



گروه مکانیک

مارزبن چ. ساد

الاستیسیته

نظری، کاربردی، محاسباتی

ویرایش سوم

ترجمه

دکتر علی اصغر عطائی

Sadd, Martin H. (Martin Howard) ساد، مارتین هوارد

الاستیسیته: نظری، کاربردی، محاسباتی / مارتین اچ ساد: ترجمه علی اصغر عطائی.

تهران: انتشارات علمی و فنی، ۱۳۹۴.

شانزده، ۵۹۲ص: مصور، جدول، نمودار.

انتشارات علمی و فنی: گروه مکانیک

۴۲۰۰۰ ریال ۹۷۸-۹۶۴-۶۲۱۵-۷۲-۶

فیا

Elasticity: theory, applications, and numerics, 3rd ed., c2009. عنوان اصلی:

کتاب حاضر نخستین بار تحت عنوان «الاستیسیته نظری، کاربردی، محاسباتی» با ترجمه

علی اصغر عطائی توسط انتشارات علمی و فنی در سال ۱۳۸۹ ترجمه و منتشر شده است.

واژه نامه.

کتابنامه.

نماینه.

ارتجاع (فیزیک)

عطائی، علی اصغر، ۱۳۴۶ - مترجم

۱۳۹۴ ۷ الف ۲ س / ۹۳۱ QA

۵۳۱/۳۸۲

۳۹۴۵۲۳۰

سرشناسه

عنوان و نام پدیدآور

مشخصات نشر

مشخصات ظاهری

فروست

شابک

وضعیت فهرست نویسی

یادداشت

یادداشت

یادداشت

یادداشت

یادداشت

یادداشت

یادداشت

یادداشت

یادداشت

یادداشت

یادداشت

مؤسسه پژوهشی

تولید کتاب دانشگاهی



تأسیس: ۱۳۶۰

الاستیسیته

نظری، کاربردی، محاسباتی

ویرایش سوم

مارتین اچ. ساد

ترجمه علی اصغر عطائی

چاپ اول: پاییز ۱۳۹۴

۶۰۸ صفحه وزیری در ۸ نسخه، چاپ پورروشن

ویرایش، گرافیک و حروفچینی: آتانه انتشارات علمی و فنی

طراح جلد: امیرحسین ساهری نیا

سرپرست تولید / مقابله: محمد ازوج

ویراستار: اکرم کبکی

لیتوگرافی: نگارگران

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۲۱۵-۷۲-۶

تلفن: ۸۸۵۵۴۸۴۹-۸۸۷۳۹۱۹۸، فکس و پیامگیر: ۸۸۵۵۵۹۳۲

پست الکترونیکی: sales@elmifanni.com

آدرس سایت: www.elmifanni.com

قیمت: ۴۲۰۰۰ تومان

استفاده غیرمجاز از متن کتاب
ولو با هر تغییر و عرضه آن برای
فروش و تکثیر کتاب به هر وسیله
ممنوع است. تولیدکننده غیرمجاز
کتاب به عنوان دزد و فروشنده آن
به عنوان مالخر مورد پیگرد
قانونی قرار خواهد گرفت.

سخنی از ناشر

به چه چیزی می‌شود گفت کتاب؟

- کتاب یک موجود بی‌آلای است از مجموعه ورق‌های کاغذی نوشته شده موضوعات فرهنگی، علمی، فنی و ... اعم از خسی یا حابی بیش از ۴۹ صفحه (سقف تعیین شده یونسکو در سال ۱۹۵۰)^۱ که در جلد قرار گرفته اند.
- هویت و الایی هر کتاب، با توجه به موضوع و نویسنده (مصنف، مؤلف و مترجم) و ناشر و به میزان خدمات تخصصی، فنی و هنری که در تولید و شراژن هزینه شده است، ارزیابی و تعریف می‌گردد.
- صنعت آماده‌سازی و تولید کتاب، بویژه عرضه کتاب‌های دانشگاهی، الزاماً نیازمند دانش مربوط به تخصص‌های متنوع و متعددی است، از جمله: موارد فنی، هنری و فنی و زیرمجموعه‌های آنها: کمک‌ویراستاری، ویراستاری (علمی و نگارشی)، بارخانی، نمونه‌خوانی، مقابله و گرافیک: طراحی صفحات، نقش روی جلد کتاب، تصویرسازی، رسامی، راژگان‌ها، پیوست‌ها، فهرست‌راهنما و حروفچینی، نظارت بر امور لیتوگرافی، چاپ، صحافی و سرانجام مدیریت ویراستاری.
- مؤسسه پژوهشی تولید کتاب دانشگاهی و زیرمجموعه آن: «انتشارات علمی و فنی»، از بدو تأسیس در سال ۱۳۶۰ تا به امروز، صرفاً به تولید کتاب‌های جدید دانشگاهی - براساس پزرس و گزینش و عرضه آن برای اولین بار، اشتغال دارد؛ ضمن تقید به اعمال موازین و قواعد تعریف شده در دایرةالمعارف‌های جهان برای انتشار کتاب‌های کیفی. دلیل مدّعی ما، پذیرش صد درصد کتاب‌های منتشره این انتشارات، برای تدریس در دانشگاه‌های ایران است.

- اکنون که دزدان، بی‌محابا حاصل زحمات نویسنده و ناشر، یعنی کتاب را به طرق مختلف تکثیر یا چاپ نموده و به زیر قیمت تعیین شده ناشر که هزینه‌های متعددی را در فرایند تولید پوشش داده

۱. معمولاً چاپ و نشر زیر ۴۹ صفحه را جزوه می‌گویند، به استثنای کتاب‌های کودک؛ و به مجلات بالای ۴۹ صفحه که به یک عنوان موضوعی منحصر نیست کتاب گفته نمی‌شود.

است - فارغ از این هزینه‌ها - به کتابفروشان یا در خیابان می‌فروشند، ضربه هولناکی است بر پیکره نشر و سقوط ناشر به مرحله توقف و بالمآل تعطیل انتشار کتاب‌های کیفی دانشگاهی!

- ما ناشران موردتجاهم که متأسفانه فراموش شده از حمایت و پشتیبانی مسئولان و متولیان نشر هستیم، از شما دانشجویان عزیز انتظار داریم با حس مسئولیت فرهنگی و شرعی دقت کنید کتاب را که به رنگ زمینه با درج آرم انتشارات ممیز و مشخص شده است از کتابفروشی‌های معتبر خریداری نمایید، نه از دزدان و مال‌لخر آنان، به صرف آنکه قیمت آن ارزانتر است. همکاری و محبت شما را ضامن دوام بقای خود می‌دانیم و آن را ارج می‌نهم.

حذف واژه‌نامه انگلیسی (مبدأ) به فارسی از کتاب‌های ترجمه

طی ۲۹ سال تولید حرفا کتاب دانشگاهی، آوردن واژه‌نامه فارسی به انگلیسی و انگلیسی به فارسی در کتب ترجمه، قبل از فهرست را نما از ضوابط مسلم و قطعی این انتشارات بوده است. علی‌رغم ذهنیت ما که آوردن واژه‌نامه انگلیسی به فارسی به خواننده هیچ کمکی نمی‌کند و خواننده باید برای یافتن معنای واژه انگلیسی مورد نیاز خود به نسامه انگلیسی به فارسی مراجعه کند، لیکن نظر به اینکه این قسمت از کتاب: واژه‌نامه فارسی به انگلیسی [که در کتاب ترجمه منطقی دارد] و واژه‌نامه انگلیسی به فارسی برای بررسی انتخاب کتاب سال دارای امتیاز است، آوردن آن ملزم بوده‌ایم.

اکنون به اعتبار اتفاق آرای حاصله از مسورت با نویسندگان عضو گروه‌های علمی این انتشارات که آنان نیز بخش واژه‌نامه انگلیسی به فارسی را بی‌اثر تشخیص دادند، مصمم شدیم این قسمت را از کتاب حذف نماییم. ضمناً واژه‌نامه فارسی به انگلیسی و فهرست راه‌کار دارد. هم ادغام کرده‌ایم تا خواننده بتواند هر دو مورد را در یک نگاه داشته باشد.

جمشید مظاهری‌نیا

پیشگفتار مترجم

به نام خدا

پس از گذشت حدود پنج سال از انتشار ترجمه ویرایش دوم، بسیار خرسندم و خدا را شاکرم که ترجمه کتاب با اقبال خوبی از سوی دانشجویان و استادان روبرو شد و محتوای غنی کتاب و دقت در ترجمه و نشر، سبب انتخاب آن به عنوان کتاب برگزیده دانشگاهی گردید.

ویرایش سوم کتاب تغییرات اختصاری را نسبت به ویرایش قبلی داشته است که شامل اضافه نمودن برخی بخش‌ها، پاراگراف‌ها، راجع و نیز مسائل متعدد در فصول مختلف کتاب است. در ترجمه این تغییرات نیز دقت و وسواس فراوان به خرج داده شده در تماس با مؤلف، برخی اشکالات تایپی موجود در نسخه اصلی مطرح و با تایید ایشان، در ترجمه اصلاح گردید. خوشبختانه مطالب اضافه شده در این ویرایش به گونه‌ای بود که این امکان فراهم آمد که برای بدون زدن رفتن انسجام مطالب کتاب، آنها را به صورت جداگانه به ویرایش قبلی اضافه نمود. این نکته مثبت خود به پایین آوردن هزینه تولید کتاب و قیمت تمام شده آن و استفاده حداکثری از مستندات ویرایش قبل کمک کرد. لذا با مشورت با ناشر محترم، تصمیم بر این گرفته شد که بخش‌های تغییر یافته و اضافه شده، در قالب یک قسمت به انتهای کتاب اضافه شود. قسمت اضافه شده همراه با توضیحات و آدرس‌دهی مناسب است به گونه‌ای که بدون ایجاد سردرگمی برای خواننده، ضمن رعایت امانت و کامل بودن ترجمه، استفاده از آن را آسان می‌سازد. جهت استفاده حداکثری از ویرایش قبلی، لازم شد شماره بخش‌ها و مسائل اضافه شده در این ویرایش، در ادامه شماره‌بندی ویرایش قبلی باشد که این موضوع به هیچ عنوان به پیوستگی مطالب و مسائل لطمه نمی‌زند. امید است خواننده محترم بتواند از این ویرایش نیز حداکثر استفاده را بنماید. علی‌رغم تلاش بسیار در رفع ایرادات تایپی و جزئی کتاب، که حتی خود مؤلف نیز به مرور پس از انتشار به آن پی برده است، این ترجمه را خالی از اشکال نمی‌بینم و لذا سپاسگزار خواهیم بود اگر خوانندگان گرامی این ایرادات را به اینجانب منعکس نمایند.

دکتر علی اصغر عطائی

دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه تهران

تابستان ۱۳۹۴

aataee@ut.ac.ir

پیشگفتار نویسنده

در این ویرایش سوم، تلاش‌های مؤلف برای ارائه مباحث الاستیسیته خطی در قالب توسعه نظری کامل و در عین حال مختصر، کار بردهای روزمره متعدد، و محاسبات عددی غنی برای کمک به درک پاسخ‌ها ادامه یافته است. علاوه بر انجام اصلاحات کوچک، موارد جدید متعددی اضافه شده‌اند. مطالب جدیدی در مورد توزیع تنش و خطوط تراز، که معمولاً در متون علم مربوطه بکار می‌روند در فصل ۳ اضافه شده‌اند. بخش جدیدی نیز، که به فرمولبندی و حل مسائل تنش تماسی اختصاص دارد، در فصل ۸ اضافه شده است. بحث درباره مسائل ناهمسانگرد با تعامد کروی در فصل ۱۱ اضافه شده است. بالاخره، کدهای MATLAB در ضمیمه پ بازنویسی شده‌اند و کد جدیدی برای تعیین و ترسیم تنش‌های تماسی اضافه شده است.

بیش از ۴۰۰ تمرین جدید به ویرایش سوم اضافه شده و تعداد کل تمرین‌های کتاب را به حدود ۳۸۰ رسانده است. انتظار می‌رود این مسائل بتواند کتاب را برای تعدادی از جهت تکالیف درسی، آزمون‌ها، یا مطالب و بحث‌های کلاسی پیش روی مدرسان قرار دهند.

ویرایش سوم همان مسیر ویرایش اصلی را دنبال می‌کند و حاصل جزواتی است که من در آموزش دو درس متوالی در نظریه الاستیسیته، مورد استفاده قرار داده‌ام. این کتاب شامل بر دو قسمت است: قسمت I اساساً برای درس اول طراحی شده است که معمولاً به وسیله دانشجویان سال اولی ابتدایی تحصیلات تکمیلی در انواعی از رشته‌های مهندسی اخذ می‌شود. هدف درس اول، آشنا نمودن دانشجویان با نظریه و فرمولبندی آن و ارائه حل برای برخی از مسائل پایه است. بدین وسیله دانشجویان می‌بینند که چگونه و چرا مدل اساسی الاستیسیته تغییر شکل باید جایگزین تحلیل مقاومت مصالح مقدماتی گردد. درس اول، همچنین مبنایی برای مطالعه پیشرفته‌تر در زمینه‌های مرتبط با مکانیک جامدات را ارائه می‌دهد. قسمت II که در آن مطالب پیشرفته‌تر آورده شده است، معمولاً برای درس دوم مورد استفاده قرار می‌گیرد که به وسیله دانشجویان سال دوم و سوم اخذ می‌شود. با این حال، بخش‌های خاص از قسمت دوم را نیز می‌توان برای بحث در درس اول گنجانید.

این سؤال ممکن است به ذهن خطور کند که با وجود کتب متعدد در زمینه الاستیسیته، چه چیزی توجیه می‌کند که من متن دیگری را در این زمینه بنویسم؟ چندین سال، من این مطالب را در دانشکده‌های مهندسی و صنایع مرتبط متعدد و یک سازمان دولتی در آمریکا آموزش داده‌ام. نظریه پایه طی این مدت عمده‌تأ بدون تغییر باقی مانده است. اما، تغییرات در تأکید بر حل مسائل، کاربردهای الاستیسیته، روش‌های عددی/محاسباتی و آموزش مهندسی، نیاز را برای رویکردهای جدید به موضوع پدید آورده‌اند. من دریافته‌ام که کتاب‌های موجود معمولاً فاقد یک ارائه مختصر و مفید و سازماندهی شده از نظریه، قالب مناسب برای استفاده آموزشی، کاربردهای قابل ملاحظه در زمینه‌های جدید و یک واسطه محاسباتی برای کمک در به دست آوردن پاسخ‌ها و درک نتایج هستند.

ارائه الاستیسیته در این کتاب منعکس‌کننده کلمات بکار رفته در عنوان است: نظری، کاربردی و محاسباتی. از آنجا که نظریه سنگ بنای اساسی این زمینه را فراهم می‌کند، مهم است که ابتدا یک توسعه نظری عمیق از الاستیسیته با دقت کافی ارائه شود تا مبنای خوبی را برای دانشجو در به دست آوردن پاسخ دسته وسیعی از مسائل فراهم سازد.

توسعه نظری به صورتی منظم و مختصر انجام گرفته است تا توجه دانشجویانی که کمتر به ریاضی رغبت دارند و نیز جان کلام مباحث کاربردی از دست نرود. با هدف اصلی حل مسائل مورد نظر مهندسی، این متن، کاربردهای متعددی را در زمینه‌های جدید ارائه می‌کند که شامل مواد مرکب غیرهمسانگرد و مواد با رفتار تابعی، مکانیک شکست، مدلسازی میکرومکانیک، مسائل ترموالاستیسیته و روش‌های محاسباتی المان محدود و المان مرزی است. مسائل حل شده و تمرینات متعدد در همه فصل‌ها گنجانده شده است.

آنچه شاید منحصر به فردترین ویژگی این کتاب باشد، استفاده فراگیر از **کارهای محاسباتی** است. با اتخاذ این رویکرد که لازم است کاربردها و نظریه از طریق محاسبه و نمایش ترسیمی مشاهده شوند، کار عددی از طریق نرم‌افزار **MATLAB**® انجام می‌گیرد که یکی از محبوبترین بسته‌های نرم‌افزاری مهندسی است. این نرم‌افزار در سرتاسر متن برای کاربردهایی نظیر: تبدیل تنش و کرنش، ارزیابی و ترسیم توزیع تنش و تغییرمکان، محاسبات المان محدود و مقایسه بین مقایسه تحلیلی و عددی الاستیسیته مورد استفاده قرار گرفته است. با ارزیابی‌های عددی و ترسیمی، مسائل کاربردی برای یادگیری دانشجویان جالبتر و مفیدتر خواهند شد.

جمع‌بندی مطالب

در قسمت اول کتاب بر جنبه‌های مولبندی و کاربردهای مقدماتی تأکید شده است. فصل ۱ پیش زمینه ریاضی برای فرمولبندی الاستیسیته را مرور بر نظریه میدان‌های عددی، برداری و تانسوری فراهم می‌کند. نگارش تانسوری دکارتی معرفی شده و در سرتاسر قسمت‌ها، فرمولبندی این کتاب به‌کار گرفته شده است. فصل ۲ تحلیل کرنش و تغییرمکان را در محدوده نظریه تغییرمکان‌های کوچک پوشش می‌دهد. مفهوم سازگاری کرنش نیز در این فصل ارائه گردیده است. نیروها، تنش‌ها و تعادل در فصل ۳ توضیح داده می‌شوند. تئرماتر الاستیک خطی که به قانون هوک تعمیم یافته منجر می‌شود در فصل ۴ مورد بحث قرار می‌گیرد که همچنان به بحث در فرم‌های اساسی غیرهمگن، غیرهمسانگرد و ترموالاستیک را مورد بحث قرار می‌دهد. فصل‌های بعدی بطور گسترده این کاربردها را مورد بررسی قرار داده است.

فصل ۵ معادلات به دست آمده قبلی را جمع‌آوری کرده، مسائل پایه مقدار مرزی در نظریه الاستیسیته را فرمولبندی می‌کند، در این فصل، فرمولبندی‌های تنش و تغییرمکان از لحاظ روش‌های کلی حل تعیین می‌شود. این یک فصل مهم برای دانشجویان است تا بخش‌های مختلف نظریه را کنار هم بگذارند. فصل ۶ انرژی کرنشی و اصول مربوطه شامل قضیه دوطرفه، اصل کارمجازی و اصل انرژی پتانسیل و مکمل حداقل را پوشش می‌دهد. فرمولبندی‌های کرنش صفحه‌ای، تنش صفحه‌ای و کرنش خارج از صفحه در فصل ۷ آورده شده است. این فصل مجموعه مفصل از پاسخ‌ها برای مسائل دوبعدی خاص در فصل ۸ ارائه می‌شود و کاربردهای بسیاری از نرم‌افزار **MATLAB** برای نمایش نتایج مورد استفاده قرار می‌گیرد. پاسخ‌های تحلیلی در فصل ۹ برای مسائل کشش، پیچش و برش سنتز و نت ادامه می‌یابد. مطالب قسمت I، مبنای منطقی و منظم یک درس آغازین یک ترمی عملی در الاستیسیته را فراهم می‌کند. بخش‌های منتخب قسمت دوم این کتاب را نیز می‌توان در این درس گنجاند.

قسمت II کتاب در موضوعات پیشرفته‌ای کنکاش می‌کند که معمولاً در درس دوم الاستیسیته پوشش داده می‌شوند. روش قدرتمند متغیرهای مختلط برای مسائل صفحه‌ای، در فصل ۱۰ ارائه شده است و کاربردهای متعددی در مکانیک شکست نشان داده می‌شوند. فصل ۱۱، نظریه همسانگرد قبلی را به رفتار جامدهای غیرهمسانگرد با تأکید بر مواد مرکب توسعه می‌دهد. این یک کاربرد مهم است و باز هم مثال‌های مرتبط با مکانیک شکست ارائه می‌شود. ناهمسانگردی منحنی‌الخط به این فصل اضافه شده است تا برخی پاسخ‌ها برای مسائل با این نوع ساختار ماده را مورد بررسی قرار دهد. مقدمه‌ای بر ترموالاستیسیته در فصل ۱۲ توسعه می‌یابد و چند مسأله کاربردی خاص، شامل مسائل تمرکز تنش و ترک مورد بحث قرار می‌گیرند. روش‌های پتانسیل شامل پتانسیل‌های تغییرمکان و توابع تنش در فصل ۱۳ ارائه شده است. این روش‌ها برای توسعه چند حل الاستیسیته سه‌بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. فصل ۱۴ که الاستیسیته غیرهمگن را پوشش می‌دهد، جدیداً اضافه شده است. مطالب آن در بین متون استاندارد

الاستیسیته منحصر بفرد است. پس از پوشش مختصر فرمولبندی‌های نظری، چندین حل دوبعدی به همراه مقایسه ترسیمات میدانی با موارد متناظر همگن به‌دست خواهند آمد.

فصل ۱۵، یک مجموعه برجسته از کاربرد الاستیسیته در مسائل شامل مدل‌سازی میکرومکانیک را ارائه می‌دهد و در آن، کاربردهایی برای مدل‌سازی نایجایی، وضعیت‌های تکین تنش، جامدهای با ترک‌های توزیع‌شده و نظریه‌های ریزقطبی، حفره‌های توزیع‌شده و مکانیک دابلت گنجانده شده است. فصل ۱۶ یک مقدمه مختصر را برای روش‌های عددی توانمند آلمان محدود و آلمان مرزی ارائه می‌کند. هرچند در این فصل تنها نظریه دوبعدی توسعه می‌یابد، اما نتایج عددی مسائل نمونه، مقایسه جالب توجهی را با پاسخ‌های تحلیلی به‌دست آمده در فصل‌های قبلی فراهم می‌سازد. این ویرایش دوم الاستیسیته با چهار ضمیمه به پایان می‌رسد که شامل جمع‌بندی مختصری از معادلات میدانی پایه؛ روابط تبدیل بین دستگاه مختصات دکارتی، استوانه‌ای و کروی؛ مقدمه‌ای بر نرم افزار MATLAB؛ و یک مرور جدید بر مقاومت مصالح هستند.

موضوع درس

الاستیسیته یک موضوع جذاب و جالب توجه است که با تعیین توزیع تنش، کرنش و تغییر مکان در یک جامد الاستیک تحت تأثیر نیروها، خارجی سر کار می‌آید. با دنبال کردن فرضیات معمول نظریه خطی تغییر شکل‌های کوچک، فرمولبندی، یک مدل ریاضی را با ریزی می‌کنند؛ این مدل اجازه حل مسائلی را می‌دهد که دارای کاربردهایی در بسیاری از زمینه‌های مهندسی و علوم هستند.

- در مهندسی مکانیک، از الاستیسیته در مسائل متعددی تحلیل و طراحی اجزای ماشین استفاده می‌شود. کاربرد الاستیسیته شامل تحلیل کلی تنش، تنش‌ها، تماسی و حرارتی، مکانیک شکست و خستگی می‌گردد.
- در مهندسی عمران، کاربردهای الاستیسیته شامل کمک‌های قابل توجه به تحلیل تنش و تغییر شکل سازه‌هایی نظیر میله‌ها، تیرها، صفحات و پوسته‌ها می‌شود. الاستیسیته در حیطه مباحث ژئومکانیک شامل تعیین تنش در موادی نظیر خاک، سنگ، بتن و آسفالت نیز کار می‌دارد.
- در مهندسی مواد، از الاستیسیته برای تعیین میدان تنش در جامداتی بلوری، در اطراف نایجایی‌ها و در مواد دارای ریزساختار استفاده می‌شود.
- در مهندسی هوا - فضا، کاربردهای الاستیسیته شامل تحلیل سس، شکست و خستگی در سازه‌های فضایی می‌گردد.

این موضوع همچنین مبنایی را برای کار پیشرفته‌تر روی رفتار غیرالاستیک مواد، شامل پلاستیک و ویسکوالاستیسیته و مطالعه تحلیل تنش محاسباتی با استفاده از روش‌های آلمان محدود و آلمان مرزی فراهم می‌سازد.

نظریه الاستیسیته، یک مدل ریاضی را از مسأله تغییر شکل پایه‌ریزی می‌کند و این، نیاز به دانش ریاضی برای درک روش‌های فرمولبندی و حل دارد. معادلات میدانی مشتقات جزئی حاکم، با استفاده از اصول پایه مکانیک محیط‌های پیوسته که معمولاً به زبان برداری و تانسوری فرمولبندی می‌شود، توسعه نمی‌یابد. از بین تکنیک‌های مورد استفاده برای حل این معادلات میدانی، می‌توان روش‌های فوری، حساب تغییرات، تبدیلات انتگرالی، متغیرهای مختلط، نظریه پتانسیل، تفاضل محدود و آلمان محدود را نام برد. کتاب، به‌منظور آماده ساختن دانشجویان برای این مبحث، مروری را بر بسیاری از موضوعات ریاضی ارائه می‌کند و مراجع دیگری برای مطالعه بیشتر معرفی می‌شوند. مهم است که دانشجویان به‌اندازه کافی برای توسعه‌های نظری آماده باشند. در غیر این صورت، قادر نخواهند بود جزئیات لازم در فرمولبندی را درک کنند. البته با تأکید بر کاربردها، ما روی نظریه‌ای متمرکز می‌شویم که برای حل مسأله بیشترین فایده را دارد.

مفهوم رابطه نیرو - تغییر شکل الاستیک ابتدا توسط رابرت هوک در ۱۶۷۸ مطرح شد. با این حال، فرمولبندی عمده نظریه ریاضی الاستیسیته تا قرن ۱۹ توسعه نیافت. در ۱۸۲۱ ناویر بررسی‌های خود را روی معادلات کلی تعادل

ارائه کرد؛ بلافاصله پس از او، کوشی معادلات پایه الاستیسیته را مطالعه نمود و نگارش تنش در یک نقطه را توسعه داد. دانشمندان و ریاضیدانان برجسته متعددی، توسعه نظریه را ادامه دادند که می‌توان از بین آنان برنولی، لرد کلوین، بواسون، لامه، گرین، سنت - ونت، بتی، ایری، کیهرشوف، ریلی، لای، تیموشنکو، کولوسوف و مویشیشویلی را نام برد.

طی دو دهه پس از جنگ جهانی دوم، تحقیقات الاستیسیته، تعداد زیادی از پاسخ‌های تحلیلی برای مسائل خاص مورد نظر مهندسی را به وجود آورد. در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، کار قابل توجه روی روش‌های عددی با استفاده از نظریه‌های المان محدود و المان مرزی صورت گرفت. همچنین، طی این دوره، کاربردهای الاستیسیته متوجه مواد غیرهمسانگرد برای به‌کارگیری در مواد مرکب بود. در سال‌های اخیر، الاستیسیته در مدلسازی مواد با ریزساختار داخلی یا ناهمگن، در، اد ناهمگن با رفتار تابعی به‌کار گرفته شده است.

تاریخ مکانیک محیط‌های پیوسته مدرن در دهه ۱۹۶۰ منجر به مرور بر مبانی الاستیسیته شد که یک فضای منطقی، این نظریه در چارچوب کلی پایه‌ریزی کرد. جزئیات تاریخی را می‌توان در آثار نویسندگان زیر یافت:
 Todhunter and Pearson, *History of the Theory of Elasticity*; Love, *A Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity*; and Timoshenko, *A History of Strength of Materials*.

تمرینات و پشتیبانی اینترنتی

از نکات قابل توجه در ارتباط این کتاب، استفاده از تمرینات و سایت اینترنتی ناشر، www.books.elsevier.com، است. تمرینات متعددی در انتهای هر فصل، به عنوان تکلیف درسی ارائه شده‌اند تا دانشجویان را با موضوع درس درگیر نمایند. این تمرینات همچنین یک ابزار ایده‌آل برای مدرس هستند تا مثال‌های کاربردی اضافی در کلاس درس ارائه شود. در بسیاری از قسمت‌های متن به تمرینات خاص رجوع داده شده است که با جزئیات یک مسئله خاص سروکار دارند. تمریناتی که با ستاره (*) مشخص شده‌اند، مسائلی را نشان می‌دهند که نیاز به روش‌های عددی و ترسیمی با استفاده از نرم‌افزار پیشنهادی MATLAB دارند. به علاوه، نرم‌افزار قابل دانلود MATLAB نیز در دسترس است تا هم به دانشجویان و هم به مدرسان در توسعه کدها برای استفاده خاص خودشان کمک کند و بدین وسیله اجازه وارد کردن آسان کار عددی را در درس بدهد.

مارتین اچ. ساد

فهرست مطالب

قسمت I - مبانی کاربردهای اولیه		۷-۳ روابط در مختصات منحنی الخط استوانه‌ای	
فصل ۱. پیش‌نیاز ریاضی	۱	۶۹ وکروی	۶۹
۱-۱ کتیبت - عدد برداری، ماتریسی و تانسوری	۳	۷۲ مراجع	۷۲
۲-۱ نگارش شاخصی	۲	۷۲ تمرین‌ها	۷۲
۳-۱ دلتای کرونگر و ساد تنه	۸	فصل ۴. رفتار ماده - جامد الاستیک خطی	۷۹
۴-۱ تبدیل مختصات	۹	۴-۱ توصیف رفتار ماده	۷۹
۵-۱ تانسورهای دکارتی	۱۱	۴-۲ مواد الاستیک خطی - قانون هوک	۸۱
۶-۱ مقادیر اصلی و جهت‌های اصلی برای تانسورهای	۱۱	۴-۳ مفهوم فیزیکی مدول‌های الاستیک	۸۵
مقارن مرتبه دو	۱۴	۴-۴ روابط اساسی ترموالاستیک	۸۸
۷-۱ جبر بردارها، ماتریس‌ها و تانسورها	۱۴	مراجع	۹۰
۸-۱ حسابان تانسورهای دکارتی	۱۴	تمرین‌ها	۹۰
۹-۱ مختصات منحنی الخط متعامد	۲۳	فصل ۵. فرمولبندی و روش‌های حل	۹۵
مراجع	۲۸	۵-۱ روشی بر معادلات میدانی	۹۵
تمرین‌ها	۲۸	۵-۲ روشی بر معادلات میدانی	۹۶
فصل ۲. تغییر شکل: تغییر مکان‌ها و کرنش‌ها	۳۱	۵-۳ روشی بر معادلات میدانی	۱۰۲
۲-۱ تغییر شکل‌های کلی	۳۱	۵-۴ روشی بر معادلات میدانی	۱۰۳
۲-۲ پایگذاری هندسی نظریه تغییر شکل‌های کوچک	۳۲	۵-۵ اصل - کرنش	۱۰۴
۳-۲ تبدیل کرنش	۳۹	۵-۶ اصل - کرنش	۱۰۵
۴-۲ کرنش‌های اصلی	۴۱	۵-۷ روش‌های کلی حل	۱۰۷
۵-۲ کرنش‌های کروی و انحرافی	۴۲	مراجع	۱۱۳
۶-۲ سازگاری کرنش	۴۲	تمرین‌ها	۱۱۴
۷-۲ مختصات منحنی الخط استوانه‌ای و کروی	۴۷	فصل ۶. انرژی کرنشی و اصول مربوطه	۱۱۹
مراجع	۴۹	۶-۱ انرژی کرنشی	۱۱۹
تمرین‌ها	۴۹	۶-۲ یکتایی مسائل مقدار مرزی الاستیسیته	۱۲۲
فصل ۳. تنش و تعادل	۵۵	۶-۳ محدوده ثابت‌های الاستیک	۱۲۵
۳-۱ نیروهای حجمی و سطحی	۵۵	۶-۴ قضایای انتگرالی مرتبط	۱۲۶
۳-۲ بردار کشش و تانسور تنش	۵۷	۶-۵ اصل کار مجازی	۱۲۸
۳-۳ تبدیلات تنش	۶۰	۶-۶ اصول انرژی پتانسیل و انرژی مکمل حداقل	۱۳۱
۴-۳ تنش‌های اصلی	۶۲	۶-۷ روش ویلی - رنتر	۱۳۵
۵-۳ تنش‌های کروی، انحرافی، هشت‌وجهی و	۶۵	مراجع	۱۳۷
فون میسر	۶۷	تمرین‌ها	۱۳۸
۶-۳ معادلات تعادل			

۳۰۳	تئرين ها	۱۳۱	فصل ۷. فرمولبندي در دو بعد
۳۰۷	فصل ۱۱. الاستيسيته غيرهمسانگرد	۱۳۱	۱-۷ کرنش صفحه‌ای
۳۰۷	۱-۱۱ مفاهيم اساسي	۱۳۴	۲-۷ تنش صفحه‌ای
۳۰۹	۲-۱۱ تقارن ماده	۱۳۷	۳-۷ تنش صفحه‌ای تعميم يافته
۳۱۵	۳-۱۱ محدوديت‌هایی روی مذكول‌های الاستيك	۱۵۰	۴-۷ کرنش خارج از صفحه
	۴-۱۱ پيچش ميله جامد از جنس ماده دارای تقارن	۱۵۱	۵-۷ تابع تنش ايرى
۳۱۷	صفحه‌ای	۱۵۳	۶-۷ فرمولبندي در مختصات قطبي
۳۲۳	۵-۱۱ مسائل تغييرشکل صفحه‌ای	۱۵۵	مراجع
۳۳۶	۶-۱۱ کاربردهایی در مکانیک شکست	۱۵۵	تئرين ها
۳۳۰	۷-۱۱ مسائل غيرهمسانگرد منحنى الخط	۱۵۹	فصل ۸. حل مسائل در بعدى
۳۴۲	مراجع	۱۵۹	۱-۸ حل در مختصات دکارتی با استفاده از چند جمله‌ای‌ها
۳۴۵	تئرين ها	۱۶۹	۳-۸ حل در مختصات دکارتی با استفاده از روش‌های فوريه
۳۴۹	فصل ۱۲. ترموالاستيسيته	۱۷۷	۳-۸ پاسخ‌های کلی در مختصات قطبي
۳۴۹	۱-۱۲ هدایت حرارتی و معادله انرژی	۱۸۰	۴-۸ مثال‌هایی از حل در مختصات قطبي
۳۵۱	۲-۱۲ فرمولبندي کلی کوپل نشده	۲۱۳	مراجع
۳۵۲	۳-۱۲ فرمولبندي دوبعدی	۲۱۴	تئرين ها
۳۵۵	۴-۱۲ حل پتانسیل تغيير مکان	۲۲۵	فصل ۹. کشش، پيچش و برش استوانه‌های الاستيك
۳۵۶	۵-۱۲ فرمولبندي تابع تنش	۲۲۵	۱-۹ فرمولبندي کلی
۳۵۹	۶-۱۲ فرمولبندي در مختصات قطبي	۲۲۶	۲-۹ فرمولبندي کشش
۳۶۰	۷-۱۲ مسائل متقارن شعاعی	۲۲۷	۳-۹ فرمولبندي پيچش
۳۶۴	۸-۱۲ روش متغیرهای مختلط برای مسائل صفحه‌ای	۳۸	۴-۹ پاسخ‌های پيچش حاصل از معادله مرز
۳۷۱	مراجع	۲۱	۵-۹ حل پيچش با استفاده از روش‌های فوريه
۳۷۲	تئرين ها	۲۲۷	۶-۹ پيچش استوانه‌های توخالی
۳۷۷	فصل ۱۳. انتقال‌های تغيير مکان و توابع تنش	۲۵۰	۷-۹ پيچش محورهاى دایره‌ای با قطر متغیر
۳۷۷	۱-۱۳ نشان بردار تغيير مکان هولسهولتر	۲۵۳	۸-۹ فرمولبندي برش
۳۷۸	۲-۱۳ پتانسیل کرنش لانه	۲۵۷	۹-۹ مسائل خمش بدون پيچش
۳۷۹	۳-۱۳ نشان بردار گالركين	۲۶۱	مراجع
۳۸۴	۴-۱۳ بیان پایاى رويج	۲۶۱	تئرين ها
۳۸۷	۵-۱۳ فرمولبندي مختلط		
۳۹۲	۶-۱۳ توابع تنش		
۳۹۴	مراجع		
۳۹۵	تئرين ها		
۴۰۱	فصل ۱۴. الاستيسيته غيرهمگن	۲۶۷	قسمت II. کاربردهای پيشرفته
۴۰۲	۱-۱۴ مفاهيم اساسي	۲۶۹	فصل ۱۰. روش‌های متغیرهای مختلط
۴۰۶	۲-۱۴ مسأله صفحه‌ای ناحیه استوانه‌ای توخالی	۲۶۹	۱-۱۰ مروری بر نظریه متغیرهای مختلط
۴۱۲	تحت فشار يکنواخت	۲۷۷	۲-۱۰ فرمولبندي مختلط مسائل الاستيسيته صفحه‌ای
۴۱۲	۳-۱۴ مسأله دیسک دوار	۲۸۰	۳-۱۰ نتیجه شرایط مرزی
۴۱۷	۴-۱۴ تئری نقطه‌ای روی سطح آزاد نیم فضا	۲۸۱	۴-۱۰ ساختار کلی پتانسیل‌های مختلط
۴۲۵	۵-۱۴ مسائل کرنش خارج از صفحه	۲۸۴	۵-۱۰ مثال‌های ناحیه دایره‌ای
۴۲۹	۶-۱۴ مسأله پيچش	۲۸۹	۶-۱۰ مسائل صفحه و نیم صفحه
۴۲۷	مراجع	۲۹۴	۷-۱۰ کاربردهایی با استفاده از روش نگاشت همدیس
۴۲۹	تئرين ها	۲۹۸	۸-۱۰ کاربردهایی در مکانیک شکست
۴۴۳	فصل ۱۵. کاربردهای میکرومکانیک	۳۰۱	۹-۱۰ روش وسترگارد در تحلیل ترک
		۳۰۲	مراجع

۵۵۲	مراجع	۴۴۲	۱-۱۵ مدل سازی ناپیچایی
۵۵۴	تمرین ها	۴۴۸	۲-۱۵ وضعیت های تکن تنش
۵۵۴	فصل ۴. رفتار ماده جامد الاستیک خطی	۴۵۷	۳-۱۵ نظریه الاستیسیته با ترک های توزیع شده
۵۵۴	تمرین ها	۴۶۰	۴-۱۵ الاستیسیته ریزقطبی / کوپل - تنش
۵۵۵	فصل ۵. فرمولبندی و روش های حل	۴۶۹	۵-۱۵ نظریه الاستیسیته حفره ها
۵۵۶	مراجع	۴۷۵	۶-۱۵ مکانیک دایالت
۵۵۷	تمرین ها	۴۸۰	مراجع
۵۵۷	فصل ۶. انرژی کرنشی و اصول مربوطه	۴۸۲	تمرین ها
۵۵۷	تمرین ها	۴۸۵	فصل ۱۶. روش های عددی المان محدود و المان مرزی
۵۵۸	فصل ۷. فرمولبندی در دو بعد	۴۸۶	۱-۱۶ مبانی روش المان محدود
۵۵۸	مراجع	۴۸۸	۲-۱۶ توابع تقریب برای المان های دوبعدی مثلثی
۵۵۹	تمرین ها	۴۹۰	خطی
۵۵۹	فصل ۸. حل مسائل دوبعدی	۴۹۵	۳-۱۶ فرمولبندی کا جازی برن الاستیسیته
۵۵۹	۵-۸ مسائل ساده تماس در صفحه	۴۹۷	صفحه
۵۶۵	مراجع	۵۰۲	۴-۱۶ کاربرد FEM در مسائل
۵۶۶	تمرین ها	۵۰۸	۵-۱۶ کاربردهای کد FFM
۵۶۹	فصل ۹. کشش، پیچش و برش استوانه های الاستیک	۵۰۹	۶-۱۶ فرمولبندی المان مرزی
۵۶۹	تمرین ها	۵۱۰	مراجع
۵۷۲	فصل ۱۰. روش های متغیرهای مختلط	۵۱۱	تمرین ها
۵۷۲	مراجع	۵۱۶	ضمیمه آ. معادلات میدان ی پایه در مختصات دکارتی
۵۷۲	تمرین ها	۵۱۹	استوانه ای و کروی
۵۷۳	فصل ۱۱. الاستیسیته غیر همسانگرد	۵۳۴	ضمیمه ب. تبدیلات متغیرهای میدانی بین مؤلفه های
۵۷۳	۱-۷-۱۱ مسئله دوبعدی اورتوتروپیک قطبی	۵۳۴	دکارتی، استوانه ای و کروی
۵۷۳	مسئله دوبعدی اورتوتروپیک کروی	۵۳۴	ضمیمه پ. مقدمه ای بر MATLAB
۵۷۶	تمرین ها	۵۳۴	ضمیمه ت. مرور بر مقاومت مصالح
۵۷۷	فصل ۱۲. الاستیسیته غیر همگن	۵۴۹	اصلاحات و اضافات ویرایش سوم
۵۷۸	مراجع	۵۵۱	فصل ۳. تنش و تعادل
۵۷۸	تمرین ها	۵۵۱	۸-۳ توزیع تنش و خطوط تراز
۵۷۹	ضمیمه پ. مقدمه ای بر N. ATL و B	۵۵۱	
۵۷۹	واژه نامه فارسی به انگلیسی و فهرست راه		

لطفاً کتاب را تصحیح فرمایید.

صفحه	محل دقیق اشتباه	اشتباه	درست
۲۸	سطر دوم بعد از رابطه (۲-۱۰)	تغییر مکان توابع و ثابت دلخواه.	تغییر مکان، توان و ثابت دلخواه
۴۲	سطر اول بخش ۵-۲	تانسورهای تنش کروی	تانسورهای کرنش کروی
۴۴	سطر اول رابطه (۲-۴۶)	$\frac{\partial^2 e_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 e_y}{\partial x^2} = 2 \frac{\partial^2 e_{xy}}{\partial x \partial y}$	$\frac{\partial^2 e_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 e_y}{\partial x^2} = 2 \frac{\partial^2 e_{xy}}{\partial x \partial y}$
۷۹	ابتدای سطر اول	رفتار ماده - جامد الاستیک خطی	این عبارت کلاً حذف شود
۱۳۰	ابتدای سطر نهم	پتانسیل	پتانسیل
۱۳۵	سطر سوم بعد از رابطه (۶-۷-۱)	راضا	راضا
۱۴۶	سطر پنجم از رابطه (۷-۳-۲)	دارین باره مرجع	دارین باره در مرجع
۱۵۳	سطر سوم رابطه (۷-۱)	$e_z = -\frac{v}{E}(\sigma_r - \sigma_\theta)$	$e_z = -\frac{v}{E}(\sigma_r + \sigma_\theta)$
۱۵۴	سطر بالای رابطه (۷-۱)	به صورت بیان می شود:	به صورت زیر بیان می شود:
۱۵۶	سطر آخر مسأله ۵-۷	تنش صفحه‌ای و کرنش صفحه‌ای	تنش در کرنش صفحه‌ای
۱۶۶	سطر دوم بعد از رابطه (۸-۱-۲۹)	به صورت زیر	به صورت زیر
۱۷۴	سطر اول رابطه (۸-۲-۳۰)	$\sum_{n=1}^{\infty} \cos \beta_n$	$\sum_{n=1}^{\infty} \cos \beta_n$
۱۸۸	رابطه (۴-۱۹)	$\dots = 2r_1 \sin 2\theta$	$\dots + b_{r1} \sin 2\theta$
۱۹۲	سطر آخر	که در آن A ، B و C ثابت انتگرال هستند.	که در آن A ، B و C ثابت انتگرال هستند، و باید $K = 0$ باشد تا شرط (۸-۴-۳۷) برقرار شود.
۱۹۵	رابطه (۸-۴-۴۲)	$\dots = Cr + K$	$\dots + Cr$
۱۹۵	رابطه بدون شماره	$K = 0, B = \dots$	$C = 0, B = \dots$
۱۹۶	رابطه (۸-۴-۴۶)	$\dots = 2 \log \left(\frac{r}{r_0} \right) \sin \theta$	$\dots + 2 \log \left(\frac{r}{r_0} \right) \sin \theta$
۲۰۶	رابطه (۸-۴-۶۲)	$\dots = P(a+b)/2$	$\dots = *$
۲۱۰	سطر آخر	مثال ۱۶-۳ و شکل ۱۶-۶	مثال ۱۶-۳ و شکل ۱۶-۶
۲۲۷	سطر سوم از پایین صفحه	مقطع تصویر شده تابع خطی	مقطع تصویر شده، تابع خطی
۲۳۶	در سطر پنجم	$Ndy \left(\frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial^2 x}{\partial x^2} dx \right)$	$Ndy \left(\frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial^2 x}{\partial x^2} dx \right)$
۲۴۳	سطر دوم مثال ۳-۹	آزمودن روش قبلی، حاصل ضرب خطوط مرزی	آزمودن روش قبلی حاصل ضرب خطوط مرزی، تغییر کنی
۲۴۹	سطر ششم مثال ۳-۹	تغییر کنی	تغییر کنی
۳۴۰	رابطه (۱۱-۷-۱)	$\dots (e_r - \nu_{\theta r} e_\theta), \dots (e_\theta - \nu_{r\theta} e_r)$	$\dots (e_r + \nu_{\theta r} e_\theta), \dots (e_\theta - \nu_{r\theta} e_r)$
۳۴۱	رابطه (۱۱-۷-۳)	$\dots \left(\frac{du}{dr} - \nu_{\theta r} \frac{u}{r} \right), \dots \left(\frac{u}{r} - \nu_{r\theta} \frac{du}{dr} \right)$	$\dots \left(\frac{du}{dr} + \nu_{\theta r} \frac{u}{r} \right), \dots \left(\frac{u}{r} + \nu_{r\theta} \frac{du}{dr} \right)$
۳۴۴	سطر چهارم	بیشترین	بیشترین
۳۴۵	داخل شکل ۱۴-۲۶	حالت همگن) n	حالت همگن) $n = 0$
۳۶۹	زیر نویس شکل ۱۵-۱۷	ریز قطبی داده اند.	ریز قطبی ($\nu = 0$)
۵۱۷	سطر دوم تبدیل تنش	$\sigma_\theta = \dots + 2\tau_{xy} \sin \theta \cos \theta$	$\sigma_\theta = \dots - 2\tau_{xy} \sin \theta \cos \theta$