



دانشگاه پیام نور

اصول محاسبات شیمی صنعتی

(رشته شیمی)

www.ketab.ir

دکتر عبدالرضا مقدسی

«عضو هیأت علمی دانشگاه اراک»

سرشناسه	: مقدسی، عبدالرضا، ۱۳۳۷ -
عنوان و نام پدید آور	: اصول محاسبات شیمی صنعتی / عبدالرضا مقدسی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۸
مشخصات ظاهری	: ۳۱۵ص: جدول.
فروست	: دانشگاه پیام نور؛ ۲۵۶۳. گروه شیمی؛ ۱۴۸/۱.
شابک	: 978 - 964 - 14 - 0611 - 2
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: شیمی صنعتی
موضوع	: Chemistry, Technical
موضوع	: مهندسی شیمی - آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)
موضوع	: Chemical engineering -- Examinations, questions, etc. (Higher)
موضوع	: مهندسی شیمی -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)
موضوع	: Chemical engineering -- Problems, exercises, etc. (Higher)
شناسه افزوده	: دانشگاه پیام نور.
شناسه افزوده	: Payam Noor University
رده بندی کنگره	: TP۱۴
رده بندی دیویی	: ۶۶۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۷۴۷۲۱۱



دانشگاه پیام نور

اول شهریور ۱۳۹۸

شمارگان: ۳۰۰ جلد

قیمت: ۳۴۰۰۰۰ ریال

اصول محاسبات شیمی و معتمد

مؤلف: دکتر عبدالرضا مقدسی

ویراستار علمی: دکتر محمود پایا

تهیه و تولید: دفتر تدوین و تولید کتب و محتوای آموزشی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ و توزیع دانشگاه پیام نور

شابک: ۹۷۸ - ۹۶۴ - ۱۴ - ۰۶۱۱ - ۲

ISBN: 978 - 964 - 14 - 0611 - 2

فروش این کتاب فقط از طریق نمایندگی‌های دانشگاه پیام نور مجاز می باشد و فروش

آن در سایر مراکز فروش کتاب موجب تعقیب قانونی فروشنده خواهد گردید.

(کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر محفوظ و متعلق به دانشگاه پیام نور است. تولید، کپی یا خلاصه‌برداری، نشر و ترجمه، چاپ، فهرست، توزیع گسترده، تهیه CD و ... این اثر یا بخشی از آن اعم از متن، طرح، پست و روی جلد و ... بدون اخذ مجوز کتبی از معاونت فناوری و پژوهش دانشگاه خلاف مقررات و تعرض به حقوق مادی و معنوی دانشگاه است. متخلفین وفق قانون حمایت از مولفان و مصنفان و هنرمندان دارای مسئولیت حقوقی و کیفری بوده و تحت پیگرد قرار می گیرند.)

آدرس فروشگاه مرکزی چاپ و انتشارات دانشگاه پیام نور: تهران، خیابان شهید رجایی،

نرسیده به تقاطع آزادگان، جنب ورزشگاه یادآوران. تلفن: ۵۵۵۰۲۱۰۴ - ۵۵۰۹۸۳۸

سایت فروش اینترنتی: <http://digibook.pnu.ac.ir>

فهرست مطالب

پیشگفتار ویرایش اول.....	یازده
پیشگفتار ویرایش دوم.....	پانزده
فصل اول. اصول اولیه محاسبات شیمی.....	۱
هدف کلی.....	۱
هدف‌های یادگیری.....	۱
مقدمه.....	۱
۱-۱-۱ آحاد و ابعاد.....	۲
۲-۱-۱ تبدیل آحاد.....	۴
۳-۱-۱ انواع سیستم آحاد.....	۶
۴-۱-۱ نیرو و وزن.....	۱۱
۱-۴-۱ مقدار C در سیستم متریک یا cgs.....	۱۲
۲-۴-۱ مقدار C در سیستم SI.....	۱۲
۳-۴-۱ مقدار C در سیستم انگلیسی مطلق (FPS).....	۱۲
۴-۴-۱ مقدار C در سیستم انگلیسی ثقلی.....	۱۳
۵-۴-۱ مقدار C در سیستم مهندسی آمریکایی.....	۱۳
۵-۱-۱ مول.....	۱۷
۶-۱-۱ جرم ویژه و حجم ویژه.....	۱۹
۷-۱-۱ چگالی یا گرانش ویژه.....	۲۱
۸-۱-۱ جزء مولی، وزنی و حجمی.....	۲۴
۹-۱-۱ تجزیه.....	۲۵
۱-۹-۱ تجزیه خشک یا ارسات.....	۲۵

۲۵	۱-۹-۲ تجزیه مرطوب یا کامل
۲۶	۱-۱۰ غلظت
۳۰	۱-۱۱ انتخاب مینا
۳۲	۱-۱۲ دما
۳۸	۱-۱۳ فشار
۴۹	خلاصه فصل اول
۴۹	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول
۵۱	خودآزمایی تشریحی فصل اول
۵۵	فصل دوم مبانی موازنه مواد
۵۵	هدف کلی
۵۵	هدف‌های یادگیری
۵۵	مقدمه
۵۶	۲-۱ اهمیت موازنه مواد
۶۵	۲-۲ الگوریتم بررسی حالت نائل موازنه مواد در واحدهای بدون واکنش
۸۲	۲-۳ موازنه مواد همراه واکنش شیمیایی
۸۳	۲-۳-۱ معادلات شیمیایی موازنه‌شده
۸۷	۲-۳-۲ تعاریف مربوط به واکنش‌های شیمیایی
۹۴	۲-۳-۳ موازنه مواد پیرامون فرایندهای احتراق
۱۰۳	۲-۴ موازنه مواد پیرامون فرایندهای چند واحدی
۱۰۸	۲-۵ موازنه مواد همراه با جریان برگشتی و فرعی
۱۰۸	۲-۵-۱ جریان برگشتی
۱۰۸	۲-۵-۲ بازایی مواد شرکت‌کننده در واکنش
۱۰۸	۲-۵-۳ رقیق کردن یک جریان
۱۰۹	۲-۵-۴ کنترل بعضی از پارامترهای فرایند
۱۱۹	۲-۵-۵ جریان فرعی
۱۱۹	۲-۵-۶ جریان کنارگذر
۱۲۳	۲-۵-۷ جریان زدایش
۱۲۷	خلاصه فصل دوم
۱۲۷	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم
۱۲۹	خودآزمایی تشریحی فصل دوم
۱۴۳	فصل سوم. سیستم‌های تک فازی
۱۴۳	هدف کلی
۱۴۳	هدف‌های یادگیری
۱۴۳	مقدمه

۱۴۴	۱-۳ روش‌های تعیین خواص فیزیکی مواد
۱۴۴	۲-۳ قوانین و روابط گازهای ایدئال
۱۴۵	۱-۲-۳ قانون بویل
۱۴۶	۳-۲-۳ قانون آمونتون
۱۴۷	۴-۲-۳ قانون آوگادرو
۱۴۷	۵-۲-۳ قانون کلی گازهای ایدئال
۱۵۰	۶-۲-۳ محاسبه حجم، جرم ویژه و چگالی گازهای ایدئال
۱۵۴	۷-۲-۳ مخلوط گازهای ایدئال
۱۵۴	۱-۷-۲-۳ قانون دالتون در مورد فشارهای جزئی (۱۸۰۱ م.)
۱۵۵	۲-۷-۲-۳ قانون آماگات در مورد حجم‌های جزئی
۱۶۰	۳-۳ روابط گازهای حقیقی
۱۶۱	۳-۳ معادلات حالت
۱۶۱	۱-۱-۳-۳ معادله اندروالس
۱۶۶	۲-۱-۳-۳ معادله وان-د-والس (SRK)
۱۷۰	۳-۱-۳-۳ معادله حالت پیرال
۱۷۰	۲-۳-۳ ضریب تراکم پذیری
۱۷۱	۱-۲-۳-۳ تخمین ضریب تراکم‌پذیری Z
۱۷۱	۲-۲-۳-۳ نقطه بحرانی
۱۷۳	۳-۲-۳-۳ قانون حالت‌های متناظر
۱۷۶	۳-۳-۳ مخلوط گازهای حقیقی
۱۷۷	۱-۳-۳-۳ روش کی
۱۷۸	۲-۳-۳-۳ روش محاسبه ضریب تراکم‌پذیری متوسط مخلوط گاز (Z_m)
۱۸۳	۳-۳-۳-۳ روش استفاده از معادلات حالت
۱۸۳	۴-۳-۳-۳ روش استفاده از متوسط ثابت‌ها در معادلات حالت
۱۸۶	۴-۳ موازنه مواد گازهای ایدئال
۱۹۱	خلاصه فصل سوم
۱۹۱	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم
۱۹۳	خودآزمایی تشریحی فصل سوم
۱۹۷	فصل چهارم. سیستم‌های چند فاز
۱۹۷	هدف کلی
۱۹۷	هدف‌های یادگیری
۱۹۸	مقدمه
۱۹۸	۱-۴ نمودار فاز فشار-بخار (P-T)
۲۰۳	۲-۴ تخمین فشار بخار
۲۰۳	۱-۲-۴ معادلات تجربی جهت تخمین فشار بخار

۲۰۴	۴-۲-۱-۱ معادله کلازیوس - کلاپیرون
۲۰۶	۴-۲-۱-۲ معادله آنتوان
۲۰۷	۴-۲-۲ استفاده از جدول‌ها
۲۰۸	۴-۲-۳ استفاده از نمودار کاکس جهت تخمین فشار بخار
۲۰۹	۴-۳ سیستم‌های گاز-مایع با یک جزء میعان‌پذیر
۲۱۰	۴-۳-۱ اشباع
۲۱۲	۴-۳-۲ اشباع جزئی
۲۱۲	۴-۳-۲-۱ اشباع نسبی (رطوبت نسبی)
۲۱۳	۴-۳-۲-۲ اشباع مولی
۲۱۳	۴-۳-۲-۳ اشباع مطلق (رطوبت مطلق)
۲۱۶	۴-۴ فرایند تبخیر
۲۱۷	۴-۵ موازنه مواد شامل میعان و تبخیر
۲۲۲	۴-۶ تعادل بخار-مایع در سیستم‌های دوتایی
۲۲۵	۴-۷ قانون فازها
۲۲۶	خلاصه فصل چهارم
۲۲۷	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم
۲۲۹	خودآزمایی تشریحی فصل چهارم
۲۳۳	فصل پنجم. مبانی موازنه انرژی
۲۳۳	هدف کلی
۲۳۳	هدف‌های یادگیری
۲۳۳	مقدمه
۲۳۵	۵-۱ تعاریف و مفاهیم پیرامون انرژی
۲۳۵	۵-۱-۱ انواع انرژی
۲۳۶	۵-۱-۱-۱ گرما یا حرارت
۲۴۰	۵-۱-۱-۳ انرژی جنبشی
۲۴۱	۵-۱-۱-۴ انرژی پتانسیل
۲۴۴	۵-۱-۱-۶ آنتالپی
۲۴۵	۵-۱-۲ توابع حالت یا نقطه‌ای
۲۴۶	۵-۲ واحدهای انرژی
۲۴۸	۵-۳-۱ محاسبه تغییرات آنتالپی بدون تغییر فاز
۲۴۸	۵-۳-۲ محاسبه تغییرات آنتالپی با استفاده از ظرفیت حرارتی
۲۵۴	۵-۳-۳ محاسبه تغییرات آنتالپی با استفاده از جداول
۲۵۷	۵-۳-۴ محاسبه تغییرات آنتالپی با استفاده از نمودار
۲۵۹	۵-۳-۵ محاسبه تغییرات آنتالپی با استفاده از بانک‌های اطلاعاتی رایانه‌ای
۲۶۳	۵-۴ موازنه عمومی انرژی

۲۶۴	۱-۴-۵ موازنه انرژی بدون واکنش شیمیایی
۲۶۴	۱-۱-۴-۵ موازنه انرژی پیرامون سیستم‌های بسته
۲۶۸	۲-۱-۴-۵ موازنه انرژی پیرامون سیستم‌های باز
۲۶۹	۳-۱-۴-۵ تجمع انرژی در داخل سیستم
۲۷۳	۱-۲-۴-۵ گرمای واکنش
۲۷۵	۲-۲-۴-۵ روش‌های تعیین گرمای واکنش
۲۸۰	۳-۲-۴-۵ گرمای استاندارد احتراق
۲۸۲	۵-۵ سوخت‌ها و ارزش حرارتی آن‌ها
۲۸۴	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم
۲۸۶	خودآزمایی تشریحی فصل پنجم
۲۹۳	پیوست‌ها
۳۱۳	پاسخنامه خودآزمایی چهارگزینه‌ای
۳۱۵	منابع

پیشگفتار ویرایش اول

امروزه به لحاظ مسائل و مشکلات اقتصادی و حفظ محیط زیست و منابع طبیعی، بیش از هر زمان دیگر به درستی مصرف بهینه مواد و انرژی توجه شده است؛ بنابراین طراحی، ساخت و کنترل واحدهای مهندسی باید به دقت انجام شود و بهترین فناوری و شرایط عملیاتی به کار گرفته شود. در تصمیم گیری، روش ها و متدهای گوناگونی وجود دارد. برای انتخاب یک مسیر مناسب مورد اول، لازم است برخی از اصول اساسی و بنیادی در خصوص مسائل مربوط به فرایندهای مهندسی را فراگرفت.

می دانید که طراحی، شبیه سازی، بررسی و ارزیابی اقتصادی و نیز کنترل فرایندهای صنایع شیمیایی بر اصول و قوانین موازنه مواد و انرژی استوار است. در حال حاضر می توان از نرم افزارهای معروف در مهندسی شیمی مانند:

SSI/100, PRO II, DESIGN II, PROCESS, HYSYS, PIPE PHASE, EXTHRAN, ASPEN

نام برد، که اکثر معادلات و روابط موجود در آنها براساس موازنه مواد و انرژی استوار است.

از این رو کتاب حاضر به بررسی اصول و مبانی محاسبات در مهندسی شیمی به خصوص نحوه برقرارسازی موازنه جرم و انرژی پرداخته و کاربرد آنها را در موارد بسیار گوناگونی نشان می دهد.

این کتاب حاصل چندین سال مطالعه و در کنار آن تدریس است که برای تهیه و تدوین آن از همه این تجربیات استفاده شده است. منابع مهمی که در ترکیب آن به کار آمده است، عبارت اند از:

1- Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering. David M. Himmelblau.

که این کتاب توسط استاد محترم جناب آقای دکتر مرتضی سهرابی تحت عنوان «اصول بنیانی و مبانی محاسبات در مهندسی شیمی» ترجمه شده است.

2- Elementary Principles of Chemical Process. Richard M. Felder Ronald W. Rousseau.

که ترجمه آن تحت عنوان «اصول مقدماتی فرایندهای شیمیایی» توسط آقایان عبدالعلی فقیه اردوباری، محمدباقر پورسعید و داریوش باستانی انجام شده است.

3- Chemical Process Analysis: Mass and Energy Balances. William L. Luyben, Leonard A. Wenzed.

4- Chemical Engineering, Coulson & Richardson's Chemical Engineering. R.K. Sinnoff, Vol. 6, 2nd Ed.

و تعدادی بسیار دیگر که در فهرست منابع آمده است.

قابل ذکر است که مطالب این کتاب با عنوان درس «اصول محاسبات شیمی صنعتی» برای دانشجویان رشته شیمی کاربردی در ۳ واحد و برای دانشجویان رشته مهندسی شیمی تحت عنوان «مبانی محاسبات در مهندسی شیمی» در ۴ واحد درسی ارائه می شود.

از آنجایی که این کتاب به درخواست دانشگاه پیام نور جهت استفاده دانشجویان رشته شیمی کاربردی است، سعی شده است که مطالب حتی الامکان آسان و روان و به صورت خودآموز باشد.

این کتاب شامل پنج فصل به شرح ذیل است:

فصل اول تعاریف و مفاهیم آحاد، ضرایب تبدیل و نحوه بررسی واکنش ها را مورد بررسی قرار می دهد.

فصل دوم قوانین و مسائل مربوط به موازنه جرم و نیز روش به دست آوردن معادلات و نحوه حل آنها پرداخته است.

فصل سوم سیستم های تک فازی را مورد بحث و بررسی قرار داده و قوانین گازهای ایدئال و حقیقی را بیان می کند.

فصل چهارم سیستم های چند فازی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و خواص فیزیکی و قوانین مربوط به رفتار سیستم های دوفازی نظیر فشار- بخار و تبخیر و میعان و... را شرح می دهد.

فصل پنجم اصول و قوانین و نحوه فرمول‌بندی موازنه انرژی موردبحث و بررسی قرار می‌گیرد.

ضمناً در تمام فصول برای روشن‌شدن مباحث تئوری، سعی شده از مثال‌های بسیار ساده و قابل‌فهمی استفاده شود.

علی‌رغم اینکه در تهیه و تدوین این کتاب زحمات و دقت بسیاری شده است، با این وجود ممکن است نواقص و یا کم و کاستی در آن به چشم بخورد، لذا از شما خواننده محترم، ضمن پوزش، تقاضا می‌شود، نظرات و پیشنهاد‌های خود را برای مؤلف کتاب ارسال نماید تا در چاپ بعدی مدنظر قرار گیرد.

لازم می‌دانم از جناب آقای دکتر پایه قدر عضو محترم هیئت علمی دانشگاه پیام نور که در تهیه و تدوین این کتاب را تشویق و راهنمایی کردند و نیز ویراستاری خوب این اثر را به عهده داشتند، تشکر و قدردانی کند. از آقایان مهندس محسن حسینی و مهندس پیمان سهرانی که در قالب‌بندی کتاب و تصحیح متن و نیز از مهندس سجاد نادری که در طرح روی جلد کمک بسیار خوبی کرده‌اند و از همسر مهربان رحیمی که در تهیه این اثر مرا تشویق و همراهی کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین لازم است که از رئیس محترم دانشکده، جناب آقای دکتر پرویز پرورش و مدیر محترم گروه آموزشی شیمی جناب آقای دکتر عبدالحمید عطاران و آقای دکتر اکبری و مدیر محترم انتشارات و سرکار خانم خضرائی کارشناس محترم گروه شیمی و دیگر عزیزانی که در چاپ و انتشار این کتاب زحمات فراوانی کرده‌اند، سپاسگزاری شود.

والسلام

عبدالرضا مقدم

گروه مهندسی شیمی

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه اراک

سال ۱۳۸۵