

آب

(روش های مختلف تصفیه ی آب های شور و پسابها)

جلد اول

دکتر علی اکبر رحمانی

عضویت علمی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

سرشناسه	رحمانی، علی اکبر، ۱۳۳۱ -
عنوان و نام پدیدآور	آب : (روش های مختلف تصفیه ی آب های شور و پساب ها) / علی اکبر رحمانی.
مشخصات نشر	قزوین: آلا ی اندیشه، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	۲ ج.: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نقشه، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۸۰۱۸-۰۵-۶ : دوره؛ ۹۷۸-۶۰۰-۸۰۱۸-۰۶-۳ : ریال؛ ۴۳۰۰۰۰ : ج. ۱ : ۹۷۸-۶۰۰-۸۰۱۸-۱۰-۰ : ج. ۲ : ۹۷۸-۶۰۰-۸۰۱۸-۰۵-۶
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	کتابنامه.
یادداشت	واژه نامه.
یادداشت	نمایه.
عنوان دیگر	روش های مختلف تصفیه ی آب های شور و پساب ها
موضوع	آب های شور -- نمک زدایی
موضوع	آب -- تصفیه
موضوع	آب -- تصفیه -- فرایند اسمز معکوس
موضوع	آب -- تصفیه -- پالایش غشا
موضوع	جزئی دستگاه
رده بندی کنگره	۳۱۲ : ۴۷۹ : TD۴۷۹
رده بندی دیویی	۶۲۸/۱۶۷
شماره کتابشناسی ملی	۴۱۸۷۶۶۱

عنوان کتاب: آب (روشهای مختلف تصفیه ی آبهای شور و پسابها)

مؤلف: علی اکبر رحمانی

ناشر: آلا ی اندیشه

تایپ و صفحه آرایی: مهندس رامین رحمانی

ویراستار: شهره کریمی

لیتو گرافی چاپ و صحافی: افق بی پایان

طراح جلد: مهندس کامیل رحمانی

شمارگان: ۵۰۰

نوبت چاپ: اول- زمستان ۱۳۹۴

قیمت: ۴۳۰۰۰۰ ریال

شابک: دوره: ۹۷۸-۶۰۰-۸۰۱۸-۰۶-۳

ج ۱: ۹۷۸-۶۰۰-۸۰۱۸-۱۰-۰ ج ۲: ۹۷۸-۶۰۰-۸۰۱۸-۰۵-۶

نشانی: قزوین- ملا صدرا- اندیشه ۴- پلاک ۲۰

مرکز پخش: انتشارات دانش نگار، میدان انقلاب، خیابان اردیبهشت، نبش وحید نظری، ۶۶۴۰۰۱۴۴

پیشگفتار

فرایندهای نمک‌زدایی، نمک‌های حل‌شده و کانی‌های دیگر را از آب جدا می‌کنند. منابع آب تغذیه، ممکن است شامل آب لب‌شور، آب دریا، چاه‌ها، سطحی (رودخانه‌ها و رودها)، فاضلاب و آب‌های خوراک صنعتی و فرایند، گردد. جداسازی غشایی، جهت غلبه بر فشارهای آسمزی طبیعی و عبور مؤثر آب از درون فرایندهای غشایی، به نیروهای رانش نیاز دارد که، شامل فشار (اعمال‌شده و بخار)، پتانسیل الکتریکی و غلظت می‌باشد. با این تعریف، فناوری، به انرژی احتیاج دارد و جهت بهبود بازدهی و کاهش مصرف انرژی، پژوهش به طور پیوسته صورت می‌گیرد.

نمک‌زدایی آب دریا، توانایی تولید آب قابل شرب کافی را برای جمعیت‌های بزرگی که در نزدیکی ساحل ساکن هستند، دارد.

آسمز معکوس (RO) (reverse osmosis) و نانوفیلتراسیون (NF) (nanofiltration)، فرایندهای غشایی هستند که تحت فشار عملیات می‌کنند. آرایش‌های غشاهای شامل ماریجی دورانی، الیاف توخالی و ورق موج‌دار می‌شوند، که کمتر از همه مورد استفاده قرار می‌گیرند. غشاهای امروزی، عمدتاً از مواد بسیاری هستند ولی استات-آکریل‌ها، در حال حاضر، در دسترس قرار می‌گیرد. فشارهای عملیاتی برای RO و NF، به ترتیب در محدوده‌ی ۵۰ تا ۱۰۰۰ psi (۳۴۵ تا ۶۸۹۶ kPa) می‌باشند.

فرایندهای الکترودیالیز (ED) (electrodialysis) و الکترودیالیز معکوس (EDR) (electrodialysis reversal)، با جریان مستقیم (DC) عمل می‌کنند که در آنها، یون‌ها (برخلاف آب در فرایندهای فشارراند) از درون غشاهای نیمه‌پرمی به الکترودهای با بار مخالف جریان می‌یابند. در سامانه‌های EDR، قطبیت الکترودها به طور دوره‌ای معکوس می‌شود. غشاهای انتقال یون آنیونی و کاتیونی، یون‌ها را در آب تغذیه جدا می‌کنند. این سامانه‌ها، مدتاً در آب‌های با کل جامدهای حل‌شده‌ی پایین، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

آسمز معکوس، فرایند نمک‌زدایی تجاری نسبتاً جدیدی است که در آن، گرادیان غلظت نمک (فشار آسمزی)، نیروی رانش از درون غشای مصنوعی می‌باشد. خوراک (مانند آب دریا) در یک سمت غشای نیمه‌تراوا قرار دارد که فشار آسمزی بیشتر، در سمت دیگر، محلول را مکش می‌کند. بدون اعمال فشار خارجی، آب خوراک به طور طبیعی از درون غشا عبور کرده و به محلول مکش‌شده می‌پیوندد. آنگاه، محلول رقیق برای جداسازی محصول از محلول مکش‌شده، فرایند می‌گردد.

تقطیر غشایی، نوعی فرایند غشایی نمک‌زدایی آب است که در حال حاضر به صورت محدودی کاربرد تجاری پیدا کرده است. تقطیر غشایی، فرایندی متشکل از آسمز معکوس و تقطیر است که در آن یک غشای مصنوعی آب‌گریز جریان بخار آب از درون منافذ غشا را ممکن می‌سازد ولی مانع از عبور خود محلول می‌شود. نیروی رانش برای تقطیر غشایی، اختلاف فشار بخار مایع در سرتاسر غشا می‌باشد.

کتاب حاضر، مشتمل بر ۲۱ فصل است، که هر فصل ویژگی خاص خود را دارد. علاقمندان، پس از مطالعه‌ی کتاب، خواهند توانست تصویر کاملی از تصفیه‌ی آب‌های مختلف را داشته باشند.

الحمد لله رب العالمين

خرداد ۱۳۹۴

www.ketab.ir

فهرست مطالب

جلد اول

فصل ۱. مقدمه ۱

۱-۱. منابع و ضرورت نمک‌زدایی آب ۱

۲-۱. ترکیب آب دریا ۵

۳-۱. تعریف و طبقه‌بندی فرایندهای نمک‌زدایی صنعتی ۹

۴-۱. وضعیت تجاری فرایندهای نمک‌زدایی ۱۳

فصل ۲. تبخیر تک‌مرحله‌ای ۱۶

۱-۲. تبخیر تک‌مرحله‌ای ۱۶

۱-۱-۲. تولید فرايند ۱۶

۲-۱-۲. مدلسازی فرايند ۱۹

۳-۱-۲. عملکرد سامانه ۲۶

۲-۲. تبخیرکننده‌ها ۳۸

۱-۲-۲. تبخیرکننده‌های غرق‌شده ۳۹

۲-۲-۲. تبخیرکننده‌های فیلم ریزشی ۴۰

۳-۲-۲. تبخیرکننده‌های صفحه‌ای ۴۲

فصل ۳. تبخیر - تراکم بخار تک‌مرحله‌ای ۴۵

۱-۳. تراکم بخار گرمایی تک‌مرحله‌ای ۴۵

۱-۱-۳. توضیح فرايند ۴۵

۲-۱-۳. مدلسازی فرايند ۴۹

۳-۱-۳. عملکرد سامانه ۵۶

۲-۳. تراکم مکانیکی بخار تک‌مرحله‌ای ۷۴

۱-۲-۳. توضیح فرايند ۷۶

۲-۲-۳. مدلسازی فرايند ۷۹

۳-۲-۳. عملکرد سامانه	۹۶
۴-۲-۳. داده‌ها و عملیات صنعتی	۱۰۰
۳-۳. تراکم بخار جذب تک‌مرحله‌ای	۱۰۳
۳-۳-۱. توضیح فرایند	۱۰۴
۳-۳-۲. مدلسازی فرایند	۱۰۶
۳-۳-۳. عملکرد سامانه	۱۱۶
۴-۳. تراکم بخار جذب تک‌مرحله‌ای	۱۲۲
۴-۳-۱. توضیح فرایند	۱۲۳
۴-۳-۲. مدلسازی فرایند	۱۲۵
۴-۳-۳. عملکرد سامانه	۱۳۴
فصل ۴. تبخیر چندمرحله‌ای	۱۴۲
۴-۱. مراحل پیشرفت در تبخیر چندمرحله‌ای	۱۴۲
۴-۲. تبخیر چندمرحله‌ای خوراک رو به جلو	۱۴۶
۴-۲-۱. توضیح فرایند	۱۴۶
۴-۲-۲. مدلسازی فرایند	۱۵۰
۴-۲-۳. عملکرد سامانه	۱۷۴
۴-۳. تبخیر چندمرحله‌ای با خوراک موازی	۱۸۱
۴-۳-۱. توضیح فرایند	۱۸۱
۴-۳-۲. مدلسازی فرایند	۱۸۵
۴-۳-۳. عملکرد سامانه	۱۹۱
۴-۳-۴. داده‌ها و عملیات صنعتی	۱۹۹
فصل ۵. تبخیر چندمرحله‌ای-تراکم بخار	۲۰۱
۵-۱. تبخیر چندمرحله‌ای خوراک موازی با تراکم بخار به صورت گرمایی و مکانیکی	۲۰۱
۵-۱-۱. توضیح فرایند	۲۰۴

۲۰۷	۲-۱-۵. مدل سازی فرایند
۲۲۰	۳-۱-۵. عملکرد سامانه
۲۲۵	۴-۱-۵. مقایسه با داده های صنعتی
۲۲۸	۲-۵. تبخیر چندمرحله ای خوراک رو به جلو با تراکم گرمایی بخار
۲۳۰	۱-۲-۵. مدل سازی فرایند
۲۳۴	۲-۲-۵. مطالعه ی موردی
۲۴۱	۳-۲-۵. عملکرد سامانه
۲۴۴	۲-۵. مقایسه ی MEE و MEE-TVC
۲۴۷	۳-۵. تبخیر چندمرحله ای خوراک رو به جلو با تراکم مکانیکی بخار
۲۴۸	۱-۳-۵. مدل سامانه
۲۴۸	۲-۳-۵. عملکرد سامانه
۲۴۹	۴-۵. تبخیر چندمرحله ای خوراک رو به جلو با تراکم جذبی بخار
۲۵۲	۵-۵. تبخیر چندمرحله ای خوراک رو به جلو با جذب بخار متراکم
۲۵۶	فصل ۶. نمک زدایی آبی چندمرحله ای (MSF)
۲۵۶	۱-۶. توسعه های MSF
۲۵۹	۲-۶. مرحله ی تبخیر آبی MSF
۲۶۱	۱-۲-۶. لوله های چگالنده/بیش گرمکن
۲۶۲	۲-۲-۶. مواد سازنده ی لوله ها
۲۶۲	۳-۲-۶. آرایش لوله
۲۶۵	۴-۲-۶. ویژگی های واحدهای چرخش شوراب MSF
۲۶۵	۳-۶. ساخت فرایند MSF
۲۶۸	۱-۳-۶. اجزای تحلیل ریاضی
۲۶۹	۲-۳-۶. تبخیر آبی تکمرحله ای (SSF)
۲۷۶	۳-۳-۶. MSF یکبار گذر (OT)

۲۸۱	MSF ۴-۳-۶ آمیزنده‌ی شوراب
۲۸۷	MSF ۵-۳-۶ با باز چرخش شوراب و بخش دفع گرما
۲۸۹	MSF ۶-۳-۶ رایج
۲۹۳	۷-۳-۶ تأثیرات متغیرهای عملیاتی
۳۰۵	MSF ۴-۶ یکبار گذر (MSF-OT)
۳۰۶	۱-۴-۶ توضیح فرایند
۳۰۹	۲-۴-۶ مدل ریاضی
۳۱۸	۳-۴-۶ مطالعاتی موردی
۳۲۸	MSF ۵-۶ با چرخش شوراب
۳۲۹	۱-۵-۶ توضیح فرایند
۳۳۲	۲-۵-۶ مدل ریاضی
۳۵۷	۳-۵-۶ عملکرد سامانه
۳۶۸	MSF ۶-۶ با تراکم گرمایی بخار (MSF-TVC)
۳۶۹	۱-۶-۶ توضیح فرایند
۳۷۵	۲-۶-۶ مدل ریاضی و دستورالعمل حل
۳۷۵	۳-۶-۶ عملکرد سامانه
۳۸۰	MSF ۷-۶ با آمیختگی شوراب
۳۸۰	۱-۷-۶ توضیح فرایند
۳۸۴	۲-۷-۶ مدل ریاضی
۳۸۵	۳-۷-۶ عملکرد سامانه
۳۸۶	۴-۷-۶ اصلاح واحدهای MSF موجود
۳۹۱	فصل ۷. آسمز معکوس
۳۹۱	۱-۷-۱ زمینه‌ی قبلی
۳۹۳	۲-۷-۲ عناصر جداسازی به وسیله‌ی غشا

۳۹۵	۳-۷. پارامترهای عملکرد
۳۹۵	۳-۷. ۱. فشار آسمزی و عملیاتی
۳۹۶	۳-۷. ۲. دفع نمک
۳۹۶	۳-۷. ۳. بازیافت تراویده
۳۹۶	۴-۷. غشاهای آسمز معکوس
۳۹۷	۴-۷. ۱. غشاهای استات سلولز (CA)
۳۹۷	۴-۷. ۲. غشاهای پلی آمید کامپوزیتی
۳۹۸	۵-۷. ۵. رله‌ها، غشاها
۳۹۸	۷-۷. ۱. الیاف ظرف توخالی
۴۰۰	۷-۷. ۲. غذاهای با رایش مارپیچی
۴۰۱	۷-۶. سامانه‌های آسمز معکوس
۴۰۴	۷-۷. مدل RO و متغیرهای سامانه
۴۰۵	۷-۷. ۱. موازنه‌های جرم و نمک
۴۰۵	۷-۷. ۲. انتقال آب
۴۰۶	۷-۷. ۳. انتقال نمک
۴۰۷	۷-۷. ۴. مدل‌های نیمه تجربی
۴۰۹	۷-۷. ۵. قطبش غلظتی
۴۱۰	۷-۸. مطالعات موردی
۴۲۰	۸. فصل الکترو دیالیز معکوس
۴۲۰	۸-۱. مقدمه
۴۲۱	۸-۲. اصول
۴۲۳	۸-۳. غشاها برای RED
۴۳۱	۸-۴. طراحی فرایند و انباشت
۴۳۴	۸-۵. آزمایش در مقیاس نیمه صنعتی و افزایش مقیاس

فهرست مطالب

جلد دوم

فصل ۹. کاربرد انرژی باد و امواج در آسمز معکوس	۴۳۸
۹-۱. فناوری پیشرفته‌ی انرژی باد	۴۳۸
۹-۱-۱. تم غیج فناوری	۴۳۸
۹-۱-۲. کاربردهای تجاری و اقتصاد	۴۴۱
۹-۱-۳. بازار فعلی	۴۴۳
۹-۲. فناوری پیشرفته‌ی انرژی موج	۴۴۳
۹-۲-۱. توضیح فناوری	۴۴۳
۹-۲-۲. کاربردهای تجاری و اقتصاد	۴۵۲
۹-۳. ترکیبی از فناوریهای بادآسمز معکوس	۴۵۳
۹-۳-۱. توضیح فناوریهای بادآسمز معکوس	۴۵۴
۹-۳-۲. کاربردهای بادآسمز معکوس	۴۵۶
۹-۴. ترکیب فناوریهای آسمز معکوس و انرژی موج	۴۵۷
۹-۴-۱. توضیح فناوری موج آسمز معکوس	۴۵۷
۹-۴-۲. کاربردهای موج آسمز معکوس	۴۵۸
فصل ۱۰. فرایندهای غشاهای تبادل یونی در تصفیه‌ی آب	۴۶۲
۱۰-۱. مقدمه	۴۶۲
۱۰-۱-۱. تعریف عبارات و توضیح فرایندهای الکتروغشا	۴۶۲
۱۰-۱-۲. اصول فرایندهای غشاهای تبادل یونی	۴۶۳
۱۰-۲. حمل یونها در غشاها و محلولها	۴۷۱
۱۰-۲-۱. جریان الکتریکی در محلولهای الکترولیتی و قانون اهم	۴۷۲

۴۷۳	۱۰-۲-۲. انتقال جرم در غشاهای تبادل یونی و محلولهای الکترولیتی
۴۷۸	۱۰-۳-۱. غشاهای تبادل یونی، خواص و آماده‌سازی آنها
۴۷۹	۱۰-۳-۱. آماده‌سازی غشاهای تبادل یونی
۴۸۴	۱۰-۴-۱. طراحی فرایندهای جداسازی به وسیله‌ی غشاهای تبادل یونی
۴۸۴	۱۰-۴-۱. فرایند الکترودیالیز و طراحی سامانه
۴۹۵	۱۰-۴-۲. الکترودیالیز با استفاده از غشاهای دوقطبی
۵۰۰	۱۰-۴-۳. یون‌زدایی برقی پیوسته
۵۰۳	۱۰-۴-۴. فرایندهای جداسازی الکتروغشایی دیگر
۵۰۳	۱۰-۵-۱. کاربرد فرایندهای جداسازی به وسیله‌ی غشای تبادل یونی
۵۰۳	۱۰-۵-۱. کاربردهای الکترودیالیز
۵۰۷	۱۰-۵-۲. کاربردهای غشاهای دوقطبی در الکترودیالیز
۵۱۱	۱۰-۵-۳. کاربردهای دیالیز پخش
۵۱۱	۱۰-۵-۴. کاربردهای یون‌زدایی برقی پیوسته
۵۱۴	۱۱. غشاها در نمک‌زدایی
۵۱۴	۱۱-۱. فناوری نمک‌زدایی غشایی
۵۱۵	۱۱-۲. مواد و مدولهای غشاها
۵۱۵	۱۱-۲-۱. فنون آماده‌سازی
۵۱۸	۱۱-۲-۲. مواد سازنده‌ی غشاها
۵۲۱	۱۱-۲-۳. مدولهای غشاها
۵۲۴	۱۱-۳-۱. فرایندهای غشایی فشارراند
۵۲۷	۱۱-۳-۱. UF و MF
۵۲۸	۱۱-۳-۲. NF
۵۲۹	۱۱-۳-۳. اسمز معکوس (RO)
۵۳۰	۱۱-۳-۴. قطبش غلظتی

۵۳۳	۴-۱۱. الکترو دیالیز
۵۳۴	۵-۱۱. تماس دهنده‌های غشایی
۵۳۵	۶-۱۱. آلوده‌شدن
۵۴۰	۷-۱۱. تمیز کردن
۵۴۲	۸-۱۱. پیش تصفیه‌ی واحدهای نمزدایی غشا
۵۴۲	۱۱-۸-۱. پیش تصفیه‌ی رایج

فصل ۱۲. ریزآلاینده‌ها در بازگردانی آب: مطالعه‌ی موردی قرارگرفتن در معرض N-نیتروزو

۵۵۱	دی‌متیل آمین (NDMA) از آب در مقابل مواد غذایی
۵۵۱	۱-۱۲. مقدمه
۵۵۲	۲-۱۲. ویژگی‌ها، تشکیل منابع NDMA
۵۵۲	۱-۲-۱۲. خواص شیمیایی و فیزیکی NDMA
۵۵۲	۲-۲-۱۲. مسیرهای تشکیل NDMA
۵۵۵	۲-۳-۱۲. پیش‌ماده‌ها، وقوع و سرانجام NDMA در تجهیزات آب آشامیدنی و پساب
۵۵۶	۴-۲-۱۲. منشأ وقوع NDMA در مواد غذایی، نوشابه‌ها، دود سیگار
۵۵۸	۳-۱۲. قرارگرفتن انسان در معرض NDMA
۵۵۸	۱-۳-۱۲. دریافت NDMA از طریق آب
۵۵۹	۲-۳-۱۲. قرارگرفتن در معرض NDMA از طریق مواد غذایی، نوشابه‌ها و استعمال سیگار
۵۶۱	۳-۳-۱۲. قرارگرفتن در معرض NDMA از طریق منابع دیگر
۵۶۲	۴-۳-۱۲. مقایسه‌ی جذب NDMA از منابع مختلف
۵۶۲	۴-۱۲. کنترل NDMA در آب
۵۶۳	۱-۴-۱۲. به حداقل رساندن تشکیل NDMA
۵۶۳	۲-۴-۱۲. پالایش غشایی
۵۶۶	۳-۴-۱۲. تصفیه به وسیله‌ی نور فرابنفش (UV)

فصل ۱۳. فناوریهای پیشرفته‌ی اکسایش بر پایه‌ی TiO_2 جهت تصفیه و استفاده‌ی مجدد آب

۵۷۴	۱-۱۳. نقش فتاوربهای پیشرفته‌ی اکسایش برای تصفیه‌ی ابتکاری آب
۵۷۶	۲-۱۳. فرایندهای نورکاتالیزوری TiO_2 : شیمی و مهندسی سبز
۵۷۶	۳-۱۳. سازوکار نورکاتالیزوری TiO_2
۵۷۷	۱-۳-۱۳. تولید گونه‌های حامل بار و بازترکیب آنها
۵۷۸	۲-۳-۱۳. جذب مواد شیمیایی به TiO_2 به وسیله‌ی مسیرهای رداکس آنها
۵۷۹	۳-۳-۱۳. حمله‌ی رادیکال بر روی مواد آلی
۵۸۰	۴-۳-۱۳. نورکاتالیزوری و نورکافت
۵۸۰	۵-۱۳. پارامترهای تأثیرگذار بر سینتیک واکنش
۵۸۲	۴-۱۳. تصفیه و خالص‌سازی نورکاتالیزوری آب و پساب
۵۸۵	۵-۱۳. کاربرد ای نورکاتالیزوری TiO_2
۵۸۶	۶-۱۳. چالش‌ها و نتایج در نورکاتالیزوری برای تصفیه‌ی آب
۵۸۶	۱-۶-۱۳. تقویت فعالیت کاتالیزوری
۵۸۶	۲-۶-۱۳. طراحی واکنشگر و غیرفعال‌سازی TiO_2
۵۸۸	۳-۶-۱۳. غشاهای نورکاتالیزوری TiO_2
۵۸۹	۴-۶-۱۳. نورکاتالیزوری TiO_2 بر پایه‌ی انرژی خورشیدی پایدار
۵۹۰	۵-۶-۱۳. غیرفعال‌سازی و آلودگی کاتالیزور TiO_2
۵۹۰	۷-۱۳. پیشرفت‌های فعلی در نورکاتالیزوری TiO_2
۵۹۰	۱-۷-۱۳. نانوفتوری زیست‌محیطی/نانوفتاوربهای پیشرفته‌ی اکسایش
۵۹۲	۲-۷-۱۳. تولید همزمان رادیکالهای هیدروکسیل و رادیکالهای سولفات
۵۹۳	۸-۱۳. جنبه‌ی اقتصادی نورکاتالیزوری TiO_2

فصل ۱۴. زیست‌واکنشگرهای غشایی: نظریه و کاربردها جهت استفاده‌ی مجدد تصفیه‌ی پساب

۵۹۸	۱-۱۴. مقدمه
۵۹۸	۲-۱۴. اصول زیست‌واکنشگر غشایی
۶۰۰	۱-۲-۱۴. جزء زیست‌واکنشگر MBRها

۶۰۳	۱۴-۲. جزء غشای MBR ها
۶۱۲	۱۴-۳. حذف آلاینده
۶۲۰	فصل ۱۵. نمک‌زدایی به کمک انرژی هسته‌ای
۶۲۰	۱۵-۱. چرا نمک‌زدایی به کمک انرژی هسته‌ای؟
۶۲۱	۱۵-۲. اثر زیست‌محیطی فرایندهای نمک‌زدایی
۶۲۳	۱۵-۳. سامانه‌های نمک‌زدایی هسته‌ای
۶۲۵	۱۵-۴. ایمنی سامانه‌های نمک‌زدایی با استفاده از انرژی هسته‌ای
۶۲۶	۱۵-۴. گدازها و حوادثی که به وسیله اتصالات القا می‌شوند
۶۲۷	۱۵-۴-۲. کیفیت و پایش آب حصول
۶۲۸	۱۵-۵. اقتصاد نمک‌زدایی هسته‌ای
۶۲۹	۱۵-۵-۱. ابزار IAEA برای ارزیابی اقتصادی سامانه‌های نمک‌زدایی
۶۳۰	۱۵-۵-۲. تخمین‌های هزینه‌ی واحدهای نمک‌زدایی به وسیله انرژی سنگواره‌ای و هسته‌ای
۶۳۱	۱۵-۶. کاهش هزینه‌ی آبی در نمک‌زدایی با استفاده از انرژی هسته‌ای
۶۳۲	۱۵-۶-۱. پیش‌گرم کردن خوراک آسمز معکوس
	۱۵-۶-۲. گرمای پسماند از مدارهای معتدل‌کننده واکسگرهای آب سنگین تحت فشار
۶۳۳	(PHWRs)
	۱۵-۶-۳. گرمای پسماند از واکسگرهای با دمای بالا که به وسیله یخ سرد می‌شوند (HTGRs)
۶۳۴	
۶۳۵	۱۵-۶-۴. واحدهای هیبرید
۶۳۷	فصل ۱۶. فرایندهای نمک‌زدایی با استفاده از فناوریهای انرژی خورشیدی
۶۳۷	۱۶-۱. مقدمه
۶۳۸	۱۶-۲. سامانه‌های نمک‌زدایی خورشیدی مستقیم
۶۳۸	۱۶-۲-۱. تاریخچه
۶۳۸	۱۶-۲-۲. طراحی‌های مختلف دستگاههای تقطیر خورشیدی
۶۴۱	۱۶-۲-۳. ترکیب دستگاه تقطیر خورشیدی و گلخانه‌ای

۶۴۵	۴-۲-۱۶. تولید و بازدهی یک دستگاه تقطیر خورشیدی
۶۴۷	۵-۲-۱۶. محدودیتها و چشم انداز
۶۴۸	۶-۲-۱۶. تحلیل زیست محیطی
۶۴۹	۷-۲-۱۶. پژوهش و توصیه ها
۶۵۰	۳-۱۶. وسایل تبدیل تابش خورشیدی به انرژی گرمایی، که برای نمک زدایی مناسب باشند
۶۵۲	۱-۳-۱۶. حوضچه های خورشیدی با گرادیان نمک (SGSP)
۶۵۴	۲-۳-۱۶. جمع آوری کننده ها با صفحات صاف (FPC)
۶۵۷	۳-۱۶. جمع آوری کننده ها با لوله ی خلا (ETC)
۶۶۰	۴-۱۶. جمع آوری کننده ها با ناو هی هذلولی (PTC)
۶۶۱	۴-۱۶. آرایشها، کمک واحدها برای نمک زدایی آب دریا به کمک گرمای خورشید
۶۶۲	۱-۴-۱۶. تحلیل کرد احد نمک زدایی به وسیله ی گرمای خورشیدی با پتانسیل بالا: واحد نمک-زدایی خورشیدی ابوظبی
۶۶۹	۲-۴-۱۶. ویژگی های طراحی و محدودیتها
۶۷۲	فصل ۱۷. تقطیر غشایی به جای نمک زدایی خورشیدی
۶۷۲	۱-۱۷. فرایند تقطیر غشایی
۶۷۴	۲-۱۷. انتقال جرم و گرما در تقطیر غشایی
۶۷۵	۱-۲-۱۷. انتقال جرم
۶۷۸	۲-۲-۱۷. انتقال گرما
۶۷۹	۳-۲-۱۷. قطبش دما
۶۸۰	۴-۲-۱۷. تأثیر غلظت نمک بر عملکرد MD
۶۸۱	۳-۱۷. انواع مختلف فتاوری های تقطیر غشایی
۶۸۱	۱-۳-۱۷. تقطیر غشایی با نماس مستقیم (DCMD)
۶۸۲	۲-۳-۱۷. MD با فاصله ی هوا (AGMD)
۶۸۲	۳-۳-۱۷. MD با گاز رویشی (SGMD)
۶۸۳	۴-۳-۱۷. MD به کمک خلا (VMD)

۶۸۴	۴-۱۷. سامانه‌های تقطیر غشایی
۶۸۴	۱-۴-۱۷. مرور مختصر سامانه‌های تقطیر غشایی
۶۸۴	۲-۴-۱۷. ملاحظات طراحی اولیه‌ی سامانه‌های تقطیر غشایی خورشیدی
۶۸۶	۵-۱۷. مثال‌هایی از نمونه‌ی اصلی واحدهای MD خورشیدی
۶۸۷	۱-۵-۱۷. سامانه‌های کوچک MD خورشیدی
۶۹۰	۲-۵-۱۷. سامانه‌های دو حلقه‌ای MD خورشیدی
۶۹۳	فصل ۱۸. نمک‌زدایی آب در خشکی (سطح زمین) و چاره‌کاری کنسانتره
۶۹۳	۱-۱۸. مقدمه
۶۹۳	۲-۱۸. زمینه
۶۹۵	۳-۱۸. تولید کنسانتره
۶۹۸	۴-۱۸. فناوری‌های تصفیه‌ی کنسانتره: سمز معکوس
۶۹۸	۱-۴-۱۸. کنترل کاتیون از طریق کاتیون‌رانی شیمیایی میانی (ICD)
۷۰۰	۲-۴-۱۸. کنترل آنیون از طریق کاهش سولفات: شناختی
۷۰۵	۳-۴-۱۸. جداسازی فیزیکی بر اساس بار
۷۱۱	۴-۴-۱۸. فرایندهای گرمایی
۷۱۵	۵-۴-۱۸. فناوری‌های دیگر
۷۲۴	فصل ۱۹. نمک‌زدایی در خشکی (تجربه‌های فعلی، موضوعات زیست‌محیطی)
۷۲۴	۱-۱۹. مقدمه
۷۲۵	۲-۱۹. راهکارهای دفع شوراب: ZLD و متبلورکننده‌های بستر سیال
۷۲۹	۳-۱۹. کاربردهای مفید محصولات جانبی شوراب
۷۳۰	۴-۱۹. تخلیه‌ی بدون آب با مطالعه‌ی دستگاه متبلورکننده‌ی بستر سیال
۷۳۲	۵-۱۹. نتایج آزمایش
۷۳۴	۶-۱۹. هزینه‌ها و الزامات انرژی برای تصفیه
۷۴۰	فصل ۲۰. سامانه‌های تصفیه‌ی آب به کمک انرژیهای تجدیدپذیر

۷۴۰	۱-۲۰. مقدمه
۷۴۱	۱-۱-۲۰. انرژی خورشیدی
۷۴۱	۲-۱-۲۰. انرژی باد
۷۴۱	۳-۱-۲۰. انرژی موج
۷۴۱	۴-۱-۲۰. انرژی کشندی
۷۴۲	۵-۱-۲۰. انرژی هیدروالکتریکی در مقیاس کوچک
۷۴۲	۶-۱-۲۰. انرژی زمین گرمایی
۷۴۲	۲-۲۰. تجدیدپذیر در دنیای امروز
۷۴۷	۳-۲۰. فناوری‌های تصفیه‌ی آب با استفاده از انرژی تجدیدپذیر
۷۴۹	۴-۲۰. هم‌افزایی بین جمع انرژی تجدیدپذیر و عرضه‌ی آب
۷۵۲	۵-۲۰. واحدهای پالایشگاهی در مقیاس کوچک با استفاده از انرژی تجدیدپذیر
۷۵۹	فصل ۲۱. تحلیل اقتصادی فرآیندهای تصفیه‌ی آب
۷۵۹	۱-۲۱. عوامل تأثیرگذار بر هزینه‌ی تولید
۷۵۹	۲-۲۱. عناصر محاسبات اقتصادی
۷۶۰	۱-۲-۲۱. هزینه‌ی سرمایه‌گذاری مستقیم
۷۶۲	۲-۲-۲۱. هزینه‌ی سرمایه‌گذاری غیرمستقیم
۷۶۳	۳-۲-۲۱. هزینه‌ی عملیاتی
۷۶۵	۳-۲۱. برآورد هزینه
۷۷۰	۴-۲۱. مطالعات موردی
۷۷۰	۱-۴-۲۱. هزینه‌ی محصول MSF
۷۷۲	۲-۴-۲۱. هزینه‌ی محصول (MEE)
۷۷۴	۳-۴-۲۱. هزینه‌ی محصول MVC
۷۷۶	۴-۴-۲۱. هزینه‌ی محصول RO
۷۸۳	ضمیمه‌ی A: خواص ترمودینامیکی

۷۸۳	۱-A. چگالی آب دریا
۷۸۴	۲-A. گرمای ویژه‌ی آب دریا در فشار ثابت
۷۸۶	۳-A. گرانشی دینامیکی آب دریا
۷۸۷	۴-A. رسانندگی گرمایی آب دریا
۷۸۹	۵-A. آنتالپی آب مایع اشباع شده
۷۹۰	۶-A. آنتالپی بخار اشباع شده
۷۹۲	۷-A. گرمای نهان تبخیر آب
۷۹۴	۸-A. آنتروپی آب مایع اشباع شده
۷۹۶	۹-A. آنتروپی آب مایع اشباع شده
۷۹۸	۱۰-A. فشار اشباع شده بخار آب
۸۰۰	۱۱-A. دمای اشباع شدن بخار آب
۸۰۲	۱۲-A. حجم ویژه‌ی بخار آب اشباع شده
۸۰۴	۱۳-A. حجم ویژه‌ی بخار آب اشباع شده
۸۰۶	۱۴-A. گرانشی دینامیکی آب مایع اشباع شده
۸۰۸	۱۵-A. گرانشی دینامیکی بخار آب اشباع شده
۸۰۹	۱۶-A. کشش سطحی آب مایع اشباع شده
۸۱۱	۱۷-A. آنتالپی محلول LiBr آب
۸۱۳	۱۸-A. دمای جوش محلول آب LiBr
۸۱۵	ضمیمه‌ی B: افت‌های ترمودینامیکی
۸۱۵	۱-B. افزایش نقطه‌ی جوش
۸۱۶	۲-B. خطای مجاز غیرتعادلی در MEE
۸۱۸	۳-B. خطای مجاز غیرتعادلی در MSF
۸۱۹	۴-B. افت فشار مه‌زدا
۸۲۰	۵-B. افت فشار در لوله‌های متصل کننده

۸۲۲ ۶-B افت فشار ثقلی

۸۲۴ ۷-B افت فشار شتاب

۸۲۷ ضمیمه‌ی C: ضرایب انتقال گرما

۸۲۷ ۱-C فیلم ریزشی بر سطح بیرونی لوله

۸۲۸ ۲-C چگالش بخار در درون لوله‌ها

۸۳۰ ۳-C جریان آب دریا در درون لوله‌ها

۸۳۲ ۴-C چگالش بخار بر سطح بیرونی لوله‌ها

۸۳۴ ۵-C جریان آب در مبدل گرمایی صفحه‌ای

۸۳۶ ۶-C سرب انتقال گرمای کل چگالنده‌ها و تبخیرکننده‌ها

۸۴۰ ضمیمه‌ی D: بسته‌ی پایانه‌ای

۸۴۰ ۱-D پنجره‌های اصلی

۸۴۳ ۲-D خواص فیزیکی

۸۴۴ ۳-D تبخیر تک‌مرحله‌ای (تبخیر سطحی) (EE)

۸۴۹ ۴-D تبخیر تک‌مرحله‌ای با تراکم بخار

۸۶۰ ۵-D تبخیر چندمرحله‌ای با خوراک موازی

۸۶۲ ۶-D تراکم بخار-تبخیر چندمرحله‌ای با خوراک موازی

۸۶۶ ۷-D تبخیر چندمرحله‌ای با تراکم رو به جلو

۸۷۰ ۸-D نم‌زدایی تبخیر آبی چندمرحله‌ای

۸۷۴ واژگان فارسی به انگلیسی

۸۷۷ واژگان انگلیسی به فارسی

۸۸۰ نمادها

۸۸۴ نمایه‌ها