



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



تیم مجریان

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک

نانوفریتها

مرتضی مظفری

گروه فیزیکی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



تربیت نیروی



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک

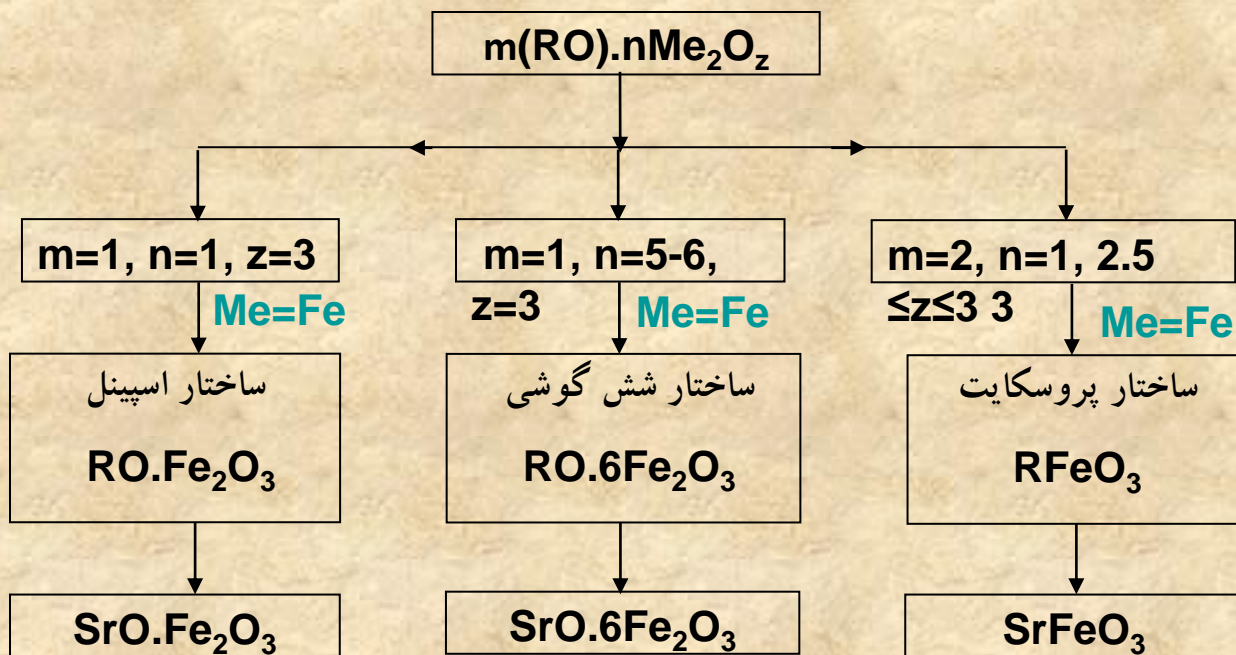
اگزوفرریتها Oxferrates

گروه بزرگی از اکسیدهای آهن که ویژگی های الکتریکی و مغناطیسی ویژه و یکتایی دارند، با نام اگزوفرریتها شناخته می شوند. اگزوفرریت ها را می توان با فرمول عمومی $mRO \cdot nMe_2O_z$ نشان داد که در آن R یک عنصر از گروه عناصر قلیایی خاکی یا خاکی کمیاب، Me یک یون از عناصر فلزهای واسطه است و بسته به گزینش مقادیری برای m، n و z، ساختارهای گوناگون اگزوفرریتها به دست می آیند.

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



- ۱- ساختارهای شش گوشه
- ۲- ساختارهای اسپینلی
- ۳- ساختارهای گارنتی
- ۴- ساختارهای پروسکایتی



فریت استرانسیوم (نرم)

فریت استرانسیوم (سخت)

فریت استرانسیوم

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



تیم مجری

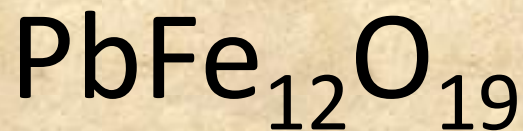
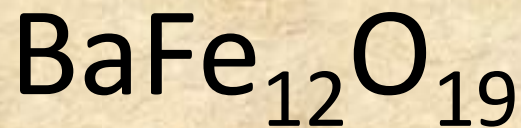
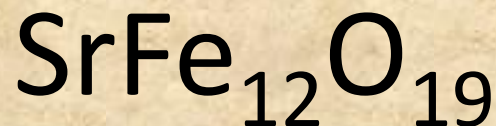
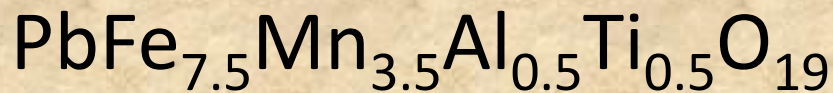


دانشگاه رازی

دانشکده علوم

گروه فیزیک

ساختارهای شش گوشه



مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



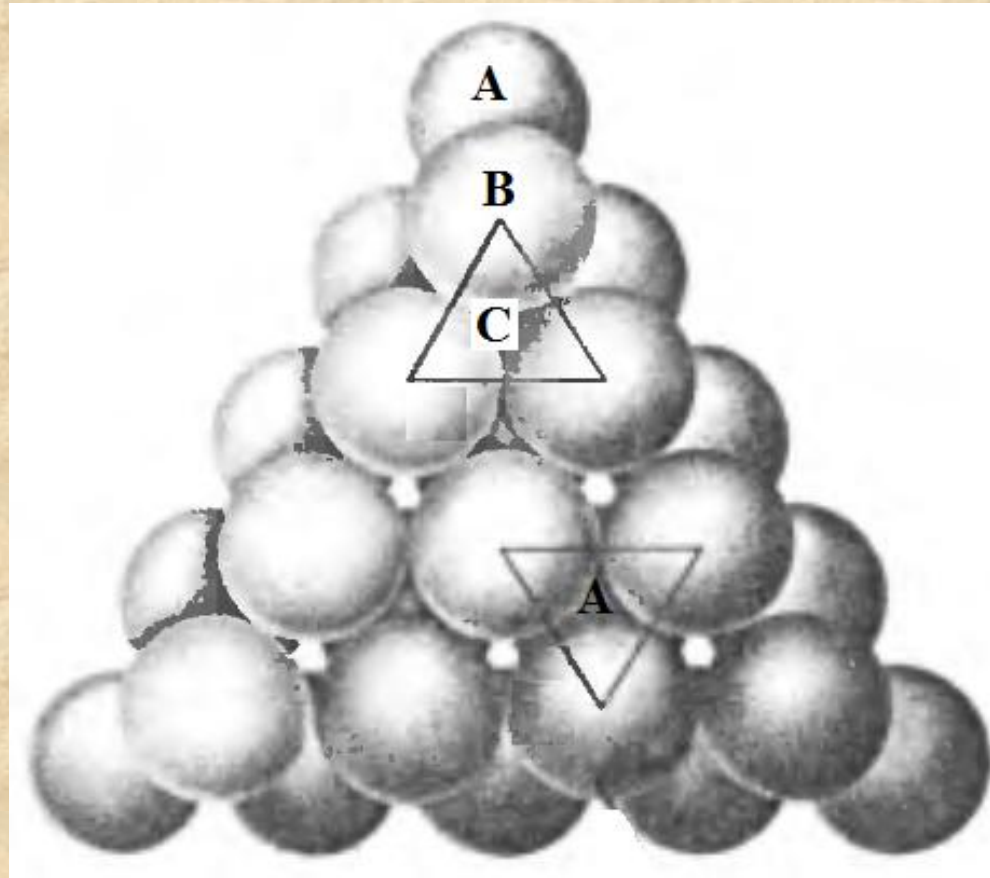
تربیت مهندسی

ساختارهای تنگ چین



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک



ABABABABA... hcp [001]

ABCABCABC... fcc [111]

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان

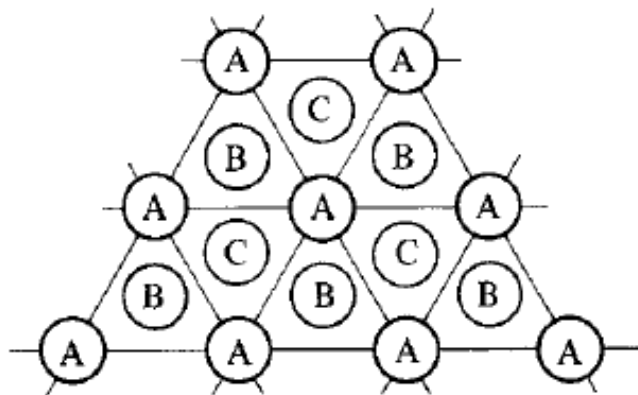


تیم مربیان

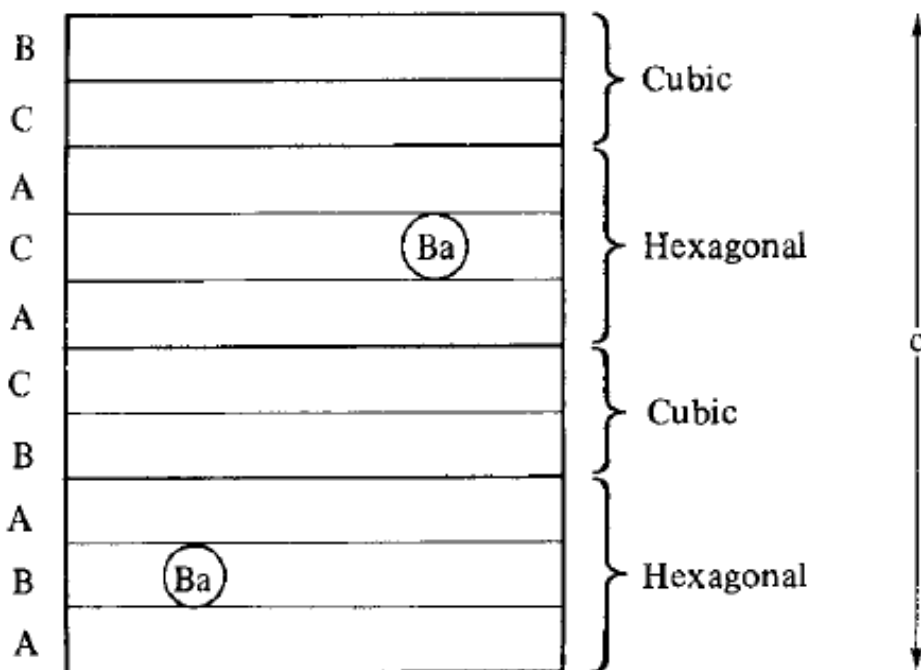


دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک



ABABCACACB
 ABABCACACB
 ABABCACACB
 ABABCACACB



مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

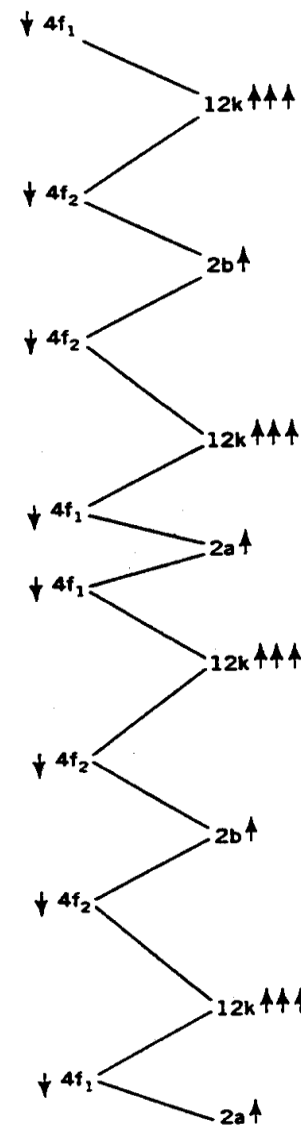
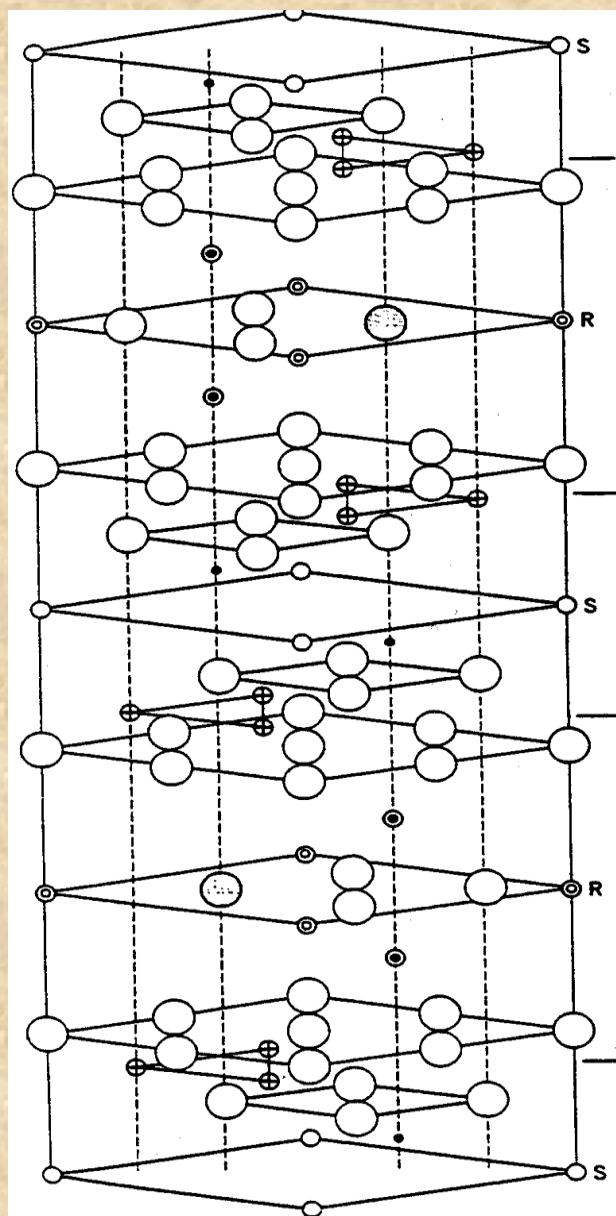
نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



شب هفتم



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان

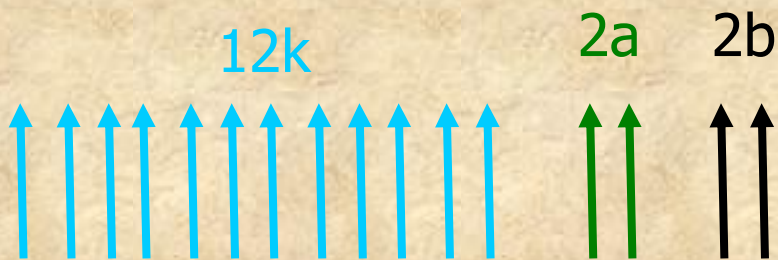


تیم همکاران

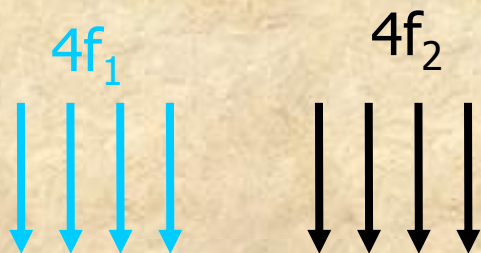


دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک



جایگاه‌های اسپین بالا برای کاتیون‌ها

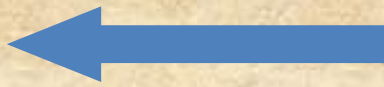


جایگاه‌های اسپین پایین برای کاتیون‌ها

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان

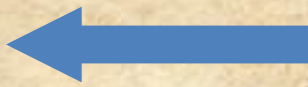
روش های محاسبه میانگین اندازه بلورکها (d)

$$\beta = \frac{0.9 \lambda}{d \cos \theta}$$



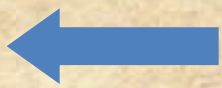
روش شرر

$$\sqrt{\beta_{\text{exp}}^2 - \beta_{\text{inst}}^2} = \frac{0.9 \lambda}{d \cos \theta}$$



روش اصلاح شده شرر

$$\sqrt{\beta_{\text{exp}}^2 - \beta_{\text{inst}}^2} \cos \theta = \frac{0.9 \lambda}{d} + 2 \varepsilon \sin \theta$$



روش هال-ویلیامسون

G. K. Williamson, and W. H. Hall, "X-ray Line broadening from filed aluminium and Wolfrom," Acta Metal. 1, 22 (1953).



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



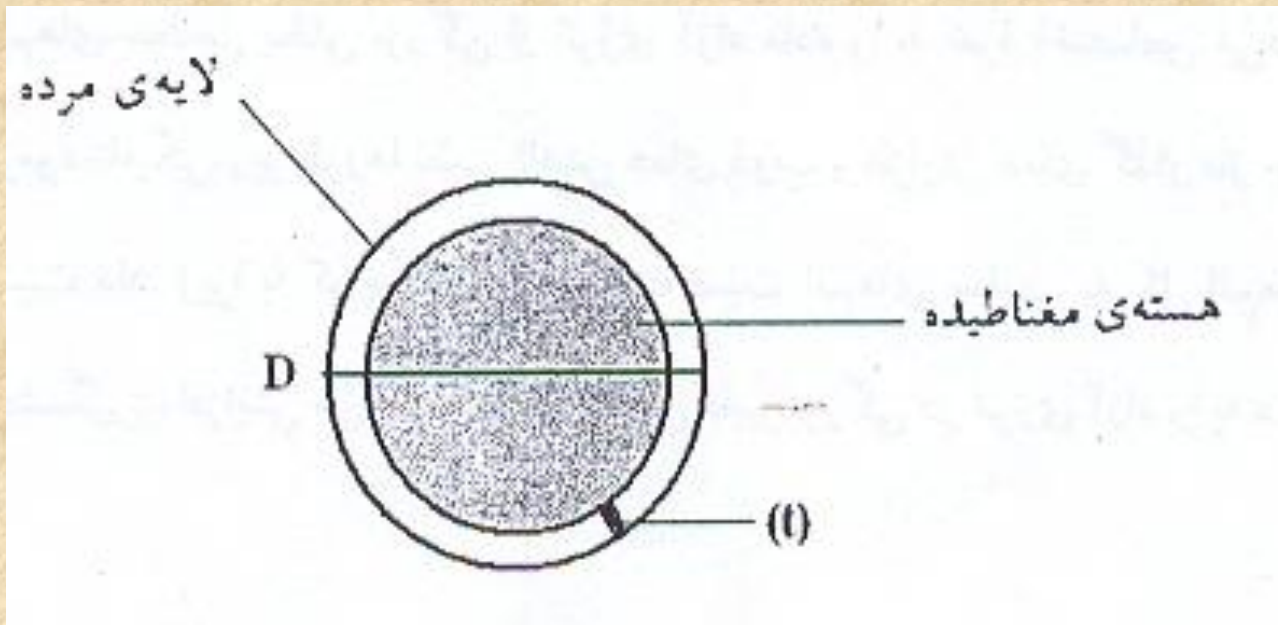
تیم برگزارکننده

بررسی اثر اندازه بر مغناطش اشباعی



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک



$$M_s = M_{s0} \left\{ \frac{(D - 2t)}{D} \right\}^3 \Rightarrow M_s^{1/3} = M_{s0}^{1/3} \left\{ (1 - 2t/D) \right\}$$

M. Muroi, R. Street, P. G. McCormick, and J. Amighian, "Magnetic properties of ultrafine $MnFe_2O_4$ powder prepared by mechanochemical processing," Phys. Rev. 63, 3 (2001)

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



2- بررسی اثر اندازه بر میدان وادارندگی:

$$H_c = a + b/D$$

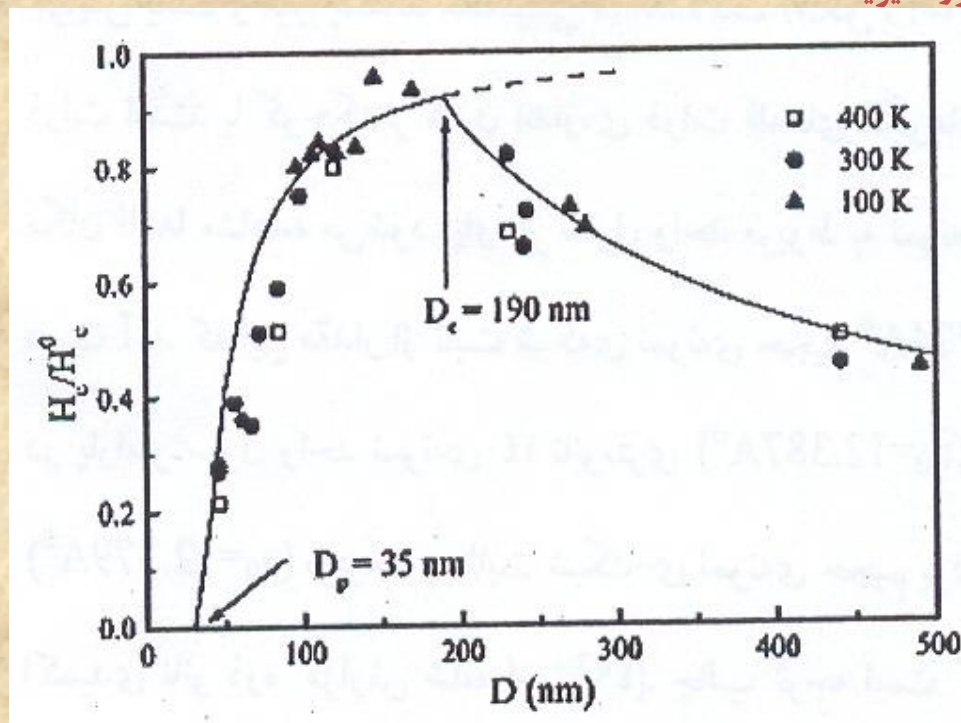
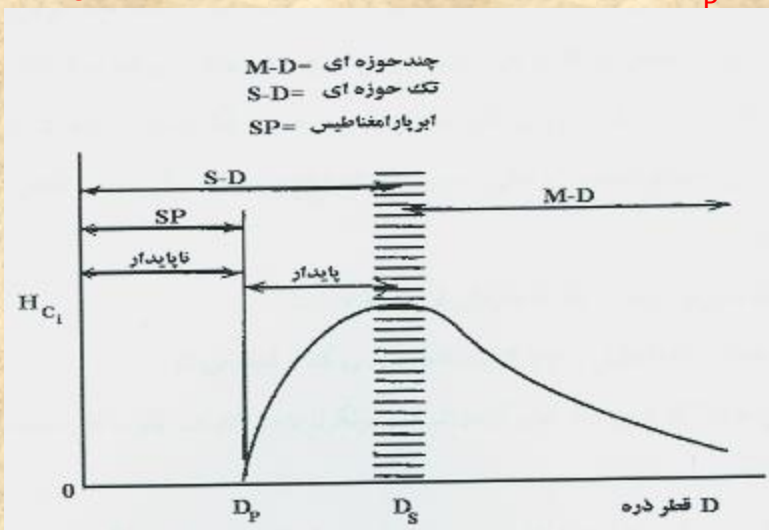
$D > D_c$ اندازه ذرات

$$H_c = g - (h/D^{2/3})$$

$D < D_c$ اندازه ذرات

$$H_c = 0$$

$D < D_p$



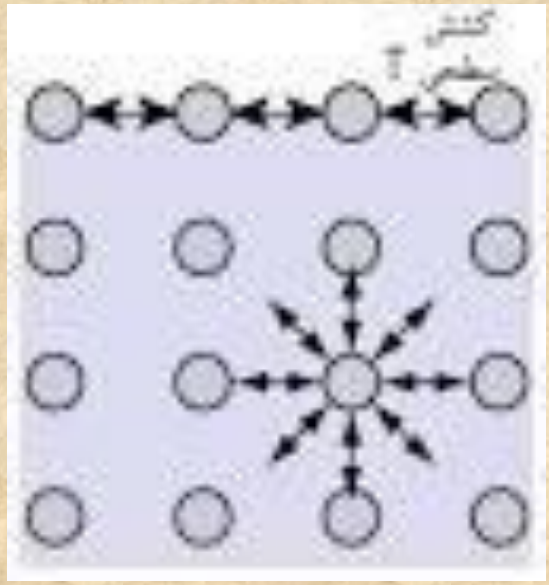
R. D. Sanchez, J. Rivas, P. Vaquero, M. A. Lopez-Quintela, and D. Caeiro, "Particle size effects on magnetic properties of Yttrium iron garnets prepared by a sol-gel method," J. Magn. Magn. Mater. 247, 92 (2002).

اثرهای رسیدن به ابعاد نانومتر:

1- اثر اندازه کوانتمی

2- ویژگیهای تابع اندازه

3- نسبت سطح به حجم بزرگ، برای یک کره این نسبت با R^{-1} متناسب است.





اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان

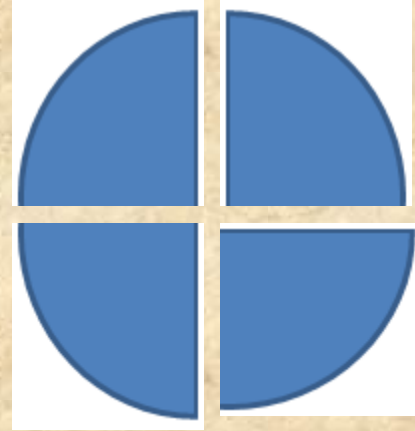
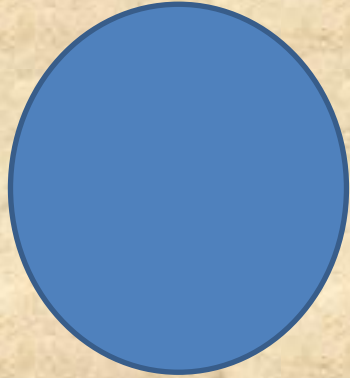


تیم مربیان



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک



$$S=4\pi R^2$$

$$S=4\pi R^2+2\pi R^2$$

$$S=4\pi R^2+4\pi R^2$$

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



تیم مجری



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



تیم مجری



دانشگاه رازی

گارنت:

دانشکده علوم
گروه فیزیک

گارنت طبیعی یک کانی سیلیکاتی است که در قدیم به عنوان سنگی قیمتی و یا ابزاری ساینده به کار می رفت. بیشتر گارنت ها قرمز رنگ است و نارنگ نیز نامیده می شود.



مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



تیم مربیان

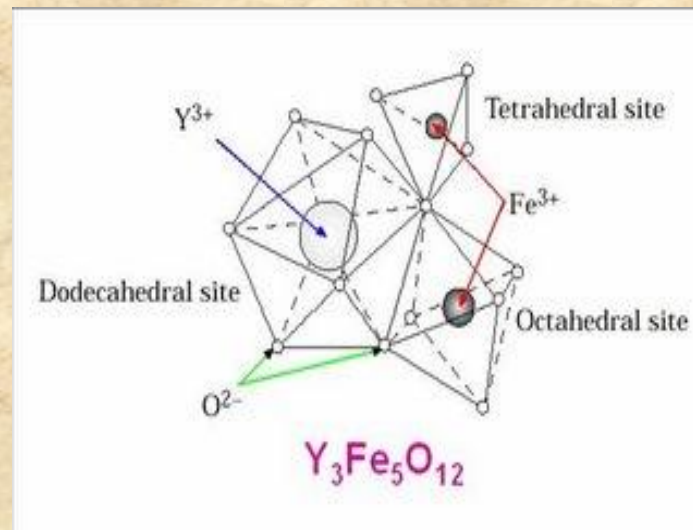
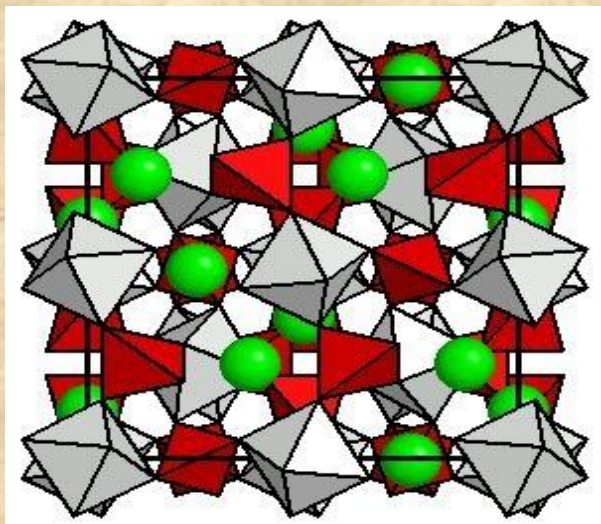
گارنت ایتریوم-آهن ساختار مغناطیسی گارنت ایتریوم-آهن



دانشگاه رازی

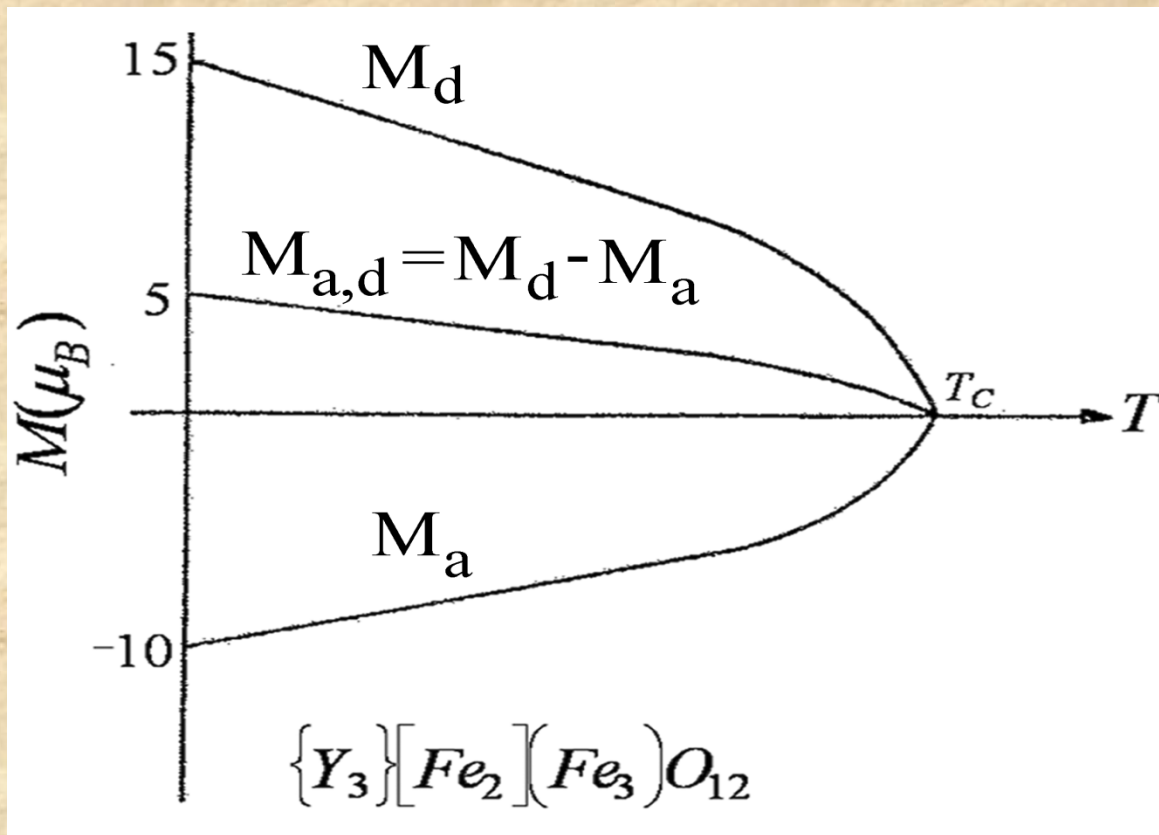
دانشکده علوم
گروه فیزیک

Y^{3+} یک یون دیامغناطیس و یون Fe^{3+} یک یون پارامغناطیس است. در ساختار YIG به ازای هر دو یون فریک در جایگاه‌های a ، سه یون فریک در جایگاه‌های d وجود دارد.



A. H. Morrish, The Physical Principles of Magnetism (John Wiley & Sons, New York, (1965).

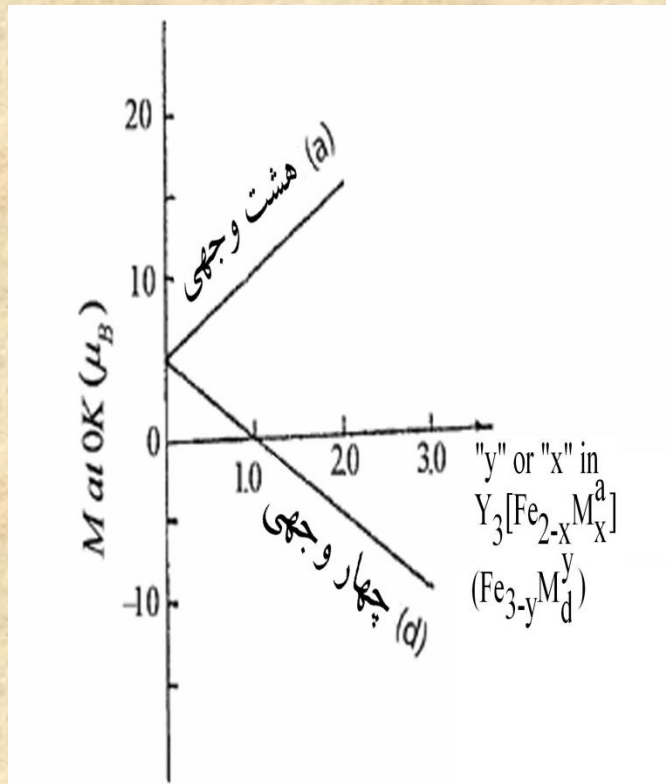
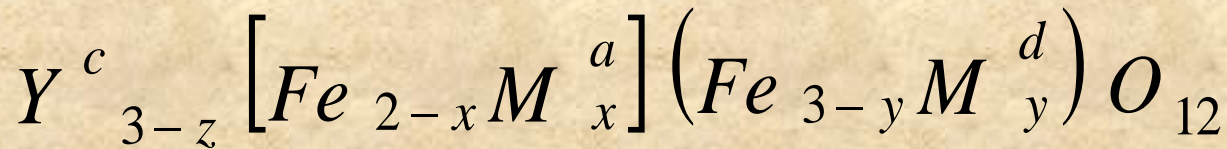
مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



ساختار بلوری گارنت ها
 اساساً مکعبی با 8 واحد
 فرمولی در هر یاخته ی
 واحد است. این یاخته ی
 واحد از 160 یون تشکیل
 شده است که 96 تای آنها
 یون اکسیژن است.



گارنت های جاننشانی شده



$$M = [(3 \times 5) - (2 - x) \times 5] \mu_B = 5(1 + x) \mu_B$$

$$M = (3 - y) M_{Fe} - 2 M_{Fe} = 5 \mu_B (1 - y)$$

$$M = M_d - M_a$$

$$\frac{T_C(x, y)}{T_C(YIG)} = \frac{n(x, y)}{24}$$

$$5$$

A. S. Hundson, J. Appl. Phys. 41, (1970)4874

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان

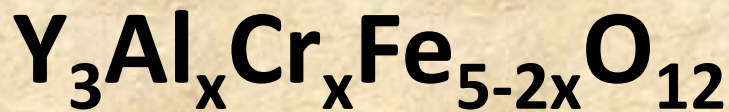


تیم مجری

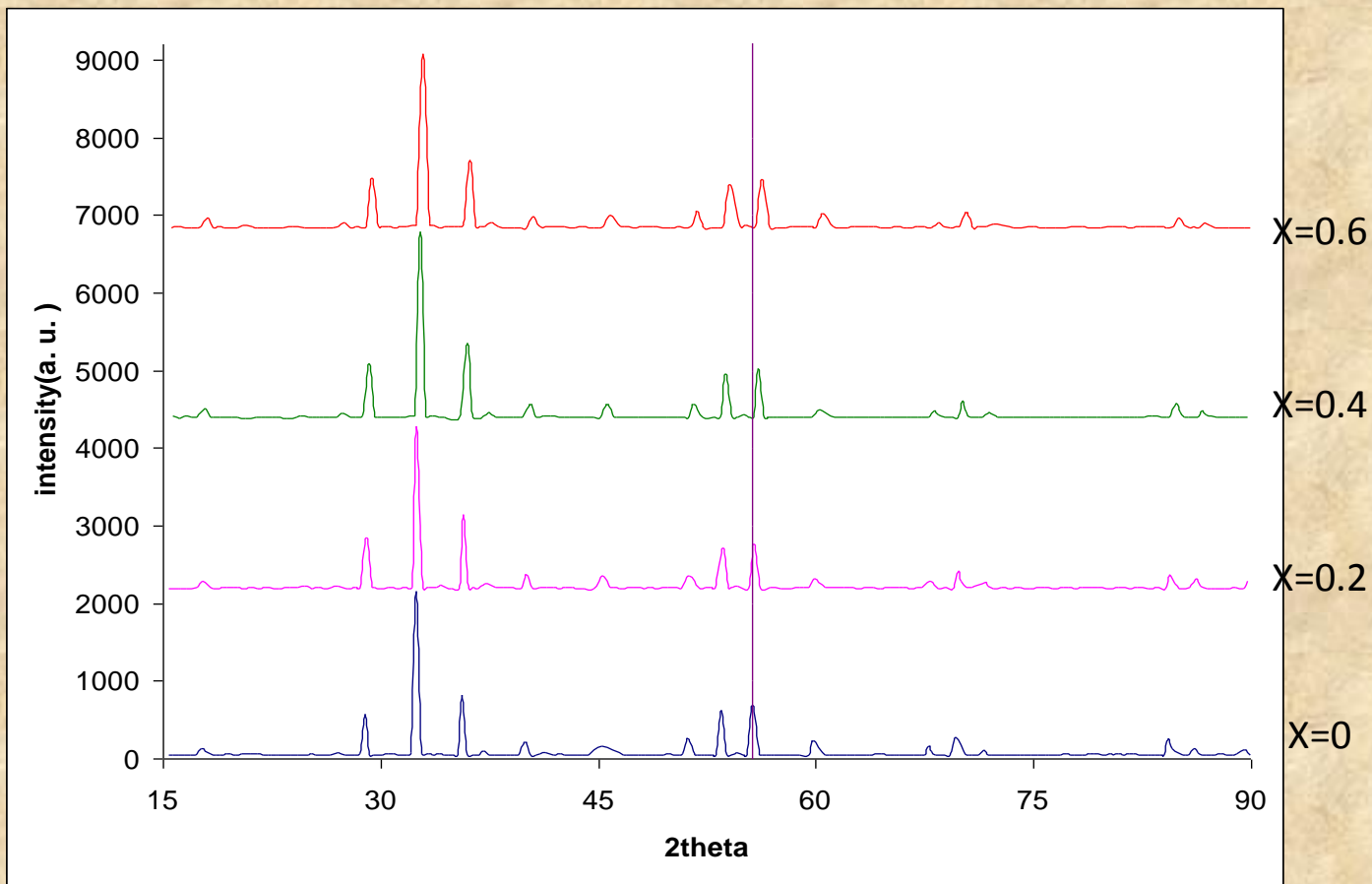


دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک



عنصر	شعاع یون در جایگاه a(Å)	شعاع یون در جایگاه d(Å)
Fe	642/0	492/0
Al	539/0	390/0
Cr	615/0	----

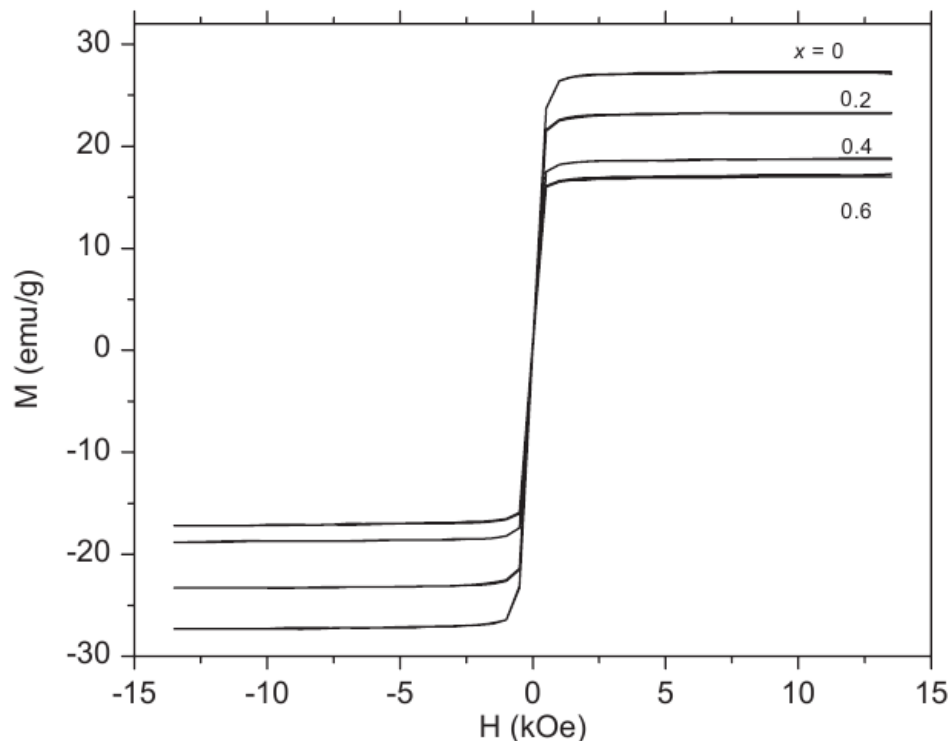


مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



مغناطش اشباعی نمونه های کپه ای $Y_3Al_xCr_xFe_{5-2x}O_{12}$

مقدار جانشانی X	مغناطش اشباعی (emu/g)
x = 0	27
x = 2/0	23
x = 4/0	18
x = 6/0	16



$$x=0 \quad (3 \times 5) - (2 \times 5) = 5 \mu B$$

$$x=0.2 \quad (2.8 \times 5) - [(1.8 \times 5) + (0.2 \times 3)] = 4.4 \mu B$$

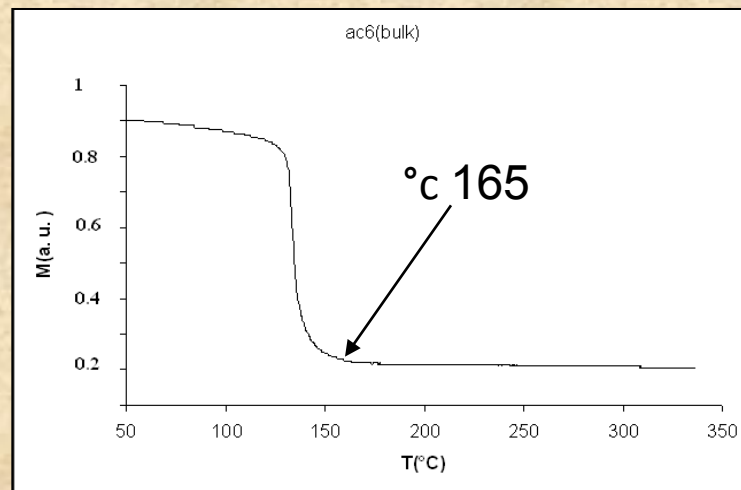
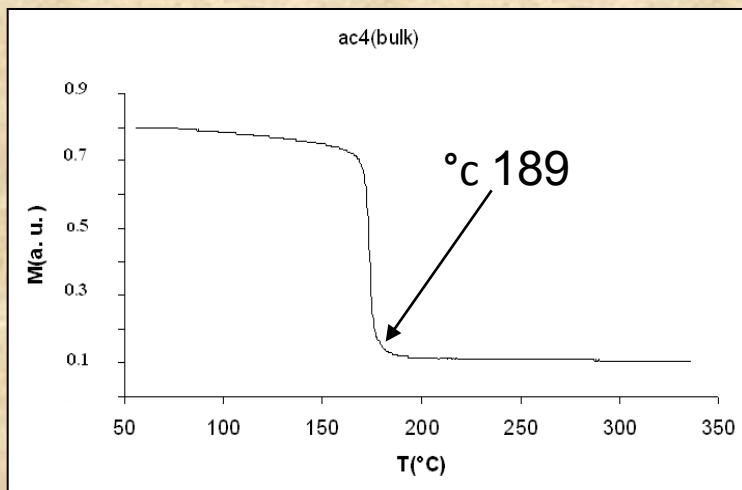
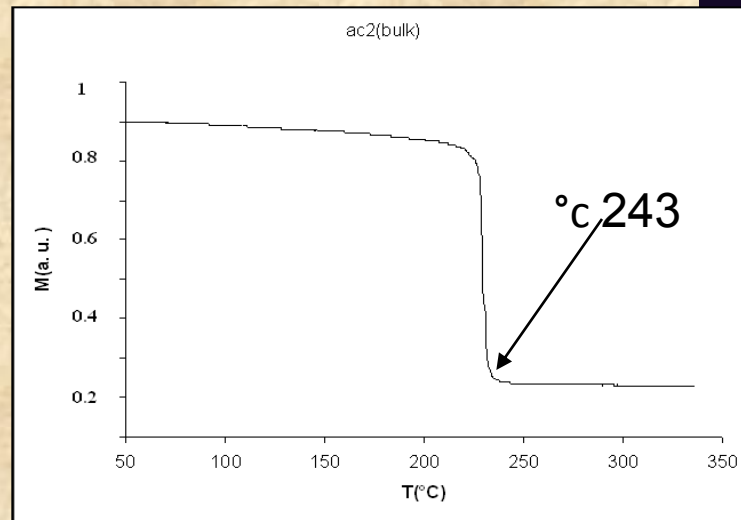
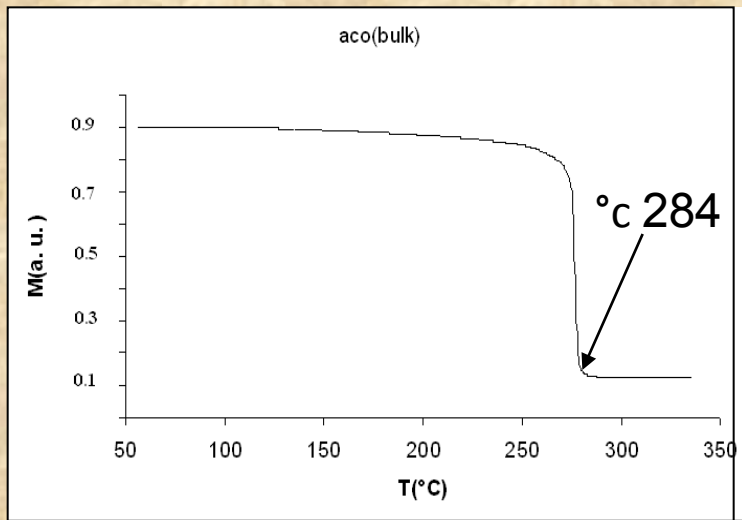
$$x=0.4 \quad (2.6 \times 5) - [(1.6 \times 5) + (0.4 \times 3)] = 3.8 \mu B$$

$$x=0.6 \quad (2.4 \times 5) - [(1.4 \times 5) + (0.6 \times 3)] = 3.2 \mu B$$



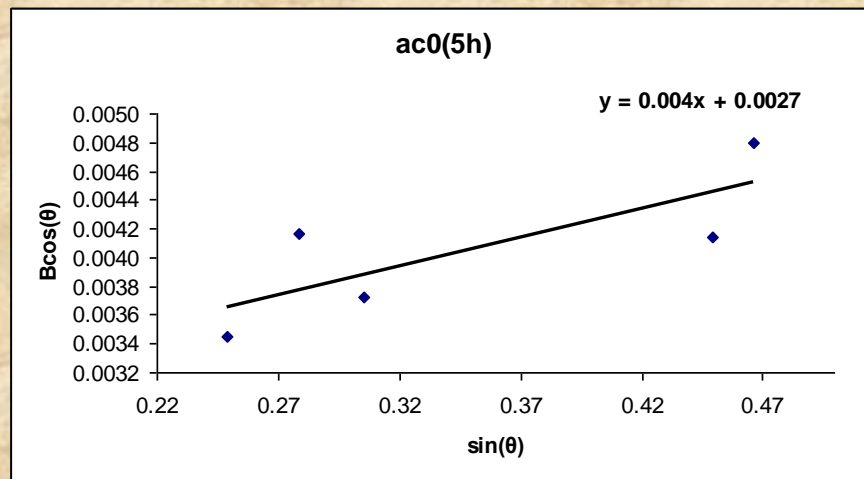
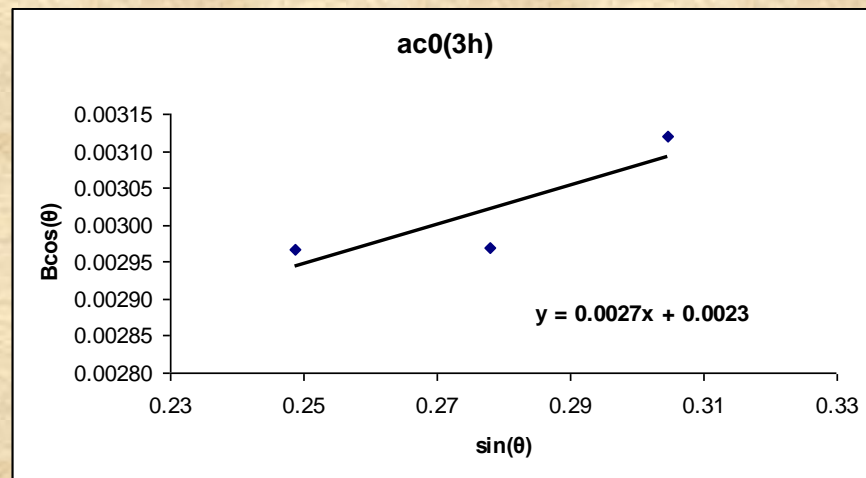
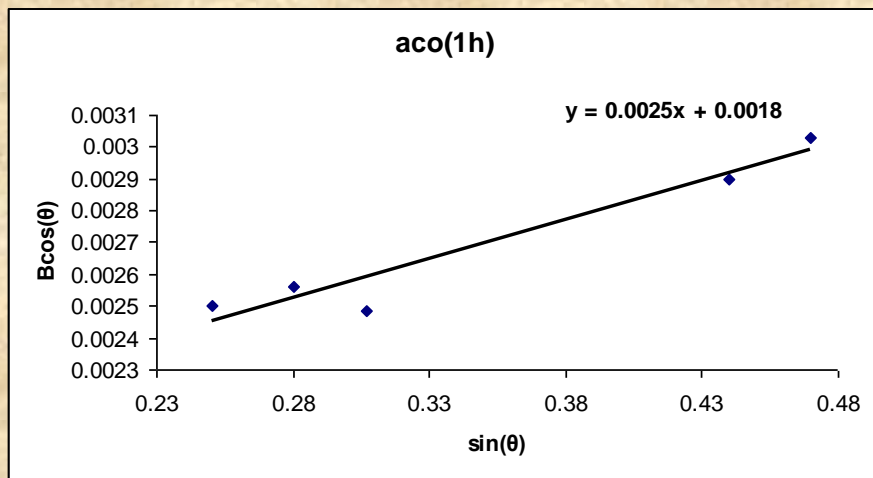
دمای کوری نمونه‌های کپه‌ای

دانشکده علوم
گروه فیزیک





میانگین اندازه‌ی بلورک‌های نمونه‌های $(Y_3Fe_5O_{12})$ آسیاب شده



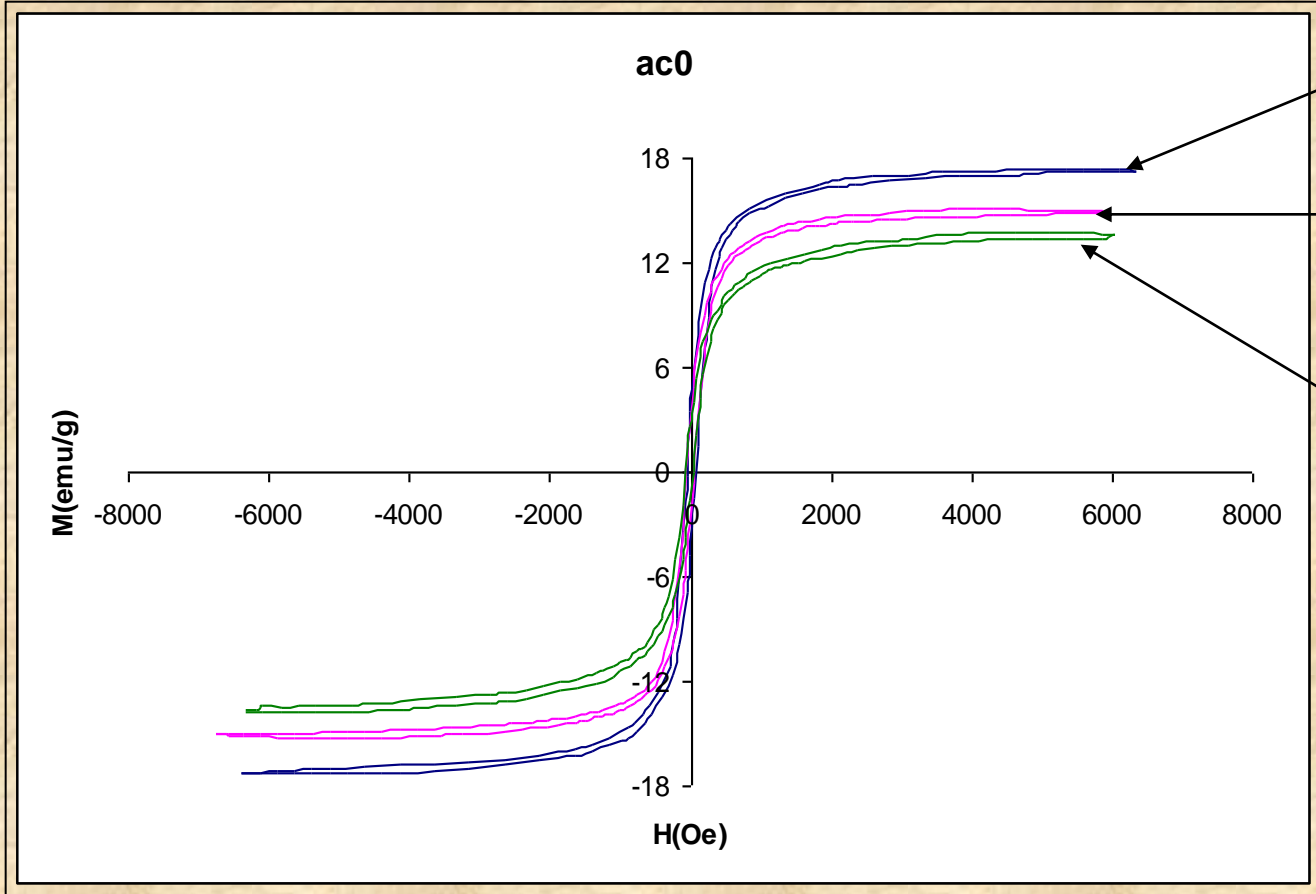
نمودارهای $B \cos \theta$ بر حسب $\sin \theta$ برای نمونه‌های آسیاب شده

زمان آسیاب‌کاری	میانگین اندازه بلورک (nm)
1 ساعت	77
3 ساعت	60
5 ساعت	51

زمان آسیاب‌کاری	کرنش نمونه
1 ساعت	00125/0
3 ساعت	00135/0
5 ساعت	002/0

مغناطش اشباعی نمونه های $(Y_3Fe_5O_{12})$ آسیاب شده

دانشکده علوم
 گروه فیزیک



(1h), $M_S = 17.2$ (emu/g)

(3h), $M_S = 14.9$ (emu/g)

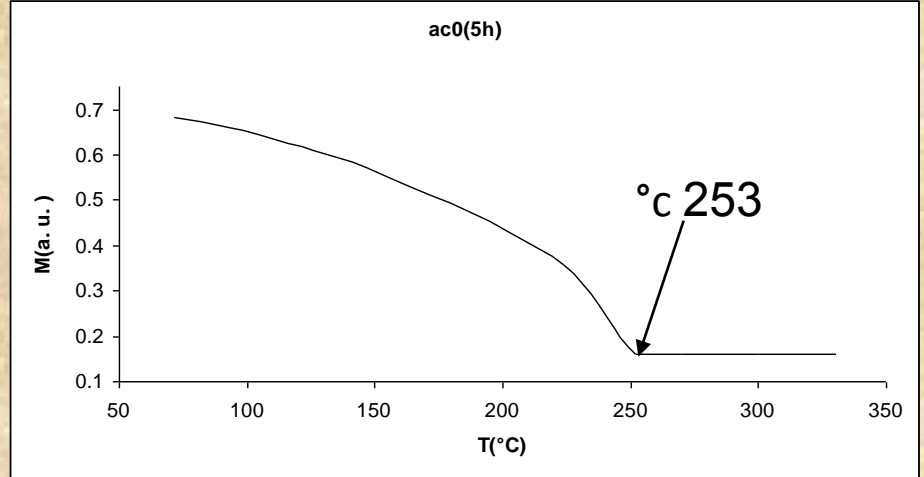
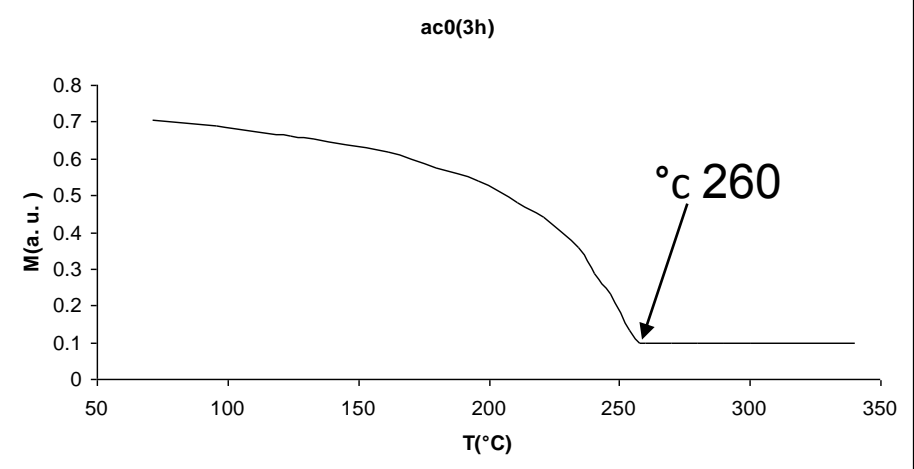
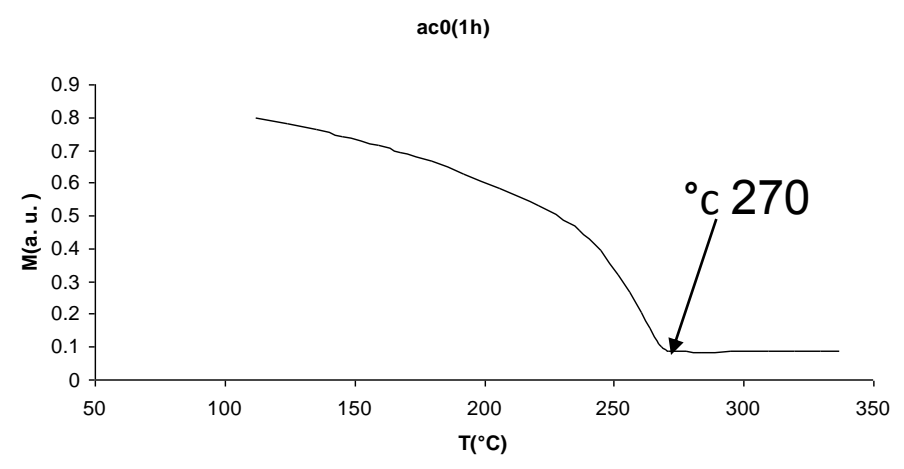
(5h), $M_S = 13.6$ (emu/g)

مغناطش اشباعی نمونه
 کپه ای :
 (emu/g) 27

منحنی های پسماند نمونه های $Y_3Fe_5O_{12}$ آسیاب شده به مدت 1 ، 3 و 5 ساعت



دمای کوری نمونه های (Y3Fe5O12) آسیاب شده



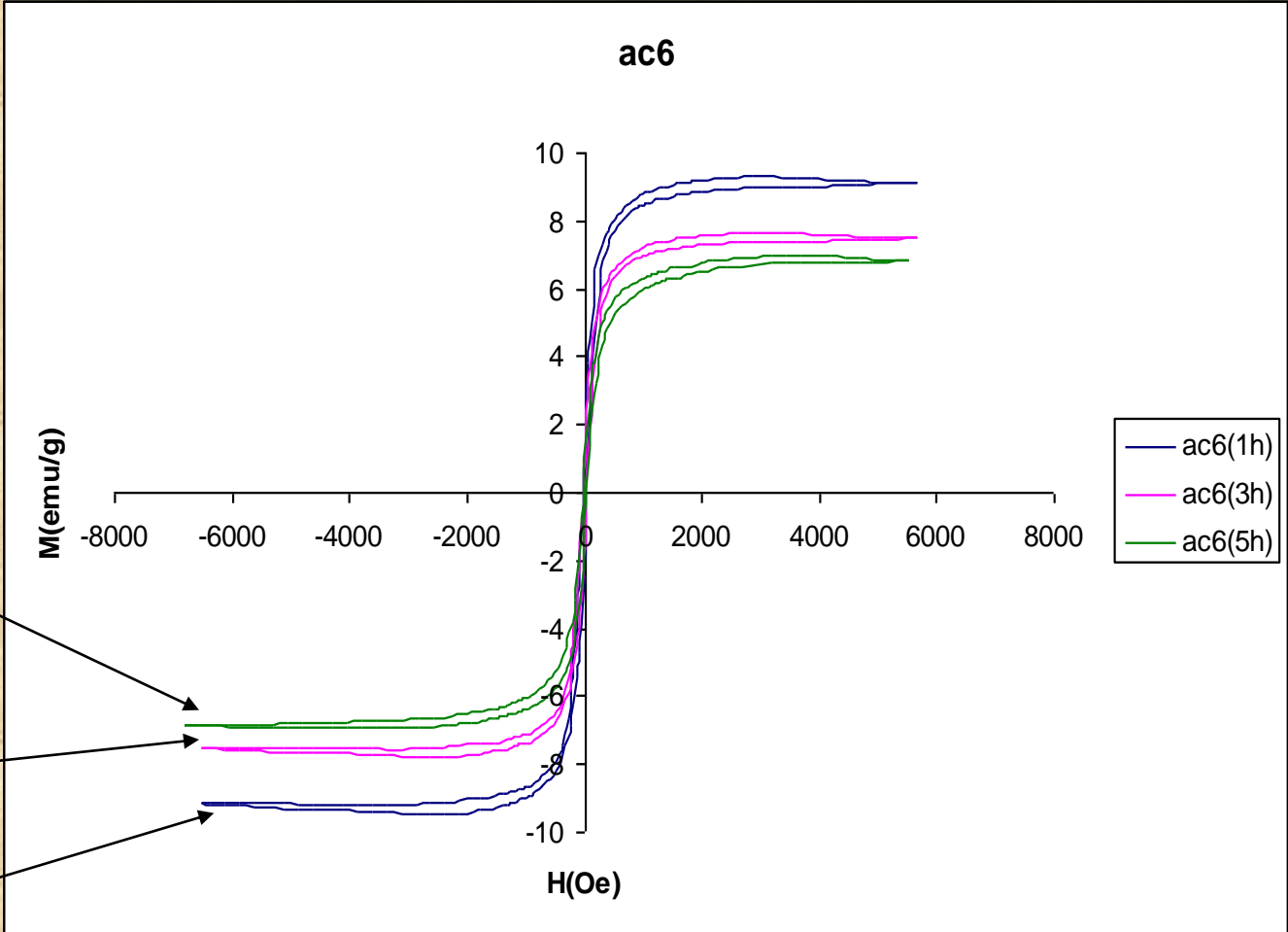
دمای کوری نمونه
کیه ای :
284 (°C)

نمودارهای مغناطش دمای نمونه ی $Y_3Fe_5O_{12}$ آسیاب شده

مغناطش نمونه‌ی $(Y_3Al_{0.6}Cr_{0.6}Fe_{3.8}O_{12})$ آسیاب شده

دانشکده علوم
 گروه فیزیک

مغناطش اشباعی نمونه
 کپه‌ای :
 16 (emu/g)



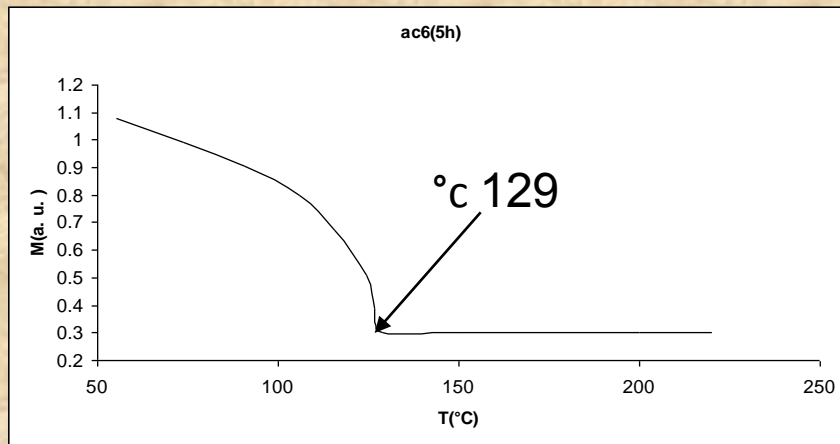
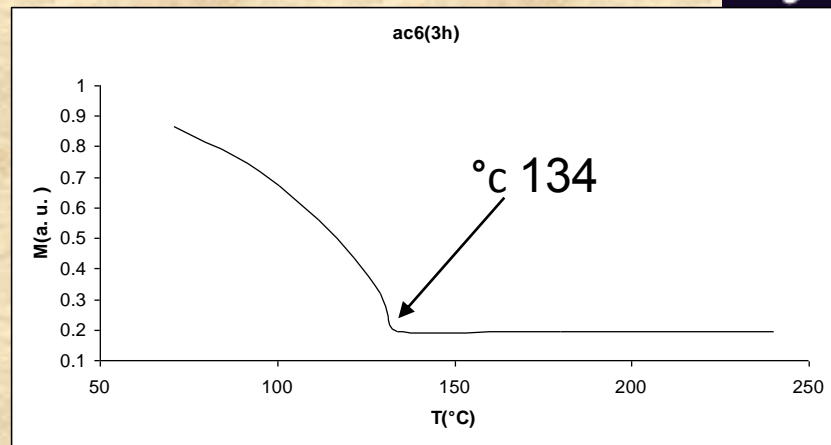
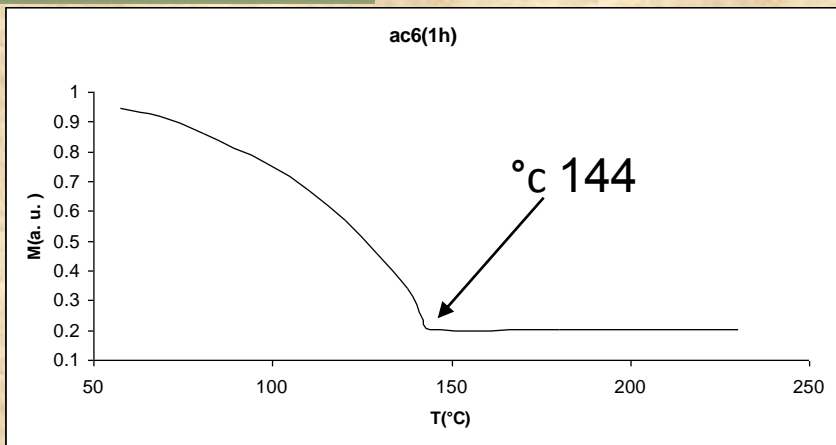
(5h), M_S=6.8(emu/g)

(3h), M_S=7.5(emu/g)

(1h), M_S=9.1(emu/g)



دمای کوری نمونه‌ی $(Y_3Al_{0.6}Cr_{0.6}Fe_{3.8}O_{12})$ آسیاب شده



دمای کوری نمونه
کیه‌ای :
165(°C)

نمودارهای مغناطش دمای نمونه‌ی جانشانی شده‌ی $x = 6/0$ آسیاب شده



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان

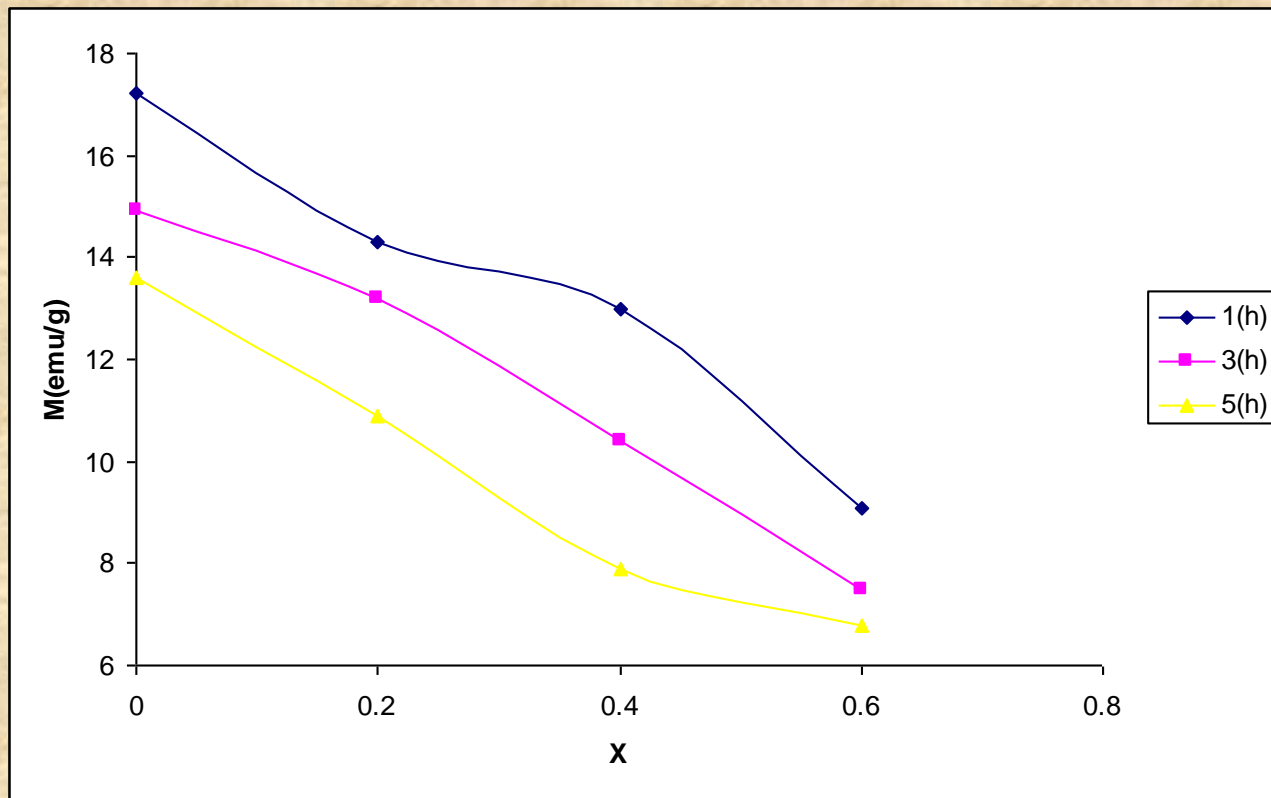


تیم مربیان



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک



مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان

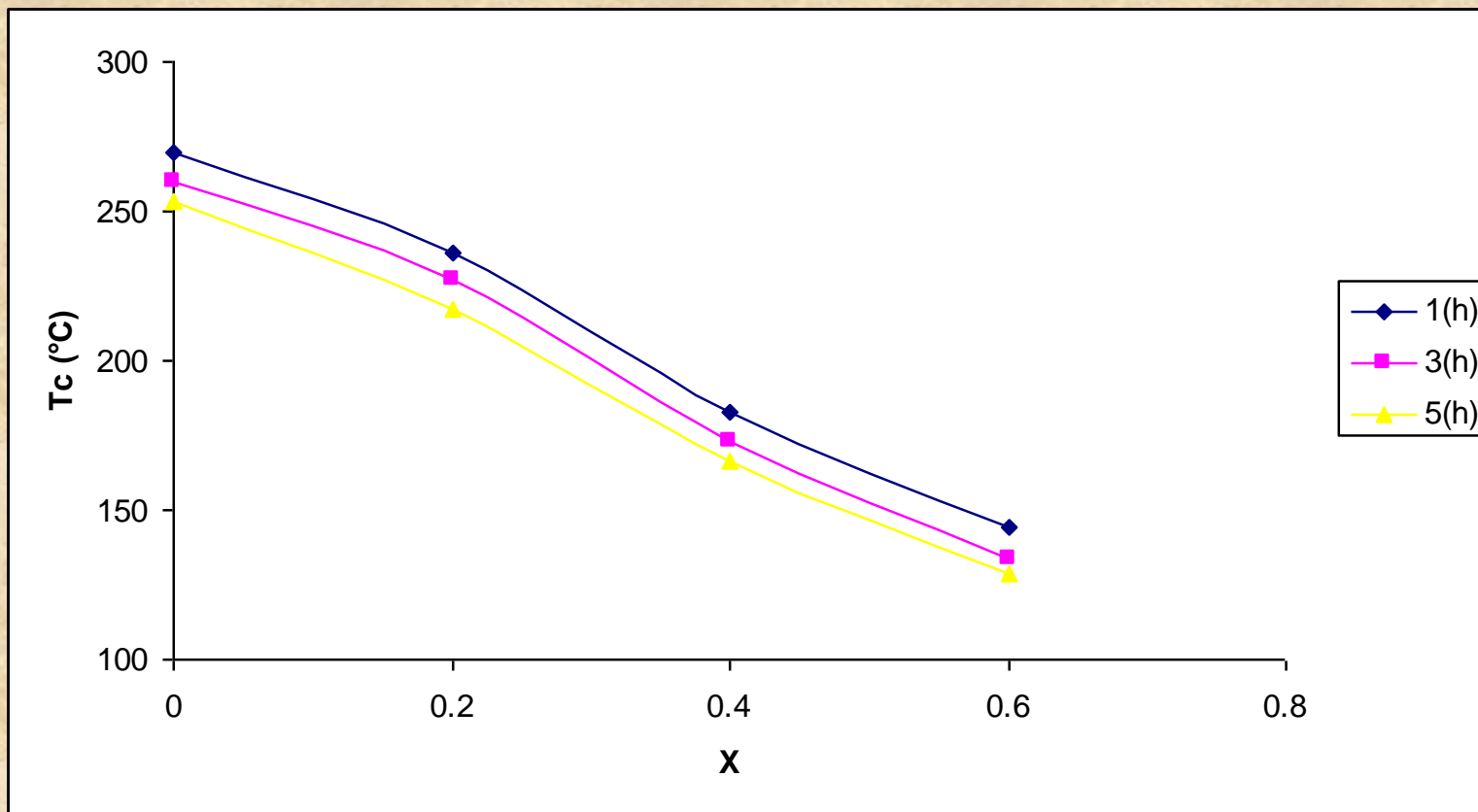


تیم محاضرین



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک



مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



تیم مجری



دانشگاه رازی

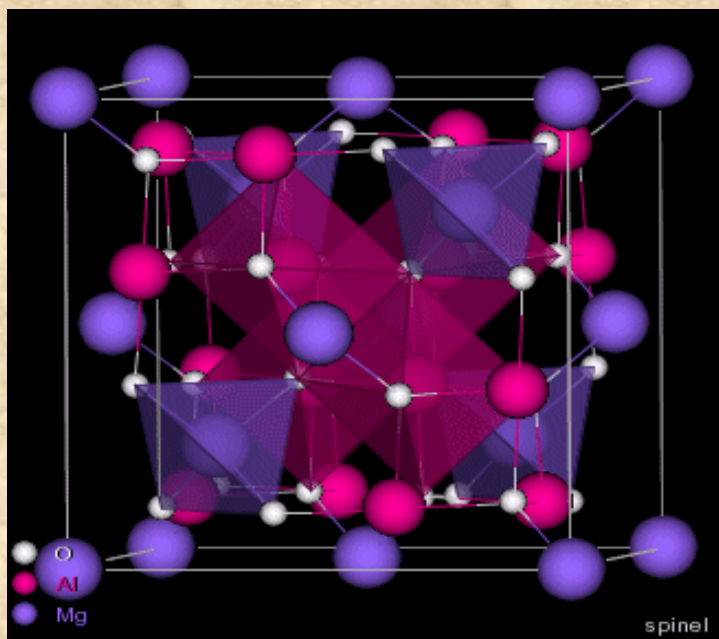
دانشکده علوم
گروه فیزیک

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان

ساختار بلورین فریت های اسپینلی:

دانشکده علوم
گروه فیزیک

دارای ساختار اسپینلی با دو زیر شبکه ی چهار وجهی (A) و هشت وجهی (B) هستند. اگر خواهیم دقیق تر شویم ساختار بلورین فریت های اسپینلی می تواند به صورت $[Fe_2(M_{1-x}Fe_x)O_4]$ فرمول بندی شود. که M کاتیون فلزی دو ظرفیتی، X درجه وارونی و پرانتز و براکت نماینده ی جایگاه های کاتیونی چهار وجهی (A) و هشت وجهی [B] هستند.



$$\vec{H}_{mA} = N_{AA} \vec{M}_A + N_{AB} \vec{M}_B$$

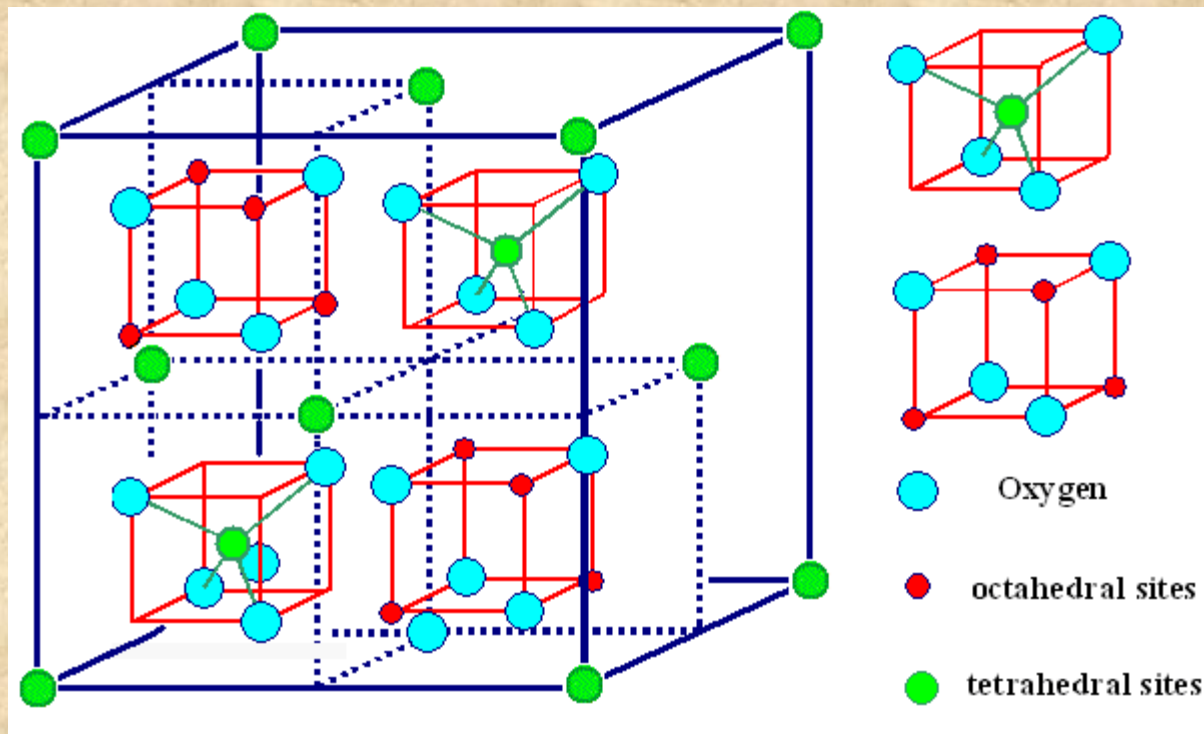
$$\vec{H}_{mB} = N_{BA} \vec{M}_A + N_{BB} \vec{M}_B$$

- J. Smit, H. P. Wijn, " Ferrites", Philips Tech Lab, Eindhoven, Holland (1959).
- W. R. Bussem, J. W. Proske, "Soft ferrites-A Review", Powder Metallurgy International, **3**, 120-124 (1974).

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



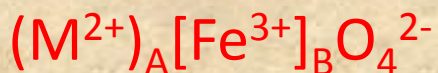
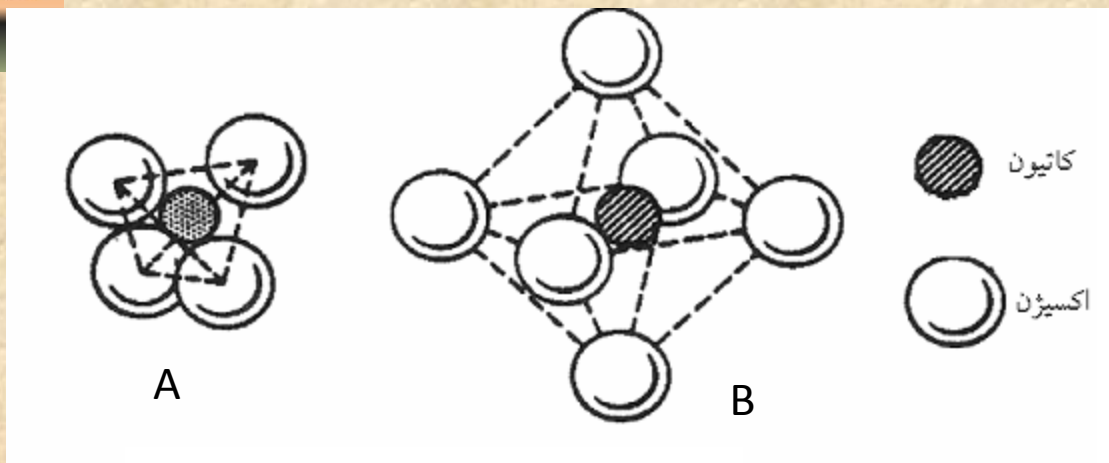
ساختار اسپینلی یک شبکه fcc از یون های اکسیژن با دو زیر شبکه ی چهاروجهی و هشت وجهی است.



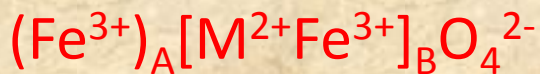
به جز برای فریت روی! $M(T) = |M_B(T) - M_A(T)|$

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان

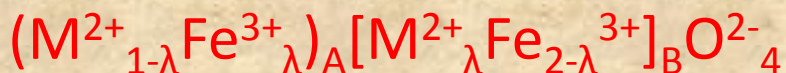
ساختار اسپینلی



الف- ساختار اسپینلی بهنجار



ب- ساختار اسپینلی وارون



پ- ساختار اسپینلی جزئی وارون

به جز برای فریت روی! $M(T) = |M_B(T) - M_A(T)|$



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



تربیت مهندسان

فریت روی (کپه ای):



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک

فریت روی ($ZnFe_2O_4$) یکی از انواع فریتها با ساختار اسپینلی بهنجار است ($x = 0$) که در آن تمام کاتیون های Zn در جایگاههای A و کاتیون های Fe در جایگاههای B قرار دارند که در اندازه های حجیم (کپه ای) در دماهای زیر 10K، پادرومغناطیس و در دماهای بالاتر پارامغناطیس است.

کاربردها:

به علت پارامغناطیس بودن در دمای اتاق کاربرد مغناطیسی ندارد اما در چند سال اخیر در زمینه های زیر کاربرد یافته است: 1- حسگر گاز، 2- ماده جاذب برای سولفور زدایی از گاز داغ 3- فوتوکاتالیست نیمه رسانا 4- سلول های الکتروشیمیایی

V. Sepelak, L. Wilde, U. Steinke, K. D. Becker, "High-temperature reactivity of mechano synthesized zinc ferrite," Matter. Sci. Eng. 865, 375-377 (2004).

U. Steinke, K. Tkacova, "mechanochemistry of Solids-Real Structure and Reactivity," J. Mater. Synth. Process. 8, 199(2000) .

J. Yin, L. Jian Bie, "Photoelectrochemical property of $ZnFe_2O_4/TiO_2$ double-layered films," Mater. Res. Bulletin. 42, 1402-1406 (2007).

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



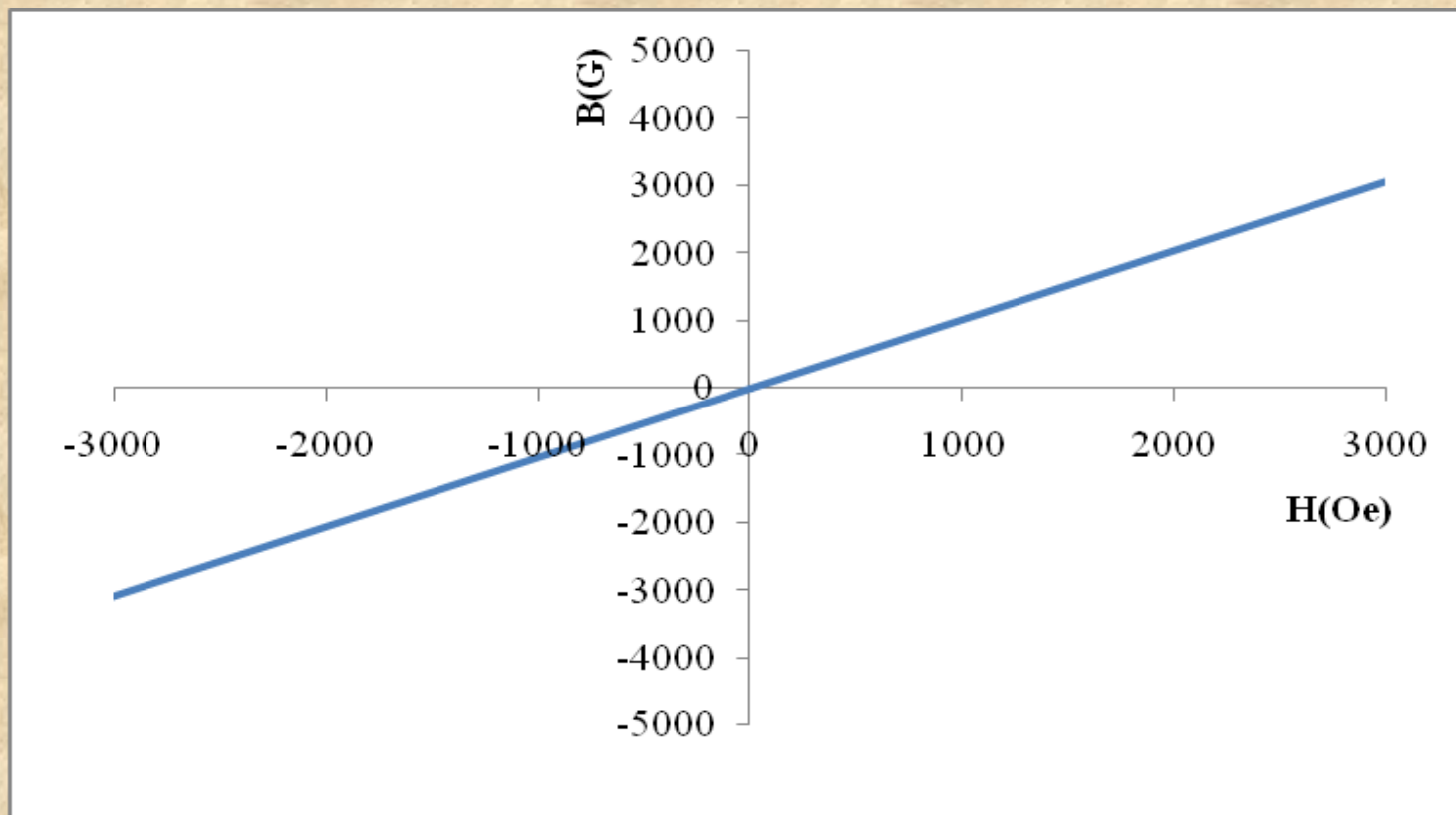
تیم مجریان



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک

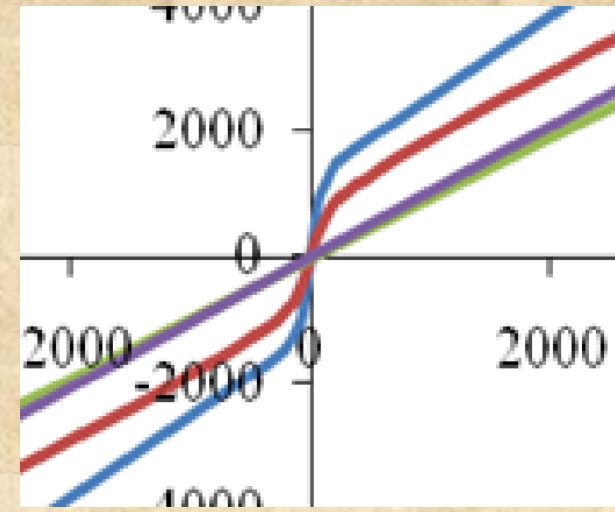
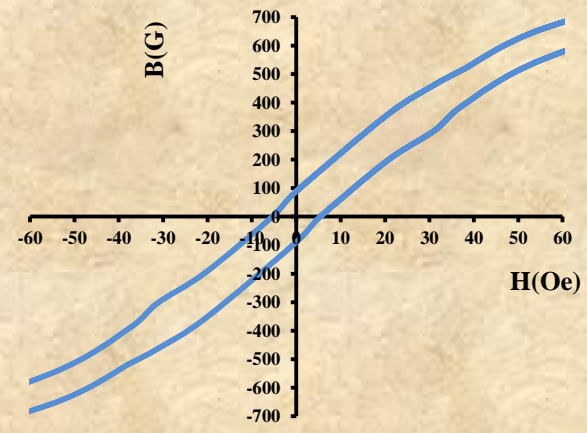
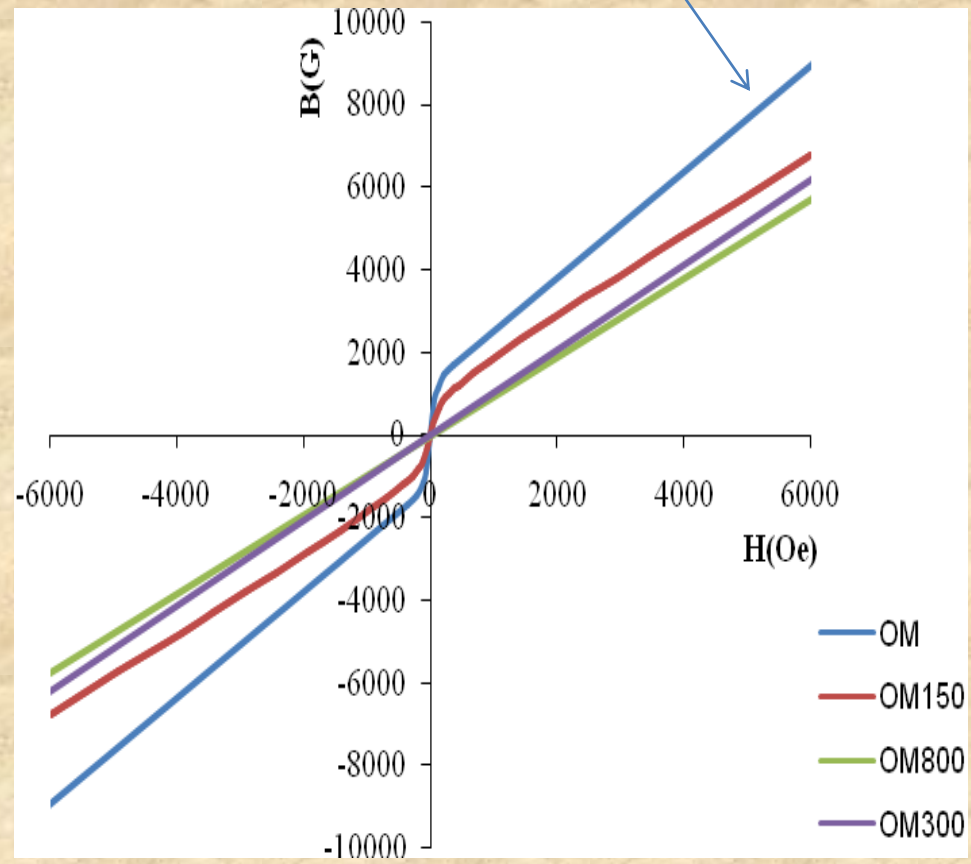
تهیه ی نانوذرات فریت روی با آسیاب کاری تر و پخت در دمای 600 درجه ی سانتی گراد



مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



as-milled Zn ferrite

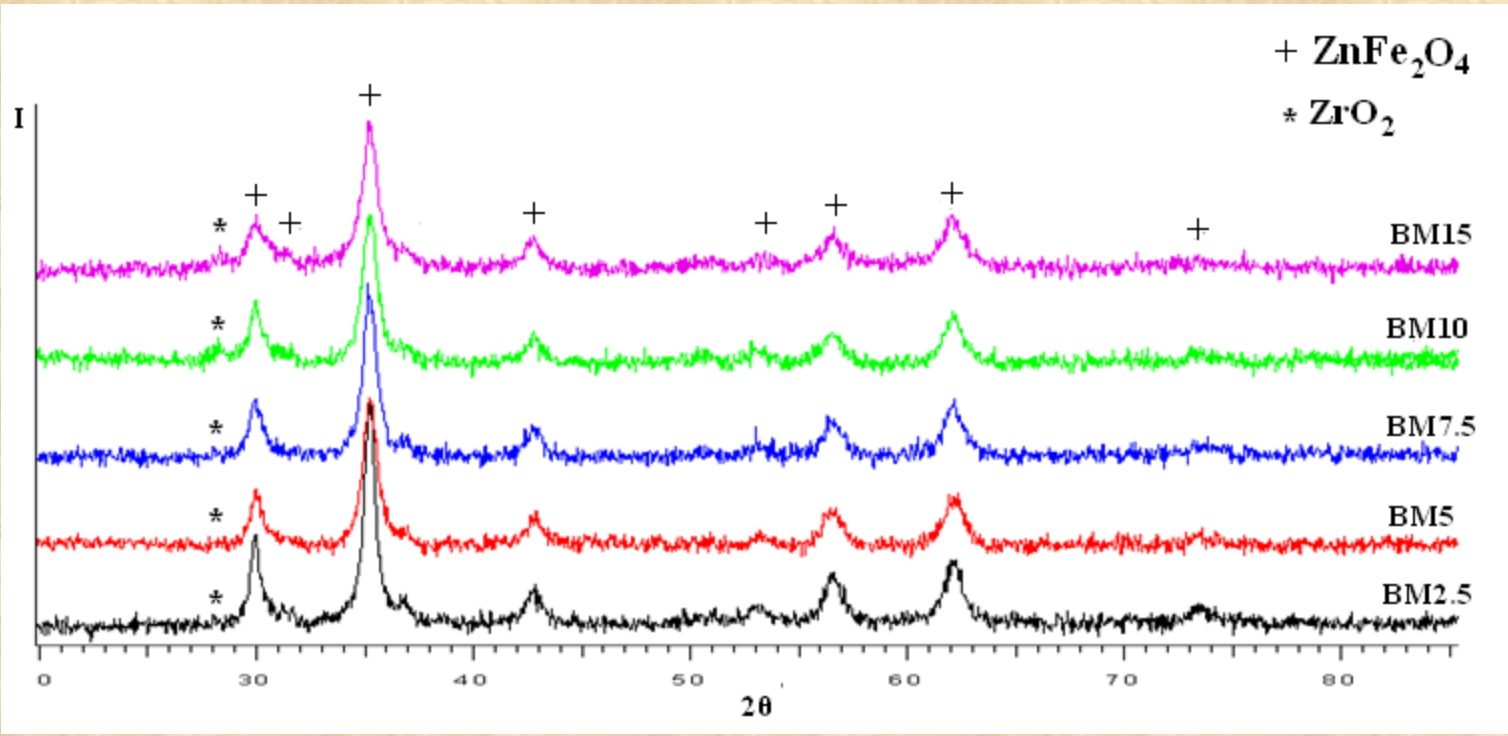




الگوی XRD نمونه های به دست آمده از آسیاب کاری فریت روی کپه ای :



دانشکده علوم
گروه فیزیک

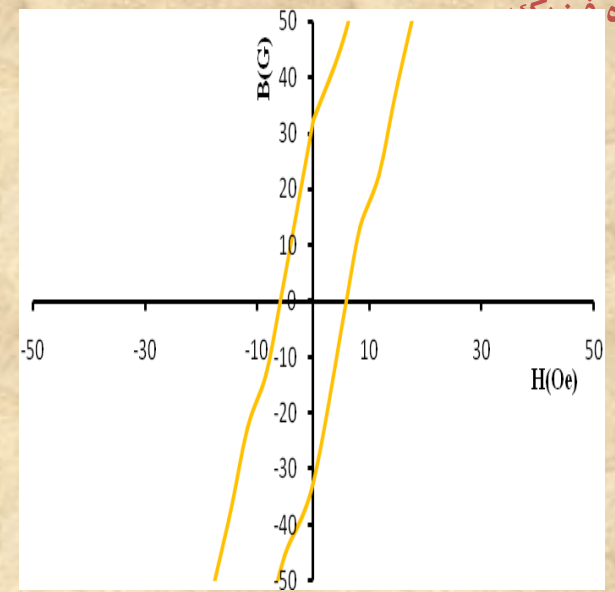
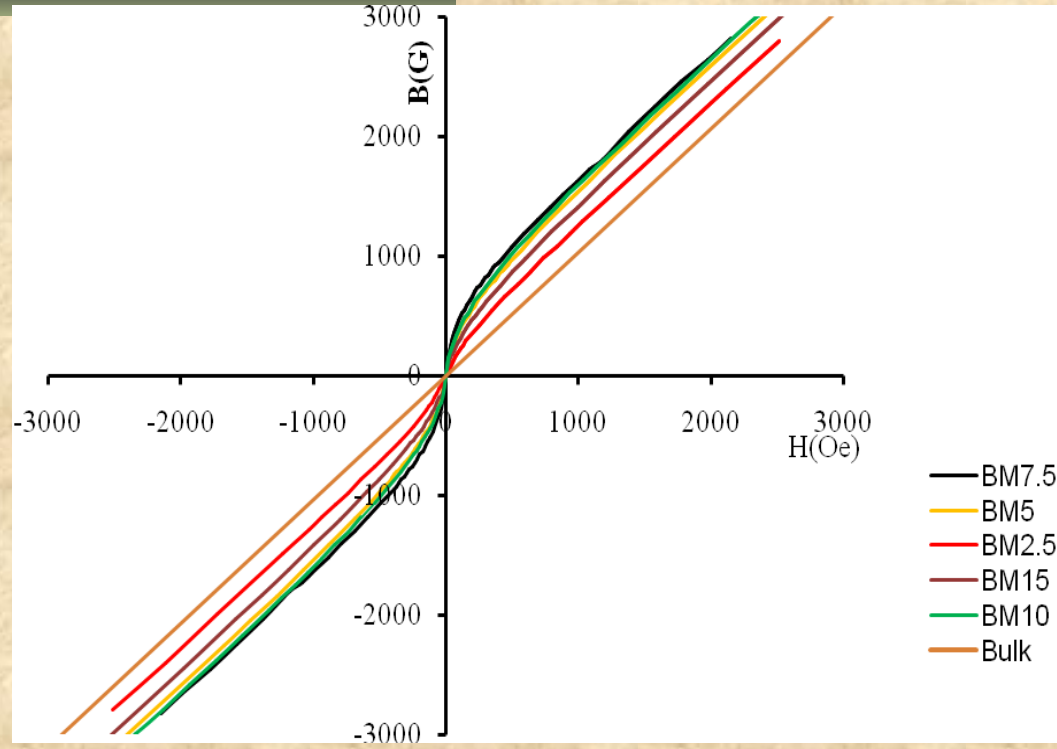


BM 15	BM10	BM7.5	BM5	BM2.5	نمونه
9 ± 2	9 ± 2	9 ± 2	9 ± 2	11 ± 2	اندازه بلورک (nm)
19	10	6	5	2/5	درصد ZrO_2

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



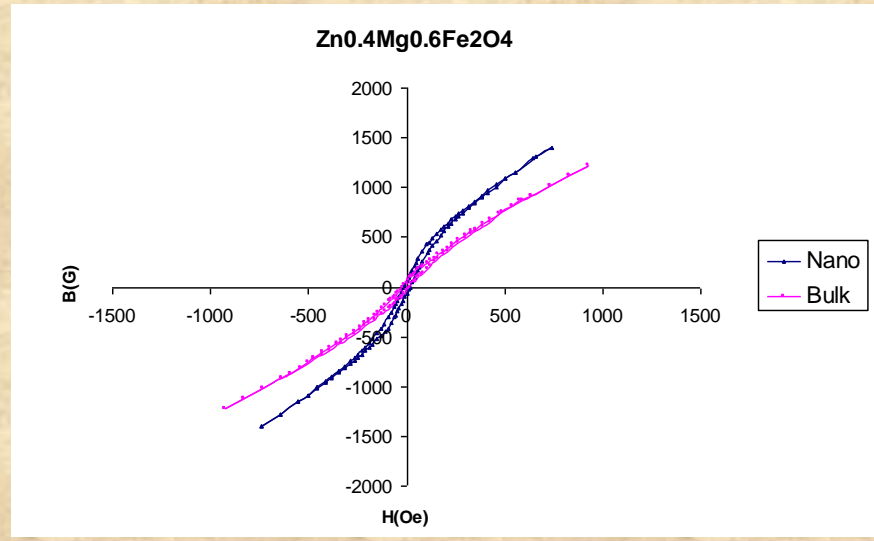
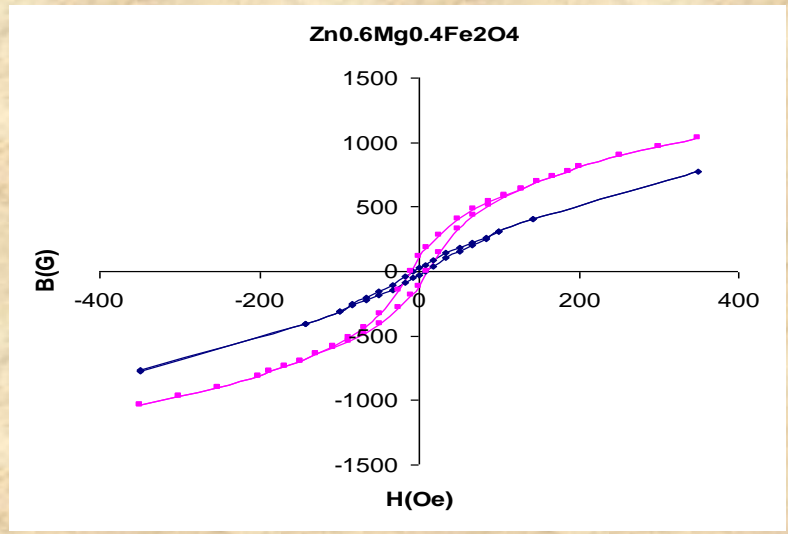
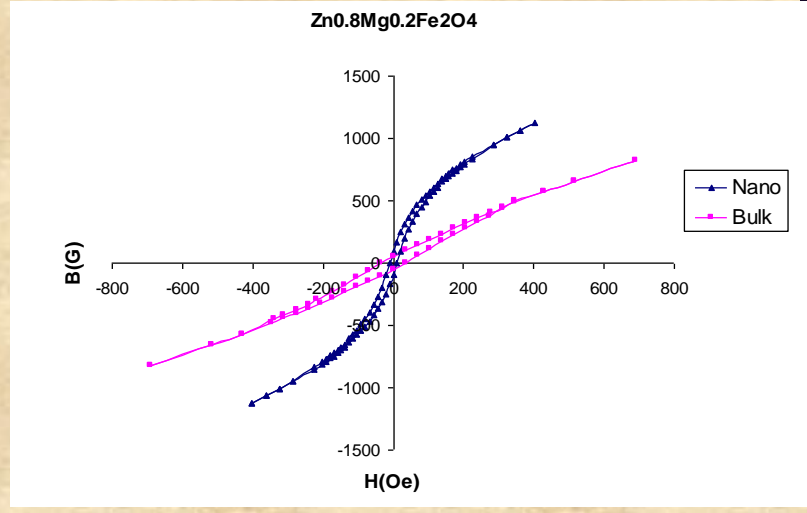
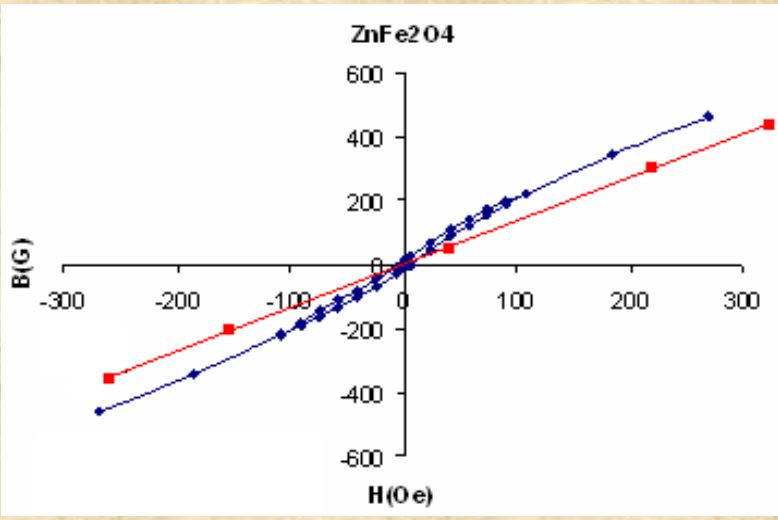
اندازه گیری B-H نمونه های آسیاب کاری شده



با افزایش زمان آسیاب کاری تا 7/5 ساعت مغناطش نمونه ها افزایش می یابد که دلیل این امر افزایش برانگیختگی مکانیکی شبکه ی بلورین فریت روی و جابجایی بیشتر کاتیون های Zn^{2+} و Fe^{3+} است. پس از 7/5 ساعت آسیاب کاری با افزایش زمان آسیاب کاری مغناطش نمونه ها کاهش می یابد به گونه ای که مغناطش نمونه ی (BM15) بین نمونه های (BM 2.5) و (BM5) قرار گرفته است. دلیل این امر افزایش فاز ناخالصی زیر کونیا با افزایش زمان آسیاب کاری در نمونه هاست.



$Zn_xMg_{1-x}Fe_2O_4$ (x=1.0, 0.8, 0.6, 0.4)



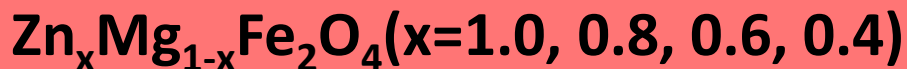


اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

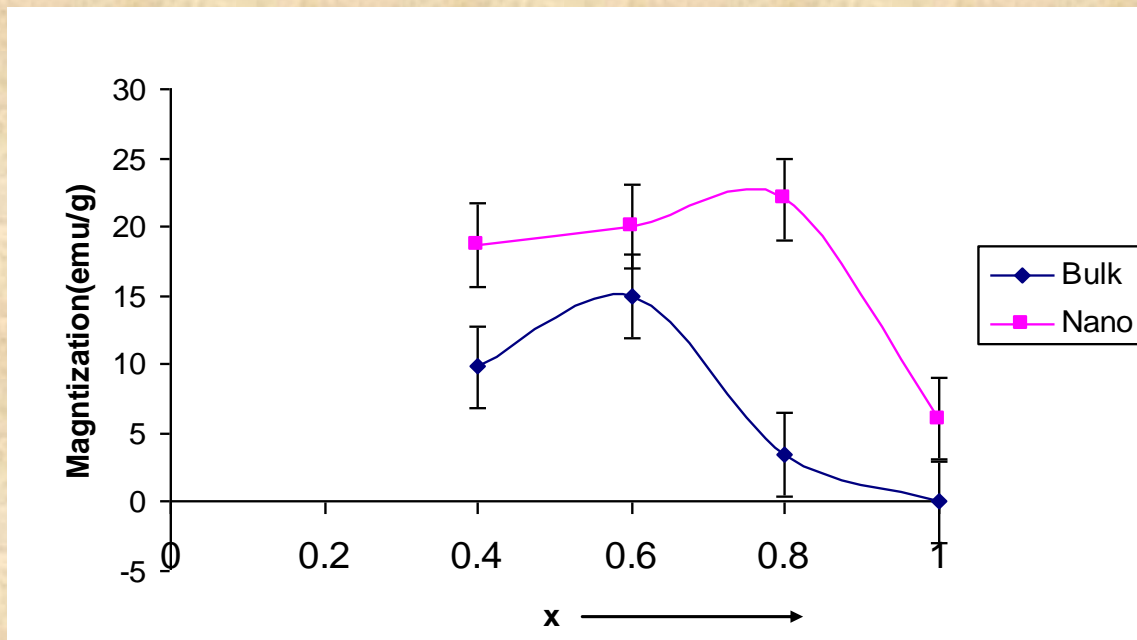
مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک



	$ZnFe_2O_4$	$Zn_{0.8}Mg_{0.2}Fe_2O_4$	$Zn_{0.6}Mg_{0.4}Fe_2O_4$	$Zn_{0.4}Mg_{0.6}Fe_2O_4$
میانگین اندازه ی بلورک (nm)	15 ± 2	12 ± 2	12 ± 2	16 ± 2

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



تعیین چگونگی باز توزیع کاتیون ها در نمونه های نانومتری با
الگوهای پراش پرتو ایکس

$$I = |F|^2 P_L A(\theta) p T_f$$

که در آن T_f عامل دما، $A(\theta)$ عامل جذب در زاویه θ برای براگ θ ، P_L عامل قطبش لورنتس، p عامل چندگانگی و F عامل ساختار است. در شرایط یکسان تهیهی الگوهای پراش برای دو ساختار یکسان و در یک زاویه مشخص می توان با تقریب خوبی همه ی پارامترها را به جز عامل ساختاری، برای آنها یکسان در نظر گرفت

$$|F| = f_A \sum e^{(hu_i + kv_i + lw_i)} + f_B \sum e^{(hu_j + kv_j + lw_j)} + f_O \sum e^{(hu_o + kv_o + lw_o)}$$

$$|F(220)|^2 = 2(f_A + 4f_O \cos^2 4\pi u)^2$$

$$|F(222)|^2 = 8(f_B + 2f_O \sin^3 4\pi u)^2$$

V. Sepelak, D. Baabe, D. Mienert, D. Schultz, F. Krumeich, F. J. Litterst, K. D. Becker, "Evolution of structure and magnetic properties with annealing temperature in nanoscale high-energy-milled nickel ferrite", J. Mag. Mater. **257**, 377-386(2003).

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



	عامل پراکندگی اتمی در موقعیت A (220)	عامل پراکندگی اتمی در موقعیت B (222)
Fe^{3+}	15.6	13.3
Mg^{2+}	7.26	5.95
Zn^{2+}	18.6	15.8

با توجه به مقادیر بالا، با حرکت یونهای Zn^{2+} از جایگاههای A به جایگاههای B و از سویی حرکت یونهای Fe^{3+} از جایگاه B به A با عامل پراکندگی کوچکتر نسبت به Zn^{2+} ، عامل پراکندگی کل در جایگاه A (f_A) کاهش و عامل پراکندگی جایگاه B (f_B) افزایش می یابد و بدین ترتیب انتظار می رود که نسبت شدت قله ها کاهش یابد



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



تیم همکاران

چگونگی باز توزیع کاتیونها در نمونه های نانومتری



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک

	$\frac{I(220)}{I(222)}$ (Bulk)	$\frac{I(220)}{I(222)}$ (Nano)
ZnFe ₂ O ₄	5.2	2.1
Zn _{0.8} Mg _{0.2} Fe ₂ O ₄	5.5	3.3
Zn _{0.6} Mg _{0.4} Fe ₂ O ₄	4.1	2.8
Zn _{0.4} Mg _{0.6} Fe ₂ O ₄	6.0	4.7

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد



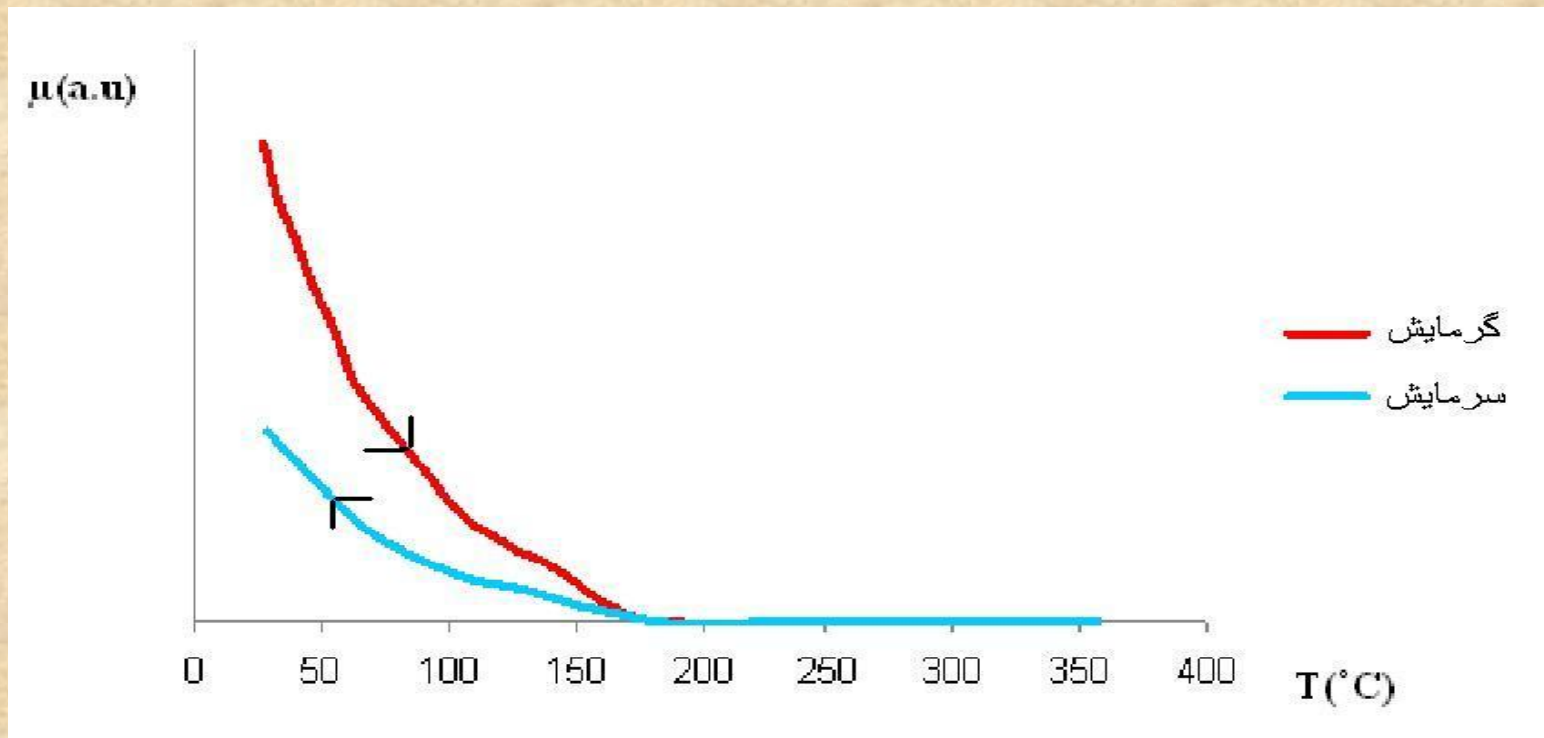
تیم مهندسی

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک



مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان

نمونه	Tc(°C) نمونه های نانومتری	Tc(°C) نمونه های کپه ای
NiFe ₂ O ₄	585	580
NiFe _{1.5} Al _{0.5} O ₄	720	550
NiFeAlO ₄	680	510
NiFe _{0.5} Al _{1.5} O ₄	640	480

$$\frac{T_c(\infty) - T_c(d)}{T_c(\infty)} = \pm \left(\frac{d}{d_0}\right)^{-\theta}$$

مدل مقیاس گذاری
 اندازه ی محدود

که در آن θ می تواند مثبت یا منفی باشد.

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



تیم ملی



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان



اولین کارگاه تخصصی

نانومغناطیس

مبانی، ساخت، مشخصه یابی، کاربرد

۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی اصفهان



تیم مجری



دانشگاه رازی

دانشکده علوم
گروه فیزیک

مرتضی مظفری - پنجم اردیبهشت ۹۲ - دانشگاه صنعتی اصفهان