

اینکروپرا/دویت/برگمن/لواین

مقدمه‌ای بر انتقال گرما

ویرایش ششم

ترجمه:

دکتر حمیدرضا گشایشی

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد



۲۵۲

♦ ناشر: معاونت پژوهشی و فن آوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد و انتشارات نگاران سبز
♦ نام کتاب: مقدمه‌ای بر انتقال گرما
♦ مترجم: حمیدرضا گشایشی
♦ تیراژ: ۱۰۰۰ جلد
♦ نوبت چاپ: نخست / تابستان ۱۳۹۶
♦ تعداد صفحات: ۱۲۵۴ صفحه
♦ چاپ: زیر جلد (۳۶۰۸۰۴۲۵)
♦ قیمت: ۶۰۰.۰۰۰ تومان
♦ شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۷۲۷۳-۰-۸

مرکز پخش: مشهد - بلوار امامیه - دانشکده فنی مهندسی دانشگاه آزاد
 نمایشگاه و فروشگاه کتاب دانشگاه آزاد اسلامی مشهد تلفن: ۳۶۶۲۵۵۷۸

فهرست

۲۱	فصل ۱ مقدمه
۲۲	۱-۱ در مورد حرارت چه می‌دانیم و حرارت چگونه منتقل می‌شود؟
۲۲	۲-۱ سس کار فیزیکی و معادلات نرخ
۳۳	۳-۱ صل بقای انرژی
۵۸	۴-۱ تحلیل مسائل انتقال حرارت و روش کار
۶۱	۵-۱ اهمیت انتقال حرارت
۶۴	۶-۱ واحدها و ابعاد
۶۹	۷-۱ خلاصه
۷۲	مسائل
۱۰۵	فصل ۲ مقدمه‌ای بر روش
۱۰۶	۱-۲ معادله نرخ رسانش
۱۰۸	۲-۲ خواص حرارتی مواد
۱۲۱	۳-۲ معادله بخش یا توزیع حرارت
۱۳۰	۴-۲ شرایط مرزی و شرایط اولیه
۱۳۳	۵-۲ خلاصه
۱۳۴	مسائل
۱۶۱	فصل ۳ رسانش یک بعدی در حالت پایدار
۱۶۲	۱-۳ دیوار تحت (مسطح)
۱۸۴	۲-۳ روش جایگزین برای تحلیل رسانش
۱۸۷	۳-۳ سیستم‌های شععی
۱۹۴	۴-۳ خلاصه نتایج رسانش یک بعدی
۱۹۴	۵-۳ رسانش با تولید انرژی حرارتی
۲۰۶	۶-۳ انتقال حرارت از پره‌ها
۲۳۲	۷-۳ معادله بیوهیت
۲۳۷	۸-۳ تولید توان الکترونیک
۲۴۸	۹-۳ خلاصه
۲۵۱	مسائل
۳۱۵	فصل ۴ رسانش دو بعدی با حرارت پایدار
۳۱۶	۱-۴ روش‌های جایگزین

۳۱۷	۲-۴ روش جدا کردن متغیرها
۳۲۱	۳-۴ ضریب شکل رسانش و نرخ رسانش حرارتی بدون بعد
۳۲۷	۴-۴ معادلات تفاضل محدود
۳۳۶	۵-۴ حل معادلات تفاضل محدود
۳۵۱	۶-۴ خلاصه
۳۵۲	مسائل

۳۹۱	فصل ۵ رسانش گذرا (غیر پایدار)
۳۹۲	۱-۵ روش ظرفیت فشرده
۳۹۴	۲-۵ درستی و صحت روش ظرفیت فشرده
۳۹۸	۳-۵ تحلیل کلی ظرفیت فشرده
۴۱۰	۴-۵ اثرهای مکانی
۴۱۲	۵-۵ دیوار مسطح با جابجایی
۴۱۶	۶-۵ سیستم های شعاعی با جابجایی
۴۲۴	۷-۵ جسم نیمه بی نهایت
۴۳۱	۸-۵ اشیاء با دمای سطح ثابت یا سازه های متوازن سطحی
۴۳۹	۹-۵ گرمایش تناوبی
۴۴۲	۱۰-۵ روش های تفاضل محدود
۴۵۷	۱۱-۵ خلاصه
۴۵۹	مسائل

۵۱۷	فصل ۶ مقدمه ای بر انتقال حرارت جابجایی
۵۱۸	۱-۶ لایه های مرزی جابجایی
۵۲۰	۲-۶ ضریب انتقال حرارت محلی و متوسط
۵۲۳	۳-۶ جریان آرام و درهم
۵۲۸	۴-۶ معادلات لایه مرزی
۵۳۰	۵-۶ تشابه لایه مرزی: معادلات بی بعد انتقال حرارت جابجایی
۵۳۸	۶-۶ اهمیت فیزیکی اعداد بدون بعد
۵۴۱	۷-۶ تشابه انتقال اندازه حرکت و انتقال حرارت (تشابه رینولدز)
۵۴۲	۸-۶ ضریب تبدیل
۵۴۳	۹-۶ خلاصه
۵۴۴	مسائل

۵۵۹	فصل ۷ جریان خارجی
۵۶۰	۱-۷ روش تجربی

۵۶۱	۲-۷ صفحه‌ی مسطح در جریان موازی
۵۷۲	۳-۷ روش محاسبه جابجایی
۵۷۸	۴-۷ جریان عمود بر ستونه
۵۹۰	۵-۷ کوره
۵۹۳	۶-۷ جریان عمود (عرضی) بر دسته لوله‌ها
۶۰۳	۷-۷ برخورد فواره‌ها
۶۰۹	۸-۷ بسترهای آکنده
۶۱۱	۹-۷ خلاصه
۶۱۶	مسایل
۶۶۳	فصل ۸ جریان داخلی
۶۶۴	۱-۸ ملاحظات ورود میکی
۶۶۹	۲-۸ ملاحظات جریانی
۶۷۴	۳-۸ مؤثره انرژی
۶۸۲	۴-۸ جریان آزاد در لوله‌های دایره‌ای: تحلیلی جردتی و روابط جابجایی
۶۹۱	۵-۸ روابط جابجایی: جریان در هاله لوله‌های دایره‌ای
۷۰۰	۶-۸ روابط جابجایی: لوله‌های غیر دایره‌ای
۷۰۳	۷-۸ روش‌های افزایش انتقال حرارت
۷۰۵	۸-۸ جریان داخلی با مقیاس‌های کوچک
۷۱۱	۹-۸ خلاصه
۷۱۴	مسایل
۷۵۵	فصل ۹ جابجایی آزاد (طبیعی)
۷۵۶	۱-۹ ملاحظات فیزیکی
۷۵۹	۲-۹ معادلات حاکم
۷۶۱	۳-۹ ملاحظات تشابهی
۷۶۲	۴-۹ جابجایی آزاد آرام روی سطح قائم
۷۶۵	۵-۹ اثر آشفتگی جریان
۷۶۷	۶-۹ روابط تجربی: جریان‌های جابجایی آزاد خارجی
۷۸۰	۷-۹ جابجایی آزاد در مجاری متشکل از سطوح موازی
۷۸۶	۸-۹ روابط تجربی: محفظه‌ها
۷۹۳	۹-۹ جابجایی توانم آزاد و اجباری
۷۹۵	۱۰-۹ خلاصه
۷۹۶	مسایل

۸۳۳	فصل ۱۰ جوشش و میعان
۸۳۴	۱-۱۰ پارامترهای بی بعد در جوشش و میعان
۸۳۴	۲-۱۰ دسته بندی جوشش
۸۳۵	۳-۱۰ جوشش استخری
۸۴۱	۴-۱۰ رابطه های جوشش استخری
۸۵۲	۵-۱۰ جوشش با جابجایی اجباری
۸۵۶	۶-۱۰ میعان: مکانیزم های فیزیکی
۸۵۸	۷-۱۰ میعان لایه ای آرام روی صفحه عمودی
۸۶۲	۸-۱۰ میعان لایه ای متلاطم
۸۶۷	۹-۱۰ میعان لایه ای روی سیستم های شعاعی
۸۷۳	۱۰-۱۰ میعان لایه ای در داخل لوله های افقی
۸۷۵	۱۱-۱۰ میعان قطری
۸۷۶	۱۲-۱۰ خلاصه
۸۷۷	مسائل
۸۹۷	فصل ۱۱ مبدل های حرارتی
۸۹۷	۱-۱۱ انواع مبدل های حرارتی
۹۰۰	۲-۱۱ ضریب انتقال حرارت کلی
۹۰۳	۳-۱۱ تحلیل مبدل حرارتی: استفاده از اختلاف دمای میانی
۹۱۵	۴-۱۱ تحلیل مبدل حرارتی: روش بازده-NTU
۹۲۵	۵-۱۱ محاسبات طراحی و عملکرد مبدل حرارتی با استفاده از روش بازده-NTU
۹۳۴	۶-۱۱ مبدل های حرارتی فشرده
۹۴۳	۷-۱۱ خلاصه
۹۴۵	مسائل
۹۷۷	فصل ۱۲ تابش، فرآیندها و خاصیت ها
۹۷۸	۱-۱۲ مفاهیم پایه
۹۸۰	۲-۱۲ شار حرارتی تشعشعی
۹۸۲	۳-۱۲ شدت تابش
۹۹۲	۴-۱۲ تابش جسم سیاه
۱۰۰۳	۵-۱۲ انتشار تابش از سطوح واقعی
۱۰۱۱	۶-۱۲ جذب، انعکاس و عبور از سطوح حقیقی
۱۰۲۱	۷-۱۲ قانون کرشوف
۱۰۳۳	۸-۱۲ سطح خاکستری
۱۰۳۰	۹-۱۲ تابش در محیط

۱۰۳۷	 خلاصه	۱۰-۱۲
۱۰۴۱	 مسایل	
۱۰۹۷	 فصل ۱۳ تبادل تابش بین سطوح	
۱۰۹۸	 ۱-۱۳ ضریب دید	
۱۱۰۹	 ۲-۱۳ تبادل تشعشع برای جسم سیاه	
۱۱۱۵	 ۳-۱۳ تبادل تابش بین سطوح کدر دیفیوز خاکستری در محفظه	
۱۱۳۳	 ۴-۱۳ انتقال حرارت مرکب	
۱۱۳۵	 ۵-۱۳ کاربرد فرضیات ساده شده	
۱۱۳۵	 ۶-۱۳ تبادل تابش با محیط مشترک	
۱۱۴۰	 ۷-۱۳ خلاصه	
۱۱۴۲	 مسایل	
۱۱۹۷	 پیوست ها	
۱۱۹۷	 پیوست الف: خواص ترموفیزیکی مواد	
۱۲۲۳	 پیوست ب: انواع و روابط ریاضی	
۱۲۲۸	 پیوست پ: شرایط حرارتی برای تولید یکسانیت از بین در سیستم های یک بعدی و پایدار	
۱۲۳۶	 پیوست ج: روش تکرار گوس - سایدل	
۱۲۳۸	 پیوست د: معادلات انتقال حرارت جابجایی	
۱۲۴۱	 پیوست د: معادلات لایه مرزی برای جریان دوهم	
۱۲۴۳	 پیوست و: حل انتگرالی لایه مرزی آرمان برای جریان موازی روی صفحه مسطح	
۱۲۴۷	 نمادها	

مقدمه‌ای برای پیشگفتار

پس از گذشت زمانی نه چندان طولانی از ویرایش‌های پیشین کتاب‌های «اساس انتقال جرم و گرما» و «مقدمه‌ای بر انتقال گرما» همکارم دیوید دویت و من بر آن شدیم، طرح مناسبی را برای افزودن به چاپ‌های بعدی در نظر بگیریم. در این خصوص دو نگرانی داشتیم. اول اینکه نمی‌توان تکرار کرد که با گذشت زمان ممکن بود دچار بیماری و یا حتی مرگ شویم و این باعث ایجاد وقفه در چاپ بعدی می‌شد در حالیکه ما می‌خواستیم تازگی مطالب در کتابهایمان حفظ شود. از طرف دیگر این امر باعث دور افتادن مطالب ما از فعالیت‌ها و پیشرفت‌های هر روزه می‌شد.

در سال ۲۰۰۲ به این نتیجه رسیدیم که در این راه باید از سایر همکاران نویسنده خود کمک بگیریم. بدین منظور اولویت‌هایی را برای انتخاب این افراد در نظر گرفتیم که باین شرح‌اند: سابقه موفق در تدریس انتقال جرم و گرما، سابقه تحقیق در این زمینه، سابقه مشارکت با انجمن انتقال حرارت و توانایی حفظ رابطه‌ای مشترک و ریز داگروه. فاکتور آخر برای ما اهمیت بالایی داشت، زیرا بخش اعظم موفقیت ما در چاپ‌های پیشین مرهون همین رابطه بود.

پس از بررسی دقیق و طولانی، سرانجام تد برگمن استاد مهندسی مکانیک دانشگاه کانکتی کات و آدرین لاولین استاد مهندسی مکانیک دانشگاه کالیفرنیا و لس آنجلس را برای همکاری انتخاب کردیم و از اینکه آنها نیز دعوت ما را پذیرفتند بسیار خرسند شدیم. در این چاپ اسامی تد و آدرین به‌عنوان نویسندگان سوم و چهارم آورده شده اما در چاپ پیش به بهانه‌های اول و دوم رسیده و در نهایت به‌عنوان نویسندگان اصلی از آنان یاد خواهد شد. این دو نفر در چاپ اخیر تلاش‌های بی‌وقفه‌ای را به ویژه در زمینه موضوعات جدید نانو و بیونکتولوژی انجام دادند که خواهید دید. متأسفانه آنچه گفته شد مناسب دیدیم تد و آدرین در مقدمه‌ای جداگانه به بیان افکار و اهداف خویش بپردازند.

فرانک اینکروپرا

نوئیدیم، ایندیانا

پیشگفتار

از زمان آخرین چاپ این کتاب، با افزایش نگرانی‌ها در مورد آینده حرفه مهندسی، هم از نظر ملی و هم جهانی، تغییراتی بنیادی در زمینه مهندسی عملی پدید آمد. نگرانی‌هایی از جمله اینکه عملکرد مهندسی در دهه بعد چگونه خواهد بود؟ بهتر است مهندسان آتی متخصص رشته خود باشند یا دانشی وسیع اما کم در همه زمینه‌ها داشته باشند؟ پاسخ دانش‌آموختگان این رشته به تغییر عوامل موثر در بازار چگونه خواهد بود؟ آیا همچنان حد و مرزهای قبلی عامل جدایی اصول مهندسی در دانشکده‌ها و دانشگاه‌ها خواهند بود؟ از آنجا که تکنولوژی اساس پیشرفت استانداردهای زندگی انسان را فراهم می‌کند، باور ما بر این است که آینده مهندسی درخشان خواهد شد اما با توجه به تنش‌های موجود بین تقاضای بیرونی برای عمومیت یافتن و کلی شدن و رضایتمندی عملی برای تخصصی شدن، چگونه می‌توان اصول حاکم بر انتقال حرارت را استوار نگه داشت؟ ارزش این اصول در آینده چه خواهد بود؟ انتقال حرارت در زمینه چه موضوعات جدیدی کاربرد خواهد داشت؟

در این چاپ تلاش کردیم پدیده‌های نوظهور در علم و تکنولوژی را شناسایی نماییم. پدیده‌هایی که در آنها، انتقال حرارت بخشی کلیدی در تشخیص فرآورده‌های جدید در حوزه‌هایی مثل فناوری اطلاعات، بیوتکنولوژی و داروسازی، اتصالات، چاپگرین و نانو تکنولوژی دارد. این کاربردهای جدید همگام با کاربردهای سنتی تولید و بهره‌داری انرژی، بیانگر صحت اصول انتقال حرارت هستند. علاوه بر این، انتقال حرارت در زمینه مسایل و مشکلات بسیاری از جدودیت‌های قبلی، امری حیاتی بوده و اصولی را به همراه خواهد داشت. تمامی تلاش خود را کردیم تا به حل مسائل و روش‌های نوین و قوی در حل مسائل با ذکر مثال‌ها و مسائلی که غنا و زیبایی این اصول را نشان می‌دهند و با ایجاد فرصتی برای دانشجویان به منظور درک اهداف آموزشی به اصول بنیادین رویکرد آموزشی چاپ‌های پیشین وفادار باقی بمانیم.

رویکرد و سازمان‌دهی:

چهار هدف اصلی آموزشی مطلوب در تمامی زمینه‌های فعال حرارت که در چاپ پیشین به تفصیل بیان شد به شرح زیر است:

استنباط صحیح از مفاهیم و اصول فیزیکی اصطلاحات در ارتباط موضوع به سبیل دانشجویان. قدرت ترسیم پدیده انتقال حرارت در هر فرآیند یا هر سیستمی که در رد انتقال حرارت بحث می‌کند. کسب توانایی استفاده از داده‌های ضروری برای محاسبه سرعت انتقال حرارت یا دمای مواد. قدرت ساخت مدل‌های نمونه فرایندها و سیستم‌های حقیقی و تجزیه تحلیل دقیق آن.

همانند چاپ قبل، اهداف آموزشی هر فصل به منظور تقویت ابزاری که به دست آمده‌اند و نیز ابزاری که در دست‌یابی آنان دخیل بوده‌اند مشخص گردیده است. در خلاصه‌ای هر فصل مفاهیم و اصطلاحات کلیدی به کار رفته در آن فصل آورده شده و سؤالاتی نیز به منظور ارزیابی و تقویت درک دانشجویان مطرح شده است. برای مسائلی که شامل مدل‌های پیچیده‌ای هستند، پیشنهاد می‌گردد از نرم‌افزار حل‌کننده معادلات استفاده شود. یا اینکه دانشجویان می‌توانند با استفاده از نرم‌افزارهایی که قبلاً با آنها آشنا شده‌اند مدل‌ها را حل کنند، ولی نرم‌افزار محاوره‌ای انتقال حرارت (IHT) که مبتنی بر ویندوز است مزایای بسیاری برای یادگیری

دارد. در این نرم افزار از روش ها و واژه های کتاب استفاده شده است. نرم افزار انتقال حرارت با اجرای محدود (FEHT)، که آن هم همراه IHT است. قابلیت حل مسایل رسانش را به خوبی دارا می باشد. IHT، که مدل سازی می کند و محیط حل مسایل را فراهم می آورد، شامل پیش پردازشگر، حل کننده و پس پردازشگر است. پیش پردازشگر دارای فضای کاری است و معادله ها را از مدل ها یا از نوار ابزارهای موجود، یا از صفحه کلید می توان وارد آن نمود. مدل ها شامل شش مدل هستند که با قانون اول ترمودینامیک، مدار (شبکه) های مقاومت، رسانش یک بعدی پایدار، پره ها، سیستم های با ظرفیت فشرده و رسانش یک بعدی گذرا برخورد می کنند. نوار ابزار معادله های نرخ، مقاومت های حرارتی، رسانشی، معادله های تفاضل محدود و رابطه های جابجایی و همچنین فرمول های استاندارد را جهت تجزیه و تحلیل مدل های حرارتی و تبادل تابش مابین سطوح به وجود می آورند. با یک نوار ابزار اضافی می توان به خواص ترمودینامیکی وابسته به دما جهت جامدات، گازها و مایعات پی برد. با حل کننده IHT قادر خواهیم بود که معادلات را حل نماییم. پس پردازشگر IHT دارای گزینه Explicit برای مطالعات حساسیت پارامتری، جستجوگر برای جدول بندی نتایج و گزینه گرافیکی برای رسم نتایج به دست آمده است. با قدرتی که IHT برای مدل سازی و حل مسایل دارد، این توانایی را دارد که روش های مرحله در این کتاب و همچنین نکات طراحی را به سادگی اجرا کند. FEHT قابلیت بررسی مسایل رسانش پایدار و غیرپایدار یک بعدی و دو بعدی را تقویت می کند و دارای تابع Problem Definition است که جهت منظور کردن گزینه های هندسی، شبکه اجزای محدود و شرایط مرزی و اولیه مساله کاربرد دارد. تابع K_{eff} که مساله سازی دقیق مساله را قبل از اجرای حل عددی محقق می کند. تابع Output حق انتخاب های مختلفی را برای نمایش نتایج محاسبات مانند میدان های جدول بندی شده دما، مرزهای دمایی و خطوط جریان حرارت به دست می آورد. IHT و FEHT مجهز به منوهای خودآموز، Examples و Help می باشند. کاربرد این نرم افزار را در حداقل زمان یاد می گیرد، اما، باید به این نکته اشاره نمود که نباید به این نرم افزارها به چشم مجموعه ای از مسایل از قبل حل شده، که برای شرایط مختلف ورودی تمرین می شوند، نگاه کرد و در نتیجه هر یک از آنها را باید به عنوان ابزاری در نظر گرفت که ساخت مدل و حل گستره وسیعی از مسایل انتقال حرارت را به سادگی تبدیل می کند. جهت ممانعت از هدر شدن وقت به علت نتایج غلط یک مدل کامپیوتری نادیده گرفتن بسیاری از مسایل کامپیوتری این کتاب در راستای مسایلی می باشند که به طور دستی قابل محاسبه می باشند. برای دانشجویان می توانند تحت شرایط مشخصی که فقط یک حل وجود دارد مدل های خود را بسازند و حل نمایند. بعد از این حل برای بررسی صحت مدل کامپیوتری خود استفاده کنند و با مطالعات پارامتری پیش رفت و به جستجوی شرایط مربوطه طراحی یا عملکرد بپردازند. این نوع مسایل در قسمت های مورد نظر با یک مستطیل نشان داده شده اند مانند (ب)، (پ) یا (ت)، با این روش، اساتیدی که می خواهند فقط تعداد محدودی از مسایل کامپیوتری را به عنوان تکلیف بدهند نیز می توانند از غنای این مسایل بهره برند. مسایلی که همگی کامپیوتری می باشند با شماره در کادر قرار گرفته اند، مثلاً مساله ۱-۲۶ به طور کامل باید با کامپیوتر حل گردد.