

۱۳۷۹۱۴۰

بسم الله الرحمن الرحيم

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

م. م. کامل

ترمودینامیک

مهندسی شیمی، مکانیک، یوتکنولوژی، انرژی، هوا فضا،
فرآوری و انتقال گاز، عازن هیدروکربوری و ابزار دقیق

شامل:

- شرح کامل درس و مفاهیم
- استفاده از روابط منحصر به فرد و راه های جهت بالا بردن سرعت عمل در تست زنی
- بیش از ۲۰۰۰ سؤال تألیفی و آزمون کارشناسان ارشد و سراسری و آزاد و دکتری همراه با حل واقعاً تشریحی

مؤلف: امید بابایی

مرکز نشر جهش

سرشناسه : بابایی، امید
 عنوان و نام پدیدآور : مرجع کامل ترمودینامیک مهندسی شیمی، مهندسی مکانیک و ...
 شامل شرح کامل درس، مفاهیم .../ امید بابایی.
 مشخصات نشر : تهران: مرکز نشر جهش: آویدنگار، ۱۳۹۴
 مشخصات ظاهری : ۷۸۸ ص: مصور (رنگی)، جدول، نمودار.
 شابک : ۰-۴۲۱-۱۷۸-۹۶۴-۹۷۸: ۴۸۰۰۰۰ ریال
 وضعیت فهرست نویسی : فیا
 موضوع : دانشگاه‌ها و مدارس عالی-- ایران -- آزمون‌ها
 موضوع : ترمودینامیک -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)
 موضوع : ترمودینامیک -- راهنمای آموزشی (عالی)
 موضوع : آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی -- ایران
 ده بندی کنگره : ۱۳۹۴ م ۲ / QD۵۰۴
 ده بندی دیویی : ۵۴۱/۳۶۹۰۷
 شماره کتابشناسی ملی : ۳۹۰۴۷۳۰



عنوان: مرجع کامل ترمودینامیک
 مؤلف: امید بابایی
 ناشر: مرکز نشر جهش
 مدیر مسئول: مهندس کاظم آرمان پور
 ناشر همکار: آویدنگار
 مدیر تولید: لیلا حیدری
 ناظر چاپ و توزیع: سعید آرمان پور
 شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
 نویت چاپ: اول ۱۳۹۴
 شابک: ۰-۴۲۱-۱۷۸-۹۶۴-۹۷۸
 قیمت: ۴۸۰۰۰۰ ریال

مرکز پخش و توزیع:
 ۰۲۱-۶۶۹۳۰۶۳۱-۶۶۵۷۲۱۰۰

www.jaheshbook.com

کلیه حقوق این اثر متعلق به مرکز نشر جهش می‌باشد.
 هرگونه استفاده از مطالب و تست‌های تالیفی این کتاب در قالب جزوات درسی و آزمون‌های آزمایشی و نیز چاپ و تکثیر کل یا قسمتی از محتویات اثر به هر صورت اعم از فتوکپی، برداشت به صورت دست‌نویس و غیره بدون ذکر مرجع و اجازه کتبی مرکز نشر جهش ممنوع است و متخلفان به موجب قانون حمایت از ناشران تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

یاد خدا آرام بخش قلب هست

یکی از ادهای کمال و تقرب به ذات اقدس الهی، علم و دانش است. علمی که به تعبیر استاد شهید مطهری، زیبایی عقل است؛ علمی که انسان خداجو در آن نشانه‌های معبود را می‌جوید و می‌یابد و نمی‌داند که هرچه فزون‌تر می‌گردد، دارندۀ آن را به خدا نزدیکتر می‌کند.

مرکز نشر جهش در راستای توسعه 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 حفظ قرار گرفته است. از جمله این اقدامات می‌توان به انتشار کتاب‌های طبقه‌بندی شده همراه اسرار کامل دروس و ارائه نکات کلیدی و حل کاملاً تشریحی سؤال‌ها اشاره نمود.

کتاب مزبور مبتنی بر تجربیات چندین ساله دبیران 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 به‌رسمت راه‌گشای داوطلبان در کلاس درس دانشگاه و آزمون کارشناسی ارشد قرار گیرد.

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

به نام حضرت دوست

دزدی نام مشترک تمام گناهان است. وقتی مردی را می‌کش، یک زندگی را می‌دزدی. حق زنی را از داشتن شوهر می‌دزدی. پدری را از بچه‌ها می‌دزدی. وقتی دروغ می‌گویی، حق کسی را از دانستن حقیقت می‌دزدی و وقتی تقلب می‌کنی، حق را از انصاف می‌دزدی. هیچ عملی پست‌تر از دزدی نیست.

((بخشی از کتاب بادبادک باز نوشته‌ی خالد حسینی - برنده‌ی جایزه‌ی ادبی نوبل))

پاییز سه سال پیش بود که اولین کتابم از سری کتاب‌های آمادگی آزمون کارشناسی ارشد تحت عنوان مرجع کامل انتقال حرارت منتشر شد. در مقدمه‌ی آن کتاب اعلام کرده بودم که دوره‌ی کتابی که چهار پایه‌ی یکسری نکات بدون اثبات و روابط تستی استوار است به سر آمده و امروز فقط سانی می‌تواند در آزمون کارشناسی ارشد و دکتری نتیجه‌ی مطلوب بگیرند که به عمق مفاهیمی که باید در این سه سال یعنی پس از انتشار کتاب انتقال حرارت و پس از آن کتاب انتقال جرم اتفاق زیاد رخ داده است. آقایانی که تا دیروز به نکات تستی خود می‌نازیدند امروز همه فریاد می‌زدند. سرده‌اند و کسی هم نیست که از این دوستان بپرسد که چطور تا قبل از کتاب‌های من اثری از توجه به مفاهیم در کارهایشان دیده نمی‌شد؛ هر چند اکنون نیز این آقایان چه در تدریس و چه در تألیف عنوان نگرش مفهومی را برجسته می‌کنند و در محتوای کارشان اثری از استدلال و استنتاج و اثبات به چشم نمی‌خورد. مؤسسه‌ی آموزشی که با درآمد سالیانه‌اش می‌توان یک شهر را اداره کرد، تقریباً تمام آزمون‌های آزمایشی خود، تست‌های تألیفی کتاب انتقال حرارت (و تا حدود زیادی کتاب انتقال جرم) من را سرقت کرد، بدون این که کوچک‌ترین نامی از این منبع برده باشد. کار به جایی رسید که مدتی اصرار شدید من به این موضوع، با تغییرات کوچکی در سؤالات تألیفی کتابم آن‌ها را به نام خودشان ثبت کردند. اما جای تأسف دارد که طراحان سؤال این مؤسسه همین کار را هم نتوانستند به درستی انجام دهند، چون با تغییرات اعمال شده در سؤال‌های من، یا هیچ کدام از گزینه‌ها صحیح نیست و یا بیش از یک گزینه صحیح وجود داشت. جالب است که بعد از اعتراض من اعلام کردند که ما شما را برای همکاری دعوت کردیم و شما خودتان نپذیرفتید با این مؤسسه همکاری داشته باشید که واقعاً معذرت‌خواهی است رد دعوت یک مؤسسه توسط من چگونه به آن‌ها مجوز سرقت از تست‌های تألیفی و نکات کتاب من را داده است. همچنین در این ۳ سال اساتید زیادی مطالب کتاب‌های من را روی کاغذ نوشتند و در کلاس‌های خودشان تدریس کردند، بدون این که نامی از مرجع آن برده باشند، حال آن که ادعا کردند که جزوه‌ی آن‌ها بهترین منبع موجود بوده است. حتی آقایانی که تا دیروز درسی مثل انتقال حرارت را در ۳۰ ساعت تدریس می‌کردند امروز به تقلید از کلاس‌های من (که انتقال حرارت را حداقل در ۱۰۰ ساعت آموزش می‌دهم) ساعت کلاس‌های خود را بالا بردند و به ۶۰ یا ۷۰ ساعت رسانده‌اند و باز هم کسی نیست از این دوستان بپرسد که اگر انتقال حرارت به ۶۰ ساعت زمان برای تدریس نیاز دارد پس چطور تا دیروز این درس را در ۳۰ ساعت آموزش می‌دادند.

اما همه‌ی این ۳ سال به این تلخی هم نگذشته است. ایمیل‌های بی‌شمار و تماس‌های متعدد داوطلبان از تمام نقاط ایران و رضایت کامل آن‌ها از دو کتاب گذشته‌ام و درخواست‌های مکرر برای انتشار کتاب‌های دیگر همه‌ی تلخی‌ها را از یاد من برده است. یادم هست بعد از آزمون سال گذشته یکی از داوطلبان با من تماس گرفت و اعلام کرد با وجود این که به زعم بسیاری از اساتید برتر دانشگاه‌ها یکی از دشوارترین آزمون‌های انتقال حرارت برگزار شده، مربوط به آزمون سال گذشته بوده است (که البته من به هیچ وجه این اعتقاد را ندارم)، وی توانسته به حدود ۷۵٪ سوالات پاسخ صحیح بدهد. جالب این که این داوطلب محترم از درصد خود راضی نبود و می‌گفت با وجود کتاب شما دیگر ۷۵٪ نمره‌ی مطلوبی محسوب نمی‌شود و این دقیقاً همان چیزی بود که دنبالش بودم یعنی ارتقای سطح آموزشی.

و اما کتاب حاضر یعنی ترمودینامیک را هم به همان سبک دو کتاب قبلی نوشته‌ام. اولین کاری که در نوشتن این کتاب انجام دادم این بود که ساختار غلطی را که در فصل‌بندی تمام کتاب‌های ترمودینامیک رایج بود اصلاح کرد. به همین دلیل اگر به فهرست مطالب این کتاب توجه کنید خواهید دید که ترتیب فصل‌بندی این کتاب مشابه هیچ کتاب ترمودینامیک دیگری نیست. سپس روی مطالب اساسی ترمودینامیک یعنی خواص سیالات، نص، فانت اول و دوم ترمودینامیک، آنتروپی، محلول‌ها، تعادل فازها و درجه آزادی که بیش از ۹۵٪ سوالات آن در این زمینه مباحث خواهد بود متمرکز شدم. آن قدر این فصول را روان نوشته‌ام که این اطمینان را به خوانندگان کتاب بدهم با مطالعه‌ی متن درس و حل مثال‌های این کتاب، فهم مشکل‌ترین مطالب ترمودینامیک برآیند از خواندن یک رمان ساده هم آسان‌تر باشد. بعضی از فصل‌ها را بر مبنای آزمایش روی دانشجویان با سه سطح علمی مختلف و اطمینان از فهم قاطع آن برای همگان، حتی ۱۲ مرتبه بازنویسی کرده‌ام و اکنون با قاطعیت می‌گویم که شباهت این فصول را در هیچ کتاب مرجعی هم نمی‌توانید پیدا کنید. با این وجود مشابه دو کتاب محترم اگر در یک دانشگاه دانشجویان در هر قسمت از کتاب با مشکلی مواجه شدند می‌توانند اشکال خود را به omid_babaie_ce@yahoo.com و یا info@omidbabaie.com ارسال نمایند تا به آن پاسی دهم.

در پایان با تمامی وجود از خداوند بزرگ ممنونم که کمک کرد تا این کتاب را هم مثل دو کتاب قبلی، آن طور که دوست داشتم به پایان برسانم. همچنین از جناب آقای مهندس کمالی، پور مدیریت محترم مرکز نشر جهش و سرکار خانم حیدری به خاطر اعتمادی که به من داشتند و از جناب آقای سعید آرمان‌پور به دلیل پیگیریشان تشکر و قدردانی می‌کنم.

چاپ این کتاب هم مشابه کتاب انتقال جرم به دلیل وسواس من در نگارش کتاب با و با تا به تأخیر افتاد و جا دارد از تمامی داوطلبانی که چند ماهی است منتظر این کتاب هستند پوزش بطلبم. برای تمامی خوانندگان کتاب آرزوی سلامتی و موفقیت دارم.

امید بابایی

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

عناوین	مهندسی شیمی، مکانیک، بیوتکنولوژی، مخازن هیدروکربوری، فرآوری و انتقال گاز، ابزار دقیق، هوا فضا و انرژی
تعریف و دورنمای ترمودینامیک و کاربرد آن در مهندسی، کمیت‌های اساسی و ثانویه و آحاد هر یک در سیستم‌های استاندارد و مهندسی	فصل ۱
انرژی داخلی، رابطه‌ی بین کار و حرارت، اصل اول ترمودینامیک، حالات ترمودینامیک، و توابع حالت، تعادل ترمودینامیکی و برگشت‌پذیری، آنتالپی، فرایندهای با دما، قانون فازها، ظرفیت‌های حرارتی	فصل ۱ و ۳ و ۴ و ۱۲
تعریف، ایده‌آل، قانون اول ترمودینامیک برای فرایندهای ایزوترم و فشار ثابت و ...، گازهای حقیقی، معادلات ویربال، معادله واندروالس، معادله ردلیش-کوانگ، ضریب تراکم‌پذیری، اصل حالاهای متناظر	فصل ۳ و ۴
حرارت استاندارد تشکیل، حرارت استاندارد احتراق، اثر دما و فشار روی گرمای واکنش، احتراق سوخته، اثر دما روی دگرگونی فاز، آثار حرارت انحلال و اختلاط	فصل ۳ و ۹ و ۱۱ و ۱۳
قانون دوم ترمودینامیک، برگشت‌ناپذیری، مفهوم آنتروپی، مقدماتی بر ماشین‌ها و سیکل‌های حرارتی و راندمان آن‌ها، سیکل کارنو، قانون سوم ترمودینامیک	فصل ۵ و ۶ و ۷
سیکل‌های ترمودینامیکی، معرفی سیکل‌های توربینی، سیکل‌های رید	فصل ۸
روابط بین انرژی داخلی و آنتالپی و آنتروپی، انرژی درجه‌ی اول و هلمهولتز، خواص اضافی، خواص ترمودینامیکی در حوزه‌های دمای بالا، دیاگرام‌های ترمودینامیکی، دیاگرام مولیر، بررسی محلول‌ها، مخلوط‌های گازی	فصل ۲ و ۵ و ۹ و ۱۳
مفهوم تعادل فازها، قانون راولت، محلول ایده‌آل، ضریب فعالیت، اکسیر	فصل ۹ و ۱۰

توجه مهم:

- ۱- داوطلبان رشته‌های مهندسی شیمی، بیوتکنولوژی، مخازن هیدروکربوری و فرآوری و انتقال گاز باید فصل‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ را مطالعه کنند.
- ۲- داوطلبان رشته‌های مهندسی مکانیک، ابزار دقیق، هوا فضا و انرژی باید فصل‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ را مطالعه کنند.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه	عنوان	صفحه
فصل اول: مفاهیم مقدماتی		تست‌های کنگور آزاد فصل سوم	۱۵۲
مقدمه	۹	پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل سوم	۱۵۵
دیدگاه‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی	۱۰	فصل چهارم: قانون اول ترمودینامیک	
کاربردهای ترمودینامیک	۱۰	مقدمه	۱۵۷
سیستم و محیط	۱۱	حالت اول - قانون اول ترمودینامیک برای سیستم بسته	۱۵۷
خواص Extensive و Intensive	۱۳	حالت دوم - قانون اول ترمودینامیک برای سیستم باز	۱۶۸
قانون صفرم ترمودینامیک	۱۵	فرایندهای حالت پایا	۱۸۴
فرایند شبه‌تعادلی	۱۵	نازل و پخش‌کننده (دیفیوزر)	۱۸۴
توابع ترمودینامیکی	۱۷	توربین	۱۸۸
کار	۲۲	پمپ و کمپرسور	۱۹۱
برگشت‌پذیری و برگشتناپذیری داخلی و خارجی	۲۶	مبدل حرارتی	۱۹۵
روابط مربوط به نازل (گاز کامل)	۳۴	فرایند اختناق (خفگی، خفانش)	۲۰۰
تست‌های کنگور سراسری فصل اول	۳۹	ضریب ژول - تامسون	۲۰۱
پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری فصل اول	۴۱	محاسبه‌ی کار و گرما در فرایندهای مختلف	۲۱۰
تست‌های کنگور آزاد فصل اول	۴۳	تست‌های کنگور سراسری فصل چهارم	۲۳۷
پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل اول	۴۵	پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری فصل چهارم	۲۵۰
فصل دوم: روابط ترمودینامیکی		تست‌های کنگور آزاد فصل چهارم	۲۶۳
مقدمه	۴۷	پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل چهارم	۲۶۸
روابط ریاضی مورد نیاز	۴۸	فصل پنجم: قانون دوم ترمودینامیک و آنتروپی	
روابط بین خواص ترمودینامیکی	۴۹	مقدمه	۲۷۱
معادلات ماکسول	۵۲	موتور حرارتی (ماشین گرمایی)	۲۷۲
نحوه‌ی محاسبه‌ی تغییرات انرژی درونی	۵۳	موتور حرارتی کارنو	۲۷۴
نحوه‌ی محاسبه‌ی تغییرات آنتالپی	۵۴	چیکل‌های تبریدی	۲۹۳
ضریب انبساط حجمی و ضریب تراکم‌پذیری هم‌دم	۶۱	قانون دوم ترمودینامیک	۳۰۵
تست‌های کنگور سراسری فصل دوم	۶۹	نابرابری لازاریوس (قانون کلازیوس)	۳۰۷
پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری فصل دوم	۷۲	بیان قانون دوم ترمودینامیک برای سیستم بسته	۳۲۱
تست‌های کنگور آزاد فصل دوم	۷۴	بیان قانون دوم ترمودینامیک برای سیستم باز	۳۳۳
پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل دوم	۷۵	محاسبه‌ی تغییرات آنتالپی و آنتروپی در گازها	۳۳۶
فصل سوم: خواص مواد خالص و بررسی معادلات حالت		نمودارهای سه‌فازی	۳۴۹
مقدمه	۷۷	قانون سوم ترمودینامیک	۳۷۲
حالات ترمودینامیکی مایع و بخار	۷۸	روابط مربوط به C_v و C_p	۳۷۲
کیفیت (عیار)	۸۱	تست‌های کنگور سراسری فصل پنجم	۳۷۸
نمودار دما بر حسب حجم مخصوص	۸۷	پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری فصل پنجم	۳۸۵
نمودار فشار بر حسب حجم مخصوص	۹۶	تست‌های کنگور آزاد فصل پنجم	۳۹۳
نمودار فشار بر حسب دما	۹۹	پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل پنجم	۳۹۵
معادله کلاپیرون	۱۰۵	فصل ششم: محاسبه‌ی کار و راندمان فرایندهای جریان‌دار	
معادله ویریال	۱۱۲	مقدمه	۳۹۷
منحنی ضریب تراکم‌پذیری	۱۱۶	محاسبه‌ی کار برگشت‌پذیر فرایندهای جریان‌دار	۳۹۷
اصل حالات متناظر دو پارامتری	۱۱۹	راندمان توربین و پمپ و کمپرسور	۴۰۰
اصل حالات متناظر سه پارامتری	۱۲۰	کمپرسورهای چند مرحله‌ای	۴۰۵
دمای بویل	۱۲۵	تست‌های کنگور سراسری فصل ششم	۴۱۰
معادلات حالت درجه سوم	۱۳۰	پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری فصل ششم	۴۱۱
تست‌های کنگور سراسری فصل سوم	۱۳۷	تست‌های کنگور آزاد فصل ششم	۴۱۲
پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری فصل سوم	۱۴۴	پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل ششم	۴۱۳

فصل هفتم: برگشت‌ناپذیری و قابلیت کاردهی (اکسرسی)

مقدمه	۴۱۵
قابلیت کاردهی (اکسرسی)	۴۱۵
بازگشت‌ناپذیری (تلفات اکسرسی)	۴۱۶
عوامل برگشت‌ناپذیری	۴۱۶

فصل هشتم: سیکل‌های توان و تبرید

مقدمه	۴۲۱
موتور حرارتی کارنو	۴۲۲
سیکل رانکین	۴۲۲
سیکل استاندارد هوایی برایتون	۴۲۶
سیکل استاندارد هوایی اریکسون	۴۴۲
سیکل استاندارد هوایی برای رانش جت	۴۴۲
سیکل استرلینگ	۴۴۳
سیکل استرلینگ دیزل	۴۴۶
سیکل استرلینگ	۴۴۸
سیکل تبریدی کارنو	۴۵۰
سیکل تبریدی تاگم پخا	۴۵۱
سیکل تبریدی جیسی	۴۵۲
فرایندهای مایع‌ساز	۴۵۴
جمع‌بندی درباره‌ی فرایندهای سیکل‌ها	۴۵۷
تست‌های کنگور سراسری	۴۵۹
پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری	۴۶۲
تست‌های کنگور آزاد فصل هشتم	۴۶۵
پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل هشتم	۴۶۶

فصل نهم: محلول‌ها و مخلوط‌ها

مقدمه	۴۶۷
فوکاسیته	۴۶۸
محاسبه‌ی خواص پارشیال در یک سیستم دوجزیی	۴۶۸
معادله‌ی گیبس - دوم	۴۷۱
فوکاسیته و ضریب فوکاسیته در محلول‌ها	۵۰۱
محاسبه‌ی فوکاسیته مواد خالص	۵۰۳
روابط تعمیم یافته برای ضریب فوکاسیته	۵۱۴
قانون لوییس - رندال و قانون هنری	۵۲۰
روابط مربوط به محلول ایده‌آل	۵۲۷
خواص اضافی	۵۳۱
محاسبه‌ی ضریب فعالیت	۵۳۹
تغییر خواص ترمودینامیکی در اثر اختلاط	۵۴۷
روش پیشنهادی برای حفظ کردن جداول A, B, C و D	۵۴۹
تفسیر فیزیکی حجم مولی جزئی	۵۵۹
فعالیت (اکتیویته)	۵۶۰
روش پیشنهادی برای حفظ کردن جدول E	۵۶۸
ضریب فعالیت بر اساس قانون هنری	۵۷۴
تست‌های کنگور سراسری فصل نهم	۵۷۷
پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری فصل نهم	۵۸۴
تست‌های کنگور آزاد فصل نهم	۵۹۲
پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل نهم	۵۹۴

فصل دهم: تعادل فازها

مقدمه	۵۹۵
-------	-----

تعادل فازها	۵۹۷
قانون راولت	۶۰۲
قانون اصلاح شده راولت	۶۰۳
کاربرد معادلات حالت درجه سوم در مخلوط‌ها	۶۱۱
نمودارهای تعادلات فاز	۶۱۵
مفهوم محلول ایده‌آل	۶۱۸
آزنوتروپ	۶۲۴
نقاط حباب و شبنم	۶۳۲
تبخیر ناگهانی	۶۳۷
سیستم‌های فاز مایع با امتزاج‌پذیری محدود	۶۴۴
تست‌های کنگور سراسری فصل دهم	۶۴۸
پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری فصل دهم	۶۵۱
تست‌های کنگور آزاد فصل دهم	۶۵۴
پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل دهم	۶۵۶

فصل یازدهم: تعادل واکنش‌های شیمیایی

مقدمه	۶۵۷
مختصه واکنش (یا درجه تبدیل)	۶۵۷
اثر دما بر ثابت تعادل	۶۵۸
اصل لوشاتولیه	۶۷۹
واکنش تشکیل و گرمای استاندارد واکنش	۶۸۴
تست‌های کنگور سراسری فصل یازدهم	۶۸۸
پاسخنامه تست‌های کنگور سراسری فصل یازدهم	۶۹۰
تست‌های کنگور آزاد فصل یازدهم	۶۹۲
پاسخنامه تست‌های کنگور آزاد فصل یازدهم	۶۹۳

فصل دوازدهم: درجه آزادی

مقدمه	۶۹۵
محاسبه‌ی درجه آزادی	۶۹۵
قانون فاز گیبس و قضیه دوم	۷۰۲

فصل سیزدهم: مخلوط‌های گازی

مقدمه	۷۰۵
انواع بلطت	۷۰۵
عوامل مربوط به رطوبت	۷۰۸
فرایند اشباع و دیاباتی	۷۱۲
درجه حرارت مربوط به حباب خشک	۷۱۳
نمودار رطوبت نسبی	۷۱۴

فصل چهاردهم: احتراق

مقدمه	۷۱۹
فرایند احتراق	۷۱۹
گرمای استاندارد تشکیل	۷۲۵
ارزش حرارتی	۷۲۷
درجه حرارت آدیاباتیک شعله	۷۲۸

تست‌های کنگور کارشناسی ارشد و دکتری

تست‌های کارشناسی ارشد سراسری ۹۴	۷۲۹
پاسخنامه تست‌های کارشناسی ارشد سراسری ۹۴	۷۴۲
تست‌های کنگور دکتری سراسری ۹۱ تا ۹۴	۷۵۹
پاسخنامه تست‌های کنگور دکتری سراسری ۹۱ تا ۹۴	۷۸۷
مراجع	۷۸۸