

**اصول محاسبات**

**شیمی صنعتی**

**تدوین:**

**دکتر سیدعلی حسینی**

**عضو هیات علمی دانشگاه ارومیه**

حسینی، سید علی .

اصول محاسبات شیمی صنعتی / تدوین: سید علی حسینی ، ارومیه : دانشگاه ارومیه ، ۱۳۹۶

۳۳۰ ص. : مصور، جدول ، نمودار .- (انتشارات دانشگاه ارومیه: ۱۶۳)

شابک : ۸-۵۳-۶۶۴۸-۶۰۰-۹۷۸

۱- شیمی صنعتی. الف. عنوان. د- فروست.

کتابخانه ملی ۳۶۵۵۶۹۲

TC.۱۴۵. / ح۵ / الف ۶۰. ۱۳۹۳



عنوان: اصول محاسبات شیمی صنعتی

تدوین: دکتر سید علی حسینی

ویراستاران علمی: پروفسور سیروس نوری، خانم دکتر فهیمه فاضل‌نوری

ناشر: دانشگاه ارومیه

سال نشر: ۱۳۹۶

سری انتشارات: ۱۶۳

قیمت: ۳۰,۰۰۰ تومان

شمارگان: ۱۰۰۰

شابک: ۸-۵۳-۶۶۴۸-۶۰۰-۹۷۸

## بنام یگانه خالق هستی

### پیش گفتار

**اصول محاسبات شیمی صنعتی** یکی از دروس اختصاصی رشته شیمی کاربردی در مقطع کارشناسی می‌باشد که در آن دانشجویان با اصول و مفاهیم حاد بات نظیر تبدیل واحدها در سیستم‌های واحدی مختلف، موازنه جرم و انرژی و گاز و بخار آشنا می‌کنند.

تاکنون کتاب منسجم و مستقلی برای این درس نوشته نشده بود. مرجع مورد استفاده برای این درس، کتاب "اصول و مبانی محاسبات در مهندسی شیمی" تألیف هیمل بلاو (ترجمه سوم دکتر سهرابی) است که بیشتر برای رشته مهندسی شیمی تألیف شده و برای دانشجویان از دانشگاهها بعنوان مرجع درس "موازنه جرم و انرژی" رشته های مهندسی استفاده می شود. بخش هایی از این کتاب با مباحث درس شیمی فیزیک ۱ رشته شیمی مشترک است که دانشجویان شیمی کاربردی قبلاً آن را بعنوان پیش نیاز درس اصول محاسبات شیمی صنعتی می‌گذرانند و بیان مجدد آنها در درس اصول محاسبات ضرورتی ندارد. همچنین حجم مطالب کتاب هیمل بلاو زیاد بوده و امکان تدریس تمامی مطالب کتاب در یک ترم تحصیلی وجود ندارد. در نظر گرفتن موارد فوق و تشویق دانشجویان برای تهیه یک کتاب منسجم برای این درس مرا واداشت تا کتابی را برای این درس تدوین کنم. با الگو برداری از کتاب دکتر هیمل بلاو و رعایت سرفصل‌های مربوط به درس اصول محاسبات شیمی صنعتی کتاب حاضر تدوین گردید.

همچنین درس اصول محاسبات شیمی صنعتی یکی از دروس آزمون کارشناسی ارشد شیمی کاربردی می باشد. با توجه به اینکه در سئوالات این درس در آزمون کارشناسی ارشد شیمی کاربردی اکثراً از مطالب کتاب هیمل بلاو استفاده می شود، لذا سعی گردید در تدوین این کتاب از مثالها و تمرینات آن بیشتر استفاده شود. در کنار این، از مطالب و تمرینهای سایر کتب و برخی از سئوالات آزمونهای کارشناسی ارشد سالهای گذشته استفاده شده است.

امید است این کتاب بتواند برای دانشجویان شیمی کاربردی مفید واقع گردد. از خوانندگان عزیز تقاضا می شود با انعکاس نظرات و ایرادات موجود در کتاب، اینجانب را در بهبود کیفیت کتاب یاری نمایند. از آقای دکتر سیروس نوری و سرکار خانم دکتر فهیمه فریسی که ویراستاری علمی کتاب را بر عهده داشتند کمال تشکر و قدردانی را دارم. هونت پژوهشی دانشگاه ارومیه و اداره چاپ و تکثیر دانشگاه ارومیه به خاطر مساعدت در انتشار این اثر قدردانی می نمایم.

سید علی حسینی

دانشگاه ارومیه - تابستان ۱۳۹۶

## عناوین

### فصل اول: مقدمه ای بر اصول محاسبات شیمی صنعتی

- ۳ ۱- مقدمه
- ۵ ۱-۱- ابعاد (دیمانسیون) و آحاد
- ۶ ۲-۱- کسر تبدیل (یک فیزیکی)
- ۱۹ ۳-۱- واحد مقدار ماده در سیستم های متریک و مهندسی
- ۲۱ ۴-۱- کمیات اندازه در روشهای تحلیل و اندازه گیری
- ۲۱ ۱-۴-۱- دانسیته
- ۲۲ ۲-۴-۱- دانسیته نسبی یا جحالی ویژه
- ۲۵ ۳-۴-۱- حجم مخصوص یا حجم ویژه
- ۲۶ ۱-۴-۴- وزن مخصوص یا وزن ویژه
- ۲۶ ۱-۴-۵- دبی (شدت جریان)
- ۲۷ ۱-۴-۷- کسر مولی و کسر وزنی، کسر حجمی
- ۲۸ ۱-۵- تحلیل مسئله
- ۳۱ ۱-۶- غلظت
- ۳۳ ۱-۷- مبناء

۳۶ ۸-۱- دما و وسایل اندازه گیری آن

۴۱ ۹-۱- فشار، واحدها و ابزارهای اندازه گیری

۵۵ ۱۰-۱- خواص فیزیکی و شیمیایی ترکیبات و مخلوطها

۵۶ ۱۱-۱- روش حل مسائل

۵۷ ۱۲-۱- معادله شیمیایی و استوکیومتری

۶۹ مسائل حل شده

۸۲ تمرینات

## فصل دوم: موازنه جرم

۹۰ ۱-۲- قوانین بقا (پایستاری) جرم در فرایندهای شیمیایی و فیزیکی

۹۲ ۲-۲- مبانی موازنه جرم در واحد عملیات فیزیکی و ۱۰۰ عدد فرایندهای شیمیایی

۱۰۴ ۳-۲- جسم رابط

۱۰۸ ۴-۲- جریان برگشتی (نوجرخه)

۱۰۹ ۵-۲- جریان کنارگذر

۱۰۹ ۶-۲- جریان زدایش

۱۱۶ ۷-۲- موازنه جرم در سیستم‌هایی با واکنش‌های تعادلی

۱۲۲ ۸-۲- فرایند احتراق

۱۳۳ ۹-۲- موازنه جرم در فرآیندهای پیوسته ناپایا

۱۳۹ مسائل حل شده

۱۵۶ تمرینات

## فصل سوم: گاز و بخار

۱۶۲ ۱-۳- گازهای کامل

۱۶۴ ۲-۳- جرم مخصوص گاز

۱۶۵ ۳-۳- چگالی ویژه گازها

۱۶۵ ۴-۳- مخلوط گازهای کامل

۱۶۶ ۱-۴-۳- قانون دالتون

۱۶۶ ۲-۴-۳- قانون آماگات

۱۶۷ ۵-۳- گازهای حقیقی و روابط حاکم بر آن

۱۷۱ ۱-۵-۳- معادلات حالت گازهای حقیقی

۱۷۴ حالت بحرانی

۱۷۶ کمیات نقصانی (کاهش یافته)

۱۷۸ ۲-۵-۳- تصحیح معادله حالت گازها با ضرایب تراکم پذیری

۱۸۸ ۶-۳- روابط گازهای حقیقی برای مخلوط گازها

- ۱۸۹ الف) معادله حالت مخلوط گازها
- ۱۸۹ ب) محاسبه متوسط ثابتهای معادله حالت مخلوط گازها
- ۱۹۰ ج) محاسبه ضرایب تراکم پذیری متوسط برای مخلوط گازهای حقیقی
- ۱۹۱ د) مشخصات شبه بحرانی
- ۱۹۵ ۳-۷- فشار بخار
- ۱۹۹ ۳-۸- کیفیت بخار
- ۲۰۲ ۳-۹- بیان غلظت بخار د، مخلوط گاز و بخار
- ۲۰۲ اشباعیت
- ۲۰۳ اشباعیت مولی
- ۲۰۳ اشباعیت نسبی
- ۲۰۴ اشباعیت مطلق
- ۲۰۴ درصد اشباعیت مطلق
- ۲۰۶ ۳-۱۰- میعان و نقطه شبنم
- ۲۱۳ ۳-۱۱- دمای خشک و مرطوب
- ۲۱۴ ۳-۱۲- غلظت بخار آب در هوا
- ۲۱۴ الف) رطوبت (H)



|     |                                       |
|-----|---------------------------------------|
| ۲۱۵ | ب) رطوبت مولی ( $H_m$ )               |
| ۲۱۵ | ج) رطوبت نسبی                         |
| ۲۱۵ | د) رطوبت مطلق                         |
| ۲۱۹ | ۳-۱۳- نمودار رطوبت هوا- بخار آب       |
| ۲۲۱ | ۳-۴- تغییرات فشار بخار با دما         |
| ۲۲۲ | الف) روش کلازیوس کلاپیرون             |
| ۲۲۲ | ب) استفاده از تادله آنتوان            |
| ۲۲۴ | ج) استفاده از نمودارهای کس            |
| ۲۲۵ | ۳-۱۵- فشار بخار مایعات، فشارها، مختلف |
| ۲۲۵ | مسائل حل شده                          |
| ۲۳۵ | تمرینات                               |

## فصل چهارم: موازنه انرژی

|     |                                               |
|-----|-----------------------------------------------|
| ۲۴۰ | ۴-۱- مقدمه ای بر سیستم و انواع آن             |
| ۲۴۱ | ۴-۲- ویژگی های سیستم                          |
| ۲۴۲ | ۴-۲-۱- خواص مقداری (توسعه پذیر یا غیر متمرکز) |
| ۲۴۲ | ۴-۲-۲- خواص شدتی (کیفیتی یا متمرکز)           |

- ۲۴۳ ۳-۴- تابع حالت (تابع نقطه‌ای) و تابع مسیر
- ۲۴۴ ۴-۴- قوانین ترمودینامیک
- ۲۴۵ ۴-۴-۱- قانون صفر ترمودینامیک
- ۲۴۵ ۴-۴-۲- قانون اول ترمودینامیک
- ۲۴۵ ۴-۴-۳- قانون دوم ترمودینامیک
- ۲۴۶ ۴-۴-۴- قانون سوم ترمودینامیک
- ۲۴۶ ۴-۵- حالت تعادل در سیستم
- ۲۴۷ ۴-۶- انرژی و انواع آن
- ۲۵۲ ۴-۶-۱- انرژی جنبشی یا انرژی سینتیک
- ۲۵۳ ۴-۶-۲- انرژی پتانسیل
- ۲۵۳ ۴-۶-۳- انرژی درونی
- ۲۵۵ ۴-۷- بقای انرژی
- ۲۵۹ آنتالپی
- ۲۶۱ ۴-۸- ظرفیت حرارتی (گرمای ویژه)
- ۲۶۳ ۴-۸-۱- تغییرات ظرفیت حرارتی با دما
- ۲۶۶ ۴-۸-۲- ظرفیت حرارتی مخلوط

- ۲۶۹ ۴-۸-۳ - تخمین ظرفیت حرارتی
- ۲۶۹ الف) تخمین ظرفیت حرارتی جامدات
- ۲۶۷ قاعده دولونگ پیت
- ۲۶۸ قاعده کپ
- ۲۷۰ ب) تخمین ظرفیت حرارتی مایعات
- ۲۷۲ ج) تخمین ظرفیت حرارتی بخارها
- ۲۷۳ ۴-۹ - تغییرات آنتالپی در تبدیل فازی
- ۲۷۴ ۴-۹-۱ - گرمای نهان ذوب
- ۲۷۵ ۴-۹-۲ - گرمای نهان تبخیر
- ۲۷۵ الف) روش تروتون
- ۲۷۶ ب) رابطه کلازیوس-کلاپرون
- ۲۷۷ ج) روش های ترسیمی برای تخمین گرمای تبخیر
- ۲۸۲ ۴-۱۰-۱ - موازنه انرژی
- ۲۸۳ ۴-۱۰-۱ - موازنه انرژی در سیستم بسته (بدون واکنش شیمیایی)
- ۲۸۵ ۴-۱۰-۲ - موازنه انرژی در سیستمهای باز بدون واکنش شیمیایی
- ۲۸۹ ۴-۱۰-۳ - موازنه انرژی در سیستم های با واکنش شیمیایی

|     |                                              |
|-----|----------------------------------------------|
| ۲۹۰ | ۴-۱۱- گرمای استاندارد واکنش                  |
| ۲۹۰ | ۴-۱۱-۱- گرمای استاندارد تشکیل                |
| ۲۹۳ | ۴-۱۱-۲- گرمای استاندارد احتراق               |
| ۲۹۷ | ۴-۱۲- مای واکنش و دمای واکنش آدیاباتیک       |
| ۲۹۸ | ۴-۱۳- گرمای واکنش در فشار ثابت و یا حجم ثابت |
| ۳۰۰ | ۴-۱۴- آنتالپی واکنش های تکمیل نشده           |
| ۳۰۴ | ۴-۱۵- گرمای انحلال و اختلاط                  |
| ۳۰۷ | ۴-۱۶- موازنه همزمان جرم انرژی                |
| ۳۱۴ | تمرینات                                      |
| ۳۱۸ | منابع و مراجع                                |
|     | پیوست                                        |