

برنام خدا

مبانی ترمودینامیک

ویرایش هفتم

بروگناک - زونتاک

ون وایلن

مترجمین:

- ۱- دکتر حسین قناد زاده گیلانی (استاد گروه مهندسی شیمی دانشگاه گیلان)
 - ۲- دکتر علی میرمحمدی (دانشگاه مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی)
 - ۳- دکتر علیرضا فضلعلی (دانشیار گروه مهندسی شیمی دانشگاه اراک)
 - ۴- دکتر کامیار موقرنژاد (دانشیار دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه نوشیروانی بابل)
 - ۵- دکتر مصطفی رحیمی (دانشیار گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه محقق اردبیلی)
 - ۶- دکتر محسن گودرزی (دانشیار گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه رازی)
 - ۷- دکتر حسن هاشمی پور رفسنجانی (دانشیار گروه مهندسی شیمی دانشگاه باهنر کرمان)
 - ۸- دکتر رامین کوهی کمالی (دانشیار گروه مهندسی مکانیک دانشگاه گزن)
 - ۹- دکتر رضا عزیزاده (استادیار دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی مازندران)
 - ۱۰- دکتر میریوسف هاشمی (استادیار گروه مهندسی مکانیک دانشگاه شهید بهشتی، اصفهان)
 - ۱۱- دکتر سید فؤاد آقامیری (دانشیار گروه مهندسی شیمی دانشگاه اصفهان)
 - ۱۲- مهندس سعید فرساد (عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی بیرجند)
 - ۱۳- مهندس سید حامد اشرف طالش (دانشجو دکتر گروه مهندسی مکانیک دانشگاه گیلان)
- ویراستار علمی و ادبی: دکتر حسین قناد زاده گیلانی (استاد گروه مهندسی شیمی دانشگاه گیلان)

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب برابر انتشارات پژوهش نوآوران شریف محفوظ است و هیچ شخص متغیر یا حقوق موق یا چاپ و نشر تمام یا بخشی از این اثر را بدون موافقت کتبی ناشر به هر صورت اعم از فتوکپی، بدستبرد، ... ندارد و متصفین به موجب بند ۵ ماده ۲ قانون حمایت از ناشرین مصوب مجلس هفتم شورای اسلامی تحت پیگرد قانون قرار میگیرند.
(نشر پژوهش نوآوران شریف)

سرشناسه: بورگناک، کلاوس - Borgnakke, Claus

شناسه افزوده: قنادزاده گیلانی، حسین، ۱۳۲۴، مترجم، ویراستار

عنوان و نام پدید آورنده: مبانی ترمودینامیک / برگناک، زونتاک؛ مترجمین: حسین قنادزاده گیلانی... [و دیگران]؛ ویراستار: حسین قنادزاده گیلانی.

مشخصات نشر: تهران: پژوهشی نوآوران شریف / ندای سبز شمال، ۱۳۹۴

مشخصات ظاهری: ص، مصور، جدول، نمودار.

یادداشت: عنوان اصلی: Fundamentals of thermodynamics, 7th ed, 2009

یادداشت: مترجمین: حسین قنادزاده گیلانی، علی میرمحمدی، علیرضا فضلعلی، کامیار موقرنژاد،

مصطفی رحیمی... ویراستهای قبلی کتاب حاضر با عناوین «اصول ترمودینامیک کلاسیک» و

«مبانی ترمودینامیک کلاسیک» توسط ناشران مختلف در سال‌های متفاوت منتشر شده است.

عنوان دیگر: اصول ترمودینامیک کلاسیک

عنوان دیگر: مبانی ترمودینامیک کلاسیک

موضوع: ترمودینامیک

شابک: 978-600-5953-55-8

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

شناسه افزوده: سانتگ، ریچارد ادوین

شناسه افزوده: Sonntag, Richard Edwin

رده بندی کنگره: ۱۳۹۳ الف ۸۵/ب ۲۶۵/TJ

رده بندی دیویی: ۶۲۱/۴۰۲۱

شماره کتابشناسی ملی: ۳۴۷۸۵۶۷



نشر پژوهشی
نوآوران شریف

تهران - انقلاب - خیابان جمالزاده جنوبی - بعد از جمعه - خیابان چنگیزی - خیابان زرین قدم - بن‌بست مهربان - پلاک ۲۱

تلفن: ۶۶۹۱۶۷۳۴ - ۶۶۹۱۶۷۹۶ همراه: ۰۹۱۲۳۰۱۷۶۱۶ - ۰۹۱۲۳۰۱۷۶۱۳

عنوان کتاب: مبانی ترمودینامیک ون وایلن

مؤلف: کلاوس بروگناک - ریچارد ای. زونتاک

مترجمین: دکتر حسین قنادزاده گیلانی - دکتر علی میرمحمدی - دکتر علیرضا فضلعلی - دکتر کامیار موقرنژاد - دکتر مصطفی رحیمی - دکتر محسن گودرزی - دکتر حسن

هاشمی پور فسنجانی - دکتر رامین کوهی کمالی - دکتر رضا علیزاده - دکتر میریوسف هاشمی - دکتر سید نواد آقا میری - مهندس سعید فرساد - مهندس سید حامد اشرف

ناشر: پژوهشی نوآوران شریف

ناشر همکار: ندای سبز شمال

توبیت و تاریخ چاپ: اول ۱۳۹۴

صفحه آرائی: سحر ابراهیمی

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۴۸۰۰۰۰۰ ریال

برای کسب اطلاعات بیشتر از این مجموعه به آدرس سایت زیر مراجعه فرمایید.

www.sharifpub.ir

Email: khf_sharif94@yahoo.com

در ویرایش هفتم، اهداف اصلی ویرایش‌های قبل را حفظ کرده‌ایم:

- ارائه بررسی جامع و دقیق از علوم ترمودینامیک کلاسیک با حفظ دیدگاه مهندسی.
- فراهم کردن اصول و زمینه برای انجام مطالعات متوالی بعدی در زمینه‌هایی نظیر مکانیک سیالات، انتقال حرارت و ترمودینامیک آماری و همچنین
- افزودن مهارت دانشجویان برای استفاده مؤثر از علوم ترمودینامیک در کارهای مهندسی

مطالعات کتاب را آگاهانه به سمت و سوی دانشجویان برده‌ایم. مفاهیم و تعاریف جدید در متن کتاب براساس پیشرفت دانشجویان ارائه شده است. ابتدا خواصی از ترمودینامیک دلبهر فشار، حجم مخصوص و درجه حرارت که به راحتی قابل اندازه‌گیری هستند، تعریف شدند (فصل ۲). در فصل ۳، جداول ویژگی‌های ترمودینامیک برای ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری، معرفی می‌شوند. انرژی درونی و آنتالپی در فصل مربوط به قانون اول، آنتروپی در فصل مربوط به قانون دوم و توابع گیبس و هلمهولتز در فصل مربوط به روابط ترمودینامیک معرفی می‌شوند. مثال‌های واقعی و مسائل پایان هر فصل با دقت براساس موضوع فصل مربوطه دسته‌بندی شده‌اند تا دانشجویان درک مفاهیم علم ترمودینامیک به دانشجویان کمک کنند. فصل‌های آغازین نسبت به ویرایش‌های قبلی تعداد مثال‌ها، شکل‌ها و مسئله‌های بیشتری دارد. خلاصه‌های پایان هر فصل، مجموعه‌ای از مفاهیم و نکات کلیدی مرتبط با متن دارد که برای دانشجویان مفید است.

ویژگی‌های جدید این ویرایش

سوالات مفهومی داخل متن

در این ویرایش، بعد از ذکر مطالب بخش‌های اصلی، سؤال‌های مفهومی داخل متن مندرج شده است. به این ترتیب امکان یادآوری مطالب برای دانشجویان فراهم شده است. این سؤال‌ها برای خودآزمایی دانشجویان یا برای استفاده اساتید برای اطمینان از پوشش تمام موضوع‌ها طرح شده است. بیشتر این سؤال‌ها بدون نیاز به فکر کردن بطور مستقیم از مطالب متن نتیجه می‌گیرند. برای پاسخ به تعدادی از آنها کمی فکر کردن نیاز است و ما در کتاب حل مسئله‌ها پاسخ کوتاهی ارائه می‌دهیم. سؤال‌های مفهومی دیگری در پایان هر فصل برای حل در خانه درج شده است.

کاربردهای مهندسی آخر فصل

بخشی که به کاربردهای مهندسی مربوط می‌شود در پایان هر فصل اضافه کرده‌ایم. این بخش‌ها ارائه مثال‌های آموزنده در رابطه با چگونگی استفاده مطالب خاص هر فصل در کاربرد مهندسی به دانشجویان انگیزه می‌دهند. بیشتر مطالب این بخش با روش هر گونه معادله یا تئوری است اما تصاویر توضیحاتی در مورد سیستم‌های فیزیکی واقعی دارند که نشان‌دهنده ارتباط مطلب به تحلیل و طراحی مهندسی می‌باشد. این بخش‌ها را آگاهانه کوتاه و نظر گرفته‌ایم و سعی نکرده‌ایم جزئیات نشان داده شده در دستگاه‌ها را مفصل بیان کنیم بطوری که خواننده بتواند در زمان کوتاهی نظرات خود را در مورد کاربردها ارائه دهد. برای برخی فصل‌های پایانی که کل فصل می‌توانست به کاربرد مهندسی اختصاص داده شود، این بخش می‌تواند شامل کمی فرمول‌ها تئوری نیز باشد. این بخش‌ها را در پایان فصول گنجانده‌ایم بنابراین پیوستگی مطالب از بین نمی‌رود، اما پیشنهاد می‌کنیم که هر مدرسی برخی از این مطالب را برای ایجاد انگیزه دانشجویان همراه با مطالب خاصی از داخل فصل زودتر ارائه کند.

فصل سیکل‌های توان و تیرید به دو شمیاری و دو فاز

سیستم‌های قدرت و تیرید، فصل ۱۱، ویرایش قبلی به دو فصل: یکی سیکل‌های همراه با تغییر فاز و دیگری سیکل‌های گازی تفکیک شده است. مطالبی به هر یک از این دو فصل با حفظ تعادل میان آنها اضافه شده است. بخشی در ارتباط با ترکیب‌های سیکل تیرید، اضافه شده است که دربردارنده مواد جدید به‌توان مبردهای جایگزین نظیر R-۴۱۰a و دی اکسید کربن در جداول بخش ب می‌باشد. این امکان بررسی مثال‌هایی از ترکیبات جدیدتر به کمک ویژگی‌های طراحی سیستم فعلی ارائه می‌دهد.

با اضافه شدن سیکل‌های اتکینسون و میلر، سیکل‌های گازی تکمیل شدند. این سیکل‌ها برای بیان تغییرات سیکلی که در موتورهای جدید خودروهایی هیبریدی استفاده می‌شود، مهم هستند و امکان ارائه مطلبی در ارتباط با وضعیت فعلی فناوری را ایجاد می‌کند.

فصلی با جریان تراکم‌پذیر

برای این ویرایش می‌توانستیم پیشنهادی داشته باشیم تا فصل جریان تراکم‌پذیر نظیر ویرایش پنجم اضافه شود. برای هماهنگی کتاب، سؤالات مفهومی داخل متن، مسائل مفهومی و مسائل جدید تکالیف خانه نیز در دیگر فصل‌ها درج می‌شود.

ویژگی‌هایی که از ویرایش هشتم استنباط می‌شود

خلاصه‌های پایان هر فصل

خلاصه‌های جدید پایان هر فصل، مروری کوتاه از مفاهیم اصلی آن فصل هستند. که واژه‌های کلیدی را مشخص می‌کنند. برای بهتر شدن خلاصه، مجموع مهارت‌هایی که دانشجو بعد از مطالعه فصل باید فراگرفته باشد، فهرست شده است. این مهارت‌ها از جمله نتایج هستند که هنگام حل سؤال‌های مفهومی و مسائل اصلی تکالیف خانه هر فصل دانشجو می‌تواند آنها را ارزیابی کند.

مفاهیم و فرمول‌های اصلی

مفاهیم و فرمول‌های اصلی، در پایان هر فصل آمده است. مرجع و مجموع این‌ها در وب سایت وایلی قابل دسترسی است.

مسائل مفهومی

مجموع مسائل مفهومی در پایان هر فصل برای مرور سریع مطالب آن فصل، بازنگری شده است. این مسائل مورد انتخاب شده‌اند که کوتاه و در برگیرنده مفهومی بسیار خاصی باشند. دانشجو می‌تواند به همه این سؤالات پاسخ دهد تا میزان فهم خود از مطالب ارزیابی کند و مطالبی که نیاز به مطالعه بیشتر دارد را تشخیص دهد. همچنین این مسائل می‌تواند همراه با مسائل مربوط به تکالیف خانه و در راهنمای حل آنها استفاده شود.

مسائل مربوط به تکالیف خانه

تعداد مسائل مربوط به تکالیف خانه تا حد زیادی افزایش یافته است و هم اکنون تعداد آنها به ۲۸۰۰ مسئله رسیده است. تعداد زیادی مسائل مقدماتی اضافه شده است تا تمامی جنبه‌های مطالب فصل پوشش شود. برای انتخاب آسان، مسائل برحسب موضوع تفکیک شده‌اند. تعدادی مسائل جامع‌تر در پایان، به‌عنوان مسائل مروری آمده است.

جدول مواد به منظور افزودن میرد جایگزین $R-410a$ ، تنظیم شده است که جایگزینی برای $R-22$ و دی اکسید کربن که میرد طبیعی است، می باشد. در این نرم افزار چند ماده جدید دیگری وجود دارند. جدول گاز ایده آل بر هر دو مبنای جرمی و مولی بیان شده اند تا نیاز برای استفاده مبنای جرمی در فصل های آغازین و مبنای مولی در فصل های تعادل شیمیایی و احتراق برآورده شود.

بازنگری

در این ویرایش، از تعدادی، روشها و مطالب توسعه ای آخرین کتاب درسی خودمان با عنوان «مقدمه ای بر ترمودینامیک مهندسی» اثر ریچارد ای. زونتاگ و کلوز بروگنک، از محارث جان وایلی و پسران (۲۰۰۱) بهره برده ایم.

در فصل ۳، ابتدا جدول ترمودینامیک، بی می شود و بعد رفتار بخار فوق گرم با جرم حجمی کمتر ذکر می شود که این منجر به تعریف الگوی گاز ایده آل همچنین ضریب تراکم پذیری، معادلات حالت و کامپیوتری شدن جدول شده است.

در فصل ۵، با آزمون مقادیر جدول به دست آمده در فشارهای مختلف، نتیجه شده است که انرژی گاز ایده آل تنها به دما بستگی دارد.

در فصل ۷ با یکپارچگی بهتر مفاهیم دمای ترمو دینامیک، دمای گاز ایده ای، مفهوم قانون دوم ساده و مؤثر ارائه شده است. همچنین بحث راجع به انتقال گرما در اثر اختلاف دما را بسط داده ایم. چون بر اساس معادلات موتور گرمایی و پمپ گرمایی تأثیرگذار است. در پایان فهرست کوتاهی از رویدادهای ترمودینامیکی اضافه شد.

در فصل ۸ مطالب در زمینه آنتروپی به صورت بخشهای انالیز برای گازهای ایده آل مایعات و جامدات بعد از فرایندهای پلی تروپیک و قبل از پرداختن به فرایندهای برگشتناپذیر مرتب شده است. این مطالب برای ترمودینامیک و محاسبات آن برای فازهای مختلف و تغییرات آن برای فرایندهای برگشت پذیر مختلف را قبل از پیشروی به فرایندهای واقعی کامل می کنند. ترمودینامیک فرایندهای واقعی، بطور مفصل توصیف می شود. حالا با توجه به محل برگشتناپذیری ها و ارتباط آن با حجم کنترل، این موضوعی به طور خاص باید بررسی شود. همچنین نمونه ای برای مرتبط کردن آنتروپی با مفهوم بی نظمی در سطح مولکولی که به مفهوم انتزاعی آنتروپی، معنای فیزیکی واقعی می دهد، اضافه کرده ایم.

در فصل ۹، تحلیل یک حجم کنترل ساده با تعریف کار شفت واقعی برای فرایندهای متغیر، حالت پایا توسعه داده شده است که صورت ساده ای از معادله ی برنولی را به دست می دهد. در اینجا بار دیگر مفهوم تولید آنتروپی و محلی که آن اتفاق می افتد را قوت می بخشیم. بخش جدیدی برای تحلیل یک حجم کنترل اضافه کرده ایم که به صورت گام به گام و جامع ارائه شده است که در واقع پایه راساس چیزی است که دانشجویان باید یاد بگیرند.

در فصل ۱۰ بازنگری کار برگشت پذیر و اکسرژی تعداد معادلات را کاهش داده و بر روی این اصل متمرکز شده تا مفهوم کار برگشت پذیر، برگشتناپذیری را نتیجه بدهد. ما به نکته ساده سازی تحلیل کلی تأکید می کنیم و نشان می دهیم که انرژی از کار برگشت پذیر حاصل می شود. این روش، معادله تعادل اکسرژی نهایی را خلاصه می کند و طرز استفاده از آن در بخش مربوط به کاربردهای مهندسی، شرح داده شده است.

بیش تر توضیح داده شد که در ویرایش قبلی فصل مربوط به سیکل ها تنها یک فصل بود و به دو فصل تفکیک شد و این ویژگی جدید این ویرایش است. در فصل ۱۳، مخلوط ها و هوای مرطوب حفظ می شود اما تعدادی سیستم های تهویه هوای واقعی و اجزای آن ها را به صورت مثال هایی در بخش کاربردهای مهندسی به آن اضافه کردیم.

فصل روابط ترمودینامیکی به روز شد تا توسعه مدرن جدول ترمودینامیکی ارائه شود. در این فصل، برازش تابع بی بعد هلمههولتز با داده های تجربی معرفی می شود و اصول محاسبه مجموعه جدول موجود شرح داده می شود.

مطالب تکمیلی و اضافی

حمایت دیگری از طریق وب سایت WWW.Wiley.com/go/global/Borgnakke صورت می پذیرد. دسترسی به کلاس های ویژه و مرور همه مطالب اصلی در این سایت از طریق ThermoNet که در متن اصلی نیز قرار داده شده است، وجود دارد. دانشجویان با این دسترسی می توانند مهارت های اصلی مربوط به موضوعات گوناگون را که معمولاً در دوره اول ترمودینامیک پوشش داده می شود، به طور خودآموز کسب کنند. سعی کردیم برای یک دوره دو ترمی، مطالبی مناسب و کافی فراهم سازیم و در انتخاب موضوع، انعطاف پذیر باشیم. مدرسین برای دریافت اطلاعات و پیشنهادات از برنامه ها و ساختار دوره، پیشنهاد برای مطالب اضافی و غلظت های موجود در کتاب می توانند وب سایت ناشر را در WWW.Wiley.com/go/global/Borgnakke، ملاحظه فرمایند.

تشکر و قدردانی

از پیشنهادها، رایزنی و شواهد بسیاری از همکاران در دانشگاه میشیگان و دیگر دانشگاهها، تشکر و قدردانی می کنیم. این همیاری همانند ویرایش های قبلی بسیار مفید بوده است. دانشجویان در این کتاب و دانشجویان کارشناسی ارشد که با طرح سؤال های مفهومی ذهن شان باعث می شدند ما بخشی از متن را بازنویسی کنیم یا در مورد آن فکر کنیم، در جهت توسعه روشی برتر در ارائه مطلب برای پیش بینی این سؤال ها یا مسائل باشیم، کمک خاصی کردند. در پایان برای هر یک از ما تشویق و سرگرمی و خانواده های ما ضرورتی انکار ناپذیر بوده است و علی رغم فشارهای پروژه، نگارش را برای ما خوشایند و لذت بخش کرده است. از تعدادی از همکاران در مراکز دیگر که این کتاب را بازنگری کرده اند و داده هایی را به بازنگری ها افزودند، تشکر ویژه بعمل می آید. برخی از این افراد بازنگری کننده در دیل آمده است.

Ruhul Amin, Montana State University
Edward E. Anderson, Texas Tech University
Sung Kwon Cho, University of Pittsburgh
Sara Codd, Montana State University
Fokion Egolfopoulos, Louisiana State University
Harry Hardee, New Mexico State University
Boris Khusid, New Jersey Institute of Technology
Roy W. Knight, Auburn University
Daniela Mainardi, Louisiana Tech University
Harry J. Sauer, Jr., University of Missouri-Rolla
J.A. Sekhar, University of Cincinnati
Reza Toosi, California State University, Long Beach
Etim U. Ubong, Kettering University
Walter Yuen, University of California at Santa Barbara

همچنین ما بلیتم از ویرایشگر جدید خود، مایک مک دونالد قدردانی کنیم و بخاطر ترغیب و کمک های بی سر طرد ده چاپ این ویرایش تشکر کنیم. امید است این کتاب بتواند در آموزش مؤثر ترمودینامیک به دانشجویانی که در مشاغل تخصصی خود با چالش ها و وضعیت های بسیار مشکل مواجه می شوند، کمک کند. از توصیه ها، انتقادات و پیشنهادات شما قدردانی می شود و شما می توانید آنها را از طریق پست الکترونیکی Clause@umich.edu مطرح کنید.

کلوز بروگنناک

ریچارد ای. زونتاک

آن آربور - میشیگان

می ۲۰۰۸

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۲۱	فصل ۱ / مقدمه
۲۱	۱-۱ نیروگاه ساده بخار
۲۳	۲-۱ پیل های سوختی
۲۶	۳-۱ سیکل تبرید تراکمی بخار
۲۷	۴-۱ یخچال ترموالکتریک
۲۸	۵-۱ واحد جداسازی هوا
۳۰	۶-۱ توربین گازی
۳۲	۷-۱ موتور موشک شیمیایی
۳۳	۸-۱ کاربردهای دیگر و نقطه نظرات زیست محیطی
۳۵	فصل ۲ / حجم کنترل ها و واحدها
۳۵	۱-۲ یک سیستم ترمودینامیکی و حجم کنترل
۳۷	۲-۲ خواص ماکروسکوپی یک بر حسب نقطه نظرات میکروسکوپی
۳۷	۳-۲ خواص و حالت یک ماده
۳۸	۴-۲ فرآیندها و سیکل ها
۴۰	۵-۲ واحدهای اندازه گیری جرم، طول، زمان و نیرو
۴۲	۶-۲ انرژی
۴۴	۷-۲ حجم ویژه و جرم حجمی
۴۷	۸-۲ فشار
۵۴	۹-۲ تساوی دمایی
۵۵	۱۰-۲ قانون صفرم ترمودینامیک
۵۵	۱۱-۲ مقیاس دمایی
۵۶	۱۲-۲ کاربردهای مهندسی
۶۰	خلاصه
۶۲	مسائل

۷۳	فصل ۳ / رفتار ماده خالص
۷۴	۱-۳ ماده خالص
۷۴	۲-۳ تعادل فازي بخار- مایع- جامد در یک ماده خالص
۸۱	۳-۳ خواص غیر وابسته (مستقل) ماده خالص
۸۲	۴-۳ جدول‌های خواص ترمودینامیکی
۹۰	۵-۳ سطوح ترمودینامیکی
۹۲	۶-۳ رفتار $P-V-T$ گازهای با چگالی کم و متوسط
۹۵	۷-۳ ضریب تراکم‌پذیری
۹۹	۸-۳ معادلات حالت
۹۹	۹-۳ جداول رایانه‌ای شده
۱۰۲	۱۰-۳ کاربردهای مهندسی
۱۰۴	خلاصه
۱۰۵	مسائل
۱۱۹	فصل ۴ / انتقال‌های انرژی
۱۱۹	۱-۴ تعریف کار
۱۲۱	۲-۴ آحاد کار
۱۲۲	۳-۴ کار انجام شده در مرز متحرک یک سیستم تراکم‌پذیر ساده
۱۳۲	۴-۴ برخی سیستم‌های دیگر شامل کار
۱۳۴	۵-۴ توضیحانی درباره کار
۱۳۵	۶-۴ تعریف حرارت
۱۳۶	۷-۴ انواع انتقال حرارت
۱۳۸	۸-۴ مقایسه حرارت و کار
۱۴۰	۹-۴ کاربردهای مهندسی
۱۴۳	خلاصه
۱۴۵	مسائل
۱۵۹	فصل ۵ / معادله انرژی برای یک جرم کنترل
۱۵۹	۱-۵ قانون اول ترمودینامیک برای جرم کنترلی که یک سیکل را طی می‌نماید
۱۶۰	۲-۵ قانون اول ترمودینامیک برای تغییر حالت یک جرم کنترل

۱۶۶	۳-۵ انرژی داخلی - یک خاصیت ترمودینامیکی
۱۶۸	۴-۵ تحلیل مسئله و تکنیک حل
۱۷۱	۵-۵ خاصیت ترمودینامیکی آنتالپی
۱۷۷	۶-۵ گرمای ویژه در حجم - ثابت و فشار - ثابت
۱۷۸	۷-۵ انرژی داخلی، آنتالپی و گرمای ویژه گازهای ایده آل
۱۸۳	۸-۵ قانون اول به صورت معادله نرخ
۱۸۶	۹-۵ بقای جرم
۱۸۷	۱۰-۵ کاربردهای مهندسی
۱۹۰	خلاصه
۱۹۲	مسائل
۲۱۷	فصل ۱/۶ معادله انرژی برای حجم کنترل
۲۱۷	۱-۶ قانون بقای جرم و حجم کنترل
۲۲۰	۲-۶ قانون اول ترمودینامیک برای یک حجم کنترل
۲۲۳	۳-۶ فرآیند حالت پایدار
۲۲۵	۴-۶ مثال‌هایی از فرآیندهای حالت پایدار
۲۳۹	۵-۶ فرآیند گذرا
۲۴۷	۶-۶ کاربردهای مهندسی
۲۵۱	خلاصه
۲۵۵	مسائل
۲۸۵	فصل ۲/۲ قانون دوم ترمودینامیک
۲۸۵	۱-۷ موتورهای گرمایی و یخچال‌ها
۲۹۲	۲-۷ قانون دوم ترمودینامیک
۲۹۴	۳-۷ فرآیند برگشت پذیر
۲۹۶	۴-۷ عواملی که باعث برگشت ناپذیری فرآیندها می شوند
۲۹۹	۵-۷ سیکل کارنو
۳۰۱	۶-۷ دو قضیه مرتبط با بازده سیکل کارنو
۳۰۲	۷-۷ مقیاس ترمودینامیکی دما

۳۰۳	۸-۷ مقیاس دمای گاز ایده آل
۳۰۷	۹-۷ ماشین های ایده آل در برابر ماشین های حقیقی
۳۱۰	۱۰-۷ کاربردهای مهندسی
۳۱۴	خلاصه
۳۱۶	مسائل
۳۳۱	فصل ۸ / انتروپی
۳۳۱	۸-۱ نامساوی کلازیوس
۳۳۶	۸-۲ انتروپی خاصیت سیستم
۳۳۸	۸-۳ انتروپی مواد خالص
۳۴۰	۸-۴ تغییر انتروپی در فرآیندهای بازگشت پذیر
۳۴۵	۸-۵ رابطه خاصیت ترمودینامیکی
۳۴۶	۸-۶ تغییر انتروپی جامدات یا مایعات
۳۴۷	۸-۷ تغییر انتروپی گاز ایده آل
۳۵۳	۸-۸ فرآیند پلی تروپیک بازگشت پذیر برای گاز ایده آل
۳۵۷	۸-۹ تغییر انتروپی جرم کنترل در طی فرآیند بازگشت ناپذیر
۳۵۸	۸-۱۰ تولید انتروپی
۳۶۱	۸-۱۱ قانون افزایش انتروپی
۳۶۴	۸-۱۲ انتروپی بصورت معادله آهنگی
۳۶۷	۸-۱۳ برخی نکات کلی در مورد انتروپی و بی نظمی
۳۶۹	خلاصه
۳۷۱	مسائل
۳۹۵	فصل ۹ / معادله آنتروپی برای حجم کنترل
۳۹۵	۹-۱ قانون دوم ترمودینامیک برای حجم کنترل
۳۹۷	۹-۲ فرآیند حالت پایدار و فرآیند گذرا
۴۰۵	۹-۳ فرآیند حالت پایا برای فرآیندهای تک جریانی
۴۱۰	۹-۴ اصل افزایش آنتروپی
۴۱۳	۹-۵ کاربردهای مفهومی و بازده

۴۱۹	۶-۹ خلاصه‌ای از تحلیل حجم کنترل کلی
۴۲۱	خلاصه
۴۲۲	مسائل
۴۴۷	فصل ۱۰/ قابلیت تبدیل قد گاز
۴۴۷	۱-۱۰ انرژی دسترس‌پذیر، کار برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیری
۴۵۹	۲-۱۰ قابلیت تبدیل به کار و بازده قانون دوم
۴۶۸	۳-۱۰ معادله موازنه اکسرژی
۴۷۳	۴-۱۰ کاربردهای مهندسی
۴۷۴	خلاصه
۴۷۶	مسائل
۴۹۱	فصل ۱۱/ سیستم‌های توان و تبرید بخار
۴۹۱	۱-۱۱ مقدمه‌ای بر سیستم‌های تولید توان
۴۹۳	۲-۱۱ سیکل رانکین
۴۹۷	۳-۱۱ تأثیر فشار و دما بر سیکل رانکین
۵۰۲	۴-۱۱ سیکل با گرمایش مجدد
۵۰۵	۵-۱۱ سیکل بازتاب
۵۱۲	۶-۱۱ انحراف سیکل‌های حقیقی از سیکل‌های ایده‌آل
۵۱۶	۷-۱۱ تولید همزمان
۵۱۷	۸-۱۱ مقدمه‌ای بر سیستم‌های تبرید
۵۱۸	۹-۱۱ سیکل تبرید تراکم بخار
۵۲۱	۱۰-۱۱ سیالات عامل مورد استفاده در سیستم‌های تبرید تراکم بخار
۵۲۲	۱۱-۱۱ انحراف سیکل تبرید تراکم بخار واقعی از سیکل ایده‌آل
۵۲۵	۱۲-۱۱ ترکیب سیکل تبرید
۵۲۷	۱۳-۱۱ سیکل تبرید جذبی آمونیاک
۵۲۸	خلاصه
۵۲۹	مسائل

فصل ۱۲ / سیکل های تبرید و قدرت با سیال های عامل گازی	۵۴۷
۱-۱۲ سیکل های قدرت استاندارد هوا	۵۴۷
۲-۱۲ سیکل برایتون	۵۴۸
۳-۱۲ سیکل ساده توربین گاز با بازیاب	۵۵۶
۴-۱۲ آرایش های سیکل قدرت توربین گازی	۵۵۸
۵-۱۲ سیکل استاندارد - هوا برای پشرانش جت	۵۶۱
۶-۱۲ سیکل تبرید استاندارد - هوا	۵۶۴
۷-۱۲ سیکل های قدرت موتور رفت و برگشت	۵۶۷
۸-۱۲ سیکل اتو	۵۶۹
۹-۱۲ سیکل دیزل	۵۷۳
۱۰-۱۲ سیکل استرلینگ	۵۷۷
۱۱-۱۲ سیکل های آنکینسون و میلر	۵۷۷
۱۲-۱۲ سیکل ترکیبی سیکل توان و سیستم های تبرید	۵۷۹
خلاصه	۵۸۲
مسائل	۵۸۴
فصل ۱۳ / مخلوط گازهای ایده آل	۵۹۹
۱-۱۳ مخلوط گازهای ایده آل و مفاهیم کلی	۵۹۹
۲-۱۳ مدل ساده شده برای مخلوط بخار و گازها	۶۰۷
۳-۱۳ کاربرد قانون اول برای مخلوط های گاز - بخار	۶۱۱
۴-۱۳ فرآیند اشباع آدیاباتیک	۶۱۴
۵-۱۳ کاربردهای مهندسی نمودار رطوبت سنجی و درجه حرارت های حباب - مرطوب و حباب - خشک	۶۱۵
خلاصه	۶۲۱
مسائل	۶۲۳
فصل ۱۴ / رابطه های ترمودینامیکی	۶۴۱
۱-۱۴ معادله کلایپرون	۶۴۱
۲-۱۴ رابطه های ریاضی برای فاز همگن	۶۴۴
۳-۱۴ روابط ماکسول	۶۴۶
۴-۱۴ رابطه های ترمودینامیکی شامل انتالپی، انرژی داخلی و انتروپی	۶۴۹

۶۵۵	۱۴-۵ انبساط پذیری حجمی و تراکم پذیری آدیاباتیکی و هم‌دمای
۶۵۸	۱۴-۶ معادلات حالت و رفتار گازهای حقیقی
۶۶۳	۱۴-۷ نمودار کلی تغییرات انتالپی در دمای ثابت
۶۶۶	۱۴-۸ نمودار کلی تغییرات انتروپی در دمای ثابت
۶۷۰	۱۴-۹ رابطه ویژه خواص برای مخلوط‌ها
۶۷۳	۱۴-۱۰ مدل‌های مواد شبه خالص برای مخلوط گازهای حقیقی
۶۷۸	۱۴-۱۱ کاربردهای مهندسی - جدول ترمودینامیک
۶۸۰	خلاصه
۶۸۳	مسائل
۶۹۷	فصل ۱۵ / احتراق
۶۹۷	۱۵-۱ سوخت‌ها
۷۰۲	۱۵-۲ فرآیند احتراق
۷۱۰	۱۵-۳ انتالپی تشکیل
۷۱۲	۱۵-۴ تحلیل سیستم‌های واکنشی بر حسب قانون دوم ترمودینامیک
۷۱۸	۱۵-۵ انتالپی و انرژی داخلی احتراق؛ گرمای واکنش
۷۲۳	۱۵-۶ دمای شعله آدیاباتیکی
۷۲۵	۱۵-۷ قانون سوم ترمودینامیک و انتروپی مطلق
۷۲۶	۱۵-۸ تحلیل قانون دوم ترمودینامیک از سیستم‌های واکنشی
۷۳۱	۱۵-۹ پیل‌های سوختی
۷۳۵	۱۵-۱۰ کاربردهای مهندسی
۷۳۹	خلاصه
۷۴۱	مسائل
۷۶۱	فصل ۱۶ / تعادلات فازی و شیمیایی
۷۶۱	۱۶-۱ شرایط تعادل
۷۶۴	۱۶-۲ تعادل بین دو فاز یک ماده خالص
۷۶۸	۱۶-۳ شبه تعادل
۷۶۹	۱۶-۴ تعادل شیمیایی

۷۸۰	۵-۱۶ واکنش های همزمان
۷۸۴	۶-۱۶ گازی کردن ذغال
۷۸۵	۷-۱۶ یونیزاسیون
۷۸۷	۸-۱۶ کاربردها
۷۸۹	خلاصه
۷۹۱	مسائل
۸۰۳	فصل ۱۷/ جریان تراکم پذیر
۸۰۳	۱-۱۷ خواص سکون
۸۰۵	۲-۱۷ معادله اندازه ی حرکت برای یک حجم کنترل
۸۰۸	۳-۱۷ نیروهای وارد بر سطح کنترل
۸۱۰	۴-۱۷ جریان سیال تراکم ناپذیر از درون یک نازل به صورت آدیاباتیکی، یک بعدی و حالت - دائم، جریان - دائم
۸۱۲	۵-۱۷ سرعت صوت در یک گاز ایده آل
۸۱۵	۶-۱۷ جریان یک بعدی، آدیاباتیکی و برگشت پذیر یک گاز ایده آل درون یک نازل
۸۱۹	۷-۱۷ دبی جرمی گاز ایده آل از یک نازل ایزنتروپیک
۸۲۴	۸-۱۷ موج ضربه ای عمودی گاز ایده آل در جریان عبوری از یک نازل
۸۳۰	۹-۱۷ ضرایب نازل و دیفیوزر
۸۳۲	۱۰-۱۷ نازل و روزنه به عنوان وسایل اندازه گیری دبی
۸۳۷	خلاصه
۸۴۳	مسائل
۸۵۳	پیوست الف
۸۷۳	پیوست ب
۹۲۱	پیوست پ
۹۲۳	پیوست ت
۹۲۹	پیوست ث
۹۳۳	پیوست ج
۹۷۳	پاسخ به مسائل برگزیده
۹۸۵	ایندکس