

مبانی
مکانیک محیط‌های پیوسته

تألیف: دکتر امید رضا بارانی

www.ketab.ir



شماره ۵۳۰

سرشناسه: بارانی، امیدرضا، ۱۳۵۶ -

عنوان و نام پدیدآور: مبانی مکانیک محیط‌های پیوسته/تالیف امیدرضا بارانی.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۴۰۱.

فروست: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ ۵۳۰.

مشخصات ظاهری: ۳۳۹ص: نمودار.

شابک: 978-622-5234-14-7

وضعیت فهرست نویسی: فیپا.

یادداشت: واژه‌نامه.

یادداشت: نمایه.

موضوع: مکانیک پیوستار--راهنمای آموزشی(عالی)/ Continuum mechanics -- Study and teaching (Higher)

موضوع: مکانیک پیوستار--مسائل-تمرین‌ها و غیره (عالی)/ Continuum mechanics -- Problems, exercises, etc. (Higher)

رده‌بندی کنگره: QA۸۰۸/۲

رده‌بندی دیویی: ۵۳۱/۰۷۶

شماره کتابشناسی ملی: ۹۱۳۷۰۶۵

press.kntu.ac.ir



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: مبانی مکانیک محیط‌های پیوسته

مؤلف: دکتر امیدرضا بارانی

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: اسفند ۱۴۰۱

شمارگان: ۲۰۰ جلد

چاپ: نقش آفرین

صحافی: گرنامی

قیمت: ۱۵۵,۰۰۰ تومان

تمام حقوق برای ناشر محفوظ است

خیابان میرداماد غربی - شماره ۴۷۰ - انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲

میدان ونک - خیابان ولی‌عصر(ع) - بالاتر از چهارراه میرداماد - شماره ۲۶۲۶ - مرکز پخش و فروش انتشارات

تلفن: ۸۸۷۷۲۲۷۷ رایانامه: press@kntu.ac.ir - تارنما (فروش برخط): press.kntu.ac.ir

پیشگفتار

خداوند متان را حمد و سپاس می‌گویم و بر فرستاده‌اش حضرت محمد(ص) و خاندان پاکش درود می‌فرستم. هرچند دست و زبان را یارای شکری سزاوار ذات اقدسش نیست، بدین وسیله مراتب شکرگزاری خویش را بابت توفیقی که در نگارش این کتاب نصیب بنده فرمود اظهار می‌دارم.

مکانیک محیط‌های پیوسته، یکی از دروس اساسی دوره کارشناسی ارشد در رشته‌هایی نظیر مهندسی عمران و مهندسی مکانیک می‌باشد که در آن اصول علم مکانیک نیوتونی برای حل مسائل مهندسی تشریح می‌شود. فراگیری این علم به کلیه دانشجویان مهندسی عمران و مکانیک و به‌خصوص کسانی که قصد یادگیری روش‌های عددی را دارند توصیه و تأکید می‌گردد. هدف از نگارش این کتاب، تهیه مجموعه‌ای است که به‌طور ساده مبانی مکانیک محیط‌های پیوسته را شرح دهد و تا آنجا که امکان‌پذیر است، مثال‌های متنوعی را برای روشن شدن مطلب و درک بهتر مفاهیم ارائه نماید. در این کتاب از رهنمودها و تألیفات اساتید فن، جناب آقای دکتر محمد رحیمیان و جناب آقای دکتر محمد مهدی سعادتیور، برای بیان هرچه ساده‌تر مفاهیم استفاده شده است که در اینجا کمال سپاسگزاری از ایشان به عمل می‌آید. اگرچه در تهیه این کتاب حداکثر تلاش برای جلب رضایت خوانندگان در انتقال مفاهیم به‌عمل آمده است، ولی نظرات اصلاحی کلیه اساتید و دانشجویان عزیز در هر زمان غنیمت شمرده شده و از آنان بابت یاری رساندن در هرچه بهتر نمودن این کتاب در چاپ‌های بعدی قدردانی می‌گردد.

ترتیب ارائه مطالب در این کتاب به صورت زیر است:

فصل اول جبر حاکم بر بردارها و تانسورها برای بیان مناسب اصول مکانیک محیط‌های پیوسته شرح داده می‌شود. فصل دوم به مطالعه حرکت و تغییر شکل پرداخته و مفهوم کرنش در تغییر شکل‌های بزرگ تشریح می‌شود. در فصل سوم مفهوم تنش مورد بررسی قرار می‌گیرد. فصل چهارم قوانین بقا و اصول حاکم بر مکانیک محیط‌های پیوسته بیان می‌شوند. فصل پنجم چگونگی ارتباط تنش و کرنش را بازگو می‌کند. از آنجا که ارتباط تنش و کرنش در حالت الاستوپلاستیک از اهمیت زیادی برخوردار است، فصل ششم به تشریح آن اختصاص یافته است.

فهرست مطالب

۱	فصل اول: بردار و تانسور
۱	۱-۱- مقدمه
۲	۲-۱- جبر بردارها
۲	۱-۲-۱- بردار یکه
۳	۲-۲-۱- جمع بردارها
۳	۳-۲-۱- مؤلفه‌های یک بردار
۴	۴-۲-۱- نمایش اندیسی و قرار دادن جمع اندیسی
۵	۵-۲-۱- دلتای کرونکر
۷	۶-۲-۱- ضرب داخلی
۸	۷-۲-۱- ضرب خارجی (ضرب برداری)
۹	۸-۲-۱- نماد چرخشی
۹	۹-۲-۱- ضرب سه‌گانه اسکالر
۱۰	۱۰-۲-۱- اتحاد δ -E
۱۳	۱۱-۲-۱- ضرب سه‌گانه برداری
۱۴	۳-۱- تبدیل دستگاه مختصات
۱۷	۱-۳-۱- مختصات نقاط در دستگاه جدید
۱۹	۲-۳-۱- انتقال دستگاه مختصات
۱۹	۴-۱- ماتریس‌ها
۱۹	۱-۴-۱- ضرب ماتریس‌ها
۲۰	۲-۴-۱- ترانپوذه ماتریس
۲۰	۳-۴-۱- اثر ماتریس مربعی 3×3

۲۰	۵-۱- تانسور
۲۱	۱-۵-۱- ویژگی‌های تانسور
۲۲	۲-۵-۱- مقادیر ویژه و بردارهای ویژه یک تانسور مرتبه دوم
۲۳	۳-۵-۱- بردار ویژه
۲۴	۴-۵-۱- مقادیر و بردارهای ویژه توان‌های یک تانسور
۲۴	۵-۵-۱- ماتریس مثبت معین
۲۴	۶-۵-۱- ضرب جفتی یا تانسوری
۲۶	۷-۵-۱- دستگاه اصلی
۲۷	۸-۵-۱- ضرب عددی دو تانسور
۲۸	۹-۵-۱- قضیه کیلی-همیلتون
۲۸	۱۰-۵-۱- تانسورهای مرتبه بالاتر
۲۹	۱۱-۵-۱- تانسورهای همسان
۳۰	۶-۱- حساب بردارها
۳۰	۱-۶-۱- گرادیان
۳۰	۱-۶-۱-۱- گرادیان میدان اسکالر
۳۲	۱-۶-۲- گرادیان میدان برداری
۳۳	۱-۶-۳- گرادیان میدان تانسوری
۳۳	۱-۶-۴- گرادیان تابع تانسوری با مقدار اسکالر
۳۴	۱-۶-۵- گرادیان تابع تانسوری با مقدار تانسور
۳۵	۱-۶-۲- دیورژانس
۳۶	۱-۶-۳- لاپلاسین
۳۶	۱-۶-۴- کرل میدان برداری
۳۷	۷-۱- دستگاه مختصات منحنی‌الخط
۳۷	۷-۱-۱- دستگاه مختصات استوانه‌ای
۴۱	۷-۲- دستگاه مختصات کروی
۴۴	۸-۱- تمرین‌های فصل اول
۴۶	۹-۱- فهرست مراجع

فصل دوم: تغییر شکل

- ۴۷ ۱-۲- مقدمه
- ۴۷ ۱-۱-۲- سیستم مختصات لاگرانژی (مادی)
- ۵۰ ۲-۱-۲- سیستم مختصات اویلری (فضایی)
- ۵۱ ۳-۱-۲- انواع حرکت و خطوط جریان
- ۵۴ ۲-۲- کرنش
- ۵۵ ۱-۲-۲- تغییر طول نسبی
- ۵۶ ۲-۲-۲- کرنش طولی گرین-لاگرانژ
- ۵۹ ۳-۲-۲- مؤلفه برشی کرنش
- ۵۹ ۴-۲-۲- مؤلفه برشی کرنش گرین-لاگرانژ
- ۶۲ ۳-۲- بررسی تانسور کرنش گرین لاگرانژ از روابط اندیسی و برداری
- ۶۶ ۱-۳-۲- کرنش طولی گرین-لاگرانژ در راستای دلخواه
- ۶۸ ۲-۳-۲- زاویه بین دو امتداد تغییر شکل یافته
- ۷۲ ۴-۲- تغییرات جزء حجمی در اثر تغییر شکل
- ۷۶ ۱-۴-۲- کرنش حجمی
- ۷۶ ۵-۲- تغییرات جزء سطح در اثر تغییر شکل
- ۸۱ ۶-۲- تانسور کرنش متوسط، تانسور کرنش انحراف آور
- ۸۱ ۷-۲- تفکیک گرادیان جابه‌جایی به دو جزء متقارن و پادمقارن
- ۸۴ ۸-۲- تانسور نرخ تغییر شکل
- ۸۵ ۹-۲- ارتباط بین نرخ کرنش گرین - لاگرانژ و نرخ تغییر شکل
- ۸۷ ۱۰-۲- شرط همسازی کرنش‌ها
- ۹۱ ۱۱-۲- تجزیه قطبی تانسور گرادیان تغییر شکل
- ۹۷ ۱۲-۲- معیارهای دیگر کرنش در توصیف فضایی
- ۱۰۱ ۱۳-۲- مشتق ژاکوبین نسبت به زمان
- ۱۰۳ ۱۴-۲- تمرین‌های فصل دوم
- ۱۰۶ ۱۵-۲- فهرست مراجع

فصل سوم: تنش

- ۱۰۷ ۱-۳- مقدمه

۱۰۷	۲-۳- بردار تنش
۱۰۹	۳-۳- قضیه کوشی
۱۰۹	۱-۳-۳- قانون عمل و عکس العمل نیوتون
۱۱۰	۱-۳-۳- قضیه کوشی
۱۱۴	۴-۳- تانسور تنش
۱۱۵	۱-۴-۳- تقارن تانسور تنش
۱۱۶	۲-۴-۳- مؤلفه عمودی و برشی بردار تنش
۱۱۷	۵-۳- تنش های اصلی و محورهای اصلی تنش
۱۲۰	۱-۵-۳- مقادیر اکسترمم تنش ها
۱۲۴	۶-۳- تنش روی صفحه اختیاری بر حسب تنش های اصلی
۱۲۵	۱-۶-۳- بیشینه تنش های برشی
۱۲۶	۷-۳- تنش انحراف آور
۱۳۱	۸-۳- تنش هشت وجهی
۱۳۳	۹-۳- تانسورهای تنش پایولا - کرشلف
۱۳۳	۱-۹-۳- اولین تانسور تنش پایولا - کرشلف
۱۳۴	۲-۹-۳- دومین تانسور تنش پایولا - کرشلف
۱۳۸	۱۰-۳- تمرین های فصل سوم
۱۴۰	۱۱-۳- فهرست مراجع
۱۴۱	فصل چهارم: قوانین بقا
۱۴۱	۱-۴- مقدمه
۱۴۱	۲-۴- قضیه دیورژانس گاوس
۱۴۳	۳-۴- شارگذرنده از سطح
۱۴۴	۴-۴- قانون بقای جرم - معادلات پیوستگی
۱۴۴	۱-۴-۴- توصیف لاگرانژی قانون بقای جرم ;
۱۴۴	۲-۴-۴- توصیف اویلری قانون بقای جرم
۱۴۷	۵-۴- بیان ساده معادلات حرکت و تعادل
۱۴۷	۱-۵-۴- معادله بقای اندازه حرکت در سیستم مختصات اویلری
۱۵۰	۲-۵-۴- معادله بقای اندازه حرکت در سیستم مختصات لاگرانژی