



پایان پژوهش

کتاب ارشد

مهندسی شیمی، نفت، فرآوری گاز،
پلیمر و مخازن هیدروکربوری

کاربرد ریاضیات در مهندسی شیمی

(اصول، کاربردها و مفاهیم)

مؤلفین:

سجاد افشاریان کمیل کیهانی

پاییز ۱۳۸۵

- سرشناسه : افشاریان، سجاد، ۱۳۵۷ -
- عنوان و پدیدآور : کاربرد ریاضیات در مهندسی شیمی: اصول کاربردها و مفاهیم/مولفین سجاد افشاریان ؛ کمیل کیهانی.
- مشخصات نشر : تهران: پوران پژوهش، ۱۳۸۵.
- مشخصات ظاهری : ۶۲۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.
- شابک : 964-2547-31-7
- یادداشت. : فبیا
- یادداشت : کتابنامه: ص. ۶۲۱ - ۶۲۲.
- عنوان دیگر : بالای عنوان: کتاب ارشد مهندسی شیمی، نفت، فرآوری گاز، پلیمر و مخازن هیدروکربوری.
- موضوع : شیمی مهندسی -- ریاضیات.
- موضوع : ریاضیات -- مسائل، تمرینها و غیره (عالی).
- موضوع : ریاضیات -- آزمون ها و تمرین ها (عالی).
- موضوع : آزمون دوره های تحصیلات تکمیلی -- ایران.
- موضوع : دانشگاه ها و مدارس عالی -- ایران -- آزمون ها.
- شناسه افزوده : کیهانی، کمیل، ۱۳۵۶ -
- رده بندی کنگره : ۷الف۹/۲/۱۵۵TP
- رده بندی دیویی : ۶۶۰/۰۱۵۱
- شماره کتابخانه ملی : ۸۵-۲۹۸۲۲م

انتشارات پوران پژوهش

نام کتاب:	کاربرد ریاضیات در مهندسی شیمی
تألیف:	سجاد افشاریان و کمیل کیهانی
ناشر:	پوران پژوهش
حروفچینی:	پوران پژوهش
چاپ:	آرش
صحافی:	مهر
شمارگان:	۱۰۰۰ نسخه
نوبت چاپ:	اول - ۱۳۸۵
قیمت:	۸۶۰۰۰ ریال
شابک:	۹۶۴-۲۵۴۷-۳۱-۷

ISBN 964-2547-31-7

بسمه تعالی

مقدمه ناشر

نگاهی به تعداد داوطلبان آزمون کارشناسی ارشد نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر تقاضا برای ادامه تحصیل در دوره‌های تحصیلات تکمیلی دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی به طور چشمگیری افزایش یافته است.

مشکل اساسی اغلب داوطلبان، تعدد و تنوع منابع درسی و عدم آگاهی آن‌ها از این منابع است. با بیش از ده سال سابقه در برگزاری دوره‌های آمادگی آزمون کارشناسی ارشد، موسسه فرهنگی و آموزشی پوران پژوهش مجموعه‌ای را تحت عنوان کتاب ارشد تدوین کرده است. در این مجموعه پس از ارائه کامل شرح درس در هر فصل سئوالات تفکیک شده کنکورهای ۱۵ سال اخیر ارائه شده و بصورت تشریحی پاسخ داده شده است. این مجموعه به دلیل ارائه کامل شرح درس، قابل استفاده دانشجویان سال‌های پایین‌تر نیز می‌باشد و می‌تواند به عنوان مرجع درسی بسیار مناسبی برای دانشجویان و اساتید محترم دانشگاه‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

کتاب ارشد که برای کمک به داوطلبان و جلوگیری از پراکندگی خوانی آن‌ها تدوین شده است در مهرماه سال ۸۰ در پانزده رشته دانشگاهی در اختیار متقاضیان قرار گرفته است. موسسه پوران پژوهش مصمم است به لطف خدا و با همکاری اساتید برجسته خود این مجموعه را برای تمام رشته‌های دانشگاهی تهیه و در اختیار متقاضیان قرار دهد. امید است این مجموعه نقش بسزایی در ارتقاء سطح علمی داوطلبان آزمون کارشناسی ارشد داشته باشد.

مدیریت پوران پژوهش

پیشگفتار مولف اول

برای روشنایی است

که می‌نویسم

اگر همیشه

و همه‌جا

تاریک بود

هرگز نمی‌نوشتیم.^۱

کتاب پیش رو در هجده فصل تألیف شده است، که تمام سرفصل‌های درس کاربرد ریاضیات در مهندسی شیمی (آنالیز عددی، آنالیز تحلیلی و مدلسازی ریاضی فرآیندهای مهندسی شیمی) را در بر دارد. از آنجایی که رشته‌های مهندسی شیمی و نفت، با علم ریاضیات کاربردی بسیار مرتبط می‌باشند، لذا تسلط کامل بر اصول کاربرد ریاضیات در مهندسی شیمی برای دانشجویان این رشته‌ها امری ضروری می‌باشد. بهینه‌سازی و طراحی پروسه‌های موجود در plant های مختلف پتروشیمی، پالایشگاهی و ... کاملاً وابسته به تحلیل و مدلسازی ریاضی صحیح و دقیق، سیستم‌های موجود در پروسه‌ها، می‌باشد بنابراین مجرب‌ترین مهندسین طراح در زمینه مهندسی شیمی، کسانی هستند که بر مبانی مدلسازی ریاضی انواع فرآیندهای مختلف و آنالیز عددی و تحلیلی آنها مسلط باشند.

تمام فصول کتاب مطابق با نیاز دانشجویان رشته مهندسی شیمی و گرایش‌های مرتبط با آن، تدوین شده است و برای هر فصل شرح کامل درس به همراه مثال‌های متنوع، نکات جامع و کلیه تست های آزمون کارشناسی ارشد مربوطه، در سالهای گذشته به همراه پاسخ کاملاً تشریحی، فراهم گردیده است. همچنین نظر به اینکه مطالب در هر فصل به صورت مبسوط شرح داده شده است، بنابراین کتاب حاضر این قابلیت را دارد که به عنوان مرجع درسی برای دانشجویان و اساتید گرامی مورد استفاده قرار گیرد.

بر خود واجب می‌دانم از دوستان و اساتیدم در مرکز سمپاد^۲ - که سهم عمده‌ای در موفقیت بنده داشته‌اند- اساتید گرانقدرم در دانشگاه و نیز دانشجویانی که در کلاس‌هایم حاضر می‌شدند و همچنین از حمایت‌ها و زحمات پدر و مادرم تشکر نمایم. در پایان لازم می‌دانم از جناب آقای احمد هژیر مدیریت محترم انتشارات پوران پژوهش، که بی‌شک بدون تشویق‌ها و راهنمایی‌های ایشان، پیدایش این اثر امکان پذیر نمی‌بود، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین از سرکار خانم سامره پاکتی که زحمت فراوان تایپ و آماده‌سازی این کتاب را بر عهده داشته‌اند و نیز تمامی پرسنل صمیمی و زحمتکش انتشارات پوران پژوهش، تشکر می‌نمایم. همچنین امیدوارم که دانشجویان و اساتید گرامی اینجانب را از نظرات اصلاحی و اشکالات احتمالی مطلع سازند تا در ویرایش‌های آتی لحاظ گردد.

سجاد افشاریان

پاییز ۱۳۸۵

Sajad.Afsharian@gmail.com

۱- شعری از بیژن جلالی

۲- سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان (واحدکرومانشاه)

پیشگفتار مولف دوم

با پیشرفت روز افزون مهندسی شیمی و شاخه‌های مرتبط با آن، ریاضیات کاربردی بعنوان یک ابزار کارا و توانا در کمک به مدل‌سازی و تحلیل مسائل مهندسی، گسترش و نقش فراوانی یافته است. مدل‌سازی مسائل، به بیان مسأله در قالب یک معادله ریاضی می‌پردازد و می‌توان با حل این معادله، و تحلیل پاسخ‌ها با فیزیک مسأله، به نتایج روشنی از رفتار فرآیند رسید. لازم به ذکر است که پس از تعیین یک مدل ریاضی برای مسأله، موفقیت در حل صحیح آن، در نيل به مقصود، حائز اهمیت می‌باشد.

روشهای تحلیلی و عددی ابزاری در جهت حل معادلات ناشی از مدل مسأله می‌باشند. به ویژه اینکه با پیشرفت نرم‌افزارها و گسترش روش‌های عددی و دقت آنها، اهمیت روشهای عددی، به ویژه در مواردی که بعلت پیچیدگیهای معادلات فرآیند، حل تحلیلی امکان‌پذیر نیست، به شکل روزافزونی در مهندسی شیمی روشن می‌شود و جای خود را باز می‌کند. در نگارش این اثر، تلاش شده است هر سه قسمت مدل‌سازی، روشهای تحلیلی و روشهای عددی به طور کامل شرح داده شود و سپس با حل مثالهایی، این روشها برای دانشجویان گرامی کاملاً روشن گردد، و در نهایت با بیان روش‌های تستی و حل کاملاً تشریحی تست‌های مربوط در سالهای اخیر کنکور و تست‌های متفرقه به تثبیت مطلب کمک شود.

در پایان ضمن شکرگزاری به درگاه خداوند، از تمامی عزیزانی که در تهیه و تألیف این اثر این جانب را یاری نموده‌اند، تشکر می‌نمایم. همچنین از جناب آقای احمد هژبر، مدیریت انتشارات پوران پژوهش به لحاظ حمایت‌ها و تشویق‌ها، از کلیه اساتید دوره دبیرستان و دانشگاه به لحاظ زحمات ایشان در آموزش بنده، تشکر می‌نمایم. و همچنین صمیمانه‌ترین تشکر را از مادر و پدر خویش که همواره با صبوری و حمایت کامل موجبات پیشرفت بنده را فراهم نموده‌اند، دارم.

امید است این کتاب در پیشرفت ریاضیات کاربردی دانشجویان عزیز و مهندسين شیمی مؤثر باشد و امیدوارم این جانب را از ایرادات احتمالی کتاب مطلع نمائید تا در ویرایش‌های بعدی لحاظ شود.

کميل کیهانی

komeil.keyhani@gmail.com

فهرست

بخش اول : آنالیز عددی

۱	فصل اول : حل معادلات غیر خطی.....
۱-۱	روش نقطه ثابت در حل عددی معادلات $f(x) = 0$
۲-۱	روش نصف کردن.....
۳-۱	روش نابجایی.....
۴-۱	روش نیوتن - رافسون.....
۵-۱	روش وتری.....
۶-۱	نتایج.....
۷-۱	روش Q-D.....
۲۱	تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول.....
۲۲	پاسخ تشریحی تست‌های فصل اول.....
۴۲	فصل دوم : درون یابی.....
۴۳	۱-۲ روشهای تفاضلات پیشروی نیوتن و پسروی نیوتن.....
۴۸	۲-۲ روش درون یابی لاگرانژ.....
۴۹	۳-۲ روش تفاضلات تقسیم شده نیوتن.....
۵۱	۴-۲ برازش منحنی به روش حداقل کردن مربعات خطا.....
۵۴	تست‌های طبقه‌بندی شده فصل دوم.....
۶۵	پاسخ تشریحی تست‌های فصل دوم.....
۷۵	فصل سوم : مشتق گیری عددی.....
۷۵	۱-۳ تعریف مشتق در نقطه A بر اساس تفاضل پیشرو.....
۷۶	۲-۳ تعریف مشتق در نقطه A بر اساس تفاضل پسرو.....
۷۶	۳-۳ تعریف مشتق مرتبه اول و دوم در نقطه A بر اساس تفاضل مرکزی.....
۷۸	تست‌های طبقه‌بندی شده فصل سوم.....
۸۳	پاسخ تشریحی تست‌های فصل سوم.....
۸۶	فصل چهارم : انتگرال گیری عددی.....

۸۶	۱-۴ روش مستطیلی
۸۶	۲-۴ روش نوزنقه‌ای
۸۹	۳-۴ روش سیمپسون $(\frac{1}{3})$
۹۱	۴-۴ روش سیمپسون $(\frac{3}{8})$
۹۲	۵-۴ روش گاوس
۹۴	۶-۴ روش رامبرگ
۹۵	۷-۴ روش نقطه میانی
۹۶	۸-۴ محاسبه انتگرال دوگانه به روش عددی
۹۷	تست‌های طبقه‌بندی شده فصل چهارم
۱۰۵	پاسخ تشریحی تست‌های فصل چهارم
۱۱۵	فصل پنجم: حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی (I.V.P)
۱۱۶	۱-۵ روش تیلور
۱۱۷	۲-۵ روش اولر
۱۱۷	۳-۵ روش اولر اصلاح شده
۱۲۰	۴-۵ روش رانگ کاتا
۱۲۰	۱-۴-۵ روش رانگ کاتای مرتبه ۲
۱۲۱	۲-۴-۵ روش رانگ کاتای مرتبه ۳
۱۲۱	۳-۴-۵ روش رانگ کاتای مرتبه ۴
۱۲۲	۴-۴-۵ روش رانگ کاتا - گیل مرتبه ۴
۱۲۲	۵-۵ حل دستگاه معادلات دیفرانسیل معمولی
۱۲۲	۱-۵-۵ روش اولر
۱۲۲	۲-۵-۵ روش رانگ کاتای مرتبه ۲
۱۲۳	۳-۵-۵ روش رانگ کاتای مرتبه ۴
۱۲۷	۶-۵ حل معادلات دیفرانسیل معمولی با مرتبه Π
۱۳۰	تست‌های طبقه‌بندی شده فصل پنجم
۱۳۸	پاسخ تشریحی تست‌های فصل پنجم
۱۴۸	فصل ششم: حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی (B.V.P)

۱۴۸	۱-۶ روش تیراندازی.....
۱۵۰	۲-۶ روش تفاضل محدود.....
۱۵۴	تست‌های طبقه‌بندی شده فصل ششم.....
۱۵۷	پاسخ تشریحی تست‌های فصل ششم.....
۱۵۹	فصل هفتم: حل عددی معادلات دیفرانسیل پاره‌ای (P.D.E).....
۱۶۰	۱-۷ روش تفاضل محدود.....
۱۶۲	۲-۷ حل معادلات P.D.E از نوع سهموی.....
۱۶۲	۱-۲-۷ روش صریح.....
۱۶۶	۲-۲-۷ روش ضمنی.....
۱۶۷	۳-۲-۷ روش کرانک - نیکسون.....
۱۶۹	تست‌های طبقه‌بندی شده فصل هفتم.....
۱۷۵	پاسخ تشریحی تست‌های فصل هفتم.....
۱۷۸	فصل هشتم: خطای محاسباتی.....
۱۷۸	۱-۸ خطای مطلق - خطای نسبی.....
۱۷۸	۲-۸ خطای گرد کردن.....
۱۸۰	۳-۸ خطای محاسبه توابع.....
۱۸۰	۴-۸ خطای ارقام با معنی صحیح.....
۱۸۰	۵-۸ خطای برشی.....
۱۸۱	۶-۸ خطای محلی یا نقطه‌ای.....
۱۸۱	۷-۸ خطای کلی.....
۱۸۲	تست‌های طبقه‌بندی شده فصل هشتم.....
۱۸۳	پاسخ تشریحی تست‌های فصل هشتم.....
۱۸۴	فصل نهم: ماتریسها.....
۱۸۴	۱-۹ انواع ماتریس‌ها.....
۱۸۴	۱-۱-۹ ماتریس صفر.....
۱۸۴	۲-۱-۹ ماتریس قرینه.....
۱۸۴	۳-۱-۹ ماتریس ستونی.....

۱۸۵	۴-۱-۹ ماتریس سطری
۱۸۵	۵-۱-۹ ماتریس قطری
۱۸۵	۶-۱-۹ ماتریس مربعی
۱۸۵	۷-۱-۹ ماتریس واحد
۱۸۵	۸-۱-۹ ماتریس اسکالر
۱۸۶	۹-۱-۹ ماتریس بالا مثلثی و پائین مثلثی
۱۸۷	۱۰-۱-۹ ماتریس ترانهاده
۱۸۷	۱۱-۱-۹ ماتریس متقارن و پادمتقارن
۱۸۸	۱۲-۱-۹ ماتریس پوچ توان
۱۸۸	۱۳-۱-۹ ماتریس خودتوان
۱۸۸	۱۴-۱-۹ ماتریس‌های هرمیتی و پادهرمیتی
۱۸۸	۱۵-۱-۹ ماتریس نمایی
۱۸۹	۲-۹ عملیات اصلی روی ماتریس‌ها
۱۹۰	۳-۹ توانهای طبیعی یک ماتریس مربعی
۱۹۱	۴-۹ رتبه ماتریس ((Rank (A))
۱۹۱	۵-۹ تعریف دترمینان
۱۹۲	۶-۹ معکوس ماتریس
۱۹۷	۷-۹ مقادیر ویژه
۱۹۹	۸-۹ نکات تکمیلی ماتریس‌ها
۲۰۴	تست‌های طبقه‌بندی شده فصل نهم
۲۱۲	پاسخ تشریحی تست‌های فصل نهم
۲۲۲	فصل دهم: حل دستگاههای معادلات خطی
۲۲۲	۱-۱۰ معرفی ماتریس ضرایب، ماتریس مجهولات و ماتریس معلومات
۲۲۳	۲-۱۰ روشهای حل دستگاه معادلات خطی
۲۲۳	۱-۲-۱۰ روش حذفی گوس
۲۲۵	۱۰-۲-۲ روش ژاکوبی
۲۲۶	۱۰-۲-۳ روش گوس - سیدل

۲۲۸	 دستگاه معادلات خطی معیوب
۲۲۸	 حل عددی دستگاه n معادله و n مجهول به روش ماتریس (قاعده L.U)
۲۳۴	 تست‌های طبقه بندی شده فصل دهم
۲۴۰	 پاسخ تشریحی تست‌های فصل دهم

بخش دوم : معادلات دیفرانسیل معمولی ODE

۲۴۷	 فصل یازدهم : معادلات دیفرانسیل معمولی (ODE)
۲۴۷	 ۱-۱۱ مقدمات
۲۵۲	 ۲-۱۱ معادلات دیفرانسیل مرتبه اول
۲۵۳	 ۱-۲-۱۱ معادلات تفکیک پذیر
۲۵۴	 ۲-۲-۱۱ معادلات به فرم $y' = \frac{dy}{dx} = f(ax + by + c)$
۲۵۵	 ۳-۲-۱۱ معادله دیفرانسیل همگن $y' = f(x, y)$
۲۵۷	 ۴-۲-۱۱ معادلات دیفرانسیل به فرم کلی $y' = f(\frac{ax + by}{cx + dy})$
۲۵۷	 ۵-۲-۱۱ معادلات دیفرانسیل به فرم کلی $y' = f(\frac{ax + by + c}{a'x + b'y + c'})$
۲۵۹	 ۶-۲-۱۱ معادلات دیفرانسیل کامل یا دقیق
۲۶۱	 ۷-۲-۱۱ فاکتورانتگرال
۲۶۴	 ۸-۲-۱۱ معادله دیفرانسیل خطی مرتبه اول
۲۶۷	 ۹-۲-۱۱ معادله برنولی
۲۶۹	 ۱۰-۲-۱۱ معادله ریکاتی
۲۷۰	 ۱۱-۲-۱۱ معادلاتی که نسبت به تابع مشتق (یا مشتق) حل نشده‌اند
۲۷۴	 ۱۲-۲-۱۱ معادله کلو
۲۷۵	 ۱۳-۲-۱۱ معادله لاگرانژ
۲۷۷	 ۱۴-۲-۱۱ معادله دیفرانسیل مرتبه اول و از درجه n ام
۲۷۸	 ۳-۱۱ معادلات دیفرانسیل خطی مرتبه n ام
۲۷۸	 ۱-۳-۱۱ اپراتورهای مشتق یا دیفرانسیل
۲۷۹	 ۲-۳-۱۱ روش‌های حل معادلات دیفرانسیل خطی مرتبه n با ضرایب ثابت

۲۸۰ ۱۱-۲-۲ معادله دیفرانسیل مرتبه دوم خطی

۲۸۶ ۱۱-۲-۴ معادله کوشی - اولر، روش کاهش مرتبه

۲۸۹ ۱۱-۵ همگرایی و واگرایی سری‌ها

۲۹۰ ۱۱-۶ سری توانی

۲۹۰ ۱۱-۷ بسط تیلور حول نقطه x_0

۲۹۱ ۱۱-۸ حل معادلات دیفرانسیل خطی با ضرایب متغیر و از مرتبه دوم به روش سری‌های توانی

۲۹۶ ۱۱-۹ معادله لژاندار

۳۰۲ ۱۱-۱۰ روش فرینوس یا سری توانی تعمیم یافته

۳۰۶ ۱۱-۱۱ معادلات دیفرانسیل معمولی ترام

۳۰۸ تست‌های طبقه‌بندی شده فصل یازدهم

۳۳۶ پاسخ تشریحی تست‌های فصل یازدهم

بخش سوم : مدلسازی فرآیندها

۳۸۵ فصل دوازدهم : مدلسازی فرآیندها

۳۸۵ ۱۲-۱ مراحل مدلسازی ریاضی

۳۸۸ ۱۲-۲ مثالهای شاخص مدلسازی و فرمولاسیون

۴۰۶ ۱۲-۳ ارتباط بین فرمولاسیون مسائل و نوع معادله دیفرانسیل حاصله

۴۰۷ ۱۲-۴ مشابه سازی معادلات انتقال حرارت و انتقال جرم و مومنتوم

۴۰۷ ۱۲-۵ معادلات نفوذ در سیستم‌های انتقال حرارت

۴۱۰ ۱۲-۶ معادلات حاکم بر سیستمهای انتقال جرم

۴۱۱ ۱۲-۷ معادلات انتقال مومنتوم

۴۱۳ ۱۲-۸ نکات تکمیلی مدلسازی

۴۳۰ تست‌های طبقه‌بندی شده فصل دوازدهم

۴۳۶ پاسخ تشریحی تست‌های فصل دوازدهم

بخش چهارم : آنالیز تحلیلی

۴۴۵ فصل سیزدهم : مقدمات آنالیز تحلیلی

۴۴۵ ۱۲-۱ نظریه تعامد و توابع متعامد

۴۴۶	۲-۱۲ تقسیم بندی شرایط مرزی
۴۴۷	۲-۱۲ فوریه
۴۴۷	۱-۳-۱۲ سری های فوریه - سری سینوسی و کسینوسی فوریه
۴۵۰	۲-۳-۱۲ سری های مختلط فوریه
۴۵۱	۲-۳-۱۲ انتگرال فوریه
۴۵۱	۲-۳-۱۲ تبدیلات فوریه
۴۵۲	۴-۱۲ سیستم اشتروم - لیوویل
۴۵۳	تست های طبقه بندی شده فصل سیزدهم
۴۶۰	پاسخ تشریحی تست های فصل سیزدهم
۴۶۶	فصل چهاردهم : توابع خاص
۴۶۶	۱-۱۴ تابع گاما
۴۶۷	۲-۱۴ تابع بتا
۴۶۸	۳-۱۴ تابع خطا
۴۶۸	۴-۱۴ توابع بسل
۴۶۸	۱-۴-۱۴ حل معادلات بسل
۴۷۰	۲-۴-۱۴ خواص و ویژگی های توابع بسل
۴۷۷	تست های طبقه بندی شده فصل چهاردهم
۴۸۳	پاسخ تشریحی تست های فصل چهاردهم
۴۹۱	فصل پانزدهم : روش تفکیک متغیرها
۴۹۱	۱-۱۵ روش تفکیک متغیرها
۵۱۹	۲-۱۵ روش Superposition
۵۲۰	۳-۱۵ تبدیل پاسخ به دو پاسخ پایدار و ناپایدار
۵۲۸	تست های طبقه بندی شده فصل پانزدهم
۵۴۱	پاسخ تشریحی تست های فصل پانزدهم
۵۴۹	فصل شانزدهم : روش ترکیب متغیرها
۵۵۵	تست های طبقه بندی شده فصل شانزدهم
۵۵۷	حل تست های طبقه بندی شده فصل شانزدهم

فصل هفدهم : تبدیلات لاپلاس و حل معادلات دیفرانسیل ODE و PDE به روش تبدیل لاپلاس.....	۵۵۹
۱-۱۷ تعریف و قضایای تبدیل لاپلاس	۵۵۹
۲-۱۷ لاپلاس معکوس‌گیری.....	۵۶۴
۳-۱۷ روش تبدیل لاپلاس در حل معادلات دیفرانسیل ODE.....	۵۶۷
۴-۱۷ حل معادلات انتگرالی و انتگرالی - دیفرانسیلی	۵۶۹
۵-۱۷ حل دستگاه معادلات دیفرانسیل به روش تبدیل لاپلاس.....	۵۷۰
۶-۱۷ حل معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی (PDE) به روش تبدیل لاپلاس	۵۷۲
۷-۱۷ معرفی برخی توابع جدید و ویژه	۵۷۹
۱-۷-۱۷ تابع پله‌ای واحد	۵۷۹
۲-۷-۱۷ تابع دلتای دیراک (ضربان)	۵۸۰
۳-۷-۱۷ تابع ایمپالس (ضربان ایده‌آل).....	۵۸۱
۴-۷-۱۷ Ramp تابع	۵۸۲
تست‌های طبقه‌بندی شده فصل هفدهم	۵۸۳
پاسخ تشریحی تست‌های فصل هفدهم.....	۵۹۱
ضمائم.....	۶۰۰
منابع و مأخذ.....	۶۲۱