

مکاتیک مهندسی ۲

مریام
کرایگ

دینامیک

مترجم: مهندس علیرضا انتظاری
ویراستار: دکتر محمد ابراهیم ابوکاظمی



نویردازان

Meriam, James Lathrop

مریام، جیمز لاثروب، ۱۹۱۷ - م

دینامیک / تالیف مریام، کرایگ؛ ترجمه علیرضا انتظاری. - تهران: نوپردازان، ۱۳۸۴.

۷۸۰ ص.: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: 964-8142-61-0

کتاب حاضر ترجمه جلد دوم کتاب "Engineering Mechanics, 4th" تالیف مریام و کرایگ

می باشد.

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیبا.

واژه نامه.

۱. دینامیک. الف. کرایگ، گلن، Kraige, L. Glenn. ب. انتظاری، علیرضا، ۱۳۴۰ -، مترجم.

ج. عنوان.

۶۲۰/۱۰۴

TA ۲۵۲/م۴۵۹

۱۳۸۴

م ۸۴ - ۱۵۳۱۳

کتابخانه ملی ایران

کتاب	دینامیک
تالیف	مریام - کرایگ
ترجمه	علیرضا انتظاری
ویراستار	محمدابراهیم ابوکاظمی
ناشر	نوپردازان
قطع	خشتی
نوبت	اول
تاریخ	بایز ۱۳۸۴
تیراژ	۳۵۰۰
تیراژ شومیز	۲۰۰۰
تیراژ گالینگور	۱۵۰۰
صفحات	۷۸۰
شابک شومیز	۹۶۴-۸۱۴۲-۶۲-۹
شابک گالینگور	۹۶۴-۸۱۴۲-۶۱-۰



نوپردازان

مراکز پخش

کتابیران. خیابان لبافی نژاد غربی، بعد از چهارراه کارگر، جنب فروشگاه سیلات، پلاک ۲۳۷

تلفن: ۶۶۹۲۶۶۸۷-۶۶۴۲۳۴۱۶

نوپردازان. خیابان لبافی نژاد، بین اردیبهشت و فروردین، پلاک ۲۰۶

تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹-۶۶۴۱۱۱۷۳

A X I O M A T A

S I V E

LEGES MOTUS

L E X I.

Corpus, omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare.

L E X II.

Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressæ, & fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.

L E X III.

Actioni contrariam semper & æqualem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse æquales & in partes contrarias dirigi.

بنام خدا

یادداشت مترجم

دینامیک جذابترین عرصه کاربرد ریاضیات است و تنوع مسایلی که به کمک اصول اندک آن می توان حل کرد، در علم دیگری همتا ندارد. آموختن درس دینامیک فرصت کم نظیری برای پرورش استعداد تجسم هندسی، توانایی تفسیر فیزیکی روابط و قواعد ریاضی، و قدرت استدلال منطقی است. دانشجویانی که ریاضی را در دبیرستان و مهندسی را در دانشگاه از روی علاقه انتخاب کرده و پیگیری می نمایند، اوقات لذت بخشی را فارغ از جریان شتابان عصر حاضر صرف حل مسایل دینامیک - درنگ و تأمل برای تحلیل حرکت و جنبش - خواهند کرد.

سابقه حضور کتابهای استاتیک و دینامیک پروفیسور جیمز مریام در عرصه آموزش دانشگاهی به حدود نیم قرن می رسد. مؤلف که سهم شگرف وی در ارتقاء آموزش مکانیک مهندسی بر اهل نظر پوشیده نیست، تاکنون به اقتضای تغییر مشی تعلیمات مهندسی و برای بهبود کیفی جنبه های آموزشی، چهار بار در محتوا و شیوه ارائه مطالب این کتابها تجدیدنظر کرده است، و در ویرایش اخیر آنها که با همکاری پروفیسور گلن کرایگ به انجام رسانیده از تازه ترین تدابیر آموزشی بهره جسته است. مترجم که با برگزیدن کتابهای مریام برای تدریس درسهای استاتیک و دینامیک، در سالهای اخیر بیش از قبل بدانها پرداخته است، نمی تواند تحسین خود را نسبت به کیفیت و سطح مطالب درسی، شیوه ممتاز ارائه مثالها، و تعدد و تنوع مسایل کاربردی مطرح شده - که حاصل سالها تجربه تدریس و کار مؤلفان است - کتمان نماید. امید است ترجمه فارسی این کتابها نیز که به همت انتشارات نوپردازان منتشر می شود، مقبول طبع دانشجویان گرامی واقع شود.

ترجمه حاضر این اقبال را یافته است که توسط استاد گرانمایه، آقای دکتر محمد ابراهیم ابوکاظمی ویراستاری شود. مترجم که شخصاً از دقت، موشکافی، و بردباری ایشان در بازنگری ترجمه و مقابله آن با متن اصلی و پرداخت نهایی عبارات بسیار آموخته است، محسنات این ترجمه را محصول زحمات ایشان می داند. حروفچینی و صفحه آرایی کتاب توسط خانمها لیلا بابایی و مریم السادات میرفخرایی و لیلا خاکزادیان انجام شده است که نهایت حوصله و سلیقه خود را در این زمینه بخرج داده اند. تبدیل کامپیوتری تصاویر رنگی کتاب توسط آقای مهندس مجید منصورخاکی و طراحی جلد توسط آقای مهندس همایون مقدس انجام شده است. پیشنهادات ارزنده ایشان در جهت بهبود صفحه آرایی جای قدردانی دارد. همچنین لازم می داند که از کارکنان لیتوگرافی نورنگ، خصوصاً آقای محمد نوری و کارکنان چاپخانه پژمان بویژه آقایان حسین اوجانی و علی کیا برای چاپ و صحافی کتاب تشکر نماید. مترجم که خود در درس دینامیک افتخار شاگردی آقای دکتر منصور نیکخواه بهرامی را داشته است، شایسته می داند که این یادداشت را با ابراز مراتب احترام و قدرشناسی نسبت به ایشان به فرجام برساند.

علیرضا انتظاری

مرداد ۸۴

سخن از نقش و نوآوری دکتر جیمز مریم در زمینه مکانیک مهندسی گرافه‌گویی نیست. بی‌تردید در چهل و پنج سال اخیر، او بیش از هر کسی بر آموزش مکانیک تأثیر گذاشته است. اولین کتابهای مریم، در سال ۱۹۵۱، ساختار درسهای مکانیک دوره لیسانس را حقیقتاً دگرگون و بازسازی کردند و به کتابهای درسی معتبر و بی‌رقیب دهه‌های بعد تبدیل شدند. ویژگیهای بارز این کتابها عبارت بودند از: نظم و ترتیب منطقی مطالب، سادگی متن، مناسب بودن برای دانشجویان متوسط، و در برداشتن مثالهای متعدد و جالب توجهی از مسائل ملموس مهندسی که به‌طرزی بسیار عالی تشریح شده بودند. این کتابها در دهه ۱۹۵۰ و بعد از آن، الگوی سایر کتب درسی مکانیک مهندسی شدند.

دکتر مریم فعالیتش را در زمینه مهندسی مکانیک از دانشگاه یال آغاز کرد و لیسانس و فوق‌لیسانس مهندسی و درجه دکتری خود را از آنجا گرفت. نخستین تجربه کار صنعتی او در کارخانه هواپیماسازی «پرات آند ویتنی» و شرکت «جنرال الکتریک» دستمایه نگارش اولین نوشته‌های وی در زمینه تحلیل ریاضی و تجربی تنش شد. او طی جنگ جهانی دوم در گارد ساحلی ایالات متحده آمریکا خدمت کرد.

دکتر مریم به مدت بیست و یک سال عضو هیئت علمی دانشگاه کالیفرنیا، برکلی، بود و در سمتهای استاد مکانیک مهندسی، معاون تحصیلات تکمیلی، و رئیس بخش مکانیک و طراحی، انجام وظیفه کرد. در سال ۱۹۶۳ به ریاست بخش مهندسی دانشگاه دوک برگزیده شد و در آنجا همه توان خود را صرف تشکیل دانشکده مهندسی و توسعه آن کرد. در سال ۱۹۷۲ روی اصل علاقه‌اش، مجدداً به تدریس تمام وقت روی آورد و در دانشگاه ایالتی پلی‌تکنیک کالیفرنیا در سمت استاد مهندسی مکانیک به کار پرداخت و در سال ۱۹۸۰ از آنجا بازنشسته شد. طی ده سال بعد استاد مدعو دانشگاه کالیفرنیا، سانتا باربارا، بود و در سال ۱۹۹۰ برای بار دوم بازنشسته شد. پروفسور مریم همیشه اهمیت خاصی برای تدریس قائل بوده است و این خصلت او را دانشجویانش در همه جا ارج نهاده‌اند. در سال ۱۹۶۳ در دانشگاه برکلی، مریم نخستین کسی بود که به‌خاطر نبوغش در تدریس به دریافت جایزه ممتاز «تاو، بتا، پی» نایل شد. در سال ۱۹۷۸ جایزه معلم ممتاز را به‌خاطر خدمات چشمگیرش در امر آموزش مکانیک مهندسی از انجمن آموزش مهندسی آمریکا دریافت کرد. همین انجمن در سال ۱۹۹۲ جایزه «بنجامین کارور لانه» را، که عالیترین جایزه سالانه آن انجمن در آمریکا است، به وی اعطا کرد.

پروفسور مریام اولین مؤلفی بود که نحوه کاربرد روش کار مجازی را برای حل دسته‌ای از مسائل استاتیک به روشنی نشان داد. مؤلفان قبلی عمدتاً این موضوع را نادیده گرفته بودند. در کتاب دینامیک او، مبحث حرکت دوبعدی به صورت قابل فهم درآمد و در ویرایشهای اخیر آن مباحث سینماتیک و سینتیک سه‌بعدی نیز به همان صورت ارائه شده است. تدوین روشهای بدیع به کار برده شده در تئوری دینامیک جرم-متغیر را که در ویرایش دوم کتاب دینامیک وی (۱۹۷۱) آمده، به او نسبت می‌دهند. مریام در ترویج استفاده از واحدهای بین‌المللی نیز پیشگام بوده است، و نسخه SI کتابهای استاتیک و دینامیک وی در سال ۱۹۷۵، اولین کتابهای درسی مکانیک در دستگاه واحدهای بین‌المللی در آمریکا بود.

دکتر گلن کریگ، که در تألیف ویرایش سوم مجموعه مکانیک مهندسی همکاری کرده، نیز نقش مهمی در آموزش مکانیک داشته است. دکتر کریگ، درجه لیسانس، فوق‌لیسانس و دکترای خود را از دانشگاه ویرجینیا و در رشته مهندسی هوا-فضا دریافت کرد. وی هم‌اکنون استاد علوم مهندسی و مکانیک در انستیتو پلی‌تکنیک و دانشگاه ایالتی ویرجینیاست.

پروفسور کریگ، علاوه بر تحقیقات و تألیفات معروفی که در زمینه مکانیک فضاپیماها به انجام رسانیده، توجه خود را صرف تدریس مکانیک در سطوح مقدماتی و پیشرفته کرده است. روش ممتاز تدریس او شهرت زیادی دارد و جوایز مختلفی را در سطوح گروه آموزشی، دانشکده، دانشگاه، ایالت، منطقه، و کشور نصیب وی کرده است. این جوایز شامل جایزه «فرانسیس ماهر» برای شایستگی آموزشی در بخش علوم مهندسی و مکانیک، جایزه AT&T برای تدریس ممتاز در بخش جنوب شرقی انجمن آموزش مهندسی آمریکا، و جایزه معلم ممتاز از شورای ایالتی آموزش عالی ایالت ویرجینیاست. در سال ۱۹۹۶ بخش مکانیک انجمن ASEE جایزه معلم ممتاز «آرشی هیگدان» را به وی اعطا کرد. کریگ در تدریس خود، روی پرورش توانائی تحلیل همراه با تقویت بینش فیزیکی و قضاوت مهندسی تأکید می‌کند. او از اوایل دهه ۱۹۸۰ روی نرم‌افزاری برای کامپیوترهای شخصی کار می‌کند که برای بهبود فرآیند تعلیم و تعلم در استاتیک و دینامیک طراحی شده است.

ویرایش چهارم مجموعه مکانیک مهندسی ضمن حفظ کیفیت عالی ویرایشهای قبلی، ویژگیهای جدیدی یافته است که به جلب توجه دانشجویان و ارتقاء درک آنها کمک می‌کند. این ویرایش محتوی مجموعه متنوعی از مسائل جالب توجه و آموزنده است. تحلیل و کاربرد دو رکن مؤثر در برنامه آموزش مکانیک مهندسی هستند؛ مریام و کریگ بار دیگر نشان داده‌اند که در تلفیق این دو از بیشترین صلاحیت برخوردارند.

رابرت اشتایدل

استاد ممتاز مهندسی مکانیک

دانشگاه کالیفرنیا، برکلی

با مطالعه مکانیک مهندسی که شامل استاتیک و دینامیک است، شالوده توانایی تحلیل انواع بسیاری از مسائل مهندسی را پی‌ریزی می‌کنیم. امروزه طراحی مهندسی مستلزم توانایی تحلیل بالایی است و مطالعه مکانیک، به‌طوری که خواهید دید، به پرورش این توانایی کمک زیادی می‌کند.

در مکانیک مهندسی می‌آموزیم که برای دسته‌ای از سازه‌ها و ماشینها که مورد توجه مهندسان است، مدل‌هایی ریاضی که حاکی از اثرات نیرو و حرکت‌اند بسازیم و آنها را تحلیل کنیم. در کاربرد اصول مکانیک، این مدل‌ها را به کمک فرضیات فیزیکی و تقریبهای ریاضی مناسب فرمولبندی می‌کنیم. هم در فرمولبندی مسائل مکانیک و هم در حل آنها، با فرصتهای زیادی برای استفاده از هندسه مسطحه و فضایی، جبر اسکالر و برداری، مثلثات، هندسه تحلیلی، و حساب دیفرانسیل و انتگرال، روبرو خواهیم شد. هنگام کاربرد این ابزارهای ریاضی در مکانیک، احتمالاً معنای جدیدی برای آنها کشف خواهیم کرد.

شرط موفقیت در دروسهای مکانیک (و در کل مهندسی) این است که در مواجهه با مسائل، روش کاملاً منضبطی از فرضیه تا نتیجه‌گیری در پیش بگیریم و اصول مورد نظر را با دقت تمام به کار ببریم. تجربه سالها تدریس و کار مهندسی، اهمیت کسب مهارت برای نمایش نتیجه کار به شیوه‌ای روشن، منطقی و موجز را آشکار می‌کند. مکانیک جایگاه بسیار مناسبی برای پرورش عادات تفکر منطقی و ارتباطات مؤثر است.

مجموعه مکانیک مهندسی شامل مثالهای حل شده بسیار زیادی است. حل مثالها به‌طور تفصیلی ارائه شده و تذکرات سودمندی نیز برای اجتناب از خطا و اشکالات متداول داده شده است. این مجموعه همچنین محتوی تعداد زیادی مسائل ساده، مقدماتی، و متوسط است که به فهم موضوع جدید و کسب اعتماد به نفس کمک می‌کنند. مسائل بسیار زیادی نیز در این مجموعه گنجانده شده است که به توضیح وضعیتهای مهم و امروزی طراحی مهندسی می‌پردازند تا توجه دانشجو را برانگیزد و برداشت او را از بسیاری از کاربردهای مکانیک در مهندسی تقویت کند.

خرسندیم که انگیزه و دلگرمی خود را به شما دانشجویان منتقل می‌کنیم. امیدواریم این کتاب در گسترش مهارتهای شما در مهندسی سودمند و شوق‌انگیز باشد.

گلن کریگ

بلاکسورگ، ویرجینیا

ژانویه ۱۹۹۸

جیمز مریام

سانتایباربارا، کالیفرنیا

ژانویه ۱۹۹۸

هدف اصلی مطالعه مکانیک مهندسی، ایجاد قابلیت برای پیش‌بینی اثرات نیروها و حرکات در روند کار خلاق طراحی مهندسی است. پیش‌بینی درست این اثرات، علاوه بر شناخت مبانی فیزیکی و ریاضی مکانیک، مستلزم توانایی تجسم پیکربندی فیزیکی با در نظر گرفتن مواد حقیقی، قیود واقعی، و محدودیتهای عملی حاکم بر رفتار ماشینها و سازه‌هاست. یکی از اهداف اصلی در تدریس مکانیک این است که به دانشجویان کمک کنیم تا این توانایی تجسم را، که برای فرمولبندی مسائل جنبه حیاتی دارد، در خود گسترش دهند. در واقع تجربه‌ای که دانشجویان از مدلسازی هدفدار ریاضی کسب می‌کنند، غالباً بیش از تجربه حاصل از حل آنها اهمیت دارد. بیشترین پیشرفت هنگامی حاصل می‌شود که اصول و محدودیتهای آنها را در متن کاربرد مهندسی آموزش دهیم.

بیشتر دانشجویان، درسهای مکانیک را دشوار و غیرجذاب می‌یابند و آنها را موانعی در راه تحصیلات خود تلقی می‌کنند. آنچه سبب می‌شود که این درسها دشوار بنمایند، گستردگی نیاز به استدلالهای مبتنی بر اصول در قیاس با آموزش طوطی‌وار است. اما آنچه این درسها را در نظر بسیار از ایشان غیرجذاب می‌نمایاند، عمدتاً ناشی از معرفی درسهای مکانیک به صورت مباحثی فاقد کاربرد مهندسی است که باید بنا به مقررات آموزشی دانشگاه گذرانده شوند. ریشه این وضع نامطلوب را می‌توان در غلبه نگرش خاصی بر ارائه مکانیک پیدا کرد. به‌طور کلی دو روش برای ارائه مکانیک وجود دارد: روشی که در آن مسائل را عمدتاً در خدمت تفهیم تئوری به‌کار می‌گیرند، و روشی که در آن تئوری را به قصد حل مسائل مطرح می‌کنند. با غلبه نگرش حاکم بر روش اول، مسائل فوق‌العاده آرمانی و بی‌ارتباط با مهندسی جلوه می‌کنند و در نتیجه تمرین آنها ملال‌آور، نامربوط، و غیرجذاب می‌شود. این رویکرد دانشجویان را از تجربه ارزشمند فرمولبندی مسائل و در نتیجه از کشف نیاز به تئوری و مفهوم آن محروم می‌کند. روش دوم انگیزه برعکس برای یادگیری تئوری ایجاد می‌کند و به توازن بهتری بین تئوری و کاربرد منجر می‌شود. تأکید بر نقش حساسی که دو عامل علاقمندی و هدفمندی در ایجاد قوی‌ترین انگیزه ممکن برای یادگیری دارند، تأکیدی بجاست. افزون بر آن، بهتر است بر این نگرش تأکید کنیم که تئوری در بهترین حالت تنها می‌تواند جهان واقعی مکانیک را تقریب بزند، نه این که جهان واقعی را تقریبی از تئوری بدانیم. اختلاف این دو نگرش، برآستی بنیادی است و چیزی است که مهندسی مکانیک را از علم مکانیک متمایز می‌کند.

در طی سی سال اخیر در آموزش مهندسی، گرایش شدیدی به گسترش و تعمیق تئوری در درسهای علوم مهندسی پیدا شده است. این گرایش که نمود آن در درسهای مکانیک از همه آشکارتر است، تا حدی که دانشجویان بتوانند از عهده این رفتار شتابان برآیند سودمند است. ناهمخوانی چشمگیری که اخیراً میان گستردگی مطالب و درک مفاهیم پدیدار شده است، شاهدهی بر نگرانی موجه ماست. در بین عوامل مؤثر بر این پدیده، سه نکته را قابل ذکر می‌دانیم.

اولاً به‌نظر می‌رسد که در ریاضیات پیش‌نیاز، تأکید بر مفاهیم هندسی و فیزیکی نقصان یافته است. ثانیاً، آموزش رسم که سابقاً سبب تقویت توانایی تجسم و نمایش در مسائل مکانیک می‌شد،

به مقدار زیادی کاهش یافته و یا بکلی حذف شده است. ثالثاً، ارتقای سطح ریاضیات در درس مکانیک تمایلی به وجود آورده که اجازه می‌دهد مهارت در کاربرد علائم برداری، تجسم هندسی را در سایه بگیرد و یا جانشین آن شود. مکانیک مبحثی است که ذاتاً به استنباط فیزیکی و هندسی بستگی دارد، و باید به تلاش خود برای پرورش این استعداد بپردازیم.

یکی از مسئولیتهای ما مدرسان مکانیک، استفاده از ریاضیات متناسب با مسئله مورد بررسی است. کاربرد علائم برداری در مسائل یک‌بعدی معمولاً ناچیز است، در مسائل دوبعدی غالباً اختیاری است، اما در مسائل سه‌بعدی عموماً ضروری است. هنگام معرفی عملیات برداری در مسائل دوبعدی، تأکید بر مفهوم هندسی آنها اهمیت خاصی دارد. مفهوم هر معادله برداری با ترسیم چند ضلعی بردارها - که غالباً ساده‌ترین راه حل مسئله را آشکار می‌کند - روش‌تر می‌شود. البته مسائل بسیاری هم در مکانیک وجود دارند که پیچیدگی وابستگی متغیرها در آنها فراتر از توان عادی تجسم و استنباط فیزیکی است، و انکای به تحلیل در آنها ضرورت دارد. با وجود این، اگر استعداد درک و تجسم و نمایش دانشجویان خود را تا سرحد کمال پسرورانیم، بی‌شک در آینده مهندسين بهتری خواهند شد.

جدی‌ترین وظیفه ما مدرسان مکانیک هندسی، در قبال حرفه مهندسی، مشخص کردن معیارهایی معقول برای کارایی دانشجویان و وفاداری به آنهاست. علاوه بر این، مسئولیت بزرگی هم برای ترغیب دانشجویان به تفکر مستقل داریم. راهنماییهای بسیار زیاد و توأم با ذکر جزئیات، که دانشجویان قاعداً می‌بایست با دانستن مطالب پیش‌نیاز خود از عهده‌شان برآیند، ممکن است به جای پرورش استعداد و قوه ابتکار آنها، سبب اتکای بیشتر به دیگران شود. همچنین اگر مکانیک را به بخشهای کوچک متعدد با دستورالعملهای مفصل و تکراری تقسیم کنیم، ممکن است دانشجویان دچار این مشکل بشوند که در جنگل به جستجوی درخت* برآیند، و در نتیجه از درک یکپارچگی مکانیک و قابلیت کاربرد فراگیر چند اصل و روش بنیادی آن محروم شوند.

در نگارش ویرایش چهارم مجموعه مکانیک هندسی، همچون ویرایشهای قبلی آن، نکات فوق را در نظر داشته‌ایم. این مجموعه را اساساً برای ارائه اولین درسهای هندسی در مکانیک، که عموماً در سال دوم دانشگاه تدریس می‌شود، در نظر گرفته‌ایم. سبک نگارش این کتابها موجز و دوستانه است. تأکید اصلی ما بر اصول و روشهای بنیادی بوده است، نه بر انبوهی از حالات خاص. بسیار تلاش کرده‌ایم تا هم جامعیت ایده‌های اندک‌شمار بنیادی را نشان دهیم و هم تنوع بسیار زیاد مسائلی را که با این چند ایده می‌توان حل کرد. یکی از ویژگیهای مهم این کتاب این است که مثالها را به طرز مسووطی تشریح کرده‌ایم، و آنها را برای سهولت خودآموزی دانشجویان در صفحات مستقل و جداگانه‌ای آورده‌ایم. در هر مثال، علاوه بر اینکه راه حل را به تفصیل ارائه کرده‌ایم، تذکرات و راهنماییهایی نیز در حاشیه آورده‌ایم.*

کتاب دینامیک شامل ۱۱۴ مثال و ۱۴۸۲ مسئله است که از میان آنها می‌توان مجموعه‌های بسیار متنوعی را به عنوان تکلیف درسی برگزید. بیش از نیمی از مسائل ویرایش چهارم جدید هستند. در کل کتاب از واحدهای بین‌المللی استفاده کرده‌ایم.

یکی از ویژگیهای برجسته ویرایش چهارم کتاب، همانند ویرایشهای قبلی آن، شمار زیاد مسائل مهم و جالب توجهی است که در طراحی مهندسی کاربرد دارند. تقریباً همه مسائل در ارتباط با اصول و روشهای مربوط به طراحی و تحلیل سازه‌های مهندسی و سیستم‌های مکانیکی هستند، خواه مستقیماً ذکر از این موضوع کرده باشیم یا نه.

در ویرایش چهارم، مجموعه مسائل را به دو بخش با عناوین مسائل مقدماتی و مسائل نمونه تقسیم‌بندی کرده‌ایم. مسائل مقدماتی، مسائل ساده‌ای هستند که به منظور کسب اعتماد به نفس دانشجویان نسبت به مبحث جدید طرح شده‌اند، در حالی که اکثر مسائل نمونه نسبتاً مشکل و طولانی هستند. ترتیب کلی مسائل عموماً از آسان به مشکل است. در انتهای مسائل نمونه تمرینهای مشکلتسری وجود دارد که آنها را با علامت « $\blacktriangle$ » مشخص کرده‌ایم. مسائل کامپیوتری را در بخشی مستقل و در انتهای مسائل دوره‌ای آخر هر فصل آورده‌ایم. جواب مسائل فرد و همچنین جواب تمام مسائل مشکل را ارائه کرده‌ایم. در تمام مسائل از مقادیر عددی ساده استفاده کرده‌ایم تا سبب پیچیدگی حل آنها نشود و توجه را از اصول منحرف نکند. تمام حلهای عددی را با ماشین حساب انجام داده‌ایم و نتایج را بدون گرد کردن مقادیر بینایی کنترل کرده‌ایم. از اینرو، جوابهای ارائه شده در محدوده ارقام با معنی آنها درست هستند.

در اینجا ذکر نکته خاصی در مورد استفاده از کامپیوتر را بی‌مناسبت نمی‌دانیم. مایلیم تأکید کنیم که کسب تجربه در فرمولبندی مسائل، که عرصه رشد قوه استدلال و قدرت تشخیص است، برای دانشجویان از تمرین ماهرانه در حل آنها فوق‌العاده مهمتر است. به همین دلیل، اعتقاد داریم که کاربرد کامپیوتر را باید به دقت کنترل کرد. در حال حاضر، فرآیند ترسیم دیاگرام آزاد و فرمولبندی معادلات حاکم، بهتر از هر وسیله دیگری با قلم و کاغذ انجام می‌شود. از طرف دیگر، مواردی هم وجود دارد که حل معادلات را به‌توسط کامپیوتر می‌توان بهتر انجام و نمایش داد. مسائل کامپیوتری باید از این حیث که وضعیتی مربوط به طراحی یا وضعیتی با اهمیت خاص را مطرح می‌کنند اصالت داشته باشند، نه اینکه صرفاً به لحاظ تکلیف‌تراشی چند پارامتر را بی‌آنکه دلیل مشخصی غیر از اجبار به استفاده از کامپیوتر در آن وجود داشته باشد، تغییر داده باشند. به‌هنگام طرح مسائل کامپیوتری برای ویرایش چهارم، این ملاحظات را در نظر داشته‌ایم. برای آنکه دانشجویان برای فرمولبندی مسائل فرصت کافی داشته باشند، پیشنهاد می‌کنیم که تنها تعداد کمی از مسائل کامپیوتری به‌عنوان تکلیف مشخص شود.

با تقسیم کتاب به دو قسمت، تقسیم‌بندی منطقی میان دینامیک ذره و دینامیک جسم صلب را حفظ کرده‌ایم، و در هر قسمت ابتدا به سینماتیک و سپس به سینتیک پرداخته‌ایم. بدین ترتیب، با بهره‌مندی از معرفی جامع دینامیک ذرات در فصلهای ۲ و ۳، مطالعه کاملتر و سریعتر دینامیک اجسام صلب بسیار آسان می‌شود.

در فصل ۳ که به سینتیک ذرات اختصاص دارد، توجه خود را به سه روش اصلی: نیرو-جرم-شتاب، کار-انرژی، و ضربه-مومتم معطوف کرده‌ایم. مباحث خاص برخورد، حرکت در میدان نیروی مرکزی، و حرکت نسبی را در قسمت د این فصل تحت عنوان کاربردهای خاص ارائه کرده‌ایم که تدریس آن بنا به تمایل استادان و وقت موجود جنبه اختیاری دارد. با این ترتیب، توجه دانشجویان بیشتر به سه روش اصلی سینتیک که در قسمتهای الف و ب و ج ارائه شده‌اند، معطوف خواهد شد.

در فصل ۴ با عنوان سیستم ذرات، اصول حرکت ذره منفرد را تعمیم داده‌ایم و روابطی کلی را به‌دست آورده‌ایم که پایه درک نوین دینامیک محسوب می‌شوند. در این فصل همچنین

مباحث جریان دائمی جرم و جرم متغیر را نیز ارائه کرده‌ایم که بسته به وقت موجود می‌تواند به عنوان موضوع اختیاری در نظر گرفته شود.

در فصل ۵ در زمینه سینماتیک جسم صلب در حرکت صفحه‌ای که معادلات سرعت نسبی و شتاب نسبی مطرح می‌شوند، بر روشهای حل هندسه برداری و جبر برداری به یک اندازه تاکید کرده‌ایم تا مفهوم ریاضیات برداری تقویت شود.

فصل ۶ را به سینتیک جسم صلب اختصاص داده‌ایم و در آن بر معادلات اصلی حاکم بر انواع حرکات صفحه‌ای تاکید کرده‌ایم. تکیه زیادی روی مشخص کردن معلومات و مجهولات، و معادلات حرکت لازم و کافی برای حل مسئله کرده‌ایم. تأکید خاصی نیز بر هم‌ارزی مستقیم بین نیروها و کویل‌های واقعی وارد شده و نتایج $m\ddot{x}$ و $I\ddot{\alpha}$ آنها شده است. با این روش، ضمن تأکید بر چندمنظوره بودن اصل گشتاور، دانشجویان ترغیب می‌شوند که مستقیماً به اثرات دینامیکی بپردازند.

فصل ۷ که تدریس آن اختیاری است، در حکم مقدمه‌ای بنیادی بر دینامیک سه بعدی محسوب می‌شود و برای حل بسیاری از مسائل متداول حرکت سه بعدی کافی است. این فصل برای دانشجویانی که بعداً کارهای پیشرفته تری را در دینامیک دنبال خواهند کرد، شالوده مستحکمی خواهد بود. حرکت ژيروسکوپ با تقدیم پایا را به دو روش بررسی کرده‌ایم. در روش اول از تشابه میان رابطه بردارهای نیرو و مومنت خطی و رابطه بردارهای گشتاور و مومنت زاویه‌ای استفاده کرده‌ایم. با این روش، دانشجویان پدیده ژيروسکوپی و حرکت تقدیم پایا را درک می‌کنند و می‌توانند بسیاری از مسائل مهندسی مربوط به ژيروسکوپ را بدون ورود به جزئیات حرکت سه بعدی حل نمایند. در روش دوم از معادلات کلی تر مومنت برای دوران سه بعدی استفاده کرده‌ایم که در آن تمام مؤلفه‌های مومنت منظور می‌شوند.

فصل ۸ را به ارتعاشات اختصاص داده‌ایم. این فصل بویژه برای آن دسته از دانشجویان مهندسی که فقط در درس دینامیک فرصت مطالعه ارتعاشات را دارند، مفید است.

ممان اینرسی و حاصلضرب اینرسی جرمی را در پیوست ب ارائه کرده‌ایم. پیوست ج شامل چکیده‌ای از مباحث برگزیده ریاضیات مقدماتی است. چند روش عددی را نیز که دانشجویان باید آمادگی کاربردشان را در مسائل کامپیوتری داشته باشند، در این پیوست آورده‌ایم. جداول ثابتهای فیزیکی، مراکز هندسی، و ممان اینرسی‌ها را در پیوست د ارائه کرده‌ایم.*

گلن کریگ
بلاکسبورگ، ویرجینیا
ژانویه ۱۹۹۸

جیمز مریام
ساتاباویارا، کالیفرنیا
ژانویه ۱۹۹۸

* بخشهایی از این پیشگفتار که در مورد واحدهای انگلیسی، چاپ رنگی، و سپاسگزاری مؤلفان بوده است، در ترجمه حذف شده‌اند.

فهرست

۱ مبانی دینامیک	۱
۱-۱ تاریخچه دینامیک و کاربردهای نوین آن	۱
۲-۱ مفاهیم بنیادی	۲
۳-۱ قوانین حرکت نیوتون	۴
۴-۱ واحدها	۵
۵-۱ قانون گرانش یا جاذبه عمومی	۶
۶-۱ ابعاد	۹
۷-۱ فرمولبندی و حل مسائل دینامیک	۹
۲ سینماتیک ذرات	۱۷
۱-۲ مقدمه	۱۷
۲-۲ حرکت مستقیم الخط	۱۸
۳-۲ حرکت منحنی الخط در صفحه	۴۰
۴-۲ دستگاه مختصات متعامد $(x-y)$	۴۳
۵-۲ دستگاه مختصات عمودی-مماسی $(n-t)$	۵۶
۶-۲ دستگاه مختصات قطبی $(r-\theta)$	۶۹
۷-۲ حرکت منحنی الخط فضایی	۸۴
۸-۲ حرکت نسبی (محورهای انتقالی)	۹۳
۹-۲ حرکت مقید ذرات متصل بهم	۱۰۴
۱۰-۲ دوره مطالب و فرمولبندی مسائل	۱۱۱
۳ سینماتیک ذرات	۱۲۱
۱-۳ مقدمه	۱۲۱
قسمت الف- نیرو، جرم، شتاب	۱۲۱
۲-۳ قانون دوم نیوتون	۱۲۱
۳-۳ معادله حرکت و حل مسائل	۱۲۵
۴-۳ حرکت مستقیم الخط	۱۲۸

۱۴۳	۵-۳ حرکت منحنی الخط
۱۶۰	قسمت ب- کار و انرژی
۱۶۰	۶-۳ کار و انرژی جنبشی
۱۷۸	۷-۳ انرژی پتانسیل
۱۹۳	قسمت ج - ضربه و مومتم
۱۹۳	۸-۳ مقدمه
۱۹۳	۹-۳ ضربه خطی و مومتم خطی
۲۰۹	۱۰-۳ ضربه زاویه‌ای و مومتم زاویه‌ای
۲۲۰	قسمت د - کاربردهای خاص
۲۲۰	۱۱-۳ مقدمه
۲۲۰	۱۲-۳ برخورد
۲۳۲	۱۳-۳ حرکت در میدان نیروی مرکزی
۲۴۸	۱۴-۳ حرکت نسبی
۲۶۰	۱۵-۳ دوره مطالب و فرمولبندی مسائل
۲۷۵	۴ سینتیک سیستم ذرات
۲۷۵	۱-۴ مقدمه
۲۷۵	۲-۴ صورت تعمیم یافته قانون دوم نیوتون
۲۷۷	۳-۴ کار-انرژی
۲۸۴	۵-۴ بقای مومتم و بقای انرژی
۲۹۷	۶-۴ جریان دائمی جرم
۳۱۳	۷-۴ جرم متغیر
۳۲۹	۵ سینماتیک صفحه‌ای اجسام صلب
۳۲۹	۱-۵ مقدمه
۳۳۱	۲-۵ دوران
۳۴۲	۳-۵ حرکت مطلق
۳۵۵	۴-۵ سرعت نسبی
۳۷۱	۵-۵ مرکز آنی دوران
۳۸۱	۶-۵ شتاب نسبی
۳۹۴	۷-۵ حرکت نسبت به محورهای دوار
۴۱۲	۸-۵ مرور مطالب و فرمولبندی مسائل

۴۲۱	۶ سینتیک صفحه‌ای اجسام صلب
۴۲۱	۱-۶ مقدمه
۴۲۲	قسمت الف- نیرو، جرم، و شتاب
۴۲۲	۲-۶ معادلات کلی حرکت
۴۳۰	۳-۶ حرکت انتقالی
۴۴۲	۴-۶ دوران حول محور ثابت
۴۵۸	۵-۶ حرکت صفحه‌ای کلی
۴۷۶	قسمت ب- کار و انرژی
۴۷۶	۶-۶ روابط کار-انرژی
۴۹۶	۷-۶ تعیین شتاب با استفاده از معادله کار-انرژی؛ کار مجازی
۵۰۵	قسمت ج - ضربه و مومنتم
۵۰۵	۸-۶ معادلات ضربه-مومنتم
۵۲۵	۹-۶ دوره مطالب و فرمولبندی مسائل
۵۳۷	۷ مبانی دینامیک سه بعدی جسم صلب
۵۳۷	۱-۷ مقدمه
۵۳۷	قسمت الف - سینماتیک
۵۳۷	۲-۷ انتقال
۵۳۸	۳-۷ دوران حول محور ثابت
۵۳۹	۴-۷ حرکت در صفحات موازی
۵۳۹	۵-۷ دوران حول نقطه ثابت
۵۵۳	۶-۷ حرکت کلی
۵۶۸	قسمت ب- سینتیک
۵۶۸	۷-۷ مومنتم زاویه‌ای
۵۷۱	۸-۷ انرژی جنبشی
۵۷۹	۹-۷ معادلات مومنتم و انرژی
۵۸۱	۱۰-۷ حرکت در صفحات موازی
۵۸۹	۱۱-۷ حرکت زیروسکوپی: حرکت تقدیمی پایا
۶۱۱	۸ ارتعاشات و پاسخ زمانی
۶۱۱	۱-۸ مقدمه

۶۱۲.....	۲-۸ ارتعاش آزاد ذرات.....
۶۳۰.....	۳-۸ ارتعاش اجباری ذرات.....
۶۴۵.....	۴-۸ ارتعاش اجسام صلب.....
۶۵۷.....	۵-۸ روشهای انرژی.....
۶۶۶.....	۶-۸ مرور مطالب و فرمولبندی مسایل.....
۶۷۴.....	پیوست الف ممان اینرسی سطح.....
۶۷۵.....	پیوست ب ممان اینرسی جرم.....
۶۷۵.....	ب-۱ ممان اینرسی جرمی حول محور.....
۶۹۲.....	ب-۲ حاصلضریبهای اینرسی.....
۷۰۳.....	پیوست ج مباحث برگزیده از ریاضیات.....
۷۰۳.....	ج-۱ مقدمه.....
۷۰۳.....	ج-۲ هندسه مسطحه.....
۷۰۴.....	ج-۳ هندسه فضایی.....
۷۰۴.....	ج-۴ جبر.....
۷۰۵.....	ج-۵ هندسه تحلیلی.....
۷۰۵.....	ج-۶ مثلثات.....
۷۰۶.....	ج-۷ عملیات برداری.....
۷۰۹.....	ج-۸ سریها.....
۷۰۹.....	ج-۹ مشتقها.....
۷۱۰.....	ج-۱۰ انتگرالها.....
۷۱۲.....	ج-۱۱ روش نیوتون برای حل معادلات بفرنج.....
۷۱۹.....	پیوست د جداول.....
۷۱۹.....	جدول د-۱ خواص فیزیکی.....
۷۲۰.....	جدول د-۲ ثابتهای منظومه شمسی.....
۷۲۱.....	جدول د-۳ خواص شکل‌های مسطح.....
۷۲۳.....	جدول د-۴ خواص اجسام جامد ممکن.....
۷۲۷.....	پیوست ه. پاسخ مسائل زوج.....
۷۴۳.....	فهرست راهنما.....