

سَمِيعٌ عَلِيمٌ

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم تحقیقات و فناوری



۱۳۵۰

دانشگاه اراک

دانشکده علوم پایه

کارشناسی ارشد رشته شیمی (گرایش شیمی معدنی)

تهیه نانو کامپوزیت OMS-2/NaY و بررسی فعالیت

کاتالیزوری آن در اکسیداسیون فنل

نگارش:

محبوبه حدادی

استاد راهنما:

دکتر مژگان زنده دل

استاد مشاور:

دکتر وحید مهدوی

زمستان ۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

تهیه نانو کامپوزیت زئولیت/OMS و بررسی خواص کاتالیزوری آن در

واکنش اکسایش فنل

توسط:

محبوبه حدادی

ارائه شده به مدیریت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای
اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته :

شیمی (گرایش معدنی)

دانشگاه اراک

اراک-ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه:

دکتر مژگان زنده دل (استاد راهنما).....
دانشیار

دکتر وحید مهدوی (استاد مشاور).....
استادیار

دکتر سعید امانی (مدعو داخلی).....
استاد

زمستان ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

و

همراه زندگیم

همسرم

«سپاسی برتر از هر سپاس دیگری، آن گونه که پروردگار ما از تمام آفریدگان خود برتر است»

سپاس خدائی را که اول است و پیش از او اولی نبود و آخر است بی آنکه بعد از او آخری باشد. سپاس خدائی را که خود را به ما شناساند و راه
سپاسگزاری و شکرگزاری اش را به ما الهام کرد و درهای علم و ربوبیت خود را به روی ما گشود و ما را به اخلاص در توحید و یگانگی اش راهبری
کرد.

حمد و سپاسی که آن چنان ما را به خدا نزدیک کند که جا را برای فرشتگان مقرب او تنگ کنیم و در آن اقامتگاه جاوید که جایگاه کرامت و
عزت اوست و تحویل و دگرگونی نپذیرد، در جمع پیامبران مرسل درآیم.

پاسکزاری

از تالی اساتید خود که در تمام دوران تحصیل همچون شمسی فروزان بی ادعا در مقابل چشمانم آب شدند تا سیر علمی ام را روشنی بخشید پاسکزارم و سپاس مخصوص:
از استاد دکتر اقدار و عزیزم خانم دکتر مریم گلان زنده دل که راهنمای من در این پروژه بوده اند و در به اتمام رساندن این پایان نامه ایجاب را مساعدت کرده اند، کمال
تشکر و قدردانی را دارم و بهترین ها را برای ایشان آرزو مندم.

از استاد ارجمند جناب آقای دکتر وحید مهدوی که مشاوره این پایان نامه را پذیرفتند و همیشه پاسخگوی من بودند پاسکزارم.
از جناب آقای پروفیسور سعید امامی که زحمت داوری این پایان نامه را تقبل کرده اند و افتخار نگارگری ایشان را داشته ام، پاسکزاری می نمایم.

از پدر و مادر بزرگوارم که همیشه پشتیبان و حامی من هستند و از خواهران و برادران عزیزم که یاریگر من بوده اند، نهایت پاسکزارم.

چکیده

در این پروژه نانوکامپوزیت‌های OMS-2 / NaY / MCM-41 , OMS-2 / NaY , M-OMS-2 / NaY / MCM-41 , M-OMS-2 / NaY / MCM-41 (M=Ni,Co,Cu) تهیه شدند و توسط روش‌های FT-IR , XRD , TGA و SEM مورد بررسی قرار گرفتند. برای تعیین فعالیت کاتالیست‌ها , واکنش اکسایش فنل توسط کاتالیست‌های کامپوزیت انجام شد و بیشترین راندمان محصول توسط کامپوزیت‌های Cu-OMS-2 / NaY و Cu-OMS-2 / NaY / MCM-41 با مقادیر ۷۴/۶۳ و ۶۱/۷۵ درصد به دست آمد. در این سیستم کاتالیزوری اثر تغییر مقدار کاتالیزور, نوع حلال, زمان, تغییر نسبت اکسنده به ماده اولیه, اثر قابلیت تکرارپذیری و کاربرد مجدد مورد بررسی قرار گرفته است. قابلیت بازیابی کامپوزیت‌های کاتالیزوری و انجام واکنش اکسایش بدون تشکیل محصولات جانبی از جمله مزایای کامپوزیت‌ها می‌باشد.

فصل اول: مقدمه و تئوری

۱-۱- تعریف کاتالیزور	۲
۲-۱- تاریخچه	۲
۳-۱- انواع کاتالیزورها	۳
۱-۳-۱- کاتالیزور ناهمگن	۴
۴-۱- فرآیندهای کاتالیزور ناهمگن	۴
۱-۴-۱- کاتالیزورهای انباشته	۴
۲-۴-۱- کاتالیزورهای پایه دار	۵
۵-۱- ویژگی های کاتالیزور ناهمگن	۵
۶-۱- عملیات لازم برای ساخت کاتالیزور	۵
۱-۶-۱- کلسینه و فعال نمودن	۶
۷-۱- راه های افزایش سطح کاتالیزور	۶
۸-۱- مکانیسم اکسیداسیون کاتالیزوری	۶
۹-۱- تاریخچه ی مواد غربال کننده ی مولکولی	۸
۱۰-۱- دسته بندی مواد حفره دار و واکنش های اکسیداسیون	۹
۱۱-۱- زئولیت	۱۰
۱-۱۱-۱- تاریخچه	۱۰
۲-۱۱-۱- زئولیت Y	۱۴
۳-۱۱-۱- کاربردهای زئولیت ها	۱۵
۱-۳-۱۱-۱- کاربرد زئولیت به عنوان کاتالیست	۱۵
۴-۱۱-۱- خاصیت اسیدی زئولیت	۱۶
۱۲-۱- مزوپورها	۱۷

۱۹	..... MCM-41 مزوپور ۱-۱۲-۱
۲۰	..... MCM-41 مکانسیم کلی تهیه ۲-۱۲-۱
۲۱	..... مکانسیم الگوسازی بلور مایع ۳-۱۲-۱
۲۳	..... ۱۳-۱-۱ غربال های مولکولی اکسید منگنز اکتاهدرال (OMS-2)
۲۴	..... ۱۴-۱-۱ اشکال کنترل شده کاتالیزورهای OMS-2
۲۶	..... ۱۵-۱-۱ فعالیت های انجام شده با به کارگیری کاتالیزورهای اکسید منگنز
۲۹	..... ۱۶-۱-۱ کامپوزیت
۳۰	..... ۱۷-۱-۱ نانو کامپوزیت ها
۳۱	..... ۱۸-۱-۱ ضرورت اکسایش فنل
۳۲	..... ۱۹-۱-۱ معرفی
۳۳	..... ۲۰-۱-۱ شیمی فنل
۳۵	..... ۲۱-۱-۱ محصولات تشکیل شده در طول اکسیداسیون فنل
۳۶	..... ۱-۲۱-۱-۱ هیدروکینون
۳۷	..... ۲-۲۱-۱-۱ کتکول
۳۸	..... ۲۲-۱-۱ هیدروکسیله شدن فنل
۳۸	..... ۲۳-۱-۱ آزمایش انجام شده

فصل دوم: بخش تجربی

۴۰	..... ۱-۲-۱ معرفی مواد شیمیایی
۴۰	..... ۲-۲-۱ آزمایش های انجام شده
۴۰	..... ۳-۲-۱ دستگاه ها
۴۰	..... ۱-۳-۲ پراش پرتو ایکس (XRD)
۴۱	..... ۲-۳-۲ آنالیز حرارتی (TGA, DSC)

۴۱	۲-۳-۳- طیف سنج مادون قرمز (FT-IR)
۴۱	۲-۳-۴- میکروسکوپ الکترونی (SEM)
۴۲	۲-۴-۴- تهیه K-OMS-2 و M-OMS-2 (M=Ni, Co, Cu)
۴۲	۲-۴-۱- سنتز مولکولارسیو OMS-2 کریپتوملان
۴۲	۲-۴-۲- تهیه کاتالیزور M-OMS-2 (M=Ni, Co, Cu)
۴۳	۲-۵-۵- تهیه کامپوزیت های زئولیت
۴۳	۲-۵-۱- تهیه کامپوزیت K-OMS-2 / Na Y
۴۳	۲-۵-۲- تهیه مزوپور MCM-41
۴۳	۲-۵-۳- تهیه کامپوزیت M-OMS-2/ NaY/ MCM-41
۴۴	۲-۶- تست راکتوری و انجام واکنش اکسایش فنل با کاتالیزورهای سنتز شده
۴۴	۲-۷- آنالیز محصولات و شرایط آن
۴۵	۲-۸- اکسیداسیون فنل تحت کاتالیزورهای سنتز شده
۴۵	۲-۹- بررسی اثر حلال در اکسایش فنل
۴۵	۲-۱۰- بررسی اثر مقدار کاتالیزور در اکسایش فنل
۴۶	۲-۱۱- بررسی اثر تغییر نسبت اکسیدکننده به ماده اولیه
۴۶	۲-۱۲- بررسی قابلیت کاربرد مجدد کاتالیزور
۴۶	۲-۱۳- بررسی اثر زمان و دما در اکسایش فنل

فصل سوم: بحث و نتیجه گیری

۴۸	۳-۱- تعیین مشخصات ساختاری کاتالیزور
۴۸	۳-۱-۱- طیف بینی مادون قرمز IR
۴۹	۳-۲- بررسی طیف های IR
۴۹	۳-۲-۱- طیف مادون قرمز زئولیت NaY

۴۹	..... طیف مادون قرمز OMS-2	۳-۲-۲
۴۹	..... طیف مادون قرمز MCM-41	۳-۲-۳
۵۰	..... طیف مادون قرمز کامپوزیت OMS-2 / NaY	۳-۲-۴
۵۰	..... طیف مادون قرمز Cu-OMS-2 / NaY	۳-۲-۵
۵۱	..... طیف مادون قرمز Co-OMS-2 / NaY	۳-۲-۶
۵۱	..... طیف مادون قرمز Ni-OMS-2 / NaY	۳-۲-۷
۵۲	..... طیف مادون قرمز OMS-2/NaY/MCM-41	۳-۲-۸
۵۲	..... طیف مادون قرمز Cu-OMS-2 / NaY/MCM-41	۳-۲-۹
۵۳	..... طیف مادون قرمز Co-OMS-2 / NaY/MCM-41	۳-۲-۱۰
۵۳	..... طیف مادون قرمز Ni-OMS-2 / NaY/MCM-41	۳-۲-۱۱
۵۴	..... پراش اشعه X و تعیین اندازه ذرات	۳-۱-۲
۵۵	..... شناسایی توسط XRD	۳-۳
۵۵	..... بررسی الگوی XRD نمونه MCM-41	۳-۳-۱
۵۵	..... بررسی الگوی XRD کاتالیزور OMS-2	۳-۳-۲
۵۶	..... بررسی الگوی XRD زئولیت NaY	۳-۳-۳
۵۷	..... بررسی الگوی XRD کامپوزیت OMS-2/NaY	۳-۳-۴
۵۷	..... بررسی الگوی XRD کامپوزیت Cu-OMS-2/NaY	۳-۳-۵
۵۷	..... بررسی الگوی XRD کامپوزیت OMS-2 /NaY/ MCM-41	۳-۳-۶
۵۸	..... بررسی الگوی XRD کامپوزیت Cu-OMS-2/NaY/MCM-41	۳-۳-۷
	..... تکنیک SEM (میکروسکوپ الکترون روبشی)	۳-۱-۳
۵۸	..... تعیین مورفولوژی و اندازه ذرات	
۵۹	..... بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی	۳-۴
۵۹	..... تصویر میکروسکوپ الکترونی K-OMS-2	۳-۴-۱

۶۰	۳-۴-۲- تصویر میکروسکوپ الکترونی MCM-41
۶۱	۳-۴-۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی زئولیت NaY
۶۱	۳-۴-۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی کامپوزیت OMS-2/NaY
۶۱	۳-۴-۵- تصویر میکروسکوپ الکترونی کامپوزیت OMS-2/NaY/MCM-41
۶۲	۳-۴-۶- تصویر میکروسکوپ الکترونی کامپوزیت Cu-OMS-2/NaY
۶۲	۳-۴-۷- تصویر میکروسکوپ الکترونی کامپوزیت Cu-OMS-2/NaY/MCM-41
۶۲	۳-۱-۴- آنالیز حرارتی
۶۳	۳-۵-۵- بررسی ترموگرام های TGA
۶۳	۳-۵-۱- ترموگرام TGA کامپوزیت Cu-OMS-2 / NaY
۶۳	۳-۵-۲- ترموگرام TGA کامپوزیت Cu-OMS-2/NaY/MCM-41
۶۴	۳-۶-۶- بررسی واکنش اکسایش فنل در حضور کاتالیزور
۶۴	۳-۶-۱- اثر نوع فلز مرکزی بر اکسایش فنل
۶۷	۳-۶-۲- بررسی اثر زمان و دما در واکنش اکسیداسیون فنل توسط H ₂ O ₂
	۳-۶-۳- بررسی اثر حلال در اکسیداسیون فنل با H ₂ O ₂ در حضور کاتالیزورهای
۶۸	Cu-OMS-2 / NaY / MCM-41 و Cu-OMS-2 / NaY
۷۰	۳-۶-۴- بررسی اثر مقدار کاتالیزور در اکسیداسیون فنل توسط H ₂ O ₂
	۳-۶-۵- بررسی اثر کاربرد مجدد کاتالیزورهای Cu-OMS-2 / NaY و
۷۱	Cu-OMS-2/NaY/MCM-41 در واکنش اکسیداسیون فنل توسط H ₂ O ₂
۷۳	۳-۶-۶- بررسی اثر نوع اکسید کننده در واکنش اکسیداسیون فنل توسط H ₂ O ₂
۷۴	۳-۷-۷- مکانیسم واکنش اکسایش فنل
۷۵	۳-۸- نتیجه گیری
۱۰۳	منابع

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱): روش اکسومتال و پروکسومتال ۸
- شکل (۲-۱): نمودار توزیع اندازه حفره برای انواع مختلف حفره های سیلیکا ۱۰
- شکل (۳-۱): ساختار شبکه ای زئولیت ۱۳
- شکل (۴-۱): ساختار زئولیت Y ۱۵
- شکل (۵-۱): سایت های اسیدی زئولیت ۱۷
- شکل (۶-۱): ساختار MCM-50, MCM-48, MCM-41 ۱۸
- شکل (۷-۱): مکانیسم کلی تشکیل MCM-41 ۲۱
- شکل (۸-۱): مسیرهای سنتز MCM-41 از طریق مکانیسم الگوسازی بلور مایع ۲۲
- شکل (۹-۱): ساختار کاتالیزور OMS-2 ۲۴
- شکل (۱۰-۱): ساختار لایه ای کریپتوملان ۲۵
- شکل (۱۱-۱): ساختار تونلی K-OMS-2 ۲۶
- شکل (۱۲-۱): تبدیل شکل لایه ای به تونلی ۲۶
- شکل (۱۳-۱): مکانیسم مارس-وان-کرولن ۲۸
- شکل (۱۴-۱): مکانیسم فرضی اکسایش الکل ها ۲۸
- شکل (۱۵-۱): شیمی فنل به ترکیبات دیگر ۳۲
- شکل (۱۶-۱): مکانیسم اکسایش فنل ۳۳
- شکل (۱۷-۱): ساختار رزونانسی رادیکال فنوکسی ۳۴
- شکل (۱۸-۱): ایزومرهای دی هیدروکسی بنزن ها ۳۵
- شکل (۱۹-۱): اکسیداسیون هیدروکینون به بنزوکینون ۳۶
- شکل (۲۰-۱): هیدروکسیله شدن فنل ۳۸
- شکل (۱-۳): الگوی XRD نمونه MCM-41 ۵۵
- شکل (۲-۳): طیف XRD کاتالیزور OMS-2 ۵۶

۵۶	شکل (۳-۳): طیف XRD نمونه زئولیت Y
۵۹	شکل (۴-۳): تصویر SEM نمونه OMS-2
۶۰	شکل (۵-۳): تصویر SEM نمونه Cu-OMS-2
۶۰	شکل (۶-۳): تصویر SEM نمونه MCM-41
۶۱	شکل (۷-۳): تصویر SEM زئولیت NaY
	شکل (۸-۳): بررسی اثر زمان بر اکسایش فنل در حضور
۶۸	کاتالیزور Cu-OMS-2 / NaY
۶۹	شکل (۹-۳): نمودار درصد تبدیل با توجه به نوع حلال
	شکل (۱۰-۳): نمودار درصد تبدیل با توجه به نوع حلال در حضور
۶۹	Cu-OMS-2/NaY/MCM-41
	شکل (۱۱-۳): اثر مقدار کاتالیزور بر واکنش اکسایش فنل
۷۱	در حضور کاتالیزور Cu-OMS-2 / NaY
	شکل (۱۲-۳): اثر مقدار کاتالیزور بر واکنش اکسایش فنل
۷۱	در حضور Cu-OMS-2/NaY/MCM-41
	شکل (۱۳-۳): اثر بازیابی کاتالیزور بر اکسایش فنل
۷۲	در حضور کاتالیزور Cu-OMS-2 / NaY
	شکل (۱۴-۳): اثر بازیابی کاتالیزور بر اکسایش فنل
۷۲	در حضور Cu-OMS-2/NaY/MCM-41
	شکل (۱۵-۳): مکانیسم واکنش اکسایش فنل با کاتالیزور ناهمگن
۷۴	در حضور H ₂ O ₂
۷۵	شکل (۱۶-۳): محصولات جانبی در اکسایش فنل در حضور کاتالیزور ناهمگن
۷۶	شکل (۱۷-۳): طیف مادون قرمز NaY
۷۷	شکل (۱۸-۳): طیف مادون قرمز OMS-2

- شکل (۳-۱۹): طیف مادون قرمز OMS-2/ NaY ۷۸
- شکل (۳-۲۰): طیف FT-IR مربوط به MCM-41 ۷۹
- شکل (۳-۲۱): طیف مادون قرمز OMS-2 / NaY / MCM-41 ۸۰
- شکل (۳-۲۲): طیف مادون قرمز Cu-OMS-2 ۸۱
- شکل (۳-۲۳): طیف مادون قرمز Cu-OMS-2 / NaY ۸۲
- شکل (۳-۲۴): طیف مادون قرمز Cu-OMS-2 / NaY / MCM-41 ۸۳
- شکل (۳-۲۵): طیف مادون قرمز Co-OMS-2 ۸۴
- شکل (۳-۲۶): طیف مادون قرمز Co-OMS-2 / NaY ۸۵
- شکل (۳-۲۷): طیف مادون قرمز Co-OMS-2 / NaY / MCM-41 ۸۶
- شکل (۳-۲۸): طیف مادون قرمز Ni-OMS-2 ۸۷
- شکل (۳-۲۹): طیف مادون قرمز Ni-OMS-2 / NaY ۸۸
- شکل (۳-۳۰): طیف مادون قرمز Ni-OMS-2 / NaY / MCM-41 ۸۹
- شکل (۳-۳۱): الگوی XRD کامپوزیت OMS-2 / NaY ۹۰
- شکل (۳-۳۲): الگوی XRD نمونه Cu-OMS-2 / NaY ۹۱
- شکل (۳-۳۳): الگوی XRD کامپوزیت OMS-2/NaY/MCM-41 ($2\theta = 0-5$) ۹۲
- شکل (۳-۳۴): الگوی XRD کامپوزیت OMS-2 / NaY/MCM-41 ۹۳
- شکل (۳-۳۵): الگوی XRD کامپوزیت
Cu-OMS-2/NaY/MCM-41 ($2\theta = 0-5$) ۹۴
- شکل (۳-۳۶): الگوی XRD کامپوزیت Cu-OMS-2 / NaY/MCM-41 ۹۵
- شکل (۳-۳۷): تصویر SEM کامپوزیت OMS-2/NaY با بزرگنمایی ۲۵۰۰ ۹۶
- شکل (۳-۳۸): تصویر SEM مربوط به OMS-2 / NaY با بزرگنمایی ۷۵۰۰ ۹۶
- شکل (۳-۳۹): تصاویر SEM مربوط به OMS-2 / NaY با بزرگنمایی ۱۵۰۰۰ ۹۶
- شکل (۳-۴۰): تصاویر SEM مربوط به OMS-2 / NaY با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰ ۹۷

شکل (۳-۴۱): تصاویر SEM مربوط به OMS-2 / NaY/MCM-41	
با بزرگنمایی ۲۵۰۰.....	۹۷
شکل (۳-۴۲): تصاویر SEM مربوط به OMS-2 / NaY/MCM-41	
با بزرگنمایی ۷۵۰۰.....	۹۷
شکل (۳-۴۳): تصاویر SEM مربوط به OMS/NaY/MCM-41	
با بزرگنمایی ۱۵۰۰۰.....	۹۸
شکل (۳-۴۴): تصویر SEM مربوط به OMS-2/NaY/MCM-41	
با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰.....	۹۸
شکل (۳-۴۵): تصویر SEM مربوط به Cu-OMS-2 / NaY	
با بزرگنمایی ۱۵۰۰۰.....	۹۹
شکل (۳-۴۶): تصویر SEM مربوط به Cu-OMS-2 / NaY	
با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰.....	۹۹
شکل (۳-۴۷): تصویر SEM مربوط به Cu-OMS-2 / NaY/MCM-41	
با بزرگنمایی ۷۵۰۰.....	۹۹
شکل (۳-۴۸): تصویر SEM مربوط به Cu-OMS-2 / NaY/MCM-41	
با بزرگنمایی ۱۵۰۰۰.....	۱۰۰
شکل (۳-۴۹): تصویر SEM مربوط به Cu-OMS-2 / NaY/MCM-41	
با بزرگنمایی ۳۰۰۰۰.....	۱۰۰
شکل (۳-۵۰): ترموگرام TGA و DSC مربوط به Cu-OMS-2 / NaY	
.....	۱۰۱
شکل (۳-۵۱): ترموگرام TGA مربوط به Cu-OMS-2 / NaY/MCM-41	
.....	۱۰۲

فهرست جداول

جدول (۱-۱): سیر تحول غربال های مولکولی	۹
جدول (۱-۳): اثر نوع فلز مرکزی بر اکسایش فنل از گروه اول.....	۶۵
جدول (۲-۳): اثر نوع فلز مرکزی بر اکسایش فنل از گروه دوم	۶۶
جدول (۳-۳): بررسی اثر دمای واکنش بر اکسایش فنل	۶۷
جدول (۴-۳): بررسی اثر مقدار کاتالیزور Cu-OMS-2 / NaY در واکنش اکسایش فنل توسط	
H ₂ O ₂	۷۰
جدول (۵-۳): اثر نوع اکسنده بر اکسایش فنل در حضور Cu-OMS-2/NaY	۷۳
جدول (۶-۳): اثر نوع اکسنده بر اکسایش فنل در حضور کاتالیزور	
Cu-OMS-2/NaY/MCM-41	۷۳

فصل اول

مقدمه و تئوری

۱-۱- تعریف کاتالیزور :

کاتالیزور ماده ایست که سرعت یک واکنش شیمیایی را افزایش می دهد بدون آن که در فرآورده های نهایی ظاهر شود. عبارت کاتالیزور از دو لغت یونانی تشکیل می گردد. پیشوند کاتا به معنی پایین و فعل لیزین به معنی پخش یا شکست بیدار کردن میل ترکیبی خفته می باشد. در برخی زبان ها کاتالیزور را به معنی گردهم آوردن اجسام دور از هم معرفی کرده اند. هنگامی که کاتالیزور به صورت محلول در واکنش است کاتالیزور همگن و وقتی که کاتالیزور فازی مجزا از فاز واکنش تشکیل می دهد کاتالیزور ناهمگن نامیده می شود.

۱-۲- تاریخچه :

در اوایل قرن نوزدهم اکتشافات بسیار مهمی در شیمی و فیزیک اتفاق افتاد و مشاهده شد تعدادی از واکنش های شیمیایی تحت تاثیر مقادیر بسیار کمی از موادی که در واکنش مصرف نمی گردند قرار می گیرند [۱]. در سال ۱۸۰۶ کلمنت^۱ نظریه ای را در مورد چگونگی دخالت اکسیدهای نیتروژن در تشکیل اسید سولفوریک در اتاقک های سربی و افزایش سرعت آن ارائه نمود به طوری که مونوکسید نیتروژن آزاد شده دوباره می تواند این چرخه را تکرار کند. چند سال بعد در سال ۱۸۱۲ کیرشهف^۲ عمل هیدرولیز نشاسته در مجاورت اسید و تبدیل آن به گلوکز را مورد مطالعه قرار داد و چگونگی انجام فعل و انفعالات را بیان نمود و نقش اسید در تولید گلوکز را شرح داد. بدین وسیله مفهوم کاتالیزور پا به عرصه وجود گذاشت. دومین واکنش کاتالیزوری در سال ۱۸۱۷ توسط هامفری داوی^۳ دانشمند برجسته انگلیسی که دارای پژوهش های ارزنده ای در زمینه الکترولیز است صورت تحقق به خود گرفت.

1-Celement

2-Kirchhof

3-Hamfry Davy

این محقق کشف نمود که با وارد کردن یک قطعه سیم پلاتین در مخلوطی از هوا و گاز ذغال پلاتین گرم می‌شود و این رویداد را بدین صورت توجیه نمود که در این آزمایش فعل و انفعالات اکسیداسیون رخ داده است ولی در ماهیت شیمیایی سیم پلاتین تغییری حاصل نشده است. این کار توسط ادmond داوی^۱ دنبال شد. او در سال ۱۸۲۰ به این نتیجه رسید که در صورت استفاده از ذرات پلاتین به جای سیم این واکنش حتی در دمای اتاق نیز انجام می‌پذیرد. در سال ۱۸۲۲ دوبرانیر^۲ با انجام آزمایشات مشابه نتیجه گرفت که در حضور پلاتین بخارات اتانول با اکسیژن وارد عمل شده و اسید استیک تولید می‌گردد. او حتی این مسئله را به اولین کاربرد عملی کاتالیزورها بسط داد. در بیشتر منابع واژه کاتالیزور را به برزیلیوس^۳ در سال ۱۸۳۵ نسبت می‌دهند. هم‌چنین بعد از استوالد در سال ۱۸۹۵ کاتالیزور را ماده‌ای دانست که بدون این‌که انرژی آزاد گیبس استاندارد واکنش را تغییر دهد سرعت واکنش را تغییر می‌دهد [۱]. در سال‌های بعد واژه‌های کاتالیزور و استفاده از آن به سرعت رشد یافت و در صنعت نیز مورد استفاده بسیاری قرار گرفت .

۱-۳- انواع کاتالیزورها :

کاتالیزورها به طور کلی به سه دسته کاتالیزور ناهمگن، کاتالیزور همگن و کاتالیزور آنزیمی تقسیم می‌شوند [۲]. کاتالیزور ناهمگن به شکلی از کاتالیست گفته می‌شود که فاز کاتالیزور متفاوت از فاز واکنش دهنده‌ها باشد. از آن‌جا که در این پروژه کاتالیزور سنتز شده از نوع ناهمگن است، لذا تنها به بررسی این نوع کاتالیزور می‌پردازیم.

1-Edmond Davy

2-Dobreiner

3-Jakob Berzelios