

هدایت حرارتی

تألف:

ال. ام. جی جی

(ویرایش سوم)

ترجمه:

دکتر داود طغرای (استادیار مهندسی مکانیک - دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر)

دکتر احمد رضا عظیمیان (استاد مهندسی مکانیک - دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر)



انتشارات پوش اندیشه

وضعیت فهرست نویسی فیفا

سرشناسه: طغرائی، داود، ۱۳۶۱ -

عنوان و نام پدیدآور: جابجائی حرارتی (بر اساس کتاب ل.ام.جی.جی) / مولفین داود طغرائی، احمد رضا عظیمیان.
مشخصات نشر: اصفهان : پویش اندیشه: نگین ایران، ۱۳۹۲.

مشخصات ظاهری: ۴۹۶ ص.: مصور، نمودار.

شابک: ۲۰۰۰۰ ریال : ۷-۲۵۶-۵۴۴-۹۶۴-۹۷۸

یادداشت: کتاب حاضر بر اساس ویراست سوم کتاب "Heat convection" تألیف لطیف.ام. جی است.
موضوع: گرما -- جابه جایی

شناسه افزوده: عظیمیان، احمد رضا، ۱۳۴۰ -

شناسه انزوده: جی، لطیف م.، ۱۹۲۷ - م.

شناسه افزوده: Jiji, Latif M

رده بندی کنتره: ۱۲۲/۵۴۴/۳۲۷ QC

رده بندی دیویی: ۲۲۱/۶۲۱

شماره کتابشناسی ملی: ۲۶/۲



انتشارات پویش اندیشه

Poyesh.andisheh@gmail.com

نام کتاب: حرارتی (ال.ام. جی جی)

مؤلف: دکتر داود طغرائی / دکتر احمد رضا عظیمیان

ناشر: انتشارات پویش اندیشه - نگین ایران

لیتوگرافی: آرمان - چاپ: نور - صحافی: بابک

تیراژ: ۱۰۰۰

چاپ: اول

تعداد صفحات: ۴۹۶

قطع: وزیری

قیمت: ۲۰۰۰۰ تومان

شابک: ۷-۲۵۶-۵۴۴-۹۶۴-۹۷۸

آدرس مراکز پخش اصفهان: خیابان مسجد سید - خیابان پنج رمضان بالاتراز جهاد دانشگاهی

پلاک ۴۶ انتشارات پویش اندیشه کدپستی ۶۵۹۵۱-۸۱۳۷۸

تلفن: ۰۹۱۳۳۱۱۳۰۸۵

فکس: ۳۳۷۳۵۷۷

تلفن: ۳۳۶۳۲۱۸

خیابان آمادگاه - کوی فتح آباد - پخش کتاب علم گستر تلفن: ۲۲۱۹۹۷۹

هرگونه تکثیر - نسخه برداری، کپی برداری و فروش کپی های این کتاب با استناد به مواد ۲۳ و ۲۹ قانون حمایت از مؤلفان خلاف قانون، اخلاق و شرع بوده و مشمول قوانین مجازات اسلامی خواهد بود.

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول: مفاهیم اساسی	۱
۱-۱ مثال هایی از مسایل هدایت حرارتی	۱
۲-۱ نقطه تمرکز در انتقال حرارت هدایتی	۲
۳-۱ قانون هدایت فورييه	۲
۴-۱ بقای انرژی: فرمول های دیفرانسیلی معادله هدایت حرارتی در مختصات کارتزین	۵
۵-۱ معادله هدایت حرارتی در مختصات های استوانه ای و کروی	۹
۶-۱ شرایط مرزی	۱۰
۱-۶-۱ جابجایی سطحی: قانون سرمایه گذاری	۱۰
۲-۶-۱ تشعشع سطحی: قانون استفان بولتزمن	۱۱
۳-۶-۱ مثال هایی از شرایط مرزی	۱۲
۷-۱ شیوه حل مسئله	۱۶
۸-۱ واحدها	۱۷
مراجع	۱۸
مسائل	۱۹
فصل دوم: هدایت حالت دائم یک بعدی	۲۷
۱-۲ مثال های هدایت یک بعدی	۲۷
۲-۲ سطوح گسترش یافته: پره ها	۴۰
۱-۲-۲ کار پره ها	۴۰
۲-۲-۲ انواع پره ها	۴۰
۳-۲-۲ انتقال حرارت و توزیع دما در پره ها	۴۱
۴-۲-۲ تقریب پره	۴۲
۵-۲-۲ معادله حرارت پره: جابجایی در سطح	۴۳
۶-۲-۲ تعیین $\frac{dA_s}{dx}$	۴۵

۴۶	۷-۲-۲ شرایط مرزی
۴۶	۸-۲-۲ تعیین نرخ انتقال حرارت پره q_f
۴۸	۹-۲-۲ کاربردهای حالت دائم: پره های مساحت ثابت با جابه جایی سطحی
۵۱	۱۰-۲-۲ طول اصلاح شده L_c
۵۲	۱۱-۲-۲ بازده پره η_f
۵۲	۱۲-۲-۲ پره های متحرک
۵۴	۱۳-۲-۲ کاربرد پره های متحرک
۵۷	۱۴-۲-۲ پره های با مساحت متغیر
۶۱	۳-۲-۲ معادلات دیفرانسیل بسل و توابع بسل
۶۱	۱-۳-۲ شکل کلی معادلات بسل
۶۱	۲-۳-۲ حل معادلات بسل
۶۳	۳-۳-۲ شکل های توابع بسل
۶۴	۴-۳-۲ توابع بسل خاص: $n = \frac{\text{عدد صحیح فرد}}{۲}$
۶۴	۵-۳-۲ روابط خاص برای $n = ۱, ۱, ۳, \dots$
۶۵	۶-۳-۲ مشتقات و انتگرال های توابع بسل [۳ و ۲]
۶۵	۷-۳-۲ جدول بندی و بیان گرافیکی توابع بسل منتخب
۶۶	۴-۲ معادله اویلر هم بعد
۶۷	۵-۲ حل های ارائه شده گرافیکی مربوط به نرخ انتقال حرارت پره [۵]
۶۹	مراجع
۶۹	مسائل
۸۳	فصل سوم: هدایت دو بعدی حالت دایم
۸۳	۱-۳ معادله هدایت حرارتی
۸۴	۲-۳ روش حل و محدودیت ها
۸۴	۳-۳ معادلات دیفرانسیل همگن و شرایط مرزی
۸۵	۴-۳ مسئله مقدار مرزی اشتروم - لیوویل: تعامد [۱]
۸۷	۵-۳ روندی برای اعمال روش جداسازی متغیرها
۹۶	۶-۳ مختصات های کارترین: مثال ها
۱۱۲	۷-۳ مختصات استوانه ای: مثال ها
۱۱۸	۸-۳ انتگرال های توابع بسل

۱۱۸	۹-۳ معادلات دیفرانسیل غیر همگن
۱۲۶	۱۰-۳ شرایط مرزی غیر همگن: روش بر هم نهی
۱۲۸	مراجع
۱۲۹	مسائل
۱۳۹	فصل چهارم: هدایت گذرا
۱۳۹	۱-۴ مدل ساده شده: روش ظرفیت فشرده
۱۳۹	۱-۱-۴ معیاری برای صرف نظر کردن از تغییر مکانی دما
۱۴۱	۲-۱-۴ تحلیل ظرفیت فشرده
۱۴۴	۲-۴ هدایت گذرا در صفحات
۱۴۹	۳-۴ معادلات و شرایط مرزی غیر همگن
۱۵۴	۴-۴ هدایت گذرا در استوانه ها
۱۶۱	۵-۴ هدایت گذرا در کره ها
۱۶۵	۶-۴ شرایط مرزی وابسته به زمان: انتقال بر هم نهی دوهامل
۱۶۵	۱-۶-۴ فرمولبندی انتقال دوهامل [۱]
۱۶۸	۲-۶-۴ تعمیم به شرایط مرزی ناپیوسته
۱۶۹	۳-۶-۴ کاربردها
۱۷۴	۷-۴ هدایت در نواحی نیمه بی نهایت: روش تشابه
۱۸۰	مراجع
۱۸۰	مسائل
۱۸۹	فصل پنجم: هدایت در محیط متخلخل
۱۸۹	۱-۵ مثال هایی از هدایت در محیط متخلخل
۱۹۰	۲-۵ مدل انتقال حرارت ساده شده
۱۹۰	۱-۲-۵ تخلخل
۱۹۱	۲-۲-۵ معادله هدایت حرارتی: مختصات کارتزین
۱۹۴	۳-۲-۵ شرایط مرزی
۱۹۵	۴-۲-۵ معادله هدایت حرارتی: مختصات استوانه ای
۱۹۶	۲-۵ کاربردها
۲۰۳	مراجع
۲۳۰	مسائل

۲۱۳	فصل ششم: هدایت با تغییر فاز: مسائل مرز متحرک
۲۱۳	۱-۶ مقدمه
۲۱۴	۲-۶ معادلات حرارت
۲۱۴	۳-۶ شرایط مرزی سطح مشترک متحرک
۲۱۸	۴-۶ غیر خطی بودن معادله انرژی در سطح مشترک
۲۱۹	۵-۶ شکل بی بعد معادلات حاکم، پارامترهای حاکم
۲۲۰	۶-۶ مدل ساده شده: تقریب شبه دائم
۲۲۸	۷-۶ حل های دقیق
۲۲۸	۱-۷-۶ حل استفان
۲۳۱	۲-۷-۶ حل نیمه: ابعاد یک ناحیه نیمه بینهایت
۲۳۵	۳-۷-۶ حل نیوسن: ذرات نیمه بینهایت
۲۳۶	۸-۶ اثر تغییر چگالی در فاز مایع
۲۳۸	۹-۶ هدایت شعاعی با تغییر فاز
۲۴۳	۱۰-۶ تغییر فاز در نواحی محدود
۲۴۳	مراجع
۲۴۴	مسائل
۲۴۹	فصل هفتم: مسائل هدایت غیر خطی
۲۴۹	۱-۷ مقدمه
۲۴۹	۲-۷ منابع غیر خطی شدن
۲۴۹	۱-۲-۷ معادلات دیفرانسیل غیر خطی
۲۵۰	۲-۲-۷ شرایط مرزی غیر خطی
۲۵۱	۳-۷ روش سری تیلور
۲۵۵	۴-۷ تبدیل کرشف
۲۵۵	۱-۴-۷ تبدیل معادلات دیفرانسیل
۲۵۶	۲-۴-۷ تبدیل شرایط مرزی
۲۵۹	۵-۷ تبدیل بولتزمان
۲۶۲	۶-۷ ترکیب تبدیلات بولتزمان و کرشف
۲۶۳	۷-۷ حل های دقیق
۲۶۶	مراجع

۲۶۶	 مسائل
۲۷۵	 فصل هشتم: حل‌های تقریبی: روش انتگرالی
۲۷۵	 ۱-۸ تقریب روش انتگرالی: ساده سازی ریاضی
۲۷۵	 ۲-۸ دستورالعمل
۲۷۶	 ۳-۸ دقت روش انتگرالی
۲۷۷	 ۴-۸ اعمال به مختصات کارتزین
۲۸۶	 ۵-۸ اعمال به مختصات استوانه ای
۲۹۱	 ۶-۸ مسائل غیر خطی [۵]
۳۰۱	 ۷-۸ تولید انرژی
۳۰۶	 مراجع
۳۰۶	 مسائل
۳۱۳	 فصل نهم: حل‌های اختلافی
۳۱۳	 ۱-۹ مقدمه
۳۱۴	 ۲-۹ دستورالعمل حل
۳۱۵	 ۳-۹ مثال‌هایی از مسائل اختلافی - رخدای
۳۱۷	 ۴-۹ حل‌های اختلافی: مثال‌ها
۳۴۳	 ۵-۹ بسط‌های مفید
۳۴۴	 مراجع
۳۴۴	 مسائل
۳۵۱	 فصل دهم: انتقال حرارت در بافت‌های حیاتی
۳۵۱	 ۱-۱۰ مقدمه
۳۵۲	 ۲-۱۰ ساختار رگ‌ها و جریان خون
۳۵۳	 ۳-۱۰ تغییرات دمای خون
۳۵۳	 ۴-۱۰ مدل ریاضی انتقال حرارت در رگ‌ها - بافت‌ها
۳۵۴	 ۱-۴-۱۰ معادله بيو حرارت پنس [۱]
۳۶۲	 ۲-۴-۱۰ معادله چن - هولمز [۵]
۳۶۲	 ۳-۴-۱۰ مدل سه دمائی برای بافت محیطی [۷]
۳۶۴	 ۴-۴-۱۰ معادله بيو حرارتی ساده شده جی جی - وین باوم برای بافت محیطی [۸]
۳۷۴	 ۵-۴-۱۰ مدل استوانه بافت و رگ - [۱۶]s

۳۸۳	 مراجع
۳۸۵	 مسائل
۳۹۹	 فصل یازدهم: هدایت در مقیاس میکرو
۳۹۹	 ۱-۱۱ مقدمه
۴۰۰	 ۱-۱-۱۱ طبقه بندی‌های پدیده‌های مقیاس میکرو
۴۰۲	 ۲-۱-۱۱ هدف و حوزه این فصل
۴۰۳	 ۲-۱۱ فهم ضروریات فیزیکی ضریب هدایت گرمایی با استفاده از تئوری جنبشی گازها
۴۰۴	 ۱-۲-۱۱ استخراج قانون فوریه و عبارتی برای ضریب هدایت گرمایی
۴۰۸	 ۳-۱۱ حامل‌های انرژی
۴۰۸	 ۱-۳-۱۱ گازهای ایده‌آل: حرارت به وسیله ملکول‌های گاز هدایت شود
۴۱۳	 ۲-۳-۱۱ فلزات: حرارت به وسیله الکترون‌ها هدایت می‌شود
۴۱۳	 ۳-۳-۱۱ عایق‌های یکتا، نیمه رساناها: حرارت به وسیله فونون‌ها هدایت می‌شود. (امواج صوتی)
۴۱۵	 ۴-۳-۱۱ تشعشع: حرارت به وسیله فوتون‌ها حمل می‌شود (امواج نور)
۴۲۸	 ۴-۱۱ کاهش ضریب هدایت گرمایی با پخش مرزی: اثر اندازه کلاسیک
۴۳۳	 ۱-۴-۱۱ در نظر گرفتن مکانیزم‌های پخش چندگانه قاعده ماتیسن
۴۳۴	 ۲-۴-۱۱ پخش مرزی برای جریان حرارت مواری با مرز
۴۳۵	 نانوسیم‌ها
۴۳۶	 ۳-۴-۱۱ پخش مرزی برای جریان حرارت عمود بر مرزها
۴۴۵	 ۵-۱۱ استدلال‌های پایانی
۴۵۰	 مراجع
۴۵۳	 مسائل
۴۵۶	 پیوست الف: معادلات دیفرانسیل معمولی
۲۶۱	 (۱) معادلات دیفرانسیل معمولی با ضرائب ثابت
۲۶۱	 (۲) معادلات دیفرانسیل معمولی مرتبه اول با ضرائب متغیر
۲۶۳	 مراجع
۲۶۳	 پیوست ب: انتگرال توابع بسل
۴۶۴	 پیوست پ: مقادیر توابع بسل
۴۶۶	 پیوست ت: ثابت‌های فیزیکی اساسی و خواص مواد
۴۷۴	

- ت - ۱ ثابت های فیزیکی اساسی ۴۷۴
- ت- ۲ تبدیل واحد ۴۷۴
- ت- ۳ خواص گاز هلیوم ۴۷۵
- ت - ۴ خواص مس در دمای 300K ۴۷۵
- ت - ۵ خواص سیلیکای مذاب (دی اکسید سیلیکون بی شکل SiO_2) در دمای 300K ۴۷۵
- ت - ۶ خواص سیلیکون ۴۷۵
- ت - ۷ ضریب هدایت گرمایی نانو سیم سیلیکون به قطر 56nm در دماهای منتخب [۱] ۴۷۷
- ت - ۸ ضریب هدایت گرمایی محاسبه شده نانو لوله های کربنی تک دیواره، مقادیر منتخب [۶] ۴۷۷
- مراجع ۴۷۸

مقدمه مؤلف

این کتاب طراحی شده است تا

۱- ابزارهای لازم برای مدل سازی، تحلیل و حل یک محدوده گسترده از کاربردهای مهندسی در برگیرنده انتقال حرارت هدایتی را فراهم سازد.

۲- سه وجهی که عموماً در کتاب های انتقال حرارت هدایتی پوشش داده نمی شود برای دانشجویان معرفی شود: روشهای احتمالی، انتقال حرارت در بافت زنده و هدایت حرارتی در مقیاس میکرو.

۳- از مزیت ساده سازی ریاضی، هدایت یک بعدی برای ارائه و جستجوی محدوده وسیعی از موقعیت های فیزیکی که از نظر علمی مورد توجه هستند را به کار می گیرد.

۴- بایک روند دقیق و موثر مطالب کتاب را به صورتی ارائه می دهد تا در یک نیمسال تحصیلی برای دوره کارشناسی ارشد قابل پوشش داده شدن باشد.

۵- با تأکید بر فرایند تفکر، منطق، استدلال و تأیید دانشجویان را با روش حل مسأله سیستماتیک آشنا می شود.

نیل به این اهداف مستلزم توازن در انتخاب موضوعات و سطح جزئیات است. روشهای ریاضیاتی در شکلی ساده شده ارائه شده اند تا به عنوان ابزارهایی در بدست آوردن حل ها مورد استفاده قرار گیرند. مثال ها بدقت انتخاب شده اند تا کاربرد اصول و نحوه ایجاد حل ها را تشریح کنند حل ها یک روند و دیدگاه منظم را دنبال می کنند که این روند در همه مثال ها مورد استفاده قرار می گیرد. برای ایجاد سازگاری در منطق حل ها، حل های همه مسائل ده فصل اول کتاب را خودم آماده کرده ام.

این ویرایش شامل یک فصل جدید "هدایت در مقیاس میکرو" است. این موضوع یک زمینه جدید در انتقال حرارت است. مطالب اندکی در مورد این موضوع به عنوان موضوع کتاب درسی در یک سطح مقدماتی در دسترس است. قطعاً آماده سازی چنین فصلی یک کار چالش برانگیز است. خوشبختم که پروفیسور کریس دامز از دانشگاه کالیفرنیا ریورساید، با انجام این مسئولیت موافقت کرد و همه مطالب فصل یازدهم را آماده کرد.

فصل یازدهم به طور دقیق توسط پروفیسور جانگ چن از دانشگاه MIT مورد بازبینی قرار گرفت. من و پروفیسور کریس دامز برای این نکات فنی که ایشان در مورد این فصل ارائه کردند بسیار خنود و متشکر هستیم.

ال. ا. جی

دانشگاه نیویورک - نیویورک

مارس ۲۰۰۹

پیشگفتار مترجمین

حمد و سپاس خداوند بزرگ را که دوباره برای اینجانبان فرصتی مجدد برای ارائه یک کار جدید به محققان و دانش پژوهان کشور فراهم آمد. پس از سالها تدریس درس انتقال حرارت دوره کارشناسی و درس انتقال حرارت هدایتی در مقطع کارشناسی ارشد، بدنبال مرجعی بودیم که ضمن ارائه مطالب به صورت کامل و جامع و با زبانی ساده، در برگیرنده مباحثی در مورد کاربرد هدایت حرارتی در مباحث بایو، میکرو و نانو باشد. کتاب هدایت حرارتی تألیف لطیف.ام. جی جی (ویرایش سوم) کتابی بود که تمامی این مشخصه ها را دارا بود. هر چند این کتاب برای دانشجویان و اساتید که بر کمتر شناخته شده است و اکثراً نام هدایت حرارتی را با کتابهایی همچون هدایت حرارتی آریبا و هدایت حرارتی ازیشیک می شناسند اما مطمئنیم که پس از مطالعه این کتاب نظر بسیاری از آنها به سمت این کتاب جلب خواهد شد. این کتاب در یازده فصل تألیف شده است که هر فصل دارای مباحث زیر است:

فصل اول شامل مفاهیم پایه در انتقال حرارت هدایتی است.

فصل دوم در برگیرنده هدایت حالت دائم یک بعدی و انتقال حرارت در برده است.

فصل سوم به هدایت حرارتی حالت دائم دو بعدی می پردازد.

فصل چهارم هدایت گذرا را مورد مطالعه قرار خواهد داد.

فصل پنجم انتقال حرارت هدایتی در محیط متخلخل را مورد بررسی قرار می دهد.

انتقال حرارت هدایتی همراه با تغییر فاز و مسائل با مرز متحرک در فصل ششم کتاب مورد بررسی و توجه قرار می گیرد.

فصل هفتم هدایت حرارتی غیر خطی و نحوه خطی سازی معادلات را مورد بررسی قرار می دهد.

فصل هشتم شامل حلهای تقریبی - انتگرالی در مسائل هدایت حرارتی است.

فصل نهم شامل حل های اختلافی است.

فصل دهم انتقال حرارت در بافت و نسوج موجودات زنده (بیوحرارت) را مدنظر قرار می دهد.

فصل یازدهم هم بدین شکل در مورد هدایت حرارتی در مقیاس میکرو و نانو می پردازد.

باز هم می گوئیم این کتاب برای شاخصه های ممتازی است که می تواند جذابیت هایی زیادی را برای خوانندگان ایجاد کند. از خوانندگان محترم تقاضا داریم تا هر گونه نظر و پیشنهاد در مورد ترجمه اخیر را با مترجمین کتاب در میان بگذارند تا در چاپ های بعدی مورد توجه قرار دهیم. در خاتمه جا دارد از زحمات بناب آقای شیرانی مسؤول محترم مرکز نشر پویش اندیشه و سرکار خانم نازنین حیدری و خانم ... بدلیل تایپ و صفحه آرایی این کتاب صمیمانه تشکر نمائیم.

داوود ظفرانی - استادیار دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمین شهر

Tohgrae@iaukhsh.ac.ir

احمد رضا عظیمیان - استادیار دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

azimian@cc.iut.ac.ir