

مبانی

تئوری الاستیسیته

ویرایش چهارم

پدیدآورنده:

محمد مهدی سعادت پور

استاد دانشکده عمران

دانشگاه صنعتی اصفهان



دانشگاه اصفهان

مرکز نشر

گروه فنی و مهندسی ۹

شماره کتاب ۱۹

مبانی تئوری الاستیسیته (ویرایش چهارم)

پدیدآورنده:	محمد مهدی سعادت پور
صفحه آایی و طراحی جلد:	مرضیه خردمند
ناشر:	مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان
لیتوگرافی، چاپ و صحافی:	چاپخانه دانشگاه صنعتی اصفهان
چاپ نهم:	تابستان ۱۳۹۴
شمارگان:	جلد ۳۰۰۰
شابک:	۹۷۸-۹۶۴-۸۴۷۶-۹۹-۶
قیمت:	۱۵۰۰۰۰ ریال

سرشناسه	سعادت پور، محمد مهدی، ۱۳۲۶ -
عنوان و نام پدیدآور	مبانی تئوری الاستیسیته/پدیدآورنده محمد مهدی سعادت پور.
وضعیت ویراست	ویراست ۴.
مشخصات نشر	اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان، مرکز نشر، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	پانزده، ۴۷۸ص: جدول، نمودار.
فروست	دانشگاه صنعتی اصفهان، مرکز نشر ۱۹ گروه فنی مهندسی؛ ۹.
شابک	978-964-8476-99-6:
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	چاپ نهم.
یادداشت	واژه نامه.
یادداشت	نمایه.
موضوع	ارتجاع (فیزیک)
شناسه افزوده	دانشگاه صنعتی اصفهان. مرکز نشر
رده بندی کنگره	۱۳۹۴ م. ۷/س/ ۱۹۱QC
رده بندی دیویی	۵۳۱/۳۸۲
شماره کتابشناسی ملی	۳۹۴۷۰۴۴

حق چاپ برای مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان محفوظ است.

اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان - مرکز نشر - کدپستی ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶، تلفن: ۰۳۱-۳۳۹۱۲۵۰۹ (۰۳۱) دورنگار: ۳۳۹۱۲۵۵۲ (۰۳۱)

مراجعه و یا <http://publication.iut.ac.ir> برای خرید اینترنتی کلیه کتابهای منتشره مرکز نشر می توانید به وبگاه

مستقیماً از کتابفروشی مرکز نشر واقع در کتابخانه مرکزی دانشگاه صنعتی اصفهان (تلفن ۳۳۹۱۲۹۵۲) خریداری فرمایید.

به نام خداوند دانا و توانا

پیشگفتار

بار دیگر مراتب سپاس و شکرگزاری خود به درگاه خداوندی را به دلیل توفیقی که از جانب او در ویراستاری تجدید کتاب مبانی تئوری الاستیسیته نصیب اینجانب فرمود اظهار می‌دارم. از آنجا که بعضی از دانشجوهای و استفاده کنندگان چاپ‌های قبلی کتاب از سر لطف و علاقمندی بر اینجانب منت گذاشته و نمونه‌های بیشتری وجود غلط‌های چاپی چه در متن کتاب و چه در تایپ فرمول‌ها را به مرور به من متذکر شده بودند، لذا قبل از چاپ جدید کتاب تجدید نظر اساسی در متن آن غیر قابل اجتناب نظر می‌رسانید. ویرایش جدیدی که از کتاب مذکور در اختیار علاقمندان عزیز قرار می‌گیرد شامل اصلاحات تکمیلی در کلیه فصول و خصوصاً مثال‌های نسبتاً متعددی در بخش‌های مختلف است تا در درک عمیق‌تر مطالب اساسی رضایت خاطر استفاده کنندگان کتاب را فراهم سازد.

اگر چه در این ویرایش جدید کتاب حد اکثر تلاش و سیوا نویسی کلمات بر طبق فرهنگ املاتی فرهنگستان زبان و ادب فارسی بعمل آمده است، لیکن به دلیل وجود پاره‌ای از نظرات ناهمسو در مورد چگونگی نویسی لغات دو یا چند کلمه‌ای بین استادان فی‌المکن است ایراداتی به طرز املای بعضی از این کلمات باشد که دیده اگماض خوانندگان عزیز را مطالب می‌کند. در هر صورت، نظرات اصلاحی کلیه استفاده کنندگان محترم کتاب خصوصاً دانشجویان عزیز در هر زمان غنیمت بوده و نه تنها به آن ارج نهاده می‌شود بلکه مصراً از ایشان در این مورد طلب یاری می‌شود تا در چاپ‌های بعدی استفاده از آن موجب کیفیت هر چه بهتر کتاب شود. در تهیه و آماده سازی کتاب حاضر دانشجویان و پرسنل انتشاراتی عزیزی همکاری داشته اند که جا دارد از همگی ایشان تشکر بسیار شود. سرکار خانم مهندس آناهیتا جوزدانی و آقایان مهندس سعید بهرامی و مهندس حسن شریفی زحمت فراوان بازترسیم شکل‌ها و نیز ترسیم شکل‌های جدید را متقبل شدند که کار خود را با حوصله فراوان به انجام رساندند. کار دقیق ایشان به شیوایی کتاب غنی بخشید. زحمات تایپ اولیه کتاب بعهده سرکار خانم زهرا

فروغی و کار پر حوصله صفحه بندی بعهدہ سرکار خانم مرضیہ خردمند بود کہ بار دیگر از
ہمہ این عزیزان تشکر می شود. و بالاخرہ از پرسنل زحمتکش چاپخانہ دانشگاه صنعتی
اصفہان قدردانی می شود.

محمد مہدی سعادت پور

مرداد ماہ ۱۳۹۴، رمضان ۱۴۳۶

www.ketab.ir

فهرست مطالب

۱	۱: آنالیز تنش
۱-۱	۱- مقدمه
۲-۱	۲- شرایط هادل
۳-۱	۳- بردار تنش
۴-۱	۴- تانسور تنش
۵-۱	۵- بردار تنش در راستای مختصات
۱۰	مؤلفه‌های عمودی و مماسی بر بردار تنش
۶-۱	۶- تبدیل تانسور تنش
۷-۱	۷- تنشهای اصلی
۸-۱	۸- تنش روی یک سطح اختیاری بر حسب تنشهای اصلی
۹-۱	۹- تنشهای برشی بیشینه یا کمینه
۱۰-۱	۱۰- دایره مور
۱۱-۱	۱۱- تنش هشت وجهی
۱۲-۱	۱۲- تانسور تنش انحرافی
۱۳-۱	۱۳- بیضوی تنش لame
۱۴-۱	۱۴- معادلات تعادل
۵۷	مسائل
۶۳	۲: کرنش (تغییر شکل نسبی)
۱-۲	۱- مقدمه
۲-۲	۲- بردار جابه‌جایی و میدان کرنش (تغییر شکل نسبی)
۳-۲	۳- گرادیان جابه‌جایی و جابه‌جایی نسبی واحد

۴-۲	تفکیک تانسور گرادیان جابه‌جایی به دو جزء متقارن و پادمتقارن.....	۸۳
۵-۲	تبدیل تانسور کرنش.....	۹۰
۶-۲	کرنش‌های اصلی.....	۹۳
۷-۲	کرنش‌های برشی در دستگاه مختصات اصلی.....	۹۷
۸-۲	کرنش‌های برشی اصلی.....	۹۹
۹-۲	کرنش هشت وجهی.....	۱۰۰
۱۰-۲	تانسور کرنش انحرافی.....	۱۰۲
۱۱-۲	معادلات همسازی.....	۱۰۴
	مسائلا.....	۱۰۶

۳: معادلات نیادی.....

۱-۳	مقدمه.....	۱۱۱
۲-۳	انرژی کرنشی در اجسام الاستیک - کاربرد قانون اول ترمودینامیک.....	۱۱۲
۳-۳	تعمیم قانون هوب.....	۱۱۵
۴-۳	تقارن در ساختمان داخلی مواد.....	۱۲۰
	تقارن الاستیک نسبت به یک سطح.....	۱۲۰
	تقارن الاستیک نسبت به دو سطح نامد.....	۱۲۲
	مواد ایزوتروپیک.....	۱۲۴
	روابط تنش-کرنش مواد ایزوتروپیک.....	۱۲۸
	روابط کرنش-تنش مواد ایزوتروپیک.....	۱۲۹
۵-۳	ضرایب الاستیک ماده ایزوتروپیک.....	۱۳۰
	برش خالص.....	۱۳۲
	فشار هیدرواستاتیک و مدول حجمی.....	۱۳۴
	روابط کرنش-تنش و تنش-کرنش بر حسب E و ν	۱۳۶
	روابط تنش انحرافی-کرنش انحرافی.....	۱۳۷
	مواد ارتوتروپیک.....	۱۳۹
	روابط تنش-کرنش دو بعدی در دستگاه غیر اصلی ماده.....	۱۴۰
۶-۳	تنش‌های حرارتی.....	۱۴۲
۷-۳	انرژی کرنشی مواد خطی.....	۱۴۵
	انرژی کرنشی سیستم تحت تغییر درجه حرارت.....	۱۴۸

۱۴۹	۸-۳ تفکیک انرژی کرنشی
۱۵۴	مسائل
۱۶۱	۴: معادلات الاستیسیته برای مواد ایزوتروپیک و فرمول بندی مسائل دوبعدی
۱۶۱	۱-۴ مقدمه
۱۶۳	۲-۴ معادلات الاستیسیته بر حسب جابه جایی
۱۶۵	اثر تغییر درجه حرارت
۱۶۸	۳-۴ معادلات الاستیسیته بر حسب مؤلفه های تنش
۱۷۲	صلاب برهم نهی
۱۷۴	وجود و منحصر به فرد بودن حل مسائل الاستیسیته
۱۷۵	اصل اصل و زان
۱۸۳	۴-۴ توابع تنش (۱۵)
۱۸۶	۵-۴ مسائل دوبعدی الاستیسیته
۱۸۷	مسأله کرنش مستوی (تغییر شکل مستوی)
۱۹۷	مسأله تنش مستوی
۲۰۳	۶-۴ تابع تنش ایری
۲۰۶	شکل تابع تنش
۲۱۱	مسائل
۲۱۷	۵: حل مسائل دوبعدی
۲۱۷	۱-۵ کلیات
۲۱۸	۲-۵ روش حل مسائل دوبعدی الاستیسیته
۲۱۹	۳-۵ حل چند نمونه مسائل ساده
۲۱۹	کشش یکبندی تیر با مقطع مستطیلی یکنواخت
۲۲۱	خمش خالص تیر با مقطع یکنواخت
۲۲۲	تغییر مکان تیر تحت اثر خمش خالص
۲۲۴	خمش تیر با مقطع مستطیلی تحت بار گسترده یکنواخت
۲۲۷	۴-۵ تیر طره ای تحت اثر بار متمرکز - مقطع یکنواخت مستطیلی
۲۲۷	معادلات میدان تنش
۲۳۰	معادلات میدان جابه جایی
۲۳۶	۵-۵ تیر طره ای تحت اثر بار متمرکز - مقطع یکنواخت اختیاری

۲۳۹.....	تیر با مقطع دایره.....
۲۴۲.....	۶-۵ دیوارهای حایل با مقطع مثلثی و مستطیلی.....
۲۴۲.....	مقطع مثلثی.....
۲۴۴.....	مقطع مستطیلی.....
۲۴۵.....	۷-۵ حل سری فوریه تیرها.....
۲۴۸.....	مسائل.....

۶: مسائل الاستیسیته در دستگاه منحنی الخط..... ۲۵۱

۲۵۱.....	۱-۶ مسئله.....
۲۵۱.....	۲-۶ مناسبات منحنی الخط.....
۲۵۶.....	۳-۶ تبدیل انرژی برای شش‌گیری.....
۲۵۷.....	۴-۶ ضرایب متریک.....
۲۶۳.....	۵-۶ گرادیان، دیوژانس کرل و لاپلاسین.....
۲۶۳.....	گرادیان.....
۲۶۴.....	دیورژانس.....
۲۶۵.....	کرل.....
۲۶۷.....	لاپلاسین.....
۲۶۹.....	۶-۶ معادلات تعادل در دستگاه استوانه‌ای.....
۲۷۱.....	مسائل مقارن محوری با بار مقارن.....
۲۷۲.....	۷-۶ کرنش در دستگاه استوانه‌ای.....
۲۷۵.....	مسائل استوانه با بار مقارن مرکزی.....
۲۷۸.....	۸-۶ وضعیت تنش در استوانه‌های جدار ضخیم.....
۲۸۱.....	۹-۶ معادله همسازی مسائل دوبعدی در دستگاه استوانه‌ای.....
۲۸۲.....	حل کلی معادله بلترامی - میشل.....
۲۸۳.....	مسائل مقارن محوری.....
۲۸۵.....	۱۰-۶ تیر خمیده.....
۲۸۷.....	۱۱-۶ تمرکز تنش حول یک سوراخ.....
۲۹۱.....	۱۲-۶ تنش در گوه.....
۲۹۳.....	۱۳-۶ مسائل نمونه.....
۲۹۳.....	نیم‌فضای دوبعدی تحت اثر نیروی متمرکز (مسأله فلامانت).....

۲۹۴.....	نیم فضای دوبعدی تحت اثر لنگر متمرکز.....
۲۹۵.....	نیم فضای دوبعدی تحت اثر بار گسترده روی نیمی از آن.....
۲۹۶.....	۱۴-۶ دستگاه مختصات کروی.....
۲۹۶.....	معادلات تعادل.....
۲۹۷.....	معادلات کرنش - جابه جایی.....
۲۹۹.....	مسائل.....

۷: پیچش..... ۳۰۵

۳۰۵.....	۱-۷ پیچش اعضاء منشوری.....
۳۰۸.....	شرایط مرزی.....
۳۱۱.....	۲-۷ حل - د مسائل نمونه.....
۳۱۱.....	پیچش متغیر بیضی شکل.....
۳۱۴.....	انرژی کرنشی پیچشی مقاطع بیضی.....
۳۱۵.....	پیچش مقطع مستطیل.....
۳۲۰.....	پیچش مقاطع باریک غیر مستطیل.....
۳۲۰.....	پیچش مقطع مثلثی.....
۳۲۳.....	۳-۷ پیچش عضو مدور با مقطع غیر یکساخت [۴].....
۳۲۷.....	۴-۷ روش تشابهی پوانتیل.....
۳۳۰.....	۵-۷ پیچش مقاطع مستطیلی باریک.....
۳۳۳.....	پیچش مقاطع مرکب باریک.....
۳۳۳.....	۶-۷ پیچش تیرهای مقید در مقابل تابیدگی.....
۳۳۸.....	مسائل.....

۸: روش های انرژی..... ۳۴۱

۳۴۱.....	۱-۸ مقدمه.....
۳۴۲.....	۲-۸ تعاریف کار مجازی و کار مکمل مجازی.....
۳۴۳.....	۳-۸ اصل تغییر مکان مجازی.....
۳۴۷.....	عضو با بار محوری.....
۳۴۹.....	عضو خمشی با بار عرضی.....
۳۵۲.....	۴-۸ اصل نیروی مجازی.....
۳۵۵.....	عضو با بار محوری.....

۳۵۷	عضو خمشی با بار عرضی
۳۶۰	۵-۸ قانون بتی
۳۶۴	۶-۸ روش های تغییراتی
۳۶۴	حساب تغییراتی
۳۶۸	حساب دیفرانسیل و حساب تغییراتی
۳۷۲	شرایط مرزی طبیعی
۳۷۳	۷-۸ اصل حداقل انرژی پتانسیل کل
۳۸۰	۸-۸ قضیه اول کاستیگلیانو
۳۸۳	۹-۸ اصل حداقل انرژی پتانسیل مکمل کل
۳۸۸	۱۰-۸ قضیه انگ و قضیه دوم کاستیگلیانو
۳۹۴	۱۱-۸ قضیه بار حدس
۴۰۵	مسائل

۹: آنالیز غیرخطی

۴۰۹	۱-۹ مقدمه
۴۱۰	۲-۹ تانسور کرنش گرین، کرنش غیر خط (محدود)
۴۱۶	کرنش گرین بر حسب اتساع
۴۱۸	راستای المان خطی بعد از تغییر شکل
۴۲۴	۳-۹ تانسور کرنش المانسی
۴۲۸	راستای المان خطی قبل از تغییر شکل
۴۳۳	۴-۹ تنش در تغییر شکل های محدود
۴۳۴	تانسور تنش پیولا کیرشهف
۴۴۲	مسائل

ضمائم

ضمیمه ۱: کمیات تانسوری و جمع بندی اندیسی

۴۴۵	ض ۱-۱ مقدمه
۴۴۵	ض ۲-۱ مقادیر عددی، بردار و تانسور
۴۴۷	ض ۳-۱ قرارداد جمع بستن
۴۴۹	ض ۴-۱ علامات δ_{ij} و ϵ_{ijkl} (دلتای کرونگر و تانسور جایگشت)

ضمیمه ۲ ۴۵۳

تبدیل انتگرال در حالت دویعدی ۴۵۳

قضیه دیورژانس ۴۵۵

www.ketab.ir