

# شرح جامع

## شیمی کاربردی

(اصول محاسبات شیمی صنعتی، شیمی صنعتی ۱ و ۲، اصول تصفیه آب و پسابهای صنعتی و خوردگی فلزات)

«شیمی»

مؤلف: مصطفی جباری



|                     |                                                                                                                                    |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه             | جباری، مصطفی                                                                                                                       |
| عنوان و نام پدیدآور | شرح جامع شیمی کاربردی (اصول محاسبات شیمی صنعتی، شیمی صنعتی ۱ و ۲، اصول تصفیه آب و پسابهای صنعتی و خوردگی فلزات) / مولف مصطفی جباری |
| مشخصات نشر          | تهران: ارشد، ۱۳۸۹.                                                                                                                 |
| مشخصات ظاهری        | [۶۶۱] ص.                                                                                                                           |
| شابک                | ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۵-۷۹۵-۰ : ریال ۱۰۰,۰۰۰                                                                                                   |
| وضعیت فهرست نویسی   | فیبا                                                                                                                               |
| موضوع               | دانشگاه‌ها و مدارس عالی -- ایران -- آزمون‌ها                                                                                       |
| موضوع               | شیمی کاربردی -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)                                                                                         |
| موضوع               | آزمون‌های دوره‌های تحصیلات تکمیلی -- ایران                                                                                         |
| رده‌بندی کنگره      | ۱۳۸۹ م ۳۸۴۶ ز / LB۲۳۵۳                                                                                                             |
| رده بندی دیویی      | ۳۷۸/۱۶۶۴                                                                                                                           |
| شماره کتابشناسی ملی | ۲۱۵۰۰۵۹                                                                                                                            |



انتشارات ارشد

|                                         |                                                                                                                 |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| نام کتاب                                | شرح جامع شیمی کاربردی (اصول محاسبات شیمی صنعتی، شیمی صنعتی ۱ و ۲، اصول تصفیه آب و پسابهای صنعتی و خوردگی فلزات) |
| نام مؤلف                                | مصطفی جباری                                                                                                     |
| حروفچینی و صفحه‌آرایی                   | واحد تایپ و صفحه‌آرایی انتشارات ارشد                                                                            |
| نوبت چاپ                                | چاپ اول ۱۳۸۹                                                                                                    |
| تیراژ                                   | ۲۵۰                                                                                                             |
| شماره استاندارد بین‌المللی کتاب (شابک): | ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۵-۷۹۵-۰                                                                                               |

International Standard Book Number (ISBN): 978-600-115-795-0

مرکز بخش: تهران - میدان هفت تیر - ابتدای خ مفتح شمالی - روبه‌روی سینما پایتخت - نیش کوچه پارس - پلاک ۲ تلفن ۸۵۲۶-۲۱

[www.arshadbook.ir](http://www.arshadbook.ir)

هرگونه الکترونیکی از سبک و سیاق و یا تکثیر کل یا قسمتی از کتاب‌های انتشارات ارشد ممنوع بوده و متخلف براساس قانون دفاع از حقوق مولفین و مصنفین تمت پیگرد شدید قانونی قرار خواهد گرفت. وامد حقوق انتشارات ارشد: ۸۸۸۳۳۹۰۰

## پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمند به ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجائی که درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای رفرنس (منابع) مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش می‌شد تمامی منابع پراکنده و گاه‌ا دست‌نیافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می‌شدند، که خدشه‌ای بر آنها وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزه آزمون‌های سراسری - آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد و دکتری که حائز رتبه‌های تک رتبه‌ای کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای دانشجویان و داوطلبان عزیز را پوشش می‌دهد. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان لازم به ذکر است که بی‌نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، بنا براین از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

با تشکر

ناشر

www.arshadbook.ir

## پیشگفتار مولف

به نام خدایی که در این نزدیکی است

دانشی که به کار بسته نشود، مانند گنجی است که از آن خرج نشود.

پیامبر اکرم (ص)

سپاس بی‌کران خداوندی را که توفیق ارائهٔ تألیفی دیگر به بنده عنایت فرمود.

کتاب پیش رو شرحی است بر ۵ درس تخصصی رشتهٔ شیمی کاربردی که شامل: اصول محاسبات شیمی صنعتی، شیمی صنعتی ۱ و ۲، اصول تصفیهٔ آب و پساب‌های صنعتی و خوردگی فلزات می‌باشد.

در گزینش منابع و عناوین و دسته‌بندی محتوا، موارد متفاوتی چون سرفصل‌های مصوب شورای عالی انقلاب فرهنگی، منابع پیشنهادی شورا، منابع رایج و متقن، جزوات درسی اساتید برجسته و به نام دانشگاه‌های کشور و همچنین محتوای سؤالات آزمون‌های ورودی دانشگاه‌ها مد نظر قرار گرفته‌اند.

در سطح آموزش عالی به دلیل گستردگی مطالب، تألیف کتابی که در بر گیرنده‌ی تمامی وجوه و محتوا باشد، امری ناشدنی است؛ لذا در گزینش مطالب و بسط آن‌ها، سعی شده تا نقطهٔ بهینه‌ای از حجم کتاب و ارزش مطالب انتخاب شود؛ بدین معنی که می‌توان گفت کتاب پیش‌رو، کامل‌ترین کتابی است که با این حجم می‌توان تألیف کرد؛ به‌طوری‌که بسیاری از مطالب مورد نیاز را در بر گیرد، در عین حال که حجمی قابل تحمل داشته باشد.

به علت توضیحات کاملی که برای مطالب پر اهمیت نگاشته شده و همچنین با توجه به انطباق سرفصل‌های این کتاب با سرفصل‌های تدریس بیشتر اساتید، می‌توان گفت که کتاب پیش‌رو علاوه بر کمک به داوطلبان شرکت در آزمون، برای استفادهٔ سایر دانشجویان به عنوان منبع درسی یا کمک درسی نیز مفید خواهد بود. همچنین با توجه به تفکیک مباحث، برای دانشجویان رشته‌های دیگر از جمله مهندسی مواد (بخش خوردگی)، مهندسی شیمی (بخش مکانیک سیالات، انتقال گرما و انتقال جرم) و مجموعهٔ منابع طبیعی (بخش تصفیهٔ آب) نیز قابل استفاده است.

\*\*\*

گنجاندن حجم وسیعی از مطالب در ساعات محدود تدریس برخی درس‌ها عملی نیست، لذا بیشتر اساتید برخی قسمت‌ها را جهت تدریس عمیق‌تر بخش‌های مهم‌تر به ناچار حذف می‌کنند. هر کدام از موارد حذف شده شاید در برخی دانشگاه‌ها تدریس شوند، اما به دلیل نبود توافق عمومی، در کنکور مورد پرسش قرار نمی‌گیرند؛ از این‌رو سرفصل‌های کنکور نیز با سرفصل‌های رایج اساتید منطبق‌تر است تا سرفصل‌های پیشنهادی شورای عالی انقلاب فرهنگی. شاید لازم باشد این سرفصل‌ها که قریب به ۲۰ سال از تصویب‌شان گذشته و شرایط مقتضی زمان تصویب نیز تغییر یافته است، مورد بازبینی قرار گیرند. در تألیف این کتاب، سعی بر این بوده که همهٔ موارد مذکور لحاظ شود.

هیچ یک از کارهای بشری خالی از نقص نیست. حجم بالای کار و مدت زمان محدود، اشکالات گریزناپذیری را به تألیف کتاب وارد می کند. به این موارد، دانش ناقص نگارنده را هم بیفزائید. لذا پیشاپیش از اشکالات احتمالی موجود در کتاب، متواضعانه پوزش می طلبم و صمیمانه خواهشمندم این موارد را برای اصلاح در چاپ بعدی با بنده در میان بگذارید (Jabbari.Mostafa@Gmail.com).

کتاب حاضر، نتیجه کارگروهی جمعی از برترین دانشجویان کشور است که توصیه ها و راهنمایی های اساتید نیز همراه آن شده. ذکر نام تمامی دوستانی که در شکل گیری کتاب به نوعی دست داشته اند در این جا ممکن نیست؛ اما لازم است از عزیزانی که نقشی برجسته تر ایفا کرده اند، تشکر و قدردانی کنم؛ چراکه «من لم یشکر المخلوق، لم یشکر الخالق». پیشاپیش از دوستانی که نامشان سهواً از قلم افتاده است، پوزش می طلبم.

از فرد فرد آقایان: وحید افشار (دارنده مدال نقره المپیاد شیمی کشوری و رتبه ۸۴ کنکور سراسری) که با تجربه از شمند مشارکت در تألیف خود، در نگارش فصل اول از بخش اول و رضا رضائیه راد که در نوشتن فصل سوم از بخش اول، بنده را همراهی کردند؛ از خانم ها: فائزه وحید و اکرم نوری که به ترتیب در نگارش قسمت هایی از فصل دوم خوردگی فلزات و تألیف سوالات تالیفی شیمی صنعتی ۲ مشارکت داشتند؛ از آقای حمید رفیعی که در نگارش قسمت هایی از شیمی صنعتی ۲ دست داشت، از دوست عزیزم آقای میثم خسروی پویا به خاطر نگارش و تهیه ضمیمه های اصول تصفیه آب و از اساتید بزرگوار شیمی کاربردی دانشگاه تهران، جناب آقای دکتر توسلی و سرکار خانم ظفرقندی، با تمام وجود سپاس گزارم. از مجموعه انتشارات ارشد که هر کدام به نوعی موجبات تألیف کتاب را فراهم نمودند، قدردانی خود را اعلام می دارم.

\*\*\*

مدرسی که محصل نیز باشد، در هر دو سمت میز آموزش حضور داشته و کم و بیش از چند و چون روحیات سمت مقابل خود آگاه است. از این رو کلام چنین معلمی شاید تأثیرگذارتر و ملموس تر از کسی باشد که تنها در یک سوی این میز حضور دارد. لذا لازم است از همکار و دوست گرامی، آقای سید مجتبی باقری که در انتقال بنده از سمت شاگردی میز آموزش به سمت معلمی، نقش مؤثری داشتند، تشکر ویژه داشته باشم. اگر این مختصر، نوشته قابلی شده باشد، بی شک سهم عمده ای از آن، مرهون جسارت مثال زدنی مدیران آموزشی کارآمدی نظیر ایشان در میدان دادن به جوانان در امر تدریس است. به امید روزی که اساتید و مدیران علمی کشور با دانشجویان و پویندگان علم در فضای «اعتماد» تعامل داشته باشند و به آن ها فرصت و فضای شکوفایی استعدادهایشان را بدهند.

مصطفی جبّاری

## فهرست مطالب

عنوان..... صفحه

پیشگفتار ناشر..... ۳

پیشگفتار مولف..... ۵

### بخش اول: اصول محاسبات شیمی صنعتی ۱

فصل اول: مقدمه‌ای بر محاسبات مهندسی شیمی..... ۷

۱-۱) مقدمات..... ۷

۱-۲) تعاریف اولیه..... ۱۲

۱-۳) تبدیل معادلات ریاضی به نمودار و برعکس (نمودارهای نیمه‌لوگ، تمام لوگ و مثلثی)..... ۲۳

۱-۴) روابط استوکیومتری (روابط جرمی، مولی، درصد وزنی، عیار مولی)..... ۲۶

فصل دوم: موازنه‌ی مواد..... ۴۱

مقدمه:..... ۴۱

۱-۲) موازنه‌ی مواد..... ۴۱

۱-۱-۲) طبقه‌بندی موازنه‌ی جرم..... ۴۲

۱-۲-۲) تجزیه‌ی خشک و ارسات..... ۴۳

۲-۲) مسایل موازنه‌ی مواد با حل مستقیم..... ۴۷

۳-۲) موازنه‌ی مواد با استفاده از روش‌های جبری..... ۵۳

۳-۲) مسائل شامل جسم رابط..... ۶۰

۴-۲) محاسبات جریان برگشتی (RECYCLE)، جریان کنارگذر (BYPASS) و جریان زدایش (PURGE)..... ۶۹

فصل سوم: گاز، بخار، مایع و جامد..... ۸۵

۱-۳) کلیات..... ۸۵

۲-۳) گازهای ایده‌آل..... ۸۵

۱-۲-۳) قوانین حاکم بر گاز ایده‌آل..... ۸۶

۲-۲-۳) جرم ویژه و چگالی گازهای ایده‌آل..... ۸۸

۲-۲-۳) مخلوط گازهای کامل..... ۸۹

۳-۳) گازهای حقیقی..... ۹۰

۱-۳-۳) معادلات حالت گازهای حقیقی..... ۹۰

۲-۳-۳) ضریب تراکم پذیری (Z)..... ۹۲

۴-۳) فشار بخار..... ۹۵

۱-۴-۳) رابطه‌ی فشار بخار با دما و فشار..... ۹۶

۵-۳) اشباع شدگی..... ۹۶

۱-۵-۳) تعدادلات گاز- مایع در سیستم‌های چندجزئی..... ۹۷

۶-۳) اشباع جزئی و رطوبت..... ۹۹

۱-۶-۳) اشباع نسبی (رطوبت نسبی)..... ۹۹

۲-۶-۳) اشباع مولی..... ۱۰۰

۳-۶-۳) اشباع مطلق..... ۱۰۱

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| ۷-۳- موازنه مواد شامل میعان و تبخیر.....                               | ۱۰۱ |
| ۸-۳- پدیده‌های فازی.....                                               | ۱۰۲ |
| ۱-۸-۳- قانون فازها.....                                                | ۱۰۳ |
| فصل چهارم: موازنه انرژی.....                                           | ۱۰۵ |
| ۱-۴- مفاهیم و واحدها.....                                              | ۱۰۵ |
| ۲-۴- ظرفیت گرمایی.....                                                 | ۱۱۰ |
| ۱-۲-۴- برآوردن (تخمین) ظرفیت گرمایی.....                               | ۱۱۴ |
| ۳-۴- محاسبه تغییرات آنتالپی.....                                       | ۱۱۶ |
| ۱-۴-۴- گرمای ذوب (FUSION).....                                         | ۱۱۸ |
| ۲-۴-۴- گرمای تبخیر.....                                                | ۱۱۸ |
| ۳-۴-۴- منحنی‌های جسم مرجع (جسم مقایسه):.....                           | ۱۱۹ |
| ۵-۴- موازنه عمومی انرژی.....                                           | ۱۲۲ |
| ۱-۵-۴- موازنه انرژی در سیستم‌های بسته (بدون واکنش).....                | ۱۲۲ |
| ۲-۵-۴- موازنه انرژی در سیستم‌های باز (بدون واکنش شیمیایی).....         | ۱۲۴ |
| ۶-۴- تحولات برگشت‌پذیر و موازنه انرژی مکانیکی.....                     | ۱۲۹ |
| ۷-۴- موازنه انرژی همراه با واکنش شیمیایی.....                          | ۱۳۰ |
| ۱-۷-۴- گرمای استاندارد تشکیل ( $\Delta H_f^\circ$ ).....               | ۱۳۰ |
| ۲-۷-۴- گرمای احتراق.....                                               | ۱۳۲ |
| فصل پنجم: موازنه همزمان انرژی و مواد.....                              | ۱۳۵ |
| ۱-۵- مقدمه.....                                                        | ۱۳۵ |
| ۲-۵- نمودارهای آنتالپی - غلظت.....                                     | ۱۴۸ |
| ۱-۲-۵- تهیه منحنی آنتالپی - غلظت.....                                  | ۱۴۸ |
| ۲-۲-۵- حل مسئله به طریق ترسیمی با استفاده از منحنی آنتالپی - غلظت..... | ۱۵۶ |
| ۳-۵- منحنی‌های رطوبت سنجی و کاربرد آنها.....                           | ۱۶۴ |
| تست‌های آخر بخش.....                                                   | ۱۷۹ |
| پاسخ تست‌های آخر بخش.....                                              | ۱۸۲ |

### بخش دوم شیمی صنعتی ۱

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| قسمت اول: مکانیک سیالات (انتقال مومنتم).....                        | ۱۹۱ |
| فصل اول: تعاریف اولیه.....                                          | ۱۹۱ |
| فصل دوم: استاتیک سیالات: سیالات در حالت سکون.....                   | ۱۹۳ |
| ۱-۲- ماهیت سیالات.....                                              | ۱۹۳ |
| ۲-۲- سیالات تراکم‌پذیر و تراکمناپذیر.....                           | ۱۹۴ |
| ۳-۲- اصل پاسکال برای فشار در یک نقطه.....                           | ۱۹۴ |
| ۴-۲- تعادل هیدرواستاتیکی (تغییر فشار عمودی در اثر نیروی جاذبه)..... | ۱۹۶ |

عنوان..... صفحه

|     |                                                     |
|-----|-----------------------------------------------------|
| ۱۹۷ | ۵-۲- اصل ارشمیدسی                                   |
| ۱۹۷ | ۵-۲- مطابق قانون ارشمیدس                            |
| ۱۹۸ | ۶-۲- کشش سطحی                                       |
| ۲۰۰ | فصل سوم: سیالات جاری                                |
| ۲۰۰ | ۱-۳- گرانروی، قانون گرانروی نیوتون                  |
| ۲۰۱ | ۱-۱-۳- ماهیت گرانروی در سیالات                      |
| ۲۰۲ | ۲-۱-۳- قانون گرانروی نیوتن                          |
| ۲۰۲ | ۳-۱-۳- ضریب گرانروی مطلق یا دینامیکی                |
| ۲۰۳ | ۴-۱-۳- واحدهای گرانروی                              |
| ۲۰۴ | ۲-۳- سیالات نیوتونی و غیر نیوتونی                   |
| ۲۰۴ | ۱-۲-۳- سیالات نیوتونی                               |
| ۲۰۴ | ۲-۲-۳- سیالات غیر نیوتونی                           |
| ۲۰۵ | ۱-۲-۲-۳- سیالات پلاستیک بینگهام یا پلاستیک ایده‌آل  |
| ۲۰۶ | ۲-۲-۲-۳- سیالات پلاستیک حقیقی                       |
| ۲۰۶ | ۳-۲-۲-۳- سیالات شبه پلاستیک                         |
| ۲۰۷ | ۴-۲-۲-۳- سیالات منبسط شونده (اتساعی)                |
| ۲۰۷ | ۳-۲-۳- جریان وابسته به زمان                         |
| ۲۰۷ | ۱-۳-۲-۳- مایعات تیکسوتروپیک                         |
| ۲۰۷ | ۲-۳-۲-۳- مواد رئوتپیک                               |
| ۲۰۸ | ۳-۳-۲-۳- سیالات ویسکوالاستیک                        |
| ۲۰۹ | فصل چهارم: سینماتیک حرکت سیالات                     |
| ۲۰۹ | ۱-۴- آشنایی                                         |
| ۲۰۹ | ۲-۴- سیالات ایده‌آل و حقیقی                         |
| ۲۱۰ | ۳-۴- جریان پایا و ناپایا                            |
| ۲۱۰ | ۴-۴- انواع حرکت سیالات؛ جریان آرام، آشفته و یکنواخت |
| ۲۱۰ | ۱-۴-۴- جریان آرام                                   |
| ۲۱۰ | ۲-۴-۴- جریان آشفته                                  |
| ۲۱۱ | ۳-۴-۴- جریان یکنواخت                                |
| ۲۱۱ | ۵-۴- مطالعه تجربی جریان‌های آرام و آشفته            |
| ۲۱۲ | ۶-۴- عدد رینولدز و محاسبه آن                        |
| ۲۱۵ | فصل پنجم: روش‌های بررسی جریان سیال                  |
| ۲۱۵ | معادلات اصلی جریان سیالات                           |
| ۲۱۵ | ۱-۵- معادله پیوستگی: موازنه جرم در سیال متحرک       |
| ۲۱۷ | ۲-۵- معادله برنولی؛ کار و انرژی در جریان سیالات     |
| ۲۲۰ | ۱-۲-۵- کاربرد معادله برنولی و معادله پیوستگی        |

عنوان..... صفحه

|     |                                                                            |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|
| ۲۲۲ | ۱-۲-۵- کار پمپ در معادله برنولی، محاسبه قدرت تلمبه‌ها در یک خط انتقال..... |
| ۲۲۷ | فصل ششم: کاربردهای مکانیک سیالات؛ وسایل اندازه‌گیری.....                   |
| ۲۲۷ | ۱-۶- اندازه‌گیری فشار: مانومتر (فشار سنج).....                             |
| ۲۳۰ | ۱-۱-۶- مانومتر مایع.....                                                   |
| ۲۳۱ | ۲-۶- اندازه‌گیری سرعت جریان سیال.....                                      |
| ۲۳۱ | ۱-۲-۶- لوله پیتوت.....                                                     |
| ۲۳۳ | ۲-۲-۶- جریانسنج ونتوری (ونتوری متر).....                                   |
| ۲۳۵ | ۳-۲-۶- اریفیس متر (روزنه‌سنج).....                                         |
| ۲۳۶ | ۴-۲-۶- روتامتر.....                                                        |
| ۲۳۷ | قسمت دوم: تراکشن گرما (انتقال حرارت).....                                  |
| ۲۳۷ | فصل اول: اصول و انواع تراکشن گرما.....                                     |
| ۲۳۸ | فصل دوم: انتقال گرما به‌روش رسانش.....                                     |
| ۲۳۸ | ۱-۲- فرمول فوریه.....                                                      |
| ۲۳۹ | ۳-۲- رسانندگی گرمایی (K).....                                              |
| ۲۴۰ | ۳-۲- رسانش در حالت پایا - یک‌بعدی.....                                     |
| ۲۴۰ | ۳-۲- ۱- مقدمه.....                                                         |
| ۲۴۱ | ۳-۲- ۲- دیواره تخت.....                                                    |
| ۲۴۳ | ۳-۳-۲- نارسایی و مقادیر R.....                                             |
| ۲۴۳ | ۴-۳-۲- سیستم‌های شعاعی - استوانه‌ها.....                                   |
| ۲۴۶ | شرایط مجازی جابجایی.....                                                   |
| ۲۴۷ | ۵-۳-۲- ضریب تراکشن گرمای کل.....                                           |
| ۲۴۹ | ۶-۳-۲- ضخامت بحرانی عایق.....                                              |
| ۲۵۰ | ۷-۳-۲- سیستم‌های با چشمه گرمایی.....                                       |
| ۲۵۰ | ۱-۷-۳-۲- دیواره تخت با چشمه‌های گرمایی.....                                |
| ۲۵۲ | ۸-۳-۲- استوانه با چشمه‌های گرمایی.....                                     |
| ۲۵۴ | ۹-۳-۲- سیستم‌های رسانش-جابجایی.....                                        |
| ۲۵۶ | ۱۰-۳-۲- مقاومت تماس گرمایی.....                                            |
| ۲۶۰ | فصل سوم: انتقال گرما در سیالات.....                                        |
| ۲۶۰ | ۱-۳- انتقال گرما - در مبدل‌های گرمایی.....                                 |
| ۲۶۲ | ۱-۱-۳- جریان ناهمسو و جریان همسو.....                                      |
| ۲۶۴ | ۲-۳- موازنه انرژی.....                                                     |
| ۲۶۴ | ۱-۲-۳- موازنه آنتالپی در مبدل‌های گرمایی.....                              |
| ۲۶۵ | ۲-۲-۳- موازنه آنتالپی در چگالنده‌ها.....                                   |
| ۲۶۵ | ۳-۲- شار گرما و ضریب‌های انتقال گرما.....                                  |
| ۲۶۶ | ۱-۳-۳- دمای متوسط جریان سیال.....                                          |

عنوان..... صفحه

|     |                                                                          |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|
| ۲۶۶ | ۲-۳-۳ ضریب کلی انتقال گرما.....                                          |
| ۲۶۶ | ۳-۳-۳ محاسبه انتگرال در سطح کل؛ اختلاف دمای میانگین لگاریتمی (LMTD)..... |
| ۲۶۸ | ۴-۳-۳ در شرایطی که LMTD صحت ندارد.....                                   |
| ۲۷۰ | ۴-۳ ضرایب تکوند انتقال گرما.....                                         |
| ۲۷۳ | ۲-۴-۳ محاسبه مقاومت از روی ضریب کلی.....                                 |
| ۲۷۴ | ۴-۴-۳ حالت‌های خاص ضریب کلی.....                                         |
| ۲۷۴ | ۵-۴-۳ رده‌بندی ضرایب تکوند انتقال گرما.....                              |
| ۲۷۵ | فصل چهارم: مبدل‌های گرمایی، چگالنده‌ها و بخارکن‌ها.....                  |
| ۲۷۵ | ۱-۴ مقدمه.....                                                           |
| ۲۷۵ | ۲-۴ مبدل‌های گرمایی.....                                                 |
| ۲۷۵ | ۱-۲-۴ طرح کلی مبدل گرمایی.....                                           |
| ۲۷۶ | ۲-۲-۴ مبدل‌های گرمایی پوسته-لوله‌ای (SHELL AND TUBE).....                |
| ۲۷۶ | ۱-۲-۲-۴ مبدل تک‌پاس ۱-۱.....                                             |
| ۲۷۶ | ۲-۲-۲-۴ مبدل‌های چندپاس.....                                             |
| ۲۷۷ | مبدل ۴-۲.....                                                            |
| ۲۷۸ | ۳-۲-۲-۴ الگوهای دما در مبدل‌های چندپاس.....                              |
| ۲۷۸ | ۳-۲-۴ مبدل‌های صفحه‌ای.....                                              |
| ۲۸۱ | ۴-۲-۴ مبدل‌ها با سطح گسترش یافته.....                                    |
| ۲۸۲ | ۱-۴-۲-۴ انواع سطوح گسترش یافته.....                                      |
| ۲۸۲ | ۲-۴-۲-۴ مبدل‌های هوا-خنک.....                                            |
| ۲۸۳ | ۵-۲-۴ مبدل‌های تیغه‌دار.....                                             |
| ۲۸۳ | ۳-۴ چگالنده‌ها و بخارکن‌ها.....                                          |
| ۲۸۳ | ۱-۳-۴ چگالنده‌های پوسته-لوله‌ای.....                                     |
| ۲۸۴ | ۲-۳-۴ چگالنده‌های رطوبت‌گیر.....                                         |
| ۲۸۵ | ۳-۳-۴ چگالنده‌های تماسی.....                                             |
| ۲۸۵ | ۴-۳-۴ بخارکن‌ها.....                                                     |
| ۲۸۶ | ۴-۴ اختلاف دمای متوسط لگاریتمی در مبدل‌ها.....                           |
| ۲۹۵ | قسمت سوم: انتقال جرم.....                                                |
| ۲۹۵ | فصل اول: معرفی فرآیندهای انتقال جرم.....                                 |
| ۲۹۵ | مقدمه:.....                                                              |
| ۲۹۵ | ۲-۱ روش‌های جداسازی.....                                                 |
| ۲۹۵ | ۳-۱ روش‌های انتقال جرم.....                                              |
| ۲۹۶ | ۱-۳-۱ تماس مستقیم دو فاز نامحلول با یکدیگر.....                          |

عنوان..... صفحه

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| فصل دوم: نفوذ مولکولی و انواع آن                                          | ۲۹۸ |
| ۱-۲ مقدمه                                                                 | ۲۹۸ |
| ۲-۲ نفوذ مولکولی                                                          | ۳۰۰ |
| ۳-۲ نفوذ مولکولی یک جهت در حالت پایا در سیالات در حال سکون و در حرکت آرام | ۳۰۲ |
| ۱-۳-۲ نفوذ مولکولی در گازها                                               | ۳۰۳ |
| ۲-۳-۲ حالت‌های مختلف با توجه به رابطه بین $N_A$ و $N_B$                   | ۳۰۴ |
| ۳-۳-۲ نفوذ در حالت پایا در مخلوط‌های چند جزئی                             | ۳۰۵ |
| ۴-۳-۲ تعیین ضریب نفوذ مولکولی در گازها                                    | ۳۰۸ |
| ۴-۲ تشابه بین انتقال مومنتم، انتقال گرما و انتقال جرم                     | ۳۱۷ |
| ۲-۴-۲ انتقال گرما                                                         | ۳۱۹ |
| ۵-۲ اعداد بی بعد                                                          | ۳۲۰ |
| تست‌های آخر بخش                                                           | ۳۲۵ |
| پاسخ تست‌های آخر بخش                                                      | ۳۲۶ |

#### بخش سوم: شیمی صنعتی ۲

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| فصل اول: عملیات مختلف جداسازی                          | ۳۳۱ |
| ۱-۱ تبلور مجدد                                         | ۳۳۱ |
| ۲-۱ تبخیر                                              | ۳۳۱ |
| ۱-۲-۱ تبخیرکننده‌های یک یا چند مرحله‌ای                | ۳۳۲ |
| ۲-۲-۱ انواع تبخیرکننده‌ها                              | ۳۳۲ |
| ۳-۲-۱ عملکرد تبخیرکننده‌های چند لوله‌ای                | ۳۳۲ |
| ۴-۲-۱ موازنه جرم و آنتالپی برای تبخیرکننده یک مرحله‌ای | ۳۳۳ |
| ۳-۱ استخراج                                            | ۳۳۳ |
| ۴-۱ عملیات مرطوبسازی                                   | ۳۳۴ |
| ۱-۴-۱ انواع رطوبت                                      | ۳۳۴ |
| ۵-۱ جذب و دفع گازها                                    | ۳۳۴ |
| ۱-۵-۱ حلالیت در سیستم‌های دوتایی                       | ۳۳۵ |
| ۲-۵-۱ حلالیت در سیستم‌های چند جزئی                     | ۳۳۵ |
| ۳-۵-۱ انتخاب حلال برای عمل جذب                         | ۳۳۶ |
| ۶-۱ رسوب دادن                                          | ۳۳۶ |
| ۷-۱ تقطیر                                              | ۳۳۶ |
| ۱-۷-۱ انواع تقطیر                                      | ۳۳۷ |
| ۸-۱ مراحل تقطیر با استفاده از قانون راتول              | ۳۳۸ |
| ۲-۸-۱ تعادل بخار با محلول آزنوتروپ                     | ۳۳۹ |

عنوان..... صفحه

|     |                                                     |
|-----|-----------------------------------------------------|
| ۳۴۱ | فصل دوم: تقطیر و محاسبات مربوط به آن                |
| ۳۵۸ | سیستمهای چند جزئی                                   |
| ۳۶۷ | سیستمهای چند جزئی - محلولهای ایدهآل                 |
| ۳۶۹ | عملیات تقطیر جزء به جزء                             |
| ۳۶۹ | موازنه کلی آنتالپی                                  |
| ۳۷۰ | بخش غنی‌سازی                                        |
| ۳۹۱ | انواع جوشاور                                        |
| ۳۹۷ | جریانهای جانبی                                      |
| ۳۹۸ | اتلاف گرما                                          |
| ۴۰۱ | محصولات بسیار خالص و بازده سینی ها                  |
| ۴۰۱ | تبخیر و سرریزی مولهای مساوی                         |
| ۴۰۲ | بخش غنی‌سازی، مبرد کامل - جریان برگشتی در نقطه حباب |
| ۴۰۷ | تعیین محل سینی خوراک                                |
| ۴۰۷ | جریان برگشتی کامل یا نسبت جریان برگشتی بی‌نهایت     |
| ۴۱۴ | مبردها                                              |
| ۴۱۵ | مبردهای جزئی                                        |
| ۴۲۴ | دستگاههای مجاورتی مداوم (برجهنای پر شده)            |
| ۴۲۴ | واحد انتقال                                         |
| ۴۳۰ | سیستمهای چند جزئی                                   |
| ۴۳۳ | اجزاء کلیدی                                         |
| ۴۳۳ | حداقل نسبت جریان برگشتی                             |
| ۴۳۷ | غلظتهای محصولات                                     |
| ۴۵۹ | تستهای آخر بخش                                      |
| ۴۶۴ | پاسخ تستهای آخر بخش                                 |

بخش چهارم: اصول تصفیه آب

|     |                                        |
|-----|----------------------------------------|
| ۴۶۹ | فصل اول: اصول تصفیه آب و پسابهای صنعتی |
| ۴۶۹ | ۱- مقدمه؛ کلیات                        |
| ۴۶۹ | ۱-۱- خواص آب                           |
| ۴۶۹ | ۱-۱-۱- وزن مخصوص                       |
| ۴۶۹ | ۱-۲-۲- بالا بودن گرمای ویژه آب         |
| ۴۷۰ | ۱-۳-۱- قطبیت و حلالیت                  |
| ۴۷۰ | ۱-۴-۱- انبساط به همراه انجماد          |
| ۴۷۰ | ۱-۵-۱- کشش سطحی بالا                   |
| ۴۷۰ | ۱-۲- چرخه آب در طبیعت                  |

عنوان..... صفحه

|     |                                                |
|-----|------------------------------------------------|
| ۴۷۰ | ۳-۱- منابع تأمین آب:                           |
| ۴۷۱ | ۴-۱- شیمی آب‌های طبیعی                         |
| ۴۷۲ | ۱-۴-۱- مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده آب‌های طبیعی |
| ۴۷۲ | ۱-۴-۱- کلسیم                                   |
| ۴۷۳ | ۲-۱-۴-۱- منیزیم ( $Mg^{2+}$ )                  |
| ۴۷۳ | ۳-۱-۴-۱- سدیم ( $Na^{+}$ )                     |
| ۴۷۳ | ۴-۱-۴-۱- پتاسیم ( $K^{+}$ )                    |
| ۴۷۳ | ۵-۱-۴-۱- کربنات و بیکربنات                     |
| ۴۷۴ | ۶-۱-۴-۱- سولفات ( $SO_4^{2-}$ )                |
| ۴۷۴ | ۷-۱-۴-۱- کلرید ( $Cl^{-}$ )                    |
| ۴۷۴ | ۸-۱-۴-۱- نترات                                 |
| ۴۷۴ | ۹-۱-۴-۱- سیلیس، آهن، منگنز، فلوئور             |
| ۴۷۵ | ۵-۱- مصارف مهم آب                              |
| ۴۷۷ | فصل دوم: آلودگی آبها                           |
| ۴۷۸ | ۱-۲- فاضلاب‌ها و پساب‌ها                       |
| ۴۷۸ | ۱-۱-۲- پتانسیل و ظرفیت اکسیداسیون آب‌ها        |
| ۴۷۹ | ۱-۱-۱-۲- BOD یا اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی    |
| ۴۷۹ | ۲-۱-۱-۲- COD یا اکسیژن لازم شیمیایی            |
| ۴۸۰ | ۲-۱-۱-۲- اهمیت و مقادیر BOD و COD              |
| ۴۸۱ | ۲-۱-۲- باکتری‌ها و ویروس‌ها                    |
| ۴۸۱ | ۳-۱-۲- مواد شیمیایی                            |
| ۴۸۳ | ۲-۲- آلودگی‌های کشاورزی                        |
| ۴۸۴ | ۳-۲- سایر آلاینده‌ها                           |
| ۴۸۴ | ۱-۳-۲- مواد جامد و رسوبات                      |
| ۴۸۴ | ۲-۳-۲- گرما                                    |
| ۴۸۴ | ۳-۳-۲- مواد پرتوزا (رادیواکتیو)                |
| ۴۸۵ | ۴-۳-۲- مواد نفتی                               |
| ۴۸۵ | ۴-۲- آلودگی آب‌های زیرزمینی                    |
| ۴۸۷ | فصل سوم: آب و بهداشت عمومی                     |
| ۴۸۷ | ۱-۳- املاح محلول در آب و اثرات آنها            |
| ۴۸۷ | ۱-۱-۳- مس                                      |
| ۴۸۷ | ۲-۱-۳- روی                                     |
| ۴۸۷ | ۳-۱-۳- سرب                                     |
| ۴۸۸ | ۴-۱-۳- آرسنیک                                  |

عنوان..... صفحه

|     |                                                     |
|-----|-----------------------------------------------------|
| ۴۸۸ | ۳-۱-۵- آهن                                          |
| ۴۸۸ | ۳-۱-۶- منگنز                                        |
| ۴۸۸ | ۳-۱-۷- کادمیم                                       |
| ۴۸۸ | ۳-۱-۸- باریم                                        |
| ۴۸۹ | ۳-۱-۹- سلنیم                                        |
| ۴۸۹ | ۳-۱-۱۰- آلومینیوم                                   |
| ۴۸۹ | ۳-۱-۱۱- نقره                                        |
| ۴۸۹ | ۳-۱-۱۱- جیوه                                        |
| ۴۸۹ | ۳-۱-۱۲- کلسیم و منیزیم                              |
| ۴۸۹ | ۳-۱-۱۳- سیانید (سیانور $CN^-$ )                     |
| ۴۸۹ | ۳-۱-۱۴- کلریدها و سولفات‌ها                         |
| ۴۹۰ | ۳-۱-۵- آمونیاک، نیتريت و نیتراک آب‌ها               |
| ۴۹۰ | ۳-۱-۱۶- ید و فلوئور                                 |
| ۴۹۰ | ۳-۲- ذرات معلق در آب و کدورت (TURBIDITY)            |
| ۴۹۰ | ۳-۲-۱- زیبایی آب                                    |
| ۴۹۰ | ۳-۲-۲- قابلیت صاف شدن                               |
| ۴۹۱ | ۳-۲-۳- ضد عفونی کردن                                |
| ۴۹۱ | ۳-۲-۴- جذب کاتیون‌ها                                |
| ۴۹۱ | ۳-۳- رنگ، بو و طعم آب                               |
| ۴۹۲ | ۳-۴- ته مانده TDS                                   |
| ۴۹۳ | ۳-۵- PH و قلیائیت آب                                |
| ۴۹۶ | ۳-۶- سختی آب                                        |
| ۴۹۷ | ۳-۷- فلوئور و بهداشت دندان                          |
| ۴۹۷ | ۳-۸- باکتری‌های بیماری‌زا                           |
| ۴۹۷ | ۳-۹- ویروس‌ها                                       |
| ۴۹۸ | ۳-۱۰- خطرات تماس مواد غذایی با آب‌های آلوده         |
| ۴۹۹ | فصل چهارم: تصفیه آب‌های شهری                        |
| ۴۹۹ | ۴-۱- ذخیره‌سازی آب                                  |
| ۴۹۹ | ۴-۲- انعقاد و ته نشینی مواد کلونیدی                 |
| ۵۰۰ | ۴-۲-۱- مکانیسم انعقاد                               |
| ۵۰۰ | ۴-۲-۲- عوامل مؤثر در انعقاد                         |
| ۵۰۳ | ۴-۲-۴- کمک منعقدکننده‌ها                            |
| ۵۰۵ | ۴-۲-۵- تعیین میزان ماده منعقدکننده و کمک منعقدکننده |
| ۵۰۶ | ۴-۳- عبور آب از صافی؛ استفاده از صافی در تصفیه آب   |
| ۵۰۶ | ۴-۳-۱- انواع صافی‌ها                                |

عنوان..... صفحه

|     |                                                          |
|-----|----------------------------------------------------------|
| ۵۰۷ | ۳-۳-۴- عوامل مهم مؤثر در کارکرد صافی‌ها                  |
| ۵۰۸ | ۴-۴- ضدعفونی کردن آب                                     |
| ۵۰۹ | ۴-۴-۱- گاز کلر                                           |
| ۵۱۰ | ۴-۴-۲- حذف کلر اضافی                                     |
| ۵۱۱ | ۴-۴-۳- دی اکسید کلر ( $\text{ClO}_2$ )                   |
| ۵۱۱ | ۴-۴-۴- انواع کلریناسیون برای ضدعفونی کردن آب             |
| ۵۱۱ | ۴-۴-۴- هیپوکلریت قلیایی                                  |
| ۵۱۲ | ۴-۵- روش‌های دیگر قلیایی                                 |
| ۵۱۲ | ۴-۵-۵- گندزدایی با اوزون                                 |
| ۵۱۲ | ۴-۵-۲- ضدعفونی با آهک                                    |
| ۵۱۲ | ۴-۵-۳- ضدعفونی با استفاده از نقره                        |
| ۵۱۲ | ۴-۵-۴- ضدعفونی به کمک ید                                 |
| ۵۱۲ | ۴-۵-۵- ضدعفونی مواد دیگر ضدعفونی کننده                   |
| ۵۱۳ | ۴-۶- روش‌های ضدعفونی فیزیکی                              |
| ۵۱۳ | ۴-۵-۱- اشعه UV                                           |
| ۵۱۳ | ۴-۶-۲- جوشانیدن                                          |
| ۵۱۳ | ۴-۶-۳- نور خورشید                                        |
| ۵۱۳ | ۴-۶-۴- امواج                                             |
| ۵۱۳ | ۴-۷- روش‌های ویژه تصفیه آب با استفاده از فرایندهای غشایی |
| ۵۱۵ | فصل پنجم: آب و کشاورزی                                   |
| ۵۱۵ | ۵-۱- عوامل مؤثر کشاورزی                                  |
| ۵۱۶ | ۵-۲- کیفیت آب کشاورزی                                    |
| ۵۱۶ | ۵-۲-۱- TDS در آب کشاورزی                                 |
| ۵۱۷ | ۵-۲-۲- نسبت جذب سطحی سدیم (SAR) و درصد سدیم              |
| ۵۲۰ | ۵-۲-۳- غلظت بی‌کربنات سدیم باقی مانده (RSC)              |
| ۵۲۰ | ۵-۲-۴- عناصر مغذی؛ فسفر و ازت                            |
| ۵۲۰ | ۵-۲-۵- عناصر کمیاب                                       |
| ۵۲۱ | ۵-۲-۶- کلریدها                                           |
| ۵۲۱ | ۵-۳- تأثیر دما                                           |
| ۵۲۲ | ۵-۴- تأثیر PH                                            |
| ۵۲۳ | فصل ششم: کیفیت آب‌های صنعتی                              |
| ۵۲۳ | ۶-۱- مقدمه                                               |
| ۵۲۳ | ۶-۲- اشکالات مهم در آب جوشاورها                          |
| ۵۲۴ | ۶-۲-۱- سارد (سارویه) و نشست در جوشاورها                  |
| ۵۲۶ | ۶-۲-۲- خوردگی                                            |

عنوان..... صفحه

|     |                                                                                   |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ۵۳۰ | ۳-۲-۶ شکنندگی قلیایی                                                              |
| ۵۳۰ | ۴-۲-۶ پدیده‌های حمل، کف و غلیان در آب جوشاور                                      |
| ۵۳۱ | ۳-۶ اشکالات مهم در آب برج‌های خنک‌کننده و مبدل‌های گرمایی                         |
| ۵۳۱ | ۴-۶ اصلاح کیفیت آب‌های صنعتی مورد استفاده در جوشاورها                             |
| ۵۳۲ | ۱-۴-۶ گاززدائی                                                                    |
| ۵۳۳ | ۲-۴-۶ سبک کردن آب                                                                 |
| ۵۳۷ | ۵-۶ باکتری آهن؛ حذف آهن و منگنز موجود در آب                                       |
| ۵۳۸ | ۶-۶ حذف سیلیس                                                                     |
| ۵۳۹ | ۷-۶ روش‌های جلوگیری از اشکالات محتمل در جوشاورها و خنک‌کننده‌ها                   |
| ۵۳۹ | ۱-۷-۶ تصفیه داخلی آب جوشاور جهت جلوگیری از ایجاد سارویه                           |
| ۵۴۰ | ۲-۷-۶ جلوگیری از خوردگی فلزات                                                     |
| ۵۴۱ | ۳-۷-۶ جلوگیری از شکنندگی قلیایی                                                   |
| ۵۴۱ | ۴-۷-۶ جلوگیری از پدیده‌های حمل، کف و غلیان                                        |
| ۵۴۱ | ۵-۷-۶ جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها در آب خنک‌کننده‌ها                          |
| ۵۴۱ | ۸-۶ تعادل کربناتی و اظهارنظر در مورد خاصیت خوردگی آب دارد و تمایل به تشکیل سارویه |
| ۵۴۱ | ۱-۸-۶ تیلمانز                                                                     |
| ۵۴۲ | ۲-۸-۶ کارهای لاتزلیه                                                              |
| ۵۴۴ | ۳-۸-۶ ضریب پایداری رایزنر                                                         |
| ۵۴۵ | ضمیمه ۱                                                                           |
| ۵۴۵ | مبادله کننده‌های یونی و کاربرد آن‌ها                                              |
| ۵۴۵ | ۱- تعریف و تاریخچه کوتاه                                                          |
| ۵۴۵ | ۲- انواع مبادله کننده‌ها                                                          |
| ۵۴۶ | - مبادله کننده‌های آلی کاتیونی                                                    |
| ۵۴۶ | - مبادله کننده‌های آنیونی                                                         |
| ۵۴۶ | - مبادله کننده‌های آمفوتر                                                         |
| ۵۴۶ | ۳- خواص مبادله کننده‌ها                                                           |
| ۵۴۶ | ۱-۳- آماس (SWELLING) رزین                                                         |
| ۵۴۷ | ۲-۳- ظرفیت رزین                                                                   |
| ۵۴۷ | ۴- تمایل نسبی رزین برای یون‌های مختلف                                             |
| ۵۴۷ | ۲-۴- مبادله کننده‌های آنیونی                                                      |
| ۵۵۰ | ۲-۵- حذف قلیانیت                                                                  |
| ۵۵۱ | ۳-۵- FLEC MINERAL ACID (FMA)                                                      |
| ۵۵۴ | ضمیمه ۲                                                                           |
| ۵۵۴ | تصفیه شیمیایی آبها                                                                |
| ۵۵۴ | تهنشینی شیمیایی                                                                   |

عنوان..... صفحه

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| نرمسازی آب بهروش تهنشینی شیمیایی.....                              | ۵۵۴ |
| تبادل کاتیون آنیونی و دیاگرام بار (BAR).....                       | ۵۵۴ |
| روش نرمسازی لایم.....                                              | ۵۵۵ |
| روش نرمسازی لایم- سودا.....                                        | ۵۵۶ |
| نرم سازی آب به روش لایم اضافی.....                                 | ۵۵۶ |
| نرمسازی آب بهروش لایم- سودای اضافی.....                            | ۵۵۷ |
| ضمیمه ۴.....                                                       | ۵۶۱ |
| اصول نمونهبرداری آب و فاضلاب (برای آزمایشات فیزیکی و شیمیایی)..... | ۵۶۱ |
| ب) نمونهبرداری از فاضلاب.....                                      | ۵۶۵ |
| وسایل نمونهبرداری.....                                             | ۵۶۷ |
| تست‌های آخر بخش.....                                               | ۵۶۸ |
| پاسخ تست‌های آخر بخش.....                                          | ۵۶۹ |

#### بخش پنجم: خوردگی فلزات

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| فصل اول: آشنایی.....                                       | ۵۷۳ |
| ۱- مقدمه.....                                              | ۵۷۳ |
| ۱-۱- هزینه‌های خوردگی.....                                 | ۵۷۳ |
| ۱-۲- تعریف خوردگی.....                                     | ۵۷۳ |
| ۱-۳- خسارات ناشی از خوردگی.....                            | ۵۷۳ |
| ۱-۳-۱- ظاهر.....                                           | ۵۷۳ |
| ۱-۳-۲- خواباندن کارخانه.....                               | ۵۷۴ |
| ۱-۳-۳- آلوده شدن محصول.....                                | ۵۷۴ |
| ۱-۳-۴- نشت یا از بین رفتن محصولات با ارزش.....             | ۵۷۴ |
| ۱-۳-۵- اثرات بر روی ایمنی.....                             | ۵۷۴ |
| ۱-۴- مزایای خوردگی.....                                    | ۵۷۴ |
| ۱-۵- مفهوم الکتروود.....                                   | ۵۷۵ |
| ۱-۶- مفهوم پیل الکتروشیمیایی.....                          | ۵۷۶ |
| فصل دوم: ترمودینامیک و سینتیک خوردگی.....                  | ۵۷۷ |
| ۱-۲- ترمودینامیک خوردگی.....                               | ۵۷۷ |
| ۱-۱-۲- تعادل شیمیایی و الکتروشیمیایی.....                  | ۵۷۹ |
| ۱-۲-۱- الکترودهای مرجع.....                                | ۵۷۹ |
| ۱-۲-۳- منحنی‌های پوره؛ پتانسیل بر حسب PH.....              | ۵۸۱ |
| ۲-۲- سینتیک خوردگی.....                                    | ۵۸۲ |
| ۱-۲-۲- پلاریزاسیون (قطبیدگی).....                          | ۵۸۲ |
| ۲-۲-۲- انواع نمودارهای پلاریزاسیون.....                    | ۵۹۲ |
| فصل سوم: روئیدن شدن؛ اثر محیط و عوامل محیطی بر خوردگی..... | ۵۹۳ |

|     |                                                                               |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------|
| ۵۹۳ | ۱-۳- روئین شدن و فلزات روئینه.....                                            |
| ۵۹۵ | ۱-۱-۳- پتانسیل FLADE.....                                                     |
| ۵۹۵ | ۲-۱-۳- انتخاب فلز مناسب در صنعت.....                                          |
| ۵۹۶ | ۳-۱-۳- روش‌های ترسیم منحنی‌های اکتیو - پاسیو.....                             |
| ۵۹۶ | ۲-۳- اثرات محیطی بر خوردگی.....                                               |
| ۵۹۷ | ۱-۲-۳- اثر اکسیژن یا اکسندها.....                                             |
| ۵۹۷ | ۲-۲-۳- اثر سرعت سیال یا تلاطم الکترولیت.....                                  |
| ۵۹۹ | ۳-۲-۳- اثر دما.....                                                           |
| ۵۹۹ | ۴-۲-۳- اثر غلظت و محیط خورنده.....                                            |
| ۶۰۰ | ۵-۲-۳- اثر اتصال گالوانیکی.....                                               |
| ۶۰۱ | ۱-۵-۲-۳- موارد استفاده اثر گالوانیک.....                                      |
| ۶۰۲ | ۲-۵-۲-۳- آلیاژهای متداول.....                                                 |
| ۶۰۳ | ۶-۲-۳- اثر عوامل متالورژیکی.....                                              |
| ۶۰۵ | فصل چهارم: انواع خوردگی.....                                                  |
| ۶۰۵ | ۱-۴- خوردگی یکنواخت.....                                                      |
| ۶۰۶ | ۱-۱-۴- روش‌های جلوگیری از خوردگی یکنواخت یا کاهش آن.....                      |
| ۶۰۶ | ۲-۴- خوردگی گالوانی یا دو فلزی.....                                           |
| ۶۰۶ | ۱-۲-۴- عملکرد پیل گالوانیکی.....                                              |
| ۶۰۷ | ۲-۲-۴- نیروی الکتروموتوری (EMF) و سری گالوانیک.....                           |
| ۶۱۰ | ۳-۲-۴- عوامل مؤثر بر خوردگی گالوانیکی.....                                    |
| ۶۱۲ | ۳-۴- خوردگی‌های موضعی (LOCALIZED CORROSION).....                              |
| ۶۱۴ | ۱-۳-۴- خوردگی شیار یا شکافی CREVICE CORROSION.....                            |
| ۶۱۵ | ۲-۳-۴- خوردگی رشته‌ای یا زیر پوششی (FILLIFORM CORROSION).....                 |
| ۶۱۶ | ۳-۳-۴- خوردگی حفرهای یا سوزنی (PITTING CORROSION).....                        |
| ۶۲۰ | ۴-۳-۴- خوردگی بین‌دانه‌ای یا مرزدانه‌ای (INTERGRANULAR CORROSION).....        |
| ۶۲۲ | ۵-۳-۴- خوردگی بیولوژیکی (BIOLOGICAL CORROSION).....                           |
| ۶۲۳ | ۶-۳-۴- خوردگی انتخابی یا جدایشی (زدایشی) (SELECTIVE LEACHING OR PARTING)..... |
| ۶۲۴ | ۷-۳-۴- خوردگی تنشی (STRESS CORROSION) و SCC.....                              |
| ۶۳۱ | فصل پنجم: روش‌های جلوگیری از خوردگی و کنترل آن.....                           |
| ۶۳۱ | ۱-۵- انتخاب مواد.....                                                         |
| ۶۳۱ | ۱-۱-۵- فلزات و آلیاژها.....                                                   |
| ۶۳۲ | ۲-۱-۵- خواص فلزات.....                                                        |
| ۶۳۲ | ۳-۱-۵- غیر فلزات.....                                                         |
| ۶۳۲ | ۲-۵- تغییرات عوامل محیطی.....                                                 |
| ۶۳۲ | ۱-۲-۵- کاهش دما.....                                                          |
| ۶۳۲ | ۲-۲-۵- کاهش سرعت.....                                                         |
| ۶۳۳ | ۳-۲-۵- خارج کردن اکسیژن و اکسیدکننده‌ها.....                                  |

| عنوان.....                                                                     | صفحه..... |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ۴-۲-۵- تغییر غلظت.....                                                         | ۶۳۳       |
| ۳-۵- بازدارنده‌ها.....                                                         | ۶۳۳       |
| ۱-۳-۵- انواع بازدارنده‌ها.....                                                 | ۶۳۳       |
| ۲-۳-۵- مشکل استفاده از بازدارنده‌ها.....                                       | ۶۳۵       |
| ۴-۵- نکات مربوط به طراحی.....                                                  | ۶۳۵       |
| ۱-۴-۵- ضخامت فلز و آلیاژ.....                                                  | ۶۳۵       |
| ۲-۴-۵- رعایت قواعد طراحی.....                                                  | ۶۳۵       |
| فصل ششم: روش‌های کنترل خوردگی.....                                             | ۶۳۷       |
| ۱-۶- حفاظت کاتدی.....                                                          | ۶۳۷       |
| ۱-۱-۶- حفاظت با اعمال جریان الکتریکی.....                                      | ۶۳۸       |
| ۲-۱-۶- حفاظت کاتدی با استفاده از آند فداشونده.....                             | ۶۳۹       |
| ۲-۶- خوردگی ناشی از جریان‌های سرگردان.....                                     | ۶۴۰       |
| ۱-۲-۶- آندها.....                                                              | ۶۴۱       |
| ۲-۲-۶- نکات مهم در طراحی سیستم حفاظت.....                                      | ۶۴۱       |
| ۳-۶- حفاظت آندی.....                                                           | ۶۴۲       |
| ۴-۶- مقایسه حفاظت کاتدی و آندی.....                                            | ۶۴۳       |
| ۵-۶- پوشش‌ها (COATINGS).....                                                   | ۶۴۳       |
| ۱-۵-۶- انواع پوشش‌ها.....                                                      | ۶۴۳       |
| ۶-۶- انواع محیط‌ها و انتخاب مواد به‌منظور کنترل خوردگی.....                    | ۶۴۴       |
| ۱-۶-۶- محیط‌های اسیدی.....                                                     | ۶۴۴       |
| ۲-۶-۶- محیط‌های قلیایی.....                                                    | ۶۴۵       |
| ۳-۶-۶- محیط‌های اتمسفری.....                                                   | ۶۴۵       |
| ۴-۶-۶- محیط‌های آبی.....                                                       | ۶۴۵       |
| ۵-۶-۶- خاک.....                                                                | ۶۴۵       |
| فصل هفتم: بخش ویژه - ترمودینامیک و پایداری فلزات - منحنی‌های پوربه (E/PH)..... | ۶۴۷       |
| واکنش‌های خوردگی در دیگ‌های بخار.....                                          | ۶۵۳       |
| تست‌های آخر بخش.....                                                           | ۶۵۵       |
| پاسخ تست‌های آخر بخش.....                                                      | ۶۶۱       |
| پیوستها.....                                                                   | ۶۶۶       |