**دانشگاه تربیت مدرس**

**دانشکده فنی- مهندسی**

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی نانوفناوری- گرایش نانومواد

# تولید نانوذرات هسته-پوسته ای نیکل- مولیبدن

**نگارنده:**

**فائزه تاری**

**استاد راهنما:**

**دکتر مهرداد منطقیان**

**استاد مشاور:**

**مهندس محسن میردامادی**

**بهمن ۸۹**

بسم الله الرحمن الرحيم

**دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی**

**دانشگاه تربیت مدرس**

**مقدمه:** با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

**ماده ۱**- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

**ماده ۲**- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشند.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

**ماده ۳**- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

**ماده ۴**- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

**ماده ۵**- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

**نام و نام خانوادگی**

**تاریخ و امضا**

**تقدیم به:**

***دو فرشته بدون بال زندگی ام...***

***پدر و مادرم***

# تقدیر و تشکر

**خداوند بزرگ را شاکرم که به من فرصت تجربه کردن سفر زندگی را اعطا نمود و همواره مرا در مسیر درست قرار داد.**

**بدین وسیله تشکر و قدردانی خود را از :**

- **استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر مهرداد منطقیان که بزرگترین حامی من در مسیر اتمام این پروژه بوده اند و در به ثمر رساندن این طرح از هیچ مساعدتی دریغ نورزیدند.**
- **سرپرستان و مسئولین آزمایشگاه های SEM, XRD, TEM**
- **خانواده و دوستان عزیزم**

**اعلام می دارم.**

**دانشگاه تربیت مدرس**

**دانشکده فنی- مهندسی**

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی نانوفناوری- گرایش نانومواد

# تولید نانوذرات هسته-پوسته ای نیکل- مولیبدن

**نگارنده:**

**فائزه تاری**

**استاد راهنما:**

**دکتر مهرداد منطقیان**

**بهمن ۸۹**

## چکیده:

نانوذرات تک فلزی نیکل و مولیبدن و نانوذرات دوفلزی نیکل-مولیبدن با ساختار هسته-پوسته ای، برای اولین بار با استفاده از روش مایکروویو پلی ال در این پروژه مورد تولید و مشخصه یابی قرار گرفتند. در این روش، با استفاده از یک پلی ال مناسب (اتیلن گلیکول) بعنوان حلالی که جاذب مناسبی برای امواج مایکروویو می باشد، یونهای فلزی در محلول احیا می گردند. برای رسیدن به این هدف، نمک های فلزی درون اتیلن گلیکول حل شده و با استفاده از کاهنده مناسب (هیدرازین) و سپس تابش امواج مایکروویو، نانوذرات نهائی تولید می شوند. تابش مایکروویو سبب توزیع یکنواخت و مناسب حرارت درون محلول و در نتیجه هسته زائی و رشد مناسب نانوذرات می گردد. در عین حال اتیلن گلیکول و پلیمر مورد استفاده (پلی وینیل پیرولیدون) مانع از رشد بیش از حد نانوذرات شده و ابعاد آنها را در کمتر از ۱۰۰ نانومتر تثبیت می گردانند.

به منظور تولید نانوذرات هسته-پوسته ای، در ابتدا نانوذرات نیکل سنتز شدند. سپس طی روش احیای پی در پی، لایه هائی از فلز مولیبدن بر روی این نانوذرات قرار داده شد. در این حالت طبق آنالیز ها مشاهده می شود که چنانچه محلول کلوئیدی نانوذرات نیکل بدون جداسازی از پایدارکننده و سایر مواد موجود در محلول بعنوان هسته به کار برده شود، لایه های مولیبدن قادر به پوشش کامل نانوذرات نیکل نبوده و در محصول نهائی مقداری نانوذرات نیکل و مولیبدن تک فلزی نیز وجود خواهد داشت. ولی چنانچه نانوذرات نیکل پس از سنتز، تحت سانتریفوژ قرار گرفته و از محلول اولیه خود جدا شوند، احتمال جذب لایه های مولیبدن بر روی آنها افزایش یافته و طبق نتایج تست ها، میزان نانوذرات هسته-پوسته ای در محصول نهائی افزایش می یابد. طبق تست های انجام شده نانوذرات نهائی تک فلزی و دوفلزی با ابعاد کمتر از ۵۰ نانومتر دیده شده اند. علاوه بر آن نشان داده شد که نتایج تئوری ناشی از قرار گرفتن لایه های مولیبدن بر روی هسته های نیکل با نسبت مولی ۱/۱، با نتایج حاصل از تصاویر TEM کاملا مطابقت دارد. نانوذرات اکسید مولیبدن با ابعاد کمتر از ۵۰ نانومتر برای اولین بار طی روش شیمیائی مرطوب در این پروژه مورد سنتز و مشخصه یابی قرار گرفتند. زمان کامل شدن سنتز در این پروژه با استفاده از تابش مایکروویو بسیار کوتاه (در حدود۷۰ ثانیه) بوده است و نانوذرات نهائی بصورت تک پراکنش دیده شده اند.



**کلید واژه ها**: نانوذرات نیکل-مولیبدن، نانوذرات هسته-پوسته ای، نانوذرات مولیبدن، مایکروویو پلی ال

# فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**

**فهرست جدول ها ..... د**

**فهرست شکل ها ..... ه**

**فصل اول -مقدمه**

۱-۱- نانوذرات و خواص آنها ..... ۲

۱-۲- انواع نانوذرات فلزی ..... ۳

۱-۳- اهداف پژوهش حاضر ..... ۳

**فصل دوم- بررسی منابع مطالعاتی**

۲-۱-سنتز و تولید نانومواد ..... ۶

۲-۲- روش های پایدارسازی نانوذرات ..... ۷

۲-۳- نانوذرات تک فلزی و دوفلزی ..... ۱۰

۲-۳-۱- ساختار نانوذرات دوفلزی ..... ۱۲

۲-۳-۲- سنتز نانوذرات دوفلزی ..... ۱۳

۲-۴- مشخصه یابی نانوذرات دوفلزی ..... ۱۵

۲-۵- فلزات نیکل و مولیبدن ..... ۱۹

۲-۶- پلی ال ..... ۲۲

۲-۷- تاثیر دما در روش پلی ال ..... ۲۳

۲-۷-۱- امواج مایکروویو چه نوع امواجی هستند؟ ..... ۲۴

۲-۷-۲- استفاده از امواج مایکروویو به منظور حرارت دهی محلول در روش پلی ال ..... ۲۴
۲-۷-۳- انواع تاثیرات امواج مایکروویو ..... ۲۷
۲-۷-۳-۱- تاثیرات حرارتی (تاثیراتی ناشی از حرارت دهی یکنواخت و سریع) ..... ۲۷
۲-۷-۳-۲- تاثیرات غیر حرارتی (تاثیر نقاط داغ و سطوح داغ) ..... ۲۸
۲-۷-۴- مهمترین مزیت های روش M-P بر سایر روش ها..... ۲۸

**فصل سوم- فعالیت های تجربی**

۳-۱- مواد ..... ۳۲
۳-۲- دستگاه ها..... ۳۳
۳-۳- سنتز نانوذرات نیکل ..... ۳۵
۳-۳-۱- آزمایش ۱: سنتز نانوذرات نیکل بدون جداسازی از محلول اولیه ..... ۳۵
۳-۳-۲- آزمایش ۲: سنتز نانوذرات نیکل و استفاده از سانتریفوژ برای جداسازی..... ۳۶
۳-۳-۳- آزمایش ۳: سنتز نانوذرات نیکل با استفاده از سیترات سدیم بعنوان پایدار کننده ..... ۳۶
۳-۴- آزمایش ۴: سنتز نانوذرات مولیبدن تحت تابش مایکروویو..... ۳۶
۳-۴-۱- آزمایش ۵: تولید نانوذرات مولیبدن در دمای اتاق..... ۳۷
۳-۵- سنتز نانوذرات دوفلزی نیکل- مولیبدن با نسبت مولی ۱:۱ ..... ۳۷
۳-۵-۱- آزمایش ۶: سنتز نانوذرات دوفلزی با نسبت مولی ۱:۱ به شیوه احیای پی در پی و بدون جدا سازی نانوذرات نیکل از محلول اولیه.. ..... ۳۷
۳-۵-۲- آزمایش ۷: سنتز نانوذرات دوفلزی به شیوه احیای پی در پی همراه با جداسازی نانوذرات نیکل از محلول اولیه ..... ۳۸
۳-۶- سنتز نانوذرات دوفلزی با نسبت مولی ۱:۳ ..... ۴۰
۳-۶-۱- آزمایش ۸: سنتز نانوذرات دوفلزی ۱:۳ توسط افزایش یکباره محلول پوسته ..... ۴۰
۳-۶-۲- آزمایش ۹: سنتز نانوذرات دوفلزی ۱:۳ با افزایش تدریجی محلول پوسته..... ۴۱

۳-۶-۳- آزمایش ۱۰: سنتز نانوذرات دوفلزی با رقیق کردن محلول مولیبدن.....۴۲

**فصل چهارم- نتایج و بحث**

۴-۱- بررسی اثر وجود پلیمر پایدارکننده در تصویربرداری SEM نانوذرات نیکل .....۴۴

۴-۲- بررسی اثر رقیق کردن محلول نانوذرات نیکل در طیف نگاری uv-vis.....۴۷

۴-۳- بررسی و مقایسه نتایج استفاده از PVP و سیترات سدیم بعنوان پایدار کننده در تولید نانوذرات نیکل..۴۹

۴-۴- بررسی اثر دما و تابش مایکروویو بر روی سرعت سنتز و اندازه ذرات مولیبدن .....۵۱

۴-۵- بررسی اثر جدا کردن نانوذرات نیکل از محلول اولیه در سنتز نانوذرات هسته-پوسته ای

با نسبت مولی ۱:۱ .....۵۵

۴-۶- تعیین بهترین روش در سنتز ناناوذرات هسته-پوسته ای با نسبت مولی ۱:۳ .....۶۲

۴-۷- بررسی افزایش غلظت محلول مولیبدن در اندازه نانوذرات هسته-پوسته ای طبق تصاویر SEM .....۶۹

۴-۸- بررسی افزایش غلظت محلول مولیبدن در طیف نگاری نانوذرات هسته-پوسته ای .....۷۰

۴-۹- بررسی و مقایسه نتایج تجربی حاصل از سنتز نانوذرات هسته-پوسته ای با نتایج تئوری

برطبق عکس های TEM .....۷۰

**فصل پنجم- نتیجه گیری و طرح پیشنهادها**

۵-۱- نتیجه گیری .....۷۳

۵-۲- پیشنهاد برای پروژه های آتی .....۷۴

**فصل ششم- مراجع**

# فهرست جدول ها

**عنوان** **صفحه**


جدول ۲-۱: روش های مختلف تولید نانومواد .....۶

جدول ۲-۲: انواع نانوذرات دو فلزی.....۱۲

جدول ۲-۳: استفاده از فلزات نیکل و مولیبدن در فرایندهای مختلف پالایش نفت خام.....۲۱

جدول ۲-۴: نانوذرات سنتز شده توسط روش M-P ..... ۳۰

جدول ۳-۱: مواد بکار رفته در سنتز نانوذرات .....۳۲

جدول ۳-۲: دستگاه ها و تجهیزات مورد استفاده ..... ۳۳

جدول ۳-۳: مشخصات مواد استفاده شده در آزمایش ۱.....۳۵

جدول ۳-۴: مشخصات مواد استفاده شده در آزمایش ۴ ..... ۳۷

جدول ۳-۵: مشخصات مواد استفاده شده در مرحله دوم آزمایش ۶ ..... ۳۸

جدول ۳-۶: مشخصات مواد استفاده شده در مرحله چهارم آزمایش ۷ ..... ۴۰

جدول ۳-۷: مشخصات مواد استفاده شده در مرحله چهارم آزمایش ۸ ..... ۴۱

جدول ۳-۸: زمانبندی سنتز مرحله ای نانوذرات دوفلزی در مرحله چهارم آزمایش ۹ .....۴۲

جدول ۳-۹: مشخصات مواد استفاده شده در مرحله چهارم آزمایش ۱۰ ..... ۴۲

جدول ۴-۱: روش های مختلف سنتز نانوذرات نیکل و طول موج پیک مربوطه .....۵۰

جدول ۴-۲: مقایسه میزان نیکل مشاهده شده در طیف نگاری EDX در آزمایش های ۸، ۹و ۱۰..... ۶۸

جدول ۴-۳: مقایسه اندازه نانوذرات تک فلزی و دوفلزی طبق عکس های SEM .....۶۹

# فهرست شکل ها

**عنوان** **صفحه**


شکل ۲-۱: روش های مختلف سنتز نانوذرات ..... ۷

شکل۲-۲: پلی وینیل پیرولیدون ..... ۸

شکل ۲-۳: پروسه پایدارسازی نانوذرات توسط پلیمر ..... ۹

شکل ۲-۴: شماتیک جذب پلیمر روی سطح نانوذرات ..... ۱۰

شکل ۲-۵: شماتیک شکل گیری نانوذرات هسته-پوسته ای در پروسه کاهش الکلی در حضور پلی وینیل پیرولیدون ..... ۱۴

شکل ۲-۶: پیک جذب مخلوط فیزیکی نانوذرات نقره و پلاتین با نسبت های مختلف ..... ۱۷

شکل ۲-۷: پیک جذب نانوذرات پلاتین/ نقره با نسبت های مختلف ..... ۱۹

شکل ۴-۱: عکس SEM نانوذرات نیکل تولید شده در آزمایش ۱ ..... ۴۴

شکل ۴-۲: عکس SEM نانوذرات نیکل تولید شده در آزمایش ۲ با ابعادی در حدود ۳۷ نانومتر ..... ۴۵

شکل ۴-۳: طیف نگاری EDX فلز نیکل تولید شده در آزمایش ۱ ..... ۴۶

شکل ۴-۴: طیف نگاری EDX فلز نیکل تولید شده در آزمایش ۲ ..... ۴۶

شکل ۴-۵: عکس TEM نانوذرات نیکل تولید شده در آزمایش ۲ ..... ۴۷

شکل ۴-۶: طیف نگاری uv-vis نانوذرات نیکل تولید شده در آزمایش۲ و بدون رقیق سازی با اتانول ..... ۴۸

شکل ۴-۷: طیف نگاری uv-vis نانوذرات نیکل تولید شده در آزمایش ۲ و رقیق شده با اتانول ..... ۴۸

شکل ۴-۸: طیف نگاری uv-vis نانوذرات نیکل تولید شده در آزمایش ۳ ..... ۵۰

شکل ۴-۹: طیف نگاری EDX ذرات مولیبدن تولید شده تحت تابش مایکروویو در آزمایش ۴ ..... ۵۲

شکل ۴-۱۰: طیف نگاری EDX ذرات مولیبدن تولید شده در دمای اتاق در آزمایش ۵ ..... ۵۲

شکل ۴-۱۱: عکس SEM ذرات مولیبدن تولید شده تحت تابش مایکروویو در آزمایش ۴ با ابعادی در حدود ۵۳ نانومتر ..... ۵۳
شکل ۴-۱۲: عکس SEM ذرات مولیبدن تولید شده در دمای اتاق در آزمایش ۵ با ابعادی در حدود ۲۷۷ نانومتر ..... ۵۳
شکل ۴-۱۳: طیف نگاری XRD نانوذرات مولیبدن تولید شده تحت تابش مایکروویو در آزمایش ۴ ..... ۵۴
شکل ۴-۱۴: عکس TEM نانوذرات مولیبدن تولید شده تحت تابش مایکروویو در آزمایش ۴ ..... ۵۴
شکل ۴-۱۵: طیف نگاری uv-vis نانوذرات مولیبدن تولید شده تحت تابش مایکروویو در آزمایش ۴ ..... ۵۵
شکل ۴-۱۶: طیف نگاری EDX نانوذرات تولید شده در آزمایش ۶ ..... ۵۶
شکل ۴-۱۷: عکس TEM نانوذرات تولید شده در آزمایش ۶ که به نظر می رسد نانوذرات نیکل تک فلزی باشند ..... ۵۷
شکل ۴-۱۸: عکس TEM نانوذرات تولید شده در آزمایش ۶ که به نظر می رسد ساختار هسته-پوسته ای دارند ..... ۵۷
شکل ۴-۱۹: عکس TEM نانوذرات تولید شده در آزمایش ۶ که به نظر می رسد نانوذرات مولیبدن باشند ..... ۵۸
شکل ۴-۲۰: طیف نگاری EDX نانوذرات تولید شده در آزمایش ۷ ..... ۵۹
شکل ۴-۲۱: عکس TEM نانوذرات تولید شده در آزمایش ۷ ..... ۶۰
شکل ۴-۲۲: عکس SEM نانوذرات تولید شده در آزمایش ۷ با ابعادی در حدود ۴۸ نانومتر ..... ۶۱
شکل ۴-۲۳: طیف نگاری uv-vis نانوذرات تولید شده در آزمایش ۷ ..... ۶۲
شکل ۴-۲۴: عکس SEM نانوذرات تولید شده در آزمایش ۸ با ابعادی در حدود ۵۸ نانومتر ..... ۶۳
شکل ۴-۲۵: عکس SEM نانوذرات تولید شده در آزمایش ۹ با ابعادی در حدود ۳۴ نانومتر ..... ۶۳
شکل ۴-۲۶: عکس SEM نانوذرات تولید شده در آزمایش ۱۰ با ابعادی در حدود ۵۳ نانومتر ..... ۶۴

شکل ۴-۲۷: طیف نگاری uv-vis نانوذرات تولید شده در آزمایش ۸ .....۶۴
شکل ۴-۲۸: طیف نگاری uv-vis نانوذرات تولید شده در آزمایش ۹ ..... ۶۵
شکل ۴-۲۹: طیف نگاری uv-vis نانوذرات تولید شده در آزمایش ۱۰ ..... ۶۵
شکل ۴-۳۰: طیف نگاری EDX نانوذرات تولید شده در آزمایش ۸ .....۶۶
شکل ۴-۳۱: طیف نگاری EDX نانوذرات تولید شده در آزمایش ۹ ..... ۶۷
شکل ۴-۳۲: طیف نگاری EDX نانوذرات تولید شده در آزمایش ۱۰ ..... ۶۷
شکل ۴-۳۳: طیف نگاری XRD نانوذرات تولید شده در آزمایش ۸ ..... ۶۹
شکل ۴-۳۴: طیف نگاری uv-vis نانوذرات نیکل، مولیبدن، نیکل- مولیبدن ۱:۱ و نیکل-مولیبدن ۱:۳..... ۷۰

# فصل اول

# مقدمه

# فصل اول- مقدمه

## ۱-۱-نانوذرات و خواص آنها

نانوذرات در حالت کلی به موادی اطلاق می‌شود که در سه بعد دارای اندازه زیر صد نانومتر و شامل چند صد یا چند ده اتم یا مولکول باشند. مهم‌ترین کاربرد این ذرات می‌تواند از لحاظ خواص فیزیکی و شیمیائی منحصر به فرد آن‌ها باشد [۱]. در این مواد درصد بسیار زیادی از اتم‌های تشکیل دهنده روی سطح واقع شده و سبب افزایش چشمگیر فعالیت آن‌ها می‌گردند و نیز ابعاد بسیار کوچک نانوذرات تاثیراتی به نام تاثیرات اندازه کوانتومی[1] را به همراه دارد که به معنای ارتباط بین خواص ذره با ابعاد آن است [۲]. امروزه این حقیقت واضح است که مواد در ابعاد نانومتری فعالیت بسیار بیشتری نسبت به حالت بالک از خود نشان می‌دهند و این تغییرات در حیطه خواص کاتالیستی نیز بسیار مشهود است و می‌توان گفت که با رسیدن ابعاد ذرات به محدوده نانومتری، فعالیت[2] و گزینش پذیری[3] کاتالیست ها بهبود می‌یابد [۳]. از آغاز قرن بیست و یکم کاربردهای نانوذرات به عنوان کاتالیست به طرز چشمگیری افزایش پیدا کرده است.

[1] Quantom size effect
[2] Activity
[3] Selectivity

## ۱-۲-انواع نانوذرات فلزی

نانوذرات فلزی را می‌توان بر اساس تعداد عناصر تشکیل دهنده به دسته‌های تک فلزی[1]، دو فلزی[2] و غیره تقسیم بندی نمود [۴]. مهم‌ترین تفاوت نانوذرات دوفلزی و تک فلزی در این است که خواص نانوذرات دوفلزی علاوه بر اندازه، به ترکیب ذره نیز بستگی دارد. نانوذرات دو فلزی شامل دو عنصر فلزی مختلف، هم از نظر علمی و هم تکنولوژیکی نسبت به همتاهای تک فلزی خود بیشتر مورد توجه هستند زیرا ترکیب دو فلز در یک ساختار نه تنها سبب افزایش و بهبود خواص کاتالیستی می‌گردد، بلکه منجر به ایجاد کاتالیست هائی می‌شود که در حالت عادی و در تک فلزات امکان رسیدن به آن وجود ندارد [۵]. به این دلیل امروزه محققان تلاش‌های بسیاری را در جهت توسعه روش‌های سنتز نانوذرات دوفلزی اعمال نموده‌اند [۶].

## ۱-۳-اهداف پژوهش حاضر

در این پروژه با توجه به افزایش خاصیت کاتالیستی ذرات در ابعاد نانومتری و همچنین تاثیرات هم افزائی ذرات بر روی یکدیگر، نانوذرات تک فلزی نیکل و مولیبدن و دوفلزی نیکل- مولیبدن با ساختار هسته-پوسته ای مورد سنتز و مشخصه یابی قرار می گیرند. فلزات نیکل و مولیبدن بصورت گسترده ای به عنوان فاز فلزی فعال در ساختار کاتالیست های واحد هیدروپروسسینگ[3] کاربرد دارند. روش مورد استفاده ترکیبی از روش پلی ال و تابش مایکروویو به منظور احیای یونهای فلزی در محلول می باشد. در این حالت از بین حلال های مختلف از اتیلن گلیکول که جاذب بسیار مناسبی برای امواج مایکروویو می باشد استفاده می شود. زمان حرارت دهی طی این روش بسیار کوتاه بوده و نانوذرات محصول به میزان مطلوبی

[1] Monometallic
[2] Bimetallic
[3] Hydroprocessing

تک پراکنش می باشند. پیش بینی می‌شود زمانیکه از نانوذرات حاصل به عنوان فاز فلزی فعال در ساختار کاتالیست های واحد هیدروکراکینگ[1] استفاده گردد، بازده فرایند تا حدود بسیار زیادی افزایش یابد.

[1] Hydrocracking

# فصل دوم

# بررسی منابع مطالعاتی

## ۲-۱- سنتز و تولید نانومواد

مطابق جدول ۲-۱ نانوذرات فلزی را می‌توان به دو روش کلی تولید نمود [۷]:

**جدول ۲-۱** روش های مختلف تولید نانومواد

| روش‌های سنتز نانوذرات | مثال |
|---|---|
| روش‌های فیزیکی یا Top-Down | کند و سوز لیزری[۱] |
| روش‌های شیمیائی یا Bottom- Up | کاهش الکلی[۲] |
| | کاهش توسط تابش امواج مایکروویو[۳] |

روش‌های فوق که در ابتدا برای ذرات تک فلزی و سپس در مورد ذرات دوفلزی به کاربرده شد، به صورت شماتیک در شکل ۲-۱ نشان داده شده است [۸]. در اکثر موارد طی روش‌های شیمیائی، ذراتی با توزیع

[1] Laser ablation
[2] Alcohol reduction
[3] Microwave reduction