



دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی شیمی، نفت و گاز

ترمودینامیک مخلوط ها

نویسنده:

محمد نادر لطف الهی

دانشیار دانشگاه سمنان

سرشناسه : لطف‌اللهی، محمدنادر، ۱۳۴۶ -
 عنوان و نام پدیدآور : ترمودینامیک مخلوط‌ها/ مؤلف محمدنادر لطف‌اللهی.
 مشخصات نشر : سمنان: دانشگاه سمنان، ۱۳۹۰.
 مشخصات ظاهری : ۲۰۹ص: مصور، جدول .
 شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۵۹۴۰-۳۷-۴
 موضوع : ترمودینامیک
 شناسه افزوده : دانشگاه سمنان
 رده بندی کنگره : ۱۳۹۰ ق ۴ / ۱۴۹ TP
 رده بندی دیویی : ۶۶۰/۳۹۶۹
 شماره کتابشناسی ملی : ۲۵۱۳۳۳۳



ترمودینامیک مخلوط‌ها

- ❑ نویسنده: دکتر نادر لطف‌اللهی
- ❑ ویراستار علمی: دکتر فرشاد ورامینیان
- ❑ صفحه آرای: اسماعیل شجاعی
- ❑ نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۰
- ❑ چاپ: نفیس سمنان
- ❑ شمارگان: ۲۰۰ جلد
- ❑ قیمت: ۷۰۰۰۰ ریال
- ❑ شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۹۴۰-۳۷-۴

حق چاپ محفوظ و متعلق به انتشارات دانشگاه سمنان می باشد.

تلفن انتشارات: ۰۲۳۱-۳۳۲۰۳۹۵

سپاسگزارم. از آقای دکتر ورامینیان نیز به خاطر ویراستاری کتاب تشکر می کنم.
ذکر این نکته لازم است که این کتاب با وجود تلاش نگارنده ، نقایصی به همراه دارد و این نواقص رفع نمی شود تا مگر آن که شما خواننده گرامی اگر به اشتباهی یا ایرادی برخورد کردید یا بخشی از کتاب را نامربوط دانستید پیشنهادات خویش برای رفع نواقص و بهبود هر چه بیشتر کتاب را به آدرس زیر ارسال فرمایید تا در چاپ های بعدی اصلاح شود.
در خاتمه مراتب امتنان خود از مدیریت و کارکنان محترم معاونت پژوهشی دانشگاه سمنان که چاپ این کتاب را میسر کردند ، ابراز می دارم.

محمد نادر لطف اللهی

mnlotfollahi@semnan.ac.ir

خرداد ۱۳۹۰

www.ketab.ir

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: اهمیت و جایگاه ترمودینامیک

۳	۱-۱- مقدمه
۵	۲-۱- اهمیت ترمودینامیک
۶	۱-۲-۱- جداسازی سیستم دو جزئی با فرایند تقطیر
۷	۲-۲-۱- تزریق گاز برای ازدیاد برداشت نفت
۸	۳-۲-۱- فرایند استخراج با حلال
۹	۳-۱- مروری بر قوانین ترمودینامیک
۹	۱-۳-۱- قانون صفرم
۱۰	۲-۳-۱- قانون اول
۱۱	۳-۳-۱- قانون دوم
۱۳	۴-۳-۱- قانون سوم
۱۴	۴-۱- انواع معادلات تعادل فازي در مخلوط ها
۱۵	۵-۱- روش های بررسی تعادلات فازي بر اساس برابری فوگاسیته ها
۱۷	۱-۵-۱- روش $\phi - \phi$
۱۷	۲-۵-۱- روش $\gamma - \phi$
۱۸	۳-۵-۱- روش $\gamma - \gamma$
۱۸	۶-۱- درجه آزادی
۱۹	۷-۱- اهمیت ترمودینامیک مخلوط ها در شبیه سازی فرایندها

فصل دوم: معادلات ترمودینامیکی

۲۵	۱-۲- مقدمه
۳۱	۲-۲- معادلات اساسی در ترمودینامیک مخلوط ها
۳۱	۱-۲-۲- خواص باقیمانده
۳۳	۲-۲-۲- خواص اضافی
۳۵	۳-۲-۲- تغییر خواص ترمودینامیکی در اثر اختلاط و خواص اضافی مخلوط ها
۳۷	۴-۲-۲- انرژی آزاد گیبس اضافی، فوگاسیته و ضرایب فعالیت
۳۷	۵-۲-۲- مدل های ضریب فعالیت

۴۱	۱-۵-۲-۲-۱-۱-۲-۲ مدل NRTL
۴۲	۱-۵-۲-۲-۲-۲-۲ مدل UNIQUAC
۴۵	۱-۵-۲-۲-۲-۲-۲ محدودیت این مدل ها

فصل سوم: معادلات حالت و قوانین اختلاط

۴۹	۱-۳- معادلات حالت درجه سه
۵۰	۲-۳- معادلات حالت درجه سه برای مواد خالص
۵۰	۱-۲-۳- تاریخچه
۵۱	۳-۳- معادلات حالت
۵۲	۴-۳- تابعیت دمایی ضرایب
۵۵	۵-۳- اصلاح تانسیک فشار-حجم در معادله حالت
۶۰	۶-۳- روش های تعمیم معادلات حالت به مخلوط ها
۶۰	۱-۶-۳- قوانین اختلاط درجه دوم کلاسیک
۶۱	۲-۶-۳- قوانین ترکیب
۶۲	۱-۲-۶-۳- قوانین ترکیب تابع ترکیب درصد
۶۵	۳-۶-۳- قوانین اختلاط تابع دانسیته
۶۶	۴-۶-۳- ترکیب معادلات حالت و مدل های انرژی آزاد گیبس اضافی
۶۹	۷-۳- مقایسه با داده های تجربی
۷۱	۸-۳- نتیجه گیری

فصل چهارم: استخراج مایع-مایع

۷۵	۱-۴- استخراج مایع-مایع
۷۶	۲-۴- کاربردهای استخراج مایع-مایع
۷۶	۳-۴- عوامل موثر در انتخاب حلال
۷۸	۴-۴- جداسازی بنزن از برش هگزان به وسیله سولفولان خالص
۷۹	۱-۴-۴- شرح آزمایش ها و تجهیزات
۸۰	۲-۴-۴- آزمایش ها و نتایج
۸۰	۱-۲-۴-۴- جداسازی بنزن از برش هگزان به وسیله سولفولان خالص
۸۱	۲-۲-۴-۴- استفاده از مخلوط سولفولان و ۲-پروپانول به عنوان حلال مخلوط
۸۶	۳-۴-۴- حلال خالص سولفولان برای جداسازی مخلوط بنزن و هگزان
۸۶	۱-۳-۴-۴- شرح آزمایش
۸۷	۲-۳-۴-۴- آزمایش ها و نتایج

۸۷	۴-۳-۳- حلال خالص سولفولان
۹۰	۴-۴-۴- حلال خالص N- فرمیل مورفولین
۹۴	۴-۴-۵- حلال شامل مخلوط سولفولان و N- فرمیل مورفولین
۹۵	۴-۵-۵- معادله UNIQUAC برای مخلوط دو جزئی
۹۷	۴-۵-۱- معادله UNIQUAC برای مخلوط های چند جزئی
۹۸	۴-۵-۲- مدل سازی ترمودینامیکی
۱۰۳	۴-۶-۶- جداسازی مخلوط بنزن و سیکلوهگزان با فرایند استخراج مایع-مایع
۱۰۳	۴-۶-۱- شرح آزمایش و تجهیزات
۱۰۴	۴-۶-۲- نمودار های مثلثی
۱۰۷	۴-۶-۳- حلال N- فرمیل مورفولین

فصل پنجم: تعادلات فازي محلول های الکترولیت

۱۱۱	۵-۱- مقدمه
	۵-۲- بررسی تعادلات فازي سیستم های (آب + نمک + دی اکسید کربن) با معادله حالت
۱۱۱	پنگ رابینسون با افزودن جملات DH و MSA

فصل ششم: محاسبه حداقل فشار امتزاجی با صفر کردن

کشش بین سطحی با روش تماس چندگانه

۱۳۳	۶-۱- مقدمه
۱۳۶	۶-۲- ارائه یک الگوریتم جدید برای محاسبه حداقل فشار امتزاجی
۱۳۶	۶-۲-۱- روش پاراکر
۱۳۷	۶-۲-۲- نظریه گرادیان
۱۳۸	۶-۲-۳- دانسیته انرژی هلمولتز سیال همگن
۱۳۹	۶-۲-۴- ضرایب تأثیر
۱۴۰	۶-۲-۵- گرادیان دانسیته مولی
۱۴۰	۶-۳- معادله حالت و قانون اختلاط
۱۴۱	۶-۴- خواص بحرانی شبه ترکیبات
۱۴۲	۶-۵- الگوریتم محاسبه MMP
۱۴۵	۶-۶- نتایج
۱۴۶	۶-۱- سیستم اول: نفت دو جزئی و گاز تزریقی خالص
۱۴۹	۶-۲- سیستم دوم: نفت سه جزئی و گاز تزریقی خالص
۱۵۱	۶-۳- سیستم سوم: نفت سه جزئی و گاز تزریقی دو جزئی

- ۱۵۲ ۴-۶-۴- سیستم چهارم: نفت یازده جزئی میدان نفتی سناح
- ۱۵۴ ۶-۷- بحث و نتیجه گیری

فصل هفتم: تعادلات فازي در فشار بالا

- ۱۵۹ ۷-۱- مقدمه
- ۱۶۱ ۷-۲- تعادلات فازي سیستم های پلیمر-حلال- CO_2
- ۱۶۴ ۷-۳- ارائه نتایج
- ۱۷۳ ۷-۴- نتیجه گیری
- ۱۷۳ ۷-۵- تعادلات بخار-مایع در فشار بالا برای مخلوط های دوتایی و سه تایی به شدت غیر ایده آل
- ۱۷۳ ۷-۵-۱- مبانی نظری
- ۱۷۶ ۷-۵-۲- نتایج و بحث
- ۱۷۹ ۷-۶- پیش بینی پارامتر برهم کشش دوتایی
- ۱۸۰ ۷-۶-۱- ضریب فوگاسیته
- ۱۸۱ ۷-۶-۲- قانون اختلاط واندروالس
- ۱۸۳ ۷-۶-۳- قانون اختلاط اوربی-سندلر

۱۹۱ مراجع

۱۹۶ فهرست الفبایی