

بررسی ضعف دانشجویان دوره کارشناسی رشته مهندسی شیمی در یادگیری درس موازنه مواد و انرژی (مطالعه موردی دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گچساران)

مهدی ارجمند^۱ و محمد امین دانشفر^۲

چکیده: درس موازنه مواد و انرژی یکی از دروس اساسی در رشته مهندسی شیمی به حساب می‌آید و به عبارتی، پیش‌نیاز تمام دروس اصلی و تخصصی این رشته است. با توجه به اینکه زمینه کار مهندسی شیمی در کشور ما به دلیل صنایع مرتبط با این رشته وسیع است، تربیت مهندسان متخصص و دارای دانش کافی از سوی واحدهای دانشگاهی از ضروریات به‌شمار می‌رود. در این مقاله ابتدا مقدمه‌ای در باره وضعیت مهندسی شیمی در کشور مطالبی گفته شده و سپس، این رشته از نظر نحوه آموزش در دانشگاهها به اختصار بررسی و در ادامه نحوه تدریس درس موازنه مواد و انرژی ارائه شده است. با توجه به اینکه ضعف اساسی در درس موازنه مواد و انرژی در واحد دانشگاهی مورد مطالعه بین دانشجویان دوره کارشناسی مهندسی شیمی مشهود بوده است، در این پژوهش بررسی این موضوع با استفاده از روش تحقیق توصیفی صورت گرفته است. جامعه آماری شامل دانشجویان مهندسی شیمی بود که ۳۲ نفر به عنوان نمونه آماری در این پژوهش انتخاب شدند. ابزار گردآوری داده‌های پژوهش پرسشنامه محقق ساخته بود که در آن چهار جنبه‌ای که می‌توانست عامل ضعف دانشجویان در این درس باشد، بیان شد. این عوامل شامل ضعف در درس پایه (شیمی، فیزیک و ریاضی)، بهره‌گیری از استادان تازه وارد و کم تجربه، نبودن اعتماد به نفس در دانشجویان، اضطراب ناشی از مشروط شدن به دلیل تعداد واحد بالای درس و کمبود منابع کمک درسی برای این درس معرفی شد. داده‌های به دست آمده با روشهای آماری مناسب تحلیل شدند. نتایج نشان داد که در این درس ضعف وجود دارد. در این خصوص، نبود اعتماد به نفس در دانشجویان و اضطراب ناشی از مشروطی به دلیل تعداد واحد بالای درس و بهره‌گیری از استادان تازه وارد و کم تجربه به‌عنوان مهم‌ترین چالشها در ضعف این درس به‌شمار می‌روند و دو جنبه دیگر در رده‌های بعد قرار گرفتند. برای مواجهه با دو چالش مهم‌تر استفاده از کلاسهای روانشناسی در کنار درس و کاهش تعداد واحد درس به عدد سه یا گذاشتن یک واحد آزمایشگاه در کنار درس و بهره‌گیری از استادان با تجربه و اعضای هیئت علمی دانشگاه پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مهندسی شیمی، موازنه مواد و انرژی، درس پایه.

۱. استادیار دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران. m_arjmand@azad.ac.ir
۲. کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران. mdaneshfar64@yahoo.com
(دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۳/۲۷)
(پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۲۵)

۱. مقدمه

در دنیای امروز به روزرسانی علوم مختلف در هر کشور امری اجتناب ناپذیر است و این مسئله در کشورهای در حال توسعه‌ای مثل ایران اهمیت ویژه‌ای دارد. با توجه به اینکه سرآغاز و انتهای تمام علوم مهندسی از دانشگاه نشئت می‌گیرد، تربیت نیروی انسانی متخصص و کارآمد برای ورود به بازار کار از سوی مراکز آموزشی امری مهم است که خود مستلزم شناخت رشته‌های مختلف دانشگاهی و لزوم اصلاحات آموزشی متناسب با نیازهای دانشجویان است. گسترش آموزش مهندسی در کشور ما در دو دهه گذشته از نظر کمی قابل توجه، اما کیفیت آن متغیر بوده است [۱]. رشته مهندسی شیمی در کشور ما یکی از شاخه‌های مهم مهندسی به‌شمار می‌آید، زیرا بیشتر فرایندها در صنعت به صورت گسترده بر پایه شیمی استوار است و این امر موجب افزایش متقاضیان بیشتر رشته مهندسی شیمی شده است. باید توجه داشت دلیل وسعت عمل بیشتر مهندسی شیمی نسبت به سایر رشته‌های مهندسی این است که این شاخه مهندسی با سه علم ریاضی، فیزیک و شیمی مرتبط است، حال آنکه بقیه شاخه‌های مهندسی بر علوم ریاضی و فیزیک استوار هستند [۲]. وجود داشتن منابع عظیم نفت و گاز و توسعه این منابع در صنایع دیگر این رشته را در کشور به یکی از رشته‌های پرتعداد تبدیل کرده است. بنابراین، می‌طلبند که این رشته در واحدهای دانشگاهی به خوبی هدایت شود تا نیازها در بخشهای مختلف کشور با تربیت نیروی متخصص تأمین شود. با توجه به اینکه تحصیل در این رشته در مقطع کارشناسی منوط به گذراندن واحدهای درسی مختلف در گرایشهای مختلف این رشته است و دروس اصلی و تخصصی این رشته پیچیدگیهای مربوط به خود را دارند، درس موازنه مواد و انرژی به‌عنوان پایه این دروس نقش انکارناپذیری در توسعه این رشته دارد، به‌طوری که بقیه دروس هر یک به نحوی با این درس مرتبط هستند [۳]. با توجه به ضعف بودن دانشجویان در این درس در واحد دانشگاهی مورد مطالعه در طی سالهای اخیر، در پژوهش حاضر دلایل این ضعف از جنبه‌های گوناگون بررسی و نتایج به دست آمده از آن در این مقاله آورده شده است.

۲. مهندسی شیمی

دوره کارشناسی رشته مهندسی شیمی یکی از دوره‌های مرتبط با آموزش عالی است و هدف از راه‌اندازی آن تربیت کارشناسان ماهر برای اداره صنایع شیمیایی و بهره‌برداری از آنها بوده است. مجموعه دروسی که در این دوره تدریس می‌شود، ترکیبی از دروس علوم پایه مهندسی، دروس اصلی مهندسی شیمی و دروس تخصصی و اختیاری در زمینه‌های وابسته به رشته مهندسی شیمی در گرایشهای مختلف است [۴ و ۵]. در نظام آموزشی کشور ما طول این دوره چهار سال است که شامل یک دوره کارآموزی است. ارائه کلیه دروس آن در هشت ترم (نیمسال تحصیلی) برنامه‌ریزی

می‌شود و علاوه بر دروس و کارگاه و پروژه، یک دوره دو ماهه نیز به کارآموزی اختصاص می‌یابد. طول هر نیمسال ۱۶ هفته آموزش کامل است و هر واحد درسی نظری به مدت ۱۶ ساعت و عملی به مدت ۴۸ یا ۳۲ ساعت و کارگاهی به مدت ۴۸ ساعت در طول نیمسال (۱۶ هفته) تدریس می‌شود. تعداد کل واحدهای درسی این دوره ۱۴۲ واحد درسی و ۲ واحد کارآموزی [بدون احتساب در سقف واحدها] است. مکانیک سیالات، انتقال حرارت، انتقال جرم، عملیات واحد، کنترل فرایند و طرح کارخانه از دروس مهم این رشته به شمار می‌آیند. یکی از دروس اصلی در این رشته درس موازنه مواد و انرژی است که در ادامه بحث مطالبی در باره آن بیان شده است [۶].

۳. درس موازنه مواد و انرژی

درس موازنه مواد و انرژی برگرفته از کتابی با عنوان «اصول بنیانی و مبانی محاسبات در مهندسی شیمی»^۱ است و به دلیل آنکه موازنه یکی از مهم‌ترین مباحث این کتاب به شمار می‌رود، در بین استادان و دانشجویان با عنوان موازنه انرژی و مواد^۲ معروف شده است. استادان در واحد دانشگاهی مورد مطالعه مانند بیشتر دانشگاههای داخل کشور کتابی را که به همین عنوان شناخته شده و نویسنده آن هیمبل بلاو^۳ است، برای تدریس به دانشجویان معرفی می‌کنند [۷]. درس موازنه مواد و انرژی یکی از مهم‌ترین و پایه‌ای‌ترین دروس دانشگاهی در رشته مهندسی شیمی و پیش نیاز همه درسهای اصلی و تخصصی بعدی است. بنابراین، اگر دانشجوی این رشته بخواهد در ترمهای بالاتر مشکلی برایش پیش نیاید و سایر درسها را به راحتی بگذراند، باید از ابتدای ترم وقت زیادی را برای فراگیری این درس اختصاص دهد. مسائل مطرح شده در کتاب با توجه به دروس استوکیومتری شیمی، ترمودینامیک فیزیک و انتگرالهای ریاضی است. نحوه برگزاری آزمون این درس در بیشتر دانشگاههای داخل و خارج به دلیل مطالب و فرمولهای زیاد کتاب به صورت کتاب باز بوده است، هرچند در برخی از واحدهای دانشگاهی آزمون به صورت کتاب بسته نیز برگزار می‌شود. کتاب معرفی شده برای این درس شامل ۶ فصل و ۱۳ پیوست است که در واحد دانشگاهی مورد مطالعه و سایر مراکز معمولاً چهار یا پنج فصل اول تدریس می‌شود که در ادامه فصول کتاب ارائه شده است [۸].

۳.۱. فصل اول: مقدمه‌ای بر محاسبات مهندسی

در این فصل مطالبی در باره واحدها و ابعاد، میناها، واحدها و هر چیز مرتبط با تبدیل واحدهای مختلف ارائه شده است. با تسلط بر این فصل از کتاب، درصد زیادی از راه موفقیت در این درس گذرانده

-
1. Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering
 2. Material and Energy Balance
 3. Himmel Blau

۱۰۴ بررسی ضعف دانشجویان دوره کارشناسی رشته مهندسی شیمی در یادگیری درس موازنه مواد و انرژی...

می‌شود، زیرا فصلهای بعدی کتاب با تبدیل واحدهای مهندسی شیمی مرتبط است. مطالب مربوط به تمام سیستم‌های مهندسی دنیا در این فصل ارائه شده است.

۲.۳ فصل دوم: موازنه مواد

مباحث این فصل در خصوص یافتن روشهایی برای تجزیه و تحلیل مسائل است. مسائل مربوط به موازنه مواد با حل مستقیم یا جبری، جسم رابط، محاسبات جریان برگشتی، کنارگذر و زدایش در این فصل ارائه شده است.

۳.۳ فصل سوم: گاز، بخار، مایع و جامد

در این فصل قوانین گاز کامل، روابط گازهای حقیقی، فشار بخار، اشباع، اشباع جزئی و رطوبت، موازنه مواد شامل میعان و تبخیر و پدیده‌های فازی ارائه شده است.

۴.۳ فصل چهارم: موازنه انرژی

مباحث مربوط به محاسبه ظرفیت حرارتی، محاسبه تغییرات آنتالپی، تغییر آنتالپی در تبدیل فاز، تحولات برگشت پذیر و موازنه انرژی مکانیکی، موازنه انرژی در واکنشهای شیمیایی، گرماهای انحلال و اختلاط در این فصل آورده شده است.

۵.۳ فصل پنجم: موازنه‌های مشترک مواد و انرژی

در این فصل مطلبی از فصلهای قبلی ارائه شده است و باید موازنه صورت گیرد.

۶.۳ فصل ششم: این فصل مربوط به موازنه‌های مواد و انرژی در حالت غیریکنواخت است که معمولاً تدریس نمی‌شود. پیوستهای کتاب نیز شامل پاسخ به سؤالات خودآزمایی، اوزان و اعداد اتمی، جداول بخار، خواص فیزیکی مواد آلی و معدنی، معادلات ظرفیت حرارتی، گرماهای تشکیل و احتراق، فشار بخار و برخی مطالب دیگر است [۹]. با توجه به اینکه ضعف در این درس در واحد دانشگاهی مورد مطالعه در رشته مهندسی شیمی زیاد است، به جستاری در این زمینه پرداخته و نتایج آن در ادامه آورده شده است.

۴. طرح مسئله و سؤالات اساسی این پژوهش

با توجه به اینکه درس موازنه مواد و انرژی در رشته مهندسی شیمی نقش اساسی دارد و سایر دروس این رشته به نحوی با این درس پیوند خورده‌اند، دانشجویان این رشته پس از دانش آموختگی و ورود به بازار کار و صنعت با مباحث این درس سر و کار زیادی دارند. ضعف در این درس باعث ناکارآمدی نیروی انسانی این رشته پس از اتمام تحصیل در حوزه‌های کاری مرتبط با مهندسی شیمی خواهد شد. در واحد دانشگاهی مورد مطالعه درصد زیادی از دانشجویان مهندسی شیمی در این واحد پس از اخذ درس موازنه مواد و انرژی در نیمسال ارائه شده، در پایان ترم آن را حذف می‌کنند و از

دانشجویانی که در آزمون درس مورد نظر شرکت می‌کنند، درصد بالایی از ریزش در نمرات این درس دیده می‌شود که در نهایت، حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد دانشجویان درس را حذف می‌کنند یا موفق به گذراندن آن نمی‌شوند و تعداد زیادی از دانشجویانی که موفق به گذراندن این درس می‌شوند، حداقل نمره قبولی را کسب می‌کنند. شایان ذکر است که این میزان افت تا یک ترم بعد از اخذ درس (بار دوم اخذ درس) نیز قابل توجه است و برای ورودیهای مختلف هر سال به تناسب این افت وجود دارد [جامعه آماری مورد نظرسنجی دانشجویان ورودی سال ۱۳۸۴ است]. هدف اصلی این پژوهش بررسی دلایل این ضعف با توجه به جنبه‌هایی است که به نظر می‌رسد در این زمینه مؤثر باشند. سؤالهایی که در این پژوهش مطرح شد، به قرار زیر است:

- ضعف در دروس پایه (شیمی، فیزیک و ریاضی) به چه میزان در ضعف در درس موازنه مواد و انرژی مؤثر است؟
 - نقش استادان تازه وارد و کم تجربه در ضعیف بودن دانشجویان در این درس به چه میزان است؟
 - نبود اعتماد به نفس در دانشجویان و اضطراب ناشی از مشروط شدن به دلیل تعداد واحد بالایی این درس تا چه حد در ضعف در این درس مؤثر است؟
 - تأثیر کمبود منابع مناسب درسی و کتابهای کاربردی و مفهومی و جزوات تألیفی در کنار این درس به چه میزان است؟
- از بین ۴۰ پرسشنامه‌ای که بین دانشجویان توزیع شد، ۳۲ پرسشنامه تکمیل و بازگردانده شد که نشان می‌دهد نرخ پاسخگویی ۸۰ درصد بوده است.
- برای تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده از روشهای آمار توصیفی شامل جداول، نمودار، فراوانی و درصد استفاده شده است. نرم افزار مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده اکسل^۱ بوده است.

۵. یافته‌های پژوهش

سؤال اول: ضعف در دروس پایه (شیمی، فیزیک و ریاضی) به چه میزان در ضعف در درس موازنه مواد و انرژی مؤثر است؟

درس موازنه مواد و انرژی ترکیبی از علوم فیزیک، شیمی و ریاضی است و مسلط نبودن به این دروس دانشجو را در یادگیری درس مذکور با مشکل مواجه می‌کند [۱۰]. با توجه به اینکه در واحد

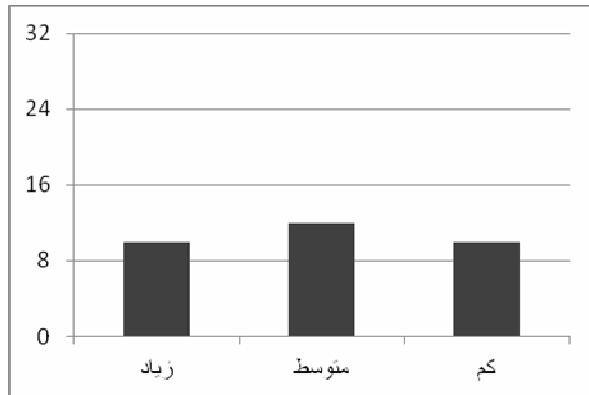
۱۰۶ بررسی ضعف دانشجویان دوره کارشناسی رشته مهندسی شیمی در یادگیری درس موازنه مواد و انرژی...

دانشگاهی مورد مطالعه درصد زیادی از دانشجویان تازه وارد در دوره دبیرستان در رشته علوم تجربی تحصیل کرده‌اند، این گروه از دانشجویان به خوبی توانایی تجزیه و تحلیل مسائل این درس را به دلیل ضعف در درس ریاضی ندارند.

در جواب به سؤال اول پژوهش، دانشجویان نداشتن پایه قوی و مناسب را ۳۱/۲۵ درصد (تعداد فراوانی ۱۰) در ضعف در این درس مؤثر دانسته‌اند، ۳۷/۵ درصد (تعداد فراوانی ۱۲) این امر را متوسط و ۳۱/۲۵ درصد (تعداد فراوانی ۱۰) میزان تأثیر آن را کم دانسته‌اند که این نتایج به ترتیب در جدول ۱ و نمودار ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: نتایج به دست آمده از نقش ضعف دروس پایه در ضعف در درس موازنه مواد و انرژی

ردیف	فراوانی	درصد
کم	۱۰	۳۱/۲۵
متوسط	۱۲	۳۷/۵
زیاد	۱۰	۳۱/۲۵
مجموع	۳۲	۱۰۰



نمودار ۱: فراوانی میزان نقش ضعف دروس پایه در ضعف در درس موازنه مواد و انرژی

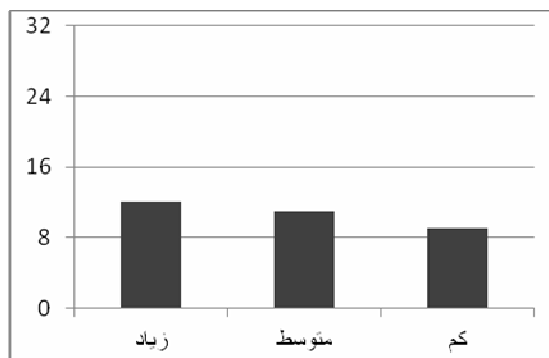
سؤال دوم: نقش استادان تازه وارد و کم تجربه در ضعیف بودن دانشجویان در این درس به چه میزان است؟

یکی از متون ارزیابی آموزشی در سطح فرد به ارزیابی استاد مربوط می‌شود [۱۱]. به‌طور کلی، تدریس درس موازنه مواد و انرژی داشتن اطلاعات زیاد در زمینه مهندسی شیمی را می‌طلبد. با توجه به اینکه

این درس در واحد دانشگاهی مورد مطالعه با استادان جوانی که تازه با مدرک کارشناسی ارشد دانش‌آموخته شده‌اند و اغلب به صورت حق‌التدریسی کار می‌کنند و تجربه کافی در تدریس این درس را ندارند ارائه می‌شود، در نهایت، این امر به عدم جواب‌دهی این استادان به دانشجویان در خصوص مسائل این درس منجر می‌شود. در جواب به سؤال دوم پژوهش، دانشجویان استفاده از استادان تازه وارد و کم تجربه را ۳۷/۵ درصد (تعداد فراوانی ۱۲) مؤثر دانسته‌اند، ۳۴/۳۷۵ درصد (تعداد فراوانی ۱۱) این امر را متوسط و ۲۸/۱۲۵ درصد (تعداد فراوانی ۹) میزان تأثیر آن را کم دانسته‌اند که این نتایج به ترتیب در جدول ۲ و نمودار ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: نقش استادان تازه وارد و کم تجربه در ضعف در درس موازنه مواد و انرژی

ردیف	فراوانی	درصد
کم	۹	۲۸/۱۲۵
متوسط	۱۱	۳۴/۳۷۵
زیاد	۱۲	۳۷/۵
مجموع	۳۲	۱۰۰



نمودار ۲: فراوانی میزان نقش استادان تازه وارد و کم تجربه در ضعف در درس موازنه مواد و انرژی

سؤال سوم: نبود اعتماد به نفس در دانشجویان و اضطراب ناشی از مشروط شدن به دلیل تعداد واحد بالای این درس تا چه حد در ضعف در این درس مؤثر است؟ یکی از اصول اساسی برای مهندس شدن داشتن اعتماد به نفس در انجام دادن کارهای بزرگ است. دانشجویی که تواناییهای خود را برای حل مسائل درس موازنه مواد و انرژی ناچیز می‌شمارد، قطعاً در ادامه راه باز خواهد ماند. از طرفی، با توجه به اینکه در بین دروس مهندسی شیمی از نظر تعداد واحد

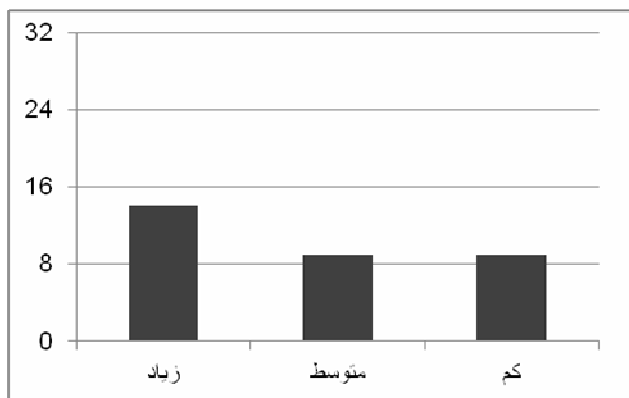
۱۰۸ بررسی ضعف دانشجویان دوره کارشناسی رشته مهندسی شیمی در یادگیری درس موازنه مواد و انرژی...

این درس یکی از بالاترین واحدها را دارد، ترس از اخذ نمره کم در این درس موجب حذف درس و نیز ایجاد استرس موجب عدم موفقیت درگذراندن این درس خواهد شد. در جواب به سؤال سوم پژوهش، دانشجویان نبود اعتماد به نفس و اضطراب ناشی از مشروط شدن را ۴۳/۷۵ درصد (تعداد فراوانی ۱۴) در ضعف در این درس مؤثر دانسته‌اند، ۲۸/۱۲۵ درصد (تعداد فراوانی ۹) آن را متوسط و ۲۸/۱۲۵ درصد (تعداد فراوانی ۹) میزان تأثیر آن را کم دانسته‌اند که این نتایج به ترتیب در جدول ۳ و نمودار ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: نبود اعتماد به نفس و اضطراب ناشی از مشروطی به دلیل واحد بالای

درس در ضعف در درس موازنه مواد و انرژی

درصد	فراوانی	ردیف
۲۸/۱۲۵	۹	کم
۲۸/۱۲۵	۹	متوسط
۴۳/۷۵	۱۴	زیاد
۱۰۰	۳۲	مجموع



نمودار ۳: فراوانی میزان نقش نبود اعتماد به نفس و اضطراب ناشی از مشروطی به دلیل واحد بالای

درس در ضعف در درس موازنه مواد و انرژی

سؤال چهارم: تأثیر کمبود منابع مناسب درسی و کتابهای کاربردی و مفهومی و جزوات تألیفی در کنار این درس به چه میزان است؟

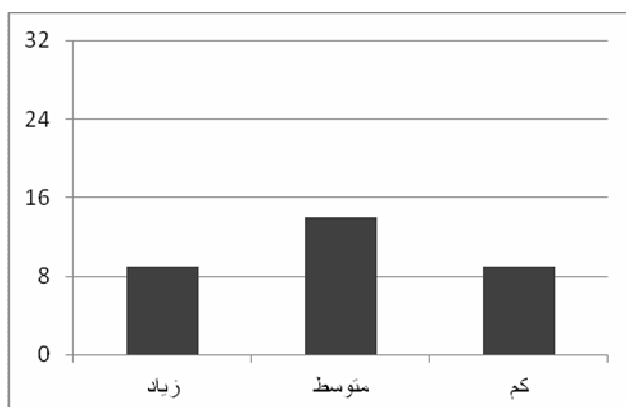
درس موازنه مواد و انرژی از جمله دروس نامفهوم مهندسی شیمی محسوب می‌شود و تجزیه و تحلیل مسائل این درس به منابع کمکی بیشتری بجز کتاب درسی نیاز دارد. جزوات و کتابهای تألیفی که سرفصلهای تعیین شده این درس در آنها به خوبی شرح داده شده باشد، می‌تواند کمک شایانی به دانشجویان در یادگیری این درس باشد.

در جواب به سؤال چهارم پژوهش، دانشجویان کمبود منابع مناسب درسی و کتابهای کاربردی و مفهومی و جزوات تألیفی را ۲۸/۱۲۵ درصد (تعداد فراوانی ۹) مؤثر دانسته‌اند، ۴۳/۷۵ درصد (تعداد فراوانی ۱۴) آن را متوسط و ۲۸/۱۲۵ درصد (تعداد فراوانی ۹) میزان تأثیر آن را کم دانسته‌اند که این نتایج به ترتیب در جدول ۴ و نمودار ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: کمبود منابع مناسب درسی و کتابهای کاربردی و مفهومی و جزوات تألیفی

در ضعف در درس موازنه مواد و انرژی

درصد	فراوانی	ردیف
۲۸/۱۲۵	۹	کم
۴۳/۷۵	۱۴	متوسط
۲۸/۱۲۵	۹	زیاد
۱۰۰	۳۲	مجموع



نمودار ۴: فراوانی میزان نقش کمبود منابع مناسب درسی و کتابهای کاربردی و مفهومی و جزوات تألیفی در ضعف در درس موازنه مواد و انرژی

۱۱۰ بررسی ضعف دانشجویان دوره کارشناسی رشته مهندسی شیمی در یادگیری درس موازنه مواد و انرژی...

۶. نتیجه‌گیری

با توجه به تجزیه و تحلیل‌های انجام شده، پیشنهاد می‌شود که دانشجویان قبل از ورود به دانشگاه و انتخاب رشته مهندسی شیمی به نیازمندی‌های این رشته و میزان توانایی خود برای تحصیل در این رشته اشراف کامل داشته باشند. همچنین، مشاوره روانشناسی به دلیل استرس دانشجویان در این درس در واحدهای دانشگاهی گنجانده شود. هرچند قرار دادن درس آشنایی با مهندسی شیمی در برنامه آموزشی این رشته تا حد زیادی به دانشجویان کمک کرده است، اما به نظر می‌رسد کاهش تعداد واحد این درس به ۳ واحد یا گذاشتن یک واحد آزمایشگاه با عنوان آشنایی با تجهیزات مهندسی شیمی در کنار این درس می‌تواند در افزایش علاقه‌مندی دانشجویان به این درس مؤثر واقع شود. لازم است بهره‌گیری از استادان با تجربه و رسمی دانشگاه برای تدریس این درس در مراکز دانشگاهی مد نظر قرار گیرد. همچنین، برای کاهش استرس دانشجویان، استادان ارزیابی از این درس را فقط به امتحان پایان ترم محدود نکنند و درصدی از نمره این درس را به فعالیت‌های کلاسی و امتحان میان ترم اختصاص دهند و قبل از شروع نیمسال تحصیلی، ارائه این درس با استادان مختلف با نظرسنجی از دانشجویان انجام شود. هر چند نقش منابع درسی کمکی در این نظرسنجی متوسط ارزیابی شده است، اما تألیف کتاب و جزوات مفهومی می‌تواند در یادگیری دانشجویان نقش مهمی داشته باشد.

مراجع

۱. بازرگان، عباس (۱۳۹۱)، از ارزیابی بوروکراتیک و رتبه بندی تا مشارکت در بهبود کیفیت و اعتبارسنجی در نظام آموزش مهندسی ایران، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، سال ۱۴، شماره ۵۴، ص. ۴۴.
۲. قدیانلو، فرهاد (۱۳۸۹)، *آشنایی با مهندسی شیمی*، تهران: انتشارات اندیشه سرا.
3. Eisen, Edwin, Angela, O. and Jones, B. (1990), The teaching of undergraduate mass and energy balances, American Institute of Chemical Engineers.
4. Woods, D. R. (1972), Teaching undergraduate mass & energy balances, McMaster University.
5. Yurttas, L., et al. (2007), A web-based complement to teaching conservation of mass in a chemical engineering, curriculum, *American Society of Engineering Education Proceedings of the Conference and Exposition*.
۶. وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (۱۳۸۷)، مشخصات کلی برنامه و سرفصل دروس مهندسی شیمی.
۷. سهرابی، مرتضی (۱۳۷۸)، ترجمه کتاب اصول بنیانی و مبانی محاسبات در مهندسی شیمی.
8. Robinson, Richard L. (1999), The teaching of undergraduate mass and energy balances, *American Institute of Chemical Engineers*.
9. Yurttas, L., et al. (2007), A web-based complement to teaching conservation of mass in a chemical engineering.

مهدی ارجمند و محمد امین دانشفر ۱۱۱

10. Silverstein, David L., Vigeant, Margot, Visco, Donald and, Woods, Donald, (2010), How we teach: freshman introduction to chemical engineering, *Proceedings of the 2010 Annual Meeting of the American Society for Engineering Education*.

۱۱. بازرگان، عباس (۱۳۸۸)، *ارزشیابی آموزشی (مفاهیم، الگوها و فرایندهای عملیاتی)*، چاپ نهم، تهران: سمت.