

سیستم‌ها و فرآیندهای غشائی ترکیبی

نویسنده:
باسیل - چارکوزت

ترجمه
احسان صالحی - حمیدرضا کرمی

عنوان و نام پدیدآورنده: سیستم‌ها و فرآیندهای غشایی ترکیبی/نویسنده باسیل و چارکوزت؛ ترجمه احسان صالحی، حمیدرضا کرمی.
 مشخصات نشر: تهران: آوند دانش، ۱۳۹۵.
 مشخصات ظاهری: ۴۳۰ص: مصور، جدول، نمودار.
 شابک: ۹۷۸۶۰۰۸۶۶۸۰۷۷

وضعیت فهرست نویسی: فیا
 یادداشت: عنوان اصلی: Integrated membrane systems and processes, 2016

موضوع: پالایش غشایی
 موضوع: Membrane filters
 موضوع: پالایش و پالایش کننده‌ها
 موضوع: Filters and filtration
 شناسه افزوده: بازپله، آنجلو، ۱۹۵۳ م.
 شناسه افزوده: Basile, Angelo (Angelo Bruno)

شناسه افزوده: شارکوسه، کاترین.
 شناسه افزوده: Charcosset, Catherine
 شناسه افزوده: صالحی، طرخولدان، احسان، ۱۳۶۲، مترجم.
 شناسه افزوده: کرمی، حمیدرضا، ۱۳۶۳، مترجم.
 رده بندی کنگره: ۱۳۹۵ س۹/پ۱۵۶ TP
 رده بندی دیویی: ۶۶۰/۳۱۴۲۴۵
 شماره کتابشناسی ملی: ۴۵۸۱۹۱



سیستم‌ها و فرآیندهای غشایی ترکیبی
 نوشته‌ی باسیل و چارکوزت.

برگردان: احسان صالحی، حمیدرضا کرمی.

تاریخ انتشار: زمستان ۱۳۹۵ - چاپ اول

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

تعداد صفحات: ۳۳۰ صفحه

چاپ و صحافی: استودیو همراه علم

صفحه آرای: سیده ساجده نوشایی

ناشر: آوند دانش

نشانی: پاسداران خ گل نبی، خ ناطق نوری، بن بست طلائی، پلاک ۴

مرکز پخش: میدان انقلاب، خ جمالزاده، کوچه دعوتی، شماره ۱۲

صندوق پستی: ۱۹۵۸۵/۶۷۳

تلفن: ۰۲۱-۲۲۸۹۳۹۸۸ - ۰۲۱-۲۲۸۷۱۵۲۲ - ۰۲۱ تلفن مرکز پخش: ۶۶۵۹۱۹۰۹

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۶۶۸-۰۷-۷

ناشر همکار: شرکت همراه علم

قیمت: ۳۰۰۰۰ تومان

کلیه حقوق این کتاب نزد ناشر محفوظ است.

پیش گفتار ناشر

در سراسر جهان، آنچه به عنوان کتاب درسی یا دانشگاهی (textbook) معرفی می‌شود، مجموعه‌ای است که به منظور شناخت نظام‌مند، فراگیری دانش و کسب بینش لازم از یک موضوع یا مبحث نوشته یا گردآوری می‌شود. به طوری که خواننده‌ی آن مجموعه بتواند پس از خواندن و فراگیری مطالب نگارش‌یافته، درک درستی از موضوع یا مبحث مورد نظر به دست آورده و دانش و بینش فراگرفته را در جایگاه مناسب و مرتبط با موضوع به کار بندد. البته در بیشتر موارد، لازم است فراگیری این گونه مطالب، بنا به ضرورت و یا احتیاط، زیر نظر یک صاحب‌نظر و خبره صورت گیرد- فردی که در اکثر اوقات، جز یک مدرس یا استاد نمی‌تواند باشد.

امروز، با توجه به گستردگی کتاب‌های درسی/دانشگاهی که در حوزه‌ها و مباحث گوناگون، توسط نویسندگان و ناشران مختلف عرضه می‌شود، نقش رسان و استادان در تعیین مرجع مناسب در اکثر نظام‌های آموزشی، بسیار اساسی است و خوانندگان این دسته از کتاب، اغلب برای انتخابی کتاب درسی/دانشگاهی مربوط به حوزه‌ی مطالعاتی خود، به این افراد رجوع می‌کنند. از طرف دیگر، مدرسه، استادان و دانشجو، تلاش می‌کنند با رصد جوامع دانشگاهی در سطح ملی و بین‌المللی، همواره از برترین و جدیدترین آثاری که در قالب کتاب‌های درسی یا دانشگاهی انتشار یافته‌اند، مطلع شوند. این کار، به طور معمول، از طریق شناسایی نویسندگان برتر و صاحب‌نظر در جوامع دانشگاهی و یا بررسی آثار ناشران فعال در حوزه‌ی نشر دانشگاهی صورت می‌گیرد. برپایه‌ی موارد مذکور، انتشارات "آوند دانش" و شرکت "همراه علم"، بر آن شدند تا در اقدامی مشترک، با ناشر بین‌المللی و معتبر Wiley وارد توافق شده و کتاب‌های درسی دانشگاهی این انتشارات را با خرید امتیاز ترجمه‌ی اثر به زبان فارسی، به صورت فارسی، به صورت رسمی ترجمه و منتشر نمایند. در این رهگذر، چارچوب و شرایط کلی زیر همواره مد نظر این دو ناشر قرار خواهد داشت:

- اولاً، کتاب درسی انتخاب‌شده برای ترجمه، از آثار شناخته شده، معتبر، جوامع دانشگاهی داخل و خارج کشور باشد؛
- ثانیاً، مترجمان کتاب در زمره‌ی مدرسان به نام و کارشناسان راز اول حوزه، مربوط باشند؛ و
- ثالثاً، تمامی کتاب‌های منتشرشده توسط این دو ناشر، از کیفیت مناسب و جنبه‌ای مختلف (از جمله نحوه‌ی نگارش متن، کیفیت چاپ و سایر شرایط) برخوردار باشد تا مخاطبان این آثار، در درازمدت بتوانند آن دو ناشر را به عنوان مرجعی قابل اطمینان برای تهیه‌ی کتاب‌های درسی و دانشگاهی بشناسند.

موارد مذکور، به طور مشخص، می‌تواند اطمینان خواننده را از وفاداری مترجمان به اصل اثر، زیر در پی داشته باشد همچنین، بنا بر توافق صورت گرفته، این دو انتشارات همواره جدیدترین ویرایش از کتاب‌های درسی را برای ترجمه در اختیار خواهند داشت، به نحوی که نشر ترجمه‌ی فارسی اثر، همزمان با انتشار نسخه‌ی انگلیسی آن صورت می‌گیرد.

از دیگر مواردی که بر اثر این توافق بنیان می‌توان اشاره کرد، حق دسترسی آنلاین به منابع پشتیبان تدریس کتاب برای اساتیدی است که کتاب را برای تدریس در کلاس‌های خود انتخاب می‌کنند. این حق دسترسی، با رعایت شرایط، به صورت رایگان در اختیار ایشان قرار می‌گیرد.

امید است با به کارگیری چنین تمهیداتی، بتوان آثار قابل قبول و با کیفیتی را به جامعه‌ی دانشگاهی فارسی‌زبانان ارائه کرد و به پشوانه‌ی استقبال مخاطبان، به این کار تداوم و بهبود بخشید.

مقدمه مترجم

امروزه کاربرد تکنولوژی غشائی به طرز چشمگیری گسترش یافته است. فرایندهای غشائی برتری های اثبات شده ای نسبت به سایر فرایندهای جداسازی مرسوم نظیر تقطیر، جذب سطحی، ترسیب و رزین های تبادل یونی دارند. از جمله این مزیت ها می توان به مصرف کمتر انرژی، راندمان بالاتر جداسازی، فضای عملیاتی کوچک تر، آسانی افزایش مقیاس و کنترل فرایند، هزینه های عملیاتی مناسب تر و کاهش حجم پساب ثانویه اشاره کرد. با وجود این مزایا، تجربه نشان داده که گرفتگی (Fouling) به عنوان مهمترین محدودیت در مسیر گسترش کاربرد تکنولوژی غشائی به شمار می رود. ترکیب فرایندهای غشائی با سایر فرایندهای جداسازی علاوه بر بهبود راندمان جداسازی، می تواند با کنترل و پدیداری گرفتگی به افزایش طول عمر مفید سیستم های غشائی کمک کند. به عنوان نمونه، تلفیق تکنولوژی غشائی با فرایندهای تجزیه زیستی (لجن فعال) منجر به پیدایش سیستم های ترکیبی کارآمدی به نام بایوراکتورهای غشائی شده که توجه پژوهشگران بسیاری را در دنیا به خود معطوف نموده است.

کتاب سیستم ها و فرایندهای غشائی ترکیبی که در سال ۲۰۱۶ توسط انتشارات وایلی به چاپ رسیده، کوششی است موفق برای جمع آوری و طبقه بندی کاربردهای متنوع سیستم های غشائی ترکیبی که به همت دکتر آنجلو باسیل و دکتر کاترین راکوت بر سیزده فصل مستقل گردآوری شده است. هر فصل این کتاب توسط مولفین صاحب نظر در یک حوزه تخصصی از علوم غشائی به رشته تحریر درآمده است. فصل سیزدهم کتاب فوق الذکر نیز به پیشنهاد دکتر باسیل، توسط ییجان بهار با لالت استاد برجسته علوم غشائی پروفیسور سید سیاوش مدائنی تالیف شده است. اهمیت و توسعه روز افزون سیستم های هیبریدی و همچنین مشارکت در تالیف کتاب لاتین، مترجمین را بر آن داشت که دست به ترجمه این کتاب ارزشمند بین المللی بزنند. امید است که این تلاش ناچیز مورد توجه و استفاده جامعه علمی کشور، خصوصاً پژوهشگران علاقه مندان به علوم غشائی قرار گیرد. در پایان از همه دوستان و اساتیدی که ما را در ترجمه این اثر تشریف و حمایت کردند صمیمانه سپاسگزار می کنیم.

خدایا چنان کن سرانجام کار تو خشنود باشی و ما رستگار

احسان صالحی، عضو هیئت علمی مهندسی شیمی دانشکده اراک، زمستان ۹۵
حمیدرضا کرمی، دکترای مهندسی شیمی دانشکده اراک، زمستان ۹۵

فهرست

۱ اولترافیلتراسیون، میکروفیلتراسیون، نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس در فرایندهای غشایی مجتمع

۱-۱- مقدمه

۲-۱- فرایندهای غشایی

۱-۲-۱- اولترافیلتراسیون، میکروفیلتراسیون و نانوفیلتراسیون

۲-۲-۱- اسمز معکوس

۳-۱- تقطیر غشایی

۴-۲- الکترودیالیز

۵-۱- الکتروناپ غشایی

۳-۱- ترکیب فرایندهای غشایی مختلف

۱-۳-۱- فرایندهای جداسازی با نیرو محرکه‌ی فشاری

۲-۳-۱- فرایندهای غشایی با نیرو محرکه‌ی فشاری و تقطیر غشایی

۳-۳-۱- فرایندهای جداسازی با نیرو محرکه‌ی فشاری و الکترودیالیز

۴-۳-۱- بیوراکتورهای غشایی و جداسازی با نیرو محرکه‌ی فشاری

۵-۳-۱- فرایندهای دیگر و جداسازی با نیرو محرکه‌ی فشاری

۴-۱- نتیجه‌گیری

فهرست نشانه‌ها

منابع

۲ جداسازی زیستی با استفاده از فرایندهای غشایی مجتمع

۱-۲- مقدمه

۲-۲- فرایندهای جداسازی زیستی مجتمع شامل میکروفیلتراسیون

۳-۲- فرایندهای جداسازی زیستی مجتمع شامل اولترافیلتراسیون

۴-۱- نتیجه‌گیری

منابع

۳ فرایندهای غشایی مجتمع در صنایع غذایی

۱-۳- مقدمه

۲-۳- فرآوری آب میوه

۱-۲-۳- شفاف‌سازی آب میوه

۲-۲-۳- تغلیظ آب میوه

۳-۲-۳- سیستم‌های مجتمع در فرآوری آب میوه

۵۲	۳-۳- فرآوری شیر و آب پنیر
۵۳	۳-۳-۱- سیستم‌های مجتمع در فرآوری شیر
۵۶	۳-۳-۲- سیستم‌های مجتمع در تهیه ی پنیر
۵۷	۳-۳-۳- سیستم‌های مجتمع در فرآوری آب پنیر
۵۹	۴-۳- نتیجه‌گیری
۶۰	فهرست مخفف‌ها
۶۱	منابع

۴ هیدرولیز پیوسته‌ی زیست توده‌ی لیگنوسلولزی به کمک فرایندهای غشایی مجتمع

۶۹	۴-۱- مقدمه
۷۱	۴-۲- هیدرولیز آنزیمی پیوسته
۷۳	۴-۳- سیستم غشایی غوطه‌ور مجتمع
۷۵	۴-۴- تعریف
۷۶	۴-۵- تعریف و اصطلاحات هیدرولیزات با نانوفیلتراسیون
۷۸	۴-۶- طراحی ماری آنالیزها
۷۸	۴-۷- تحلیل واریانس با آماده روش سطح پاسخ
۸۳	۴-۸- چالش‌های پیش و
۸۴	۴-۹- نتیجه‌گیری
۸۴	سپاسگزاری
۸۴	فهرست مخفف‌ها
۸۴	فهرست نشانه‌ها
۸۵	منابع

۵ فرایندهای غشایی مجتمع برای آماده‌سازی امولسیون ذرات و حباب‌ها

۸۹	۵-۱- مقدمه
۹۰	۵-۱-۱- فرایندهای پراکنده سازی غشایی
۹۱	۵-۱-۲- تصفیه‌ی محلول‌های پراکنده توسط غشا
۹۲	۵-۱-۳- مقایسه‌ی فرایندهای غشایی و فرایندهای تولید قطره به روش میکروسایال
۹۴	۵-۱-۴- مقایسه‌ی فرایندهای غشایی و فرایندهای مرسوم همگن سازی
۹۵	۵-۲- غشاهای آماده‌سازی امولسیون‌ها و ذره‌ها
۹۵	۵-۲-۱- غشاء SPG
۱۰۱	۵-۲-۲- غشاهای میکرومهندسی
۱۰۳	۵-۳- تولید امولسیون با استفاده از غشاهای SPG
۱۰۷	۵-۴- تهیه‌ی امولسیون‌ها با استفاده از غشاهای میکرومهندسی شده
۱۱۰	۵-۵- عوامل تاثیرگذار بر روی اندازه‌ی قطره در DME
۱۱۰	۵-۵-۱- اثر فشار عملیاتی و شار
۱۱۲	۵-۵-۲- اثر اندازه‌ی منافذ (مجراها) و تنش برشی بر سطح غشاء

۱۱۴	۵-۳- اثر عوامل فعال سطحی
۱۱۲	۵-۲- اثر اندازه ی منافذ (مجراها) و تنش برشی بر سطح غشاء
۱۱۵	۵-۶- عوامل موثر در اندازه ی قطره در PME
۱۱۶	۵-۷- ترکیب کردن ME با ساخت ذرات جامد- نیمه جامد
۱۱۶	۵-۷-۱- ترکیب ME با و پیوند عرضی پلیمرهای ژلاتینی
۱۲۶	۵-۷-۲- ترکیب ME و جامد سازی مواد مذاب
۱۳۱	۵-۷-۳- ترکیب ME و پلیمریزاسیون
۱۳۱	۵-۷-۴- ترکیب ME و تیخیر/ استخراج حلال
۱۳۴	۵-۸- ترکیب تراوش غشایی و پراکنش گاز
۱۳۴	۵-۹- ترکیب میکرو اختلاط غشایی و نانو رسوب دهی
۱۳۶	۵-۱۰- نتیجه گیری
۱۳۶	فهرست کلمات اختصاری
۱۳۷	موارد دیگر
۱۳۷	نمادها
۱۳۹	منابع

۶ نانوفیلتراسیون در فاضله های غشایی مجتمع

	۱۵۹
۱۵۹	۶-۱- مقدمه
۱۶۲	۶-۲- پیش تصفیه برای نانوفیلتراسیون
۱۶۴	۶-۳- نانوفیلتراسیون به عنوان یک روش پیش تصفیه
۱۶۶	۶-۴- فرایندهای سری
۱۶۹	۶-۵- فرایندهای مجتمع
۱۷۳	۶-۶- فرایندهای هیبرید (ترکیبی)
۱۷۶	۶-۷- آرایش آبشاری نانوفیلتراسیون
۱۷۸	۶-۸- نتیجه گیری
۱۷۹	فهرست کلمات اختصاری
۱۷۹	منابع

۷ تصفیه ی آب دریا، آب های شور و آب های طبیعی با فرایندهای غشایی ترکیبی

۱۸۷	۷-۱- مقدمه
۱۸۷	۷-۲- بازار نمک زدایی
۱۸۸	۷-۲-۱- رشد جهانی ظرفیت نمک زدایی
۱۸۹	۷-۲-۲- فناوری های نمک زدایی
۱۹۰	۷-۳- ترکیب آب دریا و آب های شور
۱۹۰	۷-۳-۱- ترکیب آب دریا
۱۹۱	۷-۳-۲- آب شور در برابر آب دریا
۱۹۲	۷-۳-۳- ویژگی آب تولیدی

۱۹۲	۷-۴- نمک زدایی با فرآیندهای غشایی مجتمع
۱۹۳	۷-۴-۱- نانوفیلتراسیون / میکروفلتراسیون- اسمز معکوس
۱۹۵	۷-۴-۲- نانوفیلتراسیون در مقابل اسمز معکوس
۱۹۷	۷-۴-۳- نانوفیلتراسیون- اسمز معکوس
۲۰۰	۷-۵- تصفیه‌ی آب طبیعی با استفاده از فرآیندهای غشایی ترکیبی
۲۰۰	۷-۵-۱- مواد آلی طبیعی
۲۰۶	۷-۵-۲- آرسنیک
۲۱۰	۷-۵-۳- دیگر گونه‌ها
۲۱۳	۷-۶- نتیجه‌گیری
۲۱۵	فهرست کلمات اختصاری
۲۱۵	منابع

۲۲۱	۸ تصفیه‌ی پساب با استفاده از فرآیندهای غشایی مجتمع
۲۲۱	۸-۱- مقدمه
۲۲۲	۸-۲- کاربرد IMS با تصفیه‌ی پساب: وضعیت فعلی
۲۲۲	۸-۲-۱- IMS بر روی پساب صنایع نساجی: هدف به صفر رساندن تخلیه
۲۲۴	۸-۲-۲- فرآیندهای غشایی ترکیب شده با نیرو محرکه‌ی فشاری برای تصفیه‌ی پساب شهری
۲۲۷	۸-۲-۳- فرآیندهای غشایی نیرو محرکه‌ی چند تابعی ترکیبی برای تصفیه‌ی پساب
۲۴۵	۸-۳- مفهوم استراتژیک در کنار هم قرار گرفتن فرآیندهای ترکیبی شامل PRO و RO و تصفیه‌ی پساب
۲۴۷	۸-۴- نتیجه‌گیری
۲۴۷	فهرست نشانه‌ها
۲۴۸	فهرست حروف یونانی
۲۴۹	منابع

۲۵۹	۹ راکتور غشایی: یک سیستم مجتمع غشاء+واکنش
۲۵۹	۹-۱- مقدمه
۲۶۰	۹-۲- اقتصاد هیدروژن
۲۶۱	۹-۲-۱- چرا راکتورهای غشایی؟
۲۶۴	۹-۳- راکتورهای غشایی
۲۶۵	۹-۳-۱- استفاده از راکتورهای غشایی
۲۶۶	۹-۴- غشاهای راکتورهای غشایی
۲۶۶	۹-۴-۱- غشاهای سرامیکی
۲۶۷	۹-۴-۲- غشاهای زئولیتی
۲۶۷	۹-۴-۳- غشاهای کربنی
۲۶۸	۹-۴-۴- غشاهای فلزی

۲۶۹	۹-۴-۵- غشاهای کامپوزیتی
۲۶۹	۹-۵- مکانیسم‌های انتقال جرم در غشاهای معدنی
۲۷۱	۹-۶- کاربرد راکتورهای غشایی معدنی
۲۷۱	۹-۶-۱- آخرین پیشرفت‌های تولید هیدروژن در MR از رفرمینگ منابع تجدید پذیر با بخار آب
۲۷۴	۹-۷- نتیجه‌گیری
۲۷۵	فهرست نشانه‌ها
۲۷۶	فهرست کلمات اختصاری
۲۷۶	منابع

۲۸۷	۱۰- استفاده از غشاهای واحد برای واحدهای نیروگاهی چرخه مجتمع گازی سازی
۲۸۷	۱۰-۱- مقدمه
۲۸۸	۱۰-۲- فناوری ICCG برای تولید توان
۲۹۱	۱۰-۳- کاربرد غشاهای واحد در نیروگاهی IGCC
۲۹۷	۱۰-۱-۱- غشاهای انتخاب‌گر هیدروژن
۳۰۵	۱۰-۳-۱- غشاهای انتخاب‌گر اکسیژن
۳۰۹	۱۰-۳-۳- غشاهای انتخاب‌گر دی‌اکسید کربن
۳۱۴	۱۰-۴- نتیجه‌گیری و تلاش‌های آینده
۳۱۵	کلمات اختصاری
۳۱۶	منابع

۳۱۹	۱۱- تجمیع راکتور غشایی با پیل سوختی
۳۱۹	۱۱-۱- مقدمه
۳۲۰	۱۱-۲- اصول پیل‌های سوختی
۳۲۲	۱۱-۲-۱- مکانیسم واکنش
۳۲۴	۱۱-۲-۲- اصول الکتروشیمیایی پیل‌های سوختی
۳۲۶	۱۱-۳- انواع مختلف پیل‌های سوختی
۳۲۶	۱۱-۳-۱- روش‌های دسته‌بندی
۳۲۸	۱۱-۳-۲- انواع پیل سوختی
۳۳۰	۱۱-۴- آلودگی پیل‌های سوختی با الکترولیت پلیمری
۳۳۰	۱۱-۴-۱- جریان گاز آند
۳۳۲	۱۱-۴-۲- جریان گاز کاتد
۳۳۴	۱۱-۵- روش‌های جلوگیری از مسمومیت
۳۳۴	۱۱-۵-۱- افزایش تحمل پیل سوختی در مقابل آلودگی
۳۳۵	۱۱-۵-۲- جلوگیری از آلودگی
۳۳۷	۱۱-۶- نتیجه‌گیری
۳۳۷	فهرست مخفف‌ها

راکتور غشایی خورشیدی

۱۲

۱-۱۲- مقدمه

۲-۱۲- پیکربندی سیستم های راکتور غشایی خورشیدی

۱-۲-۱۲- راکتورهای غشایی خورشیدی برای تصفیه ی آب و پساب

۲-۲-۱۲- راکتورهای غشایی خورشیدی برای تولید هیدروژن

۳-۱۲- کاربرد راکتور غشایی خورشیدی از نقطه نظر مدل سازی

۱-۳-۱۲- مقالات تجزیه ی آب

۲-۳-۱۲- مقالات رفرمینگ با بخار آب

۴-۱۲- کاربرد راکتور غشایی خورشیدی از نقطه نظر تجربی

۱-۴-۱- مروری بر مقالات تجزیه ی آب

۲-۴-۲- مروری بر مقالات الکترولیز آب

۳-۴-۱۲- مروری بر مقالات رفرمینگ با بخار آب

۵-۱۲- چالش های اصلی

۶-۱۲- نتیجه گیری و چشم انداز ای آینده

فهرست کلمات اختصاری

منابع

سیستم ها و فرآیندهای مجتمع غشایی و جذب سطحی

۱۳

۱-۱۳- مقدمه

۲-۱۳- جذب سطحی به عنوان پیش تصفیه برای فرآیندهای غشایی

۳-۱۳- سیستم های مجتمع جذب سطحی و غشایی

۱-۳-۱۳- سیستم های مجتمع جذب سطحی غشاهای با نیروی محرکه فشاری کم

۲-۳-۱۳- بیوراکتورهای غشاء-جذب سطحی

۳-۳-۱۳- شرایط عملیاتی بیوراکتورهای غشایی-جذب سطحی (MABR)

۴-۳-۱۳- کاربردهای بیوراکتورهای غشایی-جذب سطحی (MABR)

۴-۱۳- جاذب های غشایی

۱-۴-۱۳- غشاهای جاذب پروتئین

۲-۴-۱۳- غشاهای جاذب فلز

۳-۴-۱۳- غشاهای جاذب نقش نگاری شده

۴-۴-۱۳- غشاهای جاذب لایه نازک

۵-۴-۱۳- جنبه های مدل سازی

۵-۱۳- جذب سطحی به عنوان پسا تصفیه برای فرآیندهای غشایی

منابع