

ویراست هفتم

مبانی انتقال گرما و جرم

(جلد اول)

تالیف:

فرانک. پ. انگریپرا

دیوید. پ. دویک

تئودور. ل. برگمن

ادرین. س. لوین

ترجمه:

علی اصغر رستمی

مریم شیرازی

عنوان و نام پديدآورنده:	مباني انتقال گرما و جرم/ مولفان فرانك اينكروپرا ... [و ديگران]؛ مترجمان علي اصغر رستمي، مريم شيرازي ..
مشخصات نشر:	تهران: آوندانش، ۱۳۹۵
مشخصات ظاهري:	۶۷۴ ص:؛ مصور، جدول، نمودار؛ ۲۹×۲۲ س.م.
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۷۰۲۲-۸۰-۱
وضعيت فهرست نويي:	فيا
يادداشت:	عنوان اصلي: Principles of heat and mass transfer, ۷th ed
يادداشت:	مولفان فرانك اينكروپرا، ديويڊ پي. دويت، تئودور ال. برگمن، آدرين اس.لاوين
موضوع:	گرما -- انتقال
موضوع:	جرم (فيزيک) -- انتقال
شناسه افزوده:	اينكرو پرا، فرانك
شناسه افزوده:	Incropera, Frank P.
شناسه افزوده:	رستمي، علي اصغر، ۱۳۳۰-مترجم
شناسه افزوده:	شيرازي، مريم، ۱۳۳۴ - مترجم
رده بندي کنگ:	QC ۳۲۰.۲ ۱۳۹۵
رده بندي دي:	۶۲۱/۴۰۲۲
شماره کتابشناختي ملي:	۴۲۰۳۴۱۲



آوندانش

مباني انتقال گرما و جرم (جلد اول)

نوشتۀ فرانك اينكروپرا، ديويڊ پي. دويت، تئودور ال. برگمن، آدرين اس.لاوين

برگردان: علي اصغر رستمي، مريم شيرازي

تاريخ انتشار: تابستان ۱۳۹۵ - چاپ اول

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

گرافيك و صفحه بندي: غزال رياحي نظري

ليتوگرافي: ترامنگار

چاپ و صحافي: مجتمع چاپ پرسیکا

نشاني ناشر: پاسداران، خ گل نبي، خ ناطق نوري، بن بست طلايي، پلاک ۴

مرکز پخش: ميدان انقلاب، خ جمالزاده، کوچه دعوتي، شماره ۱۲

صندوق پستي: ۱۹۵۸۵/۶۷۳

تلفن: ۲۲۸۹۳۹۸۸ نمابر: ۲۲۸۷۱۵۲۲ تلفن مرکز پخش: ۶۶۵۹۱۹۰۹

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۲۲-۸۰-۱

ناشر همکار: انتشارات شرکت همراه علم

قيمت: ۴۵۰۰۰ تومان

کليه حقوق اين کتاب نزد ناشر محفوظ است

در سراسر جهان، آنچه به عنوان کتاب درسی یا دانشگاهی (TEXTBOOK) معرفی می‌شود، مجموعه‌ای است که به منظور شناخت نظام‌مند، فراگیری دانش و کسب بینش لازم از یک موضوع یا مبحث نوشته یا گردآوری می‌شود، به طوری که خواننده آن مجموعه بتواند پس از خواندن و فراگیری مطالب نگارش یافته، درک درستی از موضوع یا مبحث مورد نظر به دست آورده و دانش و بینش فراگرفته را در جایگاه مناسب و مرتبط با موضوع به کار بندد. البته در بیشتر موارد، لازم است فراگیری این گونه مطالب، بنا به ضرورت و یا احتیاط، زیر نظر یک صاحب‌نظر و خبره صورت گیرد- فردی که در اکثر اوقات، جز یک مدرس یا استاد نمی‌تواند باشد.

امروزه، با توجه به گستردگی کتاب‌های درسی/دانشگاهی که در حوزه‌ها و مباحث گوناگون، توسط نویسندگان و ناشران مختلف عرضه می‌شوند، نقش مدرسان و استادان در تعیین مرجع مناسب در اکثر نظام‌های آموزشی، بسیار اساسی است و خوانندگان این دسته از کتاب‌ها غالباً برای شناسایی کتاب درسی/دانشگاهی مربوط به حوزه‌ی مطالعاتی خود، به این افراد رجوع می‌کنند.

از طرف دیگر، مدرسان و استادان نیز تلاش می‌کنند با رصد جوامع دانشگاهی در سطح ملی و بین‌المللی، همواره از برترین و جدیدترین آثاری که در قالب کتاب‌های درسی یا دانشگاهی انتشار یافته‌اند، مطلع شوند. این کار، به طور معمول، از طریق سایت‌های معتبر، به‌سازمان‌های معتبر و صاحب‌نظر در جامعه‌ی دانشگاهی و یا بررسی آثار ناشران فعال در حوزه‌ی نشر دانشگاهی صورت می‌گیرد.

برپایه‌ی موارد فوق، شرکت "آوند دانش" و شرکت "همراه علم"، بر آن شدند تا در اقدامی مشترک، با ناشر بین‌المللی و معتبر WILEY و آوند دانش و کتاب‌های درسی/دانشگاهی این انتشارات را با خرید امتیاز ترجمه‌ی اثر به زبان فارسی، به صورت رسمی، به صورت رسمی ترجمه و منتشر نمایند. در این رهگذر، چارچوب و شرایط کلی زیر همواره مد نظر این دو ناشر قرار خواهد داشت:

۱) اولاً، کتاب درسی انتخاب شده، باید ترجمه، از آثار شناخته‌شده و مطرح در جوامع دانشگاهی داخل و خارج کشور باشد؛

۲) ثانیاً، مترجمان کتاب در زمره‌ی مدرسان به‌نام و کارشناسان تراز اول حوزه‌ی مربوط باشند؛ و

۳) ثالثاً، تمامی کتاب‌های منتشرشده توسط این دو ناشر، کیفیت مناسب در جنبه‌های مختلف (از جمله نحوی نگارش متن، کیفیت چاپ و سایر شرایط) برخوردار باشند. مخاطبان این آثار، در درازمدت بتوانند این دو ناشر را به عنوان مرجعی قابل اطمینان برای تهیه‌ی کتاب‌های درسی و دانشگاهی بشناسند.

موارد مذکور، به طور مشخص، می‌تواند اطمینان خواننده را در وفاداری و ترجمان به اصل اثر نیز در پی داشته باشد. همچنین، بنا بر توافق صورت گرفته، این دو انتشارات همواره بدیدترین و بدین‌ترین کتاب‌های درسی را برای ترجمه در اختیار خواهند داشت، به نحوی که نشر ترجمه‌ی فارسی اثر همانند کتاب حاضر) همزمان با انتشار نسخه‌ی انگلیسی آن صورت می‌گیرد.

از موارد دیگر این توافق که می‌توان به آن اشاره کرد، حق دسترسی به منابع پشتیبان تدریس کتاب برای استادان و مدرسانی است که از این کتاب‌ها، به عنوان مرجع اصلی تدریس در کلاس‌های خود استفاده می‌کنند. این حق دسترسی، با رعایت شرایط، به صورت رایگان در اختیار این افراد قرار می‌گیرد.

امید است با به‌کارگیری چنین تمهیداتی، بتوان آثار قابل قبول و با کیفیتی را به جامعه‌ی دانشگاهی فارسی‌زبانان ارائه کرد و به پشتوانه‌ی استقبال مخاطبان، به این کار تداوم و بهبود بخشید.

همچنین، به این وسیله از تمامی استادان و صاحب‌نظران محترمی که با کتاب‌های درسی انتشارات WILEY از پیش آشنایی داشته و آن‌ها را در کلاس‌های خود تدریس می‌کنند و بدین سبب، علاقه‌مند به ترجمه‌ی این آثار هستند، دعوت می‌شود تا از طریق نشانی GLOBALEDUCATION@WILEYIRAN.COM یا INFO@HAMRAHELM.COM با ما مکاتبه کرده و با ارسال رزومه و نمونه‌ای از کار انجام‌شده، وارد مذاکره شوند؛ به طور حتم، از تمامی درخواست‌های مربوطه استقبال شده و به تک‌تک آنها پاسخ داده خواهد شد.

در پیش‌گفتار ویرایش قبلی، پرسش‌هایی درباره روند آموزش و کاربرد مهندسی و اهمیت شاخه انتقال گرما مطرح کردیم. پس از بررسی دلایل مختلف به این نتیجه رسیدیم که آینده مهندسی، درخشان و انتقال گرما نقش مهمی در فناوری‌های نو مانند کامپیوتر، بیوتکنولوژی، داروسازی و تبدیل انرژی تجدیدپذیر باقی می‌گذارد.

از آن زمان تغییراتی چند در آموزش و کاربرد مهندسی رخ داده است. نیرو محرکه این تغییرات، کندي رشد اقتصاد جهانی همراه با چالش‌های فنی و زیست‌محیطی در تولید و تبدیل انرژی بوده است. اثر کندي اقتصاد جهانی بر آموزش دانشگاهی بسیار زیان‌بار بود. دانشگاه‌های دنیا ناچار شده‌اند رشته‌ها را اولویت‌بندی کرده و بیشتر منابع را صرف رشته‌های ضروری‌تر کنند. آیا پیش‌بینی گذشته ما در مورد آینده مهندسی و انتقال گرما بیش از حد خوش‌بینانه بوده است؟

دانشگاهیان با توجه به کمبود بودجه، پس از اولویت‌بندی رشته‌ها به این نتیجه رسیدند که اهمیت رشته‌های مهندسی بیش از پیش است. رشته‌های زیربنایی به عنوان شالوده دانش مادام‌العمری شناخته شده‌اند. نقش ممتاز انتقال گرما در بسیاری از کاربردها، به ویژه در سیستم‌های تبدیل انرژی معمولی و نوین و کنترل اودگی حیط، بازشناسی شد. اعتقاد داریم که ارزیابی گذشته ما درست بوده است: آینده مهندسی درخشان و انتقال گرما نقش حیاتی در روبرویی با چالش‌های فنی و زیست‌محیطی ایفا خواهد کرد.

در این ویرایش مطالبی از پژوهش‌های جدید انتقال گرما در حدی که مناسب دانشجویان دوره کارشناسی باشد گنجانده‌ایم. بخش جدید مثال‌ها و مساله‌های جدیدی بگنجانیم که دانشجویان را به کاربردهای جدیدی، که با استفاده از اصول و مبانی حل شده‌اند، علاقمند کنیم. به استفاده از روش سیستماتیکی که در ویرایش‌های گذشته برای حل مسائل به کار بردیم همچنان پایبند مانسیم. سعی کردیم با توضیحات کافی در متن کتاب، منبع دانش در اختیار دانشجویان و مهندسين شاغل قرار دهیم. در ویرایش‌های گذشته به اهداف چهارگانه آموزش پرداختیم: دانشجویان بایستی:

- ۱) مفاهیم و مبانی فیزیکی موضوع انتقال گرما را بیاموزند.
- ۲) پدیده‌های انتقال مربوطه در فرایندها و سیستم‌های شامل انتقال گرما را بشناسند.
- ۳) داده‌های مورد نیاز برای محاسبه نرخ انتقال گرما و دما را به درستی به کار برند.
- ۴) مدل‌های مناسبی برای فرایندها و سیستم‌های واقعی ارائه کرده و با استفاده از آن به نتایج معقولی برای طراحی و بررسی عملکرد این سیستم‌ها و فرایندها دست یابند.

علاوه بر آن، اهداف خاص هر فصل به روشنی بیان شد و راه‌های رسیدن به آن نیز بررسی شد. در پایان هر فصل، خلاصه مفاهیم آن فصل و واژه‌های مهم بیان شد و میزان فراگیری مطالب توسط دانشجویان با طرح پرسش‌هایی سنجیده می‌شود.

توصیه می‌شود مسائل شامل مدل‌های پیچیده و تحلیل پارامتری با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری حل شود. روش استفاده از این نرم‌افزار، ساده‌تر شده و ویژگی‌های ابتدایی و پیشرفته آن به راحتی قابل تفکیک است. تا آنجا که ما اطلاع داریم، بیشتر دانشجویان و استادان از کاربرد ابتدایی آن استفاده می‌کنند. با مشخص کردن ویژگی‌های پیشرفته، معتقدیم دانشجویان به طور گسترده از این نرم‌افزار استفاده کنند. نرم‌افزار انتقال گرما به روش اجزا محدود (FEHT) نیز که به وسیله شرکت نرم‌افزاری F-Chart (مدیسون، ویسکانسین) نوشته شده نیز برای حل مسائل رسانایی دوبعدی تهیه شده است.

مطالب جدید و برایش هفتم

در مطالب فصل ۶ جریان خارجی، تغییراتی داده شد و از طول آن کاسته شد. حل تشابهی ساده‌تر شد، و نتایج جدیدی برای جریان روی شکل‌های غیر دایره‌ای ارائه و بعضی روابط تجربی جایگزین شد. بحث

جریان عمود بر مجموعه لوله‌ها کوتاه‌تر شد، بدون آن که از محتوای اصلی آن کاسته شود. تغییر عمده فصل ۹، جابه‌جایی آزاد، ارائه یک رابطه تجربی برای جابه‌جایی آزاد از سطح تخت به جای رابطه قبل است. تغییرات کمی هم در بحث لایه مرزی داده شد.

بعضی مطالب مربوط به میعان در فصل ۱۰، جوشش و میعان، به روز شده تا پیشرفت‌های جدید، مثلاً در میعان روی سطوح پره‌دار، را در بر گیرد. اثر کشش سطحی و حضور گازهای میعان‌ناپذیر بر میعان بخار و نرخ انتقال گرمای مربوطه بیان شد.

مطالب فصل ۱۱، مبدل‌های حرارتی، به دلیل نقش حیاتی آن در فن‌آوری تولید و تبدیل انرژی معمولی و تجدیدپذیر، مورد توجه ویژه قرار گرفت. بخش جدیدی درباره کاربرد روش تحلیل مبدل‌ها در چاه‌گرم و فراوری مواد اضافه شد. بیشتر مطالب راجع به مبدل‌های فشرده که در ویرایش قبل بود، با مبدل‌های ویژه جایگزین شد. تفصیل مطالب مبدل‌های فشرده در «مطالب تکمیلی» گنجانده شد که اساساً در صورت تمایل می‌توانند به آن رجوع کنند.

مفاهیم توان صدور، شدت تابش ورودی، شدت تابش خروجی، و شار گرمای تابشی در ابتدای فصل ۱۲، تابش: فرایندها و خواص، معرفی شد تا اساتید بتوانند تکلیف مسائل آخر فصل درباره موازنه انرژی سطحی، خاصیت تابشی و اندازه‌گیری تابش را زودتر انتخاب کنند. پوشش تابش محیطی گسترش قابل توجهی یافت. بحث‌های جداگانه‌ای درباره تابش خورشیدی، موازنه تابش جوی و تابش ورودی به زمین ارائه شده است. انرژی در مورد اثر فعالیت‌های جوی بر دمای زمین نیز مورد اشاره قرار گرفت.

بیشتر اصلاحات در فصل ۱۳، تبادل تابش بین سطوح، به تبیین اختلاف بین سطح هندسی به سطح تابشی اختصاص یافت که دامنه آن عموماً در شناسایی آن مشکل دارند. بعضی از مطالب تبادل تابش بین چند سطح سیاه ویرایش قبل به فصل ۱۳ منتقل شد. به جای آن، تبادل تابش بین سطوح‌های دیفرانسیلی معرفی شد تا به محدودیت‌های روش تحلیل فصل ۱۳ اشاره شود.

فصل ۱۴، انتقال جرم در اثر پخش، تغییر چندانی نکرد.

مطالب در این ویرایش تقریباً ۲۵۰ مساله جدید صافه شد. این مسائل شامل استفاده از روش حل دستی و اجزا محدود است. حل بسیاری از مسائل نیز به دلیل معرفی روابط تجربی جدید جابه‌جایی تغییر کرد.

پوشش مطالب در درس

در پاسخ به گسترش ماشین حساب‌ها و نرم‌افزارهای ارزان قیمت در طول سال‌های گذشته مطالب کتاب تغییراتی کرد. همچنین به علاقه طیف گسترده استفاده کنندگان، کتاب از جمله به (الف) علایق پژوهشی مدرسان و (ب) دامنه گسترده برنامه‌های دانشکده‌ها و دانشگاه‌ها نیز توجه داشته‌ایم. در هر حال، چهار هدف اصلی آموزش انتقال گرما همواره مد نظرمان بوده است.

با توجه به علایق مختلف، هدف مولفین کتاب این نبوده است که تمام مطالب کتاب در یک نیم‌سال آموزشی ارائه شود. هدف این بوده که میانی اصلی انتقال گرما در یک نیم‌سال و مطالب پیشرفته‌تر در نیم‌سال بعد ارائه شود. بیشتر فصل ۲ بایستی در درس اول آموزش داده شود. به ویژه، معادله نرخ گرما، بخش ۱-۲، معادله پخش گرما، بخش ۲-۳، و شرایط مرزی و اولیه، بخش ۲-۴، توصیه می‌شود تمام فصل ۲ پوشش داده شود.

سر فصل‌های مختلفی از فصل ۳ را می‌توان انتخاب کرد یا در درس دوم پوشش داد. مطالب قابل انتخاب شامل بخش ۳-۱، ۵، مواد متخلخل، بخش ۳-۷، معادله زیست گرما، بخش ۳-۸ تولید برق ترموالکتریک، و بخش ۳-۹، رسانایی در میکرو و نانومقیاس. چون مطالب این فصل به هم وابسته نیستند، استاد می‌تواند مطالب مورد نظر را انتخاب کند.

مطالب فصل ۴ درباره رسانایی دائم و دویعدی، شامل (الف) مفاهیم اساسی و (ب) روش‌های مهم و عملی حل مسائل است. توصیه می‌کنیم تمام مطالب این فصل در درس اول گنجانده شود. مطلب انتخابی در فصل ۵ بخش ۵-۹، گرمایش متناوب، است. بعضی از استادان بخش ۵-۱۰، روش تفاضل محدود را نیز در درس اول نمی‌پوشانند.

جذب مطالب فصل ۶ مقدمه‌ای بر جابه‌جایی، برای اکثر دانشجویان مشکل است. اما فصل ۶ شالوده فصل‌های بعدی است. توصیه می‌شود تمام این فصل در درس اول پوشش داده شود. فصل ۶ جریان خارجی را در بر می‌گیرد و شامل روابطی برای محاسبه جابه‌جایی است که دانشجویان در فصل‌های بعد و در آینده پس از فراغت از تحصیل استفاده خواهند کرد. بخش‌های ۶-۷ تا ۶-۵ در درس اول گنجانده شوند. اما پوشش بخش‌های ۶-۷، ۶-۷، و ۸-۷ انتخابی‌اند. این مطالب را بدون از دست دادن پیوستگی، می‌توان حذف کرد.

مطلب فصل ۸، جریان داخلی، نیز توسط دانشجویان در فصل‌های بعد و پس از فراغت از تحصیل استفاده می‌شود. اما بخش ۸-۷ و ۸-۸ را می‌توان به درس بعد موکول کرد. فصل ۹ جابه‌جایی آزاد را در بر می‌گیرد. چون مقاومت گرما در اثر جابه‌جایی آزاد معمولاً بزرگ‌ترین مقاومت است، پس از آن در انتقال گرمای کل، حیاتی است. بنابراین بیشتر مطالب این فصل باید در درس اول پوشش داده شود. بخش ۹-۷ و ۹-۹ را می‌توان به درس بعد موکول کرد. برخلاف جابه‌جایی آزاد، مقاومت گرمایی در انتقال گرما معمولاً ناچیز و اغلب قابل چشم‌پوشی است. بخش‌های ۱۰-۱ تا ۱۰-۴، ۱۰-۶ تا ۱۰-۱۰، ۱۰-۱۱ و ۱۱-۱۱ برای درس اول توصیه می‌شود. بخش ۱۰-۵، جوشش در جریان اجباری، را می‌توان به درس بعد موکول کرد. بخش‌های ۱۰-۹ و ۱۰-۱۰ را می‌توان در درس اول یا دوم گنجانده.

توصیه می‌کنیم فصل ۱۰، مبدل‌های حرارتی، در درس اول گنجانده شود. یکی از ویژگی‌های بارز این کتاب ابتدا، پوشش نسبتاً مفصل انتقال گرمای تابشی در فصل ۱۲، تابش؛ فرایندها و خواص، بوده است. مطالب این فصل شاید بیش از هر زمان دیگر مفید باشد، به ویژه با توجه به گسترش کاربرد در فرایندهای تولید، شیمیایی و کنترل تابش، و نگرانی‌های زیست‌محیطی و تغییرات جوی. گرچه، پس از بخش ۱۲-۴ می‌توان در فصل ۱۳ پرید، ولی توصیه می‌کنیم تمام این فصل پوشش داده شود.

فصل ۱۳ را می‌توان در درس دوم انتقال گرما پوشش داد. مطالب فصل ۱۴، انتقال جرم در اثر بخش، در بسیاری از کاربردهای فرایند شیمیایی، فراوری مواد و تبدیل انرژی کاربرد دارد. این موضوع در کاربردهای بیوتکنولوژی هم می‌دهد. اگر فرصت باشد، تمام این فصل را توصیه می‌کنیم. اما بخش ۱۴-۲ را می‌توان به درس دیگری وا گذاشت.

Acknowledgments

We wish to acknowledge and thank many of our colleagues in the heat transfer community. In particular, we would like to express our appreciation to Diana Borca-Tasciuc of the Rensselaer Polytechnic Institute and David Cahill of the University of Illinois Urbana-Champaign for their assistance in developing the periodic heating material of Chapter 5. We thank John Abraham of the University of St. Thomas for recommendations that have led to an improved treatment of flow over noncircular tubes in Chapter 7. We are very grateful to Ken Smith, Clark Colton, and William Dalzell of the Massachusetts Institute of Technology for the stimulating and detailed discussion of thermal entry effects in Chapter 8. We acknowledge Amir Faghri of the University of Connecticut for his advice regarding the treatment of condensation in Chapter 10. We extend our gratitude to Ralph Grief of the University of California, Berkeley, for his many constructive suggestions pertaining to material throughout the text. Finally, we wish to thank the many students, instructors, and practicing engineers from around the globe who have offered countless interesting, valuable, and stimulating suggestions. In closing, we are deeply grateful to our spouses and children, Tricia, Nate, Tico, Greg, Elias, Jacob, Andrea, Terri, Danny, and Shaunna for their endless love and patience. We extend appreciation to Tricia Bergman who expertly processed solutions for the end-of-chapter problems.

Theodore L. Bergman (tberg@engr.uconn.edu) Storrs, Connecticut

Adrienne S. Lavine (lavine@seas.ucla.edu) Los Angeles, California

Frank P. Incropera (fpi@nd.edu) Notre Dame, Indiana

ترجمه‌ی ویرایش چهارم مقدمه‌ای بر انتقال گرما به قلم همین مترجمان و به همت مرکز انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان تا کنون سیزده بار تجدید چاپ شده است. بنا به درخواست انتشارات آوند دانش، نماینده‌ی شرکت انتشاراتی جان وایلی در ایران، ترجمه‌ی ویرایش هفتم مبانی انتقال گرما و جرم را پذیرفتیم. از قبول این مسئولیت دو انگیزه‌ی مهم فنی و فرهنگی داشتیم: ۱) تداوم دسترسی دانشجویان و مهندسان فارسی‌زبان به این اثر گران‌بهای فنی و ۲) کمک فرهنگی هر چند ناچیز در زمینه‌ی انتقال گرما با ارائه معادل‌های فارسی مناسب به عنوان مرجعی برای دانش‌پژوهان علاقه‌مند.

استقبال فراوان از ترجمه‌های قبلی را مدیون اساتید بزرگوار و دانشجویان عزیزی هستیم که انگیزه‌ی ما را برای ترجمه‌ی جدید دوجندان کردند. امیدواریم همچون گذشته، ما را از نظرات و پیشنهادات ارزشمند خو بهره‌مند سازید. علی‌رغم تلاش فراوان برای ارائه‌ی اثری بی‌عیب و نقص، قطعاً بعضی از ایرادها از دید ما پنهان مانده‌اند. کتابی که پیش رو دارید حاصل تلاش بی‌وقفه‌ی پرسنل شرکت همراه علم است. به ویژه از خانم‌ها غزال ریاحی و سمانه نوروزی که در این امر مهم ما را یاری کردند صمیمانه قدردانی می‌نمایم.

علی اصغر رستمی و مریم شیرازی

از مؤلفان کتاب حاضر، کتاب دیگری نیز با نام «مقدمه‌ای بر انتقال گرما» منتشر شده است که تقریباً همانند این کتاب به مبحث انتقال گرما پرداخته است، با این تفاوت که یک فصل اضافه در این کتاب وجود دارد (فصل ۱۴) که کلاً بر موضوع «بخش جرم» اختصاص داده شده است. علاوه بر آن، در مبحث کوتاهی در فصل‌های مربوط به انتقال گرما، تشابه انتقال جرم با گرما بررسی شده است. یکی از دلایل ترجمه‌ی کتاب دوم این بود که در تمامی دوران تدریس در دانشگاه‌ها و همچنین ارتباط چهل‌ساله با صنعت و علی‌رغم کاربردهای فراوان انتقال گرما، در آن، کمتر مشاهده کردم که مهندسان مکانیک، به این حوزه ورود کنند که این مسئله ناشی از عدم آشنایی قبلی آن‌ها با موضوع مورد بحث بود. مفاهیم ساده‌ی انتقال جرم که در این کتاب معرفی شده است، این اطمینان را در مخاطب ایجاد می‌کند تا با استفاده از منابع تکمیلی دیگر، به حل مسائل انتقال گرما، همراه با انتقال جرم بپردازد.

علی اصغر رستمی

فهرست

فصل ۱ مقدمه

۲	۱-۱ گرما چیست و چگونه انتقال می‌یابد؟
۳	۲-۱ مبانی فیزیکی و معادله‌های نرخ
۳	۱-۲-۱ رسانایی
۵	۲-۲-۱ جابه‌جایی
۸	۳-۲-۱ تابش
۱۲	۴-۲-۱ مفهوم مقاومت گرمایی
۱۲	۳-۱ مقایسه انتقال گرما و ترمودینامیک
۱۲	۱-۳-۱ قانون اول ترمودینامیک (بقای انرژی)
۱۳	قانون اول ترمودینامیک در بازه زمانی (Δt)
۱۳	معادله انرژی گرمایی و مکانیکی در بازه زمانی (Δt)
۱۳	معادله انرژی گرمایی و مکانیکی در لحظه زمانی (t)
۲۹	۲-۳-۱ درباره قانون دوم ترمودینامیک و بازده موتور گرمایی

۳۳	۴-۱	واحدها و ابعاد
۳۵	۵-۱	تحلیل مسائل انتقال گرما
۳۸	۶-۱	درباره انتقال گرما
۴۲	۷-۱	خلاصه
۴۴		مراجع
۴۵		مسائل

فصل ۲ مقدمه‌ای بر رسانایی گرما

۶۶	۱-۲	معادله نرخ رسانایی
۶۸	۲-۲	خواص گرمایی ماده
۷۵	۱-۲-۲	ضریب رسانایی گرما
۷۵	۲-۲-۲	سایر خواص مربوطه
۸۰	۳-۲	معادله پاشی گرما
۸۶	۴-۲	شماره‌های مرتبط و اولیه
۹۰	۵-۲	خلاصه
۹۱		مراجع
۹۲		مسائل

فصل ۳ رسانایی گرمای دائم و یک بعدی

۱۱۰	۱-۳	دیوار تخت
۱۱۰	۱-۱-۳	دما
۱۱۲	۲-۱-۳	مقاومت گرمایی
۱۱۳	۳-۱-۳	دیوار مرکب
۱۱۵	۴-۱-۳	مقاومت سطح تماس
۱۱۷	۵-۱-۳	مواد متخلخل
۱۲۹	۲-۳	روش دیگر برای تحلیل رسانایی
۱۳۲	۳-۳	سیستم‌های شعاعی
۱۳۳	۱-۳-۳	استوانه
۱۳۸	۲-۳-۳	کره
۱۳۸	۴-۳	خلاصه نتایج رسانایی یک بعدی
۱۳۹	۵-۳	رسانایی با تولید انرژی گرمایی
۱۳۹	۱-۵-۳	دیوار تخت
۱۴۴	۲-۵-۳	سیستم‌های شعاعی
۱۴۶	۳-۵-۳	حل‌های دیگر در جدول
۱۴۶	۴-۵-۳	کاربرد مفهوم مقاومت گرمایی
۱۴۹	۶-۳	انتقال گرما از سطوح گسترش یافته
۱۵۲	۱-۶-۳	تجزیه و تحلیل کلی رسانایی در پره‌ها
۱۵۳	۲-۶-۳	پره‌های با سطح مقطع یکنواخت
۱۵۸	۳-۶-۳	عملکرد پره

۱۶۰	۳-۶-۴ پره‌های با سطح مقطع غیریکنواخت
۱۶۴	۳-۶-۵ بازده کلی سطح
۱۷۱	۳-۷ معادله زیست‌گرما
۱۷۵	۳-۸ تولید برق ترموالکتریکی
۱۸۱	۳-۹ رسانایی در مقیاس میکرو و نانو
۱۸۱	۳-۹-۱ رسانایی در لایه‌های نازک گاز
۱۸۲	۳-۹-۲ رسانایی در لایه‌های نازک جامد
۱۸۳	۳-۱۰ خلاصه
۱۸۵	مراجع
۱۸۶	مسائل

فصل ۴ رسانایی گرمای دائم و دوبعدی

۲۲۶	۴-۱ روش‌های دیگر
۲۲۷	۴-۲ روش جابجایی متغیرها
۲۳۰	۴-۳ ضریب شکل رسانایی و نرخ گرمای رسانایی بی‌بعد
۲۳۵	۴-۴ معادله‌های تفاضل محدود
۲۳۵	۴-۴-۱ شبکه گره‌ای
۲۳۶	۴-۴-۲ معادله گرما به صورت تفاضل محدود
۲۳۷	۴-۴-۳ روش موازنه انرژی
۲۴۴	۴-۵ حل معادله‌های تفاضل محدود
۲۴۴	۴-۵-۱ نمایش ماتریسی معادله‌ها
۲۴۴	۴-۵-۲ بررسی دقت و درستی جواب
۲۵۰	۴-۶ خلاصه
۲۵۰	مراجع
۲۵۱	مسائل

فصل ۵ رسانایی گرمای گذرا

۲۷۴	۵-۱ روش ظرفیت فشرده
۲۷۶	۵-۲ اعتبار روش ظرفیت فشرده
۲۸۰	۵-۳ تجزیه و تحلیل عمومی ظرفیت فشرده
۱۸۲	۵-۳-۱ فقط تابش
۲۸۱	۵-۳-۲ تابش ناچیز
۲۸۲	۵-۳-۳ جابه‌جایی با ضریب جابه‌جایی متغیر
۲۸۲	۵-۳-۴ ملاحظات دیگر
۲۸۹	۵-۴ اثرهای مکانی
۲۹۱	۵-۵ دیوار تخت با جابه‌جایی
۲۹۱	۵-۵-۱ حل دقیق
۲۹۱	۵-۵-۲ حل تقریبی
۲۹۲	۵-۵-۳ انتقال انرژی کل

۲۹۴	۴-۵-۵ ملاحظات دیگر	
۲۹۴	سیستم‌های شعاعی با جابه‌جایی	۶-۵
۲۹۴	۱-۶-۵ حل‌های دقیق	
۲۹۵	۲-۶-۵ حل‌های تقریبی	
۲۹۵	۳-۶-۵ انتقال انرژی کل	
۲۹۵	۴-۶-۵ ملاحظات دیگر	
۳۰۰	جسم نیمه‌بینه‌ای	۷-۵
۳۰۶	شرط مرزی دما ثابت یا شار گرما ثابت در سطح	۸-۵
۳۰۶	۱-۸-۵ شرط مرزی دمای سطح ثابت	
۳۰۸	۲-۸-۵ شرایط شار گرمای ثابت در سطح	
۳۰۸	۳-۸-۵ حل‌های تقریبی	
۳۱۵	گرمایش نوسانی	۵
۳۱۷	روش‌های تفاضل محدود	۱۰-۵
۳۱۷	۱-۱۰-۵ گسسته‌سازی معادله گرما: روش صریح	
۳۲۴	۲-۱۰-۵ گسسته‌سازی معادله گرما: روش ضمنی	
۳۳۱	۱۱-۵	
۳۳۲	مراجع	
۳۳۳	مسائل	

فصل ۶ مقدمه‌ای بر جابه‌جایی

۳۶۸	۱-۶ لایه‌های مرزی جابه‌جایی	
۳۶۸	۱-۱-۶ لایه مرزی سرعت	
۳۶۹	۲-۱-۶ لایه مرزی گرمایی	
۳۷۰	۳-۱-۶ لایه مرزی غلظت	
۳۷۱	۴-۱-۶ اهمیت لایه‌های مرزی	
۳۷۱	۲-۶ ضریب جابه‌جایی موضعی و میانگین	
۳۷۱	۱-۲-۶ انتقال گرما	
۳۷۲	۲-۲-۶ انتقال جرم	
۳۷۳	۳-۲-۶ مسأله جابه‌جایی	
۳۷۷	۳-۶ جریان آرام و معشوش	
۳۷۷	۱-۳-۶ لایه مرزی سرعت آرام و معشوش	
۳۷۹	۲-۳-۶ لایه‌های مرزی آرام و معشوش گرمایی و غلظت	
۳۸۱	۴-۶ معادله‌های لایه مرزی	
۳۸۲	۱-۴-۶ معادله‌های لایه مرزی آرام	
۳۸۴	۲-۴-۶ جریان تراکم‌پذیر	
۳۸۵	۵-۶ تشابه لایه مرزی: معادله‌های بی‌بعد لایه مرزی	
۳۸۵	۱-۵-۶ پارامترهای تشابه در لایه مرزی	
۳۸۵	۲-۵-۶ شکل تابعی جواب‌ها	
۳۹۳	۶-۶ اهمیت فیزیکی پارامترهای بی‌بعد	
۳۹۶	۷-۶ تشابه لایه مرزی	

۳۹۶	۱-۷-۶ تشابه انتقال گرما و جرم
۳۹۹	۲-۷-۶ سرمایش تبخیری
۴۰۱	۳-۷-۶ تشابه رینولدز
۴۰۲	۸-۶ خلاصه
۴۰۳	مراجع
۴۰۴	مسائل

فصل ۷ جریان خارجي

۴۲۳	۱-۷ روش تجربی
۴۲۴	۲-۷ صفحه تخت در جریان موازی
۴۲۴	۱-۲-۷ جریان آرام: حل تشابهی
۴۳۰	۲-۷-۲ جریان مغشوش روی سطح هم‌دما
۴۳۱	۳-۲-۷ شرایط لایه‌های مرزی مرکب
۴۳۲	۴-۲-۷ طول لایه آدیاباتیک
۴۳۲	۵-۲-۷ صفحه تخت با شار گرمای ثابت در سطح
۴۳۳	۶-۲-۷ محدوده‌های استفاده از ضرایب جابه‌جایی
۴۳۳	۳-۷ روش محاسبه لایه مرزی
۴۴۰	۴-۷ جریان عمود بر استوانه
۴۴۰	۱-۴-۷ بررسی جریان
۴۴۲	۲-۴-۷ انتقال گرما و جرم جابه‌جایی
۴۵۰	۵-۷ کره
۴۵۲	۶-۷ جریان عمود بر مجموعه لوله‌ها
۴۶۰	۷-۷ برخورد فواره‌ها
۴۶۱	۱-۷-۷ بررسی‌های هیدرودینامیکی و هندسی
۴۶۲	۲-۷-۷ انتقال گرما و جرم جابه‌جایی
۴۶۶	۸-۷ بسترهای آکنده
۴۶۷	۹-۷ خلاصه
۴۷۰	مراجع
۴۷۱	مسائل

فصل ۸ جریان داخلي

۵۰۴	۱-۸ ملاحظات هیدرودینامیکی
۵۰۴	۱-۱-۸ شرایط جریان
۵۰۵	۲-۱-۸ سرعت میانگین
۵۰۶	۳-۱-۸ پروفیل سرعت در ناحیه توسعه‌یافته
۵۰۷	۴-۱-۸ گرادیان فشار و ضریب اصطکاک در جریان توسعه‌یافته
۵۰۹	۲-۸ ملاحظات گرمایی
۵۰۹	۱-۲-۸ دمای میانگین

۵۱۰	۲-۲-۸ قانون سرمایش نیوتن	
۵۱۰	۳-۲-۸ شرایط توسعه یافته	
۵۱۳	موازنه انرژی	۳-۸
۵۱۳	۱-۳-۸ ملاحظات کلی	
۵۱۴	۲-۳-۸ شار گرمای ثابت در سطح	
۵۱۷	۳-۳-۸ دمای سطح ثابت	
۵۲۰	جریان آرام در لوله‌های دایره‌ای: تحلیل گرمایی و روابط جابه‌جایی	۴-۸
۵۲۰	۱-۴-۸ ناحیه توسعه یافته	
۴۲۵	۲-۴-۸ ناحیه ورودی	
۵۲۶	۳-۴-۸ خواص وابسته به دما	
۵۲۷	روابط جابه‌جایی: جریان مغشوش در لوله‌های دایره‌ای	۵-۸
۵۲۳	روابط جابه‌جایی: مجراهای غیردایره‌ای و بین لوله‌های هم‌محور	۶-۸
۵۳۶	روش‌های افزایش انتقال گرما	۷-۸
۵۳۹	جریان در مجاری کوچک	۸-۸
۵۳۹	۱-۸-۱ جابجایی میکرومقیاس در گازها ($0.1 \mu m \leq D_h \leq 100 \mu m$)	
۵۴۰	۸-۸ جابجایی میکرومقیاس در مایعات	
۵۴۰	۳-۸-۸ جابجایی نانه‌مقیاس ($D_h \leq 100 nm$)	
۵۴۳	انتقال جرم در مجاری	۹-۸
۵۴۵	خلاصه	۱۰-۸
۵۴۷	مراجع	
۵۴۹	مسائل	

پیوست

۵۷۷	پیوست الف
۶۲۳	پیوست ب
۶۳۱	پیوست پ
۶۳۷	پیوست ت
۶۳۹	پیوست ث
۶۴۳	پیوست ج
۶۴۷	پیوست چ

واژه‌نامه