

فصل اول : بررسی منابع

- 1-1- ساختار و خواص مواد مغناطیسی 1
- 2-1- خاصیت سوپر پارا مغناطیسی (superparamagnetism) 4
- 3-1- نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی 5
- 1-3-1- اهمیت نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی 5
- 2-3-1- خصوصیات مغناطیسی نانوذرات اکسید آهن 8
- 4-1- سنتز نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی 10
- 5-1- محلول های مغناطیسی نانو (ferroFluid) 14
- 6-1- پایدارسازی نانوذرات مغناطیسی با سورفکتانت 16
- 7-1- اصلاح سطح نانوذرات مغناطیسی 17
- 1-7-1- اصلاح سطح با ترکیبات آلکوکسی سیلان 18
- 8-1- روشهای اتصال پلیمر یا رشد پلیمر بر روی نانوذرات اکسید آهن 21
- 1-8-1- پوشش نانوذرات اکسید آهن با مواد معدنی 21
- 2-8-1- پوشش نانوذرات اکسید آهن با پلیمر 24

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
27	9-1- تغییر دمای LCST با استفاده از منومرها
27	10-1- کوپلیمریزاسیون NIPAAm و اکسید آهن مغناطیسی عامل دار شده
35	11-1- پلیمریزاسیون N- ایزوپروپیل آکریلامید روی سطح نانوذرات اکسید آهن بدون اصلاح سطحی
36	12-1- هدف از کار پژوهشی

فصل دوم : بخش تجربی

37	1-2- دستگاه‌های مورد استفاده
37	2-2- مواد و حلال‌های مصرفی
38	3-2- خالص سازی مواد مصرفی
38	1-3-2- نوبلور کردن آکریلامید
38	2-3-2- تقطیر N- وینیل پیرولیدون
38	3-3-2- نوبلور کردن N , N'-آزوبیس ایزو بوتیرونیتریل

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
38	4-2- سنتز نانوذرات اکسید آهن Fe_3O_4
39	5-2- پوشش نانوذرات اکسید آهن با وینیل تری اتوکسی سیلان (سنتز $Fe_3O_4/VTES$)
40	6-2- پلیمریزاسیون نانوذرات $Fe_3O_4/VTES$ با منومرهای N- ایزوپروپیل آکریلامید، آکریلامید و N- وینیل پیرولیدون
41	7-2- سنتز نانوذرات اکسید آهن بصورت فرولوئید Fe_3O_4/fF
	8-2- پوشش نانوذرات اکسید آهن فرولوئید با وینیل تری اتوکسی سیلان
42	(سنتز Fe_3O_4-VTES/fF)
42	9-2- پلیمریزاسیون نانوذرات فرولوئید پوشش داده شده با عامل وینیلی با منومرهای N- ایزوپروپیل آکریلامید، آکریلامید و N- وینیل پیرولیدون
44	10-2- کاربرد طیف سنجی UV-Vis در بررسی دمای LCST
44	11-2- آماده سازی نمونه ها برای آنالیزها

فصل سوم : بحث و نتیجه گیری

- 46..... 1-3- سنتز نانوذرات اکسید آهن
- 46 1-1-3- بررسی طیف سنجی FT-IR
- 47 2-1-3- مقایسه پایداری حالت رسوب و فرولوید نانوذرات اکسید آهن
- 48 3-1-3- بررسی نتایج آنالیز حرارتی TGA
- 49 2-2-3- اصلاح سطحی نانوذرات اکسید آهن با وینیل تری اتوکسی سیلان
- 50 1-2-3- بررسی طیف سنجی FT-IR
- 52..... 2-2-3- بررسی منحنی مغناطیس پذیری (VSM)
- 53 3-2-3- بررسی مورفولوژی سطح نانوذرات اکسید آهن اصلاح شده با وینیل تری اتوکسی سیلان با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)
- 53 4-2-3- مقایسه پایداری حالت رسوب و فرولوید نانوذرات اکسید آهن اصلاح شده با وینیل تری اتوکسی سیلان .
- 54 5-2-3- بررسی نتایج آنالیز حرارتی TGA
- 55 5-2-3- بررسی نتایج آنالیز حرارتی TGA

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
56	3-3- پلیمریزاسیون نانوذرات اکسید آهن
57	1-3-3- بررسی طیف سنجی FT-IR
61	2-3-3- بررسی منحنی مغناطیس پذیری (VSM)
63	3-3-3- بررسی مورفولوژی سطح نانوذرات اکسید آهن وینیل شده و پلیمریزه شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)
64	4-3-3- بررسی نتایج آنالیز حرارتی TGA
66	5-3-3- مقایسه پایداری حالت رسوب و فرولوئید نانوذرات اکسید آهن پلیمریزه شده
69	6-3-3- بررسی طیف سنجی UV-Vis
73	1-6-3-3- تأثیر غلظت محلول پلیمری روی LCST
73	2-6-3-3- تأثیر افزایش درصد منومرهای آبدوست روی LCST
74	7-3-3- تعیین دمای LCST به روش چشمی
76	8-3-3- بررسی پخش پذیری نانوذرات فرولوئید در حلالهای مختلف
78	نتیجه گیری
79	پیشنهادات
76	منابع

شکل‌ها

- شکل 1-1- ساختار کریستالی مگنتیت 6
- شمای 1-1- مکانیسم واکنش تشکیل ذره مگنتیت از مخلوط آبی فروس و فریک کلرید با اضافه کردن یک باز 12
- شمای 1-2- اصلاح سطحی نانوذرات اکسید آهن با ترکیبات سیلان 20
- شکل 1-2- نانوذرات پوشش داده شده با PNIPAAm و رفتار آنها نسبت به تغییرات دما 25
- شکل 1-3- سطح نانوذرات مغناطیسی پوشش داده شده با PNIPAAm با عامل اتصال عرضی 26
- شمای 1-3- فرآیند تک مرحله‌ای نانوذرات مغناطیسی به روش رادیکال آزاد انتقال زنجیر 28
- شکل 1-4- سنتز نانوذرات چند لایه پلیمری با هسته مغناطیسی 29
- شمای 1-4- سنتز کوپلیمر (P(NIPAm-co-TMSPMA) و محصور کردن نانوذرات اکسید آهن 30
- شمای 1-5- مراحل مختلف سنتز حامل دارویی حاوی هسته مغناطیسی 32
- شمای 1-6- روش معمول سنتز کوپلیمر بلوکی آمفی‌فیل PNIPAAm و PLA 33
- شمای 1-7- پلیمریزاسیون با دو مکانیسم حلقه‌گشایی و RAFT 34

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
46	شمای 3-1- سنتز نانوذرات اکسید آهن.....
47	شکل 3-1- طیف FT-IR نانوذرات اکسید آهن (Fe_3O_4)
48	شکل 3-2- مقایسه محصولات فرولوئید و رسوب نانوذرات اکسید آهن، (A) فرولوئید و (B) رسوب ...
49	شکل 3-3- منحنی آنالیز حرارتی نانوذرات اکسید آهن
49	شمای 3-2- اصلاح سطحی نانوذرات اکسید آهن با وینیل تری اتوکسی سیلان
	شکل 3-4- طیف FT-IR مربوط به (a) نانوذرات اکسید آهن، (b) نانوذرات اکسید آهن اصلاح شده با
51	وینیل تری اتوکسی سیلان
52	شکل 3-5- منحنی VSM اکسید آهن اصلاح شده با وینیل تری اتوکسی سیلان
53	شکل 3-6- تصویر TEM نانوذرات اکسید آهن اصلاح شده با وینیل تری اتوکسی سیلان
	شکل 3-7- مقایسه محصولات فرولوئید و رسوب نانوذرات اکسید آهن اصلاح شده با وینیل تری اتوکسی
54	سیلان، (A) فرولوئید و (B) رسوب
	شکل 3-8- نانوذرات اکسید آهن اصلاح شده با وینیل تری اتوکسی سیلان پخش شده در (A) آب و (B)
55	اتانول
	شکل 3-9- منحنی آنالیز حرارتی نانوذرات اکسید آهن اصلاح سطحی شده با وینیل تری اتوکسی
56	سیلان.....

57	شمای 3-3- پلیمریزاسیون نانوذرات اکسید آهن.....
	شکل 3-10- طیف FT-IR نانوذرات اکسید آهن پلیمریزه شده. (a) نانوذرات اکسید آهن، (b) نانوذرات اکسید آهن اصلاح شده با وینیل تری اتوکسی سیلان و (c) نانوذرات اکسید آهن پلیمریزه شده
58	شکل 3-11- طیف FT-IR نانوذرات اکسید آهن پلیمریزه شده. (a) نانوذرات اکسید آهن، (b) نانوذرات اکسید آهن اصلاح شده با وینیل تری اتوکسی سیلان و (c) نانوذرات اکسید آهن پلیمریزه شده
60	شکل 3-12- (B) اکسید آهن پوشش داده شده با آلکوکسی سیلان. (C) اکسید آهن اصلاح سطحی شده پوشش داده شده با منومرها با نسبت مولی (97 : 1/5 : 1/5)
62	شکل 3-13- (B) اکسید آهن پوشش داده شده با آلکوکسی سیلان. (C) اکسید آهن اصلاح سطحی شده پوشش داده شده با منومرها با نسبت مولی (93/1 : 4/6 : 2/3)
63	شکل 3-14- تصویر TEM نانوذرات اکسید آهن پلیمریزه شده
64	شکل 3-15- منحنی آنالیز حرارتی نانوذرات اکسید آهن پلیمریزه شده با نسبت مولی (97 : 1/5 : 1/5)
65	شکل 3-16- منحنی آنالیز حرارتی نانوذرات اکسید آهن پلیمریزه شده با نسبت مولی (93/1 : 4/6 : 2/3)
66	شکل 3-17- رسوبهای (A) اکسید آهن، (B) اکسید آهن اصلاح شده با وینیل تری اتوکسی سیلان و (C) اکسید آهن پلیمریزه شده، در زمانهای (1) لحظه ابتدا، (2) 1 ساعت بعد، (3) 20 ساعت بعد و (4) 72 ساعت بعد
67	ساعت بعد

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

- شکل 3-18- مقایسه محصولات فرولوئید و رسوب (A) فرولوئید و (B) رسوب، (1) اکسید آهن، (2) اکسید آهن اصلاح شده با وینیل تری اتوکسی سیلان و (3) اکسید آهن پلیمریزه شده 68
- شکل 3-19- منحنی درصد عبور بر اساس افزایش دما (B) $2/5 \text{ g.lit}^{-1}$ ، (C) $1/25 \text{ g.lit}^{-1}$ 70
- شکل 3-20- منحنی درصد عبور بر اساس افزایش دما (B) $2/5 \text{ g.lit}^{-1}$ ، (C) $1/25 \text{ g.lit}^{-1}$ 71
- شکل 3-21- منحنی درصد عبور بر اساس افزایش دما (B) $2/5 \text{ g.lit}^{-1}$ ، (C) $1/25 \text{ g.lit}^{-1}$ 72
- شکل 3-22- بررسی دمای LCST نمونه‌های با نسبت مولی (A) $1/5 : 1/5$ ، (B) $2/5 : 2/5$ و 95 و (C) $2/3 : 4/6 : 93/1$ در دماهای (1) 30 ، (2) 36 ، (3) 37 ، (4) 38 و 39 درجه سانتیگراد 75

جدول‌ها

- جدول 2-1- نسبت‌های مولی منومرها 43
- جدول 2-2- نسبت‌های مولی منومرها و مقدار محصول بدست آمده 44
- جدول 3-1- مقادیر درصد عبور اندازه‌گیری شده توسط UV-Vis با نسبت مولی (A) $1/5 : 1/5$ ، (B) $2/5 : 2/5$ و 95 69
- جدول 3-2- مقادیر درصد عبور اندازه‌گیری شده توسط UV-Vis با نسبت مولی (A) $1/5 : 1/5$ ، (B) $2/5 : 2/5$ و 95 70

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

72 ..	جدول 3-3- مقادیر درصد عبور اندازه‌گیری شده توسط UV-Vis با نسبت مولی (93/1 : 4/6 : 2/3)
73	جدول 3-4- ارتباط غلظت محلولهای پلیمری با دمای LCST
74	جدول 3-5- ارتباط درصد منومرها با دمای LCST
77	جدول 3-6- پخش پذیری نانوذرات فروفلوئید در حلالهای مختلف

اختصارات

LCST : Lower Critical Solution Temperature

TEM : Transmission Electron Microscopy

VSM : Vibrating Sample Magnetometer

TGA : ThermoGravimetric Analysis

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

نام خانوادگی دانشجو: خاکسار خیابانی	نام: هانیه		
عنوان پایان نامه: پوشش نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی با پلیمرهای حساس به دما			
استادان راهنما: دکتر ناصر ارسلائی - دکتر حسن نمازی			
استاد مشاور: دکتر علی اکبر انتظامی			
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: شیمی	گرایش: آلی	دانشگاه: تبریز
دانشکده: شیمی	تاریخ فارغ التحصیلی: بهمن 89	تعداد صفحه: 83	
واژه‌های کلیدی: نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی، پلیمرهای حساس گرمایی			

چکیده:

نانوذرات مغناطیسی خواص بی نظیر زیادی خاصیت سوپرپارامغناطیسی و مغناطیس پذیری بالا دارند، که از این میان می توان به مگنتیت (Fe_3O_4) و مگمایت ($\gamma-Fe_2O_3$) اشاره کرد. همچنین پایداری این ذرات و جلوگیری از تجمع ذرات نیز مورد بحث است. این امر با استفاده از سورفکتانت مناسب امکان پذیر است. در این کار پژوهشی، از سورفکتانت اسیدسیتریک استفاده شده است.

اصلاح سطحی این نانوذرات نیز مهم است، زیرا این عوامل می توانند امکان واکنشهای بعدی را فراهم کنند. از این میان عوامل وینیلی بدلیل تشکیل پیوند با نانوذرات از اهمیت زیادی برخوردارند. در این کار پژوهشی، هر دو محصول رسوب و فروفلوید تهیه شده اند ولی بیشترین توجه مربوط به محصول فروفلوید می باشد. اصلاح سطحی توسط وینیل تری-اتوکسی سیلان (VTES) انجام شده است و مرحله بعدی که شامل پوشش نانوذرات می باشد، توسط سه منومر N-ایزوپروپیل آکرلامید، آکرلامید، N-وینیل پیرولیدون در نسبتهای مختلف و به روش پلیمریزاسیون رادیکالی آزاد صورت گرفته است.

پلیمرهای حساس گرمایی بعلت وجود رفتار خاص شان بعنوان پلیمرهای هوشمند شناخته شده اند. در این کار پژوهشی از سه منومر NIPAAm، AAm و NVP در نسبتهای مولی مختلف سنتز شده اند. دو منومر NIPAAm و NVP حساس به دما می باشند و AAm جهت افزایش قدرت مکانیکی پلیمر استفاده شده است. در ضمن، هر سه منومر خاصیت زیست سازگاری دارند.

آنالیزهای انجام شده شامل FT-IR، VSM، TEM، UV-Vis و TGA می باشد. آنالیز VSM جهت تعیین مقدار اشباع مغناطیسی صورت گرفته است. اندازه ذرات توسط TEM مورد بررسی قرار گرفت و برای نانوذرات اکسید آهن اصلاح شده با عامل وینیلی 98 nm و برای نانوذرات پلیمریزه شده 150 nm بدست آمد. برای بررسی دمای LCST دو روش چشمی و UV-Vis انجام شد. دمای LCST در محدوده 36-40 درجه سانتیگراد تعیین شد. کلیه محصولات با آنالیزهای FT-IR و TGA مورد بررسی قرار گرفتند.

فصل اول

1-1- ساختار و خواص مواد مغناطیسی

تمامی مواد اعم از جامد، مایع یا گاز مشخصات مغناطیسی ویژه ای در تمامی دماها از خود نشان می‌دهند: در واقع مغناطیسی شدن (Magnetism) یکی از ویژگی‌های اساسی مواد است. برای مشخص نمودن دقیق‌تر ویژگی‌های مغناطیسی مواد، پارامترهای مختلفی استفاده می‌شوند که در زیر تعریف شده‌اند. وقتی ماده‌ای در یک میدان مغناطیسی با شدت B قرار گیرد، یک ممان دو قطبی به دست می‌آورد. بزرگی این ممان دو قطبی، بستگی به طبیعت ماده و قدرت میدان مغناطیسی اعمال شده داشته و متناسب با حجم آن است. بنابراین ممان دو قطبی به ازای واحد حجم تعریف می‌شود که در ماده با عنوان مغناطیسی شدن (Magnetization) (M) القا می‌شود. رابطه بین M و میدان مغناطیسی اعمالی می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$M = \chi B \quad (1)$$

که χ به عنوان قابلیت مغناطیس پذیری (مهمترین ویژگی مواد مغناطیسی) تعریف می‌شود. χ طبق رابطه زیر به دما بستگی دارد:

$$\chi = \frac{C}{T + \theta} \quad (2)$$

که C و θ هر دو ثابتهای مشخص ماده می‌باشند. هر ماده مغناطیس در حالت توده، از حوزه‌های مغناطیسی تشکیل شده‌است. هر حوزه حاوی هزاران اتم است که در آن جهت چرخش الکترون‌ها یکسان و ممان‌های مغناطیسی به صورت موازی جهت یافته‌اند. اما جهت چرخش الکترونِ هر حوزه با حوزه‌های

دیگر متفاوت است. هرگاه، یک میدان مغناطیسی بزرگ، تمام حوزه‌های مغناطیسی را هم‌جهت کند، تغییر فاز مغناطیسی رخ داده و مغناطیس‌پذیری به حد اشباع می‌رسد.

اگر میدان اعمال شده برای یک ماده ویژه افزایش یابد، مغناطیسی شدن به یک مقدار ثابت می‌رسد که تحت عنوان اشباع مغناطیسی (M_s) نامیده می‌شود و از ویژگی‌های یک ماده می‌باشد. خصوصیات مغناطیسی یک یون یا اتم با جهت‌گیری و تعداد اسپین‌های الکترون تعریف می‌شود. برای اکسیدهای فلزات (مخصوصاً اکسیدهای فلزات واسطه)، اسپین‌های الکترون منفرد در حرکتشان به شدت با همدیگر مرتبط هستند، به طوری که اسپین یک یون بهتر است با یک اسپین کلی (اسپین اتمی) مشخص شود تا اسپین‌های الکترون منفرد. اسپین‌های اتمی یونهای مجاور نیز ممکن است شدیداً با همدیگر در ارتباط باشند تا تشکیل یک زیر شبکه اسپین (spin sub-lattice) دهند.

بسته به بزرگی، جهت‌گیری و تعداد زیر شبکه‌های اسپین، ماده دارای یک میدان مغناطیسی داخلی ویژه‌ای است و پاسخهای ویژه‌ای به میدان مغناطیسی اعمالی بروز می‌دهد. با در نظر گرفتن انواع مختلف پاسخهای مواد به یک میدان مغناطیسی پنج دسته اصلی قابل مشاهده است:

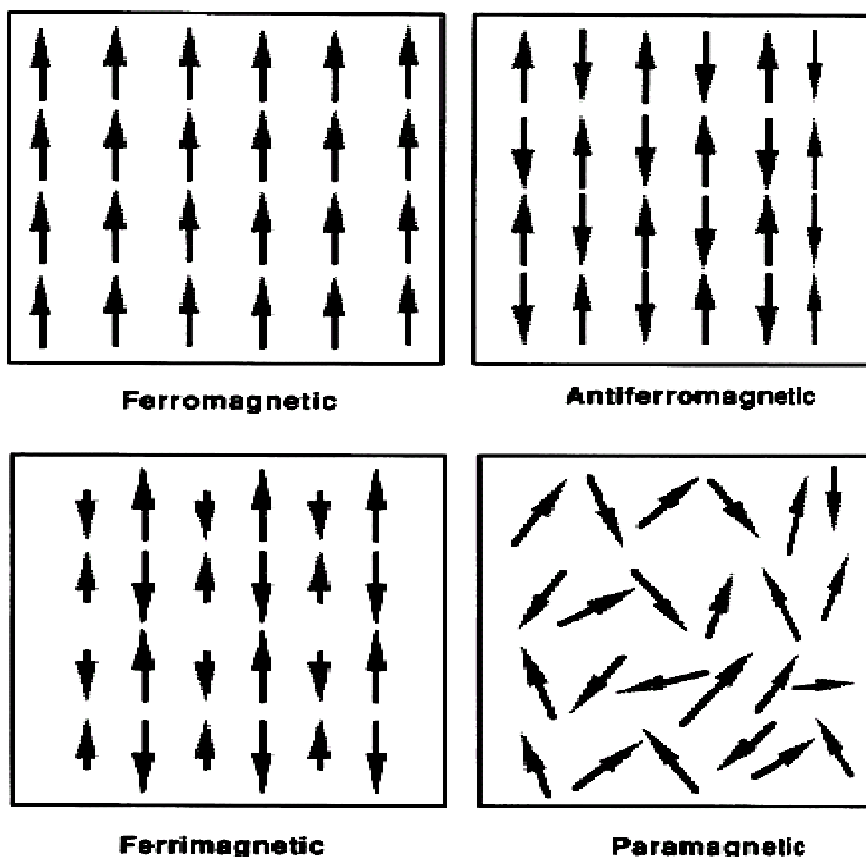
1) فرومغناطیس (2) آنتی فرومغناطیس (3) فری مغناطیس (4) پارامغناطیس (5) دیامغناطیس.

1) فرومغناطیس: یک پدیده درون حوزوی است و نه درون مولکولی. خاصیت مغناطیسی به مراتب شدیدتر از اجسام پارامغناطیس می‌باشد و دلیل شدید بودن آن، هم‌گام بودن حوزه‌ها با هم است. یعنی حوزه‌ها هم‌سو هستند. با افزایش دما خاصیت مغناطیسی به شدت کاهش می‌یابد و به حالت پارامغناطیسی می‌رسد. دمایی که ماده فرومغناطیس به پارامغناطیس تبدیل می‌شود را دمای کوری (T_c) می‌نامند.

(2) آنتی فرومغناطیس: در این مواد حوزه‌ها با هم هم‌سو نیستند (نیمی از حوزه‌ها در یک جهت و نیمی در جهت دیگر است). با افزایش درجه حرارت خصلت مغناطیسی افزایش می‌یابد. درجه حرارتی را که در آن ماده آنتی فرومغناطیس به پارامغناطیس تبدیل می‌شود درجه حرارت نیل (T_N) می‌نامند.

(3) فری مغناطیس: همان آنتی فرومغناطیس است با این تفاوت که خاصیت مغناطیسی حوزوی آن کاملاً خنثی نشده است، موادی که دارای الکترون تک جفت نشده هستند پارامغناطیس بوده جذب میدان مغناطیسی می‌شوند. کربن رادیکالی همانطور که از نامش پیداست، دارای الکترون جفت نشده بوده بنابراین پارامغناطیس است و جذب میدان مغناطیسی می‌شود.

(4) پارامغناطیس: الکترون منفرد دارند، باعث نزدیکتر شدن خطوط میدان مغناطیسی می‌شوند و در راستای خطوط میدان قرار می‌گیرند. با افزایش دما خاصیت پارامغناطیسی دارای شدت کمتر می‌شود.



5) دیامغناطیس: اوربیتال‌های پر از الکترون دارند، خطوط میدان مغناطیسی را از همدیگر دور می‌کنند، عمود بر خطوط میدان قرار می‌گیرند. با افزایش دما خاصیت مغناطیسی بدون تغییر می‌ماند.

1-2- خاصیت سوپر پارا مغناطیسی (superparamagnetism)

علاوه بر پنج دسته اصلی مواد مغناطیسی که قبلاً بحث کردیم یک پدیده مغناطیسی ویژه‌ای وجود دارد که خصوصیات هر دو مواد پارامغناطیس و فرومغناطیس را به اشتراک می‌گذارد. تشریح چنین پدیده‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا ذرات اکسید آهن می‌توانند رفتار سوپر پارامغناطیس نشان دهند.

Dorfman و Frenkel برای اولین بار در سال 1930 پیش بینی کردند که یک ذره فری مغناطیس (یا فرومغناطیس) زیر یک اندازه بحرانی می تواند متشکل از یک حوزه مغناطیسی منفرد باشد. طبق تعریف، ذرات با حوزه منفرد در هر قدرت میدانی دارای مغناطیس پذیری یکنواخت خواهند بود. در سال 1949، Neel خاطر نشان کرد که اگر یک ذره با حوزه منفرد به اندازه کافی کوچک باشد، نوسانات دمایی می تواند جهت مغناطیسی شدن آن را مشابه چرخش براونی بکند.

Livingston و Bean در سال 1959 مشاهده کردند که رفتار مغناطیسی شدن ذرات تک دامنه (single domain) (ایزوتروپیک) در تعادل ترمودینامیک در تمامی میدانها با پارامغناطیسی شدن اتمی برابر است اما آنها ممان بسیار بزرگی دارند [1]. این ممان مغناطیسی بزرگ از اتمهای انفرادی نتیجه نمی شود بلکه آن از هزاران اتم در ذره (بسته به اندازه ذره) ناشی می شود که توسط نیروهای تعویض به صورت فرومغناطیسی کوپل شده اند. وقتی یک میدان مغناطیسی به سوسپانسیون ذرات فرومغناطیس کوچک اعمال شود، آنها تا حدودی با میدان همجهت شده و به طور جزئی با حرکت گرمایی بی نظم می شوند از این رو یک پارامغناطیسی شدن کلی را نشان می دهد. این ذرات می توانند به عنوان ماکرومولکول مورد عمل قرار گرفته و همچنین یک اندازه ذره می تواند از پاسخ آنها به یک میدان مغناطیسی محاسبه شود. این رفتار تعادلی گرمایی تحت عنوان سوپر پارامغناطیسی نامیده می شود که با دو شرط زیر تعیین می شوند:

1) منحنی مغناطیسی شدن نباید هیچ hysteresis (حلقه پسماند) نشان دهد زیرا آن یک ویژگی

تعادل گرمایی نیست.

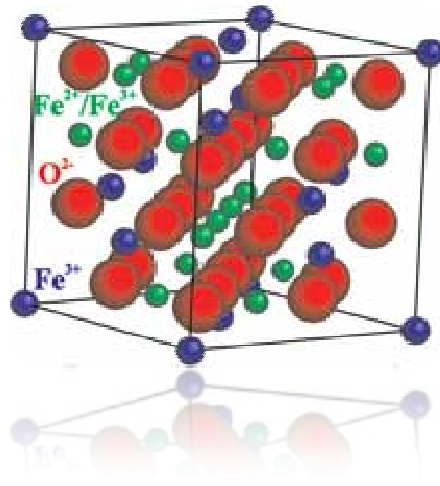
2) منحنی مغناطیسی شدن برای یک نمونه ایزوتروپیک باید وابسته به دما باشد.

1-3-3- نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی

1-3-3-1- اهمیت نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی

در دهه گذشته، نانو تکنولوژی چنان توسعه یافته است که تولید، شناسایی و طراحی مخصوص خصوصیات عاملی نانوذرات برای کاربردهای پزشکی و تشخیص امکانپذیر شده است [2]. نانوذرات معدنی به عنوان حد واسطه‌هایی بین حالت‌های مولکولی و جامد، دسترسی شیمیایی در محلول را با خصوصیات فاز توده (bulk) ترکیب می‌کند. از این رو آنها اجزای ایده‌آل برای ساختن مواد و وسایل نانو ساختار با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی قابل تنظیم می‌باشند [3].

ذرات اکسید آهن ریز برای تشخیص های *in vitro* نزدیک چهل سال است که مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در دهه گذشته، بررسی‌های زیادی با انواع مختلف اکسیدهای آهن در زمینه ذرات مغناطیسی با اندازه نانو (بیشتر مگمایت، $g - Fe_2O_3$ ، یا مگنتیت، Fe_3O_4 ، با دامنه‌های تک (single domain) (با قطر حدود 5-20nm) صورت گرفته است که از بین آنها مگنتیت گزینه مناسبتری است چون زیست-سازگاری آن نیز تاکنون به اثبات رسیده است. مگنتیت، Fe_3O_4 ، یک اکسید آهن مغناطیسی متداول است که دارای ساختار اسپینل معکوس مکعبی با اکسیژن می‌باشد و تشکیل یک ساختار fcc بسته می‌کند که کاتیون‌های Fe موقعیت‌های بینابینی چهار وجهی و هشت وجهی را اشغال می‌کند.



شکل 1-1- ساختار کریستالی مگنتیت

الکترون‌ها می‌توانند بین یون‌های Fe^{2+} و Fe^{3+} در موقعیتهای هشت وجهی در دمای اتاق در حال رفت و برگشت باشند و به همین دلیل مگنتیت به عنوان یک طبقه مهم از شبه فلزات تلقی می‌شود. با پوشش‌دهی مناسب سطح، این نانو ذرات مغناطیسی می‌توانند داخل حلالهای مناسب توزیع شوند و تشکیل سوسپانسیون‌های هموزن بدهند که ferroFluid نامیده می‌شود [4]. یک چنین سوسپانسیونی می‌تواند با یک میدان مغناطیسی خارجی بر همکنش داشته و در یک ناحیه خاص قرار بگیرد که تصویربرداری رزونانس مغناطیس را برای تشخیص پزشکی تسهیل می‌کند [5].

ذرات با اندازه نانو دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی هستند که مشابه مشخصه هیچکدام از اجزای اتمی یا توده نیستند [6]. اثرات اندازه کوانتوم و مساحت سطح بالای نانوذرات مغناطیسی به میزان خیلی زیادی بعضی از خصوصیات مغناطیسی را عوض می‌کند و پدیده سوپرپارامغناطیسی مشاهده می‌شود، زیرا هر ذره می‌تواند به عنوان یک حوزه مغناطیسی منفرد در نظر گرفته شود.

بر پایه خصوصیات یکدست و حدواسط فیزیکی، شیمیایی، گرمایی و مکانیکی، نانوذرات سوپرپارامغناطیس دارای پتانسیل بالایی جهت کاربردهای مختلف پزشکی می‌باشند [7, 8]. مانند:

الف) cellular therapy: مانند نشان‌دار کردن سلول، هدف قرار دادن و به عنوان ابزاری برای تحقیقات زیست‌شناسی سلولی برای جداسازی و خالص‌سازی جمعیت سلولها.

ب) ترمیم بافت

ج) رهش دارو

د) تصویربرداری رزونانس مغناطیسی

و) هایپرترمیا (hyperthermia): هایپرترمیا (که به آن گرما درمانی یا حرارت درمانی نیز می‌گویند) یک روش درمان سرطان است که در آن بافت بدن در معرض حرارت زیاد قرار می‌گیرد)

ه) magnetofection

برای این کاربردها، ذرات بایستی دارای خواص ترکیبی از اشباع مغناطیسی بالا، زیست‌سازگاری و عوامل فعال در سطح باشند. سطوح این ذرات می‌تواند با ایجاد تعدادی لایه‌های اتمی از پلیمر آلی یا سطوح فلز معدنی (مثل طلا) یا اکسید (مثل سیلیکا یا آلومینا) بهبود داده‌شوند که با این کار برای عامل-دار کردن بیشتر با اتصال مولکولهای فعال زیستی مناسب می‌شوند [9]. آنها می‌توانند یا به صورت دانه-های پلیمری حجیم توزیع شوند یا به صورت هسته در واکنشگر کلوئیدی با یک لایه زیست‌سازگار تشکیل شوند. چنانچه ذرات مغناطیسی تجمع یابند، به عنوان مثال در بافت تومور، آنها می‌توانند در تشخیص از طریق MRI یا تصویربرداری میکروسکوپ الکترونی در جایگیری و اندازه‌گیری اتصال یا به عنوان حامل دارو برای داروهای ضد سرطان نقش مهمی ایفا بکنند. نانوذرات مغناطیسی با مشخصات سطحی مناسب دارای پتانسیل بالا برای استفاده در کاربردهای بسیاری به صورت *in vitro* و *in vivo* می‌باشند. در تمامی موارد، ذرات سوپرپارامغناطیس ترجیح داده می‌شوند. زیرا آنها بعد از حذف میدان مغناطیسی هیچ خاصیت مغناطیسی‌ای نگه نمی‌دارند [10]. میزان موثر بودن ذرات به عوامل زیر بستگی دارد: