



انتقال جرم و عملیات واحد

مؤلف:

پروفسور قاسم نجف پور درزی

استاد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

با همکاری:

مهندس زهرا مؤدب دوست بابلی

کارشناس ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف

مهندس محمد ولی زاده گیامحله

کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

۱۳۹۳

سرشناسه	نجف پور، قاسم، ۱۳۲۷ -
عنوان و نام پدیدآور	انتقال جرم و عملیات واحد/ مولف قاسم نجف پوردرزی، با همکاری زهرا مودب دوست بابلی، محمد ولی زاده کیامحله
مشخصات نشر	تهران: فرهنگ پارسیان، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	ک، ۴۸۴ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۲۵۰۰۰ ریال ۱۹۰۰-۶۵۶۳-۶۰۰-۹۷۸:
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	واژه نامه.
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	جرم (فیزیک) -- انتقال -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	جرم (فیزیک) -- مسائل، تمرین ها و غیره (عالی)
شناسه اف	مودب دوست بابلی، زهرا، ۱۳۶۳ -
شناسه افزود	ولی زاده کیامحله، محمد، ۱۳۶۸ -
رده بندی کنگره	۱۳۹۳۱۵۶.۲ ۳/ج۴
رده بندی دیویی	۲۸۴۲۲/۶۶۰
شماره کتابشناسی ملی	۳۰۱۷۲۶۰

فرهنگ پارسیان: تهران - خیابان ۱۲ فروردین - پلاک ۲۵۹ - طبقه ۴ - واحد ۸
 bayan.zakeri@yahoo.com - ۶۰۳۰۶۱۰۱۱۲۷۳۸۱۱۸۱

نام کتاب	انتقال جرم و عملیات واحد
مولفین	قاسم نجف پوردرزی، با همکاری زهرا مودب دوست بابلی، محمد ولی زاده کیامحله
ناشر	فرهنگ پارسیان
مدیر تولید	داریوش ذاکری
صفحه آرای	هانی توانایان فرد
نوبت و سال چاپ	اول - پاییز ۱۳۹۳
چاپ و صحافی	چاپ و صحافی الغدیر
تیراژ	۱۰۰ جلد
قیمت	۲۵۰۰۰ تومان
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۶۵۶۳-۱۹-۰۰

«کلیه حقوق برای انتشارات فرهنگ پارسیان محفوظ است»
 مرکز پخش: تهران، روبروی دانشگاه تهران، کتابفروشی آگاه و گوتنبرگ

پیشگفتار:

هدف از تالیف کتاب حاضر تحت عنوان عملیات انتقال جرم، آشنا نمودن دانشجویان مهندسی شیمی، مهندسی نفت و شیمی کاربردی به مبانی واحد عملیات و اصولی که در طراحی دستگاه‌های جداسازی و مایع و پالایش در صنعت نفت و صنایع شیمیایی به کار گرفته‌اند می‌باشد. دامنه بحث بر روی مایع و مطالب ارائه شده طبق سرفصل تعیین شده، توسط شورای عالی انقلاب فرهنگی بوده که مطالب بسیار گسترده می‌باشد، لذا بخش عمده مطالب به طور کامل و جامع بیان شده است تا دانش‌جویان عزیز قادر به تجزیه و تحلیل دستگاه‌های عملیات واحدهای انتقال جرم باشند و توان کافی جهت حل مشکلات صنعت کشور عزیز اسلامی‌مان را داشته باشند. استقبال و درخواست مکرر دانشجویان برای ارائه کتاب تا نسبت به تجدیدنظر کامل کتابی که از ابتدا طبق یادداشت‌های سال‌ها تدریس خویش انداخته‌ام را با تجدید چاپ به صورت کتاب حاضر در ۹ فصل جمع‌آوری نمایم. محاسبات و فرمول‌های ریاضی مطرح شده بر اساس اطلاعات و زمینه دروس پایه مهندسی همانند: اصول محاسبات ترمودینامیک، مکانیک سیالات و انتقال حرارت ارائه گردید. این مجموعه، از مثال‌های کاربردی متنوع و مناسبی نیز برخوردار است. این کتاب شامل نه فصل یا بخش بوده که قسمت اعظم آن انتقال جرم واحد مبانی و شیمی صنعتی را پوشش می‌دهد. فصل‌های بحث شده عبارت‌اند از: نفوذ مولکولی پایا، سید هم‌های انتقال جرم، تعادل تک مرحله‌ای، عملیات تقطیر، استخراج مایع-مایع، تبخیر، فرایندهای جذب، استخراج-امد-مایع، خشک کردن و رطوبت‌زدایی.

جا دارد در پایان از زحمات همکاران عزیزی که در تایپ و ترسیم شکل‌ها، تصاویر و تصاویر و تجدید چاپ کتاب و تجدید نظر نمودن مباحث مرا یاری داده‌اند قدردانی و تشکر نمایم. بدینوسیله تشکر و قدردانی خویش را از آقایان علی اکبر نظری مقدم و محمد ولی‌زاده کیامحله، سرکار خانم زهرا مؤدب دوست بابلی، تهمینه عبادی و سمیه صمدی اعلام می‌دارم. امیدوارم این کتاب بتواند راهنمای مفیدی برای دانشجویان کارشناسی باشد.

دکتر قاسم نجف پور درزی

استاد دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

۱.....	فصل اول: نفوذ مولکولی پایا
۳.....	۱-۱- نفوذ مولکولی
۳.....	۱-۱-۱- انتقال جرم در یک بعد بدون واکنش شیمیایی
۴.....	۱-۱-۲- نفوذ مولکولی یکسان
۹.....	۱-۱-۳- نفوذ در شرایط شبه پایا
۱۱.....	۱-۱-۴- نفوذ متقابل یکسان
۱۲.....	۱-۱-۵- انتقال جرم گاز دوجزئی
۱۵.....	۱-۲- سیستم یک بعدی همراه با واکنش شیمیایی
۱۵.....	۱-۲-۱- همزمانی نفوذ و واکنش شیمیایی درجه یک ناهمگن: نفوذ با سطح متغیر
۲۰.....	۱-۲-۲- همزمانی انتقال مول، دما، حرارت و جرم
۲۰.....	۱-۲-۳- همزمانی حرارت و انتقال جرم
۲۳.....	۱-۲-۴- همزمانی انتقال جرم و منبره
۲۹.....	۱-۳- مسائل حل شده
۴۶.....	۱-۴- مسائل حل نشده
۵۰.....	۱-۵- مراجع
۵۱.....	فصل دوم: سیستم‌های انتقال جرم
۵۳.....	۱-۲- انواع سیستم‌های انتقال جرم
۵۷.....	۱-۲-۲- جذب و جریان سازی
۵۸.....	۱-۲-۳- برج‌های پیوسته تماسی
۵۸.....	۱-۲-۴- جریان متقابل
۶۳.....	۱-۲-۵- جریان همسو
۶۴.....	۱-۲-۶- موازنه انرژی برای برج‌های تماسی پیوسته
۶۵.....	۱-۲-۷- ضرایب انتقال جرم
۶۶.....	۱-۲-۸- تحلیل تجهیزات تماس-پیوسته
۶۷.....	۱-۲-۹- ضرایب انتقال جرم جامع ثابت
۷۰.....	۱-۲-۱۰- ضرایب انتقال جرم جامع متغیر: مقاومت در هر دو فاز گاز و مایع
۷۱.....	۱-۲-۱۱- نیرو و محرکه میانگین لگاریتمی

۷۳	۷-۲- قطر برج‌های آکنه
۷۷	۸-۲- مسائل حل شده
۹۶	۹-۲- مسائل حل نشده
۱۰۰	۱۰-۲- مراجع
۱۰۱	فصل سوم: تعادل تک مرحله‌ای
۱۰۳	۱-۳- درجه آزادی و قانون فاز گیبس
۱۰۵	۱-۱- برآورد درجه آزادی
۱۰۷	۲-۱- سیستم دو جزئی بخار-مایع
۱۱۶	۳-۳- سیستم‌های سه جزئی
۱۲۲	۴-۳- محاسبه فشار بخار و نقطه حباب و نقطه شبنم
۱۲۴	۱-۴-۳- فشار بخار
۱۲۷	۲-۴-۳- نقطه حباب و نقطه شبنم
۱۲۸	۳-۴-۳- فشار آدیاباتیک
۱۲۹	۵-۳- سیستم‌های سه جزئی مایع-مایع
۱۳۲	۶-۳- سیستم‌های سه جزئی گاز-مایع
۱۳۲	۷-۳- سیستم‌های سه جزئی گاز-مایع-مایع
۱۳۳	۱-۷-۳- روش تقریبی برای سیستم‌های سه جزئی مایع-مایع-مایع
۱۳۴	۲-۷-۳- روش دقیق برای سیستم‌های سه جزئی گاز-مایع-مایع
۱۳۸	۸-۳- مسائل حل شده
۱۴۷	۹-۳- مسائل حل نشده
۱۵۱	۱۰-۳- مراجع
۱۵۳	فصل چهارم: عملیات تقطیر
۱۵۵	۱-۴- فشار بخار ماده خالص
۱۵۸	۲-۴- فشار جزئی
۱۵۹	۳-۴- فشار بخار مایعات غیر محلول در یکدیگر
۱۶۰	۴-۴- قانون راولت (محلول ایده آل)
۱۶۲	۵-۴- قانون هنری (محلول غیر ایده آل)
۱۶۳	۶-۴- دیاگرام حالت تعادل بخار-مایع برای محلول‌های ایده آل
۱۶۵	۷-۴- دیاگرام حالت‌های بخار-مایع برای محلول‌های غیر ایده آل
۱۶۶	۸-۴- تقطیر محلول دوجزئی

۹-۴	روش ترسیمی مک کیب- تیل برای تعیین مراحل تعادلی در برج‌های سینی دار	۱۶۸
۱-۹-۴	بخش جذب	۱۷۱
۲-۹-۴	چگالنده جزئی	۱۷۳
۳-۹-۴	قسمت تحتانی برج (بخش دفع)	۱۷۴
۴-۹-۴	استفاده از جریان بخار آزاد	۱۷۶
۵-۹-۴	مرحله ورود خوراک	۱۷۷
۶-۹-۴	جریان جانبی	۱۸۲
۷-۹-۴	تعیین تعداد مراحل تعادلی و محل سینی خوراک	۱۸۳
۱۰-۹-۴	شرایط حدی	۱۸۴
۹-۱۰-۴	نمترین تعداد مراحل تعادلی	۱۸۵
۱۰-۱۰-۴	کمترین نسبت جریان برگشتی	۱۸۶
۱۱-۹-۴	نسبت جریان برگشتی سرد	۱۸۷
۱۲-۹-۴	بار خنک‌کننده و جوش آور	۱۸۸
۱۳-۹-۴	نسبت جریان برگشتی به (R_{opt})	۱۸۹
۱۴-۹-۴	راندمان سینی	۱۹۰
۱۰-۴	مسائل حل شده	۱۹۲
۱۱-۴	مسائل حل نشده	۲۰۵
۱۲-۴	مراجع	۲۱۰

فصل پنجم: استخراج مایع - مایع

۱-۵	استخراج مایع- مایع	۲۱۳
۲-۵	استخراج مایع از مایع به کمک حلال آلی با استفاده از دی‌گرام مثلی	۲۲۱
۳-۵	تماس تک مرحله ای	۲۲۶
۴-۵	استخراج متقابل چند مرحله ای	۲۲۹
۵-۵	تعیین حداقل و حداکثر نسبت حلال به خوراک	۲۳۴
۶-۵	استفاده از دی‌گرام مثلث قائم الزاویه	۲۳۵
۷-۵	جریان اکسترکت و رافینیت برگشتی	۲۴۰
۸-۵	برج استخراج با دو خوراک	۲۴۳
۹-۵	مسائل حل شده	۲۴۶
۱۰-۵	مسائل حل نشده	۲۵۳
۱۱-۵	مراجع	۲۶۲

۲۶۳	فصل ششم: تبخیر
۲۶۵	۱-۶- تبخیر و تبخیرکننده ها
۲۶۶	۲-۶- شمای دوهرینگ
۲۶۷	۳-۶- انواع تبخیر کننده ها
۲۶۸	۱-۳-۶- تبخیر کننده های لوله کوتاه
۲۶۹	۲-۳-۶- میدل لوله بلند
۲۷۱	۳-۳-۶- تبخیر کننده های فیلم با همزن
۲۷۱	۲-۳-۶- تبخیر کننده چند عامله
۲۷۲	۶- خوراک تبخیرکننده ها
۲۷۴	۵-۶- ضراب کلو انتقال حرارت
۲۷۶	۶-۶- مسائل پیش از تبخیر
۲۹۴	۷-۶- مسائل حل شده
۳۰۰	۸-۶- مراجع
۳۰۱	فصل هفتم: فرایندهای جذب
۳۰۳	۱-۷- شیمی سطح
۳۰۳	۲-۷- جذب سطحی
۳۰۵	۳-۷- پارامترهای مؤثر در جذب سطحی
۳۰۶	۴-۷- تفاوت میان جذب معمولی و جذب سطحی
۳۰۶	۵-۷- انواع جذب سطحی
۳۰۶	۶-۷- جذب ها
۳۰۷	۱-۶-۷- سیلیکاژل
۳۰۷	۲-۶-۷- زئولیت ها
۳۰۸	۳-۶-۷- کربن فعال
۳۰۹	۷-۷- فرایند احیاء (دفع)
۳۱۰	۸-۷- پسماند جذب سطحی
۳۱۰	۹-۷- کاربردهای تجاری جذب سطحی
۳۱۱	۱-۹-۷- کارهای تجاری اولیه
۳۱۲	۱۰-۷- مبانی تعادلی جذب سطحی
۳۱۲	۱۱-۷- انرژی ها و نیروهای جذب
۳۱۳	۱۲-۷- نظریه های جذب تعادلی

۳۱۴	۱-۱۲-۷ جذب سطحی همدمای فرندلیچ
۳۱۵	۲-۱۲-۷ جذب سطحی هم دمای لانگمیر
۳۱۷	۳-۱۲-۷ قانون هانری
۳۱۸	۴-۱۲-۷ معادله بروئر-امت-تزر (BET)
۳۲۰	۵-۱۲-۷ جذب سطحی همدمای توماس
۳۲۱	۶-۱۲-۷ جذب سطحی همدمای هارکینز-جورا
۳۲۱	۷-۱۲-۷ جذب سطحی همدمای هالسی
۳۲۱	۸-۱۲-۷ جذب سطحی همدمای هندرسون
۳۲۲	۹-۱۲-۷ جذب سطحی همدمای ردلیش-پتوسون
۳۲۲	۱۰-۱۲-۷ سینتیک جذب سطحی
۳۲۳	۱-۱۱-۷ مدل سینتیکی لاجرگرن
۳۲۳	۲-۱۲-۷ مدل سینتیکی شبه درجه دوم
۳۲۳	۳-۱۲-۷ مدل سینتیکی نفوذ درون ذره ای
۳۲۴	۴-۱۲-۷ مدل سینتیکی آبروچ
۳۲۴	۵-۱۲-۷ مدل سینتیکی یو-تلسون
۳۲۴	۶-۱۲-۷ مدل سینتیکی بوهارت آداه
۳۲۵	۱۴-۷ جذب و عریان سازی
۳۲۶	۱۵-۷ قانون‌های راتولت و هنری
۳۲۶	۱۶-۷ منحنی تعادلی بخار و مایع
۳۳۶	۱۷-۷ جذب و عریان سازی ترکیبات چند جزئی
۳۳۸	۱۸-۷ جذب هیدروکربن‌ها توسط روغن
۳۴۲	۱۹-۷ تعیین ارتفاع برج جذب
۳۴۵	۲۰-۷ مسائل عریان سازی
۳۵۰	۲۱-۷ عریان سازی CO_2 از حلال منو اتیلن آمین MEA
۳۶۰	۲۲-۷ طراحی ستون عریان سازی
۳۶۵	۲۳-۷ مسائل حل نشده
۳۶۹	۲۴-۷ مراجع
۳۷۱	فصل هشتم: استخراج جامد-مایع - مایع
۳۷۳	۱-۸ مقدمه
۳۷۵	۲-۸ روش عمل و دستگاه استفاده شده
۳۷۵	۳-۸ انواع لیچینگ

۳۷۶	۱-۳-۸- استخراج برجا
۳۷۶	۲-۳-۸- استخراج توده‌ای
۳۷۷	۳-۳-۸- استخراج مخزنی
۳۷۷	۴-۸- اثر دما یا درجه حرارت در لیچینگ
۳۷۷	۵-۸- سرعت عملیات لیچینگ
۳۷۸	۶-۸- بررسی پارامترهای مؤثر در لیچینگ
۳۷۸	۷-۸- امکان‌سنجی لیچینگ عناصر نادر خاکی
۳۷۹	۸-۸- استخراج توسط سیالات فوق بحرانی (SCF)
۳۸۰	۱-۸-۱- سیالات فوق بحرانی
۳۸۱	۲-۸-۱- استخراج فوق بحرانی
۳۸۲	۸-۸- استخراج مواد شیمیایی از گیاهان
۳۸۲	۴-۸-۸- روش استخراج با SCF
۳۸۳	۵-۸-۸- کاربرد استخراج با SCF
۳۸۴	۶-۸-۸- کافئین‌زدایی از دانه‌های سبز قهوه
۳۸۵	۹-۸- روش‌های محاسبه ضرایب جد لیچینگ
۳۸۵	۱-۹-۸- مرحله ایده آل و تعادل
۳۸۵	۲-۹-۸- روش محاسبه برای اهداف طراحی
۳۸۷	۱۰-۸- موازنه کلی مواد و معادله خط عملکرد
۳۸۸	۱-۱۰-۸- روش محاسباتی
۳۹۰	۲-۱۰-۸- روش گرافیکی
۳۹۱	نمودارهای تعادلی متعارف
۳۹۸	۳-۱۰-۸- روش تحلیلی
۴۰۳	۱۱-۸- محاسبه سیستم ناهمسو چند تماس ناپیوسته
۴۰۴	۱۲-۸- محاسبات سیستم‌های استخراج بستر متحرک
۴۰۵	۱۳-۸- استخراج چند مرحله‌ای غیر همسو
۴۰۶	۱۴-۸- مسائل حل نشده
۴۰۸	۱۵-۸- مراجع

فصل نهم: خشک کردن و رطوبت زدایی

۴۱۱	۱-۹- فرآیند خشک کردن و رطوبت زدایی
۴۱۱	۱-۱-۹- نمونه دیگر
۴۱۲	۲-۹- تعاریف هوای مرطوب

۴۱۲.....	۱-۲-۹- هوای خشک مطلق.....
۴۱۲.....	۲-۲-۹- رطوبت مولی.....
۴۱۲.....	۳-۲-۹- رطوبت.....
۴۱۳.....	۴-۲-۹- رطوبت اشباع.....
۴۱۳.....	۵-۲-۹- درصد رطوبت.....
۴۱۳.....	۶-۲-۹- رطوبت نسبی.....
۴۱۴.....	۳-۹- دمای حباب.....
۴۱۶.....	۴-۹- نمودار رطوبت و آنتالپی بخار آب و هوا.....
۴۱۸.....	۱-۹- تبخیر آدیاباتیکی.....
۴۲۲.....	۴-۹- نمودار رطوبت هوا.....
۴۲۶.....	۵-۹- اندازه گیر دمای حباب تر.....
۴۲۶.....	۱-۵-۹- دمای حباب.....
۴۲۸.....	۶-۹- مکانیزم تبخیر و رطوبت.....
۴۲۸.....	۱-۶-۹- موازنه آنتالپی در برج.....
۴۳۲.....	۷-۹- مراجع.....
۴۳۳.....	ضمایم.....
۴۴۹.....	واژه نامه.....