

۱۳۰۴۱۳

انتقال جرم

از مبانی پایه تا کاربردهای پیشرفته صنعتی

مؤلف:

کوئیچی آسانو

ترجمه:

جواد کریمی ثابت

یونس امینی



- سرشناسه : آسانو، کوئچی، ۱۹۲۶ - م.
 Asano, Koichi
 عنوان و نام : انتقال جرم: از مبانی پایه تا کاربردهای پیشرفته صنعتی/ مولف
 پدیدآور : کوئچی آسانو؛ ترجمه جواد کریمی ثابت، یونس امینی.
 مشخصات نشر : تهران: سفیر قلم، ۱۳۹۳.
 مشخصات ظاهری : ۲۳۶ ص.: جدول، نمودار.
 شابک : 978-600-7435-33-5
 وضعیت فهرست : فیبا
 وضعیت :
 عنوان اصلی: Mass transfer : from fundamentals to modern
 c2006.industrial applications ,
 موضوع : جرم (فیزیک) -- انتقال
 شناسه افزوده : کریمی ثابت، سیدجواد، ۱۳۵۲ - ، مترجم
 شناسه افزوده : ادبی، یونس، ۱۳۶۴ - ، مترجم
 رده بندی کنگره : ۱۳۹۳ الف۱۵/QC۲۱۸
 رده بندی دیویی : ۶۳۰/۱۵
 شماره : ۳/۶۳۳۰۱
 کتابشناسی ملی :



انتشارات سفیر قلم

نام کتاب: انتقال جرم (از مبانی پایه تا کاربردهای پیشرفته صنعتی)
مولف: کوئچی آسانو
مترجمین: جواد کریمی ثابت - یونس امینی
ویراستار فنی: سعید مهرور منفرد
شمارگان: ۵۰۰ جلد
نوبت چاپ: اول ۱۳۹۳
قیمت: ۱۲۹۰۰ تومان
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۳۵-۳۳-۵
کلیه حقوق چاپ و انتشار این اثر متعلق به انتشارات سفیر قلم می باشد.
مرکز پخش: میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، کوچه شعله‌ور، بن بست سوم، پلاک ۳، طبقه اول، انتشارات سفیر قلم تلفن: ۶۶۹۴۹۰۶۴ همراه: ۹۱۲۴۳۷۲۱۳۱

فهرست مطالب

۱۳	(۱) مقدمه
۱۳	۱-۱) شروع مبحث انتقال جرم
۱۵	۲-۱) مشخصه های انتقال جرم
۱۷	۲-۱) سه قانون اساسی پدیده های انتقال
۱۷	۱-۱) قانون لزجت نیوتن
۱۸	۱-۳) قانون هدایت حرارتی فوری
۱۹	۳-۳-۱) قانون نفوذ فیک
۲۰	۴-۱) مقدماتی بر معادلات فازی در سیستم های گاز مایع
۲۴	(۲) انتقال جرم و نفوذ
۲۴	۱-۲) جنبش مولکولی و نفوذ
۲۴	۱-۱-۲) پدیده نفوذ
۲۵	۲-۱-۲) تعریف شار نفوذی و سرعت مرجع [1,2]
۲۷	۳-۱-۲) شار نفوذی دو جزئی
۳۰	۲-۲) ضرایب نفوذ
۳۰	۱-۲-۲) ضرایب نفوذ در فاز گاز
۳۱	۲-۲-۲) ضرایب نفوذ چند جزئی در فاز گاز
۳۳	۳-۲) آهنگ های انتقال جرم
۳۳	۱-۳-۲) تعریف شار جرمی
۳۵	۲-۳-۲) نفوذ یک طرفه در انتقال جرم دو جزئی
۳۶	۳-۳-۲) نفوذ متقابل هم مولال
۳۷	۴-۳-۲) شار انتقال جرم همرفتی برای انتقال جرم در مخلوطی از بخارها
۳۹	۴-۲) ضرایب انتقال جرم
۴۳	۵-۲) ضرایب کلی انتقال جرم
۴۷	(۳) معادلات حاکم در انتقال جرم

- ۴۷ ۱-۳) جریان درهم و آرام
- ۴۹ ۲-۳) معادله پیوستگی و معادله نفوذ
- ۴۹ ۱-۲-۳) معادله پیوستگی
- ۵۱ ۲-۲-۳) معادله نفوذ با مولفه های کسر جرمی
- ۵۳ ۳-۲-۳) معادله نفوذ با مولفه های کسر مولی
- ۵۵ ۳-۳) معادله حرکت و معادله انرژی
- ۵۵ ۱-۲-۳) معادله حرکت (معادله ناویر-استوکس)
- ۵۵ ۲-۳) معادله انرژی
- ۵۶ ۳-۳-۱) معادلات حاکم در مختصات استوانه ای و کره ای
- ۵۶ ۴-۳) حل های تقریبی معادله نفوذ
- ۵۶ ۱-۴-۳) مدل فیزیکی
- ۵۷ ۲-۴-۳) تئوری سطح
- ۵۹ ۳-۴-۳) مدل نوشونگی سطح
- ۶۱ ۵-۳) تفسیر فیزیکی اعداد از اعداد بی بعد مهم
- ۶۱ ۱-۵-۳) عدد رینولدز
- ۶۳ ۲-۵-۳) عدد پرانتل و عدد اسمیت
- ۶۵ ۳-۵-۳) عدد توستل
- ۶۶ ۴-۵-۳) عدد شرود
- ۶۹ ۵-۵-۳) اعداد بدون بعد متداول مورد استفاده در انتقال جرم و حرارت
- ۷۲ ۶-۳) آنالیز ابعادی
- ۷۲ ۱-۶-۳) اصل تشابه و یکتاخستی ابعادی
- ۷۴ ۲-۶-۳) یافتن اعداد بی بعد و تئوری Π

۷۹ ۴) انتقال جرم در لایه مرزی آرام

- ۷۹ ۱-۴) لایه مرزی سرعتی
- ۷۹ ۱-۱-۴) معادله لایه مرزی
- ۸۲ ۲-۱-۴) تبدیل مشابهتی
- ۸۳ ۳-۱-۴) صورت انتگرالی معادله لایه مرزی
- ۸۵ ۴-۱-۴) ضریب اصطکاک

- ۸۶ ۲-۴) لایه های مرزی دما و غلظت
- ۸۶ ۱-۲-۴) معادلات لایه مرزی دما و غلظت
- ۸۷ ۲-۲-۴) صورت انتگرالی معادلات لایه مرزی دما و غلظت
- ۹۰ ۳-۴) حل های عددی معادلات لایه مرزی
- ۹۰ ۱-۳-۴) روش شبه خطی
- ۹۲ ۲-۳-۴) روابط آهنگ های انتقال جرم و حرارت
- ۹۵ ۲-۴) انتقال جرم و حرارت در حالت های بینهایت
- ۹۶ ۱-۱-۴) حل های تقریبی برای انتقال جرم در حالت اعداد اشمیت بینهایت بزرگ
- ۹۷ ۲-۴) حل های تقریبی برای انتقال جرم در حالت اعداد اشمیت بینهایت کوچک [6]
- ۹۹ ۵-۴) اثر ناحیه رودی غیرفعال بر روی آهنگ های انتقال جرم
- ۹۹ ۱-۵-۴) تقریب چند جمد ای توزیع های سرعت و ضخامت لایه مرزی سرعت
- ۱۰۰ ۲-۵-۴) تقریب چند جله ای توزیع های غلظت و ضخامت لایه مرزی غلظت
- ۱۰۳ ۶-۴) جذب گازها با استفاده از فیلم مایع ریزان
- ۱۰۳ ۱-۶-۴) توزیع سرعت در فیلم نازک بایع بزان برطبق معادله نوسلت [9]
- ۱۰۴ ۲-۶-۴) جذب گاز در زمان تماس کوتاه
- ۱۰۶ ۳-۶-۴) جذب گاز در زمان تماس طولانی
- ۱۰۹ ۷-۴) انحلال دیواره جامد به وسیله فیلم ریزان
- ۱۱۱ ۸-۴) اثر شار جرم زیاد در انتقال جرم و حرارت لایه های مرزی آرام
- ۱۱۱ ۱-۸-۴) اثر شار جرم زیاد
- ۱۱۲ ۲-۸-۴) مدل فیلم میکلی، نزدیک به اثر شار جرم زیاد
- ۱۱۴ ۳-۸-۴) ارتباط اثر شار جرم زیاد بر انتقال جرم و حرارت

۱۲۰ ۵) انتقال جرم و حرارت در جریان آرام داخل لوله مدور

- ۱۲۰ ۱-۵) توزیع سرعت در جریان آرام داخل لوله مدور
- ۱۲۲ ۲-۵) اعداد گرانز برای انتقال جرم و حرارت
- ۱۲۲ ۱-۲-۵) موازنه انرژی بر روی المان حجمی کوچک در یک لوله
- ۱۲۳ ۲-۲-۵) موازنه جرم بر روی المان حجمی کوچک لوله
- ۱۲۵ ۳-۵) انتقال جرم و حرارت نزدیک ناحیه ورودی یک لوله مدور
- ۱۲۵ ۱-۳-۵) انتقال حرارت نزدیک ناحیه ورودی در دمای دیواره ثابت

- ۱۲۶ ۲-۳-۵) انتقال جرم نزدیک ناحیه ورودی در غلظت دیواره ثابت
- ۱۲۷ ۴-۵) انتقال جرم و حرارت در جریان آرام توسعه یافته داخل لوله مدور
- ۱۲۷ ۱-۴-۵) انتقال حرارت در دمای دیواره ثابت
- ۱۲۸ ۲-۴-۵) انتقال جرم در غلظت ثابت دیواره
- ۱۲۹ ۵-۵) انتقال جرم در ستون های دیواره مرطوب

۱۳۵ ۶) کت، انتقال جرم و حرارت ذرات

- ۱۳۵ ۱-۶) جریان خزشی اطراف ذرات کروی
- ۱۳۸ ۲-۶) حرارت ذرات کروی در سیال
- ۱۳۸ ۱-۲-۶) حل عددی ضریب دراگ ذره کروی در محدوده عدد رینولدز میانه
- ۱۴۰ ۲-۲-۶) روابط ضریب دراگ یک ذره کروی
- ۱۴۱ ۳-۲-۶) سرعت حباب ذره
- ۱۴۶ ۳-۶) انتقال جرم و حرارت ذرات کروی در سیال ساکن
- ۱۴۷ ۴-۶) انتقال جرم و حرارت ذرات کروی در حوزه سیال
- ۱۴۷ ۱-۴-۶) حل عددی انتقال جرم یک ذره کروی در یک جریان آرام
- ۱۴۹ ۲-۴-۶) رابطه رانز-مارشال و مقایسه با داده های عددی
- ۱۵۲ ۳-۴-۶) انتقال جرم فاز مایع از یک قطره کروی در جریان استوکس
- ۱۵۲ ۵-۶) ضرایب دراگ، انتقال جرم و حرارت در ذره کروی
- ۱۵۴ ۶-۶) انتقال جرم و حرارت در بستر سیالی
- ۱۵۴ ۱-۶-۶) تابع فضای خالی
- ۱۵۵ ۲-۶-۶) برهمکنش دو ذره کروی با اندازه یکسان در آرایش هم محور
- ۱۵۶ ۳-۶-۶) مدلسازی تابع فضای خالی

۱۶۰ ۷) انتقال جرم در قطرات و حباب ها

- ۱۶۰ ۱-۷) شکل حباب ها و قطرات
- ۱۶۱ ۲-۷) نیروی دراگ قطره و حباب در جریان خزشی (جریان هادمارد)
- ۱۶۱ ۱-۲-۷) تابع جریان هادمارد
- ۱۶۴ ۲-۲-۷) ضرایب دراگ و سرعت حبابی قطره ها و حباب های کوچک [۷ و ۱۰]
- ۱۶۵ ۳-۲-۷) حرکت حباب های کوچک در مایعات حاوی مقادیر ناچیز آلودگی

- ۱۶۶ ۳-۷) جریان اطراف یک قطره در حال تبخیر
- ۱۶۶ ۱-۳-۷) اثر تزریق یا مکش جرم بر روی جریان اطراف ذره کروی
- ۱۶۹ ۲-۳-۷) اثر تزریق یا مکش بر روی انتقال جرم و حرارت یک ذره کروی
- ۱۷۲ ۴-۷) تبخیر ذرات سوخت
- ۱۷۲ ۱-۴-۷) ضرایب دراگ، انتقال جرم و حرارت یک قطره تبخیری
- ۱۷۳ ۲-۴-۷) رفتار سقوط آزاد قطره در حال تبخیر در فاز گاز
- ۱۷۷ ۵-۷) جذب گازها به وسیله ذرات مایع
- ۱۸۲ ۶-۷) انتقال جرم حباب ها یا قطرات کوچک در مایعات
- ۱۸۲ ۱-۶-۷) انتقال جرم فاز پیوسته حباب ها و قطرات در جریان هادمارد
- ۱۸۳ ۱-۶-۷) انتقال جرم فاز پراکنده قطرات در جریان هادمارد
- ۱۸۴ ۳-۶-۷) انتقال جرم قطرات و حبابها با اندازه متوسط در فاز مایع

۱۸۸ ۸) پدیده انتقال آشفته

- ۱۸۸ ۱-۸) اصول جریان آشفته
- ۱۸۸ ۱-۱-۸) جریان آشفته
- ۱۸۹ ۲-۱-۸) تنش رینولدز
- ۱۹۰ ۳-۱-۸) شار حرارتی ادی و شار نفوذی
- ۱۹۱ ۴-۱-۸) خصوصیات انتقال ادی
- ۱۹۳ ۵-۱-۸) مدل طول اختلاط
- ۱۹۵ ۲-۸) توزیع سرعت در جریان آشفته داخل یک لوله در رژیم صریب اصطکاک ۱۹۵
- ۱۹۵ ۱-۲-۸) قانون توانی $1/n$
- ۱۹۶ ۲-۲-۸) قانون توزیع سرعت کلی برای جریان آشفته درون یک لوله مدور
- ۱۹۸ ۳-۲-۸) ضریب اصطکاک جریان آشفته درون لوله دایره‌ای صاف
- ۲۰۱ ۳-۸) تشابه بین انتقال اندازه حرکت، حرارت و جرم
- ۲۰۲ ۱-۳-۸) تشابه رینولدز
- ۲۰۳ ۲-۳-۸) تشابه چیلتون-کلیبورن
- ۲۰۶ ۳-۳-۸) تشابه ونکارمن
- ۲۰۷ ۴-۳-۸) تشابه دیسلر
- ۲۱۴ ۴-۸) ضریب اصطکاک، انتقال حرارت و جرم در لایه مرزی آشفته

- ۲۱۴ ۱-۴-۸ توزیع سرعت در لایه مرزی آشفته
- ۲۱۵ ۲-۴-۸ ضریب اصطکاک
- ۲۱۷ ۳-۴-۸ انتقال جرم و حرارت در لایه مرزی آشفته
- ۲۱۸ ۵-۸ لایه مرزی آشفته با تزریق یا مکش سطحی جرم

۲۲۳ تبخیر و میعان (۹)

- ۲۲۳ ۱- مشخصات انتقال همزمان جرم و حرارت
- ۲۲۳ ۱-۱-۹ انتقال جرم با تغییر فاز
- ۲۲۴ ۲-۱-۹ ممانعی سطح در انتقال همزمان جرم و حرارت
- ۲۲۵ ۲-۹ میعانات حباب تر و نسبت های رطوبت سنجی
- ۲۳۱ ۳-۹ مدل ترسنت برای میعان فیلمی بخارهای خالص
- ۲۳۴ ۱-۳-۹ اثر خصوصیات فیزیکی متغیر
- ۲۳۷ ۴-۹ میعان مخلوط بخار و مایع
- ۲۳۷ ۱-۴-۹ میعان کلی و جزئی
- ۲۳۹ ۲-۴-۹ خصوصیات میعان کلی مخلوط های بخار دو جزئی
- ۲۴۰ ۳-۴-۹ آهنگ میعان بخارهای دو جزئی تحت میعان کلی
- ۲۴۱ ۵-۹ میعان بخارات در حضور گاز غیر قابل میعان
- ۲۴۱ ۱-۵-۹ تجمع گاز غیر قابل تراکم نزدیک فصل حرکت
- ۲۴۲ ۲-۵-۹ محاسبات انتقال جرم و حرارت
- ۲۴۳ ۳-۵-۹ دستاورد تجربی برای اثر گاز میعان ناپذیر
- ۲۵۱ ۶-۹ میعان بخارات بر روی لوله مدور
- ۲۵۱ ۱-۶-۹ میعان بخارات خالص بر روی یک لوله افقی
- ۲۵۱ ۲-۶-۹ انتقال جرم و حرارت در یک لوله با تزریق یا مکش سطحی جرم
- ۲۵۳ ۳-۶-۹ محاسبه آهنگ های میعان بخارات بر روی لوله افقی در حضور گاز میعان ناپذیر

۲۶۰ (۱۰) انتقال جرم در تقطیر

- ۲۶۰ ۱-۱۰-۱ دستاوردهای کلاسیک تقطیر و تناقض های موجود
- ۲۶۰ ۱-۱-۱۰ برج های سینی دار و ستون های پرشده
- ۲۶۱ ۲-۱-۱۰ بازدهی سینی در ستون های تقطیر

- ۲۶۳ ۱۰-۳) HTU، مفهومی برای اندازه گیری انتقال جرم در ستون های تقطیر پرکن
- ۲۶۴ ۱۰-۱-۴) تناقض در بازدهی سینی و HTU
- ۲۷۰ ۱۰-۲) خصوصیات انتقال جرم و حرارت در تقطیر
- ۲۷۰ ۱۰-۲-۱) تفسیر فیزیکی انتقال جرم و حرارت در تقطیر
- ۲۷۱ ۱۰-۲-۲) فرآیند کنترل آهنگ در تقطیر
- ۲۷۳ ۱۰-۲-۳) اثر مایع کردن جزئی بخار بر روی آهنگ های انتقال جرم در تقطیر دو جزئی
- ۲۷۶ ۱۰-۲-۴) عدم تجانس انتقال جرم در جذب گاز و تقطیر
- ۲۸۲ ۱۰-۳) مدل انتقال همزمان جرم و حرارت برای ستون های تقطیر پرشده
- ۲۸۲ ۱۰-۳-۱) سطح تر شده پرکن ها
- ۲۸۴ ۱۰-۳-۱-۱) اثر خنثایی نامبری
- ۲۸۶ ۱۰-۳-۳) رابطه شارهای انرژی فاز بخار در تقطیر دو جزئی
- ۲۸۷ ۱۰-۳-۴) رابطه شارهای انرژی فاز بخار در تقطیر سه جزئی
- ۲۸۹ ۱۰-۳-۵) شبیه سازی سراسری جداسازی در تقطیر سه جزئی بر روی ستون پرشده تحت شرایط جریان برگشتی کامل
- ۳۰۰ ۱۰-۴) محاسبات تقطیر سه جزئی برای ستون های پرشده تحت شرایط جریان برگشتی حدی
- ۳۰۰ ۱۰-۴-۱) موازنه جرم برای ستون
- ۳۰۳ ۱۰-۴-۲) همگرایی ترکیب درصد خروجی
- ۳۱۱ ۱۰-۵) تقطیر تبریدی هوا بر روی ستون های پرشده
- ۳۱۱ ۱۰-۵-۱) واحد جداسازی هوا
- ۳۱۱ ۱۰-۵-۲) انتقال جرم و شارهای نفوذی در تقطیر تبریدی
- ۳۱۴ ۱۰-۵-۳) شبیه سازی عملکرد جداسازی یک واحد جداسازی هوا در مقیاس نیمه صنعتی
- ۳۱۶ ۱۰-۶) جداسازی صنعتی اکسیژن-۱۸ به وسیله تقطیر فوق تبریدی
- ۳۱۶ ۱۰-۶-۱) کاربرد اکسیژن-۱۸ به عنوان ماده خاص برای تشخیص های توموگرافی نشر پوزیترون ۳۱۶
- ۳۱۷ ۱۰-۶-۲) فرآیندی جدید برای جداسازی مستقیم اکسیژن-۱۸ از اکسیژن طبیعی
- ۳۲۰ ۱۰-۶-۳) ساخت و عملیاتی کردن واحد

پیش‌گفتار

انتقال مواد از فصل مشترک در محیط‌های سیال، انتقال جرم نامیده می‌شود. پدیده انتقال جرم در سراسر طبیعت و بسیاری از شاخه‌های صنعت مشاهده می‌شود. امروزه استفاده از نظریه‌های انتقال جرم از صنایع شیمیایی متعارف گرفته تا صنایع علوم زیستی و محیط زیست رواج وسیعی پیدا کرده است. طراحی فرآیندهای جدید، اصلاح فرآیندهای موجود و حل مشکلات آلودگی، بستگی شدیدی به علم انتقال جرم دارد.

این کتاب به عنوان یک کتاب درسی انتقال جرم برای دانشجویان کارشناسی ارشد و برای یادگیری مهندسان شیمی و نیز افراد دانشگاهی که در زمینه‌های انتقال جرم و مباحث مرتبط با آن فعالیت می‌کنند نوشته شده است. عناوین فصول کتاب از مفاهیم پایه‌ای آغاز شده و سپس به صورت تدریجی به مباحث پیچیده‌تر و کاربردهای جزئی با در نظر گرفتن مشکلات واقعی فرایندهای جداسازی ادامه یافته است. اهمیت روابط و هم‌بستگی موجود میان پدیده‌ها به صورت واضح به‌کار رفته و قرار دادن فرضیات اولیه و محدودیت‌های موجود در کاربردهای عملی، توصیف شده و به‌این‌سان نظریه‌های مختلف با حل‌های عددی یا داده‌های مشاهده شده تا حد امکان داده شده است. هر فصل شامل چند مثال گویا به منظور کمک به خواننده برای فهم چگونگی رسیدن به مشورت عملی رافعی است.

کتاب شامل ۱۰ فصل است. سه فصل ابتدایی پوشش دهنده مباحث اساسی انتقال جرم است. در چهار فصل بعدی مفاهیم مربوط به انتقال جرم آرام آورده شده است. اساس پدیده انتقال در حالت طغیان و انتقال جرم با تغییر فاز در دو فصل بعدی به‌کار گرفته شده است. فصل آخر فصل برجسته این کتاب به شمار می‌رود که در آن اصول اساسی فرآیندهای جداسازی در یک واحد صنعتی واقعی به کار رفته و یک مدل جدید برای طراحی تقطیرهای چند جزئی در ستون‌های پر شده پیشنهاد شده است و در پایان کاربردی از این مدل جدید در جداسازی ایزوتوپ پایدار اکسیژن-۱۸ به وسیله تقطیر تبخیری آمده است.