

فردیناند پی. بی.یر، ای. راسل جانستون،
الیوت ار. آیزنبرگ، ویلیام ای. کلاوزن، جورج اچ. استاب

مکانیک برداری برای مهندسان - جلد ۱

ویراست هفتم

استاتیک

ترجمه دکتر ابراهیم واحدیان



نشر علوم دانشگاهی



نشر علوم دانشگاهی

مکانیک برداری برای مهندسان، جلد اول استاتیک (ویراست هفتم)

تألیف فردیناند پی. بی. بی. ای. راسل جانسون، الیوت آر. آیزنبرگ، ویلیام ای. کلاوزن، جورج ایچ. استاب

ترجمه دکتر ابراهیم واحدیان

ویراسته محمد حسن پور

حروفچینی و صفحه‌آرایی: واحد تولید نشر علوم دانشگاهی

حروف‌نگار: ندا جبار

نسخه‌پرداز: فریبا ارجمندی خالدی

اجرای تصاویر اسکنری: نوشین میرمسیب

اجرای جلد: محمدرضا میرایی

نشر علوم دانشگاهی، تهران

چاپ سیزدهم، پاییز ۱۳۸۸

۹۰۰۰ نسخه

لیتوگرافی، نجسم و تصویر

چاپ و صحافی، دفتر نشر فرهنگ اسلامی

۹۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۶۴-۶۱۸۶-۷۵-۰ ISBN 964-6186-75-0

حقوق چاپ برای نشر علوم دانشگاهی محفوظ است

فهرست‌نویسی پیش از انتشار

Beer, Ferdinand Pierre

بی. پی. فردیناند پی. بی. بی. بی. ۱۹۱۵ - م.

مکانیک برداری برای مهندسان / فردیناند پی. بی. بی. بی. [و دیگران]: ترجمه ابراهیم واحدیان.

— تهران: نشر علوم دانشگاهی، ۱۳۸۵

۲ ج، مصور، نمودار.

ISBN 964-6186-75-0 : (ج. ۱) : ۹۰۰۰۰ ریال

فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیبا.

Vector mechanics for engineers (Vol. 1: Statics) عنوان اصلی:

7th ed., 2004.

کتاب حاضر اول بار تحت عنوان دوه مکانیک ترجمه و منتشر شده است.

مترجمان: ج. ۱. مکانیک. — ج. ۲. دینامیک.

۱. مکانیک عملی. ۲. بردارها. ۳. استاتیک. ۴. دینامیک. الف. بی. بی. فردیناند پی. بی. بی. ۱۹۱۵ —

م. Beer, Ferdinand pierre. ب. واحدیان، ابراهیم، ۱۳۰۴ — مترجم. ج. عنوان: دوره

مکانیک.

۶۲۰/۱۰۵

۹۵۹ / ۲۸۵۰ TA

۱۳۸۵

۸۲-۳۳۵۷۸ م

کتابخانه ملی ایران

تهران: خیابان انقلاب، خیابان روانمهر، بین فخررازی و دانشگاه، پلاک ۷۵

کدپستی: ۱۳۱۴۸، صندوق پستی ۳۱۴۵/۳۴۶ تلفن ۶۶۴۱۳۴۴۶ و ۶۶۴۶۶۸۲۵ نمابر ۶۶۴۱۹۶۰۸

فهرست

۲۹	نیرو بایزرگی اش و دو نقطه واقع بر روی خط اثرش تعریف می شود	هفت	سخن ناشر
۳۰	جمع بستن نیروهای همسر در فضا	نه	پیشگفتار مترجم
۳۴	تبادل ذره در فضا	یازده	پیشگفتار
		پانزده	درباره مؤلفان
فصل ۳. اجسام صلب: سیستم نیروهای معادل			
۲۵	۱-۳ مقدمه		فصل ۱. مقدمه
۲۶	۲-۳ نیروهای خارجی و نیروهای داخلی	۱	۱-۱ مکانیک چیست؟
۲۶	۳-۳ اصل قابلیت انتقال. نیروهای معادل	۱	۲-۱ مفاهیم و اصول بنیادی
۲۷	۴-۳ ضرب برداری دو بردار	۳	۳-۱ سیستمهای یکاها
۲۸	۵-۳ حاصلضرب برداری بر حسب مؤلفه های قائم	۶	۴-۱ تبدیل یک سیستم از یکاها به سیستم دیگر
۲۹	۶-۳ گشتاور یک نیرو حول یک نقطه	۶	۵-۱ روش حل مسئله
۵۰	۷-۳ قضیه وارینون	۷	۶-۱ دقت عددی
۵۰	۸-۳ مؤلفه های قائم گشتاور یک نیرو		فصل ۲. استاتیک ذره ها
۵۷	۹-۳ ضرب اسکالر دو بردار		۱-۲ مقدمه
۵۹	۱۰-۳ ضرب سه گانه مختلط سه بردار	۸	نیروهای واقع در صفحه
۶۰	۱۱-۳ گشتاور یک نیرو حول یک محور معین		۲-۲ نیروی وارد بر یک ذره. برابند دو نیرو
۶۵	۱۲-۳ گشتاور کوپل	۹	۳-۲ بردارها
۶۶	۱۳-۳ کوپلهای معادل	۱۰	۴-۲ جمع بردارها
۶۸	۱۴-۳ جمع بستن کوپلها	۱۱	۵-۲ برابند چند نیروی همسر
۶۸	۱۵-۳ کوپلها را می شود با بردار نمایش داد	۱۱	۶-۲ تجزیه یک نیرو به مؤلفه های آن
۶۸	۱۶-۳ تجزیه یک نیروی معین به یک نیرو در نقطه O و یک کوپل	۱۵	۷-۲ مؤلفه های قائم یک نیرو. بردارهای یکه
۷۵	۱۷-۳ تبدیل سیستم نیروها به یک نیرو و یک کوپل	۱۷	۸-۲ جمع نیروها از طریق جمع بستن مؤلفه های x و y آنها
۷۶	۱۸-۳ سیستم نیروهای معادل	۲۱	۹-۲ تعادل یک ذره
۷۶	۱۹-۳ سیستم بردارهای هم سنگ	۲۱	۱۰-۲ قانون اول نیوتون درباره حرکت
۷۶	۲۰-۳ بیشتر خلاصه کردن یک سیستم از نیروها	۲۱	۱۱-۲ مسئله های مربوط به تعادل یک ذره. نمودارهای جسم آزاد
	۲۱-۳ خلاصه کردن سیستم نیروها به یک رنج		نیروها در فضا
فصل ۴. تعادل اجسام صلب			
۹۶	۱-۴ مقدمه		۱۲-۲ مؤلفه های قائم یک نیرو در فضا
۹۶	۲-۴ نمودار جسم آزاد	۲۷	

تیرها		تبادل در دوبعد	
۲۱۳	۳-۷ انواع مختلف بارگذاری و تکیه گاه	۹۷	۳-۴ عکس‌العملها در تکیه گاهها و اتصالهای سازه‌های دوبعدی
۲۱۴	۴-۷ برش و گشتاور خمشی در تیر	۹۸	۴-۴ تبادل یک جسم صلب در دو بعد
۲۱۵	۵-۷ نمودارهای برش و گشتاور خمشی	۹۹	۵-۴ عکس‌العملهای از لحاظ استاتیکی نامعین. قیدهای ناقص
۲۲۰	۶-۷ روابط میان بار، برش، و گشتاور خمشی	۱۱۰	۶-۴ تبادل جسم دونیروی
	کابلها	۱۱۱	۷-۴ تبادل جسم سه‌نیروی
۲۲۶	۷-۷ کابل‌های حامل بارهای متمرکز		تبادل در سه بعد
۲۲۷	۸-۷ کابل‌های با بارهای گسترده	۱۱۵	۸-۴ تبادل جسم صلب در سه بعد
۲۲۷	۹-۷ کابل یا منحنی سهمی	۱۱۶	۹-۴ عکس‌العملها در تکیه گاهها و اتصالها در مورد سازه‌های سه‌بعدی
۲۳۳	۱۰-۷ کابل یا منحنی زنجیری		
فصل ۵. نیروهای گسترده: مرکزهای هندسی و مرکزهای گرانی			
	فصل ۸. اصطکاک	۱۳۲	۱-۵ مقدمه
۲۴۲	۱-۸ مقدمه	۱۳۲	۲-۵ مرکز گرانی جسم دوبعدی
۲۴۲	۲-۸ قوانین اصطکاک خشک. ضرایب اصطکاک	۱۳۳	۳-۵ مرکزهای هندسی سطوح و خطوط
۲۴۴	۳-۸ زاویه‌های اصطکاک	۱۳۴	۴-۵ گشتاورهای اول سطوح و خطوط
۲۴۴	۴-۸ مسئله‌های مربوط به اصطکاک خشک	۱۳۵	۵-۵ ورقها و سیمهای مرکب
۲۵۳	۵-۸ گروه‌ها	۱۴۱	۶-۵ تعیین مرکزهای هندسی به روش انتگرال‌گیری
۲۵۳	۶-۸ پیچهای دنده چهار گوش	۱۴۲	۷-۵ قضیه‌های پاپوس-گلدینوس
۲۵۹	۷-۸ یاتاقانهای بوشی. اصطکاک محوری	۱۴۸	۸-۵ بارهای گسترده روی تیرها
۲۶۰	۸-۸ یاتاقانهای کف‌گرد، اصطکاک دیسکی	۱۴۹	۹-۵ نیروهای وارد بر سطوح غوطه‌ور
۲۶۰	۹-۸ اصطکاک چرخ. مقاومت غلشی	۱۵۵	۱۰-۵ مرکز گرانی جسم سه‌بعدی - مرکز هندسی حجم
۲۶۴	۱۰-۸ اصطکاک تسمه	۱۵۶	۱۱-۵ جسمهای مرکب
		۱۵۶	۱۲-۵ تعیین مرکز هندسی حجم به روش انتگرال‌گیری
فصل ۹. نیروهای گسترده: گشتاورهای لختی			
۲۷۴	۱-۹ مقدمه		فصل ۶. تحلیل سازه‌ها
	گشتاورهای لختی سطوح	۱۶۹	۱-۶ مقدمه
۲۷۵	۲-۹ گشتاور دوم، یا گشتاور لختی، یک سطح	۱۷۰	۲-۶ تعریف خرابی
۲۷۵	۳-۹ تعیین گشتاور لختی یک سطح به روش انتگرال‌گیری	۱۷۱	۳-۶ خراباهای ساده
۲۷۶	۴-۹ گشتاور لختی قطبی	۱۷۲	۴-۶ تحلیل خراباها به روش مفصلها
۲۷۶	۵-۹ شعاع چرخش یک سطح	۱۷۳	۵-۶ مفصلهای تحت شرایط بارگذاری خاص
۲۸۰	۶-۹ قضیه محورها موازی	۱۷۴	۶-۶ خراباهای فضایی
۲۸۱	۷-۹ گشتاورهای لختی سطوح مرکب	۱۸۰	۷-۶ تحلیل خراباها به روش مقاطع
۲۸۹	۸-۹ حاصلضرب لختی	۱۸۰	۸-۶ خراباهای ساخته شده از چند خرابای ساده
۲۹۰	۹-۹ محورها اصلی و گشتاورهای لختی اصلی	۱۸۶	۹-۶ سازه‌های دارای عضوهای چندنیروی
۲۹۴	۱۰-۹ دایره مور برای تعیین گشتاورها و حاصلضربهای لختی	۱۸۷	۱۰-۶ تحلیل یک قاب
	گشتاورهای لختی جرمها		۱۱-۶ قابهایی که در صورت جدا شدن از تکیه گاه‌هایشان دیگر صلب نیستند
۲۹۸	۱۱-۹ گشتاور لختی یک جرم	۱۸۷	۱۲-۶ ماشینها
۲۹۹	۱۲-۹ قضیه محورها موازی	۱۹۶	
۲۹۹	۱۳-۹ گشتاورهای لختی ورقهای نازک		فصل ۷. نیروها در تیرها و کابلها
۳۰۰	۱۴-۹ تعیین گشتاور لختی جسم سه‌بعدی با انتگرال‌گیری	۲۰۸	۱-۷ مقدمه
۳۰۰	۱۵-۹ گشتاورهای لختی اجسام مرکب	۲۰۸	۲-۷ نیروهای داخلی در اعضا

۳۲۹	۵-۱۰ ماشینهای واقعی. بازده مکانیکی	۱۶-۹ گشتاور لختی جسم نسبت به محور دلخواهی که از O می‌گذرد.
۳۳۷	۶-۱۰ کار یک نیرو در حین یک جابه‌جایی محدود	۳۱۰ حاصلضرب لختی جرم
۳۳۸	۷-۱۰ انرژی پتانسیل	۳۱۱ بیضوی لختی. محورهای اصلی لختی
۳۳۸	۸-۱۰ انرژی پتانسیل و حالت تعادل	۱۷-۹ تعیین محورهای اصلی و گشتاورهای اصلی یک جسم
۳۳۹	۹-۱۰ پایداری تعادل	۳۱۲ باشکل دلخواه

فصل ۱۰. روش کار مجازی

۳۴۹	پاسخ برخی از مسائل	۳۲۵	۱-۱۰ مقدمه
۳۶۵	واژه‌نامه فارسی - انگلیسی	۳۲۵	۲-۱۰ کار یک نیرو
۳۶۷	واژه‌نامه انگلیسی - فارسی	۳۲۷	۳-۱۰ اصل کار مجازی
۳۶۹	نمایه	۳۲۷	۴-۱۰ کاربردهای اصل کار مجازی

سخن ناشر

به نام آنکه جان را فکرت آموخت

نشر علوم دانشگاهی مؤسسه‌ای است که از سال ۱۳۶۵ با هدف ارائه کتابهای درسی مناسب برای دانشجویان آغاز به کار کرد و در این راه کوشید با استفاده از تجربیات مؤسساتی که قبلاً در این راه گام برداشته بودند، از آسیب‌پذیری رایج در عرصه کتابهای دانشگاهی بکاهد. خوشبختانه این تلاش با حسن نظر استادان و دانشجویان روبه‌رو شد. استقبال وسیع از کتابهای این مؤسسه، صرف‌نظر از دلگرم‌کردن ما، مسئولیت ما را در ارائه خدمات بهتر افزون ساخت. هدفهایی که مؤسسه ما پیش روی خود قرار داده عبارت‌اند از:

۱. کیفیت علمی بالاتر از طریق تعمق بیشتر در حیطه‌های ترجمه، تألیف و ویرایش؛
۲. ارائه کتاب با خصوصیات ظاهری بهتر برای ماندگاری کتاب و استفاده بهینه از آن؛
۳. تا حد امکان ارزان ارائه کردن کتاب به نحوی که خرید آن برای دانشجویان آسانتر باشد؛
۴. روز آمد کردن کتابهای مؤسسه از طریق انطباق ترجمه‌های موجود با آخرین ویراست متن اصلی؛
۵. تأمین نیاز دانشجویان به صورت پیوسته به نحوی که کتابهای ما به بازار سیاه راه پیدا نکند.

حیطه‌های کار نشر علوم دانشگاهی عبارت‌اند از علوم پایه، فنی و مهندسی. از استادان، مؤلفان و مترجمان این حوزه‌ها می‌خواهیم با ارائه نقد و نظر درباره کتابهای این مؤسسه و پیشنهادهای ترجمه و تألیف، ما را یاری دهند.

پیشگفتار مترجم

خارج از اندیشه و ذهن مجرد علمی بشری، همواره تجسمی عینی که زائیده آن اندیشه علمی است به صورت صنعت و هنر خودنمایی می‌کند و نتیجه اخیر است که مآلاً به پیشبرد شایسته و مناسب مقاصد غائی بشری در تعالی وی کمک می‌کند. با توجه به مسائل فوق و تجاربی که در سالهای متعددی تدریس کسب کرده بودم، لزوم وجود کتب علمی و فنی را کاملاً حس کرده، تا همزمان با بالا بردن سطح معلومات نظری دانشجویان کشورم، برای آنها ارائه دهنده طریقی باشم که بتوانند به کمک آن، آموخته‌های خود را، خارج از ذهن خویش تجسم عینی بخشند و سهمی در علوم و اکتشافات عصر خود ایفا کنند.

اثر ترجمه شده این ویراست از استاتیک نتیجه زحمات چندین ساله مؤلفان آن، فردیناند پی. بی.یر (از دانشگاه لی‌های) و ای. واسل جانستون (از دانشگاه کانکتیکوت) است. در این ویراست علاوه بر مؤلفان پیشین، الیوت ار. آیزنبرگ (از دانشگاه کورنل)، ویلیام ای. کلاوژن (از دانشگاه لی‌های) و جورج اچ. استاب (از دانشگاه پوردو) نیز همکاری کرده‌اند. همین امر باعث شده است که ارزشهای علمی آن به نحو مطلوبی بالا برود. بدیهی است که این مسئله در تدریس اساتید گرامی و فراگیری و درک دانشجویان عزیز تأثیر بسزایی دارد.

حدود ۳۰ سال است که از اولین ترجمه این کتاب می‌گذرد. خوشبختانه در تمام ویراستها با استقبال فراوان اساتید محترم و دانشجویان گرامی روبه‌رو شده‌ایم. به همین دلیل براساس نظریات همین عزیزان ترجمه ویراست هفتم کتاب را که برحسب هر دو یکاهای SI و U.S. بیان شده است، انتخاب کرده‌ایم. به‌طور تقریبی نیمی از مسائل و تمرینات برحسب SI و نیمی دیگر برحسب U.S. هستند.

● در هر فصل برای فهم کلی هر درس و شیوه حل مسئله‌های تکلیفی دانشجویان، مسئله‌های نمونه زیادی نیز برای آمادگی بیشتر و درک بهتر دانشجویان مطرح و حل شده است.

● در ابتدای هر فصل، عنوانهای اصلی آن فصل آورده شده است که نقطه نظرات کلی آن فصل در یک نگاه مشهود است.

● در پایان هر فصل خلاصه و بازنگری آن فصل مجدداً آورده شده است. نتیجتاً در تفهیم مطالب تأثیر بسزایی دارد.

● پس از اتمام هر فصل و پیش از شروع تمرینات و مسائل آن فصل، بخشی با عنوان چگونه مسئله حل کنیم آمده است که با مطالعه آن حل مسائل و تمرینات آسانتر خواهد شد.

۵. پاسخ نزدیک به ۷۰٪ از مسئله‌ها در انتهای کتاب آورده شده است. دانشجویان پس از حل مسائل، با مراجعه به پاسخها به صحت و سقم حل آنها پی خواهند برد.

ویراستاری کتاب را آقای محمد حسن پور با دقتی مناسب به عهده گرفتند که از زحمات ایشان قدردانی می‌شود. نسخه‌پردازی و امور فنی و هنری کتاب به عهده واحد تولید نشر علوم دانشگاهی بوده است. در اینجا لازم می‌دانم از زحمات بی‌وقفه کارکنان این واحد تشکر کنم. همچنین از دقت فراوان مدیر محترم «نشر علوم دانشگاهی» که در چاپ و عرضه شایسته این کتاب سعی بلیغ مبذول داشته‌اند سپاسگزاری می‌کنم.

با تمام کوششی که برای ارائه بدون غلط این اثر به عمل آمده است، کتاب خالی از اشکال نیست. از همکاران دانشمند و دانشجویان ارجمند مستدعی است همچون گذشته، نظرات و پیشنهادهای اصلاحی خود را از طریق ناشر محترم متذکر شوند. بدیهی است که نظرات اصلاحی آنان در چاپهای بعدی منعکس خواهد شد. پیشاپیش از همکاری صمیمانه‌ای که ابراز می‌دارید، سپاسگزارم.

پیشگفتار

اهداف

هدف اولین درس در مبحث مکانیک باید این باشد که دانشجویان مهندسی پس از گذران آن قادر باشند با روشی آسان و منطقی به تجزیه و تحلیل مسئله‌ها بپردازند و با استفاده از اصول اساسی کاملاً درک شده، جواب آنها را به دست آورند. امید است که این کتاب که برای نخستین درس استاتیک و همچنین جلد دوم آن برای دینامیک تدوین شده است و برای دانشجویان سال دوم و سوم عرضه می‌شود، به مدرسان کمک کند تا به این امر مهم نایل شوند.^۱

رهیافت کلی

آنالیز برداری را که در سرتاسر استاتیک و دینامیک به کار می‌آید در ابتدای کتاب آورده‌ایم. با این رهیافت می‌توان به اصول اولیه مکانیک دست یافت. همچنین نتایج آن در حل مسئله‌های ساده‌تر بعدی در استاتیک به کار می‌آید و امکان این را می‌دهد که مسئله‌های سینماتیک و سینتیک را که نمی‌توان با روش اسکالر حل کرد، قابل حل باشد. با این وجود تأکید این درس بیشتر در یادگیری صحیح اصول مکانیک و کاربرد آن در حل مسئله‌های مهندسی است، و آنالیز برداری را عمدتاً به عنوان ابزاری مناسب ارائه کرده‌ایم.^۲

کاربردهای عملی پیش از همه معرفی شده است. یکی از ویژگیهای رهیافت و کتاب استاتیک و دینامیک این است که مکانیک ذرات از مکانیک اجسام صلب به طور واضح تفکیک شده است. با این رهیافت می‌توانیم کاربردهای عملی ساده را در مرحله‌های مقدماتی در نظر بگیریم و مفاهیم مشکلتر را به تعویق بیندازیم. به عنوان مثال:

● در استاتیک، استاتیک ذرات در ابتدا آمده است، نخست (فصل ۲). پس از معرفی قواعد جمع و تفریق بردارها، اصل تعادل ذره را بلافاصله در مورد وضعیتهای عملی که صرفاً شامل نیروهای هم‌رس است به کار برده‌ایم. استاتیک اجسام صلب را در فصلهای ۳ و ۴ در نظر گرفته‌ایم. در فصل ۳ حاصلضرب برداری و اسکالر (عددی) در بردار را معرفی کرده‌ایم و از آنها برای تعریف ششاور یک نیرو حول یک نقطه و یک محور استفاده کرده‌ایم. بعد از معرفی این مفاهیم جدید بحث کامل و جامعی درباره سیستم نیروهای معادل داریم که در فصل ۴ این بحث به کاربردهای عملی زیادی شامل تعادل اجسام صلب تحت سیستم نیروهای عام کشانده شده است.

● در دینامیک (جلد دوم) نیز همانند استاتیک تقسیم‌بندی یکسانی را مشاهده خواهید کرد. مفاهیم اساسی نیرو، جرم، و شتاب؛ و همچنین مفاهیم کار و انرژی و تکانه و اندازه حرکت را معرفی کرده‌ایم و آنها را ابتدا در مورد مسائل تنها مربوط به ذره به کار گرفته‌ایم. بنابراین دانشجویان می‌توانند با سه روش اساسی به کار رفته در دینامیک آشنا شوند و پیش از آنکه با مشکلات مربوط به حرکت اجسام صلب روبه‌رو شوند، به مزیت‌های هریک از آنها پی ببرند.

مفاهیم جدید با جمله‌های ساده و روان عرضه شده است. از آنجا که این کتاب برای اولین دوره درس استاتیک طراحی شده است، مفاهیم جدید را با عبارتهای ساده بیان کرده‌ایم و هر مرحله را به تفصیل شرح داده‌ایم. از طرف دیگر، با پرداختن به جنبه‌های جامع‌تر مسائل مورد نظر، رهیافت کتاب را جامع‌تر و کاملتر کرده‌ایم. به عنوان مثال: مفاهیم قیدهای ناقص و نامعین استاتیکی را در ابتدای کتاب ارائه کرده‌ایم و سپس آنها را در سرتاسر کتاب به کار برده‌ایم.

اصول اساسی در تلفیق کاربردهای ساده. بر این واقعیت که مکانیک اصولاً یک علم قیاسی مبتنی بر چند اصل بنیادی است، تأکید داریم. نتیجه‌گیریها را به ترتیب منطقی آنها آورده‌ایم. اما، از آنجا که فرایند یادگیری تا حدود زیادی استقرار یافته است ابتدا به کاربردهای ساده پرداخته‌ایم. به عنوان مثال:

● استاتیک ذرات را پیش از استاتیک اجسام صلب، و مسئله‌های شامل نیروهای داخلی را تا فصل ۶ عنوان نکرده‌ایم.

● در فصل ۴، ابتدا مسئله‌های تعادل را تنها برای نیروهای هم‌صفحه در نظر گرفته‌ایم و آنها را با روشهای جبر معمولی حل کرده‌ایم، در صورتی که مسئله‌های مربوط به نیروهای سه بعدی را، که برای حل آنها باید به طور کامل از جبر برداری استفاده کرد، به بخش دوم فصل موکول کرده‌ایم.

۱. این کتاب می‌تواند به طور جداگانه در دو مجلد تحت عنوان مکانیک برداری برای مهندسان: جلد اول استاتیک و جلد دوم دینامیک ارائه شود.
۲. در کتابی به موازات این کتاب، مکانیک برای مهندسان، ویراست چهارم، کاربرد جبر برداری به جمع و تفریق بردارها محدود می‌شود و مشتق‌گیری بردارها حذف شده است.

استفاده از نمودارهای جسم آزاد برای حل مسئله‌های تعادل و بیان هم‌ارزی سیستم‌های نیرو. نمودارهای جسم آزاد را قبلاً معرفی کردیم. و بر اهمیت آنها در سرتاسر کتاب تأکید داشته‌ایم. از آنها نه فقط برای حل مسئله‌های تعادل، بلکه برای بیان هم‌ارزی دو سیستم از نیرو یا به‌طور کلی، دو سیستم از بردارها هم استفاده کرده‌ایم. مزیت این رهیافت بخصوص به منزلهٔ مقدمه‌ای برای مطالعهٔ دینامیک اجسام صلب مشهود است. یادگیری آنها در حل مسئله‌های سه‌بعدی و دوبعدی به کار می‌آید. چنانکه در کتاب دینامیک نشان خواهیم داد، با تأکید بر معادله‌های نمودار جسم آزاد به جای تأکید بر معادله‌های جبری استاندارد حرکت می‌توان درک شهودی و کاملی از اصول بنیادی دینامیک به دست آورد. این رهیافت که ابتدا در سال ۱۹۶۲ در ویراست اول مکانیک بزرگاری برای مهندسان تعریف شده بود اینک در بین استادان این درس توسعهٔ زیادی یافته و مورد قبول آنها واقع شده است. بنابراین در مقدمه برای روش تعادل دینامیکی و معادلات حرکت در حل تمامی مسئله‌های نمونه در این کتاب نیز به کار برده شده است.

دقت در موازنهٔ بین یکاهای SI و یکاهای معمول U.S. به علت تمایل جاری در دولت آمریکا و صنعت برای تطابق سیستم بین‌المللی یکاها (یکاهای متریک SI)، یکاهای SI رایج در مکانیک را در فصل ۱ معرفی کرده‌ایم و آنها را در سرتاسر کتاب به کار برده‌ایم. به‌طور تقریبی نیمی از مسئله‌های نمونه و ۶۰ درصد مسئله‌های کار در منزل با این یکاها بیان شده است، در حالی که بقیهٔ مسئله‌ها با یکاهای معمول U.S. بیان شده است. مؤلفان بر این باورند که این رهیافت خدمت بزرگی در نیاز دانشجویان و مهندسان که می‌بایست با هر دو سیستم یکاها آشنا باشند خواهد بود.

همچنین دانشجویان می‌بایست تشخیص بدهند که استفاده از هر دو یکای SI و U.S. معمول بیشتر متضمن استفاده از ضرایب تبدیل آنهاست. سیستم یکاهای SI یک سیستم مطلق براساس یکاهای زمان، طول، و جرم است. در حالی که سیستم معمول U.S. یک سیستم گرانشی است که براساس یکاهای زمان، طول، و نیرو استوار است. برای مثال، وقتی یکاهای SI به کار می‌رود، یک جسم به‌طور کلی با جرم آن بر حسب کیلوگرم مشخص می‌شود. در بیشتر مسئله‌های استاتیک تعیین وزن جسم بر حسب نیوتون ضروری است و بنابراین یک محاسبهٔ اضافی برای این منظور لازم است. از طرف دیگر وقتی از یکاهای معمول U.S. استفاده می‌شود، باید وزن جسم بر حسب پوند باشد و در مسئله‌های دینامیک، یک محاسبهٔ اضافی نیز برای تعیین جرم جسم بر حسب اسلاگ (یا $\text{lb}\cdot\text{s}^2/\text{ft}$) ضروری است. بنابراین، مؤلفان بر این باورند که مشخصات فنی مسئله باید هر دو سیستم یکاها را دارا باشند.

در کتب راهنما و حل المسائل شش لیست مختلف از مشخصات فنی تنظیم شده است به‌طوری که تعدادی از مسئله‌هایی با یکاهای SI و همچنین یکاهای متداول U.S. را می‌توان انتخاب کرد. اگر این چنین مورد نظر بود، دو لیست کامل از مسئله‌های فنی را می‌توان با بیش از ۷۵ درصد از مسئله‌هایی که با یکاهای SI بیان شده‌اند به دست آورد.

عنوانهای خاص یا پیشرفته در بخشهای انتخابی. تعداد زیادی بخشهای اختیاری گنجانده‌ایم. این بخشها با علامت ستاره مشخص شده‌اند و می‌توان آنها را به راحتی از بخشهایی که هستهٔ درس مکانیک مقدماتی را تشکیل می‌دهند، تشخیص داد. این بخشها را می‌توان رد کرد بی آنکه آسیبی به درک بقیهٔ مطالب کتاب وارد کند.

مطالب گنجانده شده در این بخشها شامل تقلیل یک سیستم از نیروها به رنج، کاربردهای هیدروستاتیکی، نمودارهای برش و گشتاور خمشی برای تیرها، تعادل کابلها، حاصلضرب لختی و دایرهٔ مور، حاصلضرب لختی جرمی و محورهای اصلی لختی در اجسام سه‌بعدی، و روش کار مجازی است. یک بخش اختیاری هم به تعیین محورهای اصلی و گشتاورهای لختی یک جسم با شکل دلخواه اختصاص داده‌ایم (بخش ۱۸.۹). بخشهای مربوط به تیرها به‌ویژه وقتی مفید واقع می‌شوند که دانشجو بلافاصله پس از درس استاتیک درس مقاومت مصالح را بگیرد، در حالی که بخشهای مربوط به خواص لختی اجسام سه‌بعدی را برای دانشجویانی در نظر گرفته‌ایم که پس از درس دینامیک حرکت اجسام صلب سه‌بعدی را مطالعه خواهند کرد.

موضوعهایی در بخشهای اختیاری در درس دینامیک شامل روشهای ترسیمی برای حل مسئله‌های حرکت مستقیم‌الخط، مسیر یک ذره تحت نیروی مرکزی، انحراف جریان سیال، مسئله‌هایی شامل جت و موشک رانش به جلو، سینماتیک و سینتیک اجسام صلب سه‌بعدی، ارتعاشات مکانیکی میرا و تشابه مدارهای الکتریکی وجود دارند. این موضوعها را به‌ویژه وقتی دینامیک در تفکر دانشجویان سالهای اول باشد، به خوبی درک خواهند کرد.

مطالب ریاضیات ارائه شده در این کتاب و در بیشتر مسئله‌ها بیش از جبر، مثلثات، و حساب دیفرانسیل و انتگرال مقدماتی نیست، و تمامی موارد جبر برداری لازم برای درک این کتاب در فصلهای ۲ و ۳ آمده است. به‌طور کلی تأکید ما بیشتر بر درک مفاهیم ریاضیاتی پایه بوده است تا بر سرعت و مهارت در به کارگیری فرمولهای ریاضی. در این ارتباط باید متذکر شویم که تعیین مرکز هندسی سطوح مرکب پیش از محاسبهٔ مرکز هندسی به روش انتگرال‌گیری آمده است، بنابراین می‌توان پیش از معرفی کاربرد انتگرال، مفهوم گشتاور سطح را به خوبی جاانداخت.

قسمتهای جدید این ویراست. در ویراست هفتم، ضمن حفظ ساختار ویراستهای پیش، ویژگیهای زیر را اضافه کردیم:

- ۹۰ درصد از مسئله‌های تکلیف، منزل در ویراست هفتم تازه و یا دوباره تجدیدنظر شده است. تأکیدمان بر این بوده است تا در مسئله‌های جدید تحرک و رغبت را در دانشجویان امروزی فراهم کنیم.

- مسئله‌های کامپیوتری دوباره تجدیدنظر شده است تا با نرم‌افزارهای کامپیوتری متداول همخوانی داشته باشد. تعدادی مسئله نیز اضافه شده است. در مسئله‌های کامپیوتری، تعداد زیادی مسئله که برای فرایند طراحی مناسب است در انتهای هر فصل جمع‌آوری شده است. این مسئله‌ها برخلاف ویراست پیش که اصولاً برنامه‌نویسی بوده است، براساس عملیات نمادین و ترسیمی طراحی شده است.

- تعدادی عکس در هر فصل برای کمک بیشتر به دانشجویان در مفاهیم مهم اضافه شده است.

- رنوس مطالب هر فصل به ابتدای هر فصل اضافه شده است. اینها خطوط کلی و اصلی هر فصل را مشخص می‌کنند.

سازماندهی فصلها و تعلیمهای آموزشی

معرفی فصلها. هر فصل با یک مقدمهٔ مختصر به منظور شناسایی اهداف آن فصل و شرح سادهٔ موضوع آن فصل شروع می‌شود، به نحوی که مطالب با بیانی ساده بتواند در حل مسائل مهندسی راهگشا باشد. در ابتدای هر فصل رنوس مطالب به نحوی تدوین شده است که خطوط کلی و اصلی آن فصل را بیان می‌کند.

موضوعات. متن اصلی کتاب را به قسمتهای مختلف تقسیم کرده‌ایم که هر یک شامل یک یا چند بخش نظری، یک یا چند مسئله نمونه، و تعداد زیادی مسئله است. هر قسمت را به یک موضوع معین اختصاص داده‌ایم که قاعدتاً می‌توان آن را در یک جلسه تدریس کرد. اما در مواردی ممکن است مدرس تشخیص دهد که بیش از یک جلسه نیاز است.

مسئله‌های نمونه. مسئله‌های نمونه با همان ترتیب مسئله‌های تکلیف منزل تنظیم شده‌اند و دانشجوی با مطالعه آنها، ضمن درک بهتر مطالب درسی، به ترتیب مسائل تکلیف منزل نیز پی می‌برد. بنابراین مسئله‌های نمونه دو هدف دارد: ابتدا تقویت متن درس و سپس نشان دادن شیوه منظم و مرتبی که باید در حل مسئله‌ها به کار آید.

چگونه مسئله حل کنیم. بین مسئله‌های نمونه و مجموعه مسائل، بخشی با عنوان چگونه مسئله حل کنیم آمده است. مقصود از این بخش این است که به دانشجوی کمک شود تا مطالب درس مربوط و روشهای حل مسائل نمونه را در ذهن خود سازمانده می‌کند و نتیجتاً بهتر آنها را حل کند. در این بخشها پیشنهادها و راهکارهای واضح و روشنی وجود دارد که می‌تواند راههای جامعتری برای حل مسائل نشان دهد.

مجموعه مسئله‌های تکلیف منزل. بیشتر مسئله‌ها ماهیت عملی دارند و مورد علاقه دانشجویان رشته مهندسی است. البته هدف اصلی ما از آوردن این مسئله‌ها نشان دادن مطالب درسی و کمک به دانشجو برای درک اصول مقدماتی مکانیک است. این مسئله‌ها بر حسب مطالب درس و به ترتیب از آسان به سخت تنظیم شده است. مسئله‌های مشکلتر را با علامت ستاره مشخص کرده‌ایم. جواب ۷۰ درصد مسئله‌ها را در انتهای کتاب آورده‌ایم، و جواب مسئله‌هایی را که داده نشده است با اعداد کج (ایتالیک) مشخص کرده‌ایم.

دوره و خلاصه فصل. در انتهای هر فصل مرور و خلاصه‌ای از مطالب آن فصل آمده است. انگیزه ما از این کار دوره آن فصل به منظور کمک به دانشجویان بوده است. به این وسیله مواردی را که فراموش کرده‌اند، یادآوری خواهد شد.

مسئله‌های دوره‌ای. مجموعه مسئله‌های دوره‌ای انتهای هر فصل را تشکیل می‌دهد. این مسئله‌ها فرصتهای بیشتری را برای دانشجویان در زمینه کاربرد مفاهیم مهم عرضه شده در آن فصل فراهم می‌کند.

مسئله‌های کامپیوتری. هر فصل شامل تعدادی مسئله کامپیوتری است که برای حل آنها نرم‌افزار کامپیوتری مناسب نیاز است. بسیاری از این مسئله‌ها مربوط به فرایند طراحی‌اند. به عنوان مثال، ممکن است شامل تحلیلهایی از یک سازه برای پیکربندیها و بارگذاریهای مختلف سازه، یا شامل تعیین سازه، یا شامل تعیین وضعیتهای تعادل یک مکانیسم مشخص باشند که برای حل آن نیاز است که از روش تکرار استفاده کنیم.

تدوین و تنظیم الگوریتم لازم برای حل یک مسئله مکانیک از دو راه به دانشجو کمک می‌کند: ۱- دانشجو درک بهتری از اصول مکانیکی مربوط به دست می‌آورد، ۲- فرصتی به دست می‌آید که دانشجو از مهارتهای به دست آمده در درس برنامه‌نویسی در حل مسائل هدفدار مهندسی استفاده کند.

تقدیر و تشکر

مؤلفان از جورج استاب به دلیل همکاری در ویراست هفتم مکانیک برداری برای مهندسان، به ویژه در مرور مسئله‌ها، تشکر می‌کنند.

از همکاران عزیز همچون ریچارد اچ. لانس (از دانشگاه کورنل)، دانیل دبلیو. یانیتل (از دانشگاه ایالتی لوئیزیانا)، کنت اوستر (از دانشگاه میسوری)، و پترو پترینا (از دانشگاه کورنل) که راهنمای مسائل را تهیه، ضمناً حل و پاسخ تمامی مسائل را کنترل کرده‌اند، تقدیر می‌شود.

از تمامی آنهایی که در تهیه عکسها همکاری کردند سپاسگزاریم. از پرسنل انتشارات مک گرو هیل که در چاپ این کتاب تلاش بی‌دریغ کرده‌اند، تقدیر می‌شود. از خوانندگان ویراستهای پیش که با پیشنهادهای مفید و مؤثر خود یار و یاورمان بودند صمیمانه تقدیر می‌شود.

فردیناند پی. بی. پر

ای. راسل جانستون

الیوت ار. آیزنبرگ

ویلیام ای. کلاوزن

درباره مؤلفان

فردیناند پی. بی.یر و راسل جانستون که یکی از موفقترین گروههای مؤلفان کتابهای مهندسی اند، اغلب با این سؤال مواجه می شوند که چگونه توانسته اند در تألیف کتابهایشان با هم همکاری داشته باشند، زیرا، اولی در دانشگاه لی های و دیگری در دانشگاه کانکتیکوت است.

جواب این سؤال آسان است. راسل جانستون ابتدا در بخش مهندسی عمران و مکانیک دانشگاه لی های تدریس می کرد. او در آنجا با فردیناند پی.یر که از دو سال پیش در آن بخش بود و مسئولیت آن را به عهده داشت، آشنا شد.

فردیناند حس می کرد مرد جوانی که برای تدریس مهندسی سازه به آنجا مده است می تواند در سازماندهی دوره های مکانیک به او کمک کند. هر دو برین باور بودند که این دوره ها باید اصلی اساسی آموزش باشند. سایر مفاهیم بشرطی قابل فهم و قابل درک اند که به روشهای تدریسی و نموداری عرضه شوند. آنها با یاری هم مطالبی را در زمینه استاتیک و دینامیک به رشته تحریر کشیدند. سپس مسئله هایی را که در فهم مطالب به دانشجویان کمک می کرد به آنها افزودند. به این ترتیب اولین ویراست مکانیک برای مهندسان تهیه شد.

ویراست دوم مکانیک برای مهندسان و ویراست اول مکانیک برداری برای مهندسان را راسل جانستون در انستیتو پلی تکنیک ورستر و ویراستهای بعدی را در دانشگاه کانکتیکوت آماده کرد. در این ایام این دو در بخشهای خود مسئولیتهای گزافی داشتند و به تحقیقات می پرداختند و سرپرستی دانشجویان را به عهده داشتند. فردیناند در زمینه فرایندهای نامنظم و نوسانهای تصادفی و راسل در زمینه پایداری شیبانی و طراحی سازه، اما آنها همواره به توسعه آموزش مکانیک می اندیشیدند. در دو به تدریس قسمتهایی از این مبحث و ضمناً تجدید نظر کتابهایشان پرداختند. در همین زمان ویراست اول کتاب مقاومت مصالح آماده شد.

فردیناند و راسل طی همکاریهای موفقیت آمیز با هم نقش مهمی در آموزش مهندسی داشتند و در همین باب به دریافت جوایز متعددی از بخش مکانیک انجمن مهندسی آمریکا نایل آمدند. در سال ۲۰۰۱ نشان جدید بخش مکانیک نام پی.یر جانستون تزیین یافت.

فردیناند و راسل در ویراست هفتم مکانیک برداری برای مهندسان، همکاران جدیدی را دعوت به همکاری کردند. الیوت آیزنبرگ در ویراست ششم همکاری می کرد و در این ویراست از جمله مؤلفان استاتیک است. ویلیام ژوزن یکی از مؤلفان ویراست هفتم دینامیک است. جورج استاب که در ویراست هفتم در استاتیک و دینامیک نقش مهمی در تهیه مثالها، مسائل نمونه و نایل تکلیف منزل دارد.

فردیناند پی. بی.یر، او در فرانسه به دنیا آمد و در آنجا و سوئیس تحصیل کرد. مدرک MS را از دانشگاه سوربن و Sc.D. در مکانیک نظری را از دانشگاه ژنو دریافت کرد. پس از انجام خدمت نظام در ارتش فرانسه، در اوایل جنگ جهانی دوم به ایالات متحده رفت و در کالج ویلیامز به تدریس برنامه ریزی صنعتی پرداخت. او سپس به دانشگاه لی های پیوست و ۲۷ سال در آنجا تدریس کرد. عناوینی همچون استاد ممتاز و ریاست بخش مهندسی مکانیک به او اهدا شد. در ۱۹۹۵ دکتری افتخاری مهندسی را از دانشگاه لی های دریافت کرد.

ای. راسل جانستون، او در فیلادلفیا متولد شد. مدرک B.S. در مهندسی عمران را از دانشگاه دلاوار و مدرک Sc.D. را در مهندسی ساختمان از انستیتو تکنولوژی ماساچوست دریافت کرد. ابتدا در دانشگاه لی های و انستیتو ورستر تدریس می کرد، سپس به دانشگاه کانکتیکوت رفت و به عنوان رئیس بخش مهندسی عمران انتخاب شد و ۲۶ سال تدریس کرد. در ۱۹۹۱ از طرف انجمن مهندسان عمران دانشگاه کانکتیکوت، نشان برجسته مهندسی عمران را دریافت کرد.

الیوت آر. آیزنبرگ، او مدرک B.S. و M.E. را در مهندسی از دانشگاه کورنل دریافت کرد. او در ۱۹۹۲ به خاطر خدماتی که در انجمن آموزش مهندسی آمریکا انجام داده بود به دریافت مدال Ben C. Sparks نایل آمد. او ۳۲ سال به تدریس پرداخت. ۲۹ سال آن را در دانشگاه ایالتی پن بود. در این دانشگاه به خاطر آموزش و مشاوره به دریافت نشانهایی دست یافت.

ویلیام ای. کلاوزن، مدرک B.S. را در مکانیک مهندسی از دانشگاه لی های و مدرک M.S. و Ph.D. را در مکانیک مهندسی از دانشگاه اوهایو دریافت کرد. او که سی سال است که تدریس می کند یک مهندس حرفه ای و کارشناس دینامیک ساختمانی و اندازه گیری در ارتعاشات است. وی در دانشگاه اوهایو در بخش مهندسی مکانیک تدریس می کرد و معاون بخش مهندسی مکانیک نیز بود.

جورج ایچ. استاب، او مدارک B.S.، M.S. و Ph.D. را در مهندسی هوا و فضا از دانشگاه پوردو دریافت کرد. ۳ سال در صنایع هوایی مشغول به کار بود و هم اکنون استاد مهندسی مکانیک دانشگاه اوهایو است. او ۲۲ سال است که در این دانشگاه تدریس می کند. فعالیتهايش به طور کلی آموزشی و خدماتی بوده است و نشانهای زیادی دریافت کرده است. جورج به عنوان نماینده علمی در انجمن تحصیلات مهندسی آمریکا خدمت می کرد. او همچنین مشاور دانشجویان در انجمن مهندسی مکانیک آمریکاست.