

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
	فصل دوم: تئوری
۷	۱-۲- ترکیب زئولیت‌ها
۸	۲-۲- طبقه بندی زئولیت‌ها
۸	۱-۲-۲- دسته‌بندی زئولیت‌های طبیعی و مصنوعی
۱۱	۲-۲-۲- دسته‌بندی زئولیت‌ها بر اساس آرایش فضایی
۱۲	۳-۲-۲- شکل ظاهری
۱۲	۴-۲-۲- وضعیت ساختمانی
۱۲	۳-۲- زئولیت‌های طبیعی و سنتزی
۱۳	۴-۲- شرایط عمومی سنتز زئولیت‌ها
۱۳	۵-۲- سنتز زئولیت‌ها
۱۴	۶-۲- کنترل ساختمان زئولیت‌ها
۱۵	۷-۲- خواص فیزیکی زئولیت‌ها
۱۶	۸-۲- خواص فیزیکوشیمیایی
۱۶	۹-۲- کاربرد زئولیت‌ها
۱۶	۱-۹-۲- تعویض یون
۱۷	۲-۹-۲- فیلتر (غربال) مولکولی
۱۸	۳-۹-۲- جذب سطحی
۱۸	۴-۹-۲- کاتالیزورهای زئولیتی
۱۹	۱۰-۲- سایر کاربردها
۱۹	۱۱-۲- سنتز نانوبلورهای زئولیت
۱۹	۱-۱۱-۲- سنتز نانو بلورهای زئولیت با استفاده از ژل و محلول شفاف
۲۰	۲-۱۱-۲- سنتز نانو بلورهای زئولیت در فضای بسته
۲۱	۱۲-۲- نامگذاری ترکیبات متخلخل
۲۲	۱۳-۲- مکانیسم تشکیل SBA-15
۲۲	۱-۱۳-۲- منبع سیلیسیم
۲۳	۲-۱۳-۲- سورفاکتانت
۲۶	۱۴-۲- فنون فیزیکی - شیمیایی متداول شناسایی و تعیین ساختمان زئولیت‌ها
۲۶	۱-۱۴-۲- استفاده از پراش پرتو ایکس
۲۸	۲-۱۴-۲- روش فلورئورسانس پرتو ایکس

- ۲۸-۲-۱۴-۳- طیف سنجی مادون قرمز.....
- ۲۹-۲-۱۴-۴- میکروسکوپ الکترونی روبش.....
- ۳۰-۲-۱۴-۵- اندازه گیری جذب فیزیکی نیتروژن.....
- ۳۳-۲-۱۴-۶- میکروسکوپ الکترونی عبوری.....
- ۳۳-۲-۱۴-۷- تجزیه حرارتی.....
- ۳۳-۲-۱۴-۷-۱- وزن سنجی گرمایی.....
- ۳۴-۲-۱۵- دستگاہوری در طیف سنجی UV-Vis.....
- ۳۴-۲-۱۶- الکترودهای به طور شیمیایی اصلاح شده.....
- ۳۴-۲-۱۷- الکترودهای اصلاح شده زئولیتی.....
- ۳۵-۲-۱۸- پیل سوختی.....
- ۳۶-۲-۱۸-۱- پیل سوختی متانول مستقیم.....
- ۳۷-۲-۱۸-۲- مزایای پیل سوختی متانول مستقیم.....
- ۳۷-۲-۱۹- انواع کاتالیست‌های مورد استفاده در الکترو اکسایش آندی متانول.....
- ۳۷-۲-۱۹-۱- الکترو کاتالیز اکسایش متانول در محیط اسیدی.....
- ۳۸-۲-۱۹-۲- الکترو کاتالیز اکسایش متانول در محیط قلیایی.....
- ۳۸-۲-۲۰- مطالعات تعادل و سرعت جذب رنگ AzureB بوسیله‌ی زئولیت سنتزی SBA-15 از محلول‌های آبی.....
- ۳۸-۲-۲۰-۱- کلیات.....
- ۳۹-۲-۲۰-۲- لاجورد B.....
- ۴۰-۲-۲۰-۳- جذب سطحی.....
- ۴۱-۲-۲۰-۴- همدمای جذب سطحی.....
- ۴۱-۲-۲۰-۴-۱- همدمای جذب سطحی لانگمویر.....
- ۴۲-۲-۲۰-۴-۲- همدمای جذب سطحی فروندلیچ.....
- ۴۳-۲-۲۰-۵- سرعت جذب.....
- ۴۳-۲-۲۰-۵-۱- الگوی سینتیکی شبه مرتبه اول.....
- ۴۴-۲-۲۰-۵-۲- الگوی سینتیکی شبه مرتبه دوم.....
- ۴۵-۲-۲۱- ساقه گیاه جارو.....

فصل سوم: تجربی

- ۴۶- بخش تجربی.....
- ۴۶-۳-۱- مواد شیمیایی.....
- ۴۶-۳-۲- وسایل و تجهیزات.....
- ۴۷-۳-۳- استخراج سیلیس از ساقه جارو.....
- ۴۸-۳-۴- سنتز نانوذرات سیلیکای مزو متخلخل با استفاده از طاق ساز آلی.....
- ۴۹-۳-۵- الکترودهای مورد استفاده.....
- ۴۹-۳-۵-۱- تهیه الکترودهای کار.....

- ۴۹-۳-۱-۱-۵-۳- الکتروود خمیر کربن ساده.....
- ۴۹-۳-۱-۵-۳- الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با SBA-15 نیکل دار شده (Ni/SBA-15/ CPE).....
- ۵۰-۳-۱-۵-۳- الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با SBA-15 نیکل دار شده واجد نیکل (Ni/NiSBA-15/CPE) II.....
- ۵۰-۳-۶- حذف رنگ AzureB از محلول‌های آبی.....
- ۵۱-۳-۶-۱ تهیه نمونه‌های رنگ.....
- ۷-۲-۱- ترکیب زئولیت‌ها.....
- ۸-۲-۲- طبقه بندی زئولیت‌ها.....
- ۸-۲-۲-۱- دسته‌بندی زئولیت‌های طبیعی و مصنوعی.....
- ۱۱-۲-۲-۲- دسته‌بندی زئولیت‌ها بر اساس آرایش فضایی.....
- ۱۲-۲-۳- شکل ظاهری.....
- ۱۲-۲-۴- وضعیت ساختمانی.....
- ۱۲-۲-۳- زئولیت‌های طبیعی و سنتزی.....
- ۱۳-۲-۴- شرایط عمومی سنتز زئولیت‌ها.....
- ۱۳-۲-۵- سنتز زئولیت‌ها.....
- ۱۴-۲-۶- کنترل ساختمان زئولیت‌ها.....
- ۱۵-۲-۷- خواص فیزیکی زئولیت‌ها.....
- ۱۶-۲-۸- خواص فیزیکوشیمیائی.....
- ۱۶-۲-۹- کاربرد زئولیت‌ها.....
- ۱۶-۲-۹-۱- تعویض یون.....
- ۱۷-۲-۹-۲- فیلتر (غربال) مولکولی.....
- ۱۸-۲-۹-۳- جذب سطحی.....
- ۱۸-۲-۹-۴- کاتالیزورهای زئولیتی.....
- ۱۹-۲-۱۰- سایر کاربردها.....
- ۱۹-۲-۱۱- سنتز نانوبلورهای زئولیت.....
- ۱۹-۲-۱۱-۱- سنتز نانو بلورهای زئولیت با استفاده از ژل و محلول شفاف.....
- ۲۰-۲-۱۱-۲- سنتز نانو بلورهای زئولیت در فضای بسته.....
- ۲۱-۲-۱۲- نامگذاری ترکیبات متخلخل.....
- ۲۲-۲-۱۳- مکانیسم تشکیل SBA-15.....
- ۲۲-۲-۱۳-۱- منبع سیلیسیم.....
- ۲۳-۲-۱۳-۲- سورفاکتانت.....
- ۲۶-۲-۱۴- فنون فیزیکی - شیمیایی متداول شناسایی و تعیین ساختمان زئولیت‌ها.....
- ۲۶-۲-۱۴-۱- استفاده از پراش پرتو ایکس.....
- ۲۸-۲-۱۴-۲- روش فلورئورسانس پرتو ایکس.....
- ۲۸-۲-۱۴-۳- طیف سنجی مادون قرمز.....

۲۹	۴-۱۴-۲ میکروسکوپ الکترونی روبش
۳۰	۵-۱۴-۲ اندازه‌گیری جذب فیزیکی نیتروژن
۳۳	۶-۱۴-۲ میکروسکوپ الکترونی عبوری
۳۳	۷-۱۴-۲ تجزیه حرارتی
۳۳	۱-۷-۱۴-۲ وزن سنجی گرمایی
۳۴	۱۵-۲ دستگاهوری در طیف سنجی UV-Vis
۳۴	۱۶-۲ الکترودهای به طور شیمیایی اصلاح شده
۳۴	۱۷-۲ الکترودهای اصلاح شده زئولیتی
۳۵	۱۸-۲ پیل سوختی
۳۶	۱-۱۸-۲ پیل سوختی متانول مستقیم
۳۷	۲-۱۸-۲ مزایای پیل سوختی متانول مستقیم
۳۷	۱۹-۲ انواع کاتالیست‌های مورد استفاده در الکترو اکسایش آندی متانول
۳۷	۱-۱۹-۲ الکترو کاتالیز اکسایش متانول در محیط اسیدی
۳۸	۲-۱۹-۲ الکترو کاتالیز اکسایش متانول در محیط قلیایی
۳۸	۲۰-۲ مطالعات تعادل و سرعت جذب رنگ AzureB بوسیله‌ی زئولیت سنتزی SBA-15 از محلول‌های آبی
۳۸	۱-۲۰-۲ کلیات
۳۹	۲-۲۰-۲ لاجورد B
۴۰	۳-۲۰-۲ جذب سطحی
۴۱	۴-۲۰-۲ همدم‌های جذب سطحی
۴۱	۱-۴-۲۰-۲ همدمای جذب سطحی لانگمویر
۴۲	۲-۴-۲۰-۲ همدمای جذب سطحی فروندلیچ
۴۳	۵-۲۰-۲ سرعت جذب
۴۳	۱-۵-۲۰-۲ الگوی سینتیکی شبه مرتبه اول
۴۴	۲-۵-۲۰-۲ الگوی سینتیکی شبه مرتبه دوم
۴۵	۲۱-۲ ساقه گیاه جارو

فصل سوم: تجربی

۴۶	بخش تجربی
۴۶	۱-۳ مواد شیمیایی
۴۶	۲-۳ وسایل و تجهیزات
۴۷	۳-۳ استخراج سیلیس از ساقه جارو
۴۸	۴-۳ سنتزنانو ذرات سیلیکای مزو متخلخل با استفاده از طاق ساز آلی
۴۹	۵-۳ الکترودهای مورد استفاده
۴۹	۱-۵-۳ تهیه الکترودهای کار
۴۹	۱-۱-۵-۳ الکترو د خمیر کربن ساده

- ۳-۵-۱-۲- الکتروکد خمیر کربن اصلاح شده با SBA-15 نیکل دار شده (NiSBA-15/ CPE)..... ۴۹
- ۳-۵-۱-۳- الکتروکد خمیر کربن اصلاح شده با SBA-15 نیکل دار شده واجد نیکل (Ni/NiSBA-15/CPE) II..... ۵۰
- ۳-۶-۶- حذف رنگ AzureB از محلول‌های آبی..... ۵۰
- ۳-۶-۱- تهیه نمونه‌های رنگ..... ۵۱
- ۳-۶-۲- روش آزمایشگاهی در حذف رنگ..... ۵۱
- ۳-۶-۳- بررسی پارامترهای تأثیر گذار بر فرایند جذب..... ۵۲
- ۳-۶-۳-۱- اثر زمان تماس و غلظت اولیه رنگ..... ۵۲
- ۳-۶-۳-۲- اثر مقدار جاذب بر حذف رنگ..... ۵۲
- ۳-۶-۳-۳- اثر سرعت بهم خوردن محلول و جاذب..... ۵۲
- ۳-۶-۳-۴- اثر دما..... ۵۲
- ۳-۶-۳-۵- اثر pH..... ۵۳
- ۳-۶-۳-۶- بررسی هم‌دماهای جذبی..... ۵۳
- ۳-۶-۳-۷- بررسی سینتیک جذب..... ۵۳
- ۳-۷- استفاده از نانو زئولیت SBA-15 به عنوان کاتالیزور..... ۵۴

فصل چهارم: بحث و نتیجه‌گیری

- بحث و نتیجه‌گیری..... ۵۵
- ۴- روش‌های مختلف شناسایی و تفسیر ساختمان..... ۵۵
- ۴-۱- آنالیز کیفی سیلیس استخراج شده از ساقه جارو..... ۵۵
- ۴-۱-۱- آنالیز کیفی توسط XRD..... ۵۵
- ۴-۱-۲- آنالیز کیفی توسط FT-IR..... ۵۵
- ۴-۲- آنالیز کمی سیلیس استخراج شده از خاکستر ساقه جارو بوسیله XRF..... ۵۶
- ۴-۳- شناسایی ساختاری نانو زئولیت سنتز شده..... ۵۷
- ۴-۳-۱- طیف مادون قرمز نانو زئولیت SBA-15 سنتز شده..... ۵۷
- ۴-۳-۲- طیف XRD نانو زئولیت SBA-15 سنتز شده..... ۵۸
- ۴-۳-۳- میکروسکوپ الکترونی روبشی..... ۵۹
- ۴-۳-۴- جذب فیزیکی نیتروژن..... ۶۰
- ۴-۳-۵- میکروسکوپ الکترونی عبوری..... ۶۱
- ۴-۳-۶- آنالیز عنصری نانو زئولیت SBA-15 اصلاح شده با نیکل بوسیله EDX..... ۶۲
- ۴-۳-۷- آنالیز حرارتی..... ۶۳
- ۴-۴- کلیات..... ۶۳
- ۴-۴-۱- بررسی ولتاژمتری چرخه ای انواع الکتروکد های خمیر کربن اصلاح شده..... ۶۴
- ۴-۴-۲- بررسی تأثیر مقدار زئولیت اصلاح شده با Ni(II) بکار رفته در ساخت Ni/NiSBA-15/CPE..... ۶۵
- ۴-۴-۳- بررسی رفتار الکترو شیمیایی Ni/NiSBA-15/CPE در محلول قلیایی..... ۶۶
- ۴-۴-۴- اثر ماهیت الکتروکدهای خمیر کربن بر الکترو کاتالیز اکسایش متانول در محیط آبی..... ۶۹
- ۴-۴-۵- بررسی رفتار الکترو شیمیایی متانول در سطح Ni/NiSBA-15/CPE در محلول قلیایی..... ۶۹
- ۴-۴-۶- اثر غلظت بر فرایند اکسایش متانول در سطح Ni/NiSBA-15/CPE..... ۷۱

- ۷۳-۴-۴-۷ اثر سرعت روبش پتانسیل بر فرایند اکسایش متانول در سطح Ni/NiSBA-15/CPE.....
- ۷۴-۴-۴-۸ مطالعات کرنو آمپرومتری فرایند الکترو کاتالیز اکسایش متانول در سطح الکتروود تهیه شده و محاسبه ثابت سرعت کاتالیزوری.....
- ۷۶-۴-۴-۹ نتیجه گیری.....
- ۷۶-۴-۵-۵ جذب رنگ AzureB.....
- ۷۶-۴-۵-۱ رسم منحنی استاندارد.....
- ۷۷-۴-۵-۲ بررسی پارامترهای تأثیر گذار بر فرایند جذب.....
- ۷۷-۴-۵-۲-۱ اثر زمان تماس و غلظت اولیه رنگ.....
- ۷۸-۴-۵-۲-۲ اثر مقدار جاذب بر حذف رنگ.....
- ۷۹-۴-۵-۲-۳ اثر سرعت بهم زدن محلول و جاذب.....
- ۸۱-۴-۵-۲-۴ اثر دما.....
- ۸۳-۴-۵-۲-۵ اثر pH.....
- ۸۴-۴-۵-۲-۶ همدماهای تعادلی جذب سطحی.....
- ۸۶-۴-۵-۲-۷ سینتیک جذب و تعیین مکانیسم.....
- ۸۷-۴-۵-۲-۱ مدل سینتیکی شبه مرتبه اول.....
- ۸۸-۴-۵-۲-۲ مدل سینتیکی شبه مرتبه دوم.....
- ۹۰-۴-۶ نتیجه گیری.....
- ۹۰-۴-۷ سنتز دی هیدروپیریمیدین ها.....
- ۹۲-۴-۸ نتیجه گیری نهایی.....
- ۹۳-۴-۹ پیشنهادات برای کارهای آینده.....

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۹.....	شکل ۱-۲- شمای واحدهای ساختماری اولیه.....
۹.....	شکل ۲-۲- نحوه اتصال واحدهای ساختماری ثانوی برای تشکیل زئولیت.....
۲۲.....	شکل ۳-۲- حفرات SBA-15: Wd: قطر حفره، a: اندازه سلول واحد، W _t : ضخامت دیواره حفره.....
۲۳.....	شکل ۴-۲- ساختارهای مختلف مایلی در محلول. به ترقیب از چپ به راست: کروی، سولندری، لایهای، مایلی معکوس، پوخته دوگانه و لپوزم.....
۲۴.....	شکل ۵-۲- مکایسمهای تشکیل SBA-15: الف) خود انباشتگی، ب) قالب دهنده گی کریستال مایع.....
۲۷.....	شکل ۶-۲- پراش پرتو X توسط یک بلور.....
۲۷.....	شکل ۷-۲- الگوی XRD برای زئولیت SBA-15.....
۲۸.....	شکل ۸-۲- شمایی از دستگاه XRF.....
۳۱.....	شکل ۹-۲- انواع همدمای جذب فیزیکی بر اساس دسته بندی IUPAC.....
۳۲.....	شکل ۱۰-۲- انواع چرخه‌های پسماند مواد مزو متخلخل بر اساس دسته بندی IUPAC.....
۳۶.....	شکل ۱۱-۲- ساختاری از پیل سوختی متانول مستقیم.....
۳۷.....	شکل ۱۲-۲- شمایی از مولکول متانول.....
۴۰.....	شکل ۱۳-۲- ساختار شیمیایی AzureB.....
۵۵.....	شکل ۱-۴- طیف XRD سولیس خاکسترساقه‌ی جارو.....
۵۶.....	شکل ۲-۴- طیف FT-IR سولیس بدست آمده از ساقه جارو.....
۵۸.....	شکل ۳-۴- طیف مادون قرمز نانو زئولیت SBA-15 سنتز شده.....
۵۸.....	شکل ۴-۴- طیف XRD نانو زئولیت SBA-15 سنتز شده.....
۵۹.....	شکل ۵-۴- تصاویر SEM نانو ذرات سولیکای مزو متخلخل با بزرگنمایی‌های الف و ب) بزرگ نمایی بیشتر ج) بزرگ نمایی کمتر.....
۶۱.....	شکل ۶-۴- الف) همدمای جذب نانو ذرات سولیکای مزو متخلخل ب) منحری توزیع اندازه حفرات به روش BJH.....
۶۱.....	شکل ۷-۴- تصوی TEM نانو ذرات سولیکای مزو متخلخل.....
۶۲.....	شکل ۸-۴- آنالیز EDX حاصل از نانو زئولیت SBA-15.....
۶۳.....	شکل ۹-۴- آنالیز TGA حاصل از نانو زئولیت SBA-15.....

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۹	شکل ۱-۲- شمای واحدهای ساختمانی اولیه.....
۹	شکل ۲-۲- نحوه اتصال واحدهای ساختمانی ثانویه برای تشکیل زئولیت.....
۲۲	شکل ۳-۲- حفرات SBA-15: Wd: قطر حفره، a: اندازه سلول واحد، W _t : ضخامت دیواره حفره.....
۲۳	شکل ۴-۲- ساختارهای مختلف مایسل در محلول. به ترتیب از چپ به راست: کروی، سیلندری، لایه‌ای، مایسل معکوس، پیوسته دوگانه و لیپوزم.....
۲۴	شکل ۵-۲- مکانیسم‌های تشکیل SBA-15: الف) خود انباشتگی، ب) قالب دهنده‌گی کریستال مایع.....
۲۷	شکل ۶-۲- پراش پرتو x توسط یک بلور.....
۲۷	شکل ۷-۲- الگوی XRD برای زئولیت SBA-15.....
۲۸	شکل ۸-۲- شمایی از دستگاه XRF.....
۳۱	شکل ۹-۲- انواع همدمای جذب فیزیکی بر اساس دسته بندی IUPAC.....
۳۲	شکل ۱۰-۲- انواع چرخه‌های پسماند مواد مزو متخلخل بر اساس دسته بندی UPAC.....
۳۶	شکل ۱۱-۲- ساختاری از پیل سوختی متانول مستقیم.....
۳۷	شکل ۱۲-۲- شمایی از مولکول متانول.....
۴۰	شکل ۱۳-۲- ساختار شیمیایی AzureB.....
۵۵	شکل ۱-۴- طیف XRD سیلیس خاکستر ساقه‌ی جارو.....
۵۶	شکل ۲-۴- طیف FT-IR سیلیس بدست آمده از ساقه جارو.....
۵۸	شکل ۳-۴- طیف مادون قرمز نانو زئولیت SBA-15 سنتز شده.....
۵۸	شکل ۴-۴- طیف XRD نانو زئولیت SBA-15 سنتز شده.....
۵۹	شکل ۵-۴- تصاویر SEM نانو ذرات سیلیکای مزو متخلخل با بزرگنمایی‌های الف و ب) بزرگ نمایی بیشتر (ج) بزرگ نمایی کمتر.....
۶۱	شکل ۶-۴- الف) همدمای جذب نانو ذرات سیلیکای مزو متخلخل ب) منحنی توزیع اندازه حفرات به روش BJH.....
۶۱	شکل ۷-۴- تصویر TEM نانو ذرات سیلیکای مزو متخلخل.....
۶۲	شکل ۸-۴- آنالیز EDX حاصل از نانو زئولیت SBA-15.....
۶۳	شکل ۹-۴- آنالیز TGA حاصل از نانو زئولیت SBA-15.....
۶۵	شکل ۱۰-۴- ولتاموگرامهای چرخه‌ای (A) الف) CPE، ب) SBA-15/CPE، ج) NiSBA-15/CPE و د) NiSBA-15/CPE (B) بزرگ نمایی بیشتر الف) CPE، ب) SBA-15/CPE در محلول ۰/۱ M سدیم هیدروکسید در سرعت روبش 25mvs^{-1}
۶۶	شکل ۱۱-۴- ولتاموگرامهای چرخه‌ای Ni/NiSBA-15/CPE تهیه شده با نسبت‌های وزنی- وزنی مختلف ۲۰، ۳۰، ۴۰ از زئولیت اصلاح شده با Ni(II) در محلول ۰/۱ M سدیم هیدروکسید واجد ۰/۰۳ M متانول در سرعت روبش 25mvs^{-1}

- شکل ۴-۱۲- ولتاموگرام چرخه‌ای Ni/NiSBA-15/CPE در محلول سدیم هیدروکسید (0.1 M) در چرخه‌های مختلف (a) اول، (b) سوم، (c) پنجم، (d) هفتم، (e) نهم، (f) یازدهم، (g) سیزدهم، (h) پانزدهم در سرعت روبش پتانسیل 25mVs^{-1} ۶۷
- شکل ۴-۱۳- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای Ni/Ni-SBA-15/CPE در محلول 0.1 M سدیم هیدروکسید در سرعت روبش پتانسیل 25mVs^{-1} و چرخه دوم روبش ۶۸
- شکل ۴-۱۴- نمایش طرح گونه مکانیسم الکترو کاتالیز اکسایش متانول در سطح Ni/Ni-SBA-15/CPE ۶۸
- شکل ۴-۱۵- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الف) SBA-15/CPE، ب) NiSBA-15/CPE، ج) Ni/NiSBA-15/CPE در محلول 0.1 M سدیم هیدروکسید واجد 0.3 M متانول در سرعت روبش پتانسیل 25mVs^{-1} ۶۹
- شکل ۴-۱۶- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الف) Ni/NiSBA-15/CPE و ب) CPE در (a) غیاب و (b) حضور 0.3 M متانول در محلول 0.1 M سدیم هیدروکسید در سرعت روبش پتانسیل 25mVs^{-1} ۷۱
- شکل ۴-۱۷- الف) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای Ni/NiSBA-15/CPE در حضور غلظت‌های مختلف متانول، (a) 0.1، (b) 0.03، (c) 0.06، (d) 0.08، (e) 0.1، (f) 0.15، (g) 0.25 در محلول 0.1 M سود، در سرعت روبش پتانسیل در سرعت روبش پتانسیل 25mVs^{-1} ، (ب) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای (a)، (b)، (g) جدا شده از قسمت الف ۷۲
- شکل ۴-۱۸- الف) ولتاموگرام چرخه‌ای Ni/NiSBA-15/CPE در حضور 0.3 M متانول در سرعت‌های روبش (a) 0.05، (b) 0.1، (c) 0.2، (d) 0.4، (e) 0.6، (f) 0.8، (g) 1، (i) $1/2\text{mVs}^{-1}$ (ب) ولتاموگرام‌های چرخه‌ای (a)، (b)، (c) جدا شده از قسمت الف ۷۳
- شکل ۴-۱۹- کرنو آمپرومتری با پله دوگانه Ni/NiSBA-15/CPE در (a) غیاب و حضور (b) 0.05، (c) 0.1 متانول در محلول 0.1 M NaOH، پله پتانسیل اول و دوم برابر با 0.7 و 0.35 V نسبت به الکتروود شاهد و زمان اعمال پتانسیل در هر پله 10 ثانیه است. الف) نمودار تغییرات I_C/I_L بر حسب $t^{1/2}$ استخراج شده از کرنوآمپروگرام‌های (a) و (C). ب) نمودار تغییرات جریان بر حسب $t^{-1/2}$ استخراج شده از کرنوآمپروگرام (a) ۷۵
- شکل ۴-۲۰- منحنی استاندارد AzureB در دمای 25°C ۷۷
- شکل ۴-۲۱- بررسی میزان جذب رنگ AzureB بر حسب زمان در غلظت‌های اولیه مختلف. شرایط: pH= 5/5، rpm = 150، سرعت بهم خوردن محلول، g = 0.1، مقدار جاذب، 25°C دما، nm = 82، اندازه ذرات جاذب ۷۸
- شکل ۴-۲۲- تأثیر مقدار جاذب بر میزان حذف رنگ. شرایط: 100 mg/l = غلظت محلول رنگ، 30 دقیقه = زمان تماس، pH= 5/5، rpm = 150، سرعت بهم خوردن محلول، 25°C دما، nm = 82، اندازه ذرات جاذب ۷۹
- شکل ۴-۲۳- تأثیر سرعت بهم خوردن محلول و جاذب بر میزان جذب رنگ. شرایط: 100 mg/l = غلظت محلول رنگ، pH= 5/5، 25°C دما، nm = 82، اندازه ذرات جاذب ۸۱
- شکل ۴-۲۴- تأثیر دما بر میزان جذب رنگ. شرایط: 100 mg/l = غلظت محلول رنگ، 30 دقیقه = زمان تماس، pH= 5/5، rpm = 150، سرعت بهم خوردن محلول، nm = 82، اندازه ذرات جاذب ۸۲
- شکل ۴-۲۵- تأثیر pH محلول بر میزان جذب رنگ. شرایط: 100 mg/l = غلظت محلول رنگ، 80 دقیقه = زمان تماس، rpm = 150، سرعت بهم خوردن محلول، 65°C دما، nm = 82، اندازه ذرات جاذب ۸۴
- شکل ۴-۲۶- نمودار همدمای جذب سطحی لانگمویر در جذب AzureB بوسیله زئولیت سنتز شده ۸۵
- شکل ۴-۲۷- نمودار همدمای جذب سطحی فروندلیچ در جذب AzureB بوسیله زئولیت سنتز شده ۸۵

- شکل ۴-۲۸- نمودار سرعت شبه مرتبه اول جذب AzureB بوسیله زئولیت..... ۸۷
- شکل ۴-۲۹- نمودار سرعت شبه مرتبه دوم جذب AzureB بوسیله زئولیت..... ۸۹
- شکل ۴-۳۰- طیف (H NMR) ۵-استو-۶-متیل-۴-فنیل-۳،۴-دی هیدروپیریمیدین ۲ (H) اون (۴a)..... ۹۱

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲- مقایسه ویژگی‌های زئولیت‌های طبیعی و مصنوعی.....	۱۲
جدول ۲-۲- مشخصات رنگ AzureB.....	۳۹
جدول ۱-۳- مشخصات مواد شیمیایی مورد استفاده.....	۴۶
جدول ۱-۴- درصد وزنی اکسیدهای موجود در خاکستر ساقه جارو.....	۵۶
جدول ۲-۴- خصوصیات فیزیکی و جذب نانوذرات سیلیکای مزو متخلخل.....	۶۱
جدول ۳-۴- نتایج مربوط به اثر زمان تماس (دقیقه) و غلظت اولیه رنگ AzureB بر حسب mg/l بر روی میزان جذب و معرفی q_t . شرایط: $pH=5.5$, $rpm=150$ =سرعت بهم خوردن محلول، $g=0.1$ =مقدار جذب، $nm=82$ =اندازه ذرات جذب.	۷۷
جدول ۴-۴- تأثیر مقدار جذب بر میزان جذب و حذف و مقدار غلظت تعادلی رنگ AzureB. شرایط: $mg/l=100$ =غلظت محلول رنگ، 30 دقیقه =زمان تماس، $pH=5.5$, $rpm=150$ =سرعت بهم خوردن محلول، $25^{\circ}C$ =دما، $nm=82$ =اندازه ذرات.....	۷۸
جدول ۴-۵- نتایج مربوط به تأثیر سرعت بهم خوردن محلول و جذب بر میزان جذب و معرفی q_e و C_e رنگ. شرایط: $mg/l=100$ =غلظت محلول رنگ، $pH=5.5$, $25^{\circ}C$ =دما، $nm=82$ =اندازه ذرات جذب.....	۸۰
جدول ۴-۶- نتایج مربوط به تأثیر دما بر میزان جذب و معرفی q_e و C_e رنگ AzureB. شرایط: $mg/l=100$ =غلظت محلول رنگ، 30 دقیقه =زمان تماس، $pH=5.5$, $rpm=150$ =سرعت بهم خوردن محلول، $nm=82$ =اندازه ذرات جذب.....	۸۱
جدول ۴-۷- نتایج مربوط به تأثیر pH محلول بر میزان جذب و معرفی q_e و C_e رنگ AzureB. شرایط: $mg/l=100$ =غلظت محلول رنگ، 80 دقیقه =زمان تماس، $rpm=150$ =سرعت بهم خوردن محلول، $25^{\circ}C$ =دما، $nm=82$ =اندازه ذرات جذب.....	۸۳
جدول ۴-۸- پارامترهای جذب سطحی لانگمویر و فروندلیچ در جذب AzureB بوسیله زئولیت سنتز شده.....	۸۶
جدول ۴-۹- پارامترهای سرعت شبه مرتبه اول و دوم در غلظت‌های مختلف اولیه AzureB. شرایط: $g=0.1$ زئولیت، $nm=82$ =اندازه ذرات جذب، $pH=5.5$, $rpm=150$ =سرعت بهم خوردن محلول، $25^{\circ}C$ =دما.....	۸۸
جدول ۴-۱۰- % خطای نسبی $q_{e,cal}$ بر اساس $q_{e,exp}$ در سرعت شبه مرتبه اول.....	۸۹
جدول ۴-۱۱- % خطای نسبی $q_{e,cal}$ بر اساس $q_{e,exp}$ در سرعت شبه مرتبه دوم.....	۸۹

چکیده

این پروژه شامل پنج قسمت به شرح زیر انجام و توضیح داده می شود:

قسمت اول مربوط به استخراج سیلیس از خاکستر ساقه جارو است و آنالیز طیفی آن با XRD، XRF، (FT-IR) انجام شد.

قسمت دوم مربوط به سنتز نانو بلورهای زئولیت سیلیکاتی SBA-15 با استفاده از ماده طاق ساز آلی در اندازه نانومتری می باشد. SBA-15 یکی از مواد مزو متخلخل است که به دلیل داشتن ویژگی های منحصر به فردی همچون سطح ویژه بالا، حفرات بزرگ و سطح مناسب جهت عامل دار شدن با گروه های عاملی گوناگون در بسیاری از زمینه های تحقیقاتی بطور گسترده ای مورد بررسی قرار گرفته است. زئولیت به دست آمده به وسیله فنون پراش اشعه ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، جذب فیزیکی نیتروژن (BET/BJH)، طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (IR-FT) و تجزیه وزن سنجی حرارتی (TGA)، تعیین ساختار شد.

در قسمت سوم، ساختار سیلیکاتی نانو زئولیت SBA-15 توسط یون نیکل به روش تعویض یون اصلاح شد. الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با نانو زئولیت SBA-15 و SBA-15 نیکل دار شده تهیه شد. اثر پارامترهایی نظیر مقدار Ni(II) جذب شده و ترکیب خمیر کربن بر رفتار الکترو شیمیایی الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با NiSBA-15 مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی رفتار الکترو شیمیایی محلول آبی واجد متانول در سطح Ni/NiSBA-15/CPE به روش های مختلف الکتروشیمی تجزیه ای نشان داد که الکتروکاتالیز اکسایش متانول در سطح این الکتروود صورت می گیرد و پتانسیل اکسایش متانول در سطح این الکتروود اصلاح شده از پشت دیواره اکسیداسیون حلال حدود ۴۵۰ میلی ولت به سمت پتانسیل های کم مثبت تر جابجا می شود. همچنین، تاثیر عوامل گوناگون مانند سرعت روبش پتانسیل و غلظت متانول بر الکتروکاتالیز فرایند اکسایش متانول در محیط بازی در سطح این الکتروود اصلاح شده زئولیتی بررسی شد.

در قسمت چهارم، حذف رنگ کاتیونی AzureB از محلول های آبی توسط زئولیت سنتز شده با استفاده از روش جذب سطحی انجام شد. متغیرهای تأثیرگذار بر فرایند جذب مقدار جاذب (۰/۰۰۳ تا ۰/۰۵ گرم)، سرعت بهم خوردن محلول و جاذب (۹۰، ۱۲۰، ۱۸۰ rpm)، pH محلول (۱۰-۲)، دما (۲۵°C)، زمان تماس (۱۰۰-۲۰ دقیقه) و غلظت های مختلف اولیه رنگ (۱۰۰-۲۰ ppm) بررسی و مقادیر بهینه تعیین گردید. بیشینه حذف رنگ، در شرایط pH=۸، سرعت بهم خوردن محلول و جاذب ۹۰ rpm، دما ۶۵°C و زمان تماس ۸۰ دقیقه مشاهده شد.

به منظور تعیین مکانیزم واکنش، دو مدل سینتیکی شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم بکار گرفته شد. سینتیک جذب سطحی از مدل شبه مرتبه دوم پیروی کرده و مکانیزم برهم کنش شیمیایی، محدود کننده سرعت است. همدماهای تعادلی توسط مدل‌های جذب سطحی لانگمویر و فروندلیچ بررسی گردیده و نتایج نشان داد که مدل لانگمویر نسبت به مدل فروندلیچ، سازگاری بهتری با داده‌های تجربی نشان می‌دهد که به مفهوم پوشش تک لایه رنگ روی سطح جاذب سنتز شده است.

در قسمت پنجم، ژئولیت سنتز شده SAB-15 به عنوان کاتالیزور در واکنش بیگینیلی برای سنتز دی هیدروپیریمیدین مورد استفاده قرار گرفت. در این روش استفاده از واکنش سه جزئی مشتقات آروماتیک بنزآلدئید، اوره و ۳و۱ دی کتون در مجاورت ژئولیت اسیدی SAB-15، مشتقاتی از دی هیدروپیریمیدین‌ها در شرایط بدون حلال و در زمان کوتاه در آزمایشگاه آلی دانشگاه مازندران به عنوان بخشی از پایان نامه خانم فرزانه پازوکی دانشجوی کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر یعقوب صرافی مورد استفاده قرار گرفت.

کلمات کلیدی:

خاکستر ساقه جارو، نانو ژئولیت SAB-15، الکتروکدکس کربن اصلاح شده با نانو ژئولیت SAB-15 نیکل دار شده واجد نیکل (II)، الکتروکاتالیز، متانول، Azure B، جذب سطحی، کاتالیزور.

مقدمه:

زئولیت‌ها^۱ بیش از ۲۰۰ سال است که شناخته شده‌اند اما بکارگیری آن‌ها از دهه‌ی پنجاه به بعد آغاز شد. در دهه‌های گذشته واژه‌ی زئولیت متحول گشته و واژه‌ی مواد شبه زئولیتی^۲ برای بیان گسترده‌ی وسیعی از این مواد استفاده شده است. این مواد شامل ساختارهایی از مواد می‌شوند که چارچوب^۳ سه بعدی‌شان از اکسیدهای چهار وجهی^۴ تشکیل شده باشند. اخیراً واژه‌ی نانو متخلخل‌ها^۵ برای بیان زئولیت‌ها و مواد غربال‌کننده‌ی ملکولی استفاده شده است. حدوداً اولین بار یک روزنامه نگار ۴۰ سال گذشته برای ۳۰ تا ۶۰ زئولیت اولین بار در سال ۱۷۵۶ میلادی کوبایی برای زئولیت اصطلاح کانی‌های سحر آمیز را به کار کشف شد [۱]. ابعاد متحدالشکل روزنه‌ها و حفرات توسط کانی شناس سوئدی اکسل فردریک کرونستد^۶ [۳]^۹ مشخص شد که آن را در ابعاد مولکولی و تایلور^۸ [۲] توسط پائولینگ^۷ زئولیت‌ها به روش پرتو اشعه دهد که این ترکیبات به صورت شبکه‌ها نشان می‌گزارش دادند. تجزیه ساختاری و شیمیایی زئولیت موجود در چهار چوب Si/Al کریستالی شامل اکسیژن و آلومینیوم و سیلیس هستند و به کمک نسبت آنیونی آن‌ها از یکدیگر متمایز می‌شوند و یون‌های عناصر دیگر نیز به مقدار کمتر در ساختار آن‌ها وجود دارند [۴]. جذب مایعات و گازها در زئولیت‌ها شواهدی بر وجود خلل و فرج در آن‌ها می‌باشد [۵]. این اشکال طبیعی و تعویض شده برخی زئولیت‌ها مورد تائید قرار گرفته است [۶]. دامور^{۱۰} XRD شواهد توسط در سال ۱۸۵۷ میلادی دریافت بی‌آن‌که شبکه‌ی زئولیت‌ها از هم بپاشد و ویران شود می‌تواند آب خود را از [۷]^{۱۱} در سال ۱۸۹۶ میلادی نشان داد که مایعات گوناگون مانند: بنزین، دست بدهد یا آبیگری کند. فریدل^{۱۱} الکل، کلروفرم و جیوه به وسیله‌ی زئولیت‌هایی که آب خود را از دست داده‌اند جذب می‌شوند.

^۱zeolite

^۲Materials zeolite- like

^۳Framework

^۴Tetrahedral

^۵Nano porous

^۶Cronsted

^۷X- ray diffraction (XRD)

^۸Pauling

^۹Taylor

^{۱۰}Damour

^{۱۱}Friedel

گراندجین^۱ در سال ۱۹۰۹ میلادی نشان داد که بعضی از زئولیت‌ها نظیر: چابازیت^۲ (شابازیت) دارای خاصیت جذب بعضی از گازها نظیر: هیدروژن، اسید سولفوریک، آمونیاک و ... هستند. ویژگی غربال مولکولی^۳ زئولیت‌های بدون آب بوسیله ویگل^۴ و اشتنهف^۵ در سال ۱۹۲۵، گزارش شد [۸]. در واقع می‌توان گفت که زئولیت‌ها صافی‌های معکوس هستند که برعکس صافی‌های متداول مولکولی، مولکول‌های کوچک را در خود نگه می‌دارند و مولکول‌های بزرگتر را بدون ممانعت از خود عبور می‌دهند. در سال ۱۹۱۴ میلادی یک فهرست نوزده‌تایی از زئولیت‌ها ارائه شد و از آن به بعد به‌طور میانگین هر سه سال یک نوع زئولیت جدید کشف شد به‌گونه‌ای که امروزه بالغ بر ۴۱ نوع زئولیت طبیعی ثبت شده است. جانسون^۶ در سال ۱۹۱۴ میلادی، راس^۷ و بریدلی^۸ در سال ۱۹۲۸ میلادی، کر^۹ در سال ۱۹۳۱ میلادی پوسناک^{۱۰} و براملت^{۱۱} در سال ۱۹۳۳ میلادی و فنر^{۱۲} در سال ۱۹۳۶ میلادی به وجود زئولیت‌ها در رسوبات دریاچه‌های شور اشاره کرده‌اند. زئولیت‌های طبیعی فراوان بوده و بعضی از رسوبات حاوی زئولیت دارای یک فاز زئولیتی خاص با خلوص ۹۰٪ می‌باشد. در بین زئولیت‌های طبیعی تنها ۸ نوع به وفور در رسوبات یافت می‌شود که این ۸ نوع عبارتند از: آنالیم^{۱۳}، چابازیت، کلینوپتیلولیت^{۱۴}، اریونیت^{۱۵}، هولاندیت^{۱۶}، لامونیت^{۱۷}، موردنیت^{۱۸} و فیلیپسیت^{۱۹} که یکی از پرکاربردترین و ارزشمندترین گونه زئولیت طبیعی، زئولیت کلینوپتیلولیت است که میلیون‌ها تن از این معادن در ایران وجود دارد.

^۱Gradjean

^۲Chabazite

^۳Molecular sieves

^۴Weigel

^۵Steinhoff

^۶Johnson

^۷Ross

^۸Bradley

^۹Kerr

^{۱۰}Pusnak

^{۱۱}Bramlt

^{۱۲}Fenner

^{۱۳}Analcime

^{۱۴}Clinoptilolite

^{۱۵}Aryunyt

^{۱۶}Heulandite

^{۱۷}Laumonite

^{۱۸}Mordenite

^{۱۹}Phillipsite

محققین پیش از سال ۱۹۵۰ تصور می‌کردند که تشکیل زئولیت‌ها مستلزم ایجاد درجه حرارتی در حدود ۲۰۰ تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد^۱ و دهها اتمسفر فشار می‌باشد. اما در سال ۱۹۵۷ شیمیدان‌ها موفق شدند زئولیت‌هایی در دمای پایین (100°C) و در مقیاس صنعتی تهیه نمایند [۹]. ساخت نخستین زئولیت‌های مصنوعی در سال ۱۸۹۰ گزارش شده است، برای مثال موردنیت، هولاندیت و کلینوپتیلولیت به ترتیب در سال‌های ۱۹۴۸، ۱۹۶۳ و ۱۹۷۷ بطور مصنوعی ساخته شدند. سیر تکامل زئولیت‌های آلومینوسیلیکاتی از دهه‌ی ۱۹۵۰ تا دهه‌ی ۱۹۷۰ اتفاق افتاده است. برر^۲ کار بر روی جذب زئولیت و سنتز آن را در اواسط دهه‌ی ۱۹۳۰ تا دهه‌ی ۱۹۴۰ انجام داد و او پیشگام در این زمینه بود. او اولین طبقه بندی از زئولیت‌های شناخته شده تا آن زمان را بر اساس اندازه‌ی مولکولی در سال ۱۹۴۵ ارائه کرد. در بین سال‌های ۱۹۴۹-۱۹۵۴ میلیتون^۳ و همکارانش تعدادی از زئولیت‌های مصنوعی و تجاری را کشف کردند (نوع Y, X, A) [۱۰]. در سال ۱۹۵۵، رید^۴ و برک^۵ ساختار زئولیت مصنوعی A را گزارش کردند [۱۱]. در سال ۱۹۶۲ موبیل اویل^۶ استفاده از زئولیت‌های X را به عنوان کاتالیزور کراکینگ هیدروکربن‌ها استفاده کرد. در سال ۱۹۶۷-۱۹۶۹ موبیل اویل از سنتز زئولیت‌های با سیلیس بالا (بتا و ZSM-5) خبر داد. کشف نمونه‌های مصنوعی بر پایه الگوی تفرق اشعه‌ی X و ترکیب شیمیایی انجام می‌شود. از سوی دیگر گونه‌هایی فراوان از زئولیت‌های مصنوعی را می‌توان از مواد خام ارزان، با درجه خلوص بالا بدست آورد. این زئولیت‌ها دارای حفرات از ۳ تا ۸ انگستروم^۷ بوده و می‌توانند ملکولهای بزرگ را جذب کنند و ویژگی کاتالیزوری فراوانی دارند. نوع مصنوعی بیشتر برای غربال کردن و کاتالیزور بکار می‌رود ولی نوع طبیعی به عنوان جذب کننده یا تبادل یونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ساختار منظم و فضاهای با ابعاد مولکولی زئولیت، جایگیری و جدا شدن اتم‌هایی با قطر کوچکتر را در خود آسان کرده است. در طول چندین دهه، سنتز زئولیت‌های مصنوعی و مواد مزو متخلخل^۸، با استفاده از مواد آلی مانند آمین‌ها و یون‌های آلکیل آمونیوم که درون حفره‌های زئولیت تولید شده به دام می‌افتند سنتز شده‌اند [۱۲]. از جمله‌ی این مواد مزو متخلخل می‌توان از SBA-15^۹ نام برد که یک زئولیت سیلیکاتی است که به دلیل داشتن ویژگی‌های منحصر به فرد مانند

^۱Centigrade degree ($^{\circ}\text{C}$)

^۲Barrer

^۳Milton

^۴Read

^۵Breck

^۶Oil

^۷Angstrom

^۸Mesoporous

^۹Santa-Barbara Amorphous

سطح ویژه^۱ بسیار زیاد، حفرات بزرگ و مقاومت حرارتی بالا در بسیاری از زمینه‌های تحقیقاتی بطور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است [۱۳]. تولیدکنندگان مهم زئولیت چین، کوبا، ژاپن، آمریکا و مجارستان هستند که در مجموع بیش از سه میلیون تن از تولید زئولیت را به خود اختصاص می‌دهند. سایر کشورها از جمله آفریقای جنوبی، ایتالیا، کانادا، بلغارستان، اسلواکی و جمهوری‌های تازه استقلال یافته شوروی سابق، از نظر تولید زئولیت در رده‌های بعدی جای دارند. آرژانتین، استرالیا، آلمان، اندونزی، لهستان، ایران، فرانسه، یوگسلاوی و ترکیه نیز زئولیت تولید می‌کنند، ولی رقمی قابل توجه را به خود اختصاص نمی‌دهند. تجارت بین‌المللی این ماده معدنی محدود و تولید و مصرف انواع مصنوعی آن در آمریکا، اروپا، ژاپن، کره و تایوان متمرکز است. در ایران نیز گزارش‌های متعددی وجود انواع مختلف زئولیت‌های طبیعی را تایید می‌کنند [۱۴] که بیشتر در مناطق نی باغ (میانه)، سمنان، طلعه (ورامین)، رودهن، طالقان و قلعه عسکر (کرمان) یافت می‌شود. زئولیت عمدتاً در سنگهای آتشفشانی گزارش شده است.

زئولیت‌ها به دلیل دارا بودن ساختار مناسب سبب ایجاد کاربردهای وسیعی مانند ظرفیت تبادل یون کاتیونی، جذب آب بدون ایجاد هیچ تغییر فیزیکی و شیمیایی در زئولیت، به عنوان غربال‌های مولکولی (جداسازی در حالت گازی،...)، کاتالیست (واحدهای کاتالیستی پالایشگاه...) شده است [۱۵]. از کاربردهای رو به رشد زئولیت‌ها می‌توان به کاربرد آن‌ها به عنوان حسگر [۱۶] و یا به عنوان نیمه هادی در ریزپردازنده [۱۷]، در فناوری غشایی جدید و در پزشکی اشاره کرد. قیمت زئولیت‌ها براساس کاربرد آن‌ها تعیین می‌شود. از سال ۱۹۸۸ میلادی، الکترودهای اصلاح شده با زئولیت^۲ها مورد توجه قرار گرفته اند [۱۸]. خواص ارزنده زئولیت‌ها و به خصوص ویژگی‌های جذب سطحی و تعویض یون آن‌ها شناخته شده است [۱۹]. زئولیت‌ها پایداری مکانیکی شبکه معدنی را با توانایی جذب سطحی و تعویض یون که در فرآیندهای مختلفی از این خواص بهره گرفته می‌شود، تلفیق می‌کنند. لذا در الکتروشیمی تجزیه‌ای توانسته‌اند به عنوان اصلاحگرهای الکترودی برای انجام تجزیه‌های الکتروشیمیایی کاربردهای فراوانی پیدا کنند [۲۰].

الکترودهای اصلاح شده، نوعی الکتروود اصلاح شده شیمیایی^۳ هستند که در آن‌ها ماده اصلاحگراز نوع مواد معدنی، آلی و آلی فلزی می‌باشد که می‌توان به خاک‌رس [۲۱]، زئولیت‌ها [۲۲]، کینونها [۲۳]، فروسن و مشتقات آن‌ها [۲۴] و غیره اشاره کرد. الکتروود خمیر کربن^۴ به خاطر دارا بودن ویژگی‌های منحصر بفرد نظیر قیمت ارزان، سادگی تهیه، تخلخل سطح الکتروود، امکان تجدید سطح الکتروود، منطقه الکتروشیمیایی

^۱Specific surface area

^۲Zeolite modified electrode (ZME)

^۳Chemically modified electrode

^۴Carbon paste electrode (CEP)

وسیع آندی بستر مناسبی را برای تثبیت اصلاحگرهای مختلف و در نتیجه تهیه الکترودهای خمیر کربن اصلاح شده متنوع فراهم می‌کند.

مطالعات نشان می‌دهد که فرایندهای الکترو شیمیایی برخی از ترکیبات مهم بیولوژیکی و صنعتی در سطح الکترودهای معمولی از لحاظ سینتیکی کند است. زئولیت‌ها بدلیل ساختار متخلخل و خواص جذب سطحی، می‌توانند ترکیبات گوناگون الکترو فعال را در سطح خود تثبیت کنند و زوج ردوکس تثبیت شده در سطح آن‌ها می‌تواند به عنوان حد واسط در واکنش‌های الکترودی بین الکتروود و گونه شیمیایی محلول دخالت نموده و واکنش مبادله الکترون را تسریع نماید [۲۵]. اولین کار در این زمینه، توسط کرزی^۱ و شاو^۲ انجام شد. آن‌ها با پیش تغلیظ متیلن ویولوژن روی خمیر کربن اصلاح شده با زئولیت A یا Y آن را برای الکتروکاتالیز احیای اکسیژن محلول استفاده کردند [۲۶]. متانول^۳ ترکیب مهمی است که به عنوان سوخت در پیل‌های سوختی مورد توجه قرار گرفته است، اما اکسایش الکترو شیمیایی آن به دلیل پتانسیل اضافی زیاد در نتیجه کند بودن سینتیکی انتقال الکترون آن‌ها در سطح الکترودهای معمولی یا متداول ممکن نمی‌باشد. از این رو مکانیسم و سینتیک اکسایش متانول در شرایط مختلف و همچنین در سطح بسترهای الکترودی متنوع از جمله پلاتین [۲۷]، الکتروود اصلاح شده [۲۸، ۲۹]، نانو چند سازه‌های^۴ [۳۰] و نیکل مطالعه شده است.

زنجانچی و همکاران از متیلن بلو دوپه شده در زئولیت موردنیت برای تهیه الکتروود خمیر کربن استفاده کرده و الکتروود حاصل را برای اندازه‌گیری آمپرومتری اسکوربیک اسید در نمونه‌های حقیقی استفاده نمودند [۳۱]. اوجانی و همکاران از الکتروود اصلاح شده با زئولیت Y حاوی یون‌های نیکل برای الکترواکسایش متانول استفاده کردند [۳۲].

این پایان نامه در پنج قسمت انجام شد. قسمت اول مربوط به استخراج سیلیس از خاکستر ساقه جارو^۵ است. تجزیه عنصری خاکستر ساقه جارو توسط فن فلوئورسانس اشعه^۶ ایکس نشان داد که خاکستر ساقه جارو حاوی مقادیر بالایی از سیلیس می‌باشد. لذا در قسمت دوم کار سیلیس استخراج شده از خاکستر ساقه جارو در سنتز نانوزئولیت SBA-15 با استفاده از ماده طاق ساز آلی^۷ به عنوان عامل تعیین کننده

^۱Creasy

^۲Shaw

^۳Methanol

^۴Composite

^۵Stem Seep Ash (SSA)

^۶X-ray fluorescence

^۷Template

ساختار^۱ و با روش گرمادهی^۲ مورد استفاده قرار گرفت. خصوصیات ساختاری این زئولیت سنتز شده با استفاده از روش‌های پراش اشعه ایکس^۳، طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه^۴، جذب فیزیکی نیتروژن^۵، میکروسکوپ الکترونی عبوری^۶، میکروسکوپ الکترونی روبشی^۷، تجزیه وزن سنجی حرارتی^۸ بررسی شد. در قسمت سوم، رفتار الکترو شیمیایی الکتروکاتالیز اصلاح شده با این نانوزئولیت سنتز شده واجد یون‌های نیکل برای الکتروکاتالیز فرآیند اکسایش متانول مورد بررسی قرار گرفت. در قسمت چهارم، حذف رنگ کاتیونی لاجورد^۹ B از محلول‌های آبی توسط این نانو زئولیت مورد بررسی قرار گرفت. در قسمت پنجم، از این نانو زئولیت به عنوان کاتالیزور در واکنش بیگینیلی^{۱۰} برای سنتز دی هیدرو پیریمیدین استفاده شده است.

^۱ Structure directing agent (SDA)

^۲ Hydrothermal

^۳ X-ray diffraction

^۴ Fourier transform infra red

^۵ Nitrogen physisorption

^۶ Transmission electron microscopy

^۷ Scanning electron microscopy

^۸ Thermal gravimetric analysis

^۹ AzureB (AB)

^{۱۰} Biginelli

بخش تئوری

۲-۱- ترکیب زئولیت‌ها

زئولیت‌ها از دسته کانیهای رسی هستند که همچون سایر کانیهای رسی از پایه هیدروسلیکاتهای آلومینیوم همراه با برخی کاتیونها و اکسیدهای فلزات قلیایی و قلیایی خاکی به ویژه سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، استرانسیم و باریم است و ساختمان سه بعدی نامحدود دارند. این جامدات بلورین دارای منافذ ریزند و آنها را غربال ملکولی نیز نام نهاده‌اند. همه زئولیت‌ها به میزان ۱۰ تا ۲۰ درصد آب در ترکیب خود دارند و تا ۷۰ درصد وزنی خودشان آب جذب می‌کنند و توانایی جذب کاتیون‌ها را دارا می‌باشند. زئولیت‌ها با فرمول شیمیایی عمومی زیر نمایش داده می‌شوند [۳۳].



M یک کاتیون است و n ظرفیت کاتیون است. مجموع (x + y) شمار کل چهار وجهی‌های موجود در هر واحد سلولی زئولیت است. x و y اعداد به طور کامل کوچکی هستند. میزان y از ۲ تا ۷ و میزان w از ۲ تا ۲۰۰ تغییر می‌کند. قسمتی از فرمول که در گروه قرار گرفته است ترکیب اصلی شبکه را نشان می‌دهد. کاتیون‌های فلزی که بار آنیونی اضافی در شبکه آلومینو سیلیکاتی را خنثی می‌سازند، معمولاً از فلزات قلیایی و قلیایی خاکی هستند که می‌توانند با حفظ توازن یونی عمل جانشینی را به طور برگشت پذیر انجام دهند [۳۴] که جذب و جانشینی یونی زئولیت‌ها انتخابی است. باقیمانده‌ی فضای خالی موجود در زئولیت را، مولکول‌های آب پر می‌کنند معمولاً آب موجود در شبکه بلورین زئولیت می‌تواند با عملیات حرارتی به صورت برگشت پذیر آزاد گردد.

زئولیت‌ها بزرگترین گروه تکتوسیلیکات‌ها^۱ (سیلیکات‌های داربستی) را تشکیل می‌دهند که از لحاظ شیمیایی به کمک نسبت Si/Al موجود در چهار چوب آنیونی آنها از یکدیگر متمایز می‌شوند. مقاومت اسیدی و پایداری گرمایی زئولیت‌ها با افزایش نسبت Si/Al افزایش می‌یابد.

زئولیت‌ها در ساختارهای متعددی وجود دارند و ۳۵ نوع آرایش فضایی^۲ مختلف در آنها شناسایی شده است که احتمالاً انواع بیشتری نیز وجود خواهد داشت. ساختمان بلوری شکل زئولیت‌ها در حرارت بیش از ۶۵۰ درجه سانتیگراد تغییر یافته و از هم می‌پاشد و زئولیت تبدیل به آلومینیم سیلیکات بی‌شکل شده و

^۱Tectosilicates

^۲Topology