



## مطالعه طیف موزبائر $^{57}\text{Fe}$ نانوذرات فریت منیزیم و فریت روی

محمود ناصری\* | مهشید چیره | ناهید بیگی محمدی

گروه فیزیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه ملایر، ملایر، همدان

**چکیده:** در این پژوهش از طیف سنجی موزبائر (MOS) برای مطالعه مشخصات مغناطیسی و میکروسکوپی نانوذرات فریت منیزیم و فریت روی که با استفاده از روش عملیات گرمایی ساخته شده بودند استفاده شد. این طیف سنجی توانست مشخصات فوق ریز مغناطیسی و توزیع کاتیونی این نانو فریت ها را بررسی کند. جهت تحلیل کمیت های بدست آمده از طیف سنجی موزبائر این نانو ذرات، از نتایج آزمایش های مغناطش سنج نمونه لرزان (VSM)، پراش پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی تونلی (TEM) که قبلا منتشر شده بود استفاده گردید.

**واژگان کلیدی:** نانوذرات، فریت منیزیم، فریت روی، طیف موزبائر، ساختار فوق ریز، توزیع کاتیونی.

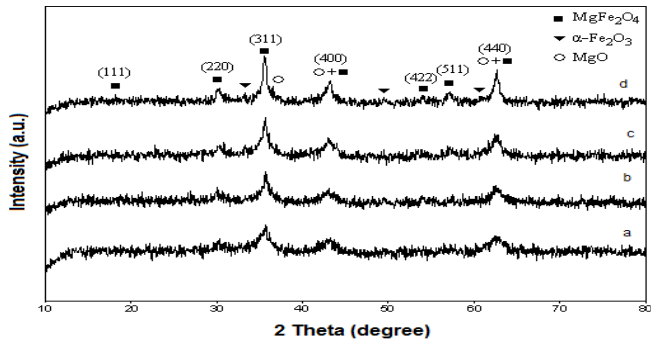
mahmoudnaseri55@gmail.com

فهمیدن خواص مغناطیسی فریت ها فراهم می کند [۱۰ و ۱۱]. با پیشرفت علم نانو گسترش این شاخه از طیف سنجی به فهم بستگی رفتار مغناطیسی مواد به اندازه ذره کمک زیادی کرده است [۱۲] و فریت اولین بار توسط تنگ و همکارانش در سال ۱۹۹۱ انجام گرفت [۱۳]. نانوذرات فریت اسپینلی فلزی از رابطه عمومی  $M\text{Fe}_2\text{O}_4$  پیروی می کنند که M می تواند فلزاتی مانند  $\text{Fe}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Mn}$  و امثال این ها باشد [۲ و ۱۵]. فریت های اسپینلی نماینده خوبی برای فهم و کنترل خواص مغناطیسی نانوذرات در لایه های اتمی می باشد [۱۶]. با توجه به وابستگی ماهیت مغناطیسی و غیرمغناطیسی و توزیع کاتیون ها بین زیرلایه ها، فریت های اسپینلی ممکن است خواص مغناطیسی متفاوتی مانند فری مغناطیس، آنتی فری مغناطیس، پارامغناطیس را از خود نشان دهند [۱۷ و ۱۸]. برای فهم کامل خواص مغناطیسی مهم است که بدانیم چگونه یون های مغناطیسی (به ویژه آهن) بین دو جایگاه A (تندراهدرال) و B (اکتاهدرال) توزیع شده اند، طیف سنجی موزبائر بهترین روش برای این منظور می باشد [۱۹]. خواص مغناطیسی فریت ها می تواند از طریق توزیع کاتیون ها

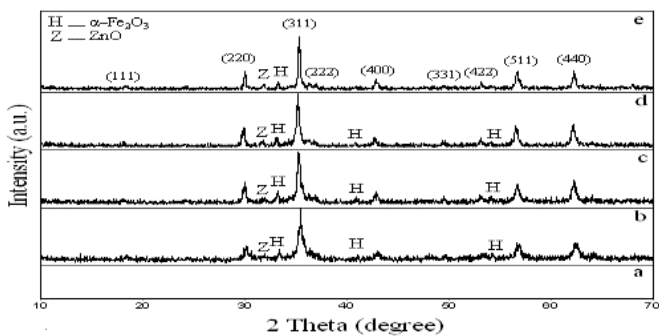
### ۱- مقدمه

تحقیق و پژوهش در علم نانو می تواند با سه هدف سنتز، فهم و کشف نانومواد و پدیده های مرتبط با آن انجام شود [۱]. در حال حاضر نانوذرات مغناطیسی به دلیل کاربردهای فراوانی مانند رسانش داروها به نقاط مورد نظر در بدن، تشخیص بیماری ها، تصفیه آب، حافظه های رایانه ها و سنسورها، که دارند، برای انجام کارهای پژوهشی بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند [۲ و ۳]. در میان آنها نانوذرات فریت اسپینلی به دلیل خواص مغناطیسی و الکتریکی منحصر بفرد و مناسبی که دارند به طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته اند [۴]. همچنین به دلیل کوچک شدن اندازه ها، این نانوذرات ممکن است خواص جدید و (یا) بهبود یافته ای در مقایسه با مواد توده ای از خود نشان دهند [۱]. در سیستم های نانوذره به دلیل فقدان اطلاعات ساختار اتمی مانند فاصله مرز، شیمی محلی، تقارن های اتم سطحی اکسیداسیون و حالت های اکسیداسیون خاص، مشکلاتی در فهم خواص وابسته به اندازه ذره وجود دارد [۵-۹]. طیف سنجی موزبائر ابزار آزمایشگاهی مفیدی برای

است. نتایج XRD برای همه نمونه ها در همه دماها ساختار اسپینلی را تایید کرد. با استفاده از فرمول شرر متوسط اندازه ذرات را به دست آوردیم. جدول ۱ تغییرات اندازه ذرات را به عنوان تابعی از دمای کلسینه نشان می دهد [۲۰ و ۲۱].



شکل ۱: الگوهای XRD نانوذرات فریت منیزیم کلسینه شده در دمای (a) ۴۰۰، (b) ۵۰۰، (c) ۶۰۰ درجه سانتیگراد [۲۰].



شکل ۲: الگوهای XRD نانوذرات فریت روی کلسینه شده در دمای (a) ۴۵۰، (b) ۵۰۰، (c) ۶۰۰ درجه سانتیگراد [۲۱].

تصاویر TEM برای نانوذرات فریت منیزیم و فریت روی در شکل-های ۴ و ۳ نشان داده شده است. نتیجه مشاهدات تصاویر TEM در جدول ۱ درج شده است. متوسط اندازه ذرات به دست آمده از TEM در توافق خوبی با نتایج XRD می باشد. نتایج XRD و TEM نشان می دهد که اندازه ذره با افزایش دما افزایش می یابد، این نتیجه بیانگر وجود رابطه ای قوی بین اندازه ذره و دما می باشد. از این رو دمای کلسینه وسیله خوبی برای کنترل اندازه ذره می باشد.

شکل های ۶ و ۵ حلقه های هیستریزیس (پسماند) مربوط به نمونه-های نانوذرات فریت منیزیم و فریت روی را که در دماهای مختلف کلسینه شده اند را نشان می دهد. نتایج به دست آمده از آزمایش VSM نشان می دهد که تغییرات مغناطش بر حسب میدان وادارندگی (M برحسب H) رفتار مشابهی دارند، به طوری که همه نمونه ها S شکل می باشند که بیانگر ناچیز بودن میدان وادارندگی

بخوبی با اندازه ذره تطبیق یابد. از این رو لازم است پیشینه گرمایی و یا تغییرات اندازه آنها با دما را بدانیم. از این رو با استفاده از روش عملیات گرمایی که قبلاً نانوذرات فریت های منیزیم و روی [۲۰ و ۲۱] را تولید نموده ایم از این پیشینه گرمایی و نحوه تغییرات اندازه نانوذرات با دما اطلاع پیدا کردیم، و سپس خواص فوق ریز مانند توزیع ذرات و میدان های فوق ریز را با استفاده از طیف سنجی موزبائر مورد بررسی قرار دادیم.

## ۲- روش آزمایش

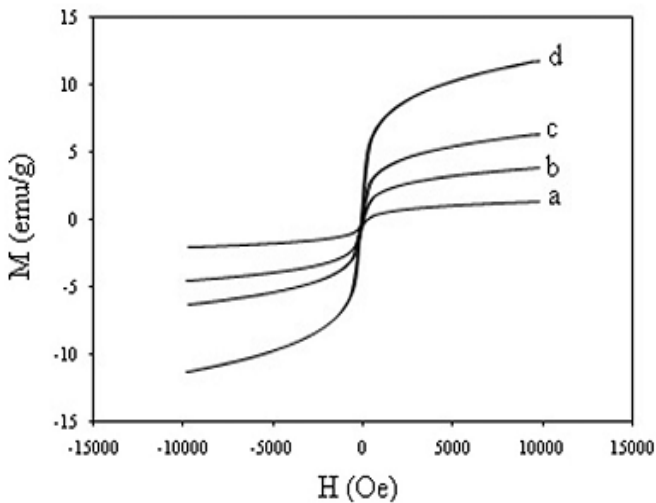
برای تهیه نانوذرات فریت منیزیم و فریت روی، مواد اولیه مورد نیاز، نیترات آهن،  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ، نیترات روی،  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  و نیترات منیزیم  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  بود. آب مقطر، پلیمر پلی وینیل پیرولیدون (PVP) با وزن مولکولی ۲۹۰۰۰، به منظور جلوگیری از کپه ای شدن مواد و به عنوان عامل محدود کننده اندازه ذرات استفاده شد. برای تهیه نمونه ها ابتدا ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر ۸۵ درجه سانتی گراد را تهیه نموده و پلیمر پلی وینیل پیرولیدون را به آن اضافه کردیم و توسط همزن مغناطیسی محلول حاصل را همزده تا پلیمر کاملاً در آب مقطر حل شود، سپس هریک از پیش ماده ها را به تنهایی به محلول افزوده و صبر می کنیم که بطور کامل حل شود. آنگاه محلول حاصل را در آون در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده تا بطور کامل خشک شود. پس از این ماده خشک شده را در هاون ریخته و آسیاب نمودیم. پودر حاصل را در یک کوره الکتریکی قرار داده و در یک فرآیند سه مرحله ای تا دمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد حرارت داده تا کلسینه شود. لازم به ذکر است این کار برای هر دو نمونه و در دماهای مختلفی انجام شد [۲۰ و ۲۱].

## ۳- نتایج و بحث

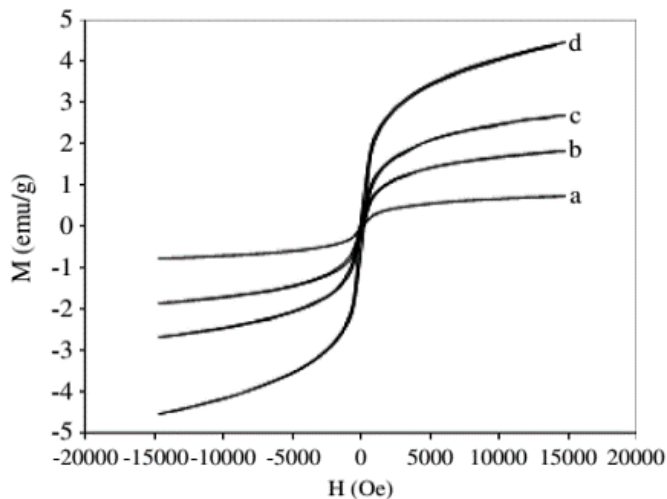
### ۳-۱- XRD، TEM و VSM

الگوهای XRD مربوط به نانوذرات فریت منیزیم و فریت روی که در دماهای مختلف کلسینه شدند در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده اند. نتایج الگوهای XRD برای نانوذرات فریت روی و منیزیم که در دماهای مختلف کلسینه شده اند در جدول ۱ نشان داده شده

آزمایشگاهی قدرتمندی برای مطالعه مشخصات مغناطیسی میکروسکوپی سیستم های فرتی مختلف می باشد.



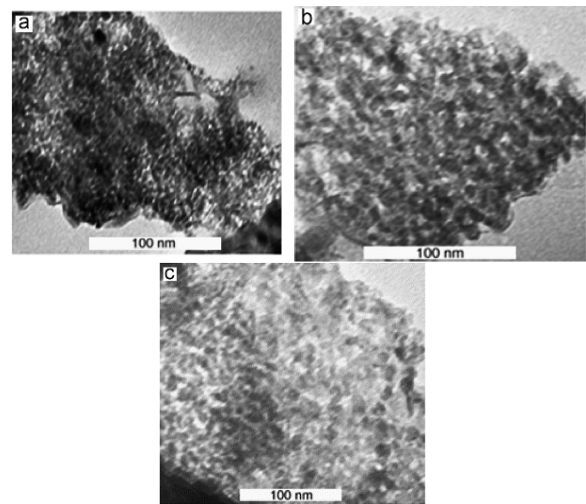
شکل ۵: حلقه های هیستریزس نانوذرات فرتی منیزیم کلسینه شده در دمای ۴۰۰(a)، ۵۰۰(b)، ۶۰۰(c) درجه سانتیگراد [۲۰].



شکل ۶: حلقه های هیستریزس نانوذرات فرتی روی کلسینه شده در دمای ۴۵۰(a)، ۵۰۰(b)، ۵۵۰(c) و ۶۰۰(d) درجه سانتیگراد [۲۱].

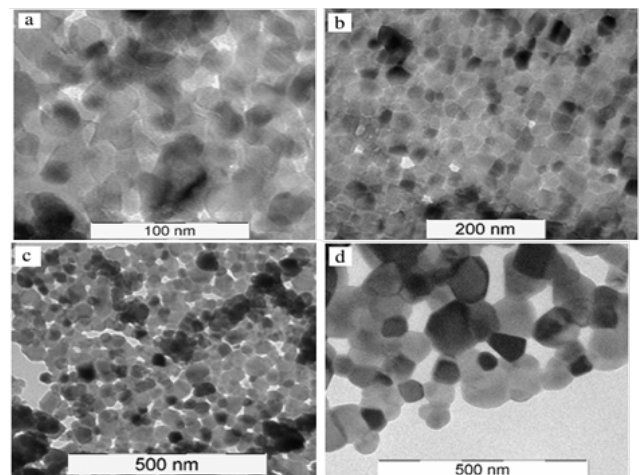
### ۳-۲- مطالعه موزبائر

شکل ۷ طیف موزبائر نانوذرات فرتی منیزیم را که در دماهای مختلف کلسینه شده اند نشان می دهد. پارامترهای فوق ریزی که از طیف موزبائر به دست آمده اند در جدول ۲ درج شده است. در ۴۰۰ درجه سانتیگراد فقط یک الگوی دوتایی داریم که مربوط به شکافتگی کوادرپل هسته آهن ( $^{57}\text{Fe}$ ) می باشد.



شکل ۳: تصاویر TEM نانوذرات فرتی منیزیم کلسینه شده در دمای ۴۰۰(a)، ۵۰۰(b)، ۶۰۰(c) درجه سانتیگراد [۲۰].

( $H_C$ ) می باشد و تایید کننده رفتار سوپرپارامغناطیس در نمونه ها می باشد. تغییر مغناطیس اشباع در نانوذرات فرتی روی و منیزیم با اندازه ذره و دما در جدول ۱ درج شده است. مطابق این نتایج در نانوذرات فرتی منیزیم مغناطش اشباع با افزایش دما و افزایش اندازه ذره افزایش می یابد ولی در نانوذرات فرتی روی مغناطش اشباع با افزایش دما و افزایش اندازه ذره کاهش می یابد [۲۰ و ۲۱].



شکل ۴: تصاویر TEM نانوذرات فرتی روی کلسینه شده در دمای ۴۵۰(a)، ۵۰۰(b)، ۵۵۰(c) و ۶۰۰(d) درجه سانتیگراد [۲۱].

هرچند که در این آزمایشات تغییر در اندازه ذره با دما مهمترین عامل اثرگذار بر مغناطش اشباع می باشد ولی این نتایج به تنهایی نمی توانند تصویر کامل و رضایت بخشی از سیستم مورد مطالعه به ما ارائه کند. برای این منظور از طیف سنجی موزبائر برای آنالیز نمونه ها استفاده کردیم. چرا که طیف سنجی موزبائر ابزار

جدول ۱: متوسط اندازه ذرات (نانومتر) به دست آمده توسط XRD و TEM و مغناطش اشباع مشاهده شده توسط VSM

| Sample                           | Calcination Temperature (C) | Average particle size XRD (nm) | Average particle size TEM (nm) | Saturation magnetization Ms (emu/g) | References |
|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------|
| MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> | 400                         | 7                              | 5                              | 1.33                                | [20]       |
|                                  | 500                         | 8                              | 6                              | 3.77                                |            |
|                                  | 600                         | 10                             | 7.5                            | 6.24                                |            |
| ZnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> | 450                         | 21                             | 17                             | 4.49                                | [21]       |
|                                  | 500                         | 24                             | 22                             | 2.66                                |            |
|                                  | 550                         | 31                             | 27                             | 1.81                                |            |
|                                  | 600                         | 33                             | 31                             | 0.74                                |            |

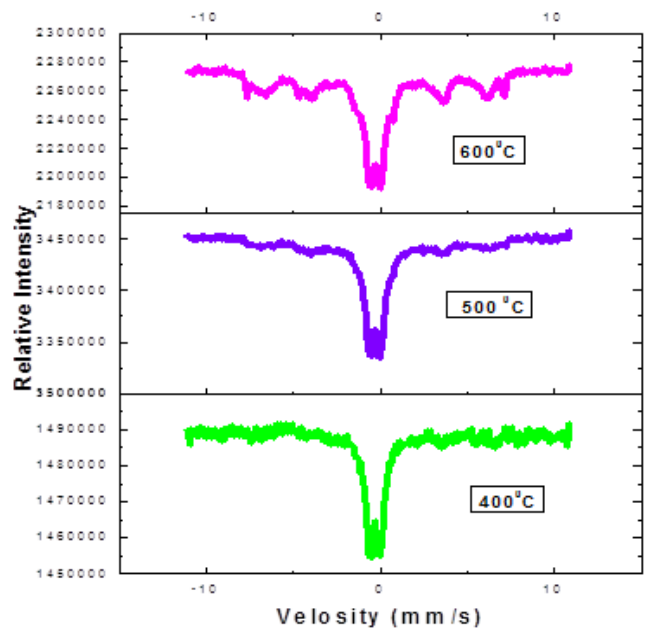
جدول ۲: داده های به دست آمده از موزبائر برای نانوذرات فریت منیزیم و فریت روی کلسینه شده در دماهای مختلف

| Sample                           | Calcination Temperature (K) | Iron Sites | Isomer Shift $\delta$ (mm/s) | Quadrupole Splitting QS(mm/s) | Hyperfine Field H(T) | Cation distribution |
|----------------------------------|-----------------------------|------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|
| MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> | 400                         | Doublet    | -0.298±0.006                 | 0.609±0.010                   | 0                    | 100                 |
|                                  | 500                         | Doublet    | -0.288±0.003                 | 0.629±0.005                   | 0                    | 43.06               |
|                                  | 600                         | Sextet     | -0.252±0.029                 | 0.035±0.050                   | 40.453±0.252         | 56.94               |
|                                  |                             | Doublet    | -0.292±0.003                 | 0.624±0.005                   | 0                    | 34.47               |
|                                  |                             | Sextet     | -0.275±0.010                 | -0.012±0.019                  | 39.798±0.090         | 57.63               |
|                                  |                             | Sextet     | -0.333±0.005                 | -0.158±0.009                  | 45.800±0.033         | 7.90                |
| ZnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> | 450                         | Doublet    | -0.321±0.001                 | 0.373±0.002                   | 0                    | 72.13               |
|                                  | 500                         | Sextet     | -0.347±0.002                 | -0.196±0.005                  | 45.936±0.017         | 27.87               |
|                                  |                             | Doublet    | -0.324±0.001                 | 0.349±0.001                   | 0                    | 70.69               |
|                                  | 550                         | Sextet     | -0.344±0.002                 | -0.185±0.004                  | 45.982±0.012         | 29.31               |
|                                  |                             | Doublet    | -0.321±0.001                 | 0.342±0.001                   | 0                    | 67.35               |
|                                  |                             | Sextet     | -0.345±0.001                 | -0.189±0.003                  | 45.944±0.010         | 32.65               |
|                                  |                             | Doublet    | -0.324±0.001                 | 0.335±0.001                   | 0                    | 71.99               |
|                                  | 600                         | Sextet     | -0.346±0.002                 | -0.187±0.004                  | 46.043±0.013         | 28.01               |

می یابد یک الگوی شش تایی از مولفه مغناطیسی دوتایی شروع به نمایان شدن می کند. که این تغییر توزیع کاتیونی در جدول ۲ ثبت شده است. به طوری که ناحیه نسبی مربوط به مولفه دوتایی و مولفه شش تایی مغناطیسی به ترتیب ۴۳/۰۶٪ و ۵۶/۹۴٪ می باشد. در ۶۰۰ درجه سانتیگراد طیف موزبائر نمونه های کلسینه شده دو الگوی شش تایی را علاوه بر الگوی دوتایی نشان می دهد (ناحیه نسبی مربوط به الگوی دوتایی فقط ۳۴/۴۷٪ می باشد). این دو الگو شکافتگی زیرمان شش تایی مربوط به نانوذراتی می باشند که خاصیت مغناطیسی دارند و مطابق با جایگاه های A (تتراهدرال) و B (اکتاهدرال) برای یون های آهن (Fe<sup>3+</sup>) می باشند که میدان فوق ریز مربوط به آنها به ترتیب (T) ۳۳/۰۳۳±۸۰/۰۴۵ و (T) ۳۹/۰±۷۹۸/۰۹۰ می باشند. توزیع یون های آهن در جایگاه های تتراهدرال و اکتاهدرال از نسبت ناحیه ای که توسط شش تایی ها پوشش داده می شود به دست می آید که این نتایج نیز در جدول ۲ درج شده است. از این نتایج چنین برمی آید که در دمای بالاتر یون های منیزیم (Mg<sup>2+</sup>) وارد جایگاه های اکتاهدرال می شوند در حالی که یون های آهن (Fe<sup>3+</sup>) به طور همزمان از جایگاه های اکتاهدرال به جایگاه های تتراهدرال وارد می شوند. در دمای

وجود این تک الگوی دوتایی تاکید می کند که هیچ برهمکنش فوق ریز مغناطیسی در این دما نداریم (مطابق جدول ۲ میدان فوق ریز برابر صفر می باشد)، که بیانگر رفتار سوپرپارامغناطیس می باشد که نتایج VSM نیز در شکل ۵ رفتار سوپرپارامغناطیس را برای نانوذرات فریت منیزیم تایید می کند. نتایج رفتار سوپرپارامغناطیسی بیانگر این است که در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد انرژی گرمایی توانسته است بر بی نظمی مغناطیسی بلوری در دمای اتاق غلبه کند. اگر دما پایین تر از دمای نیل باشد، انرژی گرمایی برای تغییر راستای مغناطیسی همه بلور کافی است، از این رو حلقه های هیستریز میدان وادارندگی و مغناطش باقی مانده تقریباً نزدیک به صفر را نشان می دهند [۱]. در حالت سوپر پارامغناطیسی که اندازه ذره مغناطیسی به نانومتر کاهش یابد (که توسط نتایج XRD و TEM تایید شد) و انرژی ناهمسانگردی مغناطیسی که گشتاور مغناطیسی را در راستایی خاص نگه می دارد قابل مقایسه با انرژی نوسانی گرمایی باشد. این نتیجه در توافق با نتایجی است که توسط یانگ و همکارانش به دست آمد [۲۲]، آنچنان که آنان نشان دادند با کاهش اندازه ذره برای ذرات تک حوزه ای، به علت کج شدگی اسپین در سطح نانوذرات و نوسان گرمایی مغناطش اشباع کاهش می یابد. هنگامی که دما از ۴۰۰ به ۵۰۰ درجه سانتیگراد افزایش

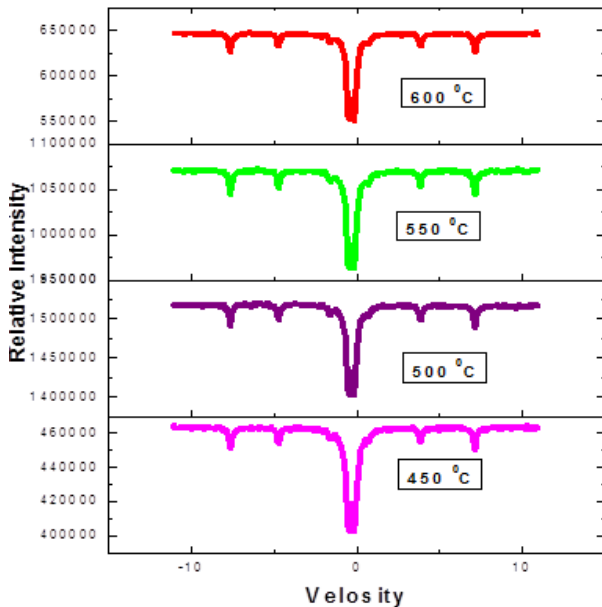
۶۰۰ درجه سانتیگراد ۵۷/۶۳٪ و ۷/۹۰٪ یون های آهن به ترتیب جایگاه های اکتاهدرال و تتراهدرال را اشغال می کنند.



شکل ۷: طیف موزبائر نانوذرات فریت منیزیم کلسینه شده در دمای ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتیگراد.

شکل ۸: طیف موزبائر نانوذرات فریت روی که در دماهای مختلف کلسینه شده اند را نشان می دهد. طیف موزبائر برای همه نمونه ها یک دوتایی پارامغناطیسی مرکزی قوی را که توسط یک شش تایی مغناطیسی ضعیف احاطه شده است، را نشان می دهد که بیانگر وجود یک ساختار مغناطیسی جزیی می باشد. پارامترهای فوق ریز بدست آمده از طیف موزبائر با تغییر دما تغییرات چندانی را نشان نمی دهند (جدول ۲). طیف موزبائر شش تایی هایی با میدان فوق ریز تقریباً مشابه (T) ۴۵ را برای همه نمونه ها در دماهای مختلف نشان می دهد. تغییر فاز مغناطیسی ذرات فریت به تغییر اندازه ذرات به عنوان تابعی از گرما نسبت داده می شود [۱]. در همه نمونه ها نسبت ناحیه ای که توسط شش تایی های مغناطیسی اشغال شده است کمتر از ناحیه ای است که توسط دوتایی ها اشغال شده است. از این رو طیف موزبائر نانوذرات فریت روی برای تمام نمونه هایش یک دوتایی خوب را نشان می دهد که این شکل از طیف موزبائر در اکثریت سیستم های شامل فریت روی معمول است و به وجود خاصیت سوپرپارامغناطیس در نانوذرات فریت روی نسبت داده می - شود و توسط دیگر پژوهشگران به طور مفصل بحث شده است [۲۶-۲۳]. این نتیجه در توافق خوبی با نتایج VSM است که وجود

خاصیت سوپرپارامغناطیس را در نمونه ها نشان داد، که نتیجه ای از کوچک بودن نانوذرات در این نانوفریت است. با توجه به جدول ۲ شکافتگی دوقطبی و شیفت ایزومری برای همه نمونه ها در همه دماهای کلسینه تقریباً مقدار مشابهی را نشان می دهند.



شکل ۸: طیف موزبائر نانوذرات فریت روی کلسینه شده در دمای ۴۵۰، ۵۰۰، ۵۵۰ و ۶۰۰ درجه سانتیگراد.

(دوتایی ها:  $\delta \sim -0.32$  mm/s و  $\delta \sim 0.34$  mm/s و شش تایی ها:  $\delta \sim -0.18$  mm/s و  $\delta \sim 0.18$  mm/s) و این به این علت است که توزیع ذرات با تغییر دمای کلسینه زیاد تغییر نکرده است.

## ۴- نتیجه گیری

نتایج موزبائر نشان داد که در نانوذرات فریت منیزیم با افزایش دما الگوی شش تایی مربوط به مولفه مغناطیسی بیشتر مشخص می - شود. دو شکافتگی زیمن مشاهده شده در نانوذرات فریت منیزیم در دمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد مربوط به یون های آهن می باشند که در دو جایگاه اکتاهدرال و تتراهدرال قرار گرفته اند. توزیع کاتیون ها در جایگاه های تتراهدرال و اکتاهدرال با تغییر دما تغییر می کند که این تغییر توزیع کاتیونی باعث تغییر خواص مغناطیسی نانوذرات فریت می شود. در نانوذرات فریت منیزیم مقدار یون های آهن در جایگاه های تتراهدرال با افزایش دما افزایش می یابد. نانوذرات فریت روی یک مولفه غیرمغناطیسی دوتایی قوی را که توسط یه مولفه شش تایی مغناطیسی با شدت ضعیف احاطه شده

است را نشان می دهند، همچنین نتایج موزبائر برای نانوذرات فریت روی نشان می دهد که پارامترهای فوق ریز مانند میدان فوق ریز و توزیع کاتیونی با افزایش دما تغییر چندانی نمی کنند.

## مراجع

- [1] T. K. Pathak N. H, V. K. Lakhani, K. B. Modi. "Structural and magnetic phase evolution study on needle-shaped nanoparticles of magnesium ferrite," *Ceramics International*, 36, 275–281, 2010.
- [2] M. Naseri," Optical and magnetic properties of monophasic cadmium ferrite (CdFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) nanostructure prepared by thermal treatment metho," *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 392, 107–113, 2015.
- [3] M. Maria, A. Sinthiya, K. Ramamurthi, S. Mathuri, T. Manimozhi, N. Kumaresan, M. M. Margoni, P.C. Karthika, " Synthesis of zinc ferrite (ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) nanoparticles with different capping agents " ,*Int. J. Chem Tech Res*, 7, 2144-2149, 2015.
- [4] محمود ناصری، احسان نادری، الیاس سایون، "مروری برنانوذرات فریت های سنتز شده به روش عملیات گرمایی." نشریه نانو مقیاس، سال ۱۳۹۵، شماره اول، صفحات ۹-۱.
- [5] V. G. Harris, N. C. Koon, C. M. Williams, Q. Zhang, M. Abe, J.P. Kirkland, D.A. McKeown, "Direct measurement of octahedral and tetrahedral site environments in NiZn-ferrites," *IEEE Trans. Magn.*31, 3473-3475, 1995.
- [6] V. G. Harris, N. C. Koon, C. M. Williams, Q. Zhang, M. Abe, J.P. Kirkland, "Cation distribution in NiZn-ferrite films via extended x-ray absorption fine structure," *Applied physics letters*, Phys., 68 2082-2084, 1996.
- [7] S. Calvin, E. E. Carpenter, B. Ravel, V. G. Harris, S. Morrison," Use of multiple-edge refinement of extended x-ray absorption fine structure to determine site occupancy in mixed ferrite nanoparticles," *Applied physics letters*, 81, 3828-3830, 2002.

[8] S. Calvin, E. E. Carpenter, B. Ravel, V. G. Harris, S. Morrison," Multiedge refinement of extended x-ray-absorption fine structure of manganese zinc ferrite nanoparticles." *Physical Review B*, 66, 2244051-22440513, 2002.

[9] A. Yang, Z. Chen, A. L. Geiler, X. Zuo, D. Haskel, E. Kravtsov, C. Vittoria, V. G. Harris, "Element-and site-specific oxidation state and cation distribution in manganese ferrite films by diffraction anomalous fine structure," *Applied Physics Letters*, 93 ,0525041-0525043, 2008.

[10] V. G. Bhide, "Mössbauer Effect and its Applications," Tata Mc Grew-Hill, New Delhi, 1973.

[11] U. (ed.). Ganser, Mössbauer Spectroscopy. Springer, New York, 1975.

[12] Hadjipanayis. G. C, G. A. (ed.). Prinz, "Science and Technology of Nanostructured Magnetic Materials," 2013.

[13] R. C. Jitendra Pal Singh, H. M. Srivastava, R. P. Agrawal, S. Kushwaha." 57 Fe Mössbauer spectroscopic study of nanostructured zinc ferrite," *Hyperfine Interact* ,183, 221–228, 2008.

[14] Z. X. Tang, C. M. Sorensen, K. J. Kaubunde, G. C. Hadjipanayis," Size-dependent Curie temperature in nanoscale MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> particles," *Physical Review Letters*, 67, 3602-3605, 1991.

[15] محمود ناصری، زکیه آنجفی، مسعود رضوان جلالی، "مقایسه خواص ساختاری و مغناطیسی نانوذرات فریت نیکل و کبالت و نانوکامپوزیت نیکل کبالت." نشریه نانو مقیاس، سال ۱۳۹۶، شماره دوم، صفحات ۱۴۶-۱۳۹.

[16] A.Yang, C. N Chinnsamy, J. M Greneche, Yajie Chen, Soack D Yoon, Zhaohui Chen, Kailin Hsu, Zhuhua Cai, Kate Ziemer, C Vittoria, V. G Harris. *Nanotechnology*, 20, 1857041-1857049, 2009.

[17] V. Braders, K. Buschow(Ed.), "Handbook of Magnetic Materials," North-Holland, Amsterdam, 190, 1995.

[18] S. Da Dalt, A. S. Takimi, T. M. Volkmer, V. C. Sousa, C. P. Bergmann," Magnetic and Mössbauer behavior of the nanostructured MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> spinel

obtained at low temperature,” Powder Technology 210, 103–108, 2011.

[19] A. D. Arelaro<sup>1</sup>, L. M. Rossi<sup>2</sup>, H. R. Rechenberg,” In-field Mössbauer characterization of  $MFe_2O_4$  (M= Fe, Co, Ni) nanoparticles,” Journal of Physics: Conference Series, 217, 0121261-0121264, 2010.

[20] M. Naseria, M. H Majles Ara, E. B Saion, A. H. Shaari. “Superparamagnetic magnesium ferrite nanoparticles fabricated by a simple, thermal-treatment method,” Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 350, 141–147, 2014.

[21] M. Naseria, Elias B. Saion, M. Hashim, A. H. Shaari. H. Abasstabar Ahangar.” Synthesis and characterization of zinc ferrite nanoparticles by a thermal treatment method,” Solid State Communications, 151, 1031–1035, 2011.

[22] J. Wang, “Prepare highly crystalline  $NiFe_2O_4$  nanoparticles with improved magnetic properties,” Materials Science and Engineering: B, 127, 81–84, 2007.

[23] Y. Ahn, E. J. Choi, S. J. Kim Korean Phys. Soc. 41, 123–128 ,2002.

[24] C. N. Chinnsamy, A. Narayanasmy, N. K. Ponpandin, H. Chattopdhyay, J.M. Guérault, “Greneche Condens. Magnetic properties of nanostructured ferrimagnetic zinc ferrite,” Journal of Physics: Condensed Matter, 12, 7795–7805, 2000.

[25] C. Upadhyay, H. C. Verma, “Anomalous change in electron density at nuclear sites in nanosize zinc ferrite,” Applied physics letters, 85, 2074–2076, 2004.

[26] C. Upadhyay, H. Verma, C. Rath, K. K. Sahoo, S. Anand, R. P. Das, N. C. Mishra,” Mössbauer studies of nanosize  $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ,” Journal of alloys and compounds, 3s26, 94–97, 2001.

# $^{57}\text{Fe}$ Mossbauer Spectroscopic Study of $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ and $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ Ferrite Nanoparticles

M. Naseri\*, M. Chireh, N. BeygiMohamadi

Department of Physics, University of Malayer, Malayer

**Abstract:** In this research, Mossbauer spectroscopies of magnesium ferrite and zinc ferrite nanoparticles which were fabricated by thermal treatment method were used for the investigation of characterization of magnetic and microcopy as magnetic hyperfine and cation distribution. The obtained results of the experiments of vibrating sample magnetometer (VSM), X-ray diffraction (XRD) and transmission electron microscopy (TEM) of these ferrite nanoparticles which were already published were used.

**Keywords:** Nanoparticles, Magnesium ferrite, Zinc ferrite, Mossbauer spectroscopy, Hyperfine structure, Cation distribution.