

کاتالیزهای ناهمگن

تألیف:

دکتر رضا مرادی

عضو هیأت علمی دانشگاه رازی

دانشگاه رازی

۱۳۹۲

سرشناسه : مرادی، غلامرضا، ۱۳۳۵-
 عنوان : کاتالیست‌های ناهمگن / مولف غلامرضا مرادی.
 مشخصات نشر : کرمانشاه، دانشگاه رازی، ۱۳۹۲-۲۰۱۴ م.
 مشخصات : ۳۷۵ ص، مصور، جدول، نمودار.
 ظاهری
 فروست : دانشگاه رازی؛ ۳۱۲ : مهندسی شیمی؛ ۱۵.
 شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۵۲۵۸-۷۱-۸
 یادداشت : عنوان به انگلیسی: Heterogeneous catalysts
 یادداشت : کتابنامه
 موضوع : کاتالیز ناهمگن
 مؤلف : شیمی - واکنش‌ها - سرعت
 نشر : دانشگاه رازی
 و پند و سره : ۱۳۹۲ ۲۴ م / QD ۵۰۵
 رده : دیوید ۵۴۱/۳۲



انتشارات دانشگاه رازی ۳۱۲

Heterogeneous catalysts

Razi University Press

© 2014/1392

Print Run: 1000

Price: 140000 Rials

ISBN: 978-600-5458-71-8

Printed in Iran

عنوان کتاب: کاتالیست‌های ناهمگن

تألیف: دکتر غلامرضا مرادی

ناشر: دانشگاه رازی

تاریخ و نوبت چاپ: ۱۳۹۲-اول

شمارگان: ۵۰۰

قیمت: ۱۴۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۲۵۸-۷۱-۸

قطع: وزیری

چاپ: غرب اسکندر ۷۲۹۸۹۳۴ - ۸۲۱

مراکز بغش: تهران: مرکز نشر دانشگاهی ۸۸۵۵۶۱۶۸ - کتابیران ۱۵ - ۶۶۵۶۶۵۱۰ - ۶۶۴۰۷۶۶
 Tehran: Keshavarz: 021 66566510-5 Daneshiran: 021 66416176

کرمانشاه: انتشارات دانشگاه رازی - تلفن ۸۲۳۳۶۵۳۹-۴۲۸۰۸۰۲ - ۸۳۱
 Kermanshah: 0831-8237539- 4280802

Email: publication@razi.ac.ir

مسئولیت درستی مطالب به عهده نویسنده می باشد.

(کلیه حقوق برای دانشگاه رازی محفوظ است)

پیش گفتار

کاتالیست‌های ناهمگن عنوان درسی است که به طور خاص برای گرایش کاتالیست و ترموستیک در دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی ارائه می‌گردد. اگرچه برای همه گرایش‌های مهندسی شیمی کاربرد و پژوهشگران صنعت و دانشگاه که در این عرصه فعالیت می‌کنند قابل استفاده می‌باشد. این کتاب بر اساس تجربیاتم در زمینه تدریس این درس و پروژه‌های دانشگاهی و صنعتی که در رابطه با کاتالیست‌های ناهمگن داشته‌ام نگارش شده است. این کتاب در یازده فصل دسته‌بندی شده است. شش فصل اول بخش اول کتاب را تشکیل می‌دهد که به طور کلاسیک مبانی اساسی کاتالیست‌ها را ارائه می‌کند. فصل اول اختصاص به کلیاتی در رابطه با دسته بندی و کاربرد کاتالیست‌ها دارد. در فصل دوم مراحل انجام واکنشهای کاتالیستی ناهمگن شامل نفوذ، جذب، واکنش سطحی و در نهایت طرح کلی شش فصل سوم اختصاص به جذب شیمیایی و فیزیکی دارد که در تعیین مشخصات پایه و ساختار نقش اساسی دارد. فصل چهارم در رابطه با سینتیک و ساز و کار واکنشهای کاتالیستی ناهمگن بحث میکند. در فصل پنجم روشهای ساخت کاتالیست و انواع پایه‌ها مطرح شده است. در فصل ششم روش متداولتر و در دسترس‌تر مشخصه سازی کاتالیست‌ها ارائه شده است. نظر شخصی اینجاست که شش فصل اول حاوی حداقل لازم برای ورود فرد به عرصه عملی در این زمینه است. این بخش دوم که شامل پنج فصل است سعی شده است تجارب پژوهشی انجام شده‌ی اینجانب در رابطه با تبدیلات گازی شامل تولید گاز سنتز (فصل هفتم)، سنتز فیشر-تروپش (فصل هشتم)، تولید دی‌متیل اتر از گاز سنتز (فصل نهم) و تولید دی‌متیل اتر با آبیگری از متانول (فصل دهم) به طور خلاصه ارائه شود. همچنین فصل یازدهم اختصاص به پژوهشهای انجام شده در رابطه با کاتالیست ناهمگن برای تولید بیودیزل دارد. مسلماً این کتاب در زمره نخستین تالیفات در این زمینه است و لذا بدون ایراد و کاستی نمی‌باشد. اینجانب از دریافت نظرات خوانندگان جهت اصلاح در چاپ‌های بعدی استقبال خواهم کرد.

غلامرضا مرادی - گروه مهندسی شیمی دانشگاه رازی کرمانشاه

صفحه	عنوان
۱	بخش اول کلیاتی در مورد کاتالیست‌ها
	فصل اول کلیات کاتالیست‌های غیر همگن
	مقدمه
۲	۱-۲- دسته بندی کاتالیست‌ها
۳	۱-۳- تاریخچه کاتالیست‌های صنعتی غیر همگن
۷	۱-۴- مفاهیم اساسی کاتالیست‌ها
۸	۱-۴-۱- سرعت ویژه واکنش و کاتالیست
۱۰	۱-۴-۲- ارتباط ثابت تعادل با تبدیل تعادل
۱۲	۱-۴-۳- گزینش پذیری
۱۶	۱-۴-۴- بازده
۱۶	مسایل
۱۸	فصل دوم: مراحل واکنش‌های کاتالیستی
۱۹	۱-۲- مقدمه
۱۹	۲-۲- نفوذ خارجی
۲۳	۲-۳- سرعت واکنش در سطح خارجی
۲۴	۲-۴- سرعت واکنش در سطح داخلی
۲۴	۲-۵- سرعت کلی واکنش
۲۸	۲-۶- آزمون‌های تشخیصی
۳۰	مسایل
۳۳	فصل سوم: جذب سطحی و دفع
۳۵	۱-۳- مقدمه
۳۵	۲-۳- جذب فیزیکی و شیمیایی
۳۶	۳-۳- ایزوترم‌های جذب
۳۷	۳-۱-۳- ایزوترم لانگمیر
۳۷	

۴۶	۳-۳-۱-۱- شکل های دیگر ایزوترم لانگمیر
۴۶	۳-۳-۲- ایزوترم های جذب فیزیکی
۴۳	۳-۳-۳- ایزوترم BET
۴۸	مسائل جذب سطحی
۵۱	فصل چهارم: سینتیک و مکانیزم واکنش های سطحی
۵۱	۴-۱- مقدمه
۵۱	۴-۲- ساز و کار لانگمیر- سینتیک ریدل و ایلی
۵۲	۴-۲-۱- ساز و کار های H ₂
۵۳	۴-۲-۱-۱- تقریب حالت پایدار
۵۴	۴-۲-۱-۲- تقریب شبه تعادلی
۵۶	۴-۲-۱-۳- تقریب مرحله ی برگشت ناپذیر
۵۶	۴-۲-۱-۴- تقریب MARI
۵۷	۴-۲-۱-۵- سطح تقریباً خالی
۶۵	۴-۲-۲- سینتیک واکنش های ایلی- ریدل (ER)
۶۶	مسائل واکنش های سطحی
۶۹	فصل پنجم: روشهای ساخت کاتالیست
۶۹	۵-۱- مقدمه
۷۰	۵-۲- جزء فعال
۷۲	۵-۳- پایه ها
۷۲	۵-۳-۱- آلومینا
۷۳	۵-۳-۲- سیلیکا
۷۵	۵-۳-۳- کربن
۷۵	۵-۳-۴- تیتانیا
۷۶	۵-۳-۵- زئولیت ها و غربال مولکولی
۷۶	۵-۳-۱- ساختار زئولیت ها
۸۰	۵-۳-۲- ساخت غربال های مولکولی

۸۱	۵-۳-۳- تبادل یونی زئولیت‌ها
۸۱	۵-۳-۵- خواص زئولیت‌ها
۸۳	۵-۳-۵- کاربرد به عنوان کاتالیست
۸۴	۵-۴- ارتقاء دهنده‌ها
۸۶	۵-۵- مشخصات کاتالیست‌ها
۸۶	۵-۶- تهیه کاتالیست
۸۷	۵-۶-۱- تلقیح
۸۸	۵-۶-۲- روش رسوبی
۹۱	۵-۶-۳- روش سل ژل
۹۱	۵-۶-۳-۱- مزایای روش سل-ژل
۹۱	۵-۶-۳-۲- شیمی روش سل ژل
۹۳	۵-۷- کلسینه کردن
۹۴	۵-۸- کاهش
۹۷	فصل ششم: تعیین مشخصات کاتالیست‌ها
۹۷	۶-۱- مقدمه
۹۸	۶-۲- پراش اشعه‌ی X (XRD)
۱۰۴	۶-۲-۱- سیستم محورها و شبکه‌ی براوه
۱۰۴	۶-۲-۲- انواع سلول واحد
۱۰۶	۶-۲-۳- شناسایی فازهای بلور با اشعه‌ی X
۱۱۰	۶-۲-۴- اندازه بلور با استفاده از پراش سنجی اشعه ایکس
۱۱۲	۶-۳- طیف سنجی پرتو X
۱۱۳	۶-۴- اندازه گیری‌های برنامه ریزی شده ی دمایی (TPO, TPD, TPR)
۱۱۳	۶-۴-۱- احیاء برنامه ریزی شده ی دمایی
۱۱۴	۶-۴-۲- شرح دستگاه
۱۱۸	۶-۴-۳- دفع برنامه‌ریزی شده دمایی
۱۱۹	۶-۵- آنالیزهای وزن سنجی گرمایی (TGA)

۱۲۰	۶-۶- آنالیزهای دیفرانسیلی گرمایی
۱۳۳	بخش دوم: روش کاربردهای کاتالیست های غیرهمگن
۱۵۵	فصل هشتم: سنتز
۱۶۵	۱-۷- مقدمه
۱۶۶	۲-۷- تولید گاز سنتز
۱۳۰	۱-۲-۷- کاتالیست های سبک پیفرمینگ خشک
۱۳۸	۲-۲-۷- تاثیر افزودنی های مختلف بر عملکرد کاتالیست پروسکایت
۱۴۵	فصل هشتم: سنتز فیشر-کاروش
۱۴۵	۱-۸- مقدمه
۱۴۶	۲-۸- ترمودینامیک و واکنشها
۱۴۹	۳-۸- مکانیسم
۱۵۱	۴-۸- معادله های سرعت
۱۵۲	۵-۸- توزیع محصولات
۱۵۵	۶-۸- نحوه تهیه کاتالیست ها
۱۵۷	۷-۸- شناسایی کاتالیست ها
۱۶۷	۸-۸- بررسی عملکرد کاتالیست ها
۱۷۳	فصل نهم: تولید مستقیم دی متیل اتر از گاز سنتز
۱۷۳	۱-۹- مقدمه
۱۷۴	۲-۹- واکنش های سنتز DME
۱۷۴	۱-۲-۹- سنتز متانول از گاز سنتز
۱۷۴	۲-۲-۹- واکنش تبدیل گاز-آب
۱۷۵	۳-۹- سنتز مستقیم دی متیل اتر
۱۷۷	۱-۳-۹- انواع روش های شیمیایی تهیه کاتالیست سنتز مستقیم دی متیل اتر
۱۷۸	۱-۱-۳-۹- روش های تهیه شیمیایی کاتالیست دو عامله
۱۸۰	۲-۱-۳-۹- نتایج شناسایی کاتالیست های ساخته شده

۱۸۷	۳-۱-۳-۹- بررسی عملکرد
۱۹۳	۲-۳-۹- اختلاط فیزیکی کاتالیست های سنتز متانول . آگیری از متانول
۱۹۴	۲-۳-۹- انجام آزمایشات و ثبت نتایج
۱۹۹	۲-۳-۹- تعیین شرایط عملیاتی بهینه برای کاتالیست منتخب
۲۰۸	۳-۲-۳-۹- نتیجه گیری
۲۱۷	۳-۳-۹- بررسی ساز و کار سینتیک سنتز مستقیم دی متیل اتر
۲۱۷	۳-۳-۱- سینتیک تبدیل متانول
۲۲۱	۲-۳-۳-۹- ساز و کار و سینتیک واکنش آگیری از متانول
۲۲۶	۳-۳-۳-۹- سینتیک و ساز و کار واکنش سنتز مستقیم دی متیل اتر روی کاتالیست های دو عامله
۲۳۵	۴-۳-۹- ترمودینامیک واکنش های تعادلی
۲۳۵	۴-۳-۱- ترمودینامیک واکنش های سنتز C_2H_6
۲۳۶	۲-۴-۳-۹- تعادل در سنتز متانول از گاز سنتز
۲۳۷	۳-۴-۳-۹- تعادل واکنش تبدیل گاز-آب
۲۳۹	۴-۴-۲-۹- تعادل سنتز دی متیل اتر
۲۴۲	۵-۳-۹- فاز عملیاتی برای مطالعه ترموسینتیکی سنتز دی متیل اتر از گاز سنتز
۲۴۶	۶-۳-۹- نتایج و بحث
۲۴۸	۱-۶-۳-۹- اثرات سرعت فضایی و نسبت H_2/CO روی فرایند LPDME
۲۵۲	۲-۶-۳-۹- انتخاب مدل سینتیکی مناسب
۲۵۷	۳-۶-۳-۹- تخمین پارامتر های مدل های سینتیکی
۲۶۳	۴-۶-۳-۹- جمع آوری داده های ترمودینامیکی
۲۶۹	۷-۳-۹- استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی بازده تولید مستقیم DME
۲۷۵	فصل دهم: فرآیند تولید دی متیل اتر با آگیری از متانول

۲۷۵	۱-۱-۱۰-مقدمه
۲۷۵	۱-۲-۱۰-کالیست های تولید دی متیل اثر با استفاده از آبیگری از متانول
۲۸۳	۱-۲-۱۰-بررسی آزمایشگاهی
۲۸۳	۱-۳-۱۰-تعیین مشخصات ارزیابی راکتوری کاتالیست های جامداسیدی جهت تعیین کاتالیست
۲۸۷	۱-۳-۲-۱۰-نتایج تعیین مشخصات کاتالیست ها
۲۸۷	۱-۳-۲-۱۰-آزمون پراش پهن اشعه ایکس (XRD) نمونه ها
۲۹۰	۱-۳-۲-۲-آزمون اندازه گیری متیل استر بسته سطح نمونه ها با روش NH_3 -TPD
۲۹۳	۱-۳-۲-۳-شناسایی عناصر و اندازه گیری ترکیب درصد آنها به روش ICP
۲۹۴	۱-۳-۲-۴-آزمون اندازه گیری مساحت سطح نمونه ها به روش BET
۲۹۵	۱-۳-۲-۵-آزمون وزن سنجی حرارتی (TGA) کالیست های مستعمل
۳۹۷	۱-۳-۲-۶-آنالیز طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR) کاتالیست های تازه و مستعمل
۳۰۰	۱-۳-۲-۷-ارزیابی راکتوری کاتالیست ها
۳۰۵	۱-۴-۱۰-پایداری دو کاتالیست منتخب و اثر حضور آب
۳۰۷	۱-۵-۱۰-نتیجه گیری
۳۰۸	۱-۶-۱۰-بررسی سینتیکی
۳۰۸	۱-۶-۱-بررسی پارامترهای مؤثر در تعیین سرعت ذاتی واکنش
۳۰۹	۱-۶-۲-بررسی مقاومت فیلمی کاتالیست
۳۱۰	۱-۶-۳-بررسی مقاومت نفوذ حفره ای کاتالیست
۳۱۰	۱-۶-۴-شرایط آزمایش جهت انجام آزمون های راکتوری مربوط به سینتیک
۳۱۱	۱-۶-۵-طراحی آزمایش ها و داده های آزمایشگاهی
۳۲۲	۱-۷-۱۰-بررسی محصولات جانبی و غیر فعال شدن کاتالیست
۳۲۴	۱-۸-۱۰-کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی سرعت واکنش آبیگری از متانول

فصل یازدهم: بیودیزل

۳۲۷ ۱-۱-۱- ماده

۳۲۸ ۱-۲- تایا و تایب استفاده از بیودیزل

۳۲۹ ۱-۳- منابع موجود برای تولید بیودیزل

۳۳۰ ۱-۴- کاتالیست‌ها مورد استفاده در تولید بیودیزل

۳۳۱ ۱-۴-۱- کاتالیست‌های همگن بازی و اسیدی

۳۳۲ ۱-۴-۲- کاتالیست‌های ناهمگن

۳۳۳ ۱-۴-۳- کاتالیست‌های ناهمگن اسیدی

۳۳۴ ۱-۴-۴- کاتالیست‌های ناهمگن بازی

۳۳۷ مراجع