



دانشگاه پیام نور

مکانیک محیط‌های پیوسته ۱

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

www.ketab.ir

دکتر زهره ابراهیمی

سرشناسه	ابراهیمی، زهره، ۱۳۵۹ -
عنوان و نام پدید آور	مکانیک محیط‌های پیوسته ۱ (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک) / زهره ابراهیمی؛ ویراستار علمی: محمدرضا زنگونی مطلق؛ تهیه و تولید دفتر تدوین و تولید کتب و محتوای آموزشی، [دانشگاه پیام نور].
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	دوازده، ۲۶۱ ص: مصور.
فروست	دانشگاه پیام نور؛ ۲۲۹۳. گروه مهندسی مکانیک؛ ۳ / آ.
شابک	978 - 964 - 14 - 0340 - 1
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	واژه‌نامه.
داشت	کتابنامه: ص. ۲۶۱؛ همچنین به صورت زیرنویس.
موضوع	مکانیک پیوستار - آموزش برنامه‌ای
موضوع	Continuum mechanics - programmed instruction
موضوع	مکانیک پیوستار - آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی).
موضوع	Continuum mechanics - examinations, questions, etc (higher)
موضوع	مکانیک پیوستار - مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)
موضوع	Continuum mechanics - problems, exercises, etc (higher)
شناسه افزوده	زنگونی مطلق، محمدرضا، ۱۳۶۱ - ویراستار
شناسه افزوده	دانشگاه پیام نور
شناسه افزوده	دفتر تدوین و تولید کتب و محتوای آموزشی
رده بندی کنگره	QA۸۰۸/۲۱ ۱۳۹۵
رده بندی دیویی	۶۳۱/۰۶
شماره کتابشناسی ملی	۴۵۸۰۱۶۴



مکانیک محیط‌های پیوسته

مؤلف: دکتر زهره ابراهیمی

ویراستار علمی: دکتر محمدرضا زنگونی مطلق

تهیه و تولید: دفتر تدوین و تولید کتب و محتوای آموزشی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ و توزیع دانشگاه پیام نور

شمارگان: ۲۰۰ نسخه

نوبت و تاریخ چاپ: چاپ اول شهریور ۱۳۹۶

شابک: ۱ - ۰۳۴۰ - ۱۴ - ۹۶۴ - ۹۷۸

ISBN: 978 - 964 - 14 - 0340 - 1

فروش این کتاب فقط از طریق نمایندگی‌های دانشگاه پیام نور مجاز می باشد و فروش
آن در سایر مراکز فروش کتاب موجب تعقیب قانونی فروشنده خواهد گردید.

(کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر محفوظ و متعلق به دانشگاه پیام نور است. تولید، کپی یا خلاصه برداری، نشر و ترجمه، چاپ، فهرست، توزیع گسترده،
تهیه CD و... این اثر با بخشی از آن هم از متن، طرح پشت و روی جلد و... بدون اخذ مجوز کتبی از معاونت فناوری و پژوهش دانشگاه خلاف مقررات و
تعارض به حقوق مادی و معنوی دانشگاه است. متخلفین وفق قانون حمایت از مولفان و مصنفان و هنرمندان دارای مسئولیت حقوقی و کیفری بوده و تحت
پیگرد قرار می گیرند.)

قیمت: ۱۱۰۰۰۰ ریال

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	نه
مقدمه.....	یازده
فصل اول. بردارها و تئورها.....	۱
هدف کلی.....	۱
هدف‌های یادگیری.....	۱
مقدمه.....	۱
۱-۱ مبانی جبر و آنالیز بردارها و تئورها.....	۲
۱-۱-۱ نمادها.....	۳
۱-۱-۲ اتحاد δ - e	۶
۲-۱ تعاریف و نوشتارهای جبر بردارها.....	۷
۱-۲-۱ جمع بردارها.....	۷
۲-۲-۱ ضرب بردار با اسکالر.....	۸
۳-۲-۱ وابستگی خطی بردارها.....	۸
۴-۲-۱ ضرب داخلی بردارها.....	۱۰
۵-۲-۱ ضرب خارجی بردارها.....	۱۱
۳-۱ محاسبات و جبر تئورها.....	۱۳
۱-۳-۱ مفهوم تئور.....	۱۴
۲-۳-۱ قوانین اصلی جبر تئورها.....	۱۶
۳-۳-۱ تئورهای ویژه.....	۱۹
۴-۱ حساب بردارها و تئورها.....	۳۲
۱-۴-۱ توابع یا متغیرهای اسکالر و برداری.....	۳۳
۲-۴-۱ عملگرهای ویژه.....	۳۵
۵-۱ تئوری انتگرال‌ها.....	۴۱
۱-۵-۱ تئوری انتگرال گوس.....	۴۱

۴۱	۲-۵-۱ سایر تنوری های انگرال گیری
۴۲	۳-۵-۱ تنوری استوکس
۴۳	خلاصه فصل اول
۴۳	خودآزمایی تشریحی فصل اول
۴۷	فصل دوم. سینماتیک محیط پیوسته
۴۷	هدف های یادگیری
۴۷	مقدمه
۴۸	۱-۲ توصیف حرکت
۴۹	۱-۱-۲ تابع مکان
۵۰	۱-۲-۱ توصیف مادی و فضایی حرکت
۵۱	۲-۲ جابه جایی، سرعت و شتاب
۵۶	۳-۲ مسبق مادی
۵۹	۳-۲-۱ گریبان کرنش
۶۰	۴-۲ تبدیل المان های سطحی و حجمی
۶۱	۴-۲-۱ المان های جرم
۶۳	۵-۲ کرنش و تغییر شکل
۶۳	۵-۲-۱ تنوری تجزیه قفا
۶۴	۵-۲-۲ تنسورهای کرنش و تغییر شکل
۶۷	۵-۲-۳ نظریه تغییر شکل بسیار کوچک
۷۳	۶-۲ گرادیان سرعت و نرخ تغییر شکل
۷۴	۶-۲-۱ نرخ تغییر طول و نرخ چرخش
۷۴	۶-۲-۲ نرخ تغییر طول چپ گرد و راست گرد
۷۶	۷-۲ شرایط سازگاری کرنش ها در تغییر مکان های کوچک
۷۷	خلاصه فصل دوم
۷۷	خودآزمایی تشریحی فصل دوم
۸۱	فصل سوم. مفهوم تنش
۸۱	هدف کلی
۸۱	هدف های یادگیری
۸۱	مقدمه
۸۲	۱-۳ نیروهای سطحی و حجمی
۸۲	۱-۱-۳ نیروهای حجمی خارجی
۸۳	۲-۱-۳ نیروهای سطحی خارجی
۸۴	۳-۱-۳ نیروی کلی مؤثر بر جسم
۸۵	۲-۳ اصل تنش کوشی
۸۵	۲-۳-۱ قضیه کوشی
۸۹	۲-۲-۳ مؤلفه های تنش

۳-۳	تنش‌های اصلی و تبدیل مؤلفه‌های تنش	۹۵
۳-۳-۱	تنش‌های اصلی	۹۵
۳-۳-۲	تبدیلات و مؤلفه‌های تنش	۹۹
۳-۴	تنسور تنش در مقیاس‌های بسیار کوچک	۱۰۲
۳-۴-۱	تنش وزنی (کرشهف)	۱۰۲
۳-۴-۲	تنش اول پیلا-کرشهف	۱۰۳
۳-۴-۳	تنش دوم پیلا-کرشهف	۱۰۳
۳-۴-۴	تنسور تنش در مقیاس‌های خطی	۱۰۳
	خلاصه فصل سوم	۱۰۴
	خودآزمایی تشریحی فصل سوم	۱۰۴
	فصل چهارم: خواندن اساسی بقا	۱۰۷
	هدف کلی	۱۰۷
	هدف‌های یادگیری	۱۰۷
	مقدمه	۱۰۷
۴-۱	قوانین اصلی بقا در مکانیک	۱۰۸
۴-۱-۱	بیان کلی تعادل	۱۰۸
۴-۱-۲	بیان محلی تعادل اساسی	۱۰۹
۴-۱-۳	روابط تعادل در مکانیک	۱۱۱
۴-۲	قانون بقای انرژی و اصول ترمودینامیک	۱۱۵
۴-۲-۱	قانون بقای انرژی	۱۱۵
۴-۲-۲	توان تنش	۱۱۷
۴-۲-۳	بقای انرژی مکانیکی در سیستم‌های پایسته	۱۱۸
۴-۳	اصل دالامبرت و قانون کار مجازی	۱۱۹
۴-۳-۱	اصل دالامبرت	۱۱۹
۴-۳-۲	اصل کار مجازی	۱۲۰
۴-۴	ترمودینامیک مواد	۱۲۰
۴-۴-۱	قوانین ترمودینامیک	۱۲۰
۴-۴-۲	نابرابری آنتروپی	۱۲۳
۴-۴-۳	پتانسیل‌های ترمودینامیکی	۱۳۱
	خلاصه فصل چهارم	۱۴۰
	خودآزمایی تشریحی فصل چهارم	۱۴۰
	فصل پنجم: جامدات الاستیک خطی و سیالات کلاسیک	۱۴۳
	هدف کلی	۱۴۳
	هدف‌های یادگیری	۱۴۳
	مقدمه	۱۴۳
۵-۱	جامدات الاستیک خطی	۱۴۴

۱۴۶	۱-۱-۵ انرژی کرنشی
۱۴۷	۲-۱-۵ قانون هوک برای جامد الاستیک خطی ایزوتروپیک (همسانگرد)
۱۵۱	۳-۱-۵ جامد الاستیک خطی غیرهمسانگرد
۱۶۱	۲-۵ سیالات کلاسیک
۱۶۱	۱-۲-۵ تئوسور تنش لزج، سیالات استوکی و سیالات نیوتنی
۱۶۶	۲-۲-۵ سیالات غیرنیوتنی
۱۶۷	۳-۲-۵ معادلات اساسی جریان لزج، معادلات نویر استوکس
۱۶۹	خلاصه فصل پنجم
۱۷۰	خودآزمایی تشریحی فصل پنجم
۱۷۳	فصل ششم سایر مدل‌های مکانیک جامدات در محیط پیوسته
۱۷۳	هدف کلی
۱۷۳	هدف‌های یادگیری
۱۷۳	مقدمه
۱۷۴	۱-۶ ویسکوالاستیسیته خطی
۱۷۴	۱-۱-۶ مدل‌های اساسی در ویسکوالاستیسیته
۱۷۹	۲-۱-۶ مدل‌های دو-تخم ویسکوالاستیک
۱۸۳	۳-۱-۶ مدل‌های اشتاندارد ویسکوالاستیسیته
۱۹۰	۲-۶ مواد ترموالاستیک
۱۹۰	۱-۲-۶ کاربرد ترموالاستیسیته در کرنش‌های محوری
۱۹۶	۲-۲-۶ مسائل متصل ترموالاستیسیته
۱۹۶	۳-۲-۶ ترموالاستیسیته خطی
۱۹۷	۴-۲-۶ تعیین پارامترهای ماده
۲۰۳	خلاصه فصل ششم
۲۰۴	خودآزمایی تشریحی فصل ششم
۲۰۷	نمونه مسائل تشریحی و حل
۲۴۳	پیوست. قوانین انتقال، بردارهای ویژه و مقادیر ویژه تئوسورها
۲۴۳	الف-۱ قوانین انتقال بردارها و ماتریس‌ها
۲۴۸	الف-۲ مقادیر اصلی و جهت‌های اصلی تئوسورهای مرتبه ۲
۲۵۹	واژه‌نامه انگلیسی - فارسی
۲۶۱	منابع

پیشگفتار

مکانیک محیط‌های پراسته یکی از دروس اصلی مقطع کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک است، که در سال اول این مقطع تدریس می‌شود. این درس به‌عنوان پیش‌نیاز دروس دیگری مانند الایستیسیته، ویسکوالاستیسیته و پلاستیسیته شناخته شده‌است. کتاب حاضر به‌عنوان منبع درس مقطع کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه پیام‌نور تألیف شده‌است. با توجه به خط‌مشی کلی دانشگاه پیام‌نور، تطابق با سرفصل‌های مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ضروری است. به همین دلیل، مؤلف کتاب سعی بر این داشته است که ضمن رعایت کامل سرفصل‌های مصوب وزارت علوم، مطالب به‌صورت ساده و روان ارائه شوند.

مطالب این کتاب در شش فصل و یک پیوست تنظیم شده است و می‌توان آن‌ها را به دو قسمت تقسیم‌بندی کرد. در قسمت اول مطالب اساسی مکانیک محیط‌های پیوسته ارائه شده و شامل فصل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ است. قسمت دوم کاربرد این مطالب در مسائل مکانیک جامدات مانند الایستیسیته، ویسکوالاستیسیته و پلاستیسیته و مکانیک سیالات کلاسیک اختصاص داده شده‌است. برای درس مکانیک محیط‌های پیوسته ۱، که طی یک دوره ۳ ماهه تدریس می‌شود، مطالب چهارفصل اول و قسمتی از فصل پنجم مناسب است.

باوجود منابع لاتین زیادی که در موضوع مکانیک محیط پیوسته در دسترس هستند، منابع تألیف فارسی بسیار محدودند. از طرفی در این کتاب علاوه بر اینکه مطالب به‌صورت کامل بیان شده‌اند، ساده، روان و خودخوان نیز هستند. مثال‌های متعددی که در متن کتاب آورده شده‌است نیز یادگیری مفاهیم را راحت می‌سازد و

به این ترتیب، کتاب حاضر علاوه بر دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور، می تواند مورد استفاده سایر دانشجویان و محققان نیز قرار بگیرد. از عزیزانی که ضمن مطالعه کتاب، با ارائه انتقادات و پیشنهادهای خود مؤلف را از اشتباهات و لغزش های احتمالی مطلع سازند و این امکان را فراهم آورند تا در فرصت های آتی مطالب منسجم تر و آراسته تر ارائه شود، کمال تشکر را دارم. موجب خرسندی است اگر نظرات خود را از طریق نشانی الکترونیک زیر با نگارنده در میان بگذارید.

z.ebrahimi@pnu.ac.ir

زهره ابراهیمی