوند و نگرش های تازه ای را در ارزیابی واحدهای صنعتی به دست می آورند و جرئت در برآورد، مشاوره و همفکری با اعضای گروه و در نهایت، اجبار به نتیجه گیری در یک زمان محدود را تجربه می کنند.

۲. سرفصل های پیشنهادی برای درس و نحوه توزیع زمانی آن

با توجه به گستردگی مطالب قابل ارائه در درس اقتصاد و طرح مهندسی لازم است که انتخاب مطالب و حجم آن با دقت صورت بگیرد و زمان ارائه هر مطلب نیز به طور مشخص منظور شود. تأخیر در شروع ترم یا تعطیلی های خواسته و ناخواسته طبعاً به کیفیت ارائه درس لطمه

خواهد زد. در جدول ۱ برنامه درسی مناسبی همراه با پیش‌بینی زمان لازم برای ارائه هر فصل آمده است. این برنامه در واقع، تلفیق تجربه بیست ساله تدریس نگارنده در شماری از دانشگاه‌های کشور و رایزنی با تعدادی از استادان ایرانی که سابقه تدریس چندساله در این درس را دارند با برنامه آموزشی بعضی از دانشگاه‌های آمریکای شمالی و اروپایی است.

جدول ۱. سرفصل‌های اصلی درس اقتصاد و طرح مهندسی

ردیف	عنوان اصلی	ریز مطالب	ساعات تدریس
۱	مقدمه‌ای بر طراحی	چگونگی تبلور طرح ارزیابی بازار و امکان‌پذیری اقتصادی و تعیین ظرفیت معرفی منابع اطلاعاتی و روش‌های دستیابی عوامل مهم در مقایسه فرایندها عوامل مهم در انتخاب محل برای اجرای طرح طراحی تجهیزات و تعیین مشخصات دستگاه‌ها اصول بهینه‌سازی در طراحی	۶ ساعت
۲	نقش موازنه مواد و انرژی در طراحی	یادآوری مطالب مهم در موازنه مواد یادآوری مطالب در موازنه انرژی و انتقال حرارت تعیین اندازه دستگاه‌ها و تجهیزات	۶ ساعت
۳	فلوشینگ	انواع دیاگرام‌ها جانمایی واحدها نمایه واحدها محاسبات فلوشینگ با استفاده از کامپیوتر و بدون استفاده از آن	۶ ساعت
۴	لوله کشی و ابزار دقیق	دیاگرام P&I انتخاب شیرآلات محاسبه قطر لوله و انتخاب لوله‌ها سیستم‌های کنترل و بعضی سیستم‌های کنترل نمونه‌وار کامپیوتر و میکروکامپیوتر در کنترل فرایندها	۴/۵ ساعت

ادامه جدول ۱. سرفصل‌های اصلی درس اقتصاد و طرح مهندسی

ردیف	عنوان اصلی	ریز مطالب	ساعات تدریس
۵	بررسی‌های اقتصادی	تعاریف و ارزش زمانی پول روش‌های برآورد سرمایه‌گذاری هزینه‌های استهلاک و روش‌های محاسبه هزینه تمام شده ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها (برگشت سالانه، نرخ بازده داخلی، ارزش فعلی، ارزش سرمایه‌ای، دوره پرداخت، آنالیز حساسیت و اثر نرخ تورم) ارزیابی اقتصادی جایگزینی دستگاه‌ها روش‌های کامپیوتری در محاسبه قیمت‌ها و ارزیابی پروژه‌ها	۷/۵ ساعت
۶	آشنایی با مواد ساخت تجهیزات	خواص مواد مقاومت در مقابل خوردگی مواد فلزی در ساخت تجهیزات مواد پلاستیکی در ساخت تجهیزات مواد سرامیکی در ساخت تجهیزات	۳ ساعت
۷	استخراج اطلاعات طراحی	آشنایی با منابع اطلاعات روش‌های دستیابی به دانسته، ویسکوزیته، هدایت حرارتی، حرارت ویژه، آنتالپی، ضرایب دیفیوژیون و کشش سطحی	۳ ساعت
۸	ملاحظات ایمنی در طراحی	تعریف انواع خطرهای کدهای ایمنی روش‌های کنترل طراحی سیستم‌های ایمنی	۴/۵ ساعت
۹	ملاحظات انرژی، محیط زیست و کاهش ضایعات	تعاریف انواع آلودگی‌ها ارزیابی اثرهای زیست‌محیطی طرح‌های صنعتی روش‌های جلوگیری و کاهش ضایعات مواد و انرژی روش‌های کنترل آلودگی‌ها (آب، هوا، صدا و ضایعات صنعتی)	۶ ساعت
۱۰	ملاحظات مدیریتی در طراحی	آشنایی با قوانین بیمه و مالیات آشنایی با انواع شرکت‌ها آشنایی با مدیریت مالی و اصول حسابداری اهمیت زمان و مدیریت در طراحی و کنترل اجرای پروژه‌ها	۴/۵ ساعت
	جمع	۵۱ ساعت (۱۷ هفته)	

۳. نحوه تدریس

متأسفانه، در بسیاری از کلاس‌های درس شیوه تفکر استاد و دانشجو با یکدیگر متفاوت است. استاد در این فکر است که چگونه در ساعت‌های اختصاص یافته به درس، سرفصل‌های تعیین شده را ارائه کند و دانشجو هم به این فکر می‌کند که چگونه با صرف حداقل زمان به نمره قبولی درس دست یابد. اگر استاد در مورد حضور دانشجو در کلاس سخت‌گیر نباشد، دانشجو تمایل چندانی به حضور در کلاس ندارد و اگر استاد امتحان‌های بین‌ترم یا کوئیز برگزار نکند، در آن صورت دانشجو خواندن درس را به دو سه روز قبل از زمان برگزاری امتحان نهایی درس محدود خواهد کرد. به علاوه، دانشجو مشتاقانه به دنبال کسب اطلاعاتی نظیر موارد زیر است:

- استاد چگونه نمره می‌دهد [که این آگاهی حتی قبل از گرفتن واحد و انتخاب استاد نیز بسیار مهم است و در صورتی که درس توسط دو یا سه استاد ارائه شود، استادی که به راحت‌تر نمره‌دادن شهرت دارد در اولویت قرار می‌گیرد].
- استاد در مورد حضور در کلاس تا چه حد حساس است.
- از سؤالات تکراری و مربوط به ترم‌های گذشته تا چه حد در امتحان استفاده می‌شود [در این صورت دستیابی به سؤالات امتحانات ترم‌های قبل جنبه حیاتی پیدا می‌کند].
- امکان تقلب کردن تا چه حدی است.
- آیا استاد ورقه‌ها را خودش تصحیح می‌کند و اصلاً عمل تصحیح اوراق صورت می‌گیرد؟
- چانه‌زدن برای گرفتن نمره تا چه حد امکان دارد و کار اضافی از قبیل ترجمه متون می‌تواند به افزایش نمره کمک کند^۱
- بنابراین، کمتر دانشجویی بدون توجه به موارد یاد شده اقدام به ثبت‌نام در درس می‌کند، مگر اینکه گرفتن درس الزامی و انتخاب دیگری امکان‌پذیر نباشد. آگاهی دانشجو برای رسیدن به شرایط مطلوب دو یا سه ترم گرفتن واحد را به تعویق می‌اندازد تا بالاخره استاد مناسب از نظر او فراهم گردد.

۱. و بعضی افکار ناصواب دیگر که آگاهی به آنها نیاز به اخت بودن بیشتر با دانشجویان و محیط‌های دانشجویی دارد.

درس اقتصاد و طرح مهندسی نیز چندان از این قاعده مستثنا نیست و هرگونه شهرتی از سخت‌گیری استاد می‌تواند شرایط تدریس را مختل کند، اگرچه به نظر می‌آید این درس با توجه به مقدمه و سرفصل‌های ارائه شده و حجم کار اصولاً نمی‌تواند درسی ساده باشد، به‌ویژه در شرایطی که دانشجو در موقع ثبت‌نام این درس کم‌طاقت است و به تنها چیزی که بیش از همه می‌اندیشد، اخذ نمره قبولی و فارغ‌التحصیلی است.

همان‌طور که اشاره شد، دانشجو قبل از اخذ این واحد اکثر دروس اصلی مهندسی شیمی را گذرانده است و لذا از نظر طراحی جزء به جزء یک واحد صنعتی کمتر مشکل دارد. آنچه او کم دارد، نحوهٔ جمع‌بندی و ایجاد یک واحد صنعتی از جزء جزء واحدهاست.

دانشجوی ایرانی معمولاً تا قبل از گرفتن درس اقتصاد و طرح مهندسی با محاسبات اقتصادی بیگانه و بجز موارد استثنایی توجه به مسائل مادی را دون شأن خود می‌داند، به‌ویژه دانشجویان دختر که به مسائل اقتصادی و مالی توجه کمتری دارند. معمولاً جواب این سؤال که آیا تا حالا یک کار اقتصادی در زندگی‌تان انجام داده‌اید یا اینکه تا حالا پول درآورده‌اید، منفی است و اکثریت قریب به اتفاق دانشجویان در باره مسائل اقتصادی جامعه از قبیل نرخ رشد و برنامه‌های توسعهٔ اقتصادی و صنعتی و تحلیل بازار سهام واحدهای صنعتی و حتی نرخ تورم حاکم بر جامعه ناآشنا هستند.

با توجه به چنین شرایطی رسیدن به اهداف تعریف شده این درس کار بسیار مشکلی به نظر می‌رسد و عملاً با توجه به نکات ذکر شده - به ویژه عادت دانشجو به شیوه‌های تدریس در دروس قبلی - دستیابی به آنها را غیرممکن می‌سازد و در نتیجه، ساختمانی که با پایه‌های محکم و مصالح خوب ساخته شده است از مرحله‌نماسازی و پایان‌کار^۱ نهایی بی‌بهره می‌ماند. به نظر می‌رسد که اصولی‌ترین راه‌حلی که بتواند این مشکل را برطرف کند انتخاب استاد مناسب برای تدریس این درس است. در زیر به خصوصیات یک استاد مناسب و واجد شرایط برای تدریس درس اقتصاد طرح مهندسی اشاره شده است:

- آشنایی کافی با دروس اصلی مهندسی شیمی؛

- آشنایی با صنایع کشور و حتی‌الامکان داشتن تجربه در صنایع فرایندی؛

- آشنایی کامل با کتاب‌های درسی که در این زمینه تحریر شده است؛

- اختصاص وقت کافی برای تدریس و مراجعه دانشجویان.

با توجه به حجم زیاد مطالب درسی پیشنهاد می‌شود که مطالب درس با استفاده از نرم‌افزار Power Point و در صورت کمبود امکانات حداقل با استفاده از Overhead Projector ارائه شود. طبیعی است که به این ترتیب امکان پوشاندن مطالب درسی به دست خواهد آمد. علاوه بر سرفصل‌های ذکر شده، آشنایی دانشجویان با نرم‌افزارهای طراحی از جمله پروتو یا هایسیس برای اجرای پروژه طراحی ضروری است. در صورت فقدان چنین امکاناتی در دانشکده، استاد درس می‌تواند ضمن تأکید بر اهمیت موضوع در شورای دانشکده درخواست کند که این امکانات نرم‌افزاری ایجاد و دوره‌های آشنایی دانشجویان با نرم‌افزارهای طراحی برگزار شود.

پروژه طراحی در اقتصاد و طرح مهندسی از اجزای جدانشدنی این درس است. از اهداف اصلی پروژه می‌توان به کاربرد مطالب درسی در یک مثال عملی، ایجاد اعتماد به نفس و تقویت هنر همکاری‌های تیمی اشاره کرد. سرفصل‌های اصلی که باید در اجرای پروژه مورد توجه قرار گیرد با توجه به میزان اهمیت آنها در جدول ۲ آمده است. طبیعی است که گزارش نهایی باید شامل فصول مربوط باشد.

موضوع پروژه طراحی می‌تواند توسط استاد درس یا سایر استادان یا صنعت یا حتی خود دانشجویان پیشنهاد شود. باید سعی شود که موضوع پروژه معنی‌دار و قابل لمس باشد تا دانشجو در موقع اجرای پروژه احساس کند که کار واقعی انجام می‌دهد. موارد مهم در روش اجرایی پروژه در زیر آمده است:

- پروژه می‌تواند به صورت تیمی مرکب از ۳ نفر انجام گیرد.

- درگیر کردن فردی از صنعت در ارتباط با موضوع پروژه می‌تواند کمک زیادی به واقعی بودن پروژه بکند.

- هر پروژه می‌تواند علاوه بر استاد درس اقتصاد طرح مهندسی، استاد راهنمای دیگری نیز داشته باشد.

- این پروژه در صورتی می‌تواند با پروژه فارغ‌التحصیلی یکی باشد که حتماً فهرست ذکر شده با وزن داده شده در پروژه فارغ‌التحصیلی رعایت شود [متأسفانه ملاحظه شده است که

حجم و وزن بعضی از پروژه‌های فارغ‌التحصیلی بیشتر در معرفی موضوع و خواص محصول خلاصه می‌شود و بعضاً پروژه‌های فارغ‌التحصیلی ماهیت طراحی ندارند.]

- زمان لازم برای اجرای پروژه طراحی دو ماه به صورت تمام وقت است و به همین دلیل، پیشنهاد می‌شود درس اقتصاد طرح مهندسی در آخرین ترم بهار به دانشجویان ارائه شود که او بتواند از زمان تابستان برای انجام دادن پروژه استفاده کند.

- در اجرای پروژه جلسات منظم تیمی با حضور استادان درس و راهنما و ناظر صنعتی قویاً توصیه می‌شود.

- پیشنهاد می‌شود که پس از تکمیل پروژه هر گروه کار خود را به صورت تیمی با استفاده از امکانات کمک آموزشی و کامپیوتر ارائه دهند. تشویق دانشجویان به انجام دادن کار بهتر از جمله تعیین جایزه برای بهترین پروژه و بهترین ارائه می‌تواند در کیفیت کار انجام شده اثر مطلوب داشته باشد.

جدول ۲. فهرست کلی مطالب پروژه

ردیف	موضوع	وزن (براساس اهمیت)
۱	انتخاب موضوع و معرفی محصول	۵
۲	بازاریابی و امکان‌پذیری اقتصادی و تعیین ظرفیت	۱۰
۳	بررسی فرایندهای مختلف تولید و انتخاب فرایند مناسب	۵
۴	موازنه مواد و انرژی و تهیه PFD	۱۰
۵	فهرست دستگاه‌ها و تجهیزات اصلی	۵
۶	طراحی سیستم‌های کنترل و ایمنی	۱۰
۷	طراحی سیستم کنترل آلودگی‌های محیط زیست	۱۰
۸	برآورد زمین مورد نیاز و انتخاب محل	۵
۹	دیاگرام P&I	۱۵
۱۰	برآورد سرمایه‌گذاری ثابت و کل	۲۵
۱۱	محاسبه هزینه تمام شده	۲۵
۱۲	آنالیزهای اقتصادی و نتیجه‌گیری	۲۵

۴. شیوه‌های آزمون

اگرچه آزمون اصلی برای این درس اجرای پروژه طراحی و ارائه آن به صورت یک سمینار است، اما با توجه به عادت دانشجویان که "خواندن برای امتحان" است، پیشنهاد می‌شود دو امتحان میان‌ترم و یک امتحان جامع از دانشجویان به شرح جدول شماره ۳ اخذ شود.

جدول ۳. فصول در نظر گرفته شده برای امتحان‌های میان‌ترم و پایان ترم

نوع آزمون	فصول در نظر گرفته شده برای هر آزمون
امتحان میان‌ترم اول	سرفصل‌های مقدمه بر طراحی، نقش موازنه در طراحی، فلوشینگ و لوله‌کشی و ابزار دقیق
امتحان میان‌ترم دوم	بررسی‌های اقتصادی، آشنایی با مواد و استخراج اطلاعات
امتحان جامع	کلیه فصول

برگه امتحان می‌تواند علاوه بر مسائل، حاوی پرسش‌هایی باشد که مستقیماً در محتوای درس نیست، اما با توجه به توسعه فکری دانشجو در حین دریافت مطالب درس و تقویت جسارت و اعتماد به نفس او از مطالب ذکر شده در کلاس قابل استنتاج باشد. بارم‌بندی برای نمره نهایی درس می‌تواند به شرح جدول ۴ باشد.

جدول ۴. درصد ارزیابی برای آزمون‌های مختلف

سطح ارزیابی نهایی	مؤلفه‌های ارزیابی
۱۰ درصد	حضور مستمر و منظم در کلاس
۱۰ درصد	میان‌ترم اول
۱۰ درصد	میان‌ترم دوم
۳۰ درصد	امتحان جامع
۴۰ درصد	پروژه

۵. نتیجه‌گیری

۱. فلسفه اصلی درس همواره مدنظر استاد قرار گیرد و سعی کند دانشجو را از حالت

جزئی‌نگری به کلی‌نگری و تعمیم‌دهنده تغییر دهد. به عوامل حاکم بر مسائل مهندسی از قبیل ایمنی و کنترل آلودگی‌های محیط‌زیست که می‌تواند سرنوشت اصلی یک پروژه صنعتی را رقم بزند، اهمیت دهد و صرفاً اسیر محاسبات بی‌روح مهندسی نشود.

۲. با توجه به محدودیت زمانی و فشردگی مطلب به "مدیریت زمان" که در جدول سرفصل دروس به آن اشاره شده است، توجه خاصی مبذول و از اطاله کلام در بعضی فصول خودداری شود تا وقت برای ارائه سایر فصول از دست نرود و در تأکید این موضوع به استفاده از وسایل کمک‌آموزشی از قبیل ویدئو پروژکتور و اورهد توجه شود.

۳. استادانی مناسب تدریس این درس هستند که علاوه بر تحصیلات عالی، با مسائل صنایع به‌طور کلی و به‌ویژه رفتاری‌های صنعت کشور به‌طور اخص آشنا باشند و در ضمن، برداشت خوبی از وضعیت اقتصادی و روابط تجاری حاکم بر کشور و نیز مشکلات دستیابی به اطلاعات داشته باشند.

۴. استفاده از مثال‌های عملی در صنعت به‌ویژه صنایع داخل کشور محتوای درس را برای دانشجویان به مراتب جذاب‌تر می‌کند. طبیعی است لازمه این کار آشنایی استاد با فضای صنعتی کشور است.

۵. برای تعریف و اجرای پروژه طراحی از کمک سایر استادان و به‌ویژه متخصصان صنعت که می‌توانند موضوعات عملی و قابل لمس دانشجویان را مطرح کنند، بهره‌گرفته شود.

۶. با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از نمره درس به پروژه طراحی اختصاص دارد، لذا انطباق محتوای آن با سرفصل‌های از پیش تعیین‌شده و کیفیت مطالب ارائه شده و آنالیزهای اقتصادی بسیار مهم است. در این خصوص داوری پروژه‌ها توسط استادان دیگر توصیه می‌شود. امکان تکرار پروژه در صورت رعایت نکردن محتوا و کیفیت مناسب باید از همان ابتدا به دانشجویان یادآوری شود.

۷. آزمون‌های درس نباید تماماً منطبق با مطالب ارائه شده باشد. طرح مسائلی که بتواند توانایی‌های کسب شده دانشجو در طول یک ترم را مورد ارزیابی قرار دهد نیز باید مدنظر قرار گیرد.

1. Plant Design & Economics, Peters & Timmerhaus, 1991.
2. Chemical Engineering Vol. 6, R.K. Sinnott, 1996.
3. Chemical Process Design, R. Smith, 1995.
4. Project Evaluation in the Chemical Process Industries, V.F. Valle-Riestra, 1983.
5. Preliminary Chemical Engineering Plant Design, W.D. Baasel, 1990.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۱/۱۰/۷)