

دینامیک شارهای حرارتی

دکتر پیروز فرهادی



مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف



مؤسسه انتشارات علمی

دانشگاه صنعتی شریف

دینامیک شارهای حرارتی

تألیف: بیژن فرهانیه

ویرایش: زبانی و صوری: اشرف سراج

چاپ اول: ۱۳۹۱

شمارگان: ۱۰۰۰

بها: ۱۴۰۰۰۰ ریال

حق چاپ برای مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف محفوظ است.

ISBN 978-964-208-054-0

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۰۸-۰۵۴-۰

تلفن: ۶۶۱۶۴۰۷۲-۶۶۱۶۴۰۷۰-۶۶۰۱۳۱۲۹

دفتر مرکزی: خیابان آزادی - دانشگاه صنعتی شریف

دفتر فروش: میدان انقلاب - خیابان شهید منیرى جاوید (اردیبهشت) - ساختمان ۲۵۲ - طبقه چهارم - واحد ۴۰۲

تلفن: ۶۶۹۶۷۸۹۶-۶۶۴۰۵۱۳۲ پست الکترونیکی: publication@mech.sharif.edu

سرنساخته: فرهانیه، بیژن، ۱۳۳۷-

عنوان و نام پدیدآور: دینامیک شارهای حرارتی / بیژن فرهانیه.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی، ۱۳۹۰.

مشخصات ظاهری: ۶۰۸ ص: مصور، جدول.

شابک: ISBN 978-964-208-054-0

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا.

موضوع: سیالات - دینامیک.

شماره افزوده: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی.

رده‌بندی کنگره: T/A ۳۵۷/ق۴۹ ۱۳۹۰

رده‌بندی دیویی: ۶۲۰/۱۰۶

شماره کتابشناسی ملی: ۲۶۵۵۵۷۸

به نام خدا

فهرست مطالب

پانزده هفده	پیشگفتار مؤلف فهرست نمادها
۱	۱ انرژی حرارتی و انواع دیگر انرژی
۱	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ انواع مکانیزم‌های انتقال حرارت
۲	۱-۲-۱ انتقال حرارت هدایتی
۳	۲-۲-۱ انتقال حرارت تشعشعی
۴	۳-۲-۱ انتقال حرارت جابه‌جایی
۵	۳-۱ کاربردها و موارد وقوع انتقال حرارت
۸	۴-۱ تاریخچه شناخت و مصرف انرژی
۸	۱-۴-۱ زمان باستان
۸	۲-۴-۱ سال‌های ۱۶۰۰
۹	۳-۴-۱ سال‌های ۱۷۰۰
۹	۴-۴-۱ سال‌های ۱۸۰۰
۱۰	۵-۴-۱ سال‌های ۱۹۰۰
۱۰	۶-۴-۱ امروزه
۱۲	۵-۱ تأثیر متقابل انرژی و تولید
۱۲	۶-۱ منابع مختلف انرژی
۱۲	۱-۶-۱ زیست‌توده‌ها
۱۳	۲-۶-۱ چگونه انرژی شیمیایی عمل می‌کند؟
۱۴	۳-۶-۱ زغال سنگ

۱۵	۴-۶-۱ انرژی برق
۱۶	۵-۶-۱ مواد غذایی
۱۷	۶-۶-۱ گاز طبیعی
۱۷	۷-۶-۱ سوخت‌های تجدیدپذیر متانول و اتانول
۱۸	۸-۶-۱ انرژی زمین‌گرمایی
۱۸	۹-۶-۱ انرژی هیدروالکتریک
۱۹	۱۰-۶-۱ انرژی هسته‌ای
۱۹	۱۱-۶-۱ نفت
۲۰	۱۲-۶-۱ انرژی خورشیدی
۲۱	۱۳-۶-۱ انرژی باد
۲۲	۷-۱ مصرف انرژی در ایران
۲۳	۲ بردار شار حرارت
۲۳	۱-۲ مقدمه
۲۴	۲-۲ نرخ انتقال حرارت خالص
۲۸	۳-۲ محیط‌های انتقال حرارت
۲۸	۱-۳-۲ محیط‌های پیوسته چندفازی
۳۱	۲-۳-۲ حرکت سیال
۳۲	۳-۳-۲ ردگیری بردار شار حرارتی در فازهای مختلف
۳۳	۴-۲ بقای انرژی
۳۶	مسائل
۴۳	۳ انتقال حرارت هدایتی - تئوری عمومی
۴۳	۱-۳ مقدمه
۴۳	۲-۳ قانون فوریه
۴۶	۳-۳ تشابه شار حرارتی با جریان برق
۴۶	۴-۳ معادله انتقال حرارت هدایتی برای مواد همسانگرد
۴۸	۵-۳ معادله انتقال حرارت هدایتی در محور مختصات استوانه‌ای
۵۰	۶-۳ معادله انتقال حرارت هدایتی در محور مختصات کروی
۵۱	۷-۳ شرایط مرزی در رابطه با مسائل انتقال حرارت هدایتی

۴ ضریب انتقال حرارت هدایتی

- ۱-۴ مقدمه
- ۲-۴ نقش میکرو حامل های حرارتی بر روی k
- ۳-۴ جریان حرارت در مواد جامد
- ۴-۴ جریان حرارت در آلیاژها
- ۵-۴ تغییر فاز در مواد جامد
- ۶-۴ جریان حرارت در مایعات
- ۷-۴ جریان حرارت در گازها

۵ انتقال حرارت هدایتی پیاپی

- ۱-۵ مقدمه
- ۲-۵ انتقال حرارت هدایتی یک بعدی
- ۳-۵ دیوار مسطح متشکل از چند لایه
- ۴-۵ دیوار مسطح مرکب با جایه جایی در مرزها
- ۵-۵ دیوارهای مرکب با آرایش های گوناگون
- ۶-۵ انتقال حرارت هدایتی از لایه استوانه ای
- ۷-۵ لوله و یا لایه های متشکل از جنس های مختلف
- ۸-۵ انتقال حرارت هدایتی در لایه ای کروی
- ۹-۵ ضخامت بحرانی عایق
- ۱۰-۵ دیوار مسطح با تولید انرژی حرارتی
- ۱۱-۵ لوله مدور با تولید حرارت داخلی
- ۱۲-۵ انتقال حرارت از سطوح گسترش یافته
- ۱-۱۲-۵ پره یک بعدی در حالت کلی
- ۲-۱۲-۵ پره مستطیلی
- ۳-۱۲-۵ شرایط داشتن پره های سودمند
- ۴-۱۲-۵ کارایی و بازده پره ها
- ۵-۱۲-۵ پره مستطیلی بهینه با در نظر گرفتن حداکثر شار حرارتی و وزن مشخص
- ۶-۱۲-۵ ترتیب قرار دادن پره ها و انتخاب جنس مناسب

۱۰۱	۵-۱۲-۷ پره مثلثی
۱۰۶	۵-۱۲-۸ پره‌های مدور
۱۰۷	۵-۱۳ کاربرد ضریب کارایی پره ϕ در محاسبات عملی
۱۰۸	۵-۱۴ توضیح در مورد تئوری ارائه شده پره‌ها
۱۰۸	۵-۱۵ کابل‌های برق و لوله‌های آب گرم مدفون در زمین
۱۱۲	۵-۱۵-۱ محاسبه اتلاف حرارت در کل طول لوله انتقال سیال
۱۱۵	۵-۱۵-۲ در صورت عدم اطلاع از دمای سطح زمین
۱۱۵	مسائل

۱۳۱	۶ انتقال حرارت هدایتی ناپایا
۱۳۱	۶-۱ مقدمه
۱۳۱	۶-۲ پخش حرارتی
۱۳۲	۶-۳ عمق نفوذ حرارت
۱۳۳	۶-۴ اجسام با توان انتقال حرارت بالا
۱۳۵	۶-۵ صفحه نامحدود بلند با ضریب انتقال حرارت هدایتی مناسب
۱۳۹	۶-۵-۱ گرم یا خنک شدن
۱۴۰	۶-۵-۲ نمودار شار حرارت
۱۴۰	۶-۶ استوانه مدور بی نهایت بلند
۱۴۳	۶-۷ انتقال حرارت هدایتی ناپایدار در راستای شعاع یک کره
۱۴۳	۶-۸ حل‌های دوبعدی و سه‌بعدی
۱۴۷	۶-۹ اجسام نیمه‌بی نهایت
۱۴۸	۶-۹-۱ شار حرارتی ثابت در $x = 0$
۱۵۰	۶-۹-۲ انتقال حرارت جابه‌جایی در مرز
۱۵۰	۶-۱۰ جسم یک‌چهارم بی نهایت دوبعدی
۱۵۱	مسائل

۱۵۹	۷ انتقال حرارت هدایتی در مرزهای متحرک
۱۵۹	۷-۱ مقدمه
۱۶۰	۷-۲ فرایند انجماد در حالت قابل اغماض بودن ظرفیت حرارتی جسم
۱۶۱	۷-۳ ذوب و انجماد با در نظر گرفتن ظرفیت حرارتی فاز جامد و فاز مایع
۱۶۲	۷-۴ منبع حرارتی متحرک

۱۶۹	۸ انتقال حرارت تشعشعی
۱۶۹	۱-۸ مقدمه
۱۷۱	۲-۸ مکانیزم انتقال حرارت تشعشعی
۱۷۴	۳-۸ تشعشع جسم سیاه
۱۸۱	۴-۸ تشعشع از اجسام غیرسیاه
۱۸۷	۵-۸ شدت تشعشع
۱۸۹	۶-۸ ضریب دزد یا ضریب شکل
۱۹۶	۷-۸ تبادل تشعشع بین اجسام سیاه
۱۹۸	۸-۸ تبادل تشعشع بین اجسام غیرسیاه
۱۹۹	۱-۸-۸ یک مثال ساده کاربردی
۲۰۰	۹-۸ تشعشع در گازها
۲۰۲	۱۰-۸ طول متوسط تشعشع
۲۰۵	۱۱-۸ تبادل تشعشع بین گاز و اتاق با دیوارهای سیاه
۲۰۷	۱۲-۸ پدیده گازهای گلخانه‌ای
۲۰۷	۱-۱۲-۸ اثر گلخانه‌ای چیست؟
۲۱۰	۲-۱۲-۸ گازهای گلخانه‌ای
۲۱۱	۳-۱۲-۸ عواقب احتمالی گرم شدن کره زمین
۲۱۳	۱۳-۸ انرژی تشعشع خورشیدی و کاربردهای آن
۲۱۶	۱-۱۳-۸ نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی از نوع سهمی خطی
۲۱۷	۲-۱۳-۸ نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی از نوع فرسایش خطی
۲۱۸	۳-۱۳-۸ نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی از نوع دریافت کننده مرکزی
۲۱۹	۴-۱۳-۸ نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی از نوع سهمی بشقابی
۲۱۹	۵-۱۳-۸ دودکش‌های خورشیدی
۲۲۰	۶-۱۳-۸ روش تولید استخری
۲۲۰	۷-۱۳-۸ نیروگاه خورشیدی سلول‌های نوری (فتوولتائیک)
۲۲۱	مسائل

۲۳۱	۹ جابه‌جایی - تئوری عمومی
۲۳۱	۱-۹ مقدمه
۲۳۵	۲-۹ معادله پیوستگی

۲۳۵	۳-۹ معادلات اندازه حرکت
۲۳۷	۱-۳-۹ تانسورهای تنش
۲۳۸	۲-۳-۹ معادلات اندازه حرکت در جریان‌های تراکم‌ناپذیر
۲۳۹	۴-۹ معادله دیفرانسیلی میدان دما در سیال
۲۴۱	۵-۹ معادلات پایه در محور مختصات قطبی
۲۴۱	۱-۵-۹ معادله پیوستگی
۲۴۲	۲-۵-۹ معادلات حرکت
۲۴۲	۳-۵-۹ معادله انرژی (معادله میدان دما)
۲۴۲	۶-۹ معادلات لایه مرزی
۲۴۶	۷-۹ گروه‌های بی بعد و قوانین تشابه‌سازی
۲۴۶	۱-۷-۹ چگونگی بدست آوردن گروه‌های بی بعد
۲۴۸	(الف) شرط یکسان بودن میدان‌های جریان
۲۴۸	(ب) شرط یکسان بودن میدان‌های دما
۲۴۸	مسائل

۲۵۱	۱۰ جابه‌جایی اجباری - جریان‌های آرام بیرونی
۲۵۱	۱-۱۰ مقدمه
۲۵۱	۲-۱۰ انتقال حرارت جابه‌جایی اجباری در جریان‌های غیرمحصور
۲۵۲	۱-۲-۱۰ مقاومت هدایتی - جابه‌جایی
۲۵۵	۳-۱۰ انتقال حرارت جابه‌جایی اجباری در جریان‌های نیمه‌محصور
۲۵۶	۱-۳-۱۰ به دست آوردن معادلات میدان جریان و دما
۲۵۸	۴-۱۰ نتایج برای معادلات میدان جریان و دما
۲۵۸	۱-۴-۱۰ توزیع سرعت در لایه مرزی
۲۵۹	۲-۴-۱۰ تأثیر عدد پرانتل بر روی لایه مرزی حرارتی
۲۶۰	۳-۴-۱۰ تأثیر دمای متغیر سطح بر روی لایه مرزی حرارتی
۲۶۱	۴-۴-۱۰ تأثیر β بر روی لایه مرزی حرارتی
۲۶۱	۵-۱۰ تعیین تنش برشی و ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی
۲۶۴	۶-۱۰ تحلیل فیزیکی عدد نوسل
۲۶۶	۷-۱۰ رابطه تحلیلی برای نشان دادن تأثیر عدد پرانتل
۲۶۹	۸-۱۰ عدد استن‌تون
۲۷۰	۹-۱۰ ثابت C در رابطه $u_p = Cx^m$
۲۷۱	۱۰-۱۰ اصل جمع آثار

۲۷۳	۱۰-۱۱ مکش یا دمش در سطح جریان
۲۷۴	۱۰-۱۱-۱ میدان دما و ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی در ...
۲۷۸	۱۰-۱۲ تعیین خواص مواد
۲۷۸	۱۰-۱۳ تشابه‌سازی موضعی
۲۷۹	۱۰-۱۴ انتقال حرارت در لایه مرزی آرام در سرعت‌های بالا
۲۸۲	مسائل

۲۸۹	۱۱ جابه‌جایی اجباری - جریان‌های آرام درونی
۲۸۹	۱۱-۱ مقدمه
۲۸۹	۱۱-۲ عملکرد جریان بسال در ورودی مجراها
۲۹۱	۱۱-۲-۱ گذر به جریان آشفته
۲۹۱	۱۱-۲-۲ مجرای استوانه‌ای
۲۹۱	۱۱-۲-۳ طول ورودی در لوله‌ها
۲۹۲	۱۱-۲-۴ افت فشار در طول ورودی
۲۹۲	۱۱-۲-۵ افت فشار در جریان کاملاً توسعه‌یافته
۲۹۵	۱۱-۲-۶ دمای متوسط مخلوط
۲۹۶	۱۱-۳ مقاومت‌های حرارتی در جریان درون مجراها
۲۹۷	۱۱-۴ انتقال حرارت جابه‌جایی در لوله‌ها
۲۹۸	۱۱-۴-۱ دیواره‌های همدم
۳۰۲	۱۱-۴-۲ ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی برای دمای ثابت دیواره
۳۰۴	۱۱-۴-۳ شار حرارتی ثابت در دیواره لوله
۳۰۶	۱۱-۴-۴ ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی برای شار حرارتی ثابت در دیوار
۳۰۸	۱۱-۴-۵ ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی در مجراهای غیر مدور
۳۰۸	۱۱-۴-۶ ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی برای ...
۳۰۹	۱۱-۵ توزیع دما در روغن بین یاتاقان‌ها
۳۱۲	مسائل

۳۱۷	۱۲ جابه‌جایی اجباری - جریان‌های آشفته بیرونی
۳۱۷	۱۲-۱ مقدمه
۳۱۷	۱۲-۲ آشفته‌گی چیست؟
۳۲۱	۱۲-۳ روش تجزیه و تحلیل جریان‌های آشفته

۳۲۲	۴-۱۲ معادلات حاکم بر جریان آشفته
۳۲۳	۱-۴-۱۲ معادله پیوستگی
۳۲۳	۲-۴-۱۲ معادلات حرکت
۳۲۴	۳-۴-۱۲ تنش های آشفته
۳۲۶	۵-۱۲ میدان دما در جریان آشفته
۳۲۶	۱-۵-۱۲ تبادل حرارتی آشفته
۳۲۷	۶-۱۲ معادلات لایه مرزی در جریان های آشفته
۳۲۸	۷-۱۲ لزجت آشفته و پخش آشفته
۳۲۸	۸-۱۲ تشابه ریمولدزی
۳۳۰	۹-۱۲ پیروییل سرعت در یک لایه مرزی آشفته
۳۳۵	۱۰-۱۲ تعیین ضریب تنش برشی به کمک توزیع سرعت
۳۳۸	۱۱-۱۲ انتقال حرارت در جریان های عمودی
۳۴۱	۱۲-۱۲ انتقال حرارت در نقطه سکون
۳۴۵	۱۳-۱۲ انتقال حرارت - تشابه جایی اجباری بر روی اجسام
۳۴۵	۱-۱۳-۱۲ جریان حول یک استوانه مدور
۳۴۹	۲-۳-۱۲ انتقال حرارت از یک استوانه مدور
۳۵۱	۳-۳-۱۲ انتقال حرارت از استوانه های غیر مدور
۳۵۳	۴-۱۳-۱۲ استقرار لوله ها به صورت یک در یک
۳۵۷	۵-۱۳-۱۲ انتقال حرارت از اجسام کروی
۳۵۸	۶-۱۳-۱۲ انتقال حرارت از یک صفحه دوار
۳۶۰	۱۴-۱۲ انتقال حرارت بر لایه مرزی آشفته در سرعت های بالا
۳۶۱	مسائل

۳۶۹	۱۳ جابه جایی اجباری - جریان های آشفته درونی
۳۶۹	۱-۱۳ مقدمه
۳۶۹	۲-۱۳ عملکرد جریان سیال در ورودی مجراها
۳۷۰	۱-۲-۱۳ گذر به جریان آشفته
۳۷۱	۲-۲-۱۳ طول ورودی در لوله ها
۳۷۱	۳-۱۳ انتقال حرارت در لوله ها
۳۷۱	۱-۳-۱۳ تعیین ضریب تنش برشی سطح به کمک توزیع سرعت
۳۷۵	۲-۳-۱۳ عدد نوسل در جریان آشفته درون مجراها

۳۷۶	۳-۳-۱۳ محاسبه Nu در جریان‌های آشفته درون مجراها براساس روابط تجربی
۳۸۰	۴-۳-۱۳ عدد استر-تون برای جریان سیال درون لوله‌ها
۳۸۱	۵-۳-۱۳ مجراهای با مقطع غیرمدور
۳۸۱	۴-۱۳ بستر سیال‌سان
۳۸۴	مسائل

۳۸۹	۱۴ جابه‌جایی آزاد
۳۸۹	۱-۱۴ مقدمه
۳۹۰	۲-۱۴ جابه‌جایی آزاد بر روی سطوح عمودی
۳۹۲	۱-۲-۱۴ محاسبه ضریب انتقال حرارت حجمی
۳۹۳	۳-۱۴ گروه‌های بی‌بعد در جابه‌جایی آزاد
۳۹۵	۴-۱۴ حل معادلات پایه
۴۰۱	۵-۱۴ شکل انتگرالی معادلات پایه
۴۰۲	۶-۱۴ حالت آشفته
۴۰۵	۷-۱۴ صفحات افقی
۴۰۶	۸-۱۴ استوانه‌های افقی
۴۰۸	۹-۱۴ جابه‌جایی آزاد حول یک کره
۴۰۹	۱۰-۱۴ جابه‌جایی آزاد بر روی سطوح عمودی با شار حرارتی معلوم
۴۱۰	۱۱-۱۴ دمای مرجع
۴۱۰	۱۲-۱۴ جابه‌جایی آزاد در فضاهای بسته
۴۱۰	۱-۱۲-۱۴ جابه‌جایی آزاد بین دو صفحه عمودی موازی
۴۱۱	۲-۱۲-۱۴ جابه‌جایی آزاد در یک جداره عمودی
۴۱۳	۳-۱۲-۱۴ جابه‌جایی آزاد در یک جداره افقی
۴۱۶	۴-۱۲-۱۴ جابه‌جایی آزاد در بین چند جداره
۴۱۸	۱۳-۱۴ پدیده وارونگی دمایی
۴۱۹	۱-۱۳-۱۴ چگونگی تشکیل وارونگی
۴۱۹	۲-۱۳-۱۴ تأثیر وارونگی دمایی بر روی کیفیت هوا
۴۲۰	۱۴-۱۴ اثر دودکشی
۴۲۱	۱-۱۴-۱۴ نیروی محرک ایجاد تأثیر دودکشی
۴۲۲	۲-۱۴-۱۴ موارد استفاده از تأثیر گلخانه‌ای
۴۲۳	مسائل

۱۵ انتقال حرارت با تغییر فاز: جوشش، چگالش، و تبخیر

۴۲۹

۴۲۹

۴۳۰

۴۳۱

۴۳۲

۴۳۷

۴۴۰

۴۴۰

۴۴۴

۴۴۵

۴۴۶

۴۴۸

۴۴۸

۴۴۹

۴۵۰

۴۵۱

۴۵۴

۴۵۴

۴۵۷

۴۵۹

۴۶۱

۱-۱۵ مقدمه

۲-۱۵ انتقال حرارت جوششی

۱-۲-۱۵ جوشش استخری

۲-۲-۱۵ جوشش هسته‌ای بر روی یک سطح افقی

۳-۲-۱۵ جوشش لایه‌ای

۴-۲-۱۵ جوشش لایه‌ای بر روی یک سطح عمودی

۵-۲-۱۵ جوشش جریانی

۳-۱۵ چگالش

۱-۳-۱۵ چگالش لایه‌ای

۲-۳-۱۵ چگالش بر روی یک صفحه یا لوله عمودی

۳-۳-۱۵ چگالش بر روی یک لوله افقی

۴-۳-۱۵ چگالش بر روی دسته‌ای از لوله‌های افقی

۵-۳-۱۵ چگالش در حبابه‌جایی اجباری

۶-۳-۱۵ چگالش قطره‌ای

۴-۱۵ لوله حرارتی

۵-۱۵ تبخیر برای خنک‌کاری

۱-۵-۱۵ خنک کردن مایع و گاز از طریق نفوذ جداره‌ای و تبخیر سطحی

۲-۵-۱۵ خنک کردن جریان گاز توسط تبخیر

۳-۵-۱۵ خنک‌کاری سطوح بسیار گرم توسط تبخیر سطحی

مسائل

۱۶ مقدمه‌ای بر انتقال جرم

۴۶۷

۴۶۷

۴۶۷

۴۶۸

۴۷۲

۴۷۲

۴۷۳

۴۷۵

۴۷۸

۴۷۹

۱-۱۶ مقدمه

۲-۱۶ قانون پخش فیک

۳-۱۶ مکانیزم پخش جرمی گازها

۴-۱۶ پخش در مایعات و جامدات

۵-۱۶ ضریب انتقال جرم

۶-۱۶ معادله دیفرانسیلی میدان غلظت

۷-۱۶ معادله میدان غلظت در لایه مرزی

۸-۱۶ چگالش در حضور یک گاز چگال‌ناپذیر

مسائل

۴۸۵	۱۷ مقدمه‌ای بر مبدل‌های حرارتی
۴۸۵	۱-۱۷ مقدمه
۴۸۷	۲-۱۷ اشکال هندسی مبدل‌های حرارتی
۴۸۹	۳-۱۷ محاسبه اختلاف دمای متوسط در یک مبدل حرارتی
۴۸۹	۱-۳-۱۷ ضریب انتقال حرارت کل
۴۹۰	۲-۳-۱۷ محاسبه اختلاف دمای متوسط لگاریتمی (LMTD)
۴۹۳	۳-۳-۱۷ محدودیت در استفاده از LMTD
۴۹۳	۴-۳-۱۷ ضریب تصحیح LMTD
۴۹۷	۴-۱۷ کارایی مبدل‌های حرارتی
۵۰۰	۵-۱۷ یادداشتی بر طراحی مبدل‌های حرارتی
۵۰۱	مسائل
۵۰۹	۱۸ انتقال حرارت هدایتی معکوس
۵۰۹	۱-۱۸ مقدمه
۵۱۰	۲-۱۸ تاریخچه حل معکوس در مهندسی مکانیک حرارت و سیالات
۵۱۷	۳-۱۸ طرح مسئله معکوس در انتقال حرارت
۵۱۹	۴-۱۸ حل مسئله معکوس در انتقال حرارت
۵۱۹	۱-۱۴-۱۸ تضمین عملکرد روش معکوس
۵۲۰	۵-۱۸ مدل ریاضی
۵۲۰	۶-۱۸ مدل معکوس
۵۲۳	۷-۱۸ الگوریتم حل مسئله
۵۲۳	۱-۷-۱۸ الگوریتم یون‌برگ - مارگورت
۵۲۴	۲-۷-۱۸ الگوریتم گرادیان مزدوج
۵۲۵	۸-۱۸ اطلاعات تجربی
۵۲۷	پیوست‌ها
۵۴۵	پاسخ برخی مسائل
۵۴۹	مراجع
۵۵۹	واژه‌نامه انگلیسی - فارسی
۵۶۹	واژه‌نامه فارسی - انگلیسی
۵۷۹	فهرست راهنما

پیشگفتار مؤلف

موضوع انتقال حرارت بررسی دینامیک شارهای حرارتی در محیط‌های مختلف است. محیط‌های مورد نظر می‌توانند مادی و یا غیرمادی باشند. محیط‌های مادی همچون جامدات، مایعات، و گازها در حالت‌های تک‌فاز و یا چندفاز وجود دارند. انتقال حرارت در این محیط‌ها به کمک الکترون‌ها، ارتعاشات شبکه‌ها، حرکت مولکول‌ها، جریان سیال، و فوتون‌های امواج الکترومغناطیسی صورت می‌پذیرد. در محیط‌های غیرمادی، انتقال حرارت فقط با تشعشعات حرارتی صورت می‌گیرد. گستره کاربرد انتقال حرارت در مهندسی بسیار وسیع است. درک صحیح دینامیک شارهای حرارتی و مکانیزم انتقال حرارت نقش بسیار مهمی در طراحی و مهندسی مدرن ایفا می‌کند. یک مهندس الکترونیک درگیر حرارت ناشی از وسایل الکترونیکی است، در حالی که مهندسان عمران ممکن است به اطلاعاتی درباره تنش‌های حرارتی نیازمند باشند که تأثیر به‌سزایی در سازه‌ها دارند. مهندسان مکانیک، مواد، شیمی، پزشکی، هوافضا، ساخت و تولید، و برق، در طیف گسترده‌ای به علم انتقال حرارت نیاز دارند.

در این کتاب که برای درس انتقال حرارت تنظیم شده است، شارهای حرارتی و ردگیری آن‌ها به صورت بردار در محیط‌ها و سیستم‌های مختلف مورد توجه قرار گرفته است.

در فصل ۱ انواع انرژی، نوع حرارتی آن، و اهمیت آن در عرصه طبیعت ارائه می‌شود. در فصل ۲ بردار شار حرارت و مکانیزم‌های انتقال حرارت مورد مطالعه قرار می‌گیرد و روابط کلی شار انرژی ارائه می‌شود. در فصل ۳، اصول اولیه انتقال حرارت هدایتی به صورت تئوری عمومی بحث می‌شود و معادله دیفرانسیل آن به دست می‌آید. در فصل ۴ توان انتقال حرارت محیط‌های مختلف در قالب ضریب انتقال حرارت هدایتی به طور مبسوط بررسی می‌شود. در فصل ۵ انتقال حرارت هدایتی پایا در سیستم‌های مختلف مورد توجه قرار می‌گیرد. در فصل ۶ اهمیت وابستگی انتقال حرارت هدایتی به زمان بحث می‌شود. در فصل ۷ انتقال حرارت هدایتی در حالتی که تغییر فاز صورت می‌گیرد و مرزها ثابت باقی نمی‌مانند، مطالعه می‌شود. در فصل ۸ اصول مکانیزم انتقال حرارت تشعشعی مطالعه می‌شود و در نهایت کاربردهای آن در صنعت و محیط زیست مورد بحث قرار می‌گیرد. در فصل ۹ با تئوری عمومی جابه‌جایی، بحث جابه‌جایی در فصل‌های بعدی پایه‌ریزی می‌شود. فصل ۱۰ به جابه‌جایی اجباری در جریان‌های آرام بیرون می‌پردازد و در فصل ۱۱ بحث جابه‌جایی در جریان آرام درونی ادامه پیدا می‌کند. فصل‌های ۱۲ و ۱۳ به ترتیب

معطوف بر موضوع جابه‌جایی در جریان‌های آشفته درونی و بیرونی است. فصل ۱۴ جابه‌جایی آزاد را به‌طور مبسوط بررسی می‌کند. در فصل ۱۵ انتقال حرارت با تغییر فاز در فرایندهای جوشش، چگالش، و تبخیر مطالعه می‌شود. در فصل ۱۶ مقدمه‌ای بر انتقال جرم ارائه می‌شود و در فصل ۱۷ مقدمه‌ای بر مبدل‌های حرارتی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. در فصل ۱۸ بحث انتقال حرارت معکوس که کاربردهای وسیعی در صنایع و تحقیقات دارد ارائه می‌گردد. در اینجا جانی دارد که از سه نفر از بزرگان علم انتقال حرارت پروفیسور جی.ام. این^۱، بنگت سوندن^۲ و مسعود کاویانی یاد نمایم. علم انتقال حرارت را در محضر این بزرگواران آموختم و از صمیم قلب قدر دان آنان هستم.

بیژن فرهانیه

زمستان ۱۳۹۰