



دانشگاه پیام نور

# شیمی صنعتی ۱

(رشته شیمی)

دکتر علی الیاسی

الیاسی، علی  
شیمی صنعتی ۱ (رشته شیمی کاربردی) / تألیف علی الیاسی. — تهران: دانشگاه  
پیام نور، ۱۳۸۴.  
د، ۲۸۱ ص. : مصور. جدول. — (دانشگاه پیام نور؛ ۱۱۵۷. گروه شیمی؛ ۱/۸۳)  
فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیبا.  
کتابنامه: ص. ۲۸۱.  
۱. آموزش از راه دور. ایران. ۲. شیمی صنعتی — آموزش برنامه‌ای. الف.  
دانشگاه پیام نور. ب. عنوان.  
LC ۵۸۰۸ / الف ۹  
۱۳۸۴  
۳۷۸ / ۱۷۵۰۹۵۵  
کتابخانه ملی ایران ۱۶۹۵۸ - ۸۴ م



دانشگاه پیام نور

شیمی صنعتی (۱)

دکتر علی الیاسی

ویراستار علمی: دکتر حمید مدرس

نمونه خوانی: مدیریت تدوین

طراح جلد: فرشته فلاح دوست

حروفچینی، لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات دانشگاه پیام نور

شمارگان: ۳۰۰۰ نسخه

نوبت و تاریخ چاپ: چاپ اول تیر ۱۳۸۵

شابک ۹ - ۱۸۱ - ۳۸۷ - ۹۶۴

ISBN 964 - 387- 181 - 9

کلیه حقوق برای دانشگاه پیام نور محفوظ است.

قیمت: ۱۸۹۰۰ ریال

## بسم الله الرحمن الرحيم

### پیشگفتار ناشر

کتابهای دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف به صورت درسنامه، آزمایشی، قطعی، متون آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک‌درسی چاپ می‌شود. کتاب درسنامه (د) نخستین ثمره کوششهای علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصلهای مصوب تهیه می‌شود و پس از داوری علمی در گروههای آموزشی، بدون طراحی آموزشی و ویرایش چاپ می‌شود. با تجدیدنظر صاحب اثر و دریافت بازخوردها و اصلاح نارساییها، درسنامه با طراحی آموزشی، ویرایش، و طراحی فنی - هنری به صورت آزمایشی (آ) چاپ می‌شود. با دریافت نظرهای اصلاحی، صاحب اثر در کتاب تجدید نظر می‌کند و کتاب به صورت قطعی (ق) چاپ می‌شود. در صورت ضرورت، در کتابهای چاپ قطعی نیز تجدید نظرهای اساسی به عمل می‌آید یا متناسب با پیشرفت علوم و فناوری بازنویسی می‌شوند. متون آزمایشگاهی (م) متونی است که دانشجویان با استفاده از آن و راهنمایی مربیان کارهای عملی آزمایشگاهی را انجام می‌دهند. کتابهای فرادرسی (ف) و کمک‌درسی (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه می‌شوند. کتابهای فرادرسی با تأیید معاونت پژوهشی و کتابهای کمک‌درسی با تأیید شورای انتشارات تهیه می‌شوند.

مدیریت تدوین

## فهرست

### پیشگفتار

نه

۱

بخش اول: مکانیک سیالات

۳

فصل اول: سیالات و خواص آنها

۳

۱-۱ مکانیک سیالات

۴

۱-۲ تفاوت جامد و سیال

۵

۱-۳ تفاوت گاز و مایع

۶

۱-۴ چگالی، حجم مخصوص، وزن مخصوص، ثقل مخصوص، فشار

۸

۱-۵ سیالات تراکم‌پذیر و تراکم‌ناپذیر

۱۱

۱-۶ سیال ایده‌آل

۱۱

۱-۷ گرانشی

۱۵

۱-۸ کشش سطحی، موئینگی، فشار بخار مایعات

۱۹

مسائل

۲۱

فصل دوم: سیالات ایستا (هیدرواستاتیک)

۲۱

۲-۱ فشار

۲۳

۲-۲ فشار در سیالات ایستا

۲۷

۲-۳ فشار به صورت ارتفاع سیال

۲۹

۲-۴ فشارهای مطلق و نسبی

۳۱

۲-۵ بارومتر

۳۳

۲-۶ اندازه‌گیری فشار

۳۸

۲-۷ نیروی شناوری و قانون ارشمیدس

۳۹

مسائل

|    |                                                                         |
|----|-------------------------------------------------------------------------|
| ۴۳ | فصل سوم: سیالات جاری                                                    |
| ۴۴ | ۳-۱ جریان آرام و متلاطم                                                 |
| ۴۵ | ۳-۲ شدت جریان و سرعت میانگین                                            |
| ۴۸ | ۳-۳ معادله پیوستگی                                                      |
| ۵۰ | ۳-۴ انواع انرژی در جریان سیالات                                         |
| ۵۲ | ۳-۵ معادله عمومی انرژی برای جریان پایای هر نوع سیال                     |
| ۵۶ | ۳-۶ معادله انرژی برای سیالات تراکم‌ناپذیر با جریان پایا و معادله برنولی |
| ۵۸ | ۳-۷ بلندا                                                               |
| ۵۹ | ۳-۸ توان در جریان سیال                                                  |
| ۶۰ | ۳-۹ معادله اوپلر                                                        |
| ۶۲ | ۳-۱۰ معادله حرکت پایا در امتداد یک خط جریان برای سیال حقیقی             |
| ۶۴ | مسائل                                                                   |

|     |                                                          |
|-----|----------------------------------------------------------|
| ۶۷  | فصل چهارم: جریان سیالات تراکم‌ناپذیر در مجراهای تحت فشار |
| ۶۷  | ۴-۱ جریان آرام و متلاطم                                  |
| ۶۹  | ۴-۲ عدد رینولدز بحرانی                                   |
| ۷۰  | ۴-۳ شعاع هیدرولیک                                        |
| ۷۰  | ۴-۴ معادله عمومی اصطکاک                                  |
| ۷۳  | ۴-۵ لوله‌های با مقطع دایره‌ای                            |
| ۷۴  | ۴-۶ جریان آرام در لوله‌های با مقطع دایره‌ای              |
| ۷۶  | ۴-۷ نمودار ضریب اصطکاک                                   |
| ۸۰  | ۴-۸ اصطکاک سیال در لوله‌های با مقطع غیردایره             |
| ۸۳  | ۴-۹ پمپ کردن مایعات                                      |
| ۸۸  | ۴-۱۰ منحنی مشخصه پمپ و سیستم                             |
| ۹۱  | ۴-۱۱ همزدن و اختلاط مایعات                               |
| ۹۵  | ۴-۱۲ آشنایی با وسائل اندازه‌گیری جریان سیالات            |
| ۱۰۱ | مسائل                                                    |

|     |                                      |
|-----|--------------------------------------|
| ۱۰۷ | بخش دوم: انتقال گرما                 |
| ۱۰۹ | فصل پنجم: کلیاتی در مورد انتقال گرما |
| ۱۰۹ | ۵-۱ انتقال گرما و ترمودینامیک        |
| ۱۱۱ | ۵-۲ شکل‌های مختلف انتقال گرما        |
| ۱۱۵ | ۵-۳ انتقال گرمای پایا و ناپایا       |
| ۱۱۶ | مسائل                                |

|     |                                                 |
|-----|-------------------------------------------------|
| ۱۱۹ | فصل ششم: هدایت                                  |
| ۱۱۹ | ۱-۶ قانون فوریه در هدایت                        |
| ۱۲۰ | ۲-۶ هدایت پذیری گرمایی                          |
| ۱۲۵ | ۳-۶ توزیع دما در دیواره های جامد                |
| ۱۳۲ | ۴-۶ انتقال گرما در دیواره های متوالی            |
| ۱۳۴ | ۵-۶ شباهت انتقال گرما و انتقال الکتریسته        |
| ۱۳۷ | ۶-۶ انتقال گرما در استوانه های توخالی (لوله ها) |
| ۱۴۱ | ۷-۶ انتقال گرما در کره های توخالی               |
| ۱۴۱ | ۸-۶ ضریب انتقال گرمایی کلی                      |
| ۱۴۴ | ۹-۶ ضخامت بحرانی عایق                           |
| ۱۴۶ | ۱۰-۶ سیستم های دارای منبع تولید گرما            |
| ۱۵۱ | ۱۱-۶ انتقال گرما ناپایای یک بعدی                |
| ۱۵۵ | مسائل                                           |
| ۱۵۹ | فصل هفتم: همرفت و دستگاههای تبادل گرما          |
| ۱۵۹ | ۱-۷ مقدمه                                       |
| ۱۶۰ | ۲-۷ لایه مرزی گرمایی                            |
| ۱۶۳ | ۳-۷ ضرایب انتقال گرمایی همرفتی                  |
| ۱۶۷ | ۴-۷ مبدل گرمایی                                 |
| ۱۶۹ | ۵-۷ مبدل های گرمایی دو لوله ای                  |
| ۱۸۴ | ۶-۷ مبدل های گرمایی چندگذر                      |
| ۱۹۳ | مسائل                                           |
| ۱۹۵ | فصل هشتم: تابش                                  |
| ۱۹۵ | ۱-۸ مقدمه                                       |
| ۱۹۵ | ۲-۸ مکانیسم فیزیکی تابش                         |
| ۱۹۸ | ۳-۸ خواص تابش                                   |
| ۲۰۷ | ۴-۸ ضریب شکل در تابش                            |
| ۲۱۲ | مسائل                                           |
| ۲۱۵ | بخش سوم: انتقال جرم                             |
| ۲۱۷ | فصل نهم: نفوذ مولکولی                           |
| ۲۱۷ | ۱-۹ مقدمه                                       |
| ۲۱۹ | ۲-۹ نفوذ مولکولی                                |

|     |                                                     |
|-----|-----------------------------------------------------|
| ۲۲۳ | ۳-۹ نفوذ مولکولی در گازها                           |
| ۲۲۹ | ۴-۹ نفوذپذیری گازها                                 |
| ۲۳۳ | ۵-۹ نفوذ مولکولی در مایعات                          |
| ۲۳۴ | ۶-۹ ضریب نفوذ در مایعات                             |
| ۲۳۷ | ۷-۹ کاربردهای نفوذ مولکولی                          |
| ۲۳۸ | مسائل                                               |
| ۲۴۱ | فصل دهم: ضرایب انتقال جرم                           |
| ۲۴۱ | ۱-۱۰ مقدمه                                          |
| ۲۴۱ | ۲-۱۰ ضرایب انتقال جرم                               |
| ۲۴۶ | ۳-۱۰ ضرایب انتقال جرم در جریانهای آرام              |
| ۲۵۲ | ۴-۱۰ ضرایب انتقال جرم در جریانهای متلاطم            |
| ۲۵۳ | ۵-۱۰ ضرایب انتقال جرم در حالت‌های ساده              |
| ۲۵۵ | پرسش                                                |
| ۲۵۷ | فصل یازدهم: مقدمه‌ای بر دستگاه‌های صنعتی انتقال جرم |
| ۲۵۷ | ۱-۱۱ مقدمه                                          |
| ۲۵۷ | ۲-۱۱ مخازن به هم زننده                              |
| ۲۵۸ | ۳-۱۱ برج‌های سینی‌دار                               |
| ۲۶۰ | ۴-۱۱ برج‌های جداره مرطوب                            |
| ۲۶۱ | ۵-۱۱ برج‌های پاششی                                  |
| ۲۶۱ | ۶-۱۱ برج‌های آکنده                                  |
| ۲۶۴ | پرسش                                                |
| ۲۶۵ | ضمائم                                               |
| ۲۸۳ | مراجع                                               |

## پیشگفتار

کتابی که پیش روی خوانندگان قرار دارد با عنوان شیمی صنعتی ۱ و براساس سر فصل‌های اعلام شده توسط وزارت علوم، تحقیقات و فن‌آوری تدوین یافته‌است.

هدف این کتاب آشنا ساختن خوانندگان با مبانی پدیده‌های انتقال شامل انتقال مومنتم، گرما و جرم است. و بر این اساس کتاب در سه بخش با عناوین مکانیک سیالات، انتقال گرما و انتقال جرم تدوین شده‌است.

بدیهی است اغلب فرآیندهای شیمیایی چه در مقیاس نیمه صنعتی (پایلوت پلنت) و چه در مقیاس صنعتی با سه زمینه مورد بحث سروکار دارند. یعنی در بسیاری از چنین فرآیندهایی با مسائلی نظیر جابجایی گازها و مایعات، افت فشار، اختلاط و ... مواجه هستیم که فرد متخصص، اعم از مهندس شیمی و شیمیست را وادار می‌کند که اطلاعات خود را در زمینه مکانیک سیالات افزایش دهد. به‌علاوه در غالب فرآیندهای شیمیایی با مسائلی از قبیل گرم و سرد کردن مواد اولیه و محصولات میانی و نهایی به راه‌های گوناگون سروکار داریم که لازمه درک صحیح این پدیده‌ها و طراحی دستگاه‌های مرتبط مجهز بودن به دانش انتقال گرما است. از طرف دیگر بخش عمده‌ای از فرآیندهای شیمیایی با پدیده‌های جداسازی همراه است و دستگاه‌های جداسازی حجم عظیمی از تجهیزات فرآیند را به خود اختصاص می‌دهد. برای شناخت عملکرد و طراحی چنین دستگاه‌هایی نیز آموختن انتقال جرم ضروری است.

موضوعات فوق هر یک تشکیل درس مجزایی را می‌دهد که گاه پس از مطالعه آنها، به‌دلیل تشابه زیاد بین مفاهیم نظری انتقال مومنتم، گرما و جرم ضرورت مطالعه



تطبیقی هر سه مفهوم در درسی با عنوان پدیده‌های انتقال را اجتناب ناپذیر می‌سازد. در این کتاب سعی شده که مبانی سه مبحث فوق به نحوی ارائه شود که خواننده پس از مطالعه آن اولاً توانایی لازم برای پیگیری بیشتر موضوعات را در سطوح بالاتر پیدا کند. ثانیاً امکان استفاده عملی از آنها را در صنایع شیمیایی داشته باشد. امید است مطالعه این کتاب مورد قبول خوانندگان قرار گیرد و از آنجا که مؤلف خود اذعان به وجود اشکالات در متن دارد، موجب سپاس خواهد بود که موارد را به آگاهی برسانند.

علی الیاسی

دانشیار مهندسی شیمی

سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران