بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده علوم پایه

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد

اعضای هیئت داوران نسخهٔ نهایی پایان‌نامه **خانم ساناز حسینی زاده** رشته **فیزیک** تحت عنوان:«**ساخت نانوذرات آهن و کبالت به روش تخلیه الکتریکی در محیط مایع و تحت خلاء**» از نظر فرم و محتوا بررسی نموده و آنرا برای اخذ درجهٔ کارشناسی‌ارشد مورد تائید قرار دادند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر احمد یزدانی	دانشیار	
۲- استاد مشاور	دکتر رضا خرداد	استادیار	
۳- استاد ناظر داخلی	دکتر اسماعیل ساعی ور	دانشیار	
٤- استاد ناظر خارجی	دکتر نیما تقوی نیا	دانشیار	
٥- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر رسول ملک فر	دانشیار	

آیین نامه چاپ پایان‌نامه های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده 1: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه‌ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده 2: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته فیزیک گرایش حالت جامد است که در سال 1389 در دانشکده علوم‌پایه دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر احمد یزدانی، مشاوره جناب آقای دکتر رضا خرداد از آن دفاع شده است.»

ماده 3: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده 4: در صورت عدم رعایت ماده 3، 50% بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده 5: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده 4 را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده 6: اینجانب سانازحسینی‌زاده دانشجوی رشته فیزیک مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: ساناز حسینی زاده

تاریخ و امضا:

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری 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 هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده 1- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده 2- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

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

ماده 3- انتشار کتاب و یا نرم افزار و یا آثار ویژه حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده 4- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده 5- این آیین‌نامه در 5 ماده و یک تبصره در تاریخ87/4/1 در شورای پژوهشی و در تاریخ 87/4/23 در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ 87/7/15 شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده علوم‌پایه

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد فیزیک (حالت جامد)

ساخت نانوذرات آهن و کبالت به روش تخلیه‌الکتریکی در محیط مایع و تحت خلاء

نگارنده:
ساناز حسینی‌زاده

استاد راهنما:
دکتر احمد یزدانی

استاد مشاور:
دکتر رضا خرداد

خرداد 1389

تقدیم به ...

پدرم، که بودنش تاج افتخاری است بر سرم و نداش دلیلی است بر بودنم؛

مادرم، چراکه وجودش پس از پروردگار مایه هستی‌ام بوده است

سپاس‌گزاری

منت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت و بشکرانه‌اش مزید نعمت. هر نفسی که فرو می‌رود ممد حیات است و چون بر می‌آید مفرح ذات.

تشکر و قدردانی ویژه از جناب آقای دکتر احمد یزدانی که پیوسته راهنمایی‌ها و حمایت‌های خود را از اینجانب قطع نکرده و همچنین از حمایت‌های جناب آقای دکتر رضا خرداد - دانشیار دانشگاه یاسوج -که از صرف زمان در مواقع مورد نیاز دریغ نفرمودند.

از حمایت‌های پدرانهٔ جناب آقای دکتر رسول ملک‌فر و همچنین همکاری‌های جناب آقای الله آبادی تشکر می‌کنم.

همچنین از همیاری و همفکری‌های خانم‌ها مژده یوسف‌الهی و فاطمه نائب‌علی، آقایان پورجعفری، غضنفری و فرجی و همراهی بهترین دوستانم فاطمه مهدویان، مریم بابایی، زهرا مطلوبی، پریسا خاکشور سعادت کمال تشکر و قدرانی می‌گردد.

و با تشکر ویژه از جناب آقای مهدی راد و خواهر و برادرم زهرا و عباس حسینی‌زاده که بهترین مشوق و همراهان برای نتیجه بخشیدن این حرکت بودند.

چکیده

یکی از روش‌های ساخت نانوذرات در محیط مایع، استفاده از تخلیه‌الکتریکی است که یکی از روش‌های ساده و ارزان قیمت و در عین حال سازگار با محیط زیست است. حال اگر این روش تحت خلاء و گاز آرگون نیز انجام شود برای فلزاتی که سریع اکسید می‌شوند از جمله آهن و کبالت و نیکل و ... نیز مناسب خواهد بود.

این پژوهش با هدف ساخت نانوذرات آهن و کبالت در محیط حلال‌هایی مانند آب، اتانول، متانول، 1-پروپانول و اتیلن‌گلیکول با روش تخلیه‌الکتریکی جریان مستقیم و بررسی پارامترهای مهم جریان، حلال و سورفکتانت بر روی اندازه نانوذرات می‌باشد. برای مشخصه‌یابی نانوذرات از میکروسکوپ الکترونی عبوری SEM، طیف پراش پرتو X، طیف‌سنجی UV/Vis، بررسی مغناطیسی نمونه‌ها نیز با دستگاه مغناطیس سنجی نیروی گرادیان متناوب AGFM در دمای اتاق و از روش تفرق نور DLS برای بررسی توزیع اندازه نانوذرات در اتیلن‌گلیکول استفاده شد. نتایج اندازه‌گیری نشان از تشکیل نانوذرات کروی آهن و کبالت با جریان 30 آمپر را داد. اندازه نانوذرات آهن با استفاده از رابطه شرر 14 نانومتر و برای نانوذرات کبالت 20 نانومتر و با استفاده از DLS 181 و 153/2 نانومتر برای نانوذرات آهن و کبالت به ترتیب تعیین شد. برای نانوذرات آهن اشباع مغناطیسی (M_S) 58/76 emu/g و نانوذرات کبالت (M_S) 51/68 emu/g با استفاده از جریان 30 آمپر بدست آمد. با افزایش جریان افزایش اندازه نانوذرات را نیز مشاهده کردیم. با توجه به نتایج بدست آمده، روش تخلیه‌الکتریکی در فاز مایع و تحت خلاء، می‌تواند به عنوان روشی آسان و سریع برای تولید نانو ذرات در محیط‌های معدنی و آلی دلخواه به کار گرفته شود. علاوه برآن با تغییر جریان مورد نیاز، سورفکتانت و حلال اندازه نانوذرات کنترل شود.

کلمات کلیدی: تخلیه‌الکتریکی، نانوذرات، جریان مستقیم، خواص مغناطیسی، حلال

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

فصل 1: مقدمه‌ای بر نانوذرات مغناطیسی و کاربردهای آنها 1

1-1- نانوذرات 2

2-1- خواص نانوذرات 2

3-1- کاربرد نانوذرات 5

4-1- نانوذرات مغناطیسی 5

5-1- خواص نانوذرات مغناطیسی 6

6-1- کاربردهای نانوذرات مغناطیسی 6

1-6-1- سیال مغناطیسی 7

1-1-6-1- سورفکتانت 8

2-1-6-1- تاریخچه سیال مغناطیسی 10

3-1-6-1- نظریه سیال مغناطیسی 11

4-1-6-1- پیشینه سیال مغناطیسی 13

2-6-1- کاربردهای سیال مغناطیسی 16

1-2-6-1- کاربرد مکانیکی 16

2-2-6-1- کاربردهای گرمایی 19

3-2-6-1- کاربردهای پزشکی 21

4-2-6-1 سایر کاربردها 25

فصل 2: مقدمه‌ای بر مغناطش در نانوذرات مغناطیسی و روش‌های ساخت نانوذرات 28

2-1- نظریه مغناطیس 29
2-1-1- دیامغناطیس 29
2-1-2- پارامغناطیس 30
2-1-3- فرومغناطیس 30
2-1-4- فری مغناطیس 31
2-1-5- آنتی فرومغناطیس 31
2-2- مشخصات یک ماده فرومغناطیس 32
2-2-1- مواد فرومغناطیس حوزه و دیواره حوزه مغناطیسی 32
2-2-1-1-برهمکنش دوقطبی مغناطیسی 33
2-2-1-2- برهمکنش تبادلی 34
2-2-1-3- مغناطیس و جفت شدگی گشتاورها با حالتهای الکترونی اتم نزدیک 37
2-2-1-4- برهمکنش تبادلی مستقیم هایزنبرگ 38
2-2-1-5- برهمکنش ابر تبادلی 38
2-2-2- حلقه پسماند 39
2-2-3- انواع مواد فرومغناطیس 41
2-2-3-1- مواد فرومغناطیسی نرم 41
2-2-3-2- مواد فرومغناطیس سخت 42
2-3- مغناطش ذرات ریز 42
2-3-1- تک حوزه 43
2-3-2- ابرپارامغناطیس 44

2-3-3- میدان مغناطیس‌زدا در ذرات تک‌حوزه (نظریهSW)..... 46
2-4- روش‌های ساخت نانوذرات فلزی..... 49
2-4-1- روش ساخت نانوذرات فلزی در محیط مایع..... 49
2-4-1-1- روش همرسوبی..... 50
2-4-1-2- روش سل-ژل..... 52
2-4-1-3- روش میکروامولسیون..... 55
2-4-1-4- روش جرقه الکتریکی در محیط مایع..... 55
2-5- پیشینه روش‌های ساخت نانوذرات آهن و کبالت در محیط مایع..... 55
فصل 3: روش تخلیه‌الکتریکی در محیط مایع و روش‌های مشخصه‌یابی نانوذرات..... 57
3-1- مقدمه..... 58
3-2- تخلیه‌الکتریکی در فاز گاز..... 59
3-3- تخلیه الکتریکی در فاز مایع..... 60
3-3-1- سیستم آزمایش..... 62
3-3-1-1- آماده‌سازی دستگاه جرقه الکتریکی در فاز مایع و تحت خلا..... 62
3-3-2- پیشینه روش تخلیه‌الکتریکی در محیط مایع..... 67
3-4- روش‌های آنالیز مورد استفاده در این پژوهش..... 68
3-4-1- میکروسکوپ الکترونی روبشی..... 68
3-4-2- طیف سنج پراش اشعه ایکس(XRD)..... 71
3-4-3- طیف نگاری جذبی (UV-Vis)..... 71
3-4-4- روش دینامیک تفرق نوری برای مطالعه اندازه نانوذرات (DLS)..... 73

3-4-4-1- تشریح نحوه عملکرد دستگاه 76
3-4-4-2- تعیین اندازه ذرات با استفاده از تابع ارتباط 77
3-4-5- سونیکیتور 78
3-4-5-1- تشکیل حفره(cavitation) 80
3-4-5-2- پارامترهای مؤثر بر تشکیل حباب 81
3-4-6- مغناطش سنج 84
3-4-6-1- دستگاه مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی(VSM) 84
3-4-6-2- مغناطیس سنجی نیروی گرادیان متناوب (AGFM) 86
فصل 4: ساخت و مشخصه یابی نانوذرات آهن و کبالت 88
4-1- ساخت نانوذرات آهن 89
4-2- ساخت نانوذرات آهن در اتیلن‌گلیکول 90
4-3- بررسی پایداری نانوذرات آهن با گذشت زمان 90
4-4- بررسی اثر حلال 98
4-5- بررسی اثر سورفکتانت 101
4-6- بررسی اثر جریان 104
4-6-1- بررسی اثر جریان با استفاده از طیف UV/VIS 105
4-6-2- بررسی جریان با استفاده از آنالیز تفرق نور DLS 106
4-6-2-1- بررسی اثر سونیکیتور 106
4-7- نتایج AGFM نانوذرات آهن 110
4-8- ساخت نانوذرات کبالت 111

4-9- ساخت نانوذرات کبالت دراتیلن‌گلیکول 111
4-10- بررسی پایداری نانوذرات کبالت با گذشت زمان 112
4-11- بررسی اثر حلال 114
4-12- بررسی اثر جریان 118
4-12-1- بررسی اثر جریان با استفاده از طیف UV/VIS 119
4-12-2- بررسی جریان با استفاده از آنالیز تفرق نور DLS 120
4-13- نتایج AGFM 120
فصل 5 122
5-1- نتیجه‌گیری 123
5-2- پیشنهادها 124

فهرست شکل‌ها

عنوان..... صفحه

شکل1-1: چهار سورفکتانت پرکاربرد در ساخت سیال مغناطیسی به همراه ساختارشان 9

شکل1-2: آماده‌سازی سیال‌های مغناطیسی پایدارشده به وسیله سورفکتانت با استفاده از روش همرسوب 12

شکل1-3: نمایی از آب‌بندی‌های تجاری 19

شکل1-4: نمایی شماتیک از آب‌بندی یک محور چرخان با استفاده از یک سیال مغناطیسی قرار داده شده در یک حفره کوچک بین محور در بر گرفته شده توسط یک آهنربای دائمی.....19

شکل1-5: شکل شماتیک از یک بلندگو که توسط سیال مغناطیسی که در حفره ی مغناطیسی‌ای که اطراف بوبین صدا قرار دارد سرد می‌شود.....20

شکل1-6: دمای بلندگو بر حسب تابعی از توانش با و بدون سیال مغناطیسی به عنوان عامل سرد کننده 21

شکل1-7: شکل شماتیک (از چپ به راست) آنتی بادی، آنتی ژن، اتصال آنتی ژن به آنتی بادی 23

شکل1-8: شکل شماتیک از نحوه تولید و چسبیدن آنتی بادی و آنتی ژن 24

شکل1-9: جوهرهای مغناطیسی چاپ شده در کاغذ پول.(از چپ به راست) وقتی یک آهنربا را نزدیک دلار می‌کنیم، دلار به سمت آهنربا جذب می‌شود.....26

شکل2-1: تقسیم یک شبکه پاد فرومغناطیس به دو زیر شبکه فرومغناطیس.....31

شکل2-2: تغییرات معکوس پذیرفتاری مغناطیسی با دما..... 32

شکل2-3: دیواره حوزه و نحوه تغییر گشتاور مغناطیسی از حوزه‌ای به حوزه دیگر 33

شکل2-4: منحنی بث- اسلاتر برای تغییرات انتگرال تبادل..... 37

شکل2-5: ساختار بلوری و مغناطیسی پادفرومغناطیسی MnO..... 39

شکل2-6: حلقه پسماند برای یک ماده فرومغناطیس 40

شکل2-7: حلقه پسماند در مواد فرومغناطیسی نرم و سخت..... 41

شکل2-8: سمت راست: تغییرات منحنی مغناطش با کاهش‌اندازه ذره سمت چپ: تغییرات میدان مغناطیس‌زدا با کاهش اندازه ذره..... 43

شکل2-9: غلبه انرژی حرارتی بر انرژی ناهمسانگردی که موجب نوسان گشتاور مغناطیسی تک حوزه می‌شود..... 44

شکل2-10: محدوده بروز پدیده ابرپارامغناطیس وابستگی آن به دما و زمان واهلش..... 45

شکل2-11: مقایسه پذیرفتاری مغناطیسی مواد سوپرپارامغناطیس با مواد پارامغناطیس..... 46

شکل2-12: توصیف محورها برای ذره استونر-ولفارد، ناهمسانگردی تک محوری در امتداد محورz 46

شکل2-13: سمت راست: جهت تعادلی M_s در حضور میدان مغناطیسی عمود بر محور آسان، سمت چپ: حلقه پسماند برای میدان مغناطیسی اعمالی عمود و موازی بر محور آسان 48

شکل2-14: حلقه‌های پسماند تک ذره مغناطیسی ناهمسانگرد بر طبق مدل استونر-ولفارد..... 48

شکل2-15: حلقه پسماند برای میدان مغناطیسی اعمالی بر ذرات تک‌حوزه، تک محور با محور آسان تصادفی 48

شکل3-1: شمایی از رآکتور تخلیه‌الکتریکی در فاز گازی 59

شکل3-2: طرح شماتیک دستگاه آزمایش 62

شکل3-3: شمایی از دستگاه ساخته شده جهت تولید نانوذرات آهن و کبالت شامل محفظه خلاء، پمپ خنک کننده مایع و محفظه مایع خنک کننده 66

شکل3-4: شکل شماتیک از دستگاه میکروسکپ الکترونی روبشی 70

شکل3-5: *شکل شماتیک طیف نگار UV-Visible* 72

شکل3-6: نمایش قطر هیدرودینامیکی یک ذره 74

شکل3-7: الگوی بدست آمده از غربال نور پخش شده با ذرات 76

شکل3-8: امواج لیزر پس از برخورد با ذره 76

شکل3-9: نمودار تغییرات یک تابع ارتباط معمولی بازمان 77

شکل3-10: منحنی توابع ارتباط برای ذرات کوچک و بزرگ 78

شکل3-11: نمودار توزیع اندازه ذرات 78

شکل3-12: قسمت‌های مختلف یک آلتراسونیک پروبی 79

شکل3-13: قسمت‌های مختل یک حمام آلتراسونیک 80

شکل3-14: تولید حباب‌های حفره ساز 81

شکل3-15: طرح‌واره‌ای از دستگاه مغناطیس‌سنج نمونه ارتعاشی..... 86

شکل3-16: طرح‌واره‌ای از دستگاه مغناطیس‌سنج نیروی گرادیان متناوب 87

شکل4-1: یک نمونه از محلول کلوئیدی آهن، ساخته شده در اتیلن‌گلیکول 90

شکل4-2: طیف *UV/Vis* نانوذرات آهن ساخته شده در اتیلن‌گلیکول پس از گذشت زمان‌های مختلف 91

شکل4-3: بررسی اثر سونیکیت بر روی نانوذرات آهن در گذشت زمان..... 94

شکل4-4: طیف *UV/Vis* نانوذرات آهن ساخته شده در اتیلن‌گلیکول 95

شکل4-5: نقش پراش نانوذرات آهن در اتیلن‌گلیکول(*a*) و تبدیل آن به اکسید آهن سه ظرفیتی 96

شکل4-6: تصویر *SEM* نانوذرات آهن در*a*)اتیلن‌گلیکول *b*)1-پروپانول..... 100

شکل4-7: توزیع اندازه نانوذرات آهن در*a*)اتیلن‌گلیکول*b*)1-پروپانول..... 100

شکل4-8: ساختار رزونانسی مولکول *PVP*..... 102

شکل4-9: تصاویر *SEM* نانوذرات آهن در اتیلن‌گلیکول با مقادیر مختلف *PVP*..... 103

شکل4-10: طیف *UV/Vis* نانوذرات آهن ساخته شده در اتیلن‌گلیکول با جریان‌های مختلف 105

شکل4-11: بررسی اثر شدت و دامنه سونیکیتور..... 108

شکل4-12: بررسی اثر تعداد دفعات سونیکیت..... 108

شکل4-13: شمایی از استفاده از سونیکیتور در جداسازی نانوذرات کلوخه شده 109

شکل4-14: مقایسه اندازه نانوذرات کبالت با تغییر جریان با استفاده ازآنالیز تفرق نور(*DLS*) 110

شکل4-15: چرخه پسمان نانوذرات آهن با جریان 30 آمپر 111

شکل4-16: یک نمونه از محلول کلوئیدی کبالت ساخته شده در اتیلن‌گلیکول 112

شکل4-17: طیف *UV/Vis* نانوذرات آهن ساخته شده در اتیلن‌گلیکول پس از گذشت زمان‌های مختلف 112

شکل4-18: بررسی اثر سونیکیت بر روی نانوذرات کبالت در گذشت زمان 113

شکل4-19: نقش پراش نانوذرات کبالت در اتیلن‌گلیکول 114

شکل4-20: تصویر *SEM* نانوذرات کبالت در *a)* آب *b)*1اتانول *c)* متانول *d)*1-پروپانول *e)* اتیلن‌گلیکول 118

شکل4-21: طیف *UV/Vis* نانوذرات کبالت ساخته شده در اتیلن‌گلیکول با جریان‌های مختلف 119

شکل4-22: مقایسه اندازه نانوذرات کبالت با تغییر جریان با استفاده ازآنالیز تفرق نور(*DLS*) 120

شکل4-23: چرخه پسماند نانوذرات کبالت با جریان 30 آمپر 121

فهرست جدول‌ها

عنوان ..... صفحه

جدول1-1: بیان برخی ویژگی فیزیکی و شیمیایی نانوذرات 4

جدول1-2: مقایسه دمای کوری و نقطه ذوب مواد فرومغناطیسی 10

جدول2-1: طبقه بندی روش‌های ساخت نانوذرات در دسترس 49

جدول2-2: پیشینه‌ای از روش‌های اخیر ساخت نانوذرات آهن و کبالت 56

جدول3-1: پیشینه‌ای از روش‌های اخیر ساخت نانوذرات فلزی با روش تخلیه‌الکتریکی در محیط مایع .. 67

جدول4-1: مشخصات 5 حلال مورد استفاده در ساخت نانوذرات کبالت 115

نمادها

AFM	Antiferromagnet
Co	Cobalt
fcc	face-centered cubic
Fe	Iron
Fe_3O_4	Magnetite
γ-Fe_2O_3	Maghemite
FM	Ferromagnet
hcp	hexagonal close packed
HRTEM	High-resolution transmission electron microscopy
TEM	Transmission electron microscopy
XRD	X-ray diffraction
χ	Magnetic susceptibility
H	Magnetic field strength
H_C	Coercivity
M	Mass magnetization
M_R	Remanent magnetization
M_S	Saturation magnetization
T_C	Curie temperature
T_N	Néel temperature