



قابل استفاده به عنوان مرجع کامل درس انتقال حرارت
منطبق بر سرفصل های وزارت علوم تحقیقات و فناوری

مرجع علمی انتقال حرارت

مهندسی شیمی، مکانیک، بیوتکنولوژی، پلیمر،
فرآوری و انتقال گاز، نانو مواد، انرژی، انرژی، انرژی

شامل:

- شرح کامل درس، مفاهیم
- استفاده از روابط منحصر به فرد و رامبردی جهت
- بالا بردن سرعت عمل درست زنی
- بیش از ۲۰۰۰ سؤال تالیفی و آزمون کارشناسی
- ارشد سراسری و آزاد همراه با حل واقعاً تشریحی

مؤلف: امید بابایی

مرکز نشر جهش

سرشناسه

: بابایی، امید

عنوان و نام پدیدآور

: مرجع کامل انتقال حرارت: مهندسی شیمی، مکانیک، بیوتکنولوژی، پلیمر
.../ امید بابایی.

مشخصات نشر

: تهران: مرکز نشر جهش: آویدنگار، ۱۳۹۶.

مشخصات ظاهری

: ۱۰۰۰ص: مصور (رنگی)، جدول (رنگی)، نمودار (رنگی).

شابک

: ۵۸۰۰۰۰ ریال: ۵-۱۲-۸۷۴۴-۹۶۴-۹۷۸

وضعیت فهرست نویسی: فیا

یادداشت

: چاپ سوم، ویراست سوم

موضوع

: گرما-انتقال-راهنمای آموزشی (عالی)

موضوع

: گرما-انتقال-آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)

موضوع

: دانشگاه‌ها و مدارس عالی-ایران-آمار

رده بندی کنگره

: QC ۳۲۰ / ۴م۲ ب ۱۳۹۵

رده بندی دی

: ۴۰۲۲/۶۲۱

دوره ۲، جلد ۱

: ۴۴۹۹۸۵۳



عنوان: مرجع کامل انتقال حرارت

مؤلف: امید بابایی

ناشر: مرکز نشر جهش

مدیر مسئول: مهندس کاظم آرمان‌پور

ناشر همکار: آویدنگار

مدیر تولید: لیلا حیدری

ناظر چاپ و توزیع: سعید آرمان‌پور

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

ویرایش: سوم (چاپ اول ۱۳۹۶)

تکرار نوبت چاپ: سوم

شابک: ۵-۱۲-۸۷۴۴-۹۶۴-۹۷۸

قیمت: ۵۸۰۰۰۰ ریال

مرکز بخش و توزیع:

۰۲۱-۶۶۹۳۰۶۳۱-۶۶۵۷۲۱۰۰

www.jaheshbook.com

کلیه حقوق این اثر متعلق به مرکز نشر جهش می باشد.

هرگونه چاپ و تکثیر کلی یا قسمتی از محتویات اثر به هر صورت اعم از فتوکپی، برداشت به صورت دست نویس و غیره بدون اجازه کتبی مرکز نشر جهش ممنوع است و متخلفان به موجب قانون حمایت از ناشران تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

یاد خدا آرام بخش قلب است

یکی از راه‌ها: کمال و تقرب به ذات اقدس الهی، علم و دانش است. علمی که به تعبیر استاد شهید مطهری ریاض عقل است؛ علمی که انسان خداجو در آن نشانه‌های معبود را می‌جوید و می‌یابد و علمی که هر چه فزون‌تر می‌گردد، دارنده آن را به خدا نزدیکتر می‌کند.

مرکز نشر جهش در استای جمع عدالت آموزش و گسترش دسترسی همه داوطلبان به منابع و سؤال‌های دروس امتحانی در چند سال گذشته اقدامات و تلاش‌هایی را به‌عمل آورده که مورد استقبال و توجه صاحب‌نظران و داوطلبان قرار گرفته است. از جمله این اقدامات می‌توان به انتشار کتاب‌های طبقه‌بندی شده که همراه با تفسیر، تحلیل دروس و ارائه نکات کلیدی و حل کاملاً تشریحی سؤال‌ها اشاره نمود.

کتاب مزبور مبتنی بر تجربیات چندین ساله در دانش‌ها و مراکز آموزشی و به‌خصوص فعالیت‌های مستمر تدریس، تألیف و تحقیق در مؤسسه جهش می‌باشد. لذا با عنایت بر اینکه این مجموعه قبل از چاپ در کلاس‌های دانشگاه و مؤسسه آموزش عالی جهش تدریس شده و با در نظر گرفتن نقاط قوت و ضعف داوطلبان تهیه شده است امید است راهنما و راه‌ای داوطلبان در کلاس درس دانشگاه و آزمون کارشناسی ارشد قرارگیرد.

از دانشجویان و داوطلبان گرامی، اساتید محترم دانشگاه‌ها و صاحب‌نظران ارجمند انتظار داریم نظرات و پیشنهادهای اصلاحی خود را با این مرکز نشر در میان گذارند تا اقدام لازم برای اصلاحات مورد نظر آنها به عمل آید.

به نام حضرت دوست

برای کشتی که معلوم نیست به کدام بندرگاه می‌رود، باد موافق معنا ندارد.

(میشل دو مونتین)

و اگر شما سکandar کشتی باشید که خوب می‌دانید مقصدتان کدام بندرگاه است، ما نیز

متعقدیم که این کتاب می‌تواند باد موافقی باشد که شما را به سوی هدف رهنمون سازد.

اگر عمیق‌تر به شیوه‌ی برگزاری آزمون‌های ورودی دانشگاه‌ها در سالیان اخیر بنگریم، در می‌یابیم دوران طرز سؤالاتی که تنها با حفظ انواع فرمول‌ها و نکته‌ها و بدون نیاز به اشراف بر مفهوم مطلب مورد پرسش، قابل حل باشند به پایان رسیده و اینک تنها کسانی می‌توانند از عهده‌ی پاسخگویی به پرسش‌ها بر بیایند که به شکلی هدفمند و عمیق حوزش دیده و مفهوم و محتوا را به خوبی درک کرده باشند. بنابراین داوطلبین عزیزی که عزمی راسخ برای رسیدن به این هدف دارند اگر از ارتقای بار علمی آزمون‌ها مطلع باشند دیگر نمی‌توانند به مراجعی که به شیوه‌ی منسوخ آموزش می‌تواند صرفاً بر مبنای فرمول‌سازی و ذکر نکات بدون دلیل و برهان استوارند، اعتماد کنند و لذا نیاز به متن متفاوت، احساس می‌کنند.

این کتاب را بر آن داشت تا با نگرشی کاملاً مفهومی در شیوه‌ی آموزش مبحث انتقال حرارت، در کتابی که پیش‌رو دارند، نه جمع مطالب مورد بحث با نظمی زنجیروار بپردازد و با ارائه‌ی اثبات روابط و بیان برهان‌های مستدل به یاد می‌یاق که کمک کند. در این کتاب برای انتقال مطلب از بیانی بسیار ساده استفاده شده است که این ویژگی، کتاب را برای دانشجویان کاربردپذیر می‌نماید به‌طوری که مخاطبان مبتدی‌تر نیز با مطالعه آن می‌توانند خود را به زمره‌ی معیان ملحق کنند. لازم به توضیح است که این کتاب، صرفاً شامل تعدادی نکات پراکنده نیست بلکه متنی نظام‌مند است که ساختار منطقی مخاطب را به سوی حل مسایل دشوارتر رهنمون می‌سازد. همچنین انتخاب تمامی مثال‌ها و سؤالات، بر مبنای مباحث مطرح شده بوده به گونه‌ای که با خارج کردن حتی یک مثال از مجموعه، نظام موجود خدشه‌دار می‌شود.

کتاب حاضر مجموعه‌ای از کلیه‌ی تست‌های مطرح شده در آزمون‌های سراسری و دانشگاه آزاد از سال ۱۳۶۹ تاکنون در رشته‌های مهندسی شیمی، بیوتکنولوژی، مکانیک، فیزیک، الکترونیک و سایر رشته‌ها می‌باشد؛ به‌طوری که نزدیک به ۲۰۰۰ تست پاسخ داده شده است. نکته حائز اهمیت این است که کلیه تست‌ها به‌صورت کاملاً تشریحی پاسخ داده شده‌اند.

از آنجایی که تمام مراجع معرفی شده در انتهای کتاب، خود به خود و نکته به نکته مورد بررسی قرار گرفته است در واقع خواننده‌ی کتاب حاضر، گویی چکیده‌ی تمام این مراجع را در اختیار دارد. شخصاً معتقدم با این وجود به منبع دیگری برای مطالعه‌ی این درس نیاز ندارد؛ اما اگر هر یک از خوانندگان محترم، کتاب مشابه دیگری را نیز در اختیار دارند پیشنهاد می‌شود به مقایسه‌ی این دو بپردازند تا با ارزیابی نقاط قوت و ضعف قدیم شده است یا خیالی آسوده و اطمینان کامل از آن بهره ببرند.

با این وجود مؤلف آماده است تا در صورت ابهام احتمالی هر بخش از مطالب، پاسخگویی پرسش‌های خوانندگان محترم باشد. لذا از این دسته از عزیزان تقاضا می‌گردد سؤالات خود را به پست الکترونیکی omid_babaie_ce@yahoo.com ارسال نمایند تا در کم‌ترین زمان ممکن به آنها پاسخ داده شود.

در اینجا شایسته است پس از یاد خداوند متعال که به اینجانب شوق و توان نگارش این کتاب را عنایت فرموده مراتب قدردانی خود را از جناب آقای مهندس کاظم آرمان‌پور مدیریت محترم مرکز نشر جهش و سرکار خانم حیدری به موجب اعتماد و حمایتشان اعلام بدارم.

در انتها ضمن سپاسگزاری از حسن انتخاب شما خوانندگان گرامی، موفقیت در رسیدن به اهداف عالی‌ه‌تان را

آرزوئدم.

بودجه‌بندی سرفصل‌های مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (شورای عالی برنامه‌ریزی درسی)

عناوین	مهندسی شیمی، مکانیک، بیوتکنولوژی، پلیمر، فراآوری و انتقال گاز، نانو مواد، ابزار دقیق، انرژی
مقدمه رابطه بین انتقال حرارت و ترمودینامیک، قوانین انتقال حرارت (هدایت، جابجایی و تشعشع)	فصل ۱
انتقال حرارت هدایتی مفهوم انتقال حرارت هدایتی، تعیین معادلات انتقال حرارت هدایتی، مقاومت هدایتی در اشکال مختلف، انتقال حرارت حالت پایا به صورت یک بعدی و دو بعدی، انتقال حرارت در دیواره‌ها با منبع حرارتی و بدون آن، انتقال حرارت در لوله‌ها با منبع حرارتی و بدون آن، انتقال حرارت در اشکال کروی با منبع حرارتی و بدون آن، انتقال حرارت در پره‌ها (Fins) با سطوح ثابت، راندمان پره‌ها.	فصل ۲ و ۳ و ۴ و ۵
انتقال حرارت جابجایی اساس و مفهوم جابجایی، معادلات انتقال حرارت جابجایی، حل معادلات لایه مرزی به روش دیفرانسیلی و انتگرالی، تعیین ضرایب فیلمی، انتقال حرارت با جریان در داخل لوله‌ها و کانال‌ها.	فصل ۶ و ۷
جابجایی اجباری تعیین معادلات مربوطه، روابط تجربی و کاربرد آن‌ها.	فصل ۷
جابجایی آزاد تعیین معادلات مربوطه، روابط تجربی و کاربرد آن‌ها، حالت حرارت در مخازن همزده، انتقال حرارت در جریان متعامد روی سطوح.	فصل ۸
انتقال حرارت همراه با تغییر فاز جوشش و میعان، میعان فیلمی.	فصل ۹
انتقال حرارت تشعشعی خواص تشعشع حرارتی، جسم سیاه، جسم خاکستری، انتقال حرارت تشعشعی و روابط آن در بین اجسام، تشعشع در گازها و غیره.	فصل ۱۱
ترکیب مکانیزم‌های انتقال حرارت ترکیب انتقال حرارت هدایتی، جابجایی، تشعشع و کاربرد آن‌ها.	فصل ۱۳
مبدل‌های حرارتی انواع و اقسام مبدل‌های حرارتی و دسته‌بندی آن‌ها، محاسبات مربوط به مبدل‌های حرارتی، طراحی مبدل‌های حرارتی، انتخاب مبدل‌ها.	فصل ۱۴
کوره انواع کوره در صنایع شیمیایی، انتقال حرارت در کوره‌ها، انواع جریان دوفازی در کوره‌ها، انتقال در لوله‌های با جریان دوفازی، طراحی اولیه کوره‌های نفتی، روش Lobo-Evans، دیاگرام‌های مربوطه در بخش تابش در کوره‌ها، نحوه قرار گرفتن و انواع لوله‌ها در کوره‌ها، روابط و دیاگرام‌های مربوطه، افت فشار سیال فرایند، استفاده از روابط تجربی و تئوریک و روش‌های متداول، دودکش، افت فشار هوا در مسیرهای مختلف کوره، مکش توده گاز، طراحی دودکش، متعلقات کوره‌ها شامل انواع مشعل‌ها، دستگاه‌های ابزار دقیق، دستگاه دوده زدا، راه اندازی و توقف کوره، کک‌زدایی، آلودگی صوتی.	فصل ۱۲

فهرست مطالب

صفحه عنوان

عنوان

صفحه

فصل اول: مفاهیم مقدماتی

مقاومت تماسی	۱۳۷
مواد عایق	۱۳۸
ابر عایق	۱۳۸
ترتیب عایق پیچی	۱۳۹
شعاع بحرانی	۱۴۲
تست‌های کنکور سراسری فصل دوم	۱۴۸
پاسخنامه تست‌های کنکور سراسری فصل دوم	۱۷۰
تست‌های کنکور آزاد فصل دوم	۱۹۰
پاسخنامه تست‌های کنکور آزاد فصل دوم	۲۱۱

فصل سوم: پره (سطوح توسعه‌یافته)

مقدمه	۲۲۳
معادله دیفرانسیل دما در پره‌های مستطیلی و میله‌ای	۲۲۵
محاسبه نرخ انتقال حرارت در پره‌ها	۲۳۹
محاسبه راندمان (بازده) پره	۲۴۶
راندمان کلی	۲۴۹
ضریب تأثیر (کارایی) پره	۲۵۰
پره با سطح مقطع متغیر	۲۵۴
پره مثلی	۲۵۴
پره مخروطی	۲۵۶
پره حلقوی	۲۵۸
روش هارپرو براون	۲۵۹
تست‌های کنکور سراسری فصل سوم	۲۶۱
پاسخنامه تست‌های کنکور سراسری فصل سوم	۲۶۷
تست‌های کنکور آزاد فصل سوم	۲۷۳
پاسخنامه تست‌های کنکور آزاد فصل سوم	۲۷۷

فصل چهارم: انتقال حرارت دویعدی در حالت پایا

مقدمه	۲۸۱
روش تحلیل	۲۸۱
روش عددی	۲۸۴
محاسبه دمای نقاط داخلی	۲۸۵
محاسبه دمای نقاط مرزی	۲۹۶
روش تریسیمی	۳۱۵
ضریب شکل هدایتی	۳۱۸
روش شبیه‌سازی با الکترونیک	۳۲۱
تست‌های کنکور سراسری فصل چهارم	۳۲۳
پاسخنامه تست‌های کنکور سراسری فصل چهارم	۳۳۰
تست‌های کنکور آزاد فصل چهارم	۳۳۷
پاسخنامه تست‌های کنکور آزاد فصل چهارم	۳۴۱

فصل پنجم: انتقال حرارت ثاپایا

مقدمه	۳۴۵
عدد بدون بعد بایو	۳۴۶
انتقال حرارت ثاپایا (با شرط $Bi < 0.1$)	۳۵۳
عدد بدون بعد فوریه	۳۶۵
انتقال حرارت ثاپایا (با شرط $Bi > 0.1$)	۳۶۶

مقدمه	۹
مقایسه انتقال حرارت و ترمودینامیک	۱۰
نرخ و شار انتقال حرارت	۱۱
مکانیزم‌های انتقال حرارت	۱۲
انتقال حرارت هدایتی	۱۳
قانون فوریه	۱۳
مکانیزم انتقال حرارت هدایتی در گازها	۱۷
مکانیزم انتقال حرارت هدایتی در مایعات	۱۹
مکانیزم انتقال حرارت هدایتی در جامدات	۲۰
نکات مهمی در رابطه با انتقال حرارت هدایتی	۲۱
مواد ایزوتروپیک و آنیزوتروپیک	۲۵
اندازه‌گیری ضریب هدایت حرارتی	۲۵
ضریب نفوذ گرمایی	۲۶
انتقال حرارت جابجایی	۲۸
قانون سرمایش نیوتن	۲۸
انتقال حرارت تشعشعی	۳۰
قانون استفان - بولتزمن	۳۰
تست‌های کنکور سراسری فصل اول	۳۱
پاسخنامه تست‌های کنکور سراسری فصل اول	۳۱
تست‌های کنکور آزاد فصل اول	۳۱
پاسخنامه تست‌های کنکور آزاد فصل اول	۴۱

فصل دوم: انتقال حرارت هدایتی

مقدمه	۴۳
معادله اساسی هدایت در مختصات کارتزین	۴۴
معادله اساسی هدایت در مختصات استوانه‌ای	۴۷
معادله اساسی هدایت در مختصات کروی	۴۸
نحوه المان‌گیری	۵۱
شرایط مرزی و اولیه	۵۳
شرایط مرزی همگن و ناهمگن	۶۰
توزیع دما در اشکال هندسی مختلف	۶۵
محاسبه نرخ انتقال حرارت در یک حالت خاص	۱۰۲
چشمه حرارتی با شدت متغیر	۱۰۵
انتقال حرارت در مخروط	۱۰۶
مقاومت حرارتی	۱۱۰
مقاومت هدایتی در مختصات کارتزین	۱۱۱
مقاومت هدایتی در مختصات استوانه‌ای	۱۱۱
مقاومت هدایتی در مختصات کروی	۱۱۲
مقاومت جابجایی	۱۱۲
مقاومت تابشی	۱۱۳
محاسبه مقاومت حرارتی با استفاده از سطح متوسط	۱۲۰
مقاومت‌های سری و موازی	۱۲۱
دیواره‌ی مرکب	۱۲۳
مقاومت کنترل‌کننده انتقال حرارت	۱۲۵

محاسبه نرخ انتقال حرارت جابجایی بر اساس تعریف ΔT_{lm}	۵۱۳
تست‌های کنکور سراسری فصل هفتم	۵۲۲
پاسخ نامه تست‌های کنکور سراسری فصل هفتم	۵۵۳
تست‌های کنکور آزاد فصل هفتم	۵۷۹
پاسخنامه تست‌های کنکور آزاد فصل هفتم	۵۹۸

فصل هشتم: جابجایی طبیعی

مقدمه	۶۱۵
مکانیزم فیزیکی جابجایی طبیعی	۶۱۵
ضریب انبساط حجمی	۶۱۹
لایه مرزی هیدروپنایمیک و لایه مرزی حرارتی	۶۲۰
معادلات پیوستگی، مومنتوم و انرژی	۶۲۱
بی بعدسازی معادلات پیوستگی، مومنتوم و انرژی	۶۲۲
عدد بدون بعد Gr	۶۲۳
معادلات انتگرالی ون کارمن	۶۲۵
شکل پروفایل سرعت و دما در لایه مرزی	۶۲۷
پیدا کردن محل سرعت ماکزیمم	۶۲۷
محاسبه ضریب انتقال حرارت جابجایی با استفاده از نتایج روش ون کارمن	۶۲۹
تعیین رژیم جریان در جابجایی طبیعی	۶۲۹
عدد بدون بعد Ra	۶۳۰
جابجایی طبیعی از سطوح شیب‌دار	۶۳۶
جابجایی طبیعی از فضاهای بسته	۶۳۹
محاسبه نرخ انتقال حرارت در فضاهای بسته	۶۴۲
انتقال حرارت در اطراف کره	۶۴۳
تست‌های کنکور سراسری فصل هشتم	۶۴۵
پاسخنامه تست‌های کنکور سراسری فصل هشتم	۶۵۳
تست‌های کنکور آزاد فصل هشتم	۶۵۸
پاسخنامه تست‌های کنکور آزاد فصل هشتم	۶۶۴

فصل نهم: جوش و چگالش

مقدمه	۶۶۹
جوشش	۶۷۰
جوشش استخری	۶۷۰
رژیم‌های جوشش استخری	۶۷۱
شار حرارتی ماکزیمم در جوشش استخری	۶۷۴
اثر پارامترها بر جوشش استخری	۶۷۵
جوشش محلول‌ها	۶۷۷
جوشش اجباری	۶۷۸
چگالش (میعان)	۶۸۰
مکانیزم‌های میعان	۶۸۰
میعان فیلمی	۶۸۰
رژیم جریان	۶۸۴
سطوح شیب‌دار	۶۸۵
عدد میعان	۶۸۷
میعان فیلمی در سیستم‌های شعاعی	۶۸۷
میعان فیلمی در داخل لوله‌های افقی	۶۹۰
میعان قطره‌ای	۶۹۰
لوله گرمایی	۶۹۳
تست‌های کنکور سراسری فصل نهم	۶۹۵

نمودارهای هایسلر	۳۷۰
جسم نیمه بینهایت	۳۷۲
دمای فصل مشترک دو جسم	۳۸۰
انتقال حرارت هدایتی ناپایا در سیستم‌های چند بعدی	۳۸۱
محاسبه نرخ انتقال حرارت در سیستم‌های چند بعدی	۳۸۵
روش‌های عددی در حل مسائل انتقال حرارت ناپایا	۳۸۷
محاسبه دمای نقاط داخلی	۳۸۸
محاسبه دمای نقاط مرزی	۳۹۲
شرط پایداری گره‌های مرزی در روش صریح	۳۹۳
تست‌های کنکور سراسری فصل پنجم	۳۹۶
پاسخنامه تست‌های کنکور سراسری فصل پنجم	۴۰۵
تست‌های کنکور آزاد فصل پنجم	۴۱۶
پاسخنامه تست‌های کنکور آزاد فصل پنجم	۴۲۳

فصل ششم: معادلات اساسی پدیده‌های انتقال

مقدمه	۴۲۹
معادله پیوستگی	۴۲۹
معادله اساسی مومنتوم	۴۳۰
معادله اساسی انرژی	۴۳۰
معادله اساسی جرم	۴۳۳

فصل هفتم: انتقال حرارت جابجایی

مقدمه	۴۳۵
ضریب انتقال حرارت جابجایی موضعی و متوسط	۴۳۵
لایه مرزی سرعت (لایه مرزی هیدروپنایمیک)	۴۳۷
لایه مرزی حرارتی	۴۳۸
مقایسه بین ضخامت لایه مرزی هیدروپنایمیک و لایه مرزی حرارتی	۴۳۸
اهمیت لایه مرزی آرام در محاسبه h	۴۴۱
حل معادله انرژی در لایه مرزی	۴۴۳
بی بعدسازی معادلات لایه مرزی	۴۴۶
عدد بدون بعد Re	۴۴۷
جریان آرام و درهم	۴۴۸
عدد بدون بعد Ec	۴۵۱
تلفات لزجیتی	۴۵۱
عدد بدون بعد Nu	۴۵۳
روش ون کارمن برای حل معادلات لایه مرزی	۴۵۸
محاسبه ضریب انتقال حرارت با استفاده از نتایج روش ون کارمن	۴۶۶
محاسبه ناسلت	۴۶۸
تشابه رینولدز	۴۸۱
تشابه کلبرن	۴۸۲
عدد بدون بعد St	۴۸۴
روش انتگرالی ون کارمن برای فلزات مایع	۴۸۸
عدد بدون بعد Pe	۴۹۰
جریان روی استوانه یا کره	۴۹۱
جریان عمود بر مجموعه لوله‌ها	۴۹۵
جریان داخلی	۴۹۶
لایه مرزی هیدروپنایمیک (سرعت) در لوله‌ها	۴۹۶
لایه مرزی حرارتی	۴۹۸
ضریب انتقال حرارت جابجایی در داخل لوله	۵۰۴

چرا آسمان آبی است؟ و چرا در صبحگاهان و غروب قرمز دیده می‌شود؟	۶۹۸
ترموکوپل	۷۰۰
تست‌های کنگور سراسری فصل یازدهم	۷۰۳
پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری فصل یازدهم	
تست‌های کنگور آزاد فصل یازدهم	
پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل یازدهم	

فصل دوازدهم: کوره

مقدمه	۷۷
عملکرد کوره	۷۷
انواع کوره‌ها	۷۸
طبقه‌بندی کوره‌ها از نظر وضعیت قرارگیری کویل‌ها	۷۸
طبقه‌بندی کوره‌ها براساس مکش	۷۸
طبقه‌بندی کوره‌ها از نظر نوع سوخت	۷۹
نکات مهمی در رابطه با کوره‌ها	۸۰
تست‌های کنگور سراسری فصل دوازدهم	۸۲
پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری فصل دوازدهم	۸۲
تست‌های کنگور آزاد فصل دوازدهم	۸۶
پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل دوازدهم	۸۶

فصل سیزدهم: مکانیزم‌های انتقال حرارت

مقدمه	۸۷
تست‌های کنگور سراسری فصل سیزدهم	۸۹
پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری فصل سیزدهم	۸۹
تست‌های کنگور آزاد فصل سیزدهم	۸۹
پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل سیزدهم	۸۹
تست‌های کنگور کارشناسی ارشد سال ۱۳۹۲	۸۹
پاسخنامه تست‌های کارشناسی ارشد سال ۱۳۹۲	۹۰
تست‌های کنگور کارشناسی ارشد سال ۱۳۹۳	۹۱
پاسخنامه تست‌های کارشناسی ارشد سال ۱۳۹۳	۹۱
تست‌های کنگور کارشناسی ارشد سال ۱۳۹۴	۹۴
پاسخنامه تست‌های کارشناسی ارشد سال ۱۳۹۴	۹۵
تست‌های کنگور کارشناسی ارشد سال ۱۳۹۵	۹۵
پاسخنامه تست‌های کارشناسی ارشد سال ۱۳۹۵	۹۶

ضمیمه	۹۹۵
مراجع	۹۹۸

پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری فصل نهم	۶۹۸
تست‌های کنگور آزاد فصل نهم	۷۰۰
پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل نهم	۷۰۳

فصل دهم: مبدل‌های حرارتی

مقدمه	۷۰۵
تقسیم‌بندی مبدل‌ها براساس آرایش جریان	۷۰۵
تقسیم‌بندی مبدل‌ها براساس نوع آن‌ها	۷۰۷
ضریب کلی انتقال حرارت	۷۰۸
رسوب گرفتگی مبدل‌های حرارتی	۷۱۲
انواع جریان‌ها	۷۱۵
آرایش لوله‌ها در مبدل‌های پوسته و لوله	۷۱۵
یافتل	۷۱۶
مبدل‌های پوسته و لوله چند مسیره (چند پاس)	۷۱۷
موازی، برزخ، ری سیال گرم و سرد	۷۱۸
تحلیل مبدل‌های حرارتی	۷۱۸
روش MTD	۷۱۸
روش NTU - ε	۷۲۶
روش کار در محاسبه مبدل‌های حرارتی	۷۳۰
منحنی‌های توزیع دما بر مبدل‌های حرارتی	۷۳۲
کدام سیال در لوله و کدام سیال در پوسته؟	۷۳۵
قطر معادل	۷۳۶
تست‌های کنگور سراسری فصل دهم	۷۳۸
پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری فصل دهم	۷۴۸
تست‌های کنگور آزاد فصل دهم	۷۴۸
پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل دهم	۷۴۸

فصل یازدهم: تشعشع

مقدمه	۷۷۳
مکانیزم فیزیکی	۷۷۳
ویژگی‌های تشعشعی اجسام	۷۷۵
جسم سیاه	۷۷۸
جسم خاکستری	۷۷۹
قانون پلانک	۷۷۹
قانون استفان - بولتزمن	۷۸۴
توان گسیل یک جسم غیرسیاه	۷۸۷
قانون کیرشهف	۷۹۳
تبادل حرارت تابشی بین سطوح سیاه	۷۹۶
قوانین مربوط به فاکتور دید	۷۹۷
روش ضربدری هاتل	۸۰۷
تبادل حرارت تابشی بین سطوح غیرسیاه	۸۰۹
سطوح بازتابنده	۸۱۶
سپردهای تشعشعی	۸۱۷
شدت تشعشع	۸۱۹
تشعشع گازها	۸۲۲
انتقال حرارت تشعشعی بین گاز و سطوح جامد	۸۲۶
تشعشع خورشیدی	۸۲۶
پدیده گلخانه‌ای	۸۲۷
افزایش دمای کره زمین با افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی	۸۲۷
استفاده از انرژی خورشیدی	۸۳۹