

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه بیرجند  
دانشکده علوم  
گروه شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی آلی

عنوان

عامل دار شده با فسفریک اسید و  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  سنتز نانو ذرات مغناطیسی  
کاربرد آن به عنوان کاتالیزور برای سنتز آلفا-آمینو فسفونیت ها

استاد راهنما

دکتر سارا سبحانی

نگارش

زهرا مصباح فلاطونی

شهریور ۹۲

کلیه مزایا از چاپ و تکثیر، نسخه برداری، ترجمه، اقتباس و ..... از  
پایان نامه کارشناسی ارشد برای دانشگاه بیرجند محفوظ می  
باشد.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

تقدیم

به

جانم از عزیزتر مادر و پدر  
که لحظات ناب بودن، لذت و غرور فرشتگانی مهربان  
دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام  
تجربه های یکتا و زیبای زندگیم مدیون حضور سبز  
آنهاست.

به تقدیم و

خواهران عزیزم  
فریبا و فائزه  
که وجودشان شادی بخش و صفایشان مایه آرامش من  
است.

**تقدیر و تشکر**

همتدم بدرقه راه کن ای طایر قدس

## که درازست ره مقصد و

### من نوسفرم

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی‌مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمون‌مان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشچینی از علم و معرفت را روزی‌مان ساخت. سپاس و ستایش مر خدای را که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید پروردگارا، شکرگزار لطف بی‌کرانت هستم که در سختی‌های راه آموختن، رهایم نکردی، دل و دیدم را روشنی دادی و به امید مدد خود دلگرم ساختی

و سپاس آنان را که مرا آموختند لتیاموزم:

از استاد راهنمای گرانقدرم سرکار خانم دکتر سارا سبحانی که با صبر و دلسوزی فراوان تا پایان این پروژه با من همراه بودند، کمال تشکر را دارم

از اساتید گرامی سرکار خانم دکتر باقرزاده و سرکار خانم دکتر جعفرپور که در بازنگری و تدوین این پایان نامه قول زحمت کردند نهایت تشکر را دارم و همچنین از سرکار خانم دکتر ملکوتی که به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاع اینجانب حضور پیدا کردند، سپاسگذارم در نهایت از همهی دوستان و هم‌آزمایشگاهی‌های عزیزم که در طی این دوره بهترین لحظات را در کنارشان گذراندم، قدردانی ویژه می‌نمایم.

## چکیده

در این تحقیق، نانوذرات اکسید آهن عامل دار شده با فسفر، اسید به عنوان اسید ناهمگن قابل بازیافت سنتز شد. اثر کاتالیزوری ترکیب سنتز شده برای سنتز آلفا-آمینو فسفونات‌ها مورد بررسی قرار گرفت. سهولت بازیافت کاتالیزور با استفاده از یک آهنربای خارجی و امکان استفاده کاتالیزور در پنج مرتبه پی در پی، راندمان بالای محصولات، مدت زمان کوتاه انجام واکنش، مؤثر بودن واکنش برای انواع مختلف آلدهیدها و کتون‌ها، عدم نیاز به حلال‌های سمی و عوامل پیش برنده واکنش از مزایای این روش سنتزی می‌باشد.

با توجه به اهمیت سنتز پالادیم‌های نشانده شده بر روی سطح جامد و خواص ویژه اکسید های آهن نانو مغناطیسی به عنوان بستر، در قسمت بعد، سنتز کاتالیزور پالادیم ایمینو پیریدین ساپورت شده بر روی سطح نانو ذرات  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ، به عنوان یک کاتالیزور جدید مورد مطالعه قرار گرفت. به علاوه از این کاتالیزور به عنوان یک کاتالیزور هتروژن مغناطیسی و قابل بازیافت، برای سنتز پیوند کربن-کربن از طریق واکنش هک استفاده کردیم. کاتالیزور سنتز شده به آسانی با استفاده از یک آهنربای خارجی از مخلوط واکنش جدا شد و حداقل تا پنج مرتبه بدون کاهش در فعالیت بازیافت گردید. عدم نیاز به حلال‌های سمی و سنتز محصولات با راندمان خوب از دیگر مزایای این روش می‌باشد.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول-تاریخچه
۲	۱-۱ کاتالیزور
۳	۲-۱ طبقه‌بندی کاتالیزورها براساس حالت تجمع
۳	۱-۲-۱ کاتالیزورهای همگن
۳	۲-۲-۱ کاتالیزورهای ناهمگن
۴	۳-۱ علم نانو
۴	۱-۳-۱ بسترهای نانوساختاری
۵	۱-۳-۱-۱ اثر اندازه
۶	۲-۳-۱ نانو ذرات مغناطیسی
۶	۳-۳-۱ کاربردهای نانو ذرات مغناطیسی
۷	۱-۳-۳-۱ کاربردهای بیوپزشکی:
۷	۲-۳-۳-۱ دارو رسانی هدفمند
۷	۳-۳-۳-۱ درمان سلول‌های آسیب دیده :
۸	۴-۳-۳-۱ کاربرد در تصفیه ی آب
۸	۴-۳-۱ نانو ذرات اکسید آهن
۸	۱-۴-۳-۱ سنتز نانو ذرات اکسید آهن
۹	۲-۴-۳-۱ روش هم‌رسوبی
۹	۳-۴-۳-۱ عامل دار کردن سطح نانو ذرات مغناطیسی اکسید آهن
۱۰	۱-۳-۴-۳-۱ پوشاندن نانو ذرات اکسید آهن با سیلیکا
۱۳	۴-۱ مروری بر کاتالیزورهای اسیدی جامد
۱۵	۵-۱ فسفریک اسید به عنوان کاتالیزور اسیدی در واکنش‌های آلی
۱۸	۶-۱ مروری بر پالادیم به عنوان کاتالیزور در واکنش‌های آلی
۲۴	۷-۱ مروری بر تاریخچه و کاربرد ترکیبات آلی فسفردار

۲۷	۸-۱ مروری بر خواص و روشهای سنتزی آلفا-آمینو فسفونات ها
۲۹	۹-۱ مروری بر روشهای تشکیل پیوند کربن-کربن از طریق واکنش آریل هالیدها با اولفین-ها
	اهداف
	فصل دوم: بخش تجربی
۳۴	۱-۲ مواد و دستگاههای مورد استفاده
۳۵	۱-۲-۲ سنتز نانو ذرات $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ با استفاده از روش همرسوی
۳۵	۲-۲-۲ سنتز نانو ذرات اکسید آهن پوشانده شده با سیلیکا
۳۶	۳-۲-۲ سنتز فسفریک اسید ساپورت شده بر روی نانو ذرات اکسید آهن پوشانده شده با سیلیکا ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3@SiO_2\text{-PA}$ )
۳۸	۳-۲ روش عمومی سنتز آلفا-آمینو فسفوناتها در حضور فسفریک اسید تثبیت شده بر روی نانو ذرات $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3@SiO_2\text{-PA}$
۳۸	۱-۳-۲ سنتز دی اتیل (فنیل)-N- (فنیل)آمینومتیل فسفونات ۱
۳۸	۲-۵-۲ سنتز دی اتیل (۴- متوکسی فنیل)-N- (فنیل)آمینومتیل فسفونات ۲
۳۹	۳-۳-۲ اطلاعات طیفی مربوط به محصولات ۲۱ و ۲۲
۴۰	۴-۲ سنتز پالادیم ایمینو پیریدین ساپورت شده بر روی نانو ذرات اکسید آهن $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$
	( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-Pd-IP}$ )
۴۱	۵-۲ روش عمومی برای واکنش آریل هالیدها با اولفینها در حضور پالادیم ایمینو پیریدین تثبیت شده بر روی نانو ذرات ممناطیسی $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-Pd-IP}$ )
۴۲	۱-۵-۲ سنتز ترانس- بوتیل سینامات



---

۴۲	۲-۵-۲ سنتز ترانس-متیل سینامات
۴۲	۳-۵-۲ اطلاعات طیفی مربوط به محصولات ۲ و ۳ فصل سوم: بحث و نتیجه گیری
۴۵	۱-۳ مقدمه
۴۵	۲-۳ سنتز و شناسایی کاتالیزور نانو مغناطیس عامل دار شده با فسفریک اسید ( $\gamma$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3@ \text{SiO}_2\text{-PA}$ )
۵۰	۳-۳ فعالیت کاتالیزوری $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3@ \text{SiO}_2\text{-PA}$ برای سنتز آلفا-آمینو فسفونات‌ها
۶۲	۴-۳ نتیجه گیری
۶۲	۵-۳ سنتز و شناسایی کاتالیزور نانو مغناطیس عامل دار شده با پالادیم ایمینو پیریدین ( $\gamma$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Pd-IP}$ )
۶۴	۶-۳ بررسی فعالیت کاتالیزور $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-Pd-IP}$ در واکنش هک
۷۲	۹-۳ نتیجه گیری
۷۳	ضمیمه
۹۹	مراجع

---

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۴۶	شکل ۳-۱: الگوی XRD نانو ذره مغناطیسی $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$
۴۶	شکل ۳-۲: تصویر SEM و TEM کاتالیزور $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$
۴۸	شکل ۳-۳: تصویر SEM کاتالیزور $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{@SiO}_2\text{-PA}$
۴۸	شکل ۳-۴: تصویر HRTEM کاتالیزور $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{@SiO}_2\text{-PA}$
۴۹	شکل ۳-۵: طیف FT-IR مربوط به (A) کاتالیزور $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{@SiO}_2\text{-PA}$ و (B) نانو ذره مغناطیسی $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{@SiO}_2$
۶۱	شکل ۳-۶: جداسازی کاتالیزور $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{@SiO}_2\text{-PA}$ از مخلوط واکنش
۶۱	شکل ۳-۷: بازیافت کاتالیزور $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{@SiO}_2\text{-PA}$ در سنتز ۱
۶۳	شکل ۳-۸: طیف FT-IR مربوط به (A) نانو ذره مغناطیسی عامل دار شده با ایمینو پیریدین و (B) $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$
۷۱	شکل ۳-۹: بازیافت کاتالیزور $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-Pd-IP}$ در سنتز ۲۳
۷۴	شکل ۱: طیف $^1\text{H NMR}$ ترکیب ۲۱
۷۵	شکل ۲: طیف $^{13}\text{C NMR}$ ترکیب ۲۱
۷۶	شکل ۳: طیف $^1\text{H NMR}$ ترکیب ۲۲
۷۷	شکل ۴: طیف باز شده $^1\text{H NMR}$ ترکیب ۲۲
۷۸	شکل ۵: طیف باز شده $^1\text{H NMR}$ ترکیب ۲۲
۷۹	شکل ۶: طیف باز شده $^1\text{H NMR}$ ترکیب ۲۲
۸۰	شکل ۷: طیف $^{13}\text{C NMR}$ ترکیب ۲۲
۸۱	شکل ۸: طیف باز شده $^{13}\text{C NMR}$ ترکیب ۲۲

---

۸۲	شکل ۹: طیف باز شده $^{13}\text{C}$ NMR ترکیب ۲۲
۸۳	شکل ۱۰: طیف باز شده $^{13}\text{C}$ NMR ترکیب ۲۲
۸۴	شکل ۱۱: طیف باز شده $^{13}\text{C}$ NMR ترکیب ۲۲
۸۵	شکل ۱۲: طیف باز شده $^{13}\text{C}$ NMR ترکیب ۲۲
۸۶	شکل ۱۳ : طیف IR مربوط به ترکیب ۲۲
۸۷	شکل ۱۴: طیف $^1\text{H}$ NMR ترکیب ۲۳
۸۸	شکل ۱۵ : طیف باز شده $^1\text{H}$ NMR ترکیب ۲۳
۸۹	شکل ۱۶ : طیف باز شده $^1\text{H}$ NMR ترکیب ۲۳
۹۰	شکل ۱۷ : طیف باز شده $^1\text{H}$ NMR ترکیب ۲۳
۹۱	شکل ۱۸ : طیف باز شده $^1\text{H}$ NMR ترکیب ۲۳
۹۲	شکل ۱۹ : طیف باز شده $^1\text{H}$ NMR ترکیب ۲۳
۹۳	شکل ۲۰ : طیف باز شده $^1\text{H}$ NMR ترکیب ۲۳
۹۴	شکل ۲۱: طیف $^1\text{H}$ NMR ترکیب ۲۴
۹۵	شکل ۲۲: طیف باز شده $^1\text{H}$ NMR ترکیب ۲۴
۹۶	شکل ۲۳: طیف باز شده $^1\text{H}$ NMR ترکیب ۲۴
۹۷	شکل ۲۴: طیف باز شده $^1\text{H}$ NMR ترکیب ۲۴
۹۸	شکل ۲۵: طیف باز شده $^1\text{H}$ NMR ترکیب ۲۴

---

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۵۱	جدول ۱-۳: بهینه کردن شرایط واکنش
۵۳	جدول ۲-۳: سنتز یک مرحله ای آلفا- آمینو فسفونات های نوع دوم و سوم با استفاده از آلدهید / کتون، آمین و تری اتیل فسفیت، در حضور $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{@SiO}_2\text{-PA}$
۵۶	جدول ۳-۳: سنتز آلفا-آمینو فسفونات های نوع اول
۵۸	جدول ۴-۳: سنتز تک مرحله ای آلفا-آمینو فسفونات ها از واکنش بنزآلدهید و آنیلین و فسفیت های مختلف در حضور $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{@SiO}_2\text{-PA}$
۵۹	جدول ۵-۳: مقایسه $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{@SiO}_2\text{-PA}$ با کاتالیزورهای مختلف برای سنتز آلفا-آمینو فسفونات ها
۶۶	جدول ۶-۳: بهینه کردن شرایط واکنش
۶۸	جدول ۷-۳: افزایش آریل هالید به اولفین در حضور کاتالیزور $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-Pd-IP}$

## اختصارات

DMSO.	Dimethyl Sulfoxid
NH <sub>4</sub> OAc	Ammonium acetate
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Ammonium carbonate
FT-IR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy
NMR	Nuclear Magnetic Resonance
r.t.	Room Temperature
SEM	Scanning Electron Microscopy
S.F	Solvent Free
TGA	Thermogravimetric Analysis
HRTEM	High Resolution Transmisstion Electron Microscopy
TEM	Transmisstion Electron Microscopy
TLC	Thin Layer Chromatography
TMS	Tetramethyl Silane
XRD	X-ray Diffraction
$\gamma$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> @SiO <sub>2</sub> -PA	$\gamma$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> @SiO <sub>2</sub> -phosphoric acid
$\gamma$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Pd-IP	$\gamma$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -palladium-imino pyridine

NPS- $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

n-propylsulfonated  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱ کاتالیزور

کاربرد گسترده کاتالیزورهای صنعتی محققان را به سوی تهیه مواد با خصوصیات کاتالیزوری بالا رهبرون کرده است. این امر با به کارگیری فناوری نانو در تولید ذرات کاتالیزوری، ابعاد تازه‌ای پیدا کرده است. این ذرات دارای ویژگی‌های بی‌نظیری هستند که ناشی از سطح بالا و مراکز فعال فراوان در این گونه نانوذرات می‌باشد که با وجود ناهمگن بودن، رفتاری نزدیک به کاتالیزورهای همگن دارند که نه تنها سرعت تولید محصولات شیمیایی را افزایش می‌دهند بلکه اثرات زیست‌محیطی و زیان‌های اقتصادی فرایندهای صنعتی را کاهش می‌دهند. کاتالیزور همانند واکنش‌گر در شکستن و یا تشکیل پیوندهای شیمیایی در طول فرآیند کاتالیزوری شرکت می‌کند اما برخلاف واکنش‌گرها در پایان واکنش، توانایی انجام دوباره همان واکنش را داراست. بنابراین کاتالیز کردن، یک فرآیند چرخه‌ای است و کاتالیزور ماده‌ای است که می‌تواند بیش از یک بار در این چرخه شرکت کند و به همین دلیل امکان بازیابی و استفاده مجدد این کاتالیزورهای نسبتاً گران-قیمت، یک چالش اساسی در صنایع شیمیایی محسوب می‌شود.

امروزه کاتالیزورها جزء جدایی‌ناپذیر فرایندهای شیمیایی می‌باشند و طراحی کاتالیزورها با خواص ویژه هم در شیمی صنعتی و هم در شیمی آزمایشگاهی از اهمیت زیادی برخوردار است. به طور کلی، کاتالیزورهای با کارایی بالا و با طول عمر زیاد بسیار مورد توجه می‌باشند. همچنین، کاتالیزورهای ناهمگن برای درک بهتر فرایندهای کاتالیزوری بکار می‌روند.

استفاده از کاتالیزور سرعت واکنش را به یکی از این سه روش افزایش می‌دهد:

۱. کاتالیزور می‌تواند انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش دهد.
۲. می‌تواند به عنوان یک تسهیل‌کننده عمل کند و گونه‌های واکنش‌دهنده را به طور مؤثرتر به هم برساند.
۳. می‌تواند بازده بیشتری از یک جزء را تولید کرده و حتی چند محصول تشکیل شده را به وجود آورد.



کاتالیزورهای زیادی امروزه شناخته شده‌اند که می‌توانند براساس معیارهای مختلفی مانند: ساختار، محدوده عمل، ترکیب و حالت تجمع (انباشتگی) طبقه‌بندی شوند. براساس حالت تجمع آن‌ها به دو گروه بزرگ: کاتالیزور همگن<sup>۱</sup> و کاتالیزور ناهمگن<sup>۲</sup> تقسیم‌بندی می‌شوند [۱].

## ۲-۱ طبقه‌بندی کاتالیزورها براساس حالت تجمع

### ۱-۲-۱ کاتالیزورهای همگن

در کاتالیزورهای همگن فاز مواد واکنش‌دهنده با فاز کاتالیزور یکسان می‌باشد و معمولاً واکنش در یک محلول گازی یا آبی انجام می‌شود. این نوع کاتالیزورها واکنش را با یک یا چند واکنش‌گر آغاز کرده و پس از تشکیل حدواسط، یک یا چند محصول ایجاد و کاتالیزور دوباره تولید می‌شود. کاتالیزورهای همگن دارای بازده و گزینش‌پذیری بالایی هستند، اما عدم امکان بازیابی کاتالیزور از محیط واکنش، محدودیت پایداری در دماهای بالا و خالص‌سازی محصولات از معایب این کاتالیزورها به شمار می‌آید که یک محدودیت جدی در تجاری - سازی این فرآیندها ایجاد می‌کند [۲].

### ۲-۲-۱ کاتالیزورهای ناهمگن

واکنش‌های کاتالیزوری در شرایط ناهمگن بخش مهمی از فناوری مورد استفاده در صنایع شیمیایی است. تولید سوخت‌های حمل و نقل ارزان، روان سازهای دمای بالا، سردکننده‌های غیر هالوژنه، پلیمرهای مستحکم، الیاف ضد لک، داروهای ضد سرطان و چندین هزار محصول دیگر مورد نیاز جوامع کنونی، بدون حضور کاتالیزورهای ناهمگن غیرممکن است. کاتالیزورهای ناهمگن همچنین در کاهش آلودگی آب و هوا و در نتیجه کاهش انتشار محصولات مضر برای سلامت انسان و محیط، نقش مهمی دارند. در کاتالیزورهای ناهمگن، فاز مواد واکنش‌دهنده با فاز کاتالیزور متفاوت است و واکنش در مرز بین دو فاز انجام می‌شود. کاتالیزورهای ناهمگن را می‌توان سطوحی در نظر گرفت که واکنش‌گرها به صورت موقت بر

---

<sup>1</sup> Homogeneous

<sup>2</sup> Heterogeneous

روی آن جذب سطحی می شوند. در آنجا پیوندها ضعیف شده، پیوندهای جدید ایجاد می شود و در نهایت به علت این که پیوند بین محصولات و کاتالیزور ضعیف است، محصولات آزاد می شوند. استفاده آسان، امکان بکارگیری در دماهای بالا و قابلیت بازیابی از جمله مزایای کاتالیزورهای ناهمگن می باشد. با وجود این، کاهش گزینش پذیری، عدم آگاهی از مکانیسم واکنش و فعالیت کاتالیزوری کم نسبت به انواع همگن از جمله معایب این کاتالیزور هاست [۳]. کاتالیزورهای همگن از درجه پراکندگی بیشتری نسبت به انواع ناهمگن برخوردارند و هر اتم به طور انفرادی می تواند فعالیت کاتالیزوری از خود نشان دهد. در حالی که در کاتالیزور ناهمگن فقط اتم های سطحی در دسترس می باشند. به همین دلیل کاتالیزور همگن فعالیت بیشتری از خود نشان می دهد. مهم ترین عیب کاتالیزور همگن، مشکل جداسازی کاتالیزور از محصول است. در حالی که کاتالیزور ناهمگن به روش های ساده ای مانند صاف کردن و یا سانتریفوژ کردن جدا می شوند. برای جداسازی کاتالیزور همگن از مخلوط واکنش، از فرآیند های پیچیده ای مانند: تقطیر، استخراج و تعویض یون استفاده می شود که یا هزینه بر هستند و یا مشکلات زیست محیطی ایجاد می کنند [۴].

### ۱-۳-۳ علم نانو

علوم نانو به سنتز موادی که ابعاد آنها کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد و بررسی مشخصات، خواص و کاربرد آنها می پردازد. بر خلاف نام آن علم نانو به اندازه ذرات وابسته نیست، بلکه به خواص جدیدی که از اندازه ناشی می شود می پردازد. این خواص از آن جهت جالب هستند که حد واسط مواد توده ای شکل و مواد در حد اتم - های منفرد می باشند به طوری که در محدوده ۱۰۰-۱ نانومتر قابل سنتز هستند [۵، ۶].

### ۱-۳-۱ بسترهای نانو ساختاری

اگرچه بیش تر تولیدات صنعتی با استفاده از کاتالیزور تثبیت شده بر سطح ذرات فلزی بسیار پراکنده با ابعاد ۱-۱۰۰ نانومتر در راکتورهای مقیاس بالا انجام می شوند (شکل ۱-۱)، اما به خوبی معلوم شده است که فعالیت کاتالیزورهای فلزی با شدت به اندازه و شکل ذرات فلز وابسته است. کاتالیزورهای تثبیت شده بر نانو

ذرات بسیار فعال هستند، زیرا تعداد بیشتری از ذرات امکان می یابند در دسترس واکنش گرها و خود کاتالیزور قرار گیرند. اهمیت اندازه ذرات در کارایی فرآیندهای کاتالیزوری بحث جدیدی نیست، زیرا تاثیر اندازه نانو ذرات بسیار پیش از باز شناسی نانو فناوری، جایگاه کلیدی خود را در کاتالیزورهای ناهمگن نشان داده است. به دلیل نسبت مستقیم کارایی یک کاتالیزور با مساحت سطح آن، بسیاری از کاتالیزورهای ناهمگن مورد استفاده در صنایع امروزی، شامل یک یا چند جزء فعال تثبیت شده بر روی سطح یک پایه در گستره ۱-۱۰۰ نانومتر (ماده‌ای به شدت متخلخل و مقاوم در برابر گرما با مساحت سطح بالا و مقاومت مکانیکی کافی) هستند. با این وجود، افزایش مساحت سطح تنها دلیل استفاده از نانو ذرات به عنوان بستر کاتالیزور ناهمگن نیست، در واقع، تثبیت کاتالیزورهای فلزی روی بستر اثر زیادی بر فعالیت کاتالیزوری دارد. جذب واکنش گرها روی سطح کاتالی زوری، آغاز واکنش کاتالی زوری ناهمگن است که به شکستن یا سست شدن پیوندهای درون مولکولی می انجامد. سپس گونه های جذب شده روی سطح، اغلب در چند مرحله متوالی، واکنش می دهند. سرانجام، از طریق واجذب محصولات از سطح به درون فاز سیال، مکان فعال روی سطح بازیابی و برای چرخه کاتالی زوری بعدی آماده می شوند. با کاهش اندازه ذره، کسر نسبت مکان های فعال بر مساحت سطح ذرات فلزی افزایش می یابد، در نتیجه فعالیت کاتالی زوری بالاتر یا واکنش های گزینش پذیری انتظار می رود.

### ۱-۳-۱ اثر اندازه

وابستگی بستر نانو ساختارها به مساحت سطح به حجم یک مفهوم کلیدی است. هر چه جسم بزرگ تر شود، مساحت سطح آن به نسبت حجم کمتر رشد می کند. بنابراین مساحت اجسام ریز نسبت به حجم شان بیشتر است که پیامد مهمی برای واکنش های شیمیایی به همراه دارد. مساحت سطح به حجم بالا، برای واکنش های شیمیایی مطلوب هستند. کسر مهمی از اتم های ذره با ابعاد نانو متری در سطح قرار دارند، در حالی که این کسر برای بلورهای ماکروسکوپی بی نهایت کوچک است. این خاصیت ممکن است در فرآیند هایی مانند واکنش های کاتالیزوری که میزان مساحت سطح بر آنها تاثیرگذار است، بکار گرفته شود.

### ۱-۳-۲ نانو ذرات مغناطیسی

درک دقیق شیمی نانوساختارها و توانایی کنترل مواد در مقیاس نانو، توسعه منطقی و اقتصادی کاتالیزورهای جدید و توانمندتر را برای صنایع شیمیایی، فراهم می آورد. همان طور که اشاره شد نانو کاتالیزورها در زمره نخستین کاربردهای موفق نانو فناوری در مقیاس صنعتی بو دهاند. استفاده از ذرات ریز در کاتالیزورهای نا-همگن، حجم کاتالیزور را کم و استفاده بهینه از جزء فعال (شمار بیشتر اتم های فلزی سطحی) را میسر می کند [۷-۱۰]. در کاتالیزورهای همگن تثبیت شده بر بستر جامد متخلخل، به دلیل نفوذ مواد اولیه و محصول درون حفرات بستر، کاهش سرعت واکنش نسبت به سیستم همگن قابل ملاحظه است . به علاوه این کاتالیزورها ممکن است با مشکلات زیر نیز مواجه شوند :

۱- کاهش انتخاب گری

۲- رفتار سینتیکی غیر خطی

۳- عدم امکان بازیابی کامل کاتالیزور

۴- مشکل انتقال شرایط فاز محلول به سیستم فاز جامد

یک روش برای غلبه بر این مشکلات، کوچک نگه داشتن اندازه اجزای بستر به کوچک ترین حد ممکن در حد نانومتر است، به گونه ای که امکان نفوذ مواد به درون حفرات به سختی فراهم شود. همچنین به دلیل افزایش نسبت سطح به حجم امکان بار گیری بیشتر کاتالیزور بر روی بستر فراهم می شود و بدین ترتیب شرایط به یک سیستم همگن نزدیک تر می گردد و سرعت واکنش افزایش می یابد، در حالی که سیستم ناهمگن بوده و به راحتی قابل جداسازی و استفاده مجدد است . بر این اساس نانو کاتالیزورها را پل ارتباطی بین کاتالیزور های همگن و ناهمگن نامیده اند [۱۱]. در این میان نانوذرات مغناطیسی به دلیل کاربردهای متفاوت، از جایگاه خاصی برخوردار هستند که از جمله کاربردهای آنها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱-۳-۳ کاربردهای نانو ذرات مغناطیسی: