

مقدمه مترجم

حمد و سپاس خداوندی را سزااست که در قلوب بندگان مهر و محبت و خدمات به میهن را ودیعه نهاده، تا در این چند روزه حیات از نورانیت مهر و محبت به یکدیگر سراچه جان و دل یکدیگر را روشن و تابان نمایند.

پس از سی سال تدریس در دانشگاه‌های مختلف کشور عزیزم، به نظرم رسید که پس از ترک تدریس، این بازمانده عمر به چه خدماتی اقدام نمایم که باعث رضایت خاطر و مورد توجه و استفاده استادان بزرگوار و همکاران ارجمند و دانشجویان عزیزی که در رشته‌های مهندسی تحصیل می‌کنند، شده و مثمر ثمر واقع گردد. از این رو شروع به جستجو در کتابخانه‌های دانشگاهی کردم تا کتاب‌های مناسبی درباره علوم پایه مهندسی فراهم کنم که با روش و مفاهیم پیشرفت فناوری روز هماهنگ باشد. خوشبختانه کتاب‌های مورد نظر استاتیک، دینامیک و مقاومت مصالح سال‌ها با مورد توجه و استقبال استادان گرامی و دانشجویان عزیز قرار گرفته و موجب اشتیاق خدمت بیشتر اینجانب در ادامه خدمات فراهم گردید تا کتاب حاضر نیز که در اغلب دانشگاه‌های معتبر غربی نیز به عنوان کتاب درسی استاتیک و دینامیک تدریس می‌شود، آماده و تقدیم شود، امیدوارم این خدمت ناقابل نیز چون گذشته مورد توجه و استقبال همه استادان دانشمند و دانشجویان عزیز قرار گیرد. در ضمن از توجه و کوشش مدیریت محترم نشر نگارنده دانش که با دقت و صرف سرمایه در این کار مرا همراهی کردند تشکر و سپاسگزاری کنم. در آخر از همه دوستانی که به جهاتی در این امر به بنده یاری نموده‌اند مخصوصاً فرزند عزیزم مهندس پدرام واحدیان که در مراحل اولیه امور این کتاب مرا همراهی کرده‌اند بسیار سپاسگزارم. در آخر از صاحبان بصیرت و همچنین استادان گرامی که در تدریس کتاب عنایت دارند مستدعی است چنانچه نظر و پیشنهادی برای بهتر شدن کتاب دارند، مرا مورد مرحمت و لطف خود قرار دهند تا در چاپ‌های بعدی ملحوظ گردد.

ابراهیم واحدیان

پیش‌درآمد

تألیف این مجموعه کتاب‌های درسی، از سال ۱۹۵۱ توسط دکتر جیمز ال. مریام فقیه آغاز شد. در آن زمان این کتاب‌ها تحول اساسی در آموزش مکانیک در دوره کارشناسی پدید آورد و برای چندین دهه، این کتاب‌ها بدون چون و چرا به‌عنوان کتاب‌های درسی انتخاب و الگویی بودند برای کتاب‌های مکانیک مهندسی که بعداً تألیف شدند. همه این کتاب‌ها تا قبل از اولین ویراست آن در ۱۹۷۸، با عنوان‌های تا حدودی متفاوت منتشر شده بودند؛ مشخصه‌هایی از قبیل ساختار منطقی، ارائه دقیق و روشن مطالب تئوری، مسائل نمونه آموزنده و مجموعه‌ای از مثال‌های مرتبط با زندگی روزمره با تصاویری با کیفیت بالا داشت. این کتاب‌ها علاوه بر ویراست‌های امریکایی، با سیستم یکاهای SI نیز چاپ شده و به بسیاری زبان‌های دیگر نیز ترجمه شده است. روی هم رفته، این کتاب‌ها استاندارد بین‌المللی برای کتاب‌های درسی مهندسی مکانیک ارائه می‌دهند.

نوآوری‌ها و آثار دکتر مریام (۱۹۱۷-۲۰۰۰) در رشته مکانیک مهندسی بی‌نیاز از تعریف است. او یکی از مدرسان درجه اول مهندسی در نیمه دوم قرن بیستم بود. دکتر مریام کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترای خود را از دانشگاه ییل^۱ دریافت نمود. او تجربه صنعتی خود را با کار در کارخانه هواپیماسازی پرات اند ویتنی^۲ و شرکت جنرال الکتریک آغاز نموده و در دوره جنگ جهانی دوم در گارد ساحلی به خدمت مشغول بود. او به‌عنوان صاحب کرسی استادی در دانشگاه برکلی - کالیفرنیا^۳، رئیس دانشکده مهندسی در دانشگاه دیوک^۴، عضو هیئت علمی دانشگاه ایالتی پلی تکنیک اوبیسپو^۵ در کالیفرنیا، و استاد مهمان در دانشگاه سانتا باربارا - کالیفرنیا^۶ مشغول بود تا آنکه بالأخره در ۱۹۹۰ بازنشسته شد. پرفسور مریام همیشه تأکید اساسی را بر تدریس می‌گذاشت و از این‌رو در هر کجا که تدریس می‌کرد، توسط شاگردانش قدردانی می‌شد. در دانشگاه برکلی در ۱۹۶۳، او به‌عنوان اولین دریافت کننده جایزه استاد برجسته تاو بتا پی^۷ به خاطر روش والای تدریس، در ۱۹۷۸ جایزه مدرس برجسته برای خدمات چشمگیر به آموزش مکانیک مهندسی از طرف انجمن آموزش مهندسی آمریکا (ASEE)^۸، و در ۱۹۹۲ جایزه بنیامین گارور لم^۹ که بالاترین جایزه سالانه انجمن است را نصیب خود کرد.

دکتر ال. گلن کریگ، همکار مؤلف مجموعه مکانیک مهندسی، از اوایل سال‌های ۱۹۸۰، به نوبه خود آثار عظیمی در آموزش مکانیک را از خود به‌جا نهاده است. دکتر کریگ مدارک کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترای خود را از دانشگاه ویرجینیا^{۱۰}، در مهندسی هوا فضا کسب کرده و هم اکنون در مقام پرفسور علوم مکانیک مهندسی در انستیتو پلی تکنیک دانشگاه ایالتی ویرجینیا مشغول به کار است. در اواسط دهه ۱۹۷۰ من افتخار ریاست کمیته فارغ التحصیلی پرفسور کریگ را داشتم و از این بابت افتخار می‌کنم که او اولین نفر از میان چهل و پنج فارغ التحصیل دکترای من بود. پرفسور کریگ توسط گروه پرفسور مریام دعوت شده و توسط او میراث والای تألیف کتاب‌های درسی برای نسل‌های آینده حفظ شد. در طی سه دهه گذشته این گروه مؤلفان موفق شدند که تأثیری عمیق بر روی آموزش چندین نسل از مهندسان بگذارند.

پرفسور کریگ افزون بر تألیفات و تحقیقات متعدد در زمینه دینامیک سفینه‌های فضایی، توجه خود را معطوف بر آموزش مکانیک در دو سطح مقدماتی و پیشرفته کرده است. شیوه آموزش عالی او در همه‌جا شناخته شده است و جوایز آموزشی زیادی را در سطح دانشکده، کالج، دانشگاه، ایالت، منطقه و کشور

1. Yale University
2. Pratt and Whitney
3. California University-Berkeley
4. Duke University
5. San Luis Obispo
6. Santa Barbara
7. Tau Beta Pi
8. American Society for Engineering Education
9. Benjamin Garver Lamme
10. University of Virginia

کسب کرده است. از جمله می‌توان به جایزهٔ فرانسیس جی. ماهر^۱ برای تسلط در تدریس در گروه علوم مهندسی و مکانیک، جایزهٔ واین^۲ برای تسلط در تدریس دانشگاهی و جایزهٔ مدرس برجسته از شورای ایالتی آموزش برای جامعهٔ ویرجینیا^۳ اشاره کرد. در سال ۱۹۹۶، بخش مکانیک انجمن آموزش مهندسی آمریکا، جایزهٔ مدرس برجستهٔ آرشی هیگدون^۴ را به او اهدا کرد. در سال ۱۹۹۷، بنیاد کارنگی^۵ برای پیشرفت آموزش و شورای پیشبرد و حمایت از آموزش، وی را به‌عنوان پرفسور برجستهٔ ویرجینیا معرفی کرد. پرفسور کریگ در شیوهٔ آموزشی خود، بر رشد توانایی تجزیه و تحلیل در میان شاگردان به همراه تقویت دید فیزیکی و مهندسی آنها تأکید دارد. از اوایل دههٔ ۸۰، او روی نرم‌افزاری کار کرده است که هدف آن بالا بردن کیفیت تدریس استاتیک، دینامیک، مقاومت مصالح، و حوزه‌های پیشرفته‌تر دینامیک و ارتعاشات بوده است.

ویراست هفتم مکانیک مهندسی، دنبالهٔ همان استاندارد بالای ویراست‌های قبلی به‌همراه مطالب جدید برای جذب و کمک به دانشجویان است. مدرسان و دانشجویانی که کتاب استادان مریام و کریگ را تدریس یا مطالعه می‌کنند، از سال‌ها تجارب اندوخته شده توسط این استادان بهره خواهند گرفت. با دنبال نمودن شیوه‌ای که در ویراست‌های قبلی رعایت می‌شد، این کتاب تأکید بر روی کاربرد تئوری در موقعیت‌های عینی مهندسی دارد و از این لحاظ بهترین کتاب است.

جان ال. جونکینس

پرفسور ممتاز مهندسی هوا-فضا

صاحب کرسی استادی جورج جی. اپرایت در مهندسی دانشگاه تگزاس

کالج استیشن، تگزاس

1. Francis J. Maher

2. Wine Award

2. State Council of Higher Education for the Commonwealth of Virginia

3. Archi Higdon Distinguished Educator Award

5. Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching

پیشگفتار

مکانیک مهندسی شالوده و چارچوب اکثر شاخه‌های مهندسی است. بسیاری از موضوعات مطرح شده در رشته‌های راه و ساختمان، مهندسی مکانیک، هوا فضا و مهندسی کشاورزی و البته خود درس مکانیک مهندسی ریشه در مطالب استاتیک و دینامیک دارد. حتی در رشته‌ای چون مهندسی برق، مهندسانی که در مسیر مطالعه مؤلفه‌های الکتریکی دستگاه‌های رباتیک قرار می‌گیرند، در ابتدا مجبور به تحلیل مسائل مکانیکی هستند.

بنابراین دوره مکانیک مهندسی برای رشته‌های مهندسی نقش مهمی دارد. این مهم نه تنها از نظر خود مطالب مکانیک مهندسی، بلکه از این نظر است که به درک عمیق‌تر رشته‌های مهم دیگری چون ریاضیات عملی پیشرفته، فیزیک و نقشه‌کشی کمک می‌کند. به‌علاوه این درس‌ها زمینه‌ای کامل برای تقویت توانایی حل مسائل را در دانشجویان ایجاد می‌کند.

فلسفه

هدف اصلی از مطالعه مکانیک مهندسی، پرورش توانایی در تشخیص اثرات نیرو و حرکت در زمان طراحی خلاقانه مهندسی است. برای کسب این توانایی، تنها دانستن اصول فیزیکی و ریاضیاتی مکانیک کافی نبوده، و وجود مهارت در تجسم فیزیکی ترکیب عناصر واقعی، قیود عینی و محدودیت‌های عملی حاکم بر رفتار ماشین‌ها و سازه‌ها نیز ضروری است. یکی از اهداف اصلی درس مکانیک، کمک به دانشجویان در رشد این توانایی تجسم است که نقشی حیاتی در فرمول‌بندی مسائل مکانیکی دارد. در حقیقت بنا کردن یک مدل ریاضی با معنی برای هر مسئله، از به‌دست آوردن جواب مسئله بسیار مهم‌تر است. بیشترین پیشرفت زمانی حاصل می‌شود که این اصول و محدودیت‌های حاصل از آنها، باهم در زمینه کاربرد مهندسی آموخته شود.

اغلب در تدریس مکانیک مهندسی این تمایل وجود دارد که از مسائل، عمدتاً به‌عنوان وسیله‌ای برای تشریح تئوری استفاده شود، به‌جای آنکه تئوری را به منظور حل مسائل به‌کار برند. وقتی روش اول حاکم است، مسائل بسیار ایده‌آل‌سازی و بی‌ارتباط با دید مهندسی شده و تمرین‌ها کسل‌کننده، انتزاعی و بی‌روح می‌شود. این برخورد، دانشجویان را از تجربه با ارزش فرمول‌بندی مسائل و کشف ضرورت و مفهوم تئوری محروم می‌سازد. دیدگاه دوم انگیزه قوی‌تری را برای آموزش تئوری ارائه نموده و تعادل بهتری بین تئوری و کاربرد آن ایجاد می‌نماید. تأکید بسیار زیادی روی نقش علاقه در ایجاد قویترین انگیزه ممکن برای یادگیری در دانشجویان وجود دارد که نباید از آن غافل شد.

به‌علاوه، به‌عنوان مدرسان مکانیک، باید بر این نکته تأکید کنیم که در بهترین حالت، تئوری می‌تواند تقریبی باشد از مکانیک در جهان واقعی، نه آنکه جهان واقعی را تقریبی از تئوری بدانیم. این تفاوت در فلسفه، امری اساسی بوده و تمایز بین مهندسی مکانیک با علم مکانیک را نشان می‌دهد.

در چند دهه گذشته، چند دیدگاه نادرست در آموزش مهندسی پدید آمده است. نخست اینکه، به نظر می‌رسد تأکید بر مفاهیم فیزیکی و هندسی به‌عنوان پیش‌نیازهای ریاضی کمرنگ شده است، دوم اینکه کاهش چشمگیر و حتی حذف آموزش از طریق نمایش ترسیمی، که در گذشته به تقویت تجسم و ارائه مسائل مکانیکی کمک می‌کرد، مشاهده می‌شود. سوم اینکه، با ارتقای سطح ریاضی برخورد با مکانیک، این تمایل وجود داشته که کاربرد نمادی عملیات برداری جایگزین تجسم هندسی شود. موضوع مکانیک به‌صورتی ذاتی وابسته به ادراک فیزیکی و هندسی است و ما مدرسان، باید کوشش خود را برای رشد این ادراک افزایش دهیم.

در اینجا به‌جاست که در مورد استفاده از کامپیوتر تذکری داده شود. تجربه فرموله کردن مسائل وقتی استدلال و قدرت تشخیص رشد لازم را نموده باشد، بسیار مهم‌تر از تمرین محاسبات برای به‌دست آوردن جواب مسأله است. به این دلیل استفاده از کامپیوتر باید تحت نظارت دقیق باشد. در حال حاضر، رسم نمودارهای جسم آزاد و فرموله کردن معادلات مربوط به آن با استفاده از مداد و کاغذ به بهترین شکل انجام می‌شود. از طرف دیگر، مواردی وجود دارد که جواب معادلات مربوطه به بهترین شکل توسط کامپیوتر

محاسبه و نمایش داده می‌شود. مسائل با گرایش استفاده از کامپیوتر (مسائل کامپیوتری)، باید شامل نکاتی باشند که استفاده از کامپیوتر را ناگزیر می‌سازند، نه اینکه در مسائل بعضی از پارامترها بدون دلیل خاصی تغییر داده شود تا دانشجو را مجبور کنیم که مسئله را تنها با کامپیوتر حل نماید. تمام این موارد را در طرح مسائل با استفاده از کامپیوتر در ویراست هفتم در نظر داشته‌ایم. توصیه می‌شود برای آنکه دانشجویان زمان کافی برای فرموله کردن مسائل داشته باشند، تعداد محدودی مسائل کامپیوتری به عنوان تکلیف تعیین شود. هفتمین ویراست مکانیک مهندسی با فلسفه‌ای مشابه ویراست‌های قبلی تدوین شده و در نظر بود که مقدم بر همه، به عنوان اولین درس در مکانیک معمولاً در سال دوم مهندسی تدریس شود. کوشش بر این بود که روش تدریس کتاب موجز و آسان فهم باشد. به جای ارائه انبوهی از موارد خاص، تأکید بیشتر بر روی اصول و روش‌های اساسی بوده است. سعی بسیاری مبذول شده تا انسجام ایده‌های بنیادی نسبتاً معدود و تنوع زیاد مسائلی که با استفاده از این ایده‌ها قابل حل است، نشان داده شود.

جنبه‌های آموزشی کتاب

ساختار اصلی این کتاب بدین صورت است که ابتدا یک موضوع به طور کامل بررسی شده، پس از آن چند مسئله نمونه آمده و در انتها تعدادی مسئله ارائه می‌شود. در انتهای هر فصل، بخشی برای مرور آن فصل آورده شده که خلاصه‌ای از نکات اصلی آن فصل را ذکر کرده و پس از آن مجموعه‌ای از مسائل دوره‌ای آورده شده است.

مسائل

۸۹ مسئله نمونه در صفحاتی با زمینه متفاوت ارائه شده است. راه حل مسائل تیپ استاتیک به تفصیل آورده شده است. بعلاوه تذکرات توضیحی و احتیاطی (به عنوان راهنمایی‌های مفید) با شماره‌بندی در کنار هر مسئله نمونه درج شده است.

۱۰۵۸ تمرین به عنوان تکلیف است که تقریباً ۵۰ درصد آنها برای اولین بار در ویراست هفتم آورده می‌شود. مسائل به دو بخش مسائل مقدماتی و برگزیده تقسیم شده است. بخش اول شامل مسائل ساده‌ای است که با هدف افزایش اعتماد به نفس دانشجویان در یادگیری موضوع جدید طراحی شده است. در حالی که اکثر مسائل بخش دوم حاوی پیچیدگی و تفضیل بیشتری هستند. ترتیب مسائل از آسان به مشکل است. مسائل مشکل‌تر در انتهای بخش مسائل برگزیده آمده و با نماد مثلث ▲ مشخص شده‌اند. مسائل کامپیوتری با نماد ستاره * مشخص شده و در بخش جداگانه‌ای در انتهای هر فصل گنجانده شده‌اند. پاسخ همه مسائل در بخشی جداگانه در آخر کتاب آورده شده است.

با توجه به نیاز تأکید بیشتر بر روی یکاهای SI، تقریباً برای هر مسئله برحسب یکاهای مرسوم در ایالات متحده دو مسئله برحسب یکاهای SI ارائه شده است. در بین دو مجموعه واحد اندازه‌گیری، تعداد مسائل واحدهای SI در بحث‌های مختلف از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد متفاوت است.

ویژگی برجسته ویراست هفتم، همانند سایر ویراست‌های قبل، پربار بودن کتاب از نظر مسائل جالب و مهمی است که در طراحی مهندسی به کار می‌رود. شاید در بعضی از موارد در نگاه اول ارتباط این مسائل با طراحی مهندسی مشخص شود اما تقریباً در تمامی آنها، اصول و روش‌های ذاتی طراحی و تحلیل سازه‌های مهندسی و سیستم‌های مکانیکی مطرح می‌شود.

ویژگی‌های جدید در ویراست هفتم

ضمن حفظ ویژگی‌های اصلی در ویراست‌های قبلی، ویراست جدید دارای مزایای زیر است:

- همه بخش‌های تئوری بازنگری شده است تا دقت، وضوح، روانی و سادگی مطالب به حداکثر برسد.
- در حین ارائه مطالب تئوری، مطالب مفاهیم کلیدی به طور ویژه مشخص و برجسته شده‌اند.
- در بخش مروری بر فصل، نکات خلاصه شده شماره گذاری شده‌اند.
- تقریباً ۵۰ درصد مسئله‌های تکلیف برای اولین بار در ویراست هفتم آورده شده‌اند. همه مسائل جدید به طور مستقل حل شده‌اند تا دقت آنها تضمین شود.

- به این ویراست مسائل نمونه جدیدی اضافه شده است، در مورد مسائل کامپیوتری هم همین‌طور است.
- همه مسائل نمونه در صفحاتی با زمینه متمایز چاپ شده‌اند تا بتوان آنها را به سرعت پیدا کرد.
- برای پیدا کردن ارتباط بیشتر با موقعیت‌های علمی که استاتیک در آنها نقش مهمی برعهده دارد، در شروع هر فصل تصویر آمده است.

سازمان‌بندی کتاب

در فصل ۱ مفاهیم اساسی برای مطالعه مکانیک شرح داده می‌شود. در فصل ۲ خواص نیروها، گشتاورها، کوپل‌ها و برایندها تعریف می‌شود تا دانشجو بتواند بدون نیاز به تکرار مسئله نسبتاً ساده تعادل نیروهای هم‌مرس وارد بر یک ذره، مستقیماً به بررسی تعادل مجموعه نیروهای ناهم‌مرس در فصل ۳ بپردازد.

در فصل‌های ۲ و ۳ در ابتدا در قسمت (الف) مسائل دو بُعدی و سپس در قسمت (ب)، مسائل سه بُعدی تحلیل می‌شود. به این ترتیب مدرس می‌تواند همه فصل ۲ را تدریس کرده و پس از آن به تدریس فصل ۳ بپردازد، یا تدریس این دو فصل را به ترتیب ۲ (الف)، ۳ (الف)، ۲ (ب)، ۳ (ب) انجام دهد. در حالت دوم، ابتدا سیستم‌های نیرو و تعادل دو بُعدی، و پس از آن همین مطالب در حالت سه بُعدی بررسی می‌شوند. کاربرد اصول تعادل در مورد خرپاهای ساده، قاب‌ها و ماشین‌ها در فصل ۴ و با توجه اولیه به سیستم‌های دو بُعدی مطرح می‌شود. چند مثال سه بُعدی نیز آورده شده است تا دانشجو بتواند در استفاده از ابزارهای برداری عمومی‌تر تحلیل مسلط شود.

مفاهیم و مباحث مربوط به نیروهای گسترده در آغاز فصل ۵ معرفی می‌شوند و بقیه این فصل به دو قسمت اصلی تقسیم می‌شود. در قسمت (الف) مرک‌زوارها و مرک‌ز جرم‌ها بررسی می‌شوند. مثال‌های زیادی نیز آورده می‌شود تا دانشجو بتواند بر کاربردهای اولیه حساب دیفرانسیل و انتگرال در مسائل فیزیکی و هندسی مسلط شود. در قسمت (ب) عناوین خاصی همچون تیرها، کابل‌های انعطاف‌پذیر، و نیروهای سیال معرفی می‌شوند و می‌توان آنها را حذف کرد، بدون آنکه پیوستگی مفاهیم پایه از بین برد. فصل ۶ که به مبحث اصطکاک می‌پردازد شامل دو قسمت است. در قسمت (الف) به اصطکاک خشک و در قسمت (ب) به کاربردهای مختلف اصطکاک در ماشین‌ها می‌پردازیم. اگرچه به دلیل محدود بودن زمان تدریس می‌توان قسمت (ب) را حذف کرد، اما مطالب این قسمت برای دانشجویی که با هر دو نیروی اصطکاک متمرکز و گسترده سروکار دارد، بسیار ارزشمند خواهد بود.

در فصل ۷ مقدمه‌ای بر کار مجازی و کاربردهای محدود به سیستم‌های با یک درجه آزادی معرفی می‌شود. در این فصل بر برتری روش کار مجازی و انرژی در سیستم‌های به هم پیوسته و تعیین پایداری تأکید ویژه‌ای می‌شود. کار مجازی فرصت خوبی را فراهم می‌سازد تا دانشجو به قدرت تحلیل ریاضیات در مکانیک پی ببرد.

گشتاورها و حاصلضرب‌های لختی در پیوست (الف) آمده است. این مطالب می‌تواند پلی بین استاتیک و مقاومت مصالح باشد. در پیوست (ج) خلاصه‌ای از برخی مباحث برگزیده ریاضیات مقدماتی و نیز چند روش عددی برای استفاده دانشجو در حل مسائل کامپیوتری معرفی می‌شود. پیوست (د) به جدول‌های سودمند ثابت‌های فیزیکی، مرک‌زوارها و گشتاورهای لختی اختصاص داده شده است.

سپاسگزاری

بسیار خرسندم که در تداوم این مجموعه کتاب‌های درسی در شصت سال گذشته نقش داشته‌ام. از آنجا که علاقه‌مندم در آینده نیز بتوانم بهترین مطالب آموزش را به شما ارائه دهم، از تمامی اظهارنظرها و پیشنهادهاى شما استقبال می‌کنم. لطفاً نظرات خود را به نشانی اینترنتی kraige@vt.edu ارسال کنید.

ال. گلن کریگ

بلکس برگ، ویرجینیا