



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ديالى
كلية العلوم
قسم الفيزياء



تصنيع ودراسة الدقائق النانوية للمركبين $\text{CoZnFe}_2\text{O}_4$ و $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$ المغناطيسية للتطبيقات الطبية

رسالة مقدمة الى مجلس كلية العلوم / جامعة ديالى
وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء

من قبل

وفاء عبد الستار شاطي بحر

(بكالوريوس علوم فيزياء 2002)

إشراف

أ.م.د. الفتاح أحمد محمود

2020 م

أ.د. تحسين حسين مبارك

1442 هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

«قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا
عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ»

صدق الله العظيم

سورة البقرة (32)

إِهْدَاء

الى من لا يطيب النهار الا بذكره ولا يطيب الليل الا بطاعته ولا تطيب الاخرة الا بعفوه

الله جل جلاله

الى سيد الخلق حبيب الحق والهادي الى السراط المستقيم

نبينا محمد (صل الله عليه وعلى اله الطاهرين وصحبه المنتجبين)

الى من افتقد وجوده معي في لحظات تحقيق حلمي وتدمع عيني لغيابه

ابي رحمه الله

الى من علمتني الحياة بحكمة ومن خضت دروب العلم بفيض تراتيل دعواتها

امي الغالية

الى سندي ومن كان مصدر قوتي

زوجي

الى من تحملوا فراقى عنهم طول فترة دراستي

اولادي

اهدي ثمرة جهدي هذا حبا ووفاء

شكر وتقدير

يسرني وأنا اضع اللمسات الاخيرة على بحثي ان اتقدم بجزيل الشكر والامتنان والتقدير لعمادة كلية العلوم بكل وحداتها وشعبها لأتاحتها الفرصة لي في اكمال دراستي
كما اتقدم بكل الشكر والتقدير لرئاسة قسم الفيزياء المتمثلة برئيس القسم **ا.د زياد طارق خضير** صاحب القلب الطيب الودود....

واتقدم بفائق الشكر والتقدير والاحترام للأستاذ الدكتور **تحسين حسين مبارك** والأستاذ المساعد الدكتور **الفت احمد محمود** لأشرافهم على البحث وعلى كل الملاحظات القيمة والنصائح والارشادات التي اخرجت البحث بهذه الصورة ولكل ما ابدوه لي من اهتمام ومتابعة طوال مدة انجاز البحث واتمنى لهم دوام الصحة والعافية والمزيد من العلم التقدم

واتقدم بكل الشكر والتقدير الى اساتذتي الافاضل بالمرحلة التحضيرية وخص بالذكر الاستاذ الدكتور **نبيل علي بكر** والاستاذ الدكتور **صباح انور سلمان** والاستاذ الدكتور **فراس محمود عبد الله** والاستاذ **اسعد احمد كامل** والاستاذ الدكتور **كريم هنيكش حسن**

وكل الشكر والامتنان الى الاستاذ المساعد الدكتور **نمير فاضل غائب** تدريسي في جامعة ديالى / كلية الطب / طب عام تشريح ...

واتقدم بكل الشكر والتقدير الى **مستشفى بعقوبة العام** لما قدموه لي من مساعدة في اكمال الفحوصات....

وكل الشكر الى **الجامعة المستنصرية / كلية طب اليرموك / المركز العراقي لبحوث السرطان والوراثة الطبية**

والى كل زملائي واهلي وجميع احبتي والى كل من ساعدني ولو بكلمة واحدة الى كل القلوب المخلصة التي دعت لي بالنجاح والتوفيق

الخلاصة

في هذه الدراسة تم تحضير جسيمات نانوية مغناطيسية بصيغتين الاولى $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ والثانية $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ لقيم $x=0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9$ على التوالي بطريقة الترسيب الكيميائي المشترك (Co-Precipitation Method) حيث تم الحصول على جسيمات نانوية بمقياس يتراوح بين (10-28 nm) .

تم دراسة الخصائص التركيبية للنماذج المحضرة باستخدام طيف حيود الاشعة السينية (X-ray diffraction) ، وتحويلات فورير لمطياف الأشعة تحت الحمراء (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) ، والمطياف الالكتروني الماسح لانبعاث المجال (Field Emission Scanning Electron Microscopes) حيث أظهرت نتائج فحوصات (X-ray diffraction) أن الجسيمات المحضرة تمتلك بنية Spinal طور المكعب المتمركز الواجهه ، كما تم حساب ثابت الشبكة والحجم الحبيبي والكثافة للفرايت ، أما نتائج (Field Emission Scanning Electron Microscopes) فأظهرت أن جميع العينات تمتلك احجام نانوية ومن خلال التكتل بمواقع الجسيمات اظهرت انها تمتلك خواص مغناطيسية جيدة ، أما نتائج تحويلات فورير للأشعة تحت الحمراء (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) فأظهرت ان الجسيمات لها حزمتي امتصاص تقع بين $(400-600\text{cm}^{-1})$ وان هذه الحزم تشير الى ان التركيب الطيفي لجميع العينات هو الفرايت .

تم دراسة الخصائص الكهربائية العزلية للجسيمات المحضرة (Inductance meter) حيث أظهرت النتائج أن الجسيمات المحضرة تمتلك خواص كهربائية عزلية جيدة ضمن مدى الترددات (50-2MHZ) من خلال حساب ثابت العزل الكهربائي وكذلك ومعامل الفقد وايجاد ظل الفقد ، اما الخصائص المغناطيسية للجسيمات المحضرة فأظهرت من خلال اختبار (Vibrating Sample Magnetometer) ، فان بعض العينات امتلكت خصائص Para Magnetic والبعض الاخر امتلكت خصائص Super Para Magnetic .

من خلال النتائج وجد أن العينات المحضرة جميعها امتلكت احجام نانوية وخواص جيدة مثل التمنغط العالي كما أن الطريقة المستخدمة غير مكلفة بالإضافة الى امكانية تحضير مساحيق فرايتية نانوية مغناطيسية بكميات جيدة ، تم استخدام الجسيمات المحضرة في التطبيقات الطبية اعتمادا على الخصائص التركيبية والمغناطيسية والكهربائية باستخدام المساحيق المحضرة بعد تحويلها الى مائع مغناطيسي باستخدام احد المذيبات العضوية (Tetramethy Ammonium Hydroxide) رباعي مثيل هيدروكسيد الامونيوم حيث تم تحويل المساحيق الى مائع مغناطيسي نانوي والذي تم استخدامه مادة تلوين للأنسجة ووسط تباين (Contrast Medium) في صور جهاز الرنين المغناطيسي (Magnetic Resonance Imaging) .

فهرس المحتويات

الصفحة	الفصل الاول (المقدمة والدراسات السابقة)	التسلسل
1	المقدمة	1-1
1	الفرايتات	2-1
3	تحضير الفرايتات	3-1
3	النانو تكنولوجي	4-1
6	الفرايت النانوي وتطبيقاته	5-1
6	الموانع المغنطة	1-5-1
7	التطبيق الطبي الحيوي	2-5-1
9	الدراسات السابقة	6-1
14	هدف الدراسة	7-1
الصفحة	الفصل الثاني (الجزء النظري)	التسلسل
15	المقدمة	1-2
15	اساسيات المغناطيسية والمواد المغناطيسية	2-2
15	مصدر المغناطيسية	1-2-2
17	المجال المغناطيسي والتأثيرية المغناطيسية	2-2-2
17	تصنيف المواد المغناطيسية	3-2
17	المواد البارا مغناطيسية	1-3-2
18	المواد الدايا مغناطيسية	2-3-2
18	المواد الفيرومغناطيسية	3-3-2
19	المواد الفيري مغناطيسية	4-3-2
20	المواد ضد يد الفيرومغناطيسية	5-3-2
20	البارا مغناطيسية الفائقة	4-2
21	الفرايتات	5-2
21	الفرايت السداسي	1-5-2
21	فرايت العقيق	2-5-2
22	الفرايت المغزلي	3-5-2
23	كوبلت فرايت	6-2
24	نيكل فرايت	7-2
24	تصنيف الفرايتات حسب خواصها المغناطيسية	8-2
24	الفرايتات المرنة	1-8-2
25	الفرايتات الصلبة	2-8-2
26	منحني المغنطة وحلقة التباطى	9-2
27	النفاذية المغناطيسية	10-2
28	النفاذية الابتدائية	11-2
28	طرائق التحضير للفريتات النانوية	12-2
30	المعاملات الحرارية	13-2

30	عملية الكبس	14-2
31	التليد	15-2
32	تقنيات القياس لدراسة الخصائص التركيبية	16-2
32	تقنية حيود الأشعة السينية	17-2
33	المعاملات التركيبية	18-2
33	ثابت الشبكة	1-18-2
34	معدل الحجم البلوري	2-18-2
34	الكثافة النظرية	3-18-2
34	الكثافة الظاهرية	4-18-2
35	مطياف تحويلات فورير للأشعة تحت الحمراء	19-2
36	المجهر الإلكتروني الماسح لانبعاث المجال	20-2
37	الخصائص العزلية الكهربائية	21-2
37	ثابت العازل	1-21-2
38	فقد العازل	2-21-2
39	تقنية القياسات المغناطيسية VSM	22-2
40	تقنية التصوير بالرنين المغناطيسي	23-2
الصفحة	الفصل الثالث (الجزء العملي)	التسلسل
42	المقدمة	1-3
42	المواد الأولية	2-3
44	الأجهزة والمستخدمات	3-3
44	الميزان الإلكتروني	1-3-3
44	الخلط المغناطيسي	2-3-3
44	مقياس الاس الهيدروجيني	3-3-3
45	فرن الحرق	4-3-3
45	تحضير الفرايت	4-3
45	تحضير الفرايت كوبلت زنك	1-4-3
45	حساب الأوزان الجزيئية للمواد	1-1-4-3
46	حساب الأوزان للمواد المستخدمة في تحضير الفرايت كوبلت زنك	2-1-4-3
46	طريقة التحضير	3-1-4-3
50	تحضير الفرايت $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$	2-4-3
50	حساب الأوزان الجزيئية للمواد	1-2-4-3
50	حساب الأوزان للمواد المستخدمة في تحضير الفرايت نيكل زنك	2-2-4-3
51	طريقة التحضير	3-2-4-3
53	المعاملات الحرارية	5-3
54	تشكيل العينات	6-3
54	الفحوصات التركيبية	7-3
54	قياس طيف حيود الأشعة السينية	1-7-3
56	تحويلات فورير للأشعة تحت الحمراء	8-3
56	انبعاث المجال للمجهر الإلكتروني الماسح	9-3

57	قياس الخصائص الكهربائية	10-3
58	الفحوصات المغناطيسية	11-3
59	التطبيق الطبي	12-3
الصفحة	الفصل الرابع (مناقشة النتائج والاستنتاجات)	التسلسل
65	المقدمة	1-4
65	نتائج القياسات التركيبية للمركبات المحضرة فرايت كوبلت زنك والفرايت نيكل زنك	2-4
66	نتائج فحوصات طيف حيود الاشعة السينية للمركب فرايت كوبلت زنك	1-2-4
67	ثابت الشبكة	1-1-2-4
67	الحجم الحبيبي	2-1-2-4
68	الكثافة النظرية والكثافة الظاهرية والمسامية للفرايت كوبلت زنك	3-1-2-4
68	نتائج فحوصات حيود الاشعة السينية للمركب فرايت نيكل زنك	2-2-4
70	ثابت الشبكة	1-2-2-4
70	الحجم الحبيبي	2-2-2-4
71	الكثافة النظرية والكثافة الظاهرية والمسامية للفرايتات	3-2-2-4
72	الخصائص التركيبية للفرايتات المحضرة FTIR	3-4
72	الخواص التركيبية للفرايت كوبلت زنك $\text{CoZnFe}_2\text{O}_4$	1-3-4
73	الخواص التركيبية للفرايت نيكل زنك $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$	2-3-4
75	نتائج الفحوصات التركيبية من فحص المطياف الالكتروني الماسح لانبعاث المجال FESEM	4-4
75	نتائج فحوصات FESEM للمركب CoZnFe	1-4-4
77	نتائج فحوصات FESEM للمركب $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$	2-4-4
79	الخصائص الكهربائية للفرايتات المحضرة	5-4
79	الخصائص العزلية للفرايت $\text{CoZnFe}_2\text{O}_4$	1-5-4
79	ثابت العزل الكهربائي	1-1-5-4
80	معامل الفقد العزلي	2-1-5-4
81	ظل الفقد العزلي	3-1-5-4
82	الخواص العزلية للفرايت نيكل زنك $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$	2-5-4
82	ثابت العزل الكهربائي	1-2-5-4
83	معامل الفقد العزلي	2-2-5-4
84	ظل الفقد	3-2-5-4
84	نتائج الفحوصات المغناطيسية	6-4
84	نتائج فحوصات VSM لفرايت كوبلت زنك $\text{CoZnFe}_2\text{O}_4$	1-6-4
87	نتائج الفحوصات المغناطيسية لفرايت نيكل زنك $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$	2-6-4
87	نتائج فحوصات المغناطيسية لفرايت نيكل زنك $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$ عند درجة حرارة 300°C	1-2-6-4
88	نتائج فحوصات المغناطيسية لفرايت نيكل زنك $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$ عند درجة حرارة 700°C	2-2-6-4
89	التطبيق الطبي	7-4

89	المقدمة	1-7-4
90	Magnetic Resonance Imaging نتائج	2-7-4
96	الاستنتاجات	8-4
96	الاعمال المستقبلية	9-4

قائمة الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	التسلسل
43	جدول المواد المستخدمة في تحضير العينات	1-3
46	جدول اوزان المواد المستخدمة في تحضير كوبلت زنك فرايت	2-3
50	جدول اوزن المواد المستخدمة في تحضير الفرايت نيكل زنك	3-3
60	جدول النسب التي تم اذابتها لفرايت كوبلت زنك	4-3
60	جدول النسب التي تم اذابتها لفرايت نيكل زنك	5-3
68	جدول قيم ثابت الشبكة والحجم الحبيبي للفرايت كوبلت زنك	1-4
68	جدول قيم الكثافة الظاهرية والكثافة النظرية والمسامية للفرايت كوبلت زنك	2-4
71	جدول قيم ثابت الشبكة والحجم الحبيبي للفرايت نيكل زنك عند درجة 300°C	3-4
71	جدول قيم ثابت الشبكة والحجم الحبيبي للفرايت نيكل زنك عند درجة 700°C	4-4
72	جدول قيم الكثافة النظرية والكثافة الظاهرية والمسامية للفرايت نيكل زنك 300°C	5-4
72	جدول قيم الكثافة النظرية والكثافة الظاهرية والمسامية للفرايت نيكل زنك 700°C	6-4
73	جدول نتائج FTIR لفرايت كوبلت زنك عند درجة حرارة 300°C	7-4
74	جدول نتائج FTIR لفرايت نيكل زنك عند درجة حرارة 700°C	8-4
85	جدول قيم مغنطة التشبع والمغنطة المتبقية وقيم المجال القهري لفرايت كوبلت زنك	9-4
88	جدول قيم مغنطة التشبع والمغنطة المتبقية وقيم المجال القهري لفرايت نيكل زنك عند درجة حرارة 300°C	10-4
89	جدول قيم مغنطة التشبع والمغنطة المتبقية وقيم المجال القهري لفرايت نيكل زنك عند درجة حرارة 700°C	11-4

قائمة الاشكال

الصفحة	عنوان الشكل	التسلسل
2	شكل يوضح عملية حدوث التماثل بين المنطقتين M,H	1-1
4	شكل يوضح تقنيات تحضير الجسيمات النانوية	2-1
6	شكل يوضح السائل المغناطيسي يجذب المجال المغناطيسي	3-1
7	شكل تقنيات استخدام الجسيمات النانوية في الطب الحيوي	4-1
8	شكل يوضح استخدام الجسيمات النانوية في الطب الحيوي	5-1
16	شكل نموذج لحركة الإلكترون حول النواة	1-2
18	شكل تأثير المادة البارا مغناطيسية بالمجال المغناطيسي	2-2
18	شكل تأثير المادة الدايا مغناطيسية بالمجال المغناطيسي	3-2
19	شكل المادة الفيرومغناطيسية	4-2
20	شكل المادة الفيرو مغناطيسية	5-2
20	شكل المادة ضد الفيرومغناطيسية	6-2
21	شكل الجدول الدوري لأنواع مختلفة من المواد المغناطيسية	7-2
23	شكل موقعي رباعي السطوح وثمان السطوح	8-2
26	شكل يوضح حلقتي الهسترة للفرايت (Soft) والفريت (Hard)	9-2
27	العلاقة بين شدة المجال H والفيض المغناطيسي B وحلقة الهسترة المغناطيسية	10-2
31	شكل يوضح آلية كبس المسحوق	11-2
33	شكل يوضح حصول التداخل البناء بين المستويات البلورية	12-2
36	شكل مخطط توضيحي لعمل جهاز FTIR	13-2
39	شكل خسارة العزل الكهربائي (عامل التبديد)	14-2
39	شكل مبسط لتقنية جهاز VSM	15-2
41	شكل توضيحي لتكوين صورة جهاز الرنين المغناطيسي	16-2
41	شكل يوضح جهاز الرنين المغناطيسي	17-2
44	جهاز قياس PH meter	1-3
45	فرن الحرق المستخدم في تحضير المسحوق	2-3
47	يوضح مرحلة اذابة المحاليل والحصول على اذابة 100%	3-3
47	مرحلة خلط المحاليل والحصول على خليط متجانس	4-3
48	مرحلة التقطير على الخليط	5-3
48	يوضح مرحلة التسخين للخليط والحصول على راسب الفريت	6-3
48	مرحلة الغسل والحصول على المسحوق الفريتي	7-3
49	المخطط الانسيابي لتحضير المركب كوبلت زنك فرايت بطريقة الترسيب الكيميائي	8-3
51	يبين مرحلة الاذابة للمواد المستخدمة لتحضير فرايت نيكل زنك	9-3
51	مرحلة الخلط للمحاليل المذابة	10-3
52	مرحلة التقطير لهيدروكسيد الصوديوم على الخليط	11-3
52	مرحلة التسخين والحصول على الراسب	12-3
52	مرحلة الغسل والتجفيف والحصول على الراسب الفريتي	13-3

53	المخطط الانسيابي لتحضير الفرايت نيكل زنك	14-3
54	شكل تشكيل العينات على شكل أقراص	15-3
55	جهاز حيود الاشعة السينية	16-3
55	تمثيل تخطيطي لحيود الاشعة السينية	17-3
56	جهاز FTIR	18-3
57	جهاز FESEM	19-3
58	جهاز LCR meter	20-3
59	يوضح جهاز قياس الخواص المغناطيسية VSM	21-3
60	جهاز الموجات فوق الصوتية	22-3
61	مرحلة الحصول على المانع المغناطيسي	23-3
62	الفنران المختبرية التي اجريت عليها الدراسة داخل الاقفاس المختبرية	24-3
62	الشكل يوضح مرحلة التخدير	25-3
63	الشكل يوضح مرحلة الحقن بالمادة النانوية المحضرة	26-3
64	الشكل يوضح الحيوان المختبري داخل جهاز MRI	27-3
67	انماط حيود الاشعة السينية للفرايت كوبلت زنك عند درجة حرارة 300 °C	1-4
69	انماط حيود الاشعة السينية للفرايت نيكل زنك عند بدرجة حرارة 300 °C	2-4
70	انماط حيود الاشعة السينية لفرايت نيكل زنك بدرجة حرارة 700 °C	3-4
73	اطيف FTIR لفرايت الكوبلت زنك عند درجة حرارة 300 °C	4-4
75	طيف FTIR لفرايت النيكل زنك عند درجة حرارة 700 °C	5-4
76	نتائج FESEM للفرايت كوبلت زنك عند درجة حرارة 300 °C	6-4
77	نتائج FESEM للفرايت نيكل زنك عند درجة حرارة 300 °C	7-4
78	نتائج FESEM للفرايت نيكل زنك عند درجة حرارة 700 °C	8-4
80	تغير ثابت العزل الكهربائي مع التردد لفرايت كوبلت زنك	9-4
81	تغير معامل الفقد العزلي كدالة للتردد لفرايت كوبلت زنك	10-4
82	تغير ظل زاوية الفقد كدالة للتردد لفرايت كوبلت زنك	11-4
83	تغير ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد لفرايت نيكل زنك	12-4
83	تغير معامل الفقد العزلي كدالة للتردد للفرايت نيكل زنك	13-4
84	تغير ظل زاوية الفقد كدالة للتردد للفرايت نيكل زنك	14-4
85	حلقة الهسترة للفرايت كوبلت زنك $Co_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ عند درجة حرارة 300 °C	15-4
86	تغير قيم X مع قيم المغنطة المتبقية	16-4
86	يبين تغير قيم X مع قيم التشبعية المغناطيسية	17-4
87	يبين التباين لحلقة الهسترة للعينات المحضرة لفرايت نيكل زنك	18-4
88	يوضح حلقة الهسترة لعينات نيكل زنك المحضرة عند درجة حرارة 700 °C	19-4
90	استقرارية المانع الحديدي المغناطيسي النانوي بعد مرور شهرين	20-4
91	الصور الناتجة من جهاز الرنين المغناطيسي دون استخدام المانع النانوي	21-4
92	الصور الناتجة من جهاز MRI باستخدام المانع النانوي T1(A4)	22-4
92	يمثل الصور الناتجة من جهاز MRI باستخدام المانع النانوي T2	23-4
93	الصور الناتجة من المرجح T1 باستخدام المانع النانوي T1 (A5)	24-4
93	يوضح الصور الناتجة من المرجح T2 (*) تبين منطقة الامعاء (*) منطقة القلب	25-4

94	يوضح الصور الناتجة من المرجح T1 (C3)	26-4
94	يوضح الصور الناتجة من المرجح T2	27-4
95	يوضح الصور الناتجة من المرجح T1 (C4)	28-4
95	الصور الناتجة تمثل المرجح T2 للعينة C4 للفرايت النانوي نيكل زنك	29-4

الفصل الاول

المقدمة والدراسات السابقة

(1-1) المقدمة

Introduction

في الآونة الاخيرة تم استخدام الحديد وسبائكه كمواد مغناطيسية في العديد من التطبيقات والصناعات الكهربائية وتم اكتشاف مواد تعمل عند الترددات العالية تدخل في التقنيات التي تعمل على تقليل خسائر التيارات الدوامة وذلك من خلال استخدام صفائح او مساحيق الحديد الفعالة والقليلة الكلفة. إن هذا الادراك حفز على زيادة الاهتمام بالمواد المغناطيسية بكافة أنواعها كذلك مكن الجمع بين المقاومة الكهربائية العالية للأكاسيد مع الخصائص المغناطيسية المطلوبة ، إن المواد المغناطيسية تقودنا الى نتائج جيدة للغاية للحصول تشغيل مواد عالية التردد تسمى (Ferrites)، وهي مواد سيراميكية تتكون من خلط عناصر مع اكسيد الحديد لأنه المكون الاساسي للفرايتات [1].

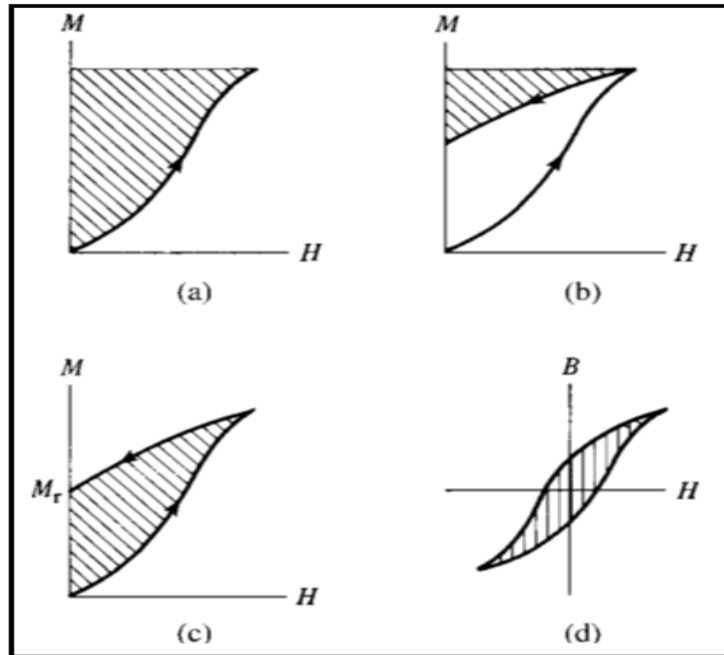
(2-1) الفرايتات

Ferrites

لقد بدأ تاريخ الفرايتات منذ عدة قرون مع اكتشاف الاحجار التي لها القدرة على جذب الحديد إذ تم العثور على رواسب وفيرة من هذه الاحجار في منطقة ماغنيسيا اسيا الصغرى لذلك تم تسمية المعدن باسم (المغنيتيت) ، لقد اصبح الفرايت (Ferrites) متاحاً كمواد مغناطيسية على مدار العشرين العام الماضية وخلال الوقت الحالي اصبحت تدخل في العديد من الفروع مثل الاتصالات والهندسة وفي التطبيقات البيولوجية وهو الان يضم مجموعة من التراكيب والخصائص و التطبيقات [2] ، والفرايتات هي اكاسيد حديدية تتكون من اكسيد الحديد والاكاسيد معدنية تعتمد على اساس بنية البلورة ويتم تصنيفها الى ثلاث فئات وهي الفرايت السداسي وفرايت العقيق والفرايت المغزلي حيث تنشأ الخصائص المغناطيسية من التفاعلات بين الايونات المعدنية التي تحتل مواقع معينة بالنسبة الى ايونات الاوكسجين في التركيب البلوري للأوكسيد ويعدّ الفرايت المغزلي فئة مهمة من ضمن المواد المغناطيسية إذ يمتلك مزيجاً من الخصائص الكهربائية والمغناطيسية التي تجعل الفرايت مفيداً في العديد من التطبيقات التكنولوجية [3,4].

إن الصيغة العامة للفرايت المغزلي (Spinel Ferrites) (MFe_2O_4) وأن M هو أحد العناصر الانتقالية الثنائية التكافؤ أو مكونة من خليط بينهما وهذه المواد هي $(Mg^{+2}, Co^{+2}, Cu^{+2}, Ni^{+2}, Fe^{+2}, Mn^{+2}, Cd^{+2})$ وتمتاز هذه الفرايتات بامتلاكها مقاومة كهربائية (Resistivity) عالية تصل الى $(10^9 \Omega.cm)$ ونفاذية مغناطيسية عالية (Permeability) كذلك تمتلك ثابت عزل (Dielectric Constant) يتراوح بين (10 - 15) وتتغير هذه الكميات تبعاً لتغير المجال المغناطيسي والمجال الكهربائي المسلط

عليها ،وتعد الفرايتات من المواد الفيرومغناطيسية Ferromagnetic [5] . إن المقاومة العالية التي تمتلكها الفرايتات تمكن الموجات الكهرومغناطيسية ذات الترددات العالية أن تنتقل خلال الاوساط الفرايتية بخسارة قليلة حيث يحدث التفاعل بين مركبة العزم المغناطيسي للمادة مع مركبة المجال المغناطيسي المسلط وبالإمكان ان نستدل على هذا التفاعل من خلال سلوك النفاذية المغناطيسية مع شدة المجال المغناطيسي الذي يسلب عند تردد الموجة المايكروية حيث يحصل عند ذلك امتصاص رنيني واضح تقريباً خلال المادة الفرايتية عند تردد يتناسب مع الشدة للمجال المغناطيسي الذي تم تسليطه [6]. وتمتلك الفرايتات تراكيب بلورية بأشكال مختلفة وتكون على هيئة فرايتات مرنة (لينة) (Brittle) او (Soft) والفرايتات الصلبة (قاسية) (Hard)، إن الفرايتات المرنة هي اساس المواد المغناطيسية التي تستخدم في الاجهزة الكهربائية ولها فوائد عديدة ، فهي تعمل ضمن مدى الترددات الواسعة وتمتلك مقاومة كهربائية عالية استقراره حرارية ، وكذلك الكلفة والخسائر القليلة مقارنة بنفاذيتها المغناطيسية العالية وانخفاض الكثافة [7] ، ووفقاً للخصائص المغناطيسية للفرايت فإن الفرايت المرن (Soft) يمتلك حلقة هسترة (Hysteresis loop) ضيقة والتي تكون سهلة المغنطة وكذلك سهولة ازالة مغنطتها بعد زوال المؤثر وتستخدم لصنع المغناط الكهربائية أما الفرايت الصلب (Hard) الذي تكون حلقة الهسترة لها كبيرة ويكون من الصعب ازالة المغنطة لهذه المواد ، ويحدث التمغنط عادة عند المنطقتين M, H كما موضح بالشكل كما بالشكل (1-1) [8].



الشكل (1-1) يوضح عملية حدوث التمغنط بين المنطقتين M, H [8].

Prepare Frites

(3-1) تحضير الفريتات :

يتم تحضير الفريتات بطرق مختلفة منها الطريقة السيراميكية (Ceramic Method) ، وطريقة الاحتراق الذاتي (Sol-Gel Method) ، وطريقة الترسيب الكيميائي المشترك (Co-precipitation method) ، وهي الطريقة التي تم اعتمادها في الدراسة الحالية والتي سيتم التركيز عليها حيث تتم عملية التحضير على شكل مسحوق (powder) ثم يتم كبسها (pressing) وتليدها (Sintering) ، ومن ثم اجراء الفحوصات المطلوبة بحسب نوع الدراسة . وتعد الفريتات من المواد رخيصة الثمن وتعتمد خواصها على الحجم والشكل للحبيبات النانوية وكذلك على طريقة التحضير بالإضافة الى درجة حرارة التليد وتعتمد كذلك على نوع وكمية العناصر المكونة للفريتات [9] ، ويتم السيطرة على خصائص الفريت النانوي المحضر عن طريق التحكم في إعادة توزيع أيونات المعادن وهذه هي المسؤولة في الاساس على سلوك الفريت المغناطيسي المحضر و يمكن الحصول على نوع من الفريت النانوي والمغناطيسي عن طريق الدقة والتحكم بالرقم الهيدروجيني pH وكذلك تركيز المكونات للمادة المحضرة ودرجة الحرارة المستخدمة بالتحضير، وكذلك على الطرق المستخدمة بالتحضير مع الاخذ بنظر الاعتبار المحافظة على قياس التراكيز للعناصر الكيميائية المستخدمة في تحضير الفريت [10] بسبب الخواص المميزة التي امتلكتها الفريتات فقد شاع استخدامها كبديل للعديد من المواد إذ تم استخدامها في صفائح قلوب المحولات الكهربائية (Transformers) والمغانط بالإضافة الى العديد من الاستخدامات التكنولوجية والحيوية [11].

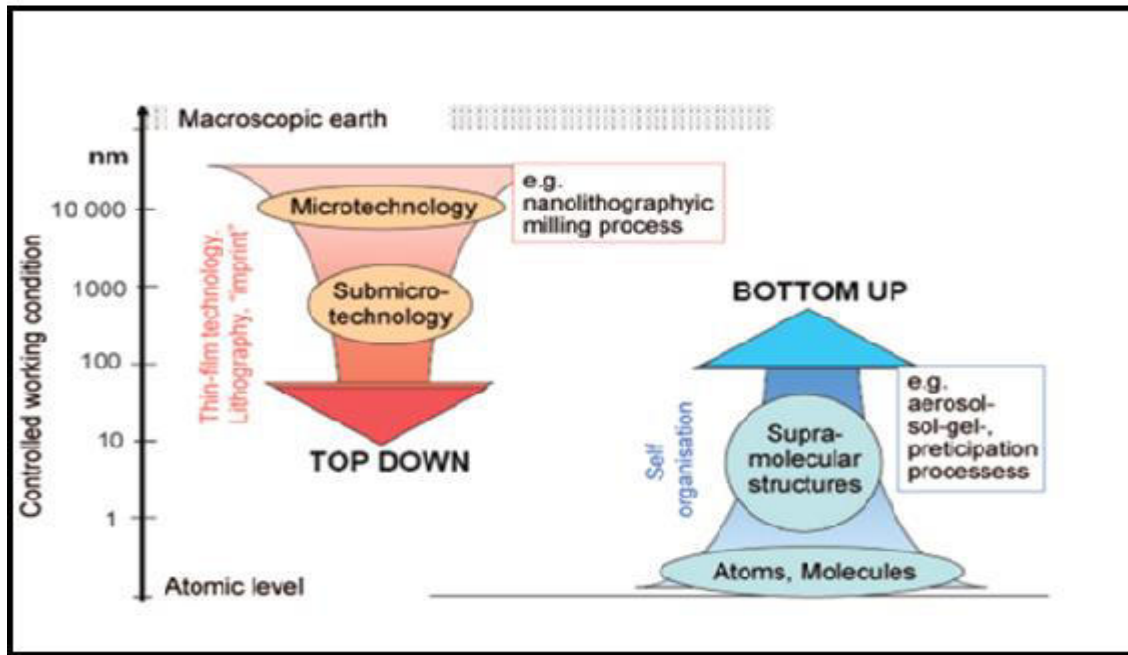
Nanotechnology

(4-1) النانو تكنولوجي

تتنوع المواد النانوية من ناحية المصدر وتختلف باختلاف نسب المواد المكونة لها كأن تكون عضوية ، أو غير عضوية وان جميع انواع المواد الفلزية وسبائكها Metal and Metal Alloys اشباه الموصلات Semiconductors السيراميك Ceramic والأكاسيد Oxides ، المعادن Minerals وكذلك البوليمرات Polymers تعدّ من المواد الاولية التي تعتمد عليها تكنولوجيا النانو وكذلك في تحضير المواد النانوية وتمنح للمادة الصفة النانوية اذا ما كان أحد أبعادها بعد واحد على الاقل ما دون 100 نانو متر [12] ، وفي العقدين الاخيرين استحدثت مصطلحات جديدة في مقدمتها (النانو)، وأن هيكليّة النانو وتكنولوجيا النانو والمواد النانوية وكيمياء النانو جميعها تتركس سلسلة من المجالات الجديدة لهذا الموضوع على وجه الخصوص وقد ظهرت العديد من الدراسات التي تحمل أسماء مماثلة ، وقد تم انشاء معاهد متخصصة كما عقدت العديد من المؤتمرات في هذا المجال وتم تطبيق اسماء جديدة على جسيمات وظواهر معروفة من فترة طويلة ، ومع ذلك فإن هذه الجسيمات والظواهر تعذر على الباحثين الوصول اليها منذ حوالي 20 عام منها النقاط الكمومية والانابيب النانوية والافلام النانوية والاسلاك النانوية اي

الاشياء التي ذات بعد نانوي واحد على الاقل يرجع الاهتمام المتزايد من الباحثين للأجسام النانوية الى اكتشاف الخواص الفيزيائية والكيميائية غير الطبيعية لهذه الاجسام التي تتعلق بتجلي ما يسمى (بتأثيرات حجم الكم) والتي تنشأ في الحالة التي يكون فيها حجم النظام متوافقاً مع أطوال موجة دي برولي للإلكترونات والفونونات [8].

إنّ عملية الحصول على احد انواع التراكيب النانوية تبدأ أولاً بعملیات تحضير مختلفة وأن الخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد الخام التي تدخل في تحضير المواد النانوية لها أثر مهم في الحصول على صفات مميزة ، وأن هذه الجسيمات عندما تصنع فإنها تكتسب خواص فريدة لا توجد في الجسيم المحسوس على الرغم من تطابق التكوين الكيميائي للمادتين الا أن المادة النانوية المتناهية بالصغر اكتسبت خواص كهربائية ومغناطيسية استثنائية ناتجة من الترتيب الجديد الذي امتلكنته الذرات، وأن ما يتم بناءه لهذه الاجسام يخضع الى تقنيتين في عملية التحضير إحداهما تبدأ من الاعلى الى الادنى (Top-Down) ، والتي يتم فيها الحصول على المادة النانوية وذلك بتكسير المادة الاصلية (الكبيرة) حتى يتم الوصول الى الحجم النانوي المطلوب وتتم هذه الطريقة من خلال عمليات القطع او الطحن، أو الحفر الضوئي، وهذه التقنية تدخل في التطبيقات الالكترونية أما التقنية الاخرى فهي من الاسفل الى الاعلى (Bottom-up) وهذه الطريقة هي عكس التقنية الاولى أي أن المادة النانوية تبنى انطلاقاً من الذرات والجزيئات بشكل مرتب حتى يتم الحصول على الحجم النانوي المطلوب وهي تقنية كيميائية تتميز بصغر حجم المواد الناتجة والحصول على روابط قوية كما بالشكل (2-1) [12].



الشكل (2-1) يوضح تقنيات تحضير الجسيمات النانوية [13].

تعمل تأثيرات الحجم الكمي والمساحة السطحية الكبيرة للجزيئات النانوية على تغيير الخصائص المغناطيسية بشكل كبير، وتظهر ظواهر مغناطيسية فائقة وكمية من المغنطة لأن كل جسم يمكن اعتباره مجالا مغناطيسيا منفرداً مما يجذب اهتماماً متزايداً في العلوم والتطبيقات التكنولوجية بسبب الخصائص الفريدة في الاتجاه الجديد لتقنية النانو، ويمكن أن يؤدي الاختلاف في حجم الجسيمات أيضاً إلى اختلاف الخواص للمادة الناتجة عن المواد الأصلية مع انخفاض حجم الجزيئات عن 100 نانومتر، إذ يوجد جزء كبير من الذرات المكونة على سطح بلورات النانو هذه الصفة تستحدث تغييرات كبيرة في التركيب المغناطيسي وخصائص المواد على نطاق النانو بالمقارنة مع نظيراتها وعلى وجه الخصوص يتم استبدال بنية جدار المجال التي تمت ملاحظتها في الفرايت البلوري ببنية مجال واحدة مميزة لكل جسم مما يؤدي إلى ظهور ظواهر جديدة مثل المغناطيسية الفائقة، ومساهمات متباينة الخواص والارتداد المغزلي.

في تقنية النانو تم تعريف الجسيمات النانوية (NPs) بأنها جسيمات صغيرة تتصرف كوحدة كاملة من حيث خصائصها ويمكن تصنيفها حسب حجمها وأقطارها بشكل رئيسي إلى أنواع عديدة وإمكانية استخدام هذه المواد ذات الأحجام المتناهية بالصغر في مجموعة واسعة من التطبيقات التكنولوجية الفائقة وهي ذات أهمية خاصة في البحث العلمي والتطبيقات الطبية [13,8]. للأكاسيد ذات بنية السبنل (Spinel) دور حاسم في مجموعة المواد المغناطيسية وإن لهذه الجسيمات خصائص فيزيائية وكيميائية متماثلة بالإضافة إلى ذلك تم تصنيع جسيمات نانوية مغناطيسية معدنية من الحديد والنيكل والكوبلت وغالباً ما يتم تجاهل عدم استقرارها الكيميائي للتطبيقات البيولوجية لأنها تتأكسد بسهولة بوجود الماء والأكسجين لذلك يتم استخدام المواد البوليميرية لطلاء الجسيمات النانوية، وفي العقود الماضية أجريت العديد من الدراسات في مجال المواد البلورية النانوية بسبب الخصائص الخاصة والتطبيقات المحتملة في الأجهزة الطبية المغناطيسية لقد تم استخدام الجسيمات النانوية في معظم التطبيقات الحديثة مع المواد المغناطيسية وأشبه الموصلات [14].

تم استخدام الجسيمات النانوية في التطبيقات الطبية والحيوية وإذ أصبحت الجسيمات النانوية منصة مفيدة خاصة للتطور الناجح في التطبيقات العلاجية والتشخيصية ومجال واسع النطاق في المجال الطبي الحيوي ونظراً لهذا التطور الهائل في هذا المجال من البحوث وفي جميع أنحاء العالم تمت صياغة مصطلح (الطب النانوي) [15]، تعتبر الجسيمات النانوية (MNP_s) هي فئة من الجسيمات التي يمكن معالجتها تحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي حيث تتكون (MNP_s) من عناصر مثل (الحديد Fe و الكوبلت Co والنيكل Ni وأكاسيدها) وأصبحت الجسيمات النانوية المغناطيسية (NP_s) تستخدم في العديد من التطبيقات الطبية منها التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) كذلك لتشخيص العديد من الأمراض

السائدة كالسرطان وغيرها كذلك تم استخدام الجسيمات النانوية المغناطيسية في تتبع الخلايا وتوصيل العقاقير للمنطقة المستهدفة بالحث المغناطيسي والتسخين الحراري [16].

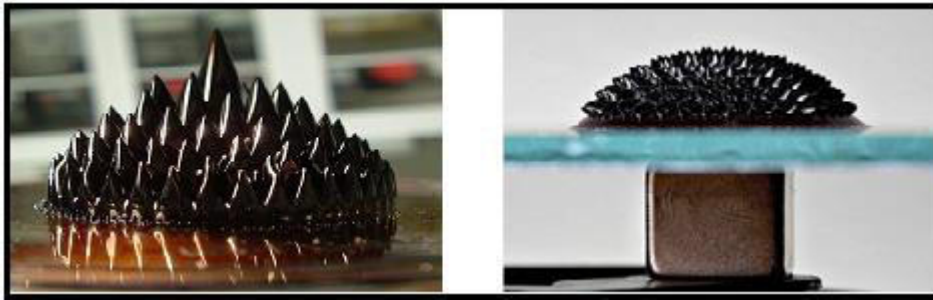
(5-1) الفريت النانوي وتطبيقاته Nano Ferrites and Their Applications

عادة ما يتم تعريف الجسيمات النانوية بأنها مواد صلبة تمتلك خصائص فريدة ومميزة جعلتها تدخل في مجالات واسعة ومتابعة هذا التطور للجسيمات بحجم النانومتر أصبح مكثف من خلال حقيقة هي ان الجسيمات ذات المساحة الحجمية الواسعة مقارنة بالحجم الصغير هذه الصفة بدورها تعطي خصائص فيزيائية متميزة تدخل في تطبيقات مهمة [17]، يمكن استخدام الفريت عند الترددات العالية الى حد كبير لانه مادة مغناطيسية لها العديد من التطبيقات في الاجهزة ذات الترددات العالية والواطئة وكذلك لامتيازها بالصلادة الميكانيكية وارتفاع درجة حرارة كيوري (T_C) وكذلك الاستقرار الكيميائي [18].

اعتمادا على نوع التطبيق يتم استخدام الجسيمات النانوية المغناطيسية وهي ذات انواع مختلفة منها الجسيمات ذات الوظائف السطحية التي تستخدم في التطبيقات الطبية والحيوية وكذلك جسيمات تستخدم لتخزين الطاقة كما في الاجهزة الالكترونية ومنها مساحيق مضغوطة لتصنيع مغناطيس دائم وكذلك تصنيع محاليل الموائع الحديدية الممغنطة [19,20].

(1-5-1) الموائع الممغنطة Ferrofluid

محلول خاص بالجسيمات المغناطيسية النانوية في نظام معلق يمكن التحكم في تدفقه بالمغناطيس والمجالات المغناطيسية ان حجم الجسيمات النموذجي هو 10 نانومتر يمكن استخدام مجموعة متنوعة من المواد (Fe_3O_4 -Ni- Fe- Co-Mg) للحصول على السوائل المغناطيسية او الفيروفلوريدات كما يمكن من خلال اكساء الجزيئات المغناطيسية بواسطة عامل منشط للسطح ويمكن تشتتها بشكل مستقل بالسائل كما بالشكل (3-1) [21].



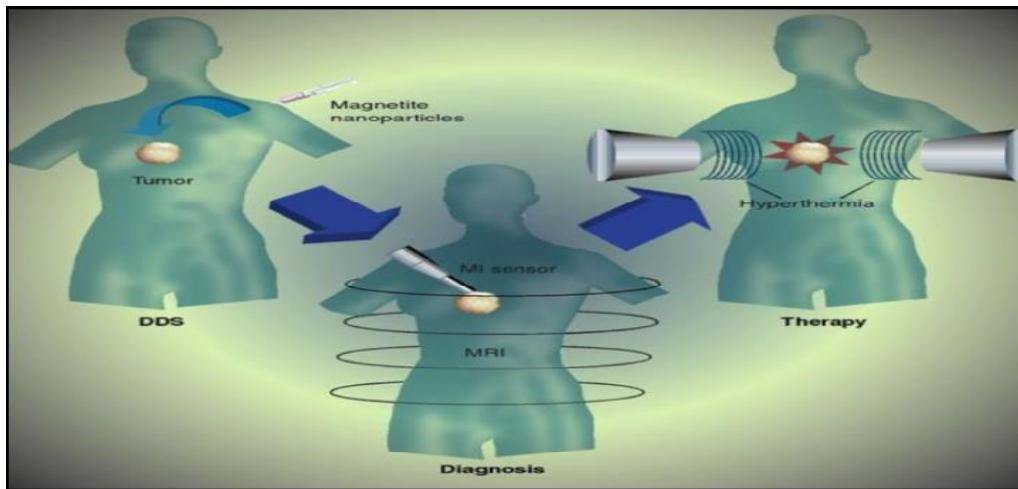
الشكل (3-1) المائع النانوي المغناطيسي يجذب للمجال المغناطيسي .

الفلوريدات تنجذب الى المجال المغناطيسي وتعتمد معظم الموائع الحديدية على الهيدروكربونات أو على السوائل العضوية الاخرى ، إذ يعتمد السائل المغناطيسي على نوع من انواع المحاليل له سلوك يمكن التحكم فيه عن طريق تغيرات في المجال المغناطيسي بالإضافة الى خصائص كل من المادة المغناطيسية والمائع المغناطيسي [22]. إن الفلوريدات المستخدمة في المجال الطبي الحيوي وفي التطبيقات البيولوجية اكتسبت الكثير من الاهتمام في الايام الاخيرة حيث امتلكت الفلوريدات خاصية امتصاص الطاقة الكهرومغناطيسية بتردد مختلف عن التردد الذي يمتص فيه الماء الطاقة وبهذا يسمح للجسم بتسخين جزء موضعي من الجسم الحي، كما تم ادخال الفلوريدات في تصنيع معدات الطاقة الكهربائية وفي تطبيقات المحولات المملوءة بالسوائل حيث اثبتت الفلوريدات انها توفر فوائد حرارية وعازلة للكهرباء كما امكن استخدام الفلوريدات لتحسين التبريد من خلال تعزيز استخدام الموائع داخل ملف المحولات [23].

Biomedical Application

(2-5-1) التطبيق الطبي الحيوي

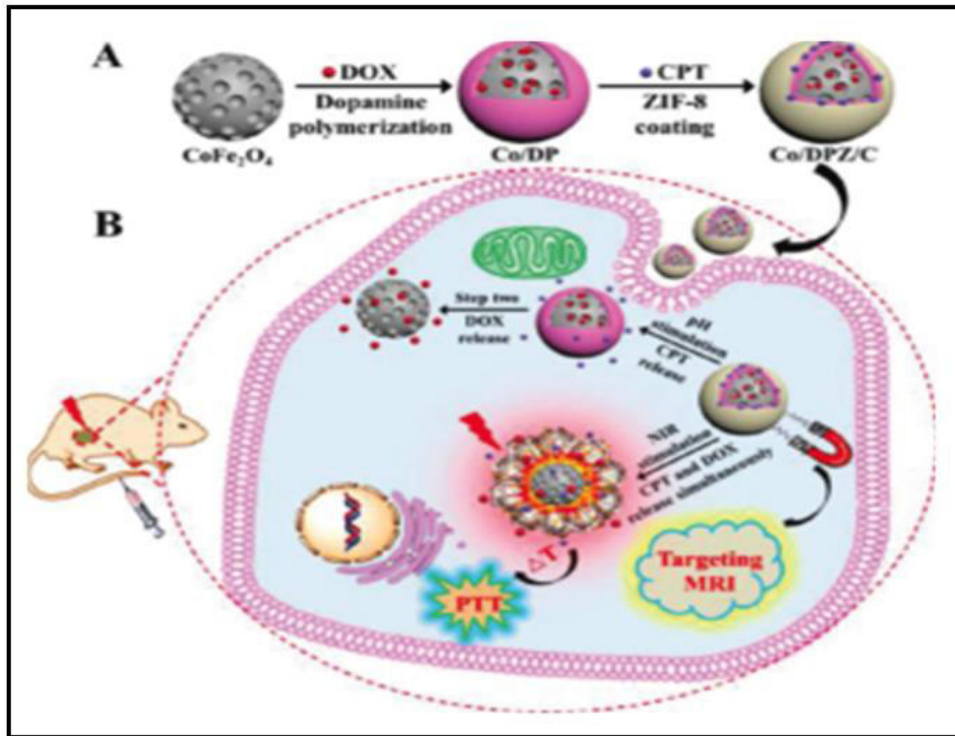
استخدمت الجسيمات النانوية المغناطيسية في الطب الحيوي لامتلاكها صفات اهمها الحجم الذي مكنها من امكانية التنقل داخل جسم الكائن الحي من دون أن تحدث تغيرات أو تعطيل للوظائف الطبيعية، ومكنها من الوصول الى مناطق صعب الوصول اليها من خلال وسائل اخرى [24]، ويمكن أن تكون للجسيمات النانوية صفة الحجم من بضع نانو مترات الى عشرات النانو مترات أو اصغر من احجام الخلية الذي يتراوح من 10-100 مايكرومتر هذه الصفة مكنتها من الوصول الى الخلية أو الجين كما يمكن تغليفها مع *biomolecules* ويجعلها تتفاعل أو ترتبط مع كيان حيوي، كما في الشكل (1-4) يمكن استخدام الجسيمات النانوية المغناطيسية لتشخيص السرطان أو تسليم حزمة من دواء مخصص لمنطقة مستهدفة من الجسم مثل الاورام [25,26].



الشكل (1-4) تقنيات استخدام الجسيمات النانوية في الطب الحيوي [27].

يجب أن تمتلك الجسيمات النانوية المستخدمة في الطب الحيوي اتزاناً حرارياً جيداً، وخاصة مغناطيسية مميزة ، وتوافقاً حيوياً وأن تكون قادرة على تشكيل تشتت مستقر كما يمكنها من أن تنقل الجزيئات في النظام المستهدف وكذلك الاستجابة بشكل جيد للمجالات المغناطيسية المتناوبة (AC)، لقد دخلت الجسيمات النانوية المغناطيسية في تطبيقات للطب الحيوي مثل تسليم الدواء للمنطقة المستهدفة والعلاج بارتفاع درجة الحرارة للخلية والتصوير بالرنين المغناطيسي [22].

لقد استخدمت عناصر الكوبلت والنيكل في إنتاج جسيمات نانوية تدخل في التطبيقات الطبية والحيوية وأظهرت اداءً عالياً في تطبيق ارتفاع درجات الحرارة وللسيطرة على سمية هذه المواد في بعض التطبيقات يتم طلائها بطلاءات مناسبة عند استخدامها في الجسم الحي وتم ملاحظة أن حقن الجسيمات النانوية المغناطيسية (MNP_s) في الجسم الحي فإن الجسم يبدي نظاماً دفاعياً رئيسياً يعرف باسم الشبكة البطانية الذي بدوره يلغي أي مفعول لمادة غريبة تسربت الى مجرى الدم وفي عملية الكشف هذه تتعرض الجسيمات النانوية (MNP_s) الى هجوم بواسطة بروتينات البلازما والتي يتم ارسالها من قبل الشبكة البطانية التي تكون المسؤولة عن ازالة تأثير (MNP_s) وبذلك فإن الطلاءات التي تستخدم لطلاء الجسيمات النانوية تمنع امتصاص البروتينات وبالتالي تعمل على اطالة زمن دورة الجسيمات النانوية في مجرى الدم والتي تمكنها من إكمال عملية إيصال الدواء والوصول الى النسيج المستهدف ، الشكل (5-1) ادناه يبين استخدام الجسيمات النانوية في التطبيقات الطبية [28].



الشكل (5-1) يبين استخدام الجسيمات النانوية في الطب الحيوي [29].

(6-1) الدراسات السابقة

Previous Studies

درس الباحث (Omprakash Suwalka) وجماعته سنة 2007 ، تحضير ودراسة الخواص التركيبية للمركب $Ni_{0.25}Co_{0.25}ZnFe_2O_4$ بطريقة الترسيب الكيميائي المشترك ، إذ تم دراسة الخواص التركيبية للجسيمات النانوية من خلال فحوصات طيف حيود الاشعة السينية XRD وأظهرت أن جميع العينات لها طور واحد هو الطور المغزلي ومن دراسة الخواص المغناطيسية وجد أن هناك علاقة عكسية بين درجة الحرارة والتوزيع الالكتروني وان هناك نقصاناً في قيمة تمغنط الاشباع مع زيادة درجة الحرارة كذلك اثبتت الفحوصات أن الحجم الحبيبي يزداد مع زيادة درجات الحرارة [30] .

درس الباحث (Lan, N.T., Hien) وجماعته سنة 2008، الخواص التركيبية والمغناطيسية للمركب $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ بطريقة الترسيب الكيميائي المشترك ، وتم دراسة الخواص التركيبية والمغناطيسية للعينات المحضرة بتركيز (x=0-0.7) ، وأظهرت فحوصات طيف حيود الاشعة السينية XRD أن هناك تأثير على الحجم الحبيبي مع زيادة تركيز الزنك وأن العينات ذات ابعاد نانوية تتراوح بين (8.9-18.5 نانو متر) ، وتمتلك الطور المغزلي و أظهرت الفحوصات المغناطيسية حلقات الهستيرة للمواد من نوع super paramagnetic وان مغنطة التشبع تتأثر بزيادة تركيز الزنك عند درجة حرارة الغرفة [31].

درس الباحث (حسام غانم حسيب قحطان وجماعته) سنة 2009 ، تأثير درجة حرارة التليد على الخصائص المغناطيسية للمركب $Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ ، تم تحضير المركب نيكل - زنك فرايت لقيم (x=0.4-0.6) بطريقة تفاعلات الحالة الصلبة، وقد تم دراسة الخواص المغناطيسية للمركب حيث اظهرت الفحوصات المغناطيسية إن قيم التخلفية المغناطيسية (B_r) والمجال (H_c) واقصى مغناطيسية (B_{max}) تتغير تبعا لقيم درجة الحرارة والزمن عند التحضير مع تغيير التردد ، حيث كانت انسب درجة حرارة $1400^{\circ}C$ ولمدة 2 ساعة وان افضل نسبة كانت عند (x=0.4) وان القيم المغناطيسية ($B_{max}-H_c - B_r$) عند القيمة x=0.4 كانت على التوالي (0.169 T-16.8 A/m-0.079 T) ، اما عند التركيز x=0.6 ، فكانت القيم على التوالي (0.193T-5.1A/m-0.055T) ، كما لوحظ ان قيم المتغيرات تتغير تبعا لتغير التردد عند المدى (50-30 HZ) ولكلا التركيزين وكان هناك تأثير واضح لتركيز العناصر المتفاعلة على مواصفات العينة [32].

درس الباحث (Kandasamy Velmurugana وجماعته) سنة 2010 ، تحضير فيرايتات نيكل زنك النانوية بواسطة تقنية الترسيب الكيميائي المشترك ، حيث حضرت عينات فرايت نيكل زنك بتركيز ما بين (x=0-1) ، وتم دراسة الخواص التركيبية لهذه العينات حيث كشفت فحوصات طيف حيود

الاشعة السينية XRD ، ان الحجم الحبيبي يتراوح ما بين (6-8 نانو متر) ، وان جميع العينات تمتلك الطور المكعب المغزلي ومن دراسة الخواص المغناطيسية وجد ان تمغنط الاشباع يقل مع زيادة تركيز الزنك عند قيمة pH=12 عند درجة حرارة (85°C) ، وان منحني الهسترة يظهر انخفاضا مع تركيز الزنك كما أجريت فحوصات FTIR فوجد ان حزم الامتصاص تتراوح ما بين ($400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$) [33].

درس الباحث (S. Manouchehri) وجماعته سنة 2010 ، تحضير جسيمات نانوية مغناطيسية من المركب $\text{Co}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ بطريقة الترسيب الكيميائي المشترك ، تم تصنيع الجسيمات النانوية لفرايت الكوبلت زنك في محلول متجانس عند درجة حرارة الغرفة حيث اظهرت فحوصات طيف حيود الاشعة السينية XRD ، ان العينات تمتلك الطور الاحادي البلوري وقد اظهرت فحوصات TEM المجهر الالكتروني الضوئي أن الجسيمات المحضرة ذات شكل كروي يتراوح حجمها بين (6-8 nm) ، اما الفحوصات المغناطيسية فأظهرت ان الجسيمات النانوية ذات خواص فائقة التوصيل وبيئت فحوصات FTIR ان الامتصاصية للجسيمات تتراوح ($400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$) [34] .

درس الباحث (M.S. Khandekar) وجماعته سنة 2011 ، تأثير درجة الحرارة على الخواص التركيبية والكهربائية على فرايت كوبلت ، تم تحضير العينات بدرجات حرارة (700-800-900) على التوالي ، وأجريت الفحوصات التركيبية للعينات من خلال طيف حيود الاشعة السينية (XRD) ، اظهرت النتائج أن حجم الجسيمات يزداد مع زيادة درجة الحرارة ومن فحوصات طيف الاشعة تحت الحمراء FTIR فان الجسيمات تظهر الطور رباعي السطوح وثمانى السطوح اما الفحوصات الكهربائية فأظهرت ان الجسيمات تمتلك خواص أشباه الموصلات وأن قيمة ثابت العزل تزداد مع زيادة درجات الحرارة وان الموصلية ضمن المدى (20 HZ – 1MHz) تزداد مع زيادة درجات الحرارة [35].

درس الباحث (A. T. Pathan) وجماعته سنة 2012 ، تحضير ودراسة الخصائص التركيبية للكوبلت باستبدال Zn-Ni-Li ، أذ تم تحضير المركب حسب الصيغة $\text{Li}_{0.5}\text{Ni}_{0.15}\text{Co}_{0.1}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ وباستخدام طريقة الاحتراق الذاتي حيث تم دراسة الخواص التركيبية من خلال فحص طيف حيود الاشعة السينية XRD ، ان قيمة ثابت الشبكة (8.376 Å) وان الشكل البلوري من نوع FCC أما فحوصات المجهر الالكتروني الماسح (SEM) ، فأظهرت ان العينات تشكل حبيبات نانوية وتم قياس الحجم الحبيبي من خلال استخدام معادلة شيرر [36].

درس الباحث (Khorrami S. Abedini) وجماعته سنة 2012 ، تأثير pH على الخواص الهيكلية والمورفولوجيا للمركب CoFe_2O_4 ، تم تحضير الجسيمات النانوية بطريقة Sol gel باستخدام الوسائل الاشعاعية للموجات فوق صوتية ، حيث اثبتت الدراسة ان الجسيمات المتكونة هي بلورات نانوية من

$\text{Co Fe}_2\text{O}_4$ ذات القابلية على تشتت عالي وتكتل منخفض ومن اجراء قياسات طيف حيود الاشعة السينية XRD اظهرت ان حجم الجسيمات النانوية يتراوح (12-39 nm) ، تميزت جسيمات فرايت الكوبلت بانها ذات مغناطيسية تشيع قصوى تبلغ (44.02 emu/g) والنسبة المولية (1:1) لكل من Fe^{+3} , Co^{+2} عند درجات حرارة لكلسنة المسحوق المحضر (750 °C) لمدة اربع ساعات وتشير هذه الطريقة الى امكانية الحصول على جسيمات نانوية عالية الجودة [37].

درس الباحث (R. Lotfi) وجماعته سنة 2012 ، تأثير درجة الحرارة على تحضير فرايت الكوبلت المستبدل بالنيكل بطريقة الترسيب الكيميائي المشترك) حيث تمت عملية تحضير الجسيمات النانوية ودراسة تأثير درجة الحرارة على احجام الجسيمات من خلال تعريضها الى درجات حرارة بحدود (600-900 °C) تمت دراسة الخواص التركيبية للجسيمات من خلال فحص حيود الاشعة السينية XRD والتي اظهرت ان حجم الجسيمات يتراوح من (22-38 nm) ومن قياسات SEM تم تحديد بنية التشكل وان للسطح دور مهم في مرحلة التشكل للجسيمات ، وظهرت تكون طور مكعب بلوري واحد عند الرقم الهيدروجيني pH = 11 [38].

درس الباحث (A. Doaga) وجماعته سنة 2013 ، الجسيمات النانوية في التطبيقات الطبية حيث تم تحضير الجسيمات النانوية المغناطيسية للمركب $\text{Zn}_x\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ لقيم $X=0-1$ بطريقة الترسيب الكيميائي المشترك حيث تم قياس حجم الجسيمات المحضرة بواسطة قياسات حيود الاشعة السينية وتم اجراء فحص المجهر الالكتروني للعينات حيث اظهر ان الجسيمات تمتلك الشكل الكروي كما تم اجراء فحص SAR ولترددات مختلفة حيث لوحظ ان القيمة SAR تعتمد على الصيغة الكيميائية للمركب بالاضافة الى قيمة التردد المسلط على الجسيمات ونظرا للخصائص الفريدة التي تميزت بها الجسيمات النانوية المحضرة تم استخدامها في التطبيقات الطبية اهمها تسخين الخلايا السرطانية وكذلك في جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي MRI وفي عملية ايصال الدواء وذلك من خلال تطبيق مجال مغناطيسي خارجي على الجسيمات [39].

درس الباحث (Poh Lin Leng) وجماعته سنة 2013 ، دراسة الخواص التركيبية لفرايت نيكل زنك للمركب $\text{Ni}_{0.25}\text{Zn}_{0.75}\text{Fe}_2\text{O}_4$ حيث تم تحضير العينات باستخدام النترات المعدنية مع استخدام الماء المقطر كمذيب عند درجة حرارة للتجفيف (335 °C) ولمدة ساعة ثم بعدها يتم سحق المسحوق قبل الكلجنة ولازالة المواد العضوية وتبلور الجسيمات تمت المعالجة الحرارية بدرجة حرارة (723 K) ، تم اجراء الفحوصات التركيبية باستخدام طيف حيود الاشعة السينية XRD حيث كانت حجم الجسيمات (7-25 nm) وتزداد مع زيادة درجة حرارة الكلجنة كما اظهرت الفحوصات المغناطيسية ان الجسيمات تمتلك التشيع المغناطيسي [40].

درس الباحث (S. S. Yattinahalli) وجماعته سنة 2014 ، الخصائص التركيبية للمركب $Ni Fe_2O_4$ المحضر بطريقة الترسيب الكيميائي ، اظهرت قياسات طيف حيود الاشعة السينية XRD ان الجسيمات تمتلك هيكل السبيل المكعب كما تم قياس حجم الجسيمات النانوية (44-62 nm) وان ثابت الشبكة ($a_0=8341\text{\AA}$) كما اظهرت الفحوصات الميكانيكية ان الجسيمات تمتلك مرحلة واحدة من التشكيل هي الطور المكعب لفرايت النيكل [41].

درس الباحث (Rajinder Kumar) وجماعته سنة 2014 ، تحضير الجسيمات للمركب $Ni_{0.6-x}Zn_{0.4}Co_xFe_2O_4$ باستخدام الماء المقطر مذيباً عضوياً لإتمام الاذابة 99% ولإتمام التجانس لتحضير المركب بطريقة (Gol-Sol) ، حيث ان قيمة ($x=0-1$) وبمدة التحريك لمدة 30 دقيقة بعد اضافة حامض النتريك للوصول الى قيمة ($pH=7$) كما تمت عملية الكلسنة بدرجة حرارة ($700^\circ C$) وتم قياس حجم الجسيمات النانوية باستخدام طيف حيود الاشعة السينية XRD وكانت تتراوح (23-24nm) إذ تقاس اعلى قيمة ذروة عند 311 وان خصائص الفرايت تعتمد بشدة كبيرة على الترتيب الكيميائي وان الفرايت المحضر نوع الفرايت المعكوس [42].

درس الباحث (Kaliyamoorthy Venkatesan) سنة 2015، دراسة الخصائص المغناطيسية والتركيبية لأكسيد الحديد المحضر بطريقة الاحتراق التلقائي ، تم تحضير جسيمات أكسيد الحديد المشوبة بالكوبلت بتقنية الاحتراق للمحاليل ، وتم دراسة الخواص التركيبية و المغناطيسية للعينات المحضرة وحساب متوسط الحجم البلوري للمركب $CoFe_2O_4$ وكان الحجم البلوري يتراوح (5-16 nm) اما نتائج الفحوصات المغناطيسية فأن لها قيمة تشبع عالي مما جعل استخدام الجسيمات المحضرة في التطبيق الطبي، حيث اظهرت العينات نشاط مضاد للميكروبات و عامل مضاد للبكتريا كما اجريت دراسات السمية الخلوية للجسيمات النانوية المحضرة بتراكيز مختلفة [43].

درس الباحث (Ahmed etal) سنة 2015 ، دراسة الخصائص التركيبية للمركب $Mg_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ بطريقة Co- Precipitation ، حيث تم تحضير الفرايت النانوي بتغير قيم x على ($x=0,0.2,0.4,0.6,0.8$) على التوالي حيث تم دراسة الخواص التركيبية للجسيمات المحضرة من خلال حيود الاشعة السينية باستخدام البطاقة $Fd3m$ حيث اظهرت الفحوصات ان التركيب من السبيل (Spinel) النانوي وان الحجم البلوري يتراوح بين (21-42nm)، و أظهرت متغيرات ثابت الشبكة البلورية تزداد بزيادة تركيز الزنك التي يكون قيمة نصف القطر الايوني لها اكبر من الزنك الثنائي Zn ، اما نتائج FTIR فأظهرت حزم امتصاصية للأعداد الموجية (612,1146,1404,1644,3245) [44].

درس الباحث (Z. Ding) سنة 2015 ، تحضير الجسيمات النانوية المتبلوة للمركب $\text{Co}_{0.6}\text{Zn}_{0.4}\text{Fe}_2\text{O}_4$ باستخدام طريقة الاحتراق الذاتي استخدام مادتين مختلفتين ($\text{NaOH}, \text{NaBH}_4$) مع استخدام عملية الخلط المغناطيسي ، وتم دراسة الخواص التركيبية من خلال قياسات طيف حيود الاشعة السينية حيث اظهرت ان استبدال المادتين يؤثر على الحجم البلوري للجسيمات الفرايتية النانوية المحضرة. [45].

درس الباحث (Tejabhiram Yadavalli) وجماعته سنة 2016 ، تحضير الجسيمات النانوية لفرايت كوبلت زنك بطريقة الترسيب الكيميائي المشترك باستخدام درجات حرارة منخفضة وذلك لضمان الحصول على جسيمات نانوية باحجام صغيرة باستخدام كبريتات الحديد ، اظهرت الفحوصات المغناطيسية لفرايت الكوبلت فرايت النانوي انخفاض تمغنط الاشباع واعداد الجسيمات النانوية بدرجات الحرارة من $(50^\circ\text{C} - 600^\circ\text{C})$ ومقارنة حجم الجسيمات الناتجة عند اختلاف درجات الحرارة [46].

درس الباحث (تحسين حسين مبارك وجماعته) سنة 2017 ، دراسة الخصائص العزلية لغشاء مترابك $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{PVA}$ ، إذ تم تحضير الاغشية المترابكة من مسحوق زنك الكوبلت وبولي فنيول الكحول باستخدام طريقة الصب والنسب الوزنية من مسحوق الفرايت المضافة الى البوليمر بينما تم تحضير مسحوق فرايت الكوبلت باستخدام طريقة السول جل والاحتراق الذاتي حيث تم اجراء فحوصات حيود الاشعة السينية XRD للمسحوق وأظهر تشكل الطور الفرايت المغزلي ، ومن دراسة الخواص الكهربائية والعزلية باستخدام جهاز (LCR meter) وجد ان ثابت العزل ومعامل فقد العزلي يقل مع زيادة التردد للمجال الكهربائي المسلط [47].

درس الباحث (Hussein A. Dawoud) وجماعته سنة 2017 ، الخصائص الكهربائية والعزلية والكهربائية لفرايت النيكل ودراسة تأثير التلبيد ، حيث تم تحضير الفرايت متعدد التبلور $\text{Zn}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ باستخدام تقنية التلبيد مع استخدام خلط متجانس لأكاسيد الزنك ZnO أكسيد النيكل NiO مع Fe_2O_4 بتراكيز مختلفة وتم قياس التوصيلية AC وثابت العزل الكهربائي الحقيقي والخيالي وثابت العزل المعقد وظل الفقد ضمن تردد زاوي متغير $(6-628 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1})$ وعند درجة حرارة الغرفة ، وأظهرت انخفاضاً بالتوصيلية الكهربائية مع زيادة التردد مما يدل على السلوك الطبيعي للفرايت السبيل ، وقد تم استخدام جسيمات الفرايت السبيل الناعمة المحضرة في العديد من التطبيقات العلمية والتكنولوجية [48].

درس الباحث (Md. Amir) وجماعته سنة 2018 ، تأثير درجة حرارة التلبيد على خصائص الجسيمات النانوية المغناطيسية $\text{Zn Fe}_2\text{O}_4$ المحضرة بطريقة Sol-gel ، وتم في هذه الدراسة تحضير جسيمات نانوية مغناطيسية عند درجات حرارة تلبيد مختلفة $(1100-100-900^\circ\text{C})$ وتم دراسة خصائص المواد مع تغيير درجات الحرارة حيث اظهرت القياسات التركيبية التباين عند درجات الحرارة

المختلفة وان الحجم الحبيبي للجسيمات قد ازداد من (38.60 - 49.28 nm) مع زيادة درجة الحرارة كما اظهرت القياسات المغناطيسية تحسن مغنطة التشبع في NP_s من (1.28 emu/g الى 1.66) مع ارتفاع درجات الحرارة للتليد اما فحوصات FTIR اظهرت قيم الامتصاص ($550-440\text{ cm}^{-1}$) [49].

درس الباحث (Sadaf Bashir Khan) وجماعته سنة 2019، تأثير الزنك المشوب بالنيكل على تحضير فرايت النيكل $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ المحضرة بطريقة الترسيب المشترك حيث عند قيم ($x=0-1$) على التوالي وتم دراسة الخواص التركيبية للجسيمات المحضرة إذ اظهرت فحوصات طيف حيود الاشعة السينية XRD بعد معاملة حرارية (800°C) لمدة 12 ساعة ان العينات من نوع السبل المكعب وتم حساب ثابت الشبكة a_0 ، حيث ان ثابت الشبكة يتغير مع زيادة تركيز الزنك بينما كانت قيم الحجم الحبيبي تزداد وتتراوح (20 - 60 nm) اما فحوصات FTIR فاظهرت قيم الامتصاصية عند المواقع ($1000-300\text{ cm}^{-1}$) [50].

(7-1) هدف الدراسة

تهدف الدراسة الحالية الى:

1. تحضير جسيمات نانوية مغناطيسية من فرايت كوبلت زنك $Co_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ والفرايت نيكل زنك $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ لقيم ($x=0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9$) بطريقة الترسيب الكيميائي المشترك Co-Precipitation Method.
2. دراسة الخواص التركيبية XRD، FTIR، FE-SEM وحساب الكثافة الظاهرية والكثافة النظرية والمسامية كما تم دراسة الخواص الكهربائية LCR meter والخواص المغناطيسية VSM للجسيمات المحضرة .
3. اختيار افضل النماذج من الجسيمات النانوية المغناطيسية المحضرة اعتمادا على خصائصها المغناطيسية والتركيبية والكهربائية ، والمناسبة لاستخدامها في التطبيقات الطبية من خلال استخدامه مادة لتلوين الانسجة ووسط تباين Contrast Medium في صور جهاز الرنين المغناطيسي MRI (Magnetic Resonance Imaging) وتقليص الفترة الزمنية بين فترة الحقن والفحص .
4. تحويل المساحيق الفرايتية للنماذج التي تم اختيارها الى مائع نانوي مغناطيسي (Ferro Fluid) .

الفصل الثاني

الجزء النظري

(1-2) المقدمة

Introduction

عمل الباحثون دائما على تطوير المواد للتطبيقات المحتمل دخولها في مجالات مختلفة وأن استخدام العديد من هذه المواد مثل السبائك والمعادن والسيراميك والزجاج واشباه الموصلات جميعها تحدث تغيرات ملحوظة بالخصائص ، لكن بالرغم من وجود هذه المواد بدأ البحث عن مواد جديدة ذات خصائص جيدة، اي تحضير ودراسة مواد تدخل في علم منفصل ذو معنى تكنولوجي وعملي (تكنولوجيا النانو) ، بدأ هذا العلم ينمو بشكل كبير في السنوات القليلة الماضية وقد تحققت مجالات واسعة للباحثين في جميع انحاء العالم هناك العديد من العوامل مثل التركيب الكيميائي وحجم الجسيم شكله ونوع العيوب في الشبكة البلورية والتشكل في الجسيمات النانوية ،وتغير بعض المعلمات مثل البعد والتكوين امكن على الباحثين تصميم الخصائص المغناطيسية والكهربائية للمواد القائمة عليها بالرغم من ذلك لا يمكن دائما التحكم في هذه العوامل اثناء أعداد الجسيمات النانوية لذلك يظهر اختلاف في الخصائص للجسيمات النانوية المغناطيسية المتكونة من نفس النوع وبشكل واضح [51].

(2-2) اساسيات المغناطيسية والمواد المغناطيسية

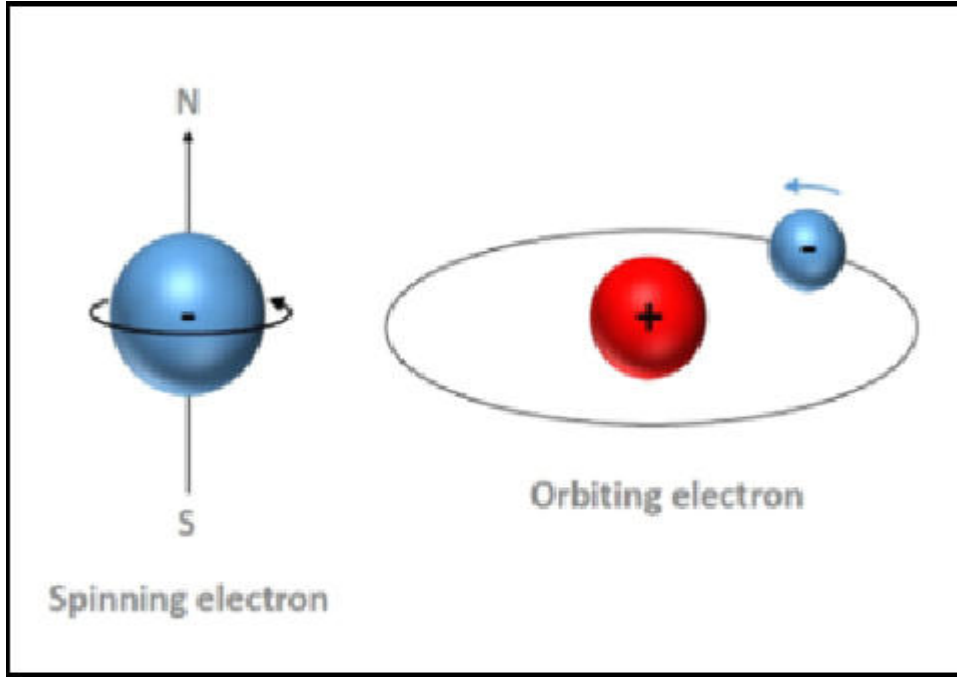
Fundamentals of Magnetism and Magnetic Materials

للمغناطيس أثر مهم في الحياة المعاصرة وان هناك العديد من الاجهزة التي تعمل على اساس المغناطيسية بالإضافة الى العديد من الظواهر التي تعمل على مفهوم المغنطة الانية او ثنائيات الاقطاب المغناطيسية وقد جاء الفهم الحقيقي لأصل المغناطيس مع ميكانيك الكم وهناك كميات هائلة من البيانات المتعلقة بالخواص المغناطيسية للمواد التي تم تصنيفها وفق مراقبة استجابة كل مادة للمغناطيس [52].

(1-2-2) مصدر المغناطيسية

The Source of Magnetism

تعرف اصل المكونات المغناطيسية باسم ثنائيات الاقطاب المغناطيسية وينتج المغناطيس اساسا من حركتين الكترونييتين مرتبطتين بالذرة الحركة المدارية للإلكترون والحركة الدورانية حيث يمكن معاملة التيارات الصغيرة الناتجة عن هذه الحركات انها ثنائيات اقطاب مغناطيسية وعادة ما يقوم احدهما بإلغاء الآخر بسبب الاتجاه العشوائي للذرات وعند تسليط مجال مغناطيسي خارجي على هذه الاقطاب المغناطيسية تصبح المادة مستقطبة مغناطيسيا كما بالشكل (1-2) [53].



الشكل (1-2) نموذج لحركة الالكترون حول النواة [54] .

(2-2-2) المجال المغناطيسي والتأثيرية المغناطيسية

Magnetic Field and Magnetic Influence

المجال المغناطيسي هو قوة مجال شبيهة بمجالات الجاذبية والكهرباء التي تحيط بالمصدر وتقاس قوة المجال المغناطيسي الذي يجذب المادة بشدة المجال المغناطيسي (H) ويتم قياس العزم المغناطيسي لكل وحدة حجم للمادة الممغنط بالمغناطيسية (M) او (B) وهو الحث المغناطيسي للمادة او كثافة التدفق المغناطيسي داخل المادة المغناطيسية حيث ان قيمة (M) هي مجموع العزوم المغناطيسية (mj) لكل وحدة حجم كما بالعلاقة التالية:

$$M = \sum_{\text{volume}} m_j \quad \dots\dots\dots(1-2)$$

أن الخصائص المغناطيسية للمواد المغناطيسية لا تتميز فقط بقيمة M ولكن بالطريقة التي يختلف بها M عن H وتسمى النسبة بين هاتين الكميتين التأثيرية المغناطيسية :

$$\chi = \frac{M}{H} \quad \dots\dots\dots(2-2)$$

اما مغناطيسية المادة فتعطى بالعلاقة التالية:

$$B = \mu_0 (H + 4 \pi M) = \mu_0(H+4\pi M) \quad \dots\dots\dots(3-2)$$

حيث ان قيمة $M=aB$ ، وان قيمة $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$ تمثل نفاذية الفراغ ويتم قياس H, B بوحدة تسلا و Am^{-1} على التوالي ومن العلاقتين اعلاه نجد:

$$\mu = \mu_0(1+4a \pi \mu) \quad \dots\dots\dots(4-2)[55]$$

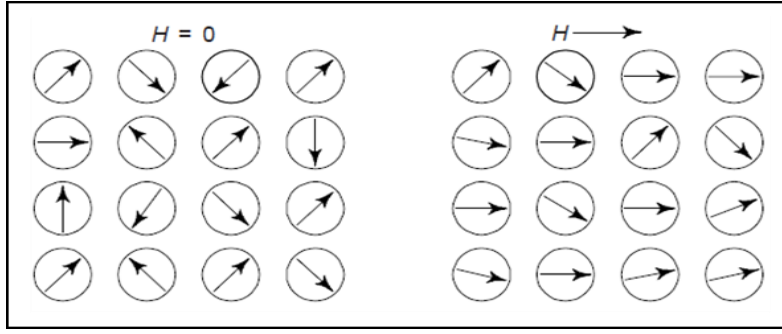
ان $B= H \mu$ حيث ان μ ، χ تميز الخصائص المغناطيسية للمادة [55].

(3-2) تصنيف المواد المغناطيسية Materials Classification of Magnetic

يكمن وصف المغناطيسية من الحركات الدورانية والمدارية للإلكترونات وكيف تتفاعل الإلكترونات مع بعضها البعض وفضل طريقة لتصنيف المواد المغناطيسية هي وصف كيفية استجابة هذه المواد للمجالات المغناطيسية، وبشكل عام تصنف بحسب تأثير ذراتها بالمجال الخارجي الى:

(1-3-2) المواد البارامغناطيسية Paramagnetic Materials

هي المواد التي تمتلك متأثرية مغناطيسية موجبة عند تسليط مجال مغناطيسي خارجي و تختفي التأثيرية المغناطيسية عند ازالة المجال الخارجي المسلط، وتنتج هذه الحالة عند تراصف العزوم المنفردة للذرات او الجزيئات او الايونات باتجاه المجال المغناطيسي المؤثر، كما في الشكل (2-2) اما عند زوال تأثير المجال الخارجي فان عزوم الذرات والجزيئات سيكون بشكل عشوائي وغير منتظم وتكون محصلته تساوي صفر بذلك فهي تمتلك عزم مغناطيسي دائم ينتج عن المجموع الاتجاهي للعزوم المغزلية للإلكترونات وان درجة التراصف وتوجه العزوم للمواد البارامغناطيسية تعتمد على القوة للمجال المغناطيسي المسلط وكذلك على درجة الحرارة حيث تظهر [56] هذه الميزة للمواد عند درجة الحرارة الاعلى من درجة حرارة كوري T_c وتختلف درجة حرارة كوري حسب نوع المادة كما ان البرم الكلي للمواد البارامغناطيسية صفر وان التأثيرية المغناطيسية لها اقل من الواحد بكثير ($\chi < 1$)، اما قيمة النفاذية فتكون اكبر من الواحد وقد وجد ان قيمة التأثيرية المغناطيسية تقل عندما تزداد درجة الحرارة في مثل هذه المواد وذلك لان الطاقة الحرارية سوف تشتت باتجاهات المجال المغناطيسي. اما قيمة النفاذية المغناطيسية للمواد البارامغناطيسية فستكون اكبر من واحد ($\mu > 1$) وان قيمة التأثيرية تتراوح بين (10^{-3} - 10^{-5}) اي انها سوف تنجذب نحو المغناطيس ومن امثلتها هي املاح العناصر الانتقالية مثل (الكلوريدات، الكبريتات، الكربونات، الكروم، الحديد، الكوبلت) [57].

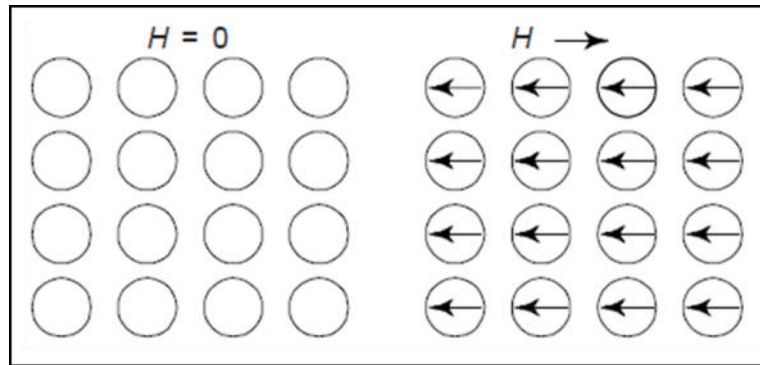


شكل (2-2) تأثير المادة البارامغناطيسية بالمجال المغناطيسي [58]

Diamagnetic Materials

(2-3-2) المواد الدايا مغناطيسية

في هذا النوع من المواد تكون مدارات ذراتها غير مشبعة بالإلكترونات والتي يكون فيها العزم المغناطيسي للذرة صفراً، وعند تسليط مجال مغناطيسي خارجي سوف يحدث اضطراب في توزيع الإلكترونات وعندها تصبح المحصلة لكثافة الفيض المغناطيسي للمادة أقل مما هو عليه في الوضع الاعتيادي، وعند زوال المجال المغناطيسي المسلط سوف يزول ذلك الاضطراب وعندها تكون قيمة التأثيرية المغناطيسية سالبة ان المواد الدايا مغناطيسية لا تعتمد على اتجاه العزم للمادة وكذلك لا تعتمد على درجة الحرارة وان جميع المواد تصبح مواد دايا مغناطيسية عند درجات الحرارة العالية وان قيمة التأثيرية المغناطيسية للمواد الدايا مغناطيسية تكون سالبة وقليلة جدا بحدود 10^{-5} كما في بعض المواد مثل (الزئبق، الفضة، الذهب، الخارصين، الكاديوم، النحاس) [59] كما بالشكل (3-2).



الشكل (3-2) تأثر المادة الدايا مغناطيسية بالمجال المغناطيسي [59].

Ferromagnetic Materials

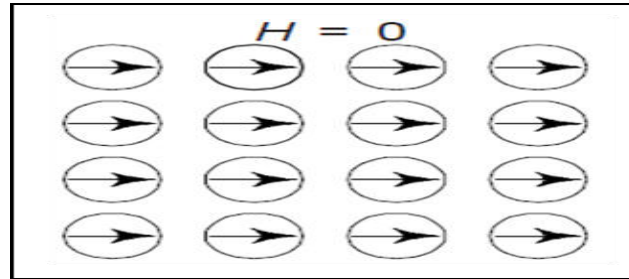
(3-3-2) المواد الفيرومغناطيسية

وهي نوع من المواد مثل الكوبلت Co والحديد Fe والنيكل Ni التي يوجد تفاعل قوي بين العزم المغناطيسية للذرات المتجاورة فيما بينها، هذا يعني ان العزم يمكن ان تتجه باتجاه المجال المغناطيسي المسلط عليها حتى لو كان ضعيفا بذلك تكون المواد ذات نفاذية مغناطيسية عالية، بالإضافة الى انها

تحتفظ بمغناطيسيتها حتى بعد زوال المجال الخارجي المسلط عليها ويمكن ان تتمغنط هذه المواد بصورة دائمة، اما قيمة التشبع المغناطيسي فيمكن الوصول اليها بسهولة وعند قيم صغيرة للشدة المغناطيسية لأن العزوم جميعها تكون باتجاه واحد بمجرد تسليط مجال مغناطيسي وعندها تصبح العلاقة بين التمغنط M والمجال المغناطيسي الخارجي المسلط H هي علاقة غير خطية:

$$M = \frac{H\chi_m}{1-\lambda\chi_m} \quad \text{.....(5-2) [60]}$$

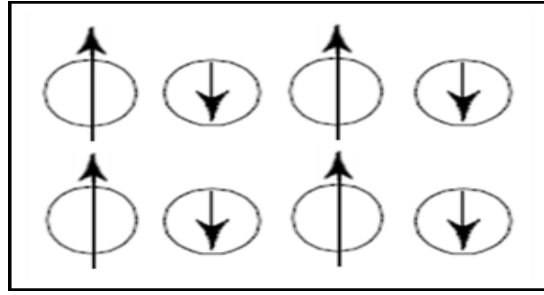
أن λ هو ثابت التناسب، ويدعى بمعامل المجال الجزيئي وهذا يعني ان التأثيرية المغناطيسية χ_m للمواد الفيرومغناطيسية تكون غير ثابتة حيث تتغير مع شدة المجال المسلط عليها H وعندها تتحول المواد الفيرومغناطيسية الى مواد بارامغناطيسية عند زيادة درجة الحرارة الى حد أعلى من درجة حرارة كوري T_c ان هذه الزيادة تجعل المادة تكتسب طاقة حرارية ينتج عنها تغير ترتيب العزوم المغناطيسية هذا يؤدي الى انخفاض مغناطيسيتها ، كما بالشكل (4-2) [60].



شكل (4-2) المادة الفيرومغناطيسية [59]

(4-3-2) المواد الفيرومغناطيسية The Ferremagnetic Materials

وهي نوع من المواد التي تشبه الى حد كبير الدمج بين المواد الفيرومغناطيسية وضديد الفيرومغناطيسية والتي تكون فيها العزوم المغناطيسية لذرات الشبكة الثانوية الواحدة المتمثلة بذرات الحديد متوازية ومتراصة باتجاه واحد الا انها متعاكسة بالاتجاه مع العزوم المغناطيسية لذرات الشبكة الثانوية الاخرى التي تمثل "ذرات العنصر الانتقالي" ان اختلاف العزوم بين الشبكتين ناتج بسبب اختلاف ذراتهما وان المواد الفيرومغناطيسية تمتلك عزم مغناطيسي تلقائي تتغير تمغنطه هذه المواد عند تسليط مجال مغناطيسي خارجي عليها بسبب اختلاف ايوناتها وتتميز هذه المواد بانها ذات متأثرية مغناطيسية ونفاذية مغناطيسية عاليتين وكذلك يتغير تمغنط الاشباع لهذه المواد مع درجة الحرارة ويكون اقل مما هو عليه في المواد الفيرومغناطيسية ومن امثلة هذه المواد الفريتات Ferrites [61]، الشكل (5-2) يوضح توجه العزوم للمادة الفيرومغناطيسية .

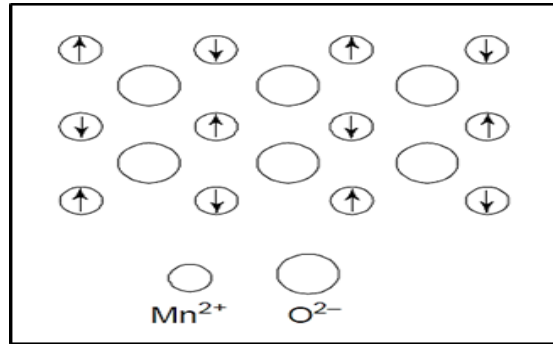


الشكل (5-2) يوضح المادة الفيرو مغناطيسية

(5-3-2) المواد ضد الفيرو مغناطيسية

Anti-Ferromagnetism Materials

في هذا النوع من المواد تمتلك الكترونات ذراتها عزمًا برميا وتكون قوى التبادل الكمي والمسافة البينية بين الذرات كافية لأن تحدث ترتيب متوازي ومتضاد بالاتجاه لعزوم الذرات المجاورة دوريا، ويحدث توزيع للعزوم المغناطيسية بإعداد متساوية على الشبكتين الثانوية ويكون اتجاه العزوم لكل شبكة متوازي مع بعضها البعض بينما يكون اتجاه التمغنط لكل شبكة ثانوية معاكس تماما لاتجاه الاخرى كما بالشكل (6-2)، هذا يجعل محصلة العزوم المغناطيسية للشبكة يساوي صفر وتكون استجابة هذه المواد للمجال الخارجي المسلط مشابه لاستجابة المواد البارامغناطيسية الا ان هذه الاستجابة تزداد بزيادة درجة الحرارة و الى حد معين يعرف بدرجة حرارة نيل T_n (Temperature Neel) حيث تتحول بعدها هذه المواد الى المواد البارامغناطيسية مثل بعض انواع العناصر و الاكاسيد (المغنيسيوم الكروم او اكسيد النيكل او اكسيد الكوبلت او اكسيد المنغنيز [62]).



الشكل (6-2) المادة ضد الفيرو مغناطيسية [62].

(4-2) البارامغناطيسية الفائقة

SuperParamagnetism

هي شكل من أشكال المغناطيسية و التي تظهر فيها الجسيمات النانوية الصغيرة او الحديدية و يمكن للمغطة أن تقلب اتجاه بشكل عشوائي تحت تأثير درجة الحرارة الوقت المعتاد بين التقلب يسمى

وقت الاسترخاء في نيل في حال عدم وجود مجال مغناطيسي خارجي و عندما يكون الوقت المستخدم لقياس مغنطة الجسيمات النانوية أطول بكثير من وقت استرخاء نيل تبدو ان مغنطتها تكون صفر و تكون هذه المواد في هذه الحالة ذات مغناطيسية فائقة عندها يكون المجال المغناطيسي قادر على جذب الجسيمات النانوية على نحو يشبه المغناطيس و مع ذلك تكون قابليتها المغناطيسية كبيرة وتسمى هذه الظاهرة بالمغناطيسية الفائقة لأنها ناتجة من تباين بين الخواص و الطاقات الحرارية للجسيمات عندها تبدي الجزيئات الصغيرة سلوكاً مغناطيسياً يشبه نوعاً ما سلوك المواد المغناطيسية [63] ، الشكل (7-2) يوضح الجدول الدوري لأنواع المواد المغناطيسية .

1 H																	2 He
		Ferromagnetic		Antiferromagnetic													
		Paramagnetic		Diamagnetic													
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac															
			58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	

الشكل (7-2) يوضح الجدول الدوري لأنواع مختلفة من المواد المغناطيسية [64] .

Ferrites

(5-2) الفرايتات

يتم تصنيف الفرايتات وفقاً للشبيكة البلورية الأساسية الى ثلاث انواع الفرايت:

الفرايت السداسي وفرايت العقيق (المرمر) والفرايت المغزلي ، ويمكن تفسير اصل الاقتران المضاد للتوازي عن طريق التبادل الفائق للإلكترونات بين المدار P المملوء O_2 والمدار d غير المملوء بالكاتيونات المعدنية الانتقالية، في الفرايت لا تلتقي العزوم المغناطيسية الموجهة بشكل معاكس تماماً وبالتالي تكون النتيجة عزوم مغناطيسية صافية [65].

Hexagonal Ferrite

(1-5-2) الفرايت السداسي

هو احد انواع الفرايتات المستخدمة في صناعة المغناط الدائمية ويتميز بامتلاكه مقاومة عالية ويصنف بأنه ذا تركيب معقد جداً إذ يتكون من مقاطع شبه مغزلية ترتبط مكونة

تركيب بلوري ذا تناظر سداسي وبحسب الصيغة التركيبية $M^{+2}Fe_{12}O_{19}$ حيث تكون M هي ايون معدني ثنائي التكافؤ مثل (pb, Sr, Ba) [66].

Garnets Ferrites

(2-5-2) فرايت العقيق (المرمر)

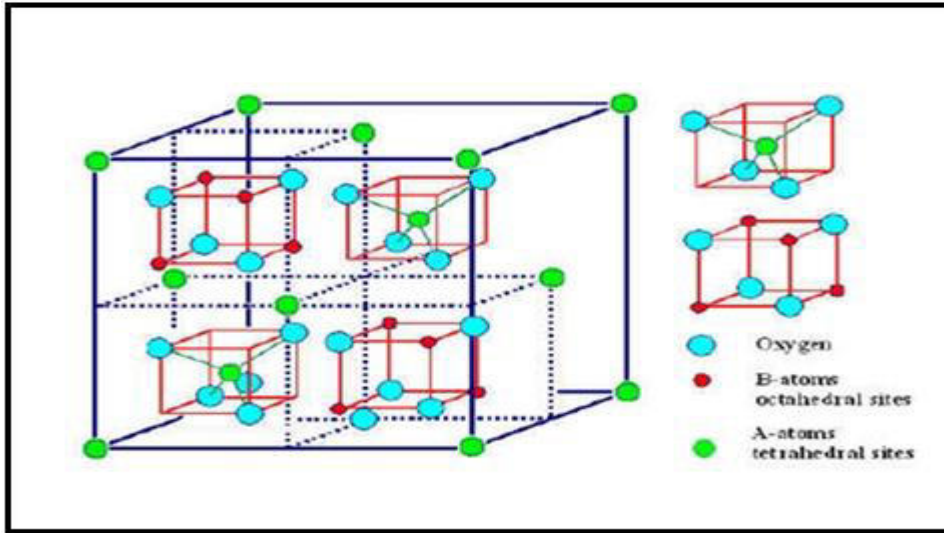
في هذا النوع من الفرايتات تكون المغناطيسية ضعيفة نوعا ما فعلى سبيل المثال الايتريوم و العقيق الحديدي لا يتمتع بعزم مغناطيسي بسبب عدم احتواءه على الكترونات في المدار f لذلك فان صافي العزم يرجع تماما الى التوزيع غير المتكافئ لأيونات Fe_3^+ في الدوران العلوي والسفلي للمواقع ويحتوي العقيقان على الصيغة الكيميائية $(3M_2O_3 \cdot 5Fe_2O_4)$ أذ ان M هي الايتريوم او احد الاتربة النادرة الاصغر حيث يمكن بسهولة استبدال الاتربة النادرة بالأخرى ويمكن استبدال Fe_3 بسهولة بوساطة (Ca_3, Al_3) ومن الممكن ضبط مغنطة التشبع وكذلك التباين مقاومة العقيق العالية لذلك يتم استخدامها في تطبيقات التردد العالي جدا مثل "المايكرويف" حيث تكون الفرايتات موصلة جدا [66].

Spinel Ferrites

(3-5-2) الفرايت المغزلي

سميت بهذا الاسم لكونها ذات بنية تشبه بنية المغزل وان السبنل كلمة مشتقة من الاسبنلا الايطالية ويتم تصنيفها تبعا للخصائص المغناطيسية وتسمى بالفرايتات المرنة Soft ferrite لما لها من خصائص مغناطيسية حيث تفقد مغنطتها بزوال المجال المغناطيسي الخارجي يتبلور السبنل في النظام المكعب وهو من مكون بلورات ثمانية السطوح وهناك ما لا يقل عن 30 نوع من اكسيد المعادن المدرجة في مجموعة السبنل يمكن كتابة التركيب الكيميائي لفريت السبنل بشكل عام MFe_2O_4 حيث M يمثل ايون معدن ثنائي التكافؤ وفي حالة الفريتات البسيطة فان M يمثل احد العناصر الانتقالية Ni, Co, Fe, Mn او مزيج من هذه الايونات يعتبر هذا النوع من الانواع الاكثر استخداما في نطاق واسع من التطبيقات ويسمى ايضا بالفرايت المكعب، ان القيم العالية للمقاومة الكهربائية والانخفاض في فقدان التيارات الدوامة يجعلها مثالية في الاستخدامات ضمن مدى ترددات المايكرويف الاكثر استخداما في نطاق واسع من التطبيقات، والشكل (2-8) بين التركيب البلوري للفرايت المغزلي.

ان فرايت Spinel هو من نوع FCC ويتكون من ثمانية وحدات للصيغة لكل خلية وحدة ، حيث يمكن كتابة الصيغة $M_8Fe_{16}O_{32}$ كما ان الانيونات هي الاعظم لتشكيل FCC داخل التركيب البلوري للشبيكة وفي هذه المواقع التي تحتلها الكاتيونات المعدنية يوجد 96 موقع خليوي في خلية الوحدة منها 64 موقع رباعي السطوح و 32 موقع ثماني السطوح [67]، كما في الشكل (2-8).



الشكل (8-2) يوضح موقعي رباعي السطوح وثمانى السطوح [67] .

وأذ يتشكل التركيب البلوري للفرايتات المغزلية عندما يكون نصف قطر الايون الموجب M^{+} الذي تكون قيمته اقل من $1\text{\AA}$ وبخلاف هذا تكون قوة كولوم غير كافية لحصول استقرار للتركيب البلوري، وعندها يصعب تشكيل البلورات المغزلية [67].

وهناك ثلاثة انواع من الفرايتات المغزلية وهي:

1. الفرايت المغزلي الاعتيادي Ferrite Normal Spinal

في هذا النوع من الفرايت الذي صيغته MFe_2O_4 تشغل ايونات الفلز الانتقالي M المواقع الثمانية المتواجدة في وحدة الخلية لموقع رباعي السطوح اي مواقع A_{tetra} - site بينما ايونات الحديد تشغل المواقع الستة عشر من ثمانية السطوح B_{octa} -site ومن الامثلة على هذا النوع من الفرايتات هو فرايت المغنيسيوم ($MgFe_2O_4$, $ZnFe_2O_4$) والذي تكون صيغته التركيبية $([A^{+2}]_{tetra} [B^{+3}]_{octa} O_4^{-2})$.

2. الفرايت المغزلي المعكوس Inverse Spinal Ferrite

في هذا النوع من الفرايت تشغل ايونات الفلز الانتقالي الثمانية M موقع ثمانية السطوح B-site بينما تتوزع ايونات الحديد الستة عشر بين موقعي رباعي السطوح A-Site وثمانى السطوح B-site ومن الامثلة على هذا النوع من الفرايت (نيكل فرايت $NiFe_2O_4$ ، كوبلت فرايت $CoFe_2O_4$).

3. الفرايت المغزلي العشوائي Random Spinal Ferrite

في هذا النوع من الفريت تتوزع ايونات الفلز الثمانية وايونات الحديد الستة عشر بين الموقعين رباعي السطوح A-site وثمانى السطوح B-site ويكون التوزيع بين هذين الموقعين بنسب مختلفة ومن الامثلة على هذا النوع من الفرايت (فرايت المنغنيز $MnFe_2O_4$) حيث يكون جزء ايونات المنغنيز Mn^{+2}

ومقداره 0.8 يشغل موقع رباعي السطوح اما الجزء المتبقي الذي يكون مقداره 0.2 فيشغله موقع ثماني السطوح [68] .

Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4)

(6-2) كوبلت فرايت

يمكن تعزيز خصائص الفرايتات عن طريق دمج ايونات معدنية ثنائية التكافؤ داخل هيكلها، وفي فرايت الكوبلت ينتج دمج ايونات الكوبلت بزيادة اقتران برم الكوبلت مع ايونات الحديد [69] من بين جميع الطبقات الحديدية يعد CoFe_2O_4 أحد أهم المواد المغناطيسية التي تظهر مغنطة تشبع معتدلة وتخلفيه عالية وعزل كهربائي مع فقدان واطئ بالتيارات الدوامة واستقرار كيميائي [70] يحتوي CoFe_2O_4 على بنية جزئية عكسية مع المواد البلورية من نوع السبيل وتعمد درجة نقاوته على عملية التحضير، يوجد الجزء الأكبر من ايونات ثنائي اكسيد الكاربون في مواقع ثماني السطوح (مواقع B) والباقي في مواقع رباعي السطوح (مواقع A) وهذا يشير الى ايونات Co^{2+} في الفرايت المشترك لهذا يفضل مواقع B فرايت الكوبلت هو اكاسيد مغناطيسية مكعبة جذبت الاهتمام بسبب نفاذيتها الكبيرة والمواد المغناطيسية الصلبة لديها تباين مغناطيسي كبير نظرا لهذه الخصائص ذات الاستقرار الفيزيائي والكيميائي الكبير جعلت من هذا الفرايت مناسبا للتطبيقات المختلفة لذلك تم استخدامه في نطاق واسع في مجال المحولات، تخزين عالي الكثافة حيث يساهم كل من ايونات الكوبلت والحديد في التباين المغناطيسي لكن المساهمة الرئيسية تأتي من ايونات الكوبلت حيث ترتبط التباينات المغناطيسية البلورية لمواد فرايت كوبلت بتوزيع الايونات المغناطيسية في مواقع رباعي السطوح وثمانى السطوح، ولذلك اي تغير في احتلال الموقعين ستغير الخواص المغناطيسية [71].

Nickel Ferrite (NiFe_2O_4)

(7-2) نيكل فرايت

هو احد المواد الخزفية "السيراميكية" الواعدة في تطبيقات المايكرويف بسبب قدرتها على التغيرات المغنطة السريعة التي تتميز بتوزيع ايونات الفلز الانتقالي بين موقعي رباعي وثمانى السطوح، وفي الفرايت نيكل زنك ذي الصيغة الكيميائية $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ حيث تمثل X النسبة المستبدلة للزنك حسب الصيغ $[\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_{1+x}]^A$ $[\text{Zn}_x\text{Fe}_{1+x}]^B$ حيث تمثل A, B على التوالي موقع رباعي السطوح وموقع ثمانى السطوح، يمتاز هذا النوع من الفرايت عن غيره بان الخسارة بالطاقة تكون قليلة جدا لذلك في صناعة قلوب المحولات وكذلك امتلاكها

مدى واسع من درجات الحرارة والنفاذية المغناطيسية العالية واغلب هذه الصفات امتلاكها الفريتات المرنة [72].

(8-2) تصنيف الفريتات حسب خواصها المغناطيسية

Classify the Ferrites According to Their Magnetic Properties

لقد تم تصنيف المواد الفريتيّة بالاعتماد على خواصها المغناطيسية الى نوعين رئيسيين هما الفريتات الصلبة Hard Ferrite والفريتات المرنة Soft Ferrite ولقد اعتمد هذا التصنيف بالأساس على قابليتها على التمكنط وعدم التمكنط [73].

Soft Ferrites

(1-8-2) الفريتات المرنة

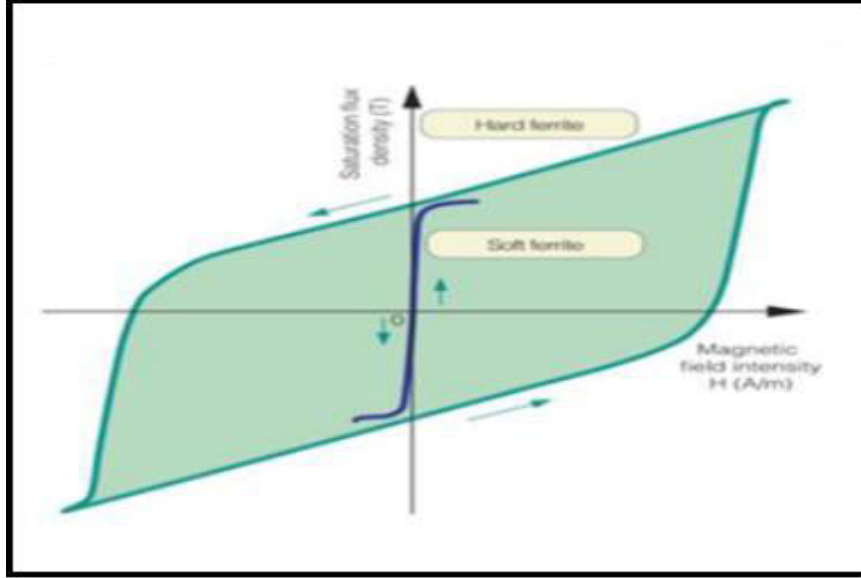
هي احدى انواع السيراميكيات والتي تكتسب خاصية التمكنط بسهولة لكنها لا تحتفظ بالمغناطيسية بعد زوال المجال المغناطيسي الخارجي تمتلك هذه الانواع من المواد حلقة هسترة ضيقة وتمتلك مجالاً مغناطيسياً قسرياً منخفضاً ، وتكون على شكل طبقات ناعمة على عكس الفريتات الصلبة وهي من المواد المطلوبة في العديد من التطبيقات وتتكون من مجال واحد والجزيئات موجهة عشوائيا في هذا النوع من المواد تكون الخسارة بالطاقة منخفضة جدا لذلك تستعمل في قلوب المحولات والملفات الحثية ويتميز الفريت المرن عن غيره من المواد المغناطيسية بأن خسارة التيارات الدوامة فيه يكون قليلاً جداً، لمدى واسع من الترددات وبمقاميته العالية وكذلك امتلاكها الاستقرار الحراري لمدى واسع من درجات الحرارة بالإضافة الى النفاذية المغناطيسية العالية ان هذه المميزات التي امتلكتها الفريتات الهشة جعلتها من افضل انواع المواد المغناطيسية من الامثلة على هذا النوع من الفريت (MnZnFe₂O₄) [74].

Hard Ferrites

(2-8-2) الفريتات الصلبة

نوع من انواع السيراميكيات دائميّة التمكنط تمتلك كثافة فيض مغناطيسي عالي بالإضافة الى القوة القسرية العالية لإزالة المغنطة منها بالمقارنة مع المغناط الاخرى يتم تحضير هذا النوع من المواد على شكل مساحيق (Bowders) ثم يتم كبسها بالشكل المطلوب وبعدها يتم حرقها عند درجات حرارة عالية وقد يتم تعريضها الى حقل مغناطيسي عالٍ ليكسبها قوة مغناطيسية كبيرة يتميز هذا النوع من الفريتات بامتلاكه حلقة هسترة كبيرة وواسعة ومن انواعه الشائعة فريت الباريوم BaFe₁₂O₁₉ ونظرا

للطبيعة السيراميكية فالمادة تكون صلدة وتأخذ اللون الرمادي الفحمي يستخدم هذا النوع من المواد في مجال الكهرباء ومكبرات الصوت وفي العلاج الطبي والتعدين [75]، والشكل (9-2) يبين حلقة الهستيرة للفرايتات المرنة والفرايتات الصلبة [76].



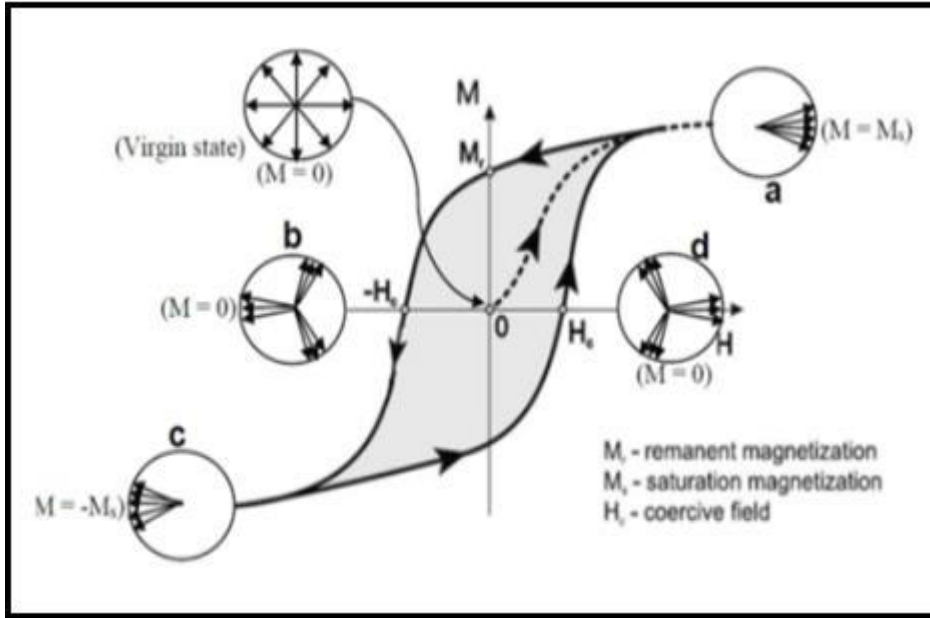
الشكل (9-2) يبين حلقتي الهستيرة للفرايت (Soft) والفرايت (Hard) [76].

(9-2) منحنى المغنطة وحلقة التباطئ

Magnetization Curve and The Hysteresis Loop

ان وضع مادة فيرو مغناطيسية باتجاه مجال مغناطيسي ناشئ مع وجود تيار كهربائي مار خلال ملف حلقي Teroidal coil فإن المجال المغناطيسي لثنائي القطب سوف يصطف باتجاه المجال المغناطيسي المسلط وبذلك سوف يزداد تمغنط المادة الفيرومغناطيسية لان المجالات للمادة سوف تضاف للمجال المغناطيسي الخارجي مكونا بذلك مجالا اقوى وعند زيادة المجال المسلط فإن العزوم الذرية سوف تصطف مع المجال المسلط ويزداد بذلك توجه العزوم مع زيادة شدة المجال الخارجي المسلط عند ذلك سوف تزداد قيم شدة التمكنط B لحين وصول شدة المجال H الى قيمة اعلى ما يمكن والتي عندها يصبح اتجاه العزوم مع اتجاه المجال وهذه الظاهرة تدعى بالتشبع المغناطيسي Saturation Magnetization وعند ازالة المجال اي $H=0$ فان كثافة الفيض المغناطيسي سوف تنخفض على خط رجوع اخر وهذا ما يدعى بكثافة الفيض المتخلفة او المتبقية Remnants Magnetization وان السبب في ذلك يعود الى وجود بعض العزوم الذرية ما زالت على نفس اتجاهها والذي بدوره يولد ما يسمى بالمغناط الدائمة Permanent Magnetization وان ازالة المغنطة المتبقية يتطلب تسليط مجال مغناطيسي حيث $H=0$ و B تكون كبيرة وهذا ما يدعى بالمجال القهري Coercive [77].

عند زيادة المجال المعاكس H_C في نقطة التقاء المجال المعاكس مع نقطة الاحداثي السالب للمجال المغناطيسي فإن المادة سوف تفقد مغنطتها وعنها تكون قيمة $B=0$ وتكون العزوم عشوائية ومع الزيادة في المجال المغناطيسي المعاكس H_C فإن العزوم سوف تتراصف باتجاه معاكس للمجال الخارجي حتى تصل الى حالة التشبع المضاد وتصبح متراففة تماما وتصبح قيمة H_{max} اما عند الزيادة للمجال من القيمة السالبة الى الصفر فنحصل على منحنى مغلق يدعى بحلقة الهسترة المغناطيسية او منحنى التخلف ، كما بالشكل (10-2) الذي يوضح العلاقة بين شدة المجال H والفيض المغناطيسي B ويعتمد حجم حلقة الهسترة على نوع المادة وشكلها وكذلك على القيمة العظمى للمجال المغناطيسي فمثلا نختار قيمة H لحصل على دورة كاملة صغيرة ومغنطة وتسمى المساحة داخل المنحنى بقيمة الشغل المبذول لتراصف وتوجه العزوم المغناطيسية وتدعى الطاقة المبددة في مغنطة المادة واعادة مغنطتها بسهولة وتسمى هذه المساحة بفقدان التخلفية Hysteresis Loss [78].



الشكل (10-2) العلاقة بين شدة المجال H والفيض المغناطيسي B وحلقة الهسترة المغناطيسية [78].

Magnetic Permeability

(10-2) النفاذية المغناطيسية

تعرف النفاذية المغناطيسية بانها امكانية خطوط المجال المغناطيسي على التدفق واختراق المادة. وتزداد عملية التدفق لخطوط المجال بزيادة النفاذية للمادة والعكس صحيح حيث تعتمد هذه العملية على المجال الخارجي المسلط على المادة وكذلك على ثنائيات الاقطاب وذلك لان ثنائي الاقطاب تتأثر بقوة التجاذب وقوة التنافر الداخلية فيما بينها إضافة الى اثر القوة العشوائية التي تم اكتسابها من الطاقة الحرارية للمحيط الخارجي بذلك سوف تصطف ثنائيات الاقطاب بشكل عشوائي وان اتجاه كل ثنائي يكون عكس اتجاه الاخر وان مجموع الاثر الخارجي لهذه الثنائيات يساوي صفرا وان هذا الاثر ناتج بسبب

الاصطفاف العشوائي لثنائيات الاقطاب التي لم تتأثر بالمجال الخارجي المسلط اما اذا تأثرت الثنائيات بالمجال الخارجي المسلط فانه يحدث اصطفاف للثنائيات ويتولد مجال مغناطيسي داخلي اضافة الى المجال الخارجي وهذا يعتمد على خصائص المادة حيث ان بعض المواد تكون فيها القوة الداخلية والعشوائية الخارجية اكبر بكثير من المجال الخارجي المسلط وبذلك فإن المجال المغناطيسي الداخلي والكلية الناتج يساوي صفراً ، وهذا النوع من المواد تدعى بالمواد غير المغناطيسية ، اما اذا حدث ترانصف لهذه الثنائيات والتي تكون تحت تأثير مجال خارجي فعند ذلك تدعى هذه المواد بالمواد المغناطيسية [79] ويتم التعبير عن كثافة الفيض المغناطيسي B وشدة المجال H بالعلاقة التالية:

$$B = \mu H \quad (6-2) \dots\dots$$

أذ يمثل الرمز μ نفاذية الوسط كما في العلاقة التالية:

$$\mu = \mu_r \mu_0 \quad (7-2) \dots\dots\dots$$

الرمز μ يمثل النفاذية النسبية للمادة:

μ_0 هي نفاذية الفراغ:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/M} [55]$$

أذ ان $\mu = \mu_0$ في المواد الفيرومغناطيسية بذلك تصبح العلاقة خطية بين B, H هي $H = B$ [55].

(11-2) النفاذية الابتدائية Initial Permeability

ان زيادة المجال المغناطيسي المسلط على المواد الصلبة يحدث تأثيراً على حدود مغنطة النفوذ المغناطيسية بعملية معكوسة أذ تعود هذه الحدود الى مواقعها الاصلية بعد زوال تاثير المجال المسلط وان الجزء الابتدائي من منحنى حلقة الهسترة عند الترددات الواطئة يتكون نتيجة للإزاحة المعكوسة Reversible displacement وان ميل المنحنى لهذا الجزء من الحلقة يسمى بالنفاذية الابتدائية والتي تحدث عند الترددات الواطئة وتعتمد هذه بشكل كبير على التراكيب الكيميائية للمواد وكذلك على عملية التحضير وعملية التليد ويتم حساب النفاذية الابتدائية للحلقة من خلال المعادلة التالية.

$$\mu_i = \frac{L}{2 \times 10^{-7} \times N^2 \times h \times \ln \left[\frac{D_{out}}{D_{in}} \right]} \quad (8-2) [80] \dots\dots\dots$$

حيث تمثل

L: معدل الحث الذاتي، D_{out} : قطر الحلق الخارجي بوحدة cm، N: عدد اللفات للملف، h:

سمك حلقة الهسترة ويقاس بوحدة cm [80].

(12-2) طرائق التحضير للفريتات النانوية

Methods of Preparation for Nanoparticles

ان الفريتات هي كسائر المواد السيراميكية ولتحضيرها يتطلب أولاً تحديد المواد الأولية التي قد تكون على شكل اكاسيد او املاح العناصر مثل الكربونات او الكلوريدات او النترات وتحديد اوزانها بدقة ثم بعدها تأتي مرحلة الخلط والتي يكون الهدف منها الحصول على خليط متجانس 99% لمنع حصول اي تكتل للمواد او تجمع في موقع معين وتوجد طرق عديدة لتحضير المواد النانوية اهمها:

a. الطريقة السيراميكية التقليدية.

b. طريقة Sol-Gel.

c. طريقة الترسيب الكيميائي المشترك [81].

في الدراسة الحالية سيتم التركيز على طريقة الترسيب الكيميائي المشترك Normal Co-precipitation Method combine لانها الطريقة التي تم اعتمادها في تحضير الجسيمات النانوية المغناطيسية ويتم استخدام هذه الطريقة باستخدام نوعين من طرق الترسيب الكيميائي اعتمادا على نوع المادة المرسبة اهمها:

Hydroxides Precipitation

1. طريقة الهيدروكسيدات

تتم هذه الطريقة باضافة احد القواعد القلوية مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH او الامونيا الى محاليل تحتوي على ايونات الفلزات الداخلة في التركيب للفريت من نوع Spinel مثل كلوريدات الفلزات او اكاسيدها او كبريتاتها او كاربوناتها ، وتوجد معلومات نستطيع من خلالها السيطرة على pH التي يجب ان تتراوح بين (8-12) في محلول الهيدروكسيدات، ان الفلزات تبدأ بالترسيب بالاعتماد على قيمة ال pH والتي يكون لها تأثير كبير جدا على شكل الجسيمات المترسبة وكذلك على حجمها، تتم عملية الترسيب بدرجة (50 °C) كما يمكن الحصول على الترسيب في 30 دقيقة بدرجة حرارة (90°C) وتتم عملية الاكسدة بالتهوية او بدونها بعد ان يتم الحصول على الراسب تبدأ مرحلة الترشيح باستخدام ورق الترشيح او باستخدام الطرد المركزي Center Fug بعدها يتم غسل الخليط الراسب بالماء او الكحول لعدة مرات وذلك من اجل التخلص من بقايا المادة المترسبة حتى تتعادل الحامضية pH=7 بعدها يتم تجفيف المسحوق الناتج بدرجة حرارة مناسبة للتخلص من الماء الاعتيادي وبقية الكربونات، ان قيمة pH تعد من اهم العوامل التي يتم من خلالها السيطرة على سرعة الترسيب وكذلك تحديد قيمة ثابت الذوبان للهيدروكسيدات في المحلول Solubility Product Constant حيث قام بعض الباحثين باستخدام هذه الطريقة في تحضير الفريت منغنيز زنك ومن اهم مزايا هذه الطريقة انها تعطي تجانس اكبر للخليط وهذا يساعد على تقليل درجة الحرارة وبالتالي عدم حاجة المساحيق لدرجات حرارة عالية عند عملية التليد فضلا عن انها طريقة تختصر فترات الطحن الطويلة للحصول على مسحوق مغناطيسي

وكذلك امكانية انتاج اغشية رقيقة بهذه الطريقة بالرغم من مزايا هذه الطريقة تعتبر من الطرق التي قد لا تعطي اطواراً نقية ودقيقة اذا كانت المواد المتفاعلة ذات قابلية ذوبان مختلفة وكذلك معدل ترسيب مختلف [82].

Oxalate Precipitation

2. ترسيب الاوكسالات

في بعض الاحيان يتم استخدام الاوكسالات الفلزية في عملية الترسيب الكيميائي لسببين هما:

1. تحقيق عملية الترسيب وذلك باستخدام اوكسالات الأمونيوم لأنها لا تترك اي أثر بعدها.
2. معظم الاوكسالات الفلزية متشابهة من حيث تركيبها البلوري.

حيث تميل عملية الترسيب الى انتاج بلورات تحتوي على الايونات الفلزية بالنسب الموجودة في المحلول وعند ذلك يمكن تحقيق الخلط بالنسب الصحيحة بحدود الابعاد الجزيئية وبهذه الطريقة تم الحصول على فرايت نيكل زنك ان الزيادة بالمساحة السطحية للمسحوق تساعد على الحصول على تفاعل للمكونات عند درجات حرارة منخفضة [83].

Thermal coefficients

(13-2) المعاملات الحرارية

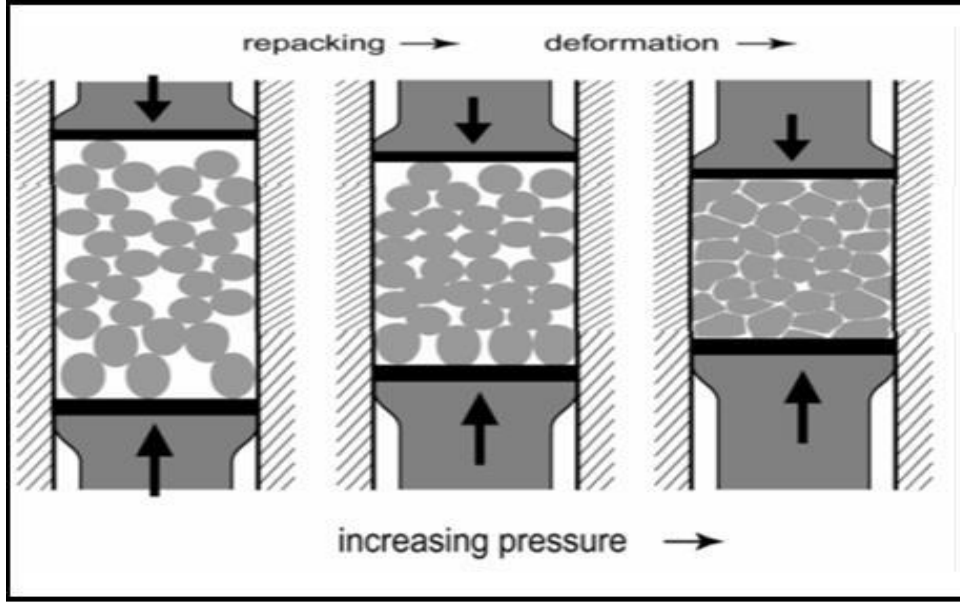
المعاملات الحرارية هي مجموعة من العمليات التي تستخدم لتحسين الخواص الفيزيائية واحيانا الكيميائية للصلب وينتج عن ذلك التحكم في مدى ليونة وصلابة المنتج من خلال التحكم بدرجات الحرارة والزمن اللازم للتسخين وتتم المعاملة الحرارية باستخدام افران مختبرية خاصة لهذا النوع من المواد وتختلف هذه الافران من خلال مدى درجات الحرارة واهم هذه العمليات الكلسنة Calcination هي عملية معاملة حرارية يتم تطبيقها على المساحيق والمواد الصلبة من اجل احداث تحلل حراري او تحول طوري وكذلك ازالة الجزء المتطاير من المواد الغير مرغوب فيها وتجري عملية الكلسنة عادة بدرجات دون نقطة انصهار المادة وتتم عملية الكلسنة في جو خالي من الهواء وتنتج اثناء عملية الكلسنة الاكاسيد من الاوكسالات والكبريتات والنترات والكربونات وبعض الاكاسيد القلوية (NO_3 ، H_2O ، CO_2 ، SO_4) هذه النواتج من التفاعل تتطاير بفعل الحرارة.

Pressing Process

(14-2) عملية الكبس

بعد مرحلة المعاملة الحرارية يتم طحن المسحوق جيداً للحصول على المسحوق الفرايتي المطلوب ويتم تشكيل العينات حسب نوع الدراسة والفحص من خلال كبس المسحوق في مكبس خاص للحصول على نماذج اما اقراص او حلقات، ان الخواص الميكانيكية للمساحيق المكبوسة تكون ضعيفة وقد تتحول ثانية الى مسحوق بسبب تأثير القوة الميكانيكية الضعيفة وإعطاء المادة المصنعة الخواص الفيزيائية والكيميائية اللازمة تجري على المواد عملية التلييد حيث تحدث خلال عمليات المعاملة الحرارية تغيرات

في التركيب المجهرى مثل زيادة الحجم الحبيبي Grain Size وكذلك تغير في شكل المسامات وتقلص في حجم المسامية Porosity، وفي بعض الاحيان يتم استخدام مواد رابطة من اجل التشكيل عند الكبس، يستوجب ازالة المادة الرابطة بواسطة التسخين البطئ لان التسخين السريع يؤدي الى تشقق النموذج والشكل (11-2) يوضح الية كبس المسحوق [84].



الشكل (11-2) يوضح الية كبس المسحوق [84].

(15-2) التلبيد

Sintering

التلبيد او التصليد الحراري هي طريقة معاملة حرارية تستخدم للحصول على منتجات المساحيق من خلال حرق المادة الى درجة حرارة اقل من درجة انصهارها حيث تلتصق ذرات المادة التي تكون على شكل مسحوق بعضها مع بعض والذي يؤدي بدوره الى زيادة الحجم البلوري للمادة بفعل الحرارة، تحدث هذه العمليات باليات اهمها:

1. حدوث الانتقال الحراري من الفرن الى سطح المادة المتفاعلة.
2. التفاعل عند سطح المادة المتفاعلة.
3. حدوث انتشار للغاز الناتج من سطح التفاعل خلال طبقات الاكاسيد المتولدة في جو الفرن.

تعد هذه العمليات غالباً ماصة للحرارة اذ يعتمد مقدار هذه الحرارة على مقدار الطاقة الحرة لتفكك الاملاح والاكاسيد وغازات متطايرة كما ان وجود خليط من الكربونات والاكاسيد في هذه العملية يؤدي الى حدوث تفاعل جزئي بين الاوكسيد الناتج في الخليط ويعتمد مقدار التفاعل هذا على درجة الحرارة وعلى فعالية المكونات الاساسية للخليط [75].

(16-2) تقنيات القياس لدراسة الخصائص التركيبية

Techniques Used to study Structural Properties

من اجل الحصول على معلومات دقيقة عن البنية البلورية في علم البلورات توجد عدة تقنيات منها تقنية حيود الاشعة السينية XRD وتقنية FESEM بالإضافة الى طرق اخرى مكملية لتقنيات الاشعة السينية مثل تقنية حيود الالكترونات وتقنية حيود النيوترونات حيث ان استخدام هذه التقنيات تمكننا من الحصول على معلومات عن ثابت الشبكة والمسافة البينية بين المستويات والزوايا الواقعة بين المستويات ومواقع الذرات داخل الشبكة .

X-ray Diffraction Technology**(17-2) تقنية حيود الاشعة السينية**

يتم استخدام تقنية حيود الاشعة السينية X-Ray والتي هي عبارة عن موجات كهرو مغناطيسية تقع اطوالها بين اشعة كاما والاشعة فوق البنفسجية حيث تقدر اطوالها الموجية بوحدة الانكستروم $1.44-10\text{\AA}$ في الحصول على معلومات عن التركيب البلوري للمواد حيث تكون المسافة البينية بين ذراتها بحدود بضعة انكسترومات $1.44-5.23\text{\AA}$ لذلك تم استخدام اشعة ذات طول موجي مساوي او اقل من ضعف المسافة البينية بين الذرات وان هذه الاشعة تعتبر طريقة فعالة وطريقة غير اتلافية non-destructive لإيجاد المعلومات التركيبية للمواد، عند سقوط الاشعة السينية على المادة فان هذه الاشعة سوف تعاني حيود وانحراف عن المسار الاصلي لها وان هذا الانحراف ناتج من تفاعلها مع المادة فاذا فقدت الفوتونات للأشعة طاقتها عندئذ تسمى هذه الظاهرة بالاستطارة او التشتت اما اذا لم يحدث تغير بالطاقة للفوتون فتسمى بالاستطارة المرنة [85] لقد استطاع العالم الانكليزي W.L Bragg في عام 1913 من ايجاد علاقة رياضية لتعيين المسافة بين المستويات البلورية باستخدام الاشعة السينية حيث اعتمد براك على حقيقة ان الذرات في داخل البلورة تصطف في مجاميع متميزة من المستويات المتوازية فعند سقوط حزمة من الاشعة على هذه المستويات فإنها تستطير في جميع الاتجاهات داخل البلورة، والشكل (12-2) يبين الاشعة الساقطة بزاوية θ على عدد من المستويات المتوازية ذات الاحداثيات hkl والتي تنفصل عن بعضها بمسافة d_{hkl} وكذلك بين الاشعة المنعكسة عن تلك المستويات وبنفس زاوية السقوط اي ان الاشعة الساقطة والمنعكسة لها نفس الطور فاذا كان فرق المسار البصري للأشعة المنعكسة عن السطح الاعلى والسطح المجاور تساوي $2d\sin\theta$ حيث ان θ هي الزاوية المحصورة بين الحزمة الساقطة والعمود المقام عند نقطة الانعكاس و d تمثل المسافة بين المستويات يحصل تداخل بناء في الحزم المنعكسة عندما يكون الفرق بالمسار البصري مساويا للأعداد الصحيحة من الطول الموجي للأشعة الساقطة وبهذا يتحقق شرط براك للحيود بالعلاقة التالية:

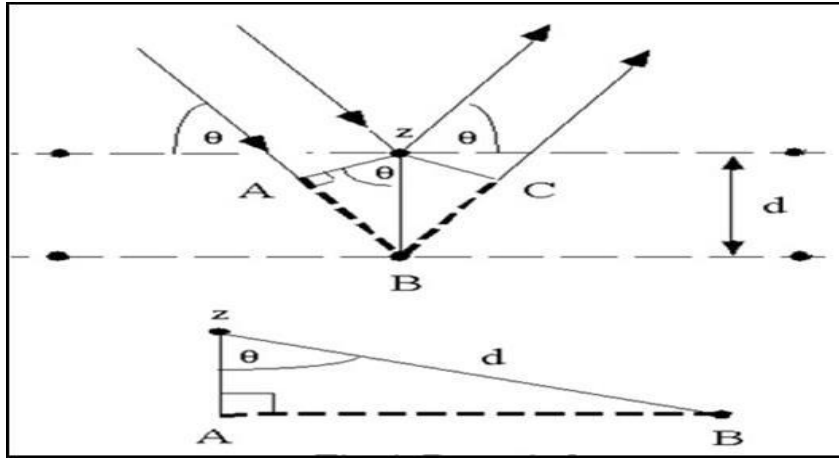
$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad \dots\dots\dots(9-2) \quad [86]$$

n: تمثل رتبة الحيود (n=1, 2, 3, 4..., n)، كلما زادت رتبة الحيود تقل الشدة.

d: تمثل المسافة بين المستويات البلورية المتعاقبة (المسافة البينية العمودية).

θ : تمثل زاوية براك التي يحدث عندها الحيود.

λ : الطول الموجي للاشعة السينية بوحدة (nm)، ولكي يتم تحقيق انعكاس براك يجب ان يتحقق شرط براك $(2d \geq \lambda)$ [86].



الشكل (12-2) يوضح حصول التداخل البناء بين المستويات البلورية [86]

Structure Parameters

(18-2) المعاملات التركيبية

Lattice constant (a)

(1-18-2) ثابت الشبكة

يتم حساب ثابت الشبكة للتركيب البلوري المكعب من العلاقة التالية:

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \quad \dots\dots\dots(10-2)[87]$$

d: المسافة بين مستويات السطوح البلورية.

a: ثابت الشبكة في التركيب البلوري للمكعب.

hkl: معاملات ميلر.

من قانون براك نجد d_{hkl}

$$d_{hkl} = \frac{n\lambda}{2 \sin \theta} \quad \dots\dots\dots (11-2)$$

من تعويض معادلة (10-2) في معادلة (11-2) نحصل على :

$$a = \frac{n\lambda \sqrt{h^2+k^2+l^2}}{2\sin\theta} \quad \dots\dots\dots (12-2)[87]$$

Average crystalline size (D) **معدل الحجم البلوري (2-18-2)**

لحساب الحجم البلوري استخدام معادلة شيرر (Deby sherers crystallite size formula (D_{Sh}) وحسب المعادلة التالية:

$$D = \frac{k\lambda}{\beta_{hkl}\cos\theta} \quad \dots\dots\dots (13-2)[87]$$

D : معدل الحجم البلوري nm.

λ : الطول الموجي للأشعة السينية والذي قيمته ($1.5406\text{\AA}$).

K : ثابت قيمته (0.9-0.94) ويسمى بعامل الهيئة او التشكيل.

β_{hkl} : اقصى عرض لمنتصف الحزمة (FWHM) ويقاس بوحدة Rad.

θ : زاوية براك (زاوية سقوط الاشعة السينية) [87].

Theoretical Density **الكثافة النظرية (3-18-2)**

تم حساب الكثافة النظرية للمادة باستعمال تقنية حيود الاشعة السينية XRD حيث تعتبر الكثافة النظرية من الخواص المهمة للمادة السيراميكية حيث تدخل قيمتها في دراسة الخصائص الكيميائية والخصائص الميكانيكية وكذلك خواص العزل الكهربائي من خلال المعادلة التالية:

$$D_x = \frac{ZM_{wt}}{N_a V} \left(\frac{g}{cm^3} \right) \quad \dots\dots\dots (14-2)[88]$$

D_x : قيمة الكثافة المحسوبة من قياس X-ray بوحدة ($\frac{g}{cm^3}$).

M_{wt} : الوزن الجزيئي للمركب بوحدة (g/mole).

Z : عدد الذرات لوحدة الخلية.

N_a : عدد افوكادرو وقيمته [$6.022 \times 10^{23} \text{ atom / mol}$].

V : a^3 حجم وحدة الخلية بوحدة cm^3 .

(4-18-2) الكثافة الظاهرية

Bulk Density

الفرايتات سيراميكية تتشكل بعملية التلبيد كما في صناعة الفخار وان الخصائص الاساسية لها تعتمد على الأساس على كثافتها قبل الحرق لأنها تحتوي على نسبة من المسامات هذه بدورها تندمج مع الاوكسجين خلال عملية التلبيد بهذا يدخل الاوكسجين في التشكيل المتبلور للفرايت وتشكيل الحبيبات للمركب المطلوب عند هذه العملية يزداد متوسط الوقت لعملية تركيز الكتلة، وبوجود فرق في كثافة الاشعة السينية الناتج بسبب الايونات الثنائية التكافى يكون الاسهام الاكبر للمسامية تأثيراً على الكثافة للعينه ومن معرفة الابعاد الثلاثة للعينه [88] ، يتم ايجاد الكثافة الظاهرية من تطبيق المعادلة التالية:

$$D = M(g) / V(cm^3) \quad \dots\dots(15-2)[88]$$

D: الكثافة الظاهرية.

M: كتلة العينه.

V: حجم العينه.

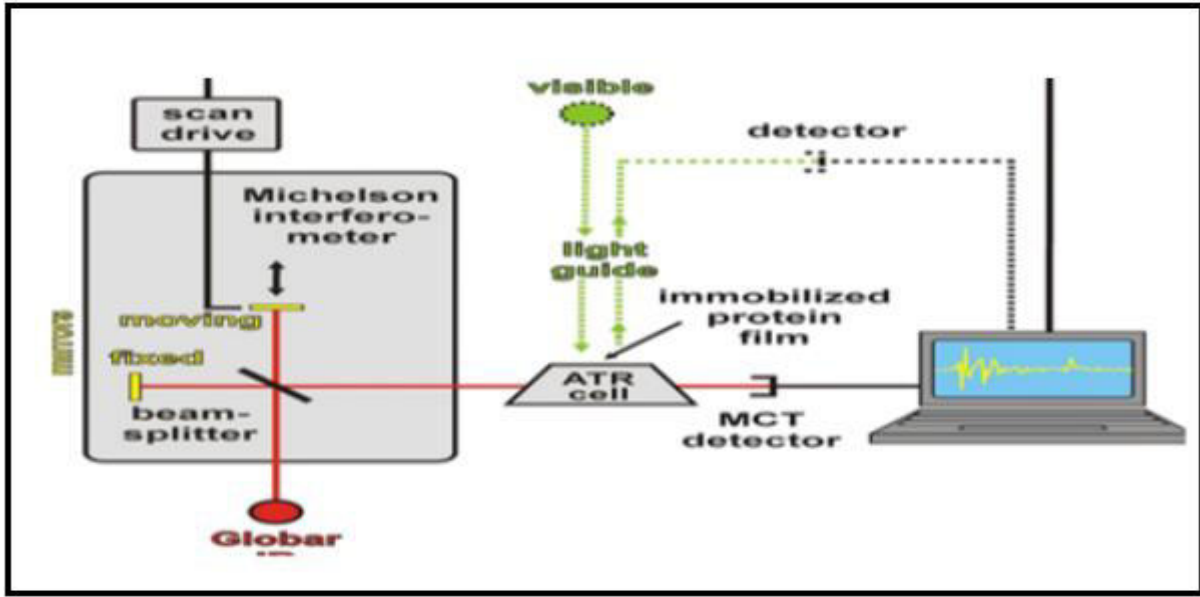
ومن ايجاد قيم الكثافة الظاهرية والنظرية للفريتات تم حساب المسامية للفرايت والتي لها تأثير مهم على الخواص الميكانيكية والمغناطيسية للفرايت وغالبا ما تكون المسامية المنخفضة مفضلة في هذه المواد وتتراوح قيمتها بين 1% الى 15% بحسب درجة ونوع الفرايت ويتم حسابها من المعادلة التالية (16-2)[89].

$$P\% = (1 - D / D_x) \times 100\% \quad \dots\dots (16-2)[89]$$

(19-2) مطياف تحويلات فوريير للأشعة تحت الحمراء

Fourier transform infrared spectroscopy FTIR

ان فحوصات طيف الاشعة تحت الحمراء ضمن المدى (4000-400 C⁻¹) عند درجة حرارة الغرفة باستخدام مطياف الاشعة تحت الحمراء FTIR تعطينا معلومات حول اهتزاز الشبكة والبنية البلورية، وكيف تتوزع الايونات بين موقعي رباعي السطوح وثمانى السطوح وبالتالي يتم تحديد الخواص الميكانيكية من خلال تحديد ثابت القوة للموقعين A:KA، B:KB كذلك تعطينا معلومات عن نوع البنية للفرايت السبيل ، والشكل (2-13) يبين مخطط توضيحي لعمل جهاز FTIR [90].



الشكل (2-13) مخطط توضيحي لعمل جهاز FTIR [90].

(20-2) المجهر الالكتروني الماسح لانبعاث المجال

Field Emission-Scanning Electron Microscopes (FE-SEM)

تعد تقنية FE-SEM احدى التقنيات المجهرية المستخدمة لتوفير المزيد من المعلومات عن التشكل السطحي او التكوين السطحي والتي ابتكرها العالم Erwin Muller ، لقد دفعت تقنية النانو بقوة الى تطوير المجهر الالكتروني الحديث ليس فقط للحصول على زيادة دقيقة بالقياس بل للحصول على المزيد من المعلومات التركيبية للعينة ، يعد المجهر الالكتروني الماسح لانبعاث المجال FE-SEM من التقنيات القوية لتطوير مورفولوجيا اسطح المواد عن طريق المسح النقطي وذلك من خلال استخدام حزمة عالية الطاقة من الالكترونات ودقة عالية تصل الى بضعة نانو متر تقريبا عند تسليط شعاع الالكترون على حجم بقعة صغيرة جدا باستخدام العدسات الكهروستاتيكية او المغناطيسية ، وعادة يتم استخدام العدسات الكهروستاتيكية لهذا الغرض من خلال مسح الشعاع الدقيق على سطح العينة باستخدام مولد المسح الضوئي حيث تتفاعل الالكترونات مع الذرات المكونة للمادة (العينة) لإنتاج اشارات، هذه الاشارات التي تم الحصول عليها تنقل المعلومات حول التشكيل او التكوين السطحي وغيرها من الخصائص هذه الاشارات تشتمل على الالكترونات الثانوية والالكترونات المستطارة والفونونات والضوء المرئي والحرارة وبذلك يتم استخدام هذه الاشارات بشكل شائع لعينات التصوير حيث تعتبر الالكترونات الثانوية هي الاكثر قيمة لظهور التشكيل على العينات والالكترونات المستطارة ذات القيمة الاكثر اهمية لتوضيح بيانات عن التركيب متعدد الطور للعينات [91].

Dielectric Properties

(21-2) الخصائص العزلية الكهربائية

تعد خاصية العزل الكهربائي من الخصائص البارزة للفرائيات ويعتمد ثابت العزل في المواد السيراميكية على شدة المجال الكهربائي الخارجي فعندما تتعرض المادة العازلة الى مجال كهربائي ذو تردد منخفض فإن ثنائي القطب يستطيع المتابعة في تغير المجال، وعند هذه الحالة سيكون العازل مثالي اي يعمل على خزن الطاقة نتيجة الاستقطاب ، بالرغم من عدم مرور تيار كهربائي لذا فإن العوازل بإمكانها تخزين الطاقة على الرغم من حصول تسريب للتيار في غالبية المواد العازلة تعتمد الخواص العازلة للمواد على التركيب الكيميائي وحجم الجزيء وهيكله وكذلك على العوامل الخارجية مثل الضغط ودرجة الحرارة والرطوبة والكثافة والمجال الكهربائي المطبق لذلك من الضروري دراسة السلوك العازل للمواد عند الترددات المختلفة يتم دراسة هذه الخصائص باستخدام جهاز LCR meter ومن اسم الجهاز فان الاساس هو L يمثل المحاث C السعة R المقاومة ويتم استخدام جهاز LCR meter لأنه يعطي نتائج دقيقة ومهمة لمكونات الاجهزة مثل المحولات والمكثفات والاجهزة الكهروكيميائية وكذلك قدرة هذا الجهاز على تطبيق شروط محددة مهمة للمقاومة وعامل التشتت، يمكن قياس قدرة المادة العازلة على اعادة توجيه ثنائيات الاقطاب باتجاه معين وتحييد الشحنات على الاقطاب الكهربائية تجريبيا من خلال السماحية النسبية او السماحية العازلة (ثابت العزل الكهربائي) [92].

Dielectric Constant

(1-21-2) ثابت العزل

يعرف ثابت العزل بأنه النسبة بين السعة بوجود عازل بين لوحين موصلين الى السعة نفسها اذا كان بين لوحيه فراغ وتسمى بالمساحية النسبية للمادة (ϵ') (Relative Permittivity) وتعني قدرة المادة على خزن الشحنات الكهربائية خلالها كما في المعادلة التالية:

$$\epsilon' = \frac{C}{C_0} \quad \text{.....(17-2)}$$

C تمثل سعة المتسعة بوجود العازل بين لوحيه وتقاس (بالفاراد).

C_0 تمثل سعة المتسعة بالفراغ (بالفاراد).

ϵ' السماحية النسبية .

فاذا اخذنا لوحين من متسعة المساحة السطحية لكل منهما A والمسافة بينهما d وبين لوحيه فراغ ويتم تمثيل هاتين المنطقتين بمتسعة سعتها C_0 لذلك فإن سعة المتسعة عند ربطها بدائرة كهربائية تعطى بالمعادلة التالية:

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad \text{.....(18-2)}$$

ϵ_0 سماحية الفراغ وهي كمية ثابتة $8.85 \times 10^{-12} \text{ f/m}$

وإذا وضعت مادة عازلة بين لوحها فان سعة الخزن سوف تزداد وتعطى بالمعادلة الآتية:

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad \text{..... (19-2)}$$

وعند تعويض معادلة (18-2) في معادلة (17-2) نحصل على :

$$C = \epsilon' \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad \text{..... (20-2)}$$

$$\epsilon' = \frac{Cd}{\epsilon_0 A} \quad \text{..... (2-2)[93]}$$

حيث يعتمد ثابت العزل على التردد للمجال الكهربائي الخارجي المطبق والذي ينخفض مع الزيادة بالتردد وكذلك الزيادة بدرجة الحرارة [93] .

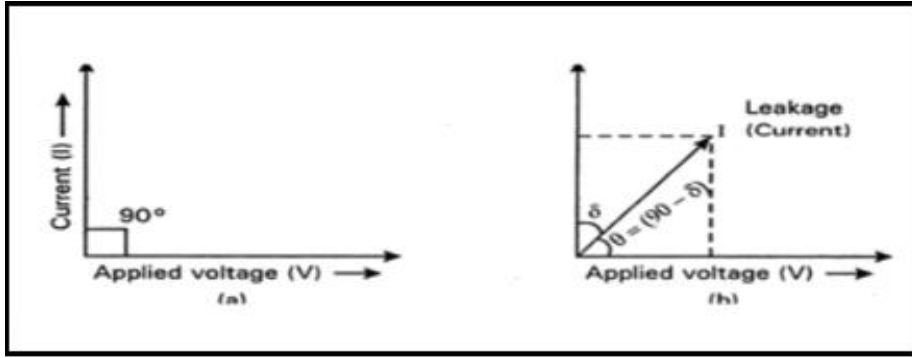
Dielectric Loss

(2-20-2) فقد العازل

يعرف فقد العزل بأنه ضياع كمية من الطاقة على شكل طاقة حرارية وهو ما يعرف بخسارة الطاقة عند الترددات العالية حيث ان فقدان العزل يؤدي الى تسخين العازل الكهربائي مما يؤدي الى فشل كهربائي وميكانيكي عندما يتم تطبيق تيار متردد على المواد العازلة فان قيمة الشحنة لا تقود الى الجهد المطبق بمقدار 90° كما بالشكل (2.14) وان قيمة الزاوية ستكون $\delta = 90 - \theta$ وهي زاوية الخسارة العازلة وان هذه الزاوية هي مقياس للقدرة او الحرارة المشتتة في كل دورة ويتم احتساب خسارة العزل الكهربائي ϵ'' من المعادلة التالية:

$$\epsilon'' = \epsilon' \times \tan \delta \quad \text{.....(22-2) [94]}$$

وان هناك فرقاً في الطور بين الفولطية المسلطة على المتسعة والتيار المار فيها بزاوية قدرها 90° اما في حال وجود عازل بين لوحين المتسعة فان زاوية فرق الطور تكون اقل من 90° اي بزاوية δ وهذه تدعى بزاوية فرق الطور كما بالشكل (14-2) .



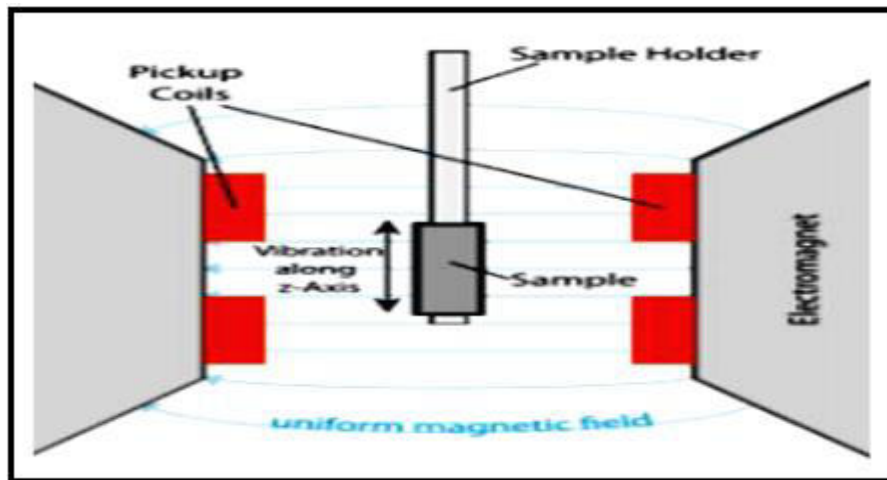
الشكل (14-2) خسارة العزل الكهربائي (عامل التبديد) .

وان هذا يدل على وجود تياران هما وتيار المقاومة I_r التيار السعوي I_c والذي يمتلك نفس الطور مع مقدار الجهد المسلط الخارجي اما التيار السعوي فيكون ذو فرق طور مقداره δ عن التيار المسلط [94].

(22-2) تقنية القياسات المغناطيسية Magnetic Measurements Techniques

نموذج الاهتزاز المغناطيسي Vibrating Sample Magnetometer (VSM)

تعد هذه التقنية بالغة الاهمية في دراسة الخصائص المغناطيسية للمواد وعرفت هذه التقنية من قبل الباحث Fornre لذلك احيانا تعرف باسمه Fornre Magnetometer تستند هذه التقنية على اساس حساب التغير في الفيض المغناطيسي لملف عندما يسمح للنموذج ذي الخاصية المغناطيسية ان يتذبذب او يهتز بالقرب منه احيانا قد تكون العينة على شكل قرص حلقي صغير مربوط بطرف قضيب من مادة غير مغناطيسية مادة بوليمرية "التفلون" ، الشكل (15-2) يبين تقنية قياس الخواص المغناطيسية VSM [95].



الشكل (15-2) يوضح شكل مبسط لتقنية VSM .

ان نشوء هذه الحركة الاهتزازية تؤدي الى نشوء قوة دافعة كهربائية متذبذبة A.C في الملف الذي هو بمثابة قيمة نسبية للعزوم المغناطيسية للنموذج المطلوب فحصه . ومن اجل تسجيل هذه الاشارة فيتطلب تكبيرها بواسطة مكبر ومضخم من اجل اظهار اي تغير قد يحصل بالمجال المغناطيسي المطبق، وبذلك سترسم صورة واضحة لحلقة الهسترة للمادة والتي من الممكن تحويلها بدلالة العزم المغناطيسي m او المغنطة للمادة M او شدة الفيض المغناطيسي B كما يجب ان يكون المحرك المولد للذبذبة يهتز بمدى يجب ان لا يزيد 40 HZ وبمسافة تذبذب لا تزيد عن (2 - 3mm) وأن وزن العينة لا يتجاوز (1g) تعد تقنية VSM تقنية فعالة وذات حساسية عالية للمواد التي تمتلك خصائص مغناطيسية عالية وضعيفة كما بالامكان اجراء فحوصات VSM للمواد في درجات الحرارة العالية والمنخفضة يتم اجراء التوصيف المغناطيسي باستخدام العينة المراد قياسها عند درجة حرارة الغرفة ومن خلال حلقة التباطئ يتم حساب مغنطة التشبع M_s وقيم التخلفية M_r والمجال القهري H_c [96].

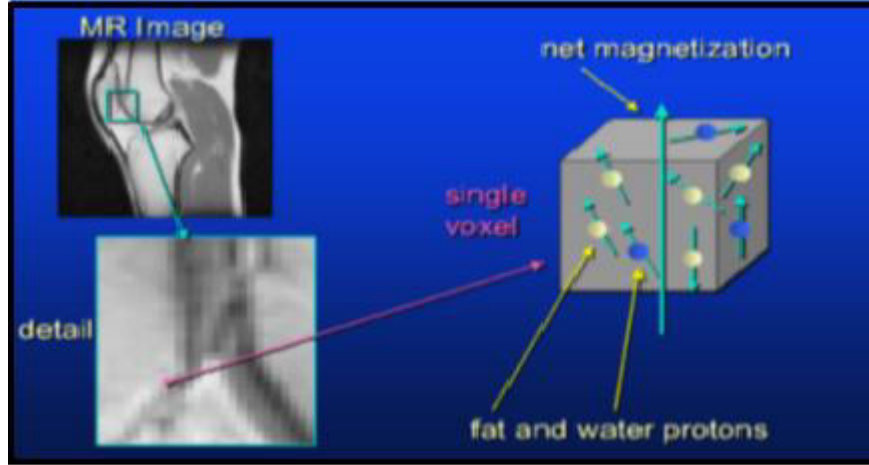
(23-2) تقنية التصوير بالرنين المغناطيسي

Magnetic Resonance Technology Imaging

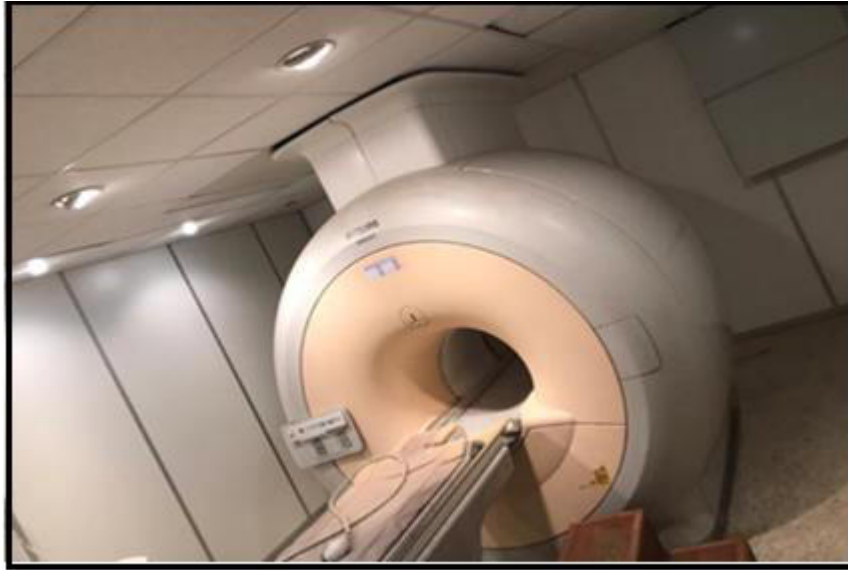
اشتملت الدراسة على تطبيق المادة المحضرة على احد الاجهزة الطبية ذات المبدأ الفيزيائي وهو جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي Magnetic Resonance Imaging لذلك سيتم شرح مختصر عن عمل الجهاز:

تقنية جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي MRI هو جهاز يعد مزيجاً رائعاً بين العلوم والهندسة المتقدمة بما في ذلك استخدام التوصيلية الفائقة Superior Connectivity وعلم التجميد والفيزياء الكمومية والتكنولوجيا الرقمية والكمبيوتر كل ذلك يحصل بين جسم الانسان وجهاز الرنين المغناطيسي بدأ تطور التصوير بالرنين المغناطيسي في بداية السبعينات ليصبح في الوقت الحاضر طريقة التصوير المفضلة لنسبة كبيرة من الفحوصات الاشعاعية "الجوهرية على تاج" التكنولوجيا الطبية ويعتمد التصوير بالرنين المغناطيسي بشكل كبير على حساسية وجود خصائص الماء والتي تشكل (70-90 %) من الانسجة حيث تتغير كمية الماء في الانسجة بشكل كبير عند المرض او الاصابة مما يجعل جهاز MRI يكون حساساً للغاية كطريقة تشخيصية للأعضاء حيث يكشف عن التغيرات الضعيفة جداً في مغناطيس النواة وهو الكيان الصغير الذي يقع في قلب الذرة لذلك أصبح جهاز MRI وسيلة قوية ليس فقط بشرح الصور في علم الامراض ولكن ايضاً لاكتشاف وظائف الاعضاء وللتحقق في كيمياء الجسم الحي حتى لتصوير تفكير الدماغ، المبدأ الفيزيائي لعمل جهاز MRI يعتمد على الحقول المغناطيسية "المجال المغناطيسي" والموجات الراديوية، تستخدم في اخذ صورة الرنين المغناطيسي مواد ملونة تساعد على تحسين الرؤيا لمكونات الجسم الداخلية وان اكثر المواد استخداماً لتحسين الصورة هي مادة الكاديونيوم

Gd حيث تعمل هذه المواد على تقصير وقت الاسترخاء للانوية في أنسجة الجسم تبعاً لطريقة إعطائها الصورة بالشكل (16-2) تعطي شكل توضيحي لتكوين صورة الرنين المغناطيسي والشكل (17-2) يوضح صورة لجهاز الرنين المغناطيسي [97].



(16-2) شكل توضيحي لتكوين صورة جهاز الرنين المغناطيسي



الشكل (17-2) يوضح جهاز الرنين المغناطيسي

الفصل الثالث

الجزء العملي

(1-3) المقدمة

Introduction

في هذا الفصل تم شرح وتوضيح المواد الأولية المستخدمة في تحضير المركب المغناطيسي النانوي فرايت كوبلت زنك حسب الصيغة $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ وأن قيم x هي $(x=0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9)$ على التوالي والفرايت النانوي المغناطيسي فرايت نيكل زنك بحسب الصيغة $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ لقيم $(x=0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9)$ على التوالي كذلك تم شرح كافة الخطوات العملية والاجهزة التي تم استخدامها في تحضير العينات وحساب الاوزان وتحضير العينات من خلال عملية اذابة المحاليل وخلطها للحصول على الراسب ومن ثم كلستنتها وكبس العينات واجراء القياسات الفيزيائية التركيبية والمغناطيسية والكهربائية للفرايت النانوي المغناطيسي المحضر في هذه الدراسة والتي اشتملت على LCRmeter، FE-SEM، VSM، XRD، FTIR وبعدها تم اختيار افضل العينات المحضرة لأجراء التطبيق الطبي.

(2-3) المواد الأولية

Raw Materials

تم تحضير المركبات الفرايتية بأستخدام كل من كلوريدات الحديد الثلاثية، كلوريدات الكوبلت الثنائية، كلوريدات الزنك، كلوريدات النيكل الثنائية بالإضافة الى هيدروكسيد الصوديوم مع استخدام الماء منزوع الايونات للحصول على محاليل ذات تجانس تام ويوضح الجدول (1-3) الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد المستخدمة بالإضافة للكتل المولية لكل مادة والتي تم حسابها من الاوزان الذرية ووفقاً للنسبة المئوية المعيارية للوزن المعياري تم اعتماد نسبة 2 مول لكلوريدات الحديد و 1 مول لكل من الزنك والكوبلت والنيكل.

جدول (1-3) المواد المستخدمة في تحضير العينات

Materials المواد	Chemical formula الصيغة الكيميائية	Molar mass g/mol الكتلة المولية	Purity النقاوة	The company الشركة	g/cm ³ Density الكثافة
Iron chloride III 	FeCl ₃	162.204	97%	Alpha Chemicals	2.898
Zn chloride II 	ZnCl ₂	136.286	98%	Alpha Chemicals	2.91
Cobalt chloride II 	CoCl ₂	129.839	97%	Alpha Chemicals	2.477
Nickel Chloride 	NiCl ₂ ·6(H ₂ O)	237.71	99.5%	Alpha Chemicals	3.55
Sodium hydroxide 	NaOH	40	98%	Alpha Chemicals	2.13

Instruments

(3-3) الأجهزة المستخدمة

لتحضير الفرايت المغناطيسي النانوي سيتم عرض معظم الاجهزة التي تم استعمالها في المختبر واهم التقنيات التي استخدمت في فحص العينات.

Sensitive Electronic Balance

(1-3-3) الميزان الالكتروني

تم استخدام الميزان الالكتروني (امريكي المنشأ من شركة Genex Labories) لحساب الاوزان للمواد المستخدمة في تحضير العينات تصل القيم الى اربع مراتب بعد الفارزة أذ يتم تصفير الجهاز قبل كل عملية مع مراعاة تنظيفه للحصول على اوزان بدقة عالية .

Magnetic Stirrer

(2-3-3) الخلاط المغناطيسي

هو جهاز يستخدم في عملية تحضير المواد وان أساس عمله هو المجال المغناطيسي الدوار لحركة السائل الموجود في الدورق الزجاجي المقاوم للحرارة بسرعة قابلة للتغيير عن طريق ازرار التحكم بالسرع وكذلك ازرار التحكم بدرجات الحرارة فعندما يكون المغناطيس الدائم متصلا بمحرك كهربائي فعند دورانه يتأثر القضيب المغناطيسي Magnetic Bar المغمور في السائل ويبدأ بالدوران في نفس الاتجاه دون اي احتكاك ميكانيكي ولضمان الحصول على اذابة وتجانس للمحلول .

PH meter

(3-3-3) مقياس الاس الهيدروجيني

هو جهاز يستخدم لقياس شدة الحامضية والقاعدية للمحاليل والمركبات وتعتمد الحامضية للمحلول على تركيز ايونات H^+ لأنها تعتبر المسؤولة عن الصفات الحامضية للمركب، مكونات الجهاز هي عبارة عن حساس (قطب زجاجي) يتصل هذا الحساس بمقياس الكتروني يقوم بقياس الأس الهيدروجيني للمحلول حيث يتم غمر الحساس في المحلول وبعدها يتم قراءة الرقم الذي يظهر على شاشة الجهاز الشكل (1-3) يوضح نوعين من (A) الجهاز الكهربائي (B) والالكتروني.



الشكل (1-3) جهاز قياس pH meter

Incineration

(4-3-3) فرن الحرق

هو جهاز مختبري (كوري الصنع لشركة Labtech) يستخدم في عملية التجفيف والكلسنة والتلييد للمواد حيث تصل درجة حرارته الى (1200°C) يمتلك عزلاً حرارياً يتوفر في داخله عناصر للتسخين ويتم السيطرة عليها بواسطة منظم حراري تم اعداده لهذا الغرض والشكل (2-3) يوضح صورة للجهاز المستخدم لكلسنة العينات.



الشكل (2-3) فرن الحرق المستخدم في تحضير المسحوق .

(4-3) تحضير الفرايت

(1-4-3) تحضير الفرايت كوبلت زنك .

تم تحضير فرايت كوبلت زنك النانوي $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ حيث ان قيم x (0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9) على التوالي تبعا للخطوات الاتية:

(1-1-4-3) حساب الاوزان الجزيئية للمواد:

يتم حساب الاوزان الجزيئية للمواد المستخدمة في تحضير الفرايت عن طريق حساب مجموع الاوزان الذرية للعناصر الاساسية المكونة للمادة الاصلية وبحسب الطريقة التالية:

ثلاثي كلوريدات الحديد الالامائية FeCl_3

$$\text{FeCl}_3 = 55.845 + (35.453 \times 3) = 162.21 \text{ g/mol}$$

ثنائي كلوريدات الكوبلت CoCl_2

$$\text{CoCl}_2 = 58.9331 + (35.453 \times 2) = 129.89 \text{ g/mol}$$

ثنائي كلوريدات الزنك $ZnCl_2$

$$ZnCl_2 = 65.38 + (35.453 \times 2) = 136.286 \text{ g/mol}$$

هيدروكسيد الصوديوم NaOH

$$NaOH = 22.9897 + 1 + 16 = 40 \text{ g/mol}$$

(2-1-4-3) حساب الاوزان للمواد المستخدمة في تحضير الفرايت:

تم الاعتماد على المعادلة (1-3) لحساب اوزان المواد التي تم استخدامها في تحضير الفرايت وكما مبين بالجدول (2-3):

$$[M] = \frac{m}{m.wt} \times \frac{v}{1000} \quad \dots (1-3)$$

حيث ان M يمثل التركيز المولاري، m الوزن g، m.wt الوزن الجزيئي، V الحجم.

الجدول (2-3) يبين اوزان المواد المستخدمة في تحضير كوبلت زنك فيريت:

X	Iron chloride III FeCl ₃ (g)	Zink chloride II ZnCl ₂ (g)	Cobalt chloride II CoCl ₂ (g)	Sodium hydroxide NaOH (g)
0	32.442	0	12.984	5
1	32.442	1.3628	11.6856	5
2	32.442	4.0885	9.0888	5
3	32.442	6.8143	6.492	5
4	32.442	9.5400	3.3452	5
5	32.442	12.2657	1.2984	5

(3-1-4-3) طريقة التحضير:

لتحضير المركب كوبلت زنك فرايت $Co_{1-x}Zn_x Fe_2O_4$ تم اعتماد طريقة الترسيب الكيميائي المشترك Co-Precipitation Method وتتلخص هذه الطريقة بالخطوات التالية:

1. يتم اذابة كل من كلوريدات الحديد $FeCl_3$ في 200 مل من الماء المقطر، واذابة كلوريد الزنك الثنائي $ZnCl_2$ في 50 مل من الماء المقطر واذابة كلوريدات الكوبلت الثنائية في 50 مل من الماء المقطر كلا على حدة وحسب الجدول (2-3) الموضح فيه نسب الاوزان للمواد تتم الاذابة في بيكرات زجاجية مختبرية مقاومة للحرارة باستخدام جهاز التحريك المغناطيسي (Magnetic Stirrer) ولمدة 20 دقيقة للحصول على اذابة للمحاليل 100% كما موضح في الشكل (3-3).



الشكل (3-3) يوضح مراحل اذابة المحاليل

2. يتم خلط المحاليل مع بعض مع الاستمرار بالتحريك بدون حرارة ولمدة 30 دقيقة الى ان نحصل على خليط متجانس كما بالشكل (4-3).



الشكل (4-3) مرحلة خلط المحاليل والحصول على خليط متجانس

3. يتم اذابة 5 g من هيدروكسيد الصوديوم ثم نبدأ بالتقطير ببطئ باستخدام سحاحة زجاجية على الخليط المتجانس مع الاستمرار بالتحريك الى ان نحصل على خليط عند قيمة $pH=12$ كما بالشكل (5-3) مع الاستمرار بإضافة الهيدروكسيد نلاحظ ان الخليط يتحول الى خليط يشبه الجل والتي عندها نحتاج الى زيادة مدة التحريك لضمان حصول التجانس للخليط النهائي.



الشكل (3-5) يوضح مرحلة التقطير على الخليط

4. بعد وصول الخليط الى قيمة $pH = 12$ نقوم بتسخين الخليط الى نحصل على ثبوت بدرجة الحرارة $(90^{\circ}C - 100)$ ولمدة ساعة كما بالشكل (3-6) الى ان نحصل على راسب.

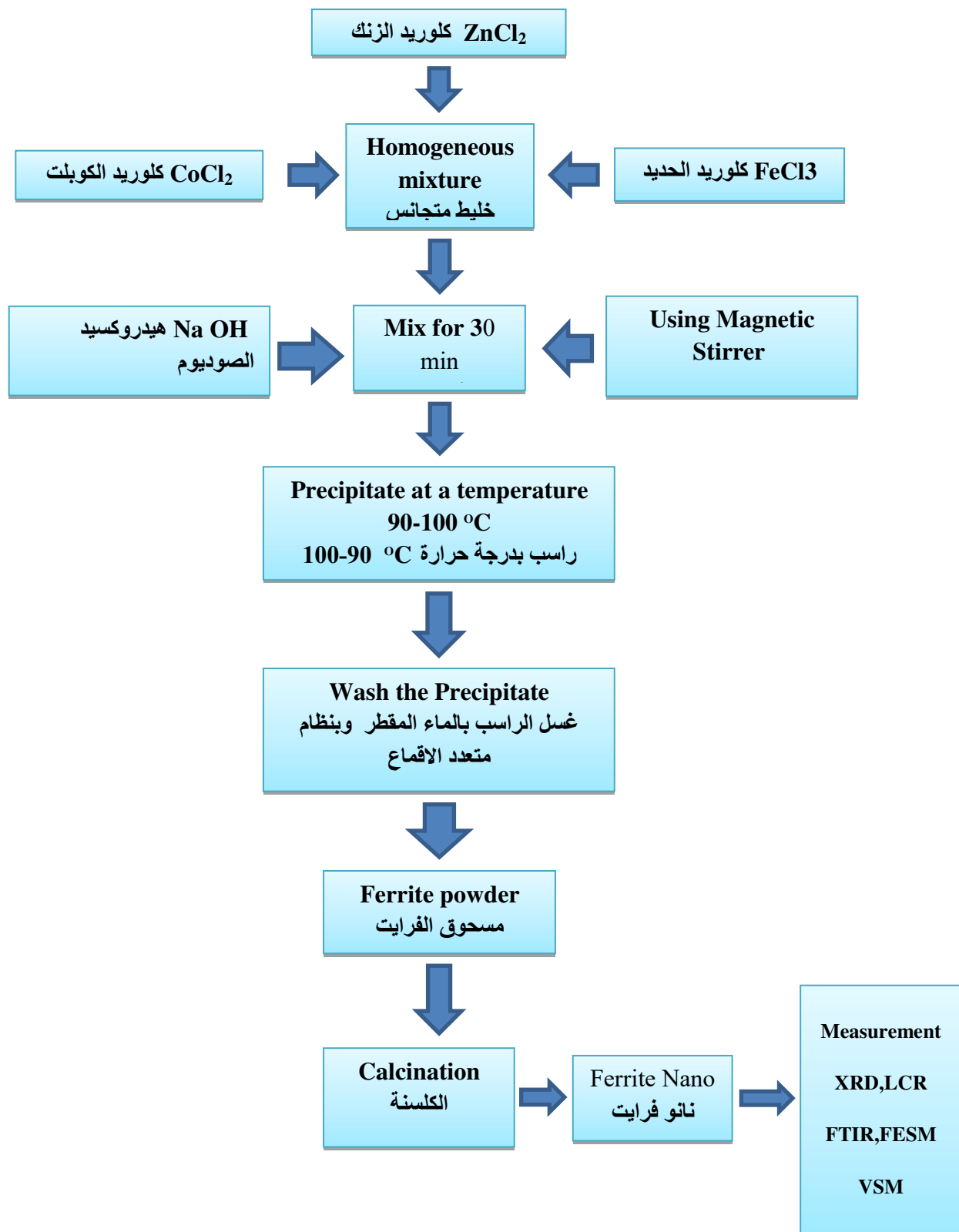


الشكل (3-6) يوضح مرحلة التسخين للخليط والحصول على راسب الفرايت

5. يتم تبريد الراسب وبعدها تبدأ مرحلة غسل الراسب بالماء منزوع الايونات ولعدة مرات باستخدام نظام متعدد الاقماع وذلك لضمان التخلص من الاملاح وكذلك لتسريع مرحلة التجفيف بدرجة حرارة الغرفة وتتم بعدها عملية الكلسنة عند درجة حرارة $300^{\circ}C$ للحصول على مسحوق المادة الفرايتية كما بالشكل (3-7).



الشكل (3-7) مرحلة الغسل والحصول على المسحوق الفرايتي



الشكل (3-8) المخطط الانسيابي لتحضير المركب كوبلت زنك فرايت بطريقة الترسيب الكيميائي .

(2-4-3) تحضير الفرايت $\text{Ni Zn Fe}_2\text{O}_4$

يتم تحضير الفرايت نيكل زنك $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ لقيم $(x=0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9)$ على التوالي بطريقة الترسيب الكيميائي المشترك Co-precipitation method وباتباع الخطوات الآتية:

(1-2-4-3) حساب الاوزان الجزيئية للمواد

يتم حساب الاوزان الجزيئية للمواد المستخدمة في تحضير الفرايت من مجموع الاوزان الذرية للعناصر المكونة للمادة وحسب الطريقة الآتية :

- ثلاثي كلوريدات الحديد اللامائية FeCl_3 تم حسابها في تحضير الفرايت كوبلت زنك وقيمتها 162.21 g / mol
- ثنائي كلوريدات الكوبلت CoCl_2 تم حسابها في تحضير الفرايت كوبلت زنك وقيمتها 129.89 g / mol .
- ثنائي كلوريد الزنك ZnCl_2 تم حسابها في تحضير الفرايت كوبلت زنك وقيمتها 136.286 g/mol .

- كلوريد النيكل الثنائي II المائي $\text{NiCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$

$$\text{NiCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O} = 58.6934 + (2 \times 35.453) + 6(1 \times 2 + 16) = 237.71 \text{ g / mol}$$

(2-2-4-3) حساب اوزان المواد المستخدمة في تحضير الفرايت:

يتم حساب اوزان المواد المستخدمة في تحضير الفرايت باستخدام المعادلة (1-3) وحسب الجدول (3-3):

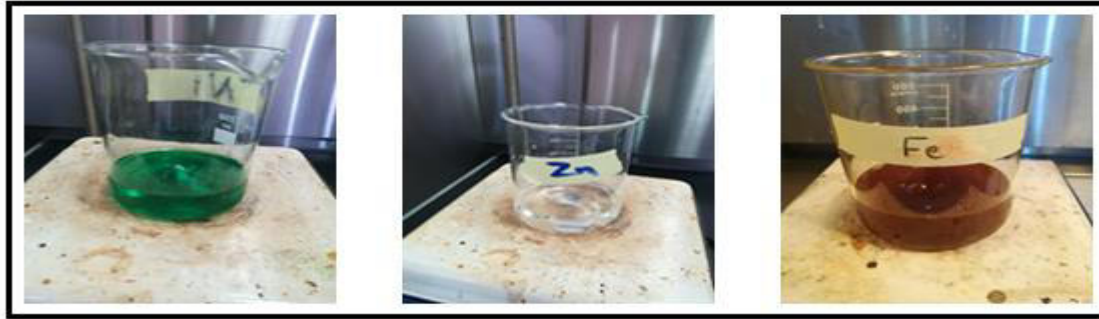
الجدول (3-3) يبين اوزن المواد المستخدمة في تحضير الفرايت نيكل زنك

X	Iron Chloride III FeCl_3 (g)	Znik Choride II ZnCl_2 (g)	Nickel Chloride $\text{NiCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (g)	Sodium Hydroxide NaOH (g)
0	32.442	0	23.717	5
1	32.442	1.3628	21.3939	5
2	32.442	4.0885	16.601	5
3	32.442	6.8143	11.858	5
4	32.442	9.5400	7.1151	5
5	32.442	12.2657	2.3717	5

(3-2-4-3) طريقة التحضير

لتحضير فرايت نيكل زنك $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ تم اعتماد طريقة الترسيب الكيميائي المشترك Co-Precipitation Method وتتلخص هذه الطريقة بالخطوات الآتية:

1. يتم اذابة كل من كلوريدات الحديد FeCl_3 في 200 مل من الماء المقطر، واذابة كلوريد الزنك الثنائي ZnCl_2 في 50 مل من الماء المقطر واذابة كلوريدات النيكل الثنائية في 50 مل من الماء المقطر كلا على حدة وبحسب الجدول (3-3) الموضح فيه نسب الاوزان للمواد تتم الاذابة في بيكرات زجاجية مختبرية مقاومة للحرارة باستخدام جهاز التحريك المغناطيسي Magnetic Stirrer ولمدة 20 دقيقة للحصول على اذابة للمحاليل 100% كما في الشكل (3- 9).



الشكل (3-9) بين مرحلة الاذابة للمواد المستخدمة لتحضير فرايت نيكل زنك

2. يتم خلط المحاليل مع بعض مع الاستمرار بالتحريك ولمدة 30 دقيقة الى ان نحصل على خليط متجانس كما بالشكل (3-10).



الشكل (3-10) مرحلة الخلط للمحاليل المذابة

3. يتم اذابة (5g) من هيدروكسيد الصوديوم ثم نبدأ بالتقطير ببطء باستخدام سحاحة زجاجية على الخليط المتجانس مع الاستمرار بالتحريك الى ان نحصل على خليط عند قيمة $\text{pH}=12$ كما بالشكل (3-11).



الشكل (11-3) مرحلة التقطير لهيدروكسيد الصوديوم على الخليط

4. بعدها يتم تسخين الخليط الى نحصل على ثبوت بدرجة الحرارة (90°C - 100°C) ولمدة ساعة كما بالشكل (12-3). الى ان نحصل على راسب.

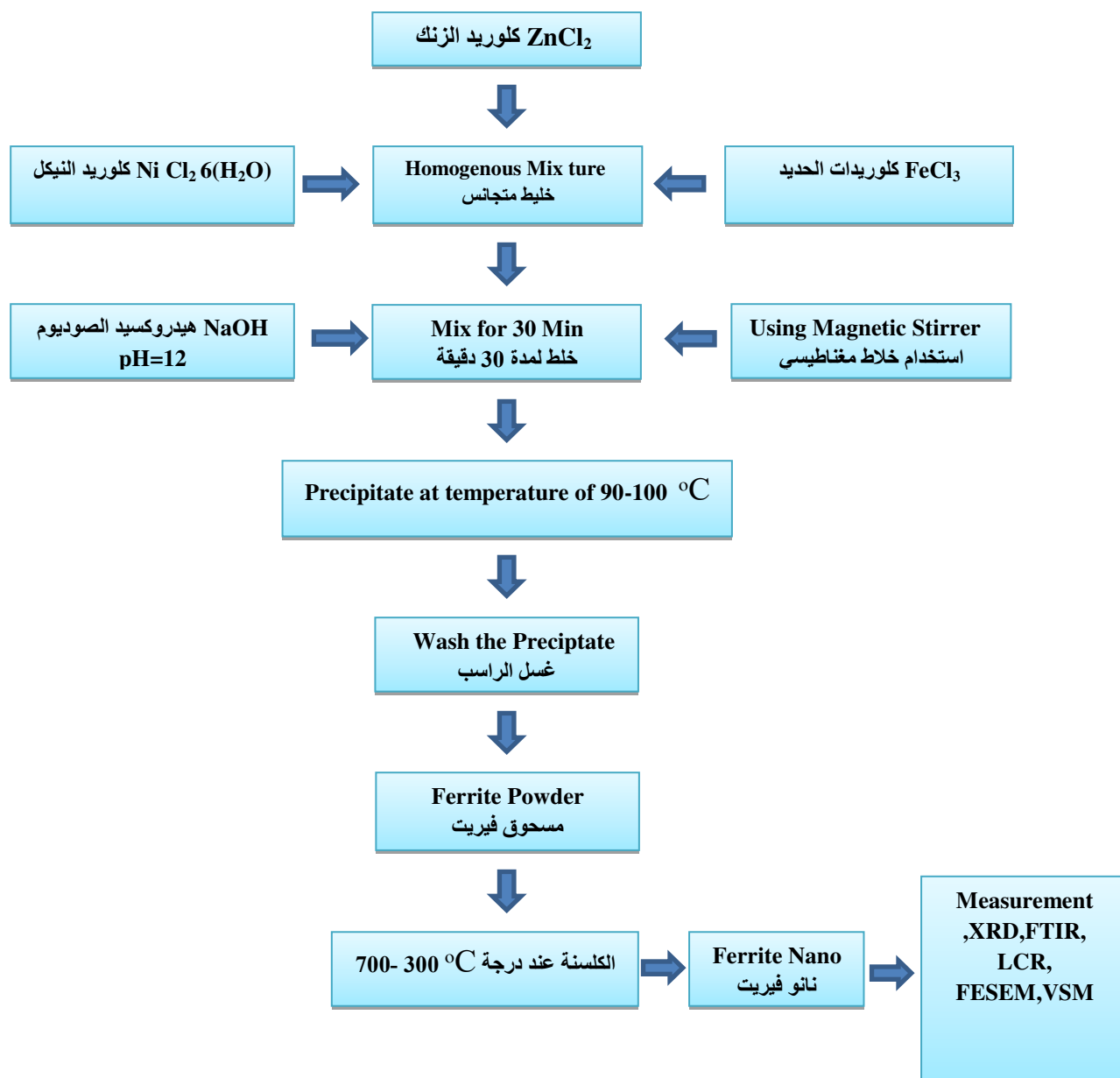


الشكل (12-3) مرحلة التسخين والحصول على الراسب

5. يتم تبريد الراسب وبعدها تبدأ مرحلة غسل الراسب بالماء المقطر ولعدة مرات وذلك لضمان التخلص من الاملاح بدرجة حرارة الغرفة وتتم بعدها عملية الكلسنة عند درجة حرارة (300°C و 700°C) لمدة ساعة للحصول على مسحوق المادة الفرايتية كما بالشكل (13-3).



الشكل (13-3) يبين مرحلة الغسل والتجفيف والحصول على الراسب الفرايتي .



(14-3) المخطط الانسيابي لتحضير الفرايت نيكل زنك

Thermal Treatment

(5-3) المعاملات الحرارية

بعد مرحلة الحصول على مسحوق الفرايت يتم اجراء عملية الكلسنة Calcinations Process للمسحوق وهي معاملة حرارية للمادة تحت الضغط الجوي الاعتيادي يتم التحكم في النظام الحراري للفرن من خلال وحدة التحكم وتم وضع المسحوق ($\text{CoZnFe}_2\text{O}_4$) فرايت كوبلت زنك داخل الفرن الكهربائي عند درجة حرارة (300°C) ولمدة ساعة واحدة بينما يتم كلسنة المسحوق $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$ فرايت نيكل زنك عند درجة حرارة (300 و 700°C) ويتم تعيين درجة الحرارة بالاعتماد على درجة انصهار المادة ويترك المسحوق داخل الفرن الى اليوم التالي ليبرد ان الغرض من عملية الكلسنة هو الحصول على نمو الاطوار للمادة الفرايتية وكذلك للتخلص من بعض الاكاسيد .

(6-3) تشكيل العينات

Formation of Samples

بعد مرحلة المعاملة الحرارية يتم اعداد العينات ويعتمد شكل العينة على نوع الفحص المطلوب، للقياسات الكهربائية يتطلب ان يكون شكل العينة على شكل اقراص ويتم كبسها باستخدام طريقة الكبس الجاف Dry pressing في مكبس هيدروليكي ، تم اخذ وزن 4g من السحوق المحضر لكلا المركبين وكبسه باستعمال قالب مصنوع من مادة Stainless Steel ذي قطر 2.5 cm وسماك 2mm وبتسليط ضغط مقداره 4000 طن ويترك القالب تحت هذا الضغط لمدة 5 دقائق ، والشكل (3-15) يوضح العينات التي شكلت على شكل اقراص.



الشكل (3-15) يوضح تشكيل العينات على شكل اقراص

(7-3) الفحوصات التركيبية

Structure Characterization

(1-7-3) قياس طيف حيود الاشعة السينية X-ray Diffraction Measurement

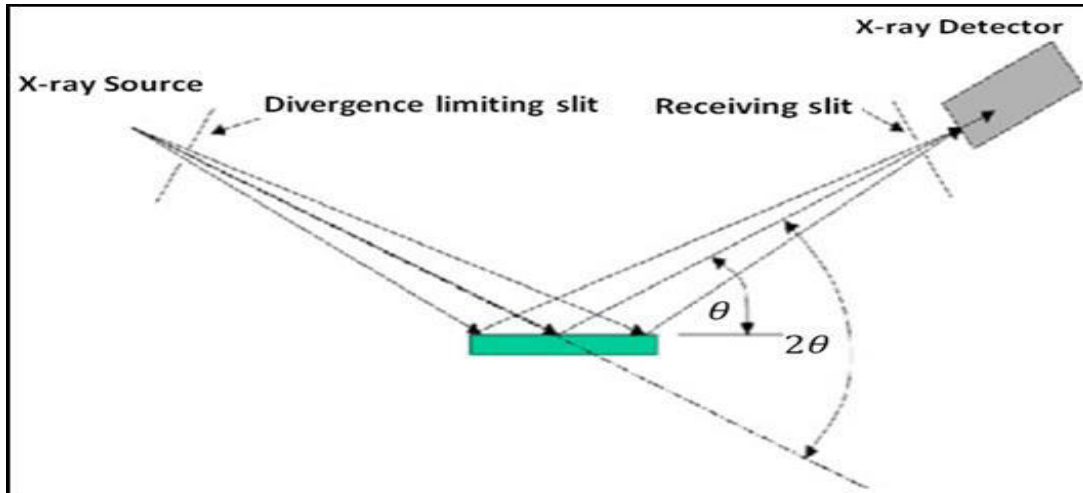
هي احدى التقنيات المستخدمة للحصول على معلومات حول البنية البلورية وكذلك الحصول على الخواص التركيبية للمواد ويستخدم في هذه التقنية جهاز حيود الاشعة السينية من نوع Shimadzu XRD-6000 (تم القياس في المختبر المركزي في كلية التربية ابن الهيثم) يعمل هذا الجهاز على فرق جهد 40 kV وتيار 30 mA علماً ان الطول الموجي 0.154 nm والهدف المستخدم $Cu-K_{\alpha 1}$ الشكل (3-16) يبين جهاز XRD المستخدم بالقياس وبمدى زاوي مقداره $(2\theta = 20^\circ - 80^\circ)$ والتي يحصل عندها التداخل البناء للموجات الساقطة على سطح المسحوق ومنها نستطيع ان نجد المسافة بين الاسطح البلورية وكذلك اقصى عرض لمنتصف الشدة FWHM والتي نجد الحسابات التركيبية ومقارنتها مع البطاقات الخاصة JCPDS التي من خلالها يتم التأكد من صحة البيانات التي تم الحصول عليها.



الشكل (16-3) جهاز حيود الاشعة السينية .

تتكون اجهزة حيود الاشعة السينية النموذجية من ثلاثة اجزاء رئيسية هي مصدر الأشعة السينية وحامل العينة وكاشف الاشعة السينية ،يقع المصدر والكاشف والبصريات المرتبطة به على محيط الدائرة وحامل العينة في المركز.

ان قانون براك هو اساس حيود الاشعة السينية XRD والزاوية بين مستوى العينة ومصدر الاشعة هي θ والمعروفة بزاوية براك في حين تمثل الزاوية بين اسقاط الاشعة السينية والكاشف 2θ ، والشكل (17-3) يبين المخطط التوضيحي لحيود الاشعة السينية أذ تمثل (2θ) الزاوية بين الاشعة الساقطة والاشعة المنعكسة [98].



الشكل (17-3) تمثيل تخطيطي لحيود الاشعة السينية

(8-3) تحولات فورير للأشعة تحت الحمراء

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

تم استخدام تقنية التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء لتحولات فوريريه وذلك للحصول على معلومات عن هيكلية انظمة الفرايت المحضرة، تم استخدام اطياف FTIR لتحديد مواقع نطاق الامتصاص من اطياف تحولات فوريريه لجميع العينات المحضرة فرايت كوبلت زنك $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ وفرايت نيكل زنك $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ حيث تم كلسنة المساحيق المحضرة عند درجتى حرارة (300°C , 700°C) على التوالي لقد تم استخدام جهاز طيف الاشعة عند نطاق موجة يتراوح (cm^{-1} 4000-250) وباستخدام (KBr) ويتم التعرف من خلال هذا القياس على الطور المتكون للفرايتات المحضرة تم اجراء القياسات FTIR في المختبر المركزي كلية العلوم جامعة ديالى والشكل (18-3) ادناه يوضح صورة لجهاز FTIR المستخدم بالقياس.



شكل (18-3) جهاز FTIR

(9-3) انبعاث المجال للمجهر الالكتروني الماسح

(FE-SEM) Field Emission-Scanning Electron Microscopes

يعد القياس بالمجهر الالكتروني الماسح بانبعاث المجال FESEM من القياسات شائعة الاستعمال لأنها تعطي قياسات دقيقة وصور، يستخدم هذا الجهاز لتصوير اسطح المواد والتي تعطي صور دقتها تصل الى مقياس النانومتر.

تم استخدام هذا الجهاز لفحص العينات المحضرة وملاحظة التشكل السطحي الفرايت كوبلت زنك $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ والفرايت نيكل زنك $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ والمحضرة عند قيم ($x = 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9$) على التوالي ولكلا المركبين حيث تمت الكلجنة بدرجة حرارة (300°C) لمركب كوبلت زنك فيرايت و(300°C و 700°C) لمركب نيكل زنك فيرايت. تمت عملية الفحص بالمجهر الالكتروني الماسح لانبعاث المجال FE-SEM عند درجة حرارة الغرفة باستخدام

النموذج (Mira3-XMU, TESCAN, japan) في مركز (Dey Petronic co) طهران – ايران، من خلال الفحص تم تحديد حجم الجسيمات للمساحيق المحضرة وكذلك التركيز على الهيكلية باستخدام هذا الجهاز والشكل (19-3) يوضح صورة لجهاز المجهر الالكتروني الماسح لانبعاث المجال المستخدم في الدراسة [99].



الشكل (19-3) جهاز FE-SEM .

(10-3) قياس الخصائص الكهربائية:

The Electrical Properties Measurement :

تعتمد الخصائص الكهربائية العزلية للمواد على تركيبها الكيميائي وحجم الجسيمات وهيكلها بالإضافة الى العديد من العوامل الخارجية مثل الضغط ودرجة الحرارة والرطوبة ويتم دراسة الخواص العزلية للمواد عند ترددات مختلفة باستخدام جهاز LCR- meter حيث يتضح من اسم الجهاز ان L تمثل محاث اساسي C السعة R المقاومة [100]، وعادة يتم استخدام جهاز LCR-meter لأجراء الفحوصات الخاصة بالقياسات الكهربائية وهو من نوع:

Gwinstek, LCR-8105G(50Hz-1MHz), GpIB, Rs-232, Taiwan كما مبين بالشكل (20-3)، اذ يتصل هذا الجهاز مع جهاز حاسوب من اجل اظهار البيانات الخاصة بالفحص للعينات على الشاشة الألكترونية مباشرة حيث امكن قياس ظل زاوية الفقد $\tan\delta$ ضمن مدى التردد (50Hz-2MHz) كذلك قياس المتغيرات ϵ' ، ϵ'' وتم قياس سعة العينات وثابت العزل أذ ان ϵ' ، ϵ'' هما الجزء الحقيقي والجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي [101].



الشكل (20-3) جهاز LCR meter

Magnetic Measurement

(11-3) الفحوصات المغناطيسية

تختلف انواع المواد التي تصنع منها الفرايتات باختلاف نوع التطبيقات التي تصنع من اجلها وعموما فأن الفرايتات تكون مفضلة كثيرا في التطبيقات التكنولوجية والطبية من خلال اجراء الفحوصات المغناطيسية باستخدام جهاز VSM (Vibrating Sample Magnetometer) يتم الحصول على حلقة الهسترة loop Hysteric وان حلقة الهسترة للمواد الصلدة Hard Ferrite تكون عريضة وهذا يدل على الزيادة في التخلفية المغناطيسية على عكس الفرايتات المرنة Soft Ferrite التي تكون حلقة الهسترة لها ضيقة وذلك بسبب نقصان التخلفية المغناطيسية وفي هذه الدراسة تم الحصول على الفحوصات المغناطيسية باستخدام هذا الجهاز عند درجة حرارة الغرفة للعينات المحضرة فرايت كوبلت زنك والفرايت نيكل زنك تم الفحص (LBKFB model Meghnatis Daghigh Kavir Company) في مركز Dey Petronic co في طهران -إيران.

ان من اهم مميزات الفحوصات المغناطيسية للفرايتات ايجاد حلقة الهسترة والتي تؤكد على امكانية استخدام المواد الفرايتية في التطبيقات المختلفة وان افضل الفرايتات التي تدخل في تطبيقات نقل الاشارة هي ذات حلقة الهسترة الضيقة وذلك لتجنب الخسارة الكبيرة بالطاقة وتم ايجاد حلقة الهسترة والتشبعية المغناطيسية Saturation Magnetization والنفاذية Permeability والقوة القهرية Force Corcivity والشكل (21-3) يوضح صورة الجهاز (VSM) المستخدم في القياس [27].



شكل (21-3) يوضح جهاز قياس الخواص المغناطيسية VSM

Medical Application

(12-3) التطبيق الطبي:

يعد استخدام عوامل التباين في التصوير بالرنين المغناطيسي اداة مهمة في التشخيص الطبي المرتبط بتشخيص الاعضاء الداخلية للجسم حيث تعمل عوامل التباين بشكل ملحوظ على تحسين التصوير خلال تعزيز معدلات الاسترخاء المغناطيسي للبروتونات المائية في الانسجة حيث يتم توزيعها على شكل مجمعات داخل الجسم لذلك تبدي استجابتها للمادة المغناطيسية [102] ، وفي هذه الدراسة سيتم استخدام المادة المحضرة مادة مناظرة لمادة الكادلينيوم المستخدمة في التصوير بالرنين المغناطيسي من خلال ما تمتلكه المادة المحضرة من خواص مغناطيسية وتركيبية متميزة.

بذلك اشتمل التطبيق الطبي للدراسة الحالية على اختيار افضل النسب للفرايتات المحضرة ولكلا المركبين فرايت كوبلت زنك وفرايت نيكل زنك أذ تم اختيار العينات اعتماداً على الخواص التركيبية بالإضافة الى الخواص المغناطيسية وذلك بعد التحقق من حجم الجسيمات من فحوصات FE-SEM وكذلك الخواص المغناطيسية التي تم الحصول عليها من فحص VSM وتم تطبيقها على جهاز الرنين المغناطيسي وهو احد الاجهزة الطبية التي تعمل على مبدأ المجالات المغناطيسية وتم استخدام الجسيمات المحضرة لدراسة امكانياتها كوسط تباين (Contrast Medium) في التصوير بالرنين المغناطيسي MRI، من اجل استخدام الجسيمات النانوية المحضرة في التطبيق الطبي يتوجب تحويل المساحيق المحضرة الى سائل مغناطيسي Fluid Ferro وحسب المراحل الاتية:

المرحلة الاولى:

1. تتلخص هذه المرحلة بتحويل المساحيق المحضرة الى سائل مغناطيسي ويتم ذلك من خلال اذابة المساحيق المحضرة وحسب القيم المبينة بالجدول (4-3) وحسب النسب التي تم اختيارها باستخدام مذيب (Solvent) Tetraethyl Ammonium hydroxide (TMAOH) رباعي مثيل هيدروكسيد الامونيوم وهو احد المذيبات الكيميائية وهو ملح امونيوم رباعي الصيغة الجزيئية $N(CH_3)_4OH$ يتمثل عادة كمحلول مركز في الماء او الميثانول غالبا ما يكون عديم الرائحة عندما يكون نقياً الا انه يحتوي على رائحة قوية ,وليس له تأثير سمية ولديه العديد من التطبيقات الصناعية والبحثية ، كثافته 91.154 غم/مول ، نقطة انصهاره (153 °C) يمتلك قابلية ذوبان عالية في الماء، تمت الاذابة للمساحيق النانوية المحضرة باختيار عينيتين من المادة المحضرة والتي تم اذابتها بالمذيب الغروي المستخدم مع الماء منزوع الايونات كما مبين في الجدول (4-3) للفرايت كوبلت زنك ، والجدول (5-3) للفرايت نيكل زنك .

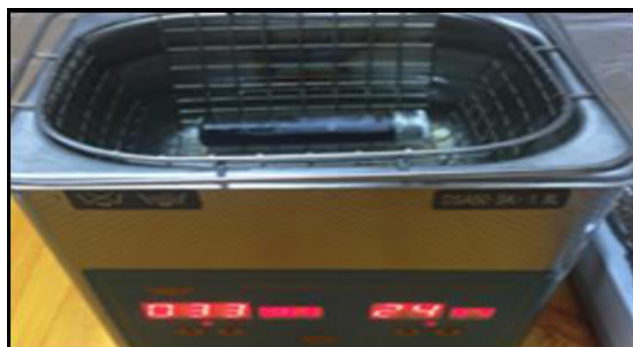
جدول (4-3) النسب التي تم اذابتها لفرايت كوبلت زنك

Sample	CoZnFe ₂ O ₄ (g)	TAMOH mL	Distilled water mL
A4	0.01	1	9
A5	0.01	1	9

الجدول (5-3) النسب التي تم اذابتها لفرايت نيكل زنك

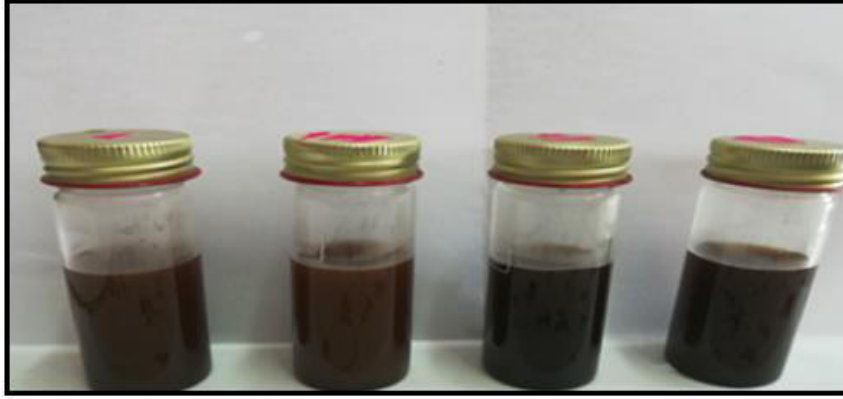
Sample	NiFe ₂ O ₄ (g)	TAMOH mL	Distilled Water mL
C3	0.01	1	9
C4	0.01	1	9

2. تمت عملية الاذابة للمساحيق باستخدام جهاز الموجات فوق الصوتية (Ultra-sonic) الموضح بالشكل (22-3) لمدة خمس ساعات الى ان يتم الحصول على تشتت للمادة دون ان تترسب.



الشكل (22-3) جهاز الموجات فوق الصوتية

تم الحصول على السائل المغناطيسي والعينات المبينة في الجدول والشكل (23-3) يوضح مرحلة الاذابة للعينات باستخدام المادة المذيبة والماء المقطر إذ تم اضافة الماء بصورة تدريجية من ثم تم اضافة المذيب TMAOH:



الشكل (23-3) مرحلة الحصول على المائع المغناطيسي .

المرحلة الثانية:

بعد مرحلة الحصول على السائل المغناطيسي تبدأ مرحلة اجراء التطبيق الطبي وتم اختيار دراسة تباين الوسط على الصور الناتجة من جهاز MRI من خلال استخدام المادة المحضرة كمادة تلوين على الانسجة الرخوة على الجرذان (Rat)، تم استخدام الفئران المختبرية من نوع (Albino rat) والتي تم شراؤها من بيت الحيوانات المختبرية (الجامعة المستنصرية /كلية طب اليرموك / المركز العراقي لبحوث السرطان والوراثة الطبية) تمت معيشتها في كلية الطب /جامعة ديالى /البيت الحيواني باستخدام اقفاص مختبرية بأحجام (25×25×40 cm) مع استخدام رقائق الخشب فراشاً للحفاظ على درجة الحرارة وتمت تغذيتها ب (Pellet) عند درجة حرارة (25-30 °C) في ظل دورة 12-12 ضوء- ظلام وكما مبين في الشكل (24-3) وتم اختيار الفئران المختبرية (rat) للدراسة بوزن 250 g وبعمر يتراوح بين 3-4 أشهر، كما تم اعتماد الاستمارة الخاصة ببروتوكول اخلاقيات البحث العلمي الرسمية لهذا الغرض والصادرة بموجب مقررات كلية العلوم / جامعة ديالى .



الشكل (3-24) الفئران المختبرية التي أجريت عليها الدراسة داخل الأقفاص المختبرية .

المرحلة الثالثة:

تتلخص هذه المرحلة بحقن الفئران المختبرية وكما في الشكل (3-25) إذ تم تخدير الفئران المختبرية بواسطة احد انواع المخدرات بجرعة 3 ملغم /كغم من وزن الجسم وذلك لضمان عملية اجراء فحص الرنين ثم بعدها الحقن بالمادة المحضرة (المائع المغناطيسي النانوي) كما بالشكل (3-26) والتي تم اختيارها اعتمادا على الخواص التركيبية والمغناطيسية والكهربائية وبحسب النسب المبينة بالجدول (3-4)(3-5).



الشكل (3-25) يبين مرحلة التخدير للفئران المختبرية .



الشكل (3-26) يبين مرحلة الحقن بالمائع النانوي المحضر.

بعد اجراء عملية التخدير والحقن للحيوان المختبري بالمائع المغناطيسي يتم اجراء الفحص لدراسة تعزيز التباين للصور الناتجة من جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي MRI من خلال وضع الحيوان المختبري داخل جهاز الرنين مع المحافظة على ضبط وقت التخدير وكما بالشكل (3-27).

ان مرحلة اعطاء الجرعة من الجسيمات النانوية المحضرة التي تم تحويلها الى المائع المغناطيسي بجرعة مقدارها 2.5 ملغم /كغم من وزن الجسم بعد فترة من مرحلة الحقن بالمادة مقدارها 15 دقيقة يتم اجراء الفحص بجهاز الرنين المغناطيسي حيث يحدث استقرار للجسيمات الكبيرة في منطقة معينة بينما تستطيع الجسيمات الاصغر من 30 نانو متر ان تصل الى المنطقة المراد تصويرها لتعطي صورة واضحة على جهاز MRI والتي عندها يحدث انخفاض كبير في وقت الاسترخاء T_2 والذي بدوره يعطي شدة للإشارة الناتجة عن الانسجة ذات الصلة بالتصوير بالرنين المغناطيسي [103].



الشكل (3-27) يوضح الحيوان المختبري داخل جهاز MRI .

الفصل الرابع

مناقشة النتائج والاستنتاجات

(1-4) المقدمة

Introduction

يتناول هذا الفصل عرض النتائج العملية للقياسات والفحوصات التي اجريت على المسحوق المحضر للمركبين فرايت كوبلت زنك $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ والفرايت نيكل زنك $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ والتي تم تحضيرها بطريقة الترسيب الكيميائي المشترك (Co-Precipitation Method) حيث تم اعتماد قيم $(x= 0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9)$ على التوالي ولكلا المركبين والتي من خلالها سيتم مناقشة النتائج واختيار افضل العينات لأجراء التطبيق الطبي وسيتم ادراجها في اربعة محاور اساسية هي:

المحور الاول: يتضمن هذا المحور دراسة الخصائص التركيبية للمركبين فرايت كوبلت زنك $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ والمركب فرايت نيكل زنك $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ والتي تشتمل على نتائج فحوصات حيود الاشعة السينية XRD ونتائج فحوصات FTIR ونتائج فحوصات FE-SEM.

المحور الثاني: يتضمن هذا المحور الخواص الكهربائية العزلية للمركبين فرايت كوبلت زنك $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ والمركب فرايت نيكل زنك $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ والتي اجريت باستخدام جهاز LCR meter والتي اشتملت على حساب الخواص العزلية للفرايتات المحضرة.

المحور الثالث: يتضمن هذا المحور دراسة الخصائص المغناطيسية للمركبات المحضرة من خلال فحوصات VSM حيث تم إيجاد حلقة الهستيرة للمركبات المحضرة ولكافة النسب وكذلك إيجاد التشعبية المغناطيسية M_S وحساب القوة القهرية H_C وحساب المغنطة المتبقية M_r .

المحور الرابع: يتضمن هذا المحور التطبيق الطبي الذي تم اعتماده بعد الحصول على النتائج وذلك من خلال اختيار افضل النسب المحضرة من الفرايتات من حيث الخواص التركيبية و الخواص المغناطيسية والخواص الكهربائية العزلية واشتمل التطبيق على استخدام الجسيمات النانوية المحضرة في احد الاجهزة الفيزيائية الطبية باستخدامه كمادة تلوين وكوسط تباين في جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي MRI (Magnetic Resonance Imaging).

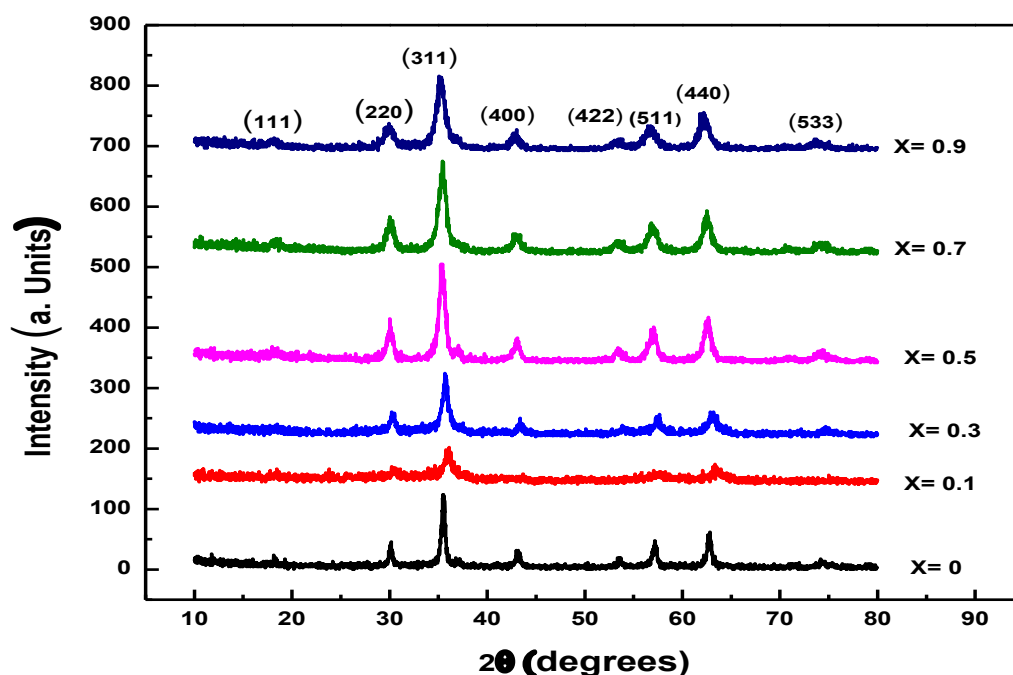
(2-4) نتائج القياسات التركيبية للمركبات المحضرة .

تتلخص الفحوصات التركيبية للمركبات المحضرة اعطاء معلومات عن التركيب البلوري للمساحيق المحضرة بالإضافة الى اعطاء هوية المادة عن طريق تقنية حيود الاشعة السينية XRD وكذلك طيف حيود الاشعة تحت الحمراء FTIR وكذلك فحوصات جهاز المجهر الالكتروني الماسح للانبعاث المجالي FE-SEM الذي يعطي معلومات عن التشكيل

السطحي للمواد والفرايتات المحضرة والتي تمت كلستها بدرجة حرارة (300 °C) لفرايت كوبلت زنك وبدرجة حرارة (300 و 700 °C) لفرايت نيكل زنك ولمدة ساعة.

(1-2-4) نتائج فحوصات حيود الاشعة السينية للمركب فرايت كوبلت زنك

تم اجراء قياسات حيود الاشعة السينية (XRD) للعينات المحضرة لفرايت كوبلت زنك حسب الصيغة الكيميائية $Co_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ وبحسب النسب لقيم (x=0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9) على التوالي والتي تم تحضيرها بطريقة الترسيب الكيميائي المشترك عند درجة حرارة 300 °C ومن خلال النتائج للفحوصات ظهرت قمم واضحة ضمن المدى ($2\theta=10-80$) ان القمم تعود للمستويات البلورية (111,220,311,400,422,511,440,533) كما موضحة بالشكل (1-4) وتشير القمم الظاهرة في الشكل الى طبيعة التركيب البلوري لمسحوق الفرايت هو نوع التركيب المكعب المتمركز الواجه FCC ومع زيادة استبدال الزنك Zn نلاحظ نشوء تركيب الأسبنل مع مرحلة واحدة لجميع بدائل الزنك وعند زيادة درجة الحرارة يزداد عند 300 °C يزداد عرض منتصف الشدة العظمى للمستويات البلورية مما يشير الى صغر حجم الدقائق الفرايتية المحضرة حتى تصل للحاجم النانوية التي تتراوح بين (8.5-20.2nm) ومن خلال النتائج وجد انها تتطابق مع البطاقة القياسية (ICSD 00-022-1086) للفرايت $CoFe_2O_4$ النقية عند قيمة (x=0)، كذلك ان النتائج تؤكد تركيب الأسبنل المكعب احادي الطور group (Fd-3m) اما البطاقة القياسية (ICSD 00-022-1012) والتي تعود الى Zn المستبدل بالكوبلت $ZnFe_2O_4$ كما نلاحظ ان اقوى حيود يكون عند الذروة (311) ولجميع العينات بشكل عام وينتج تحويل طفيف في موضع الذروة مع مجموعة مستوى عرض الذروة والذي ينتج بسبب الاختلاف في طبيعة الكاتيونات المعدنية، اما قيم ثابت الشبكة للعينات المحضرة والتي قيمها بين (8.373-8.430 Å) وهذا يتفق مع الباحث [104].



الشكل (1-4) انماط حيود الاشعة السينية للفرات كوبلت زنك $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ عند درجة حرارة 300°C .

(1-1-2-4) ثابت الشبكة

Lattice constant

تم حساب ثابت الشبكة للعينات المحضرة باستخدام المعادلة (12-2) وذلك من خلال الاعتماد على قيمة المسافة بين المستويات البلورية (d-spacing)، يحدث التغيير في القيم لثابت الشبكة مع زيادة تركيز الزنك وكما مبين في الجدول (1-4)، والناتج بسبب اشغال ايونات الزنك (Zn^{+2}) في موقعي رباعي السطوح (A-site)، واشغال ايونات الكوبلت (Co^{+3}) في موقع ثماني السطوح (B-site). ومن النتائج وكما مبين في الجدول (1-4) نلاحظ تغيير قيم ثابت الشبكة مع زيادة تركيز الزنك وهذا يتفق مع الباحث [105].

(2-1-2-4) الحجم الحبيبي

تم قياس الحجم الحبيبي باستخدام معادلة شيرر (13-2) من خلال معرفة عرض منتصف الشدة FWHM للمستوى (311) وكما في الجدول (1-4) ومن خلال النتائج التي تم حسابها نلاحظ ان جميعها تقع ضمن الحجم النانوي وان الحجم الحبيبي يقل مع زيادة تركيز الزنك حيث نلاحظ النقصان بالحجم الحبيبي وهذا يعود الى طريقة التحضير باستخدام المواد غير المائية وكذلك الترسيب الكيميائي ساعد على تحضير مواد فرايئية باحجام نانوية وهذا يتفق مع الباحث [106].

جدول (1-4) بين قيم ثابت الشبكة والحجم الحبيبي للفرايت كوبلت زنك $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$

Sample العينة	Molur ratio النسبة المولارية	Composition	2 θ	FWHM	a Å ثابت الشبكة	D (nm) الحجم الحبيبي
A1	0	CoFe_2O_4	35.5279	0.4110	8.373	20.2
A2	0.1	$\text{Co}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$	35.9820	0.8500	8.370	14.8
A3	0.3	$\text{Co}_{0.7}\text{Zn}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$	35.726	0.6317	8.328	12.6
A4	0.5	$\text{Co}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$	35.404	0.773	8.401	10.8
A5	0.7	$\text{Co}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{Fe}_2\text{O}_4$	35.4175	0.945	8.397	9.07
A6	0.9	$\text{Co}_{0.1}\text{Zn}_{0.9}\text{Fe}_2\text{O}_4$	35.267	1.060	8.430	8.5

(3-1-2-4) الكثافة النظرية والكثافة الظاهرية والمسامية للفرايت كوبلت زنك .

لقد تم حساب الكثافة النظرية ($\rho_{x\text{-ray}}$) للفرايت حسب المعادلة (2-14) والكثافة الظاهرية ($\rho_{\text{bulk}} \text{ gm/cm}^3$) حسب المعادلة (2-15) ولجميع العينات المحضرة للفرايت كوبلت زنك مع حساب المسامية حسب المعادلة (2-16) حيث اظهرت النتائج وكما مبين في الجدول ان قيم الكثافة الظاهرية، قيم الكثافة النظرية تكون متقاربة والتي تعطي قيم دقيقة للمسامية وان التغير في قيم الكثافة للعينات مع زيادة تركيز الزنك والذي يجب ان يكون بسبب الوزن الذري للزنك مقارنة مع الكوبلت (2-4).

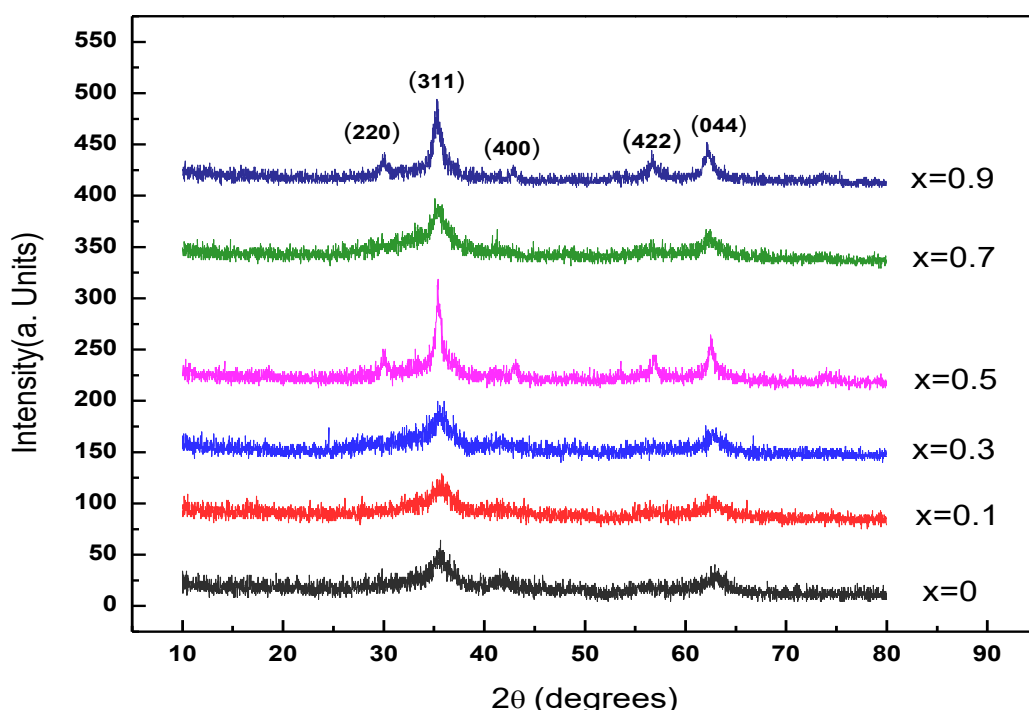
جدول (2-4) يوضح قيم الكثافة الظاهرية والكثافة النظرية والمسامية للفرايت كوبلت زنك

Sample العينة	Molur ratio النسبة المولارية	Composition	الكثافة الظاهرية $\rho_{\text{bulk}} \text{ gm/cm}^3$	الكثافة النظرية $\rho_{x\text{-ray}} \text{ gm/cm}^3$	P % المسامية
A1	0	CoFe_2O_4	2.79	4.76	43.27
A2	0.1	$\text{Co}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$	2.96	4.82	39.83
A3	0.3	$\text{Co}_{0.7}\text{Zn}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$	2.64	4.78	45.60
A4	0.5	$\text{Co}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$	2.66	4.60	43.47
A5	0.7	$\text{Co}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{Fe}_2\text{O}_4$	2.51	4.74	47.25
A6	0.9	$\text{Co}_{0.1}\text{Zn}_{0.9}\text{Fe}_2\text{O}_4$	2.70	4.72	42.79

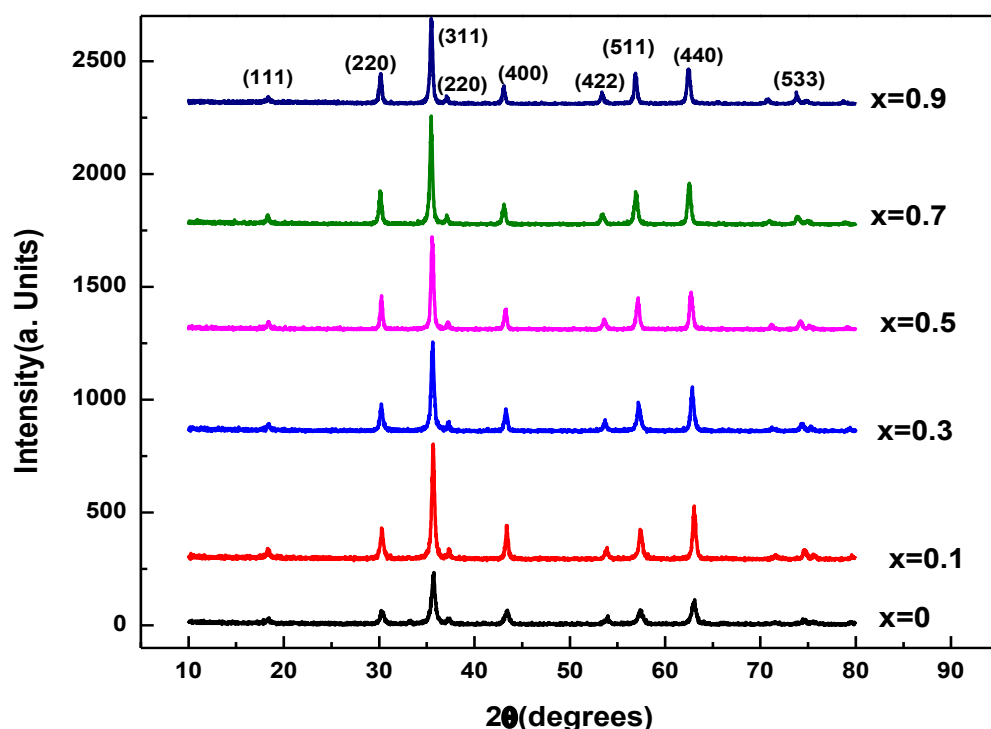
(2-2-4) نتائج فحوصات حيود الأشعة السينية للمركب فرايت نيكل زنك .

من خلال فحوصات حيود الأشعة السينية للعينات المحضرة لفرايت نيكل زنك $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ولقيم x (0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9) على التوالي لقد اوضحت النتائج وكما مبين في الشكلين (2-4) (3-4) ، والذي يبين انماط حيود الأشعة السينية XRD للفرايت نيكل

زنك عند درجتي حرارة (300-700 °C) على التوالي ، فعند درجة الحرارة (300 °C) وجد ان القمم العريضة في انماط XRD من فرايت النيكل المستبدل بالزنك تشير الى المرحلة غير المتبلورة كما وجد ظهور قمم تعود للسطوح (220) (311) (400) (422) (044) والتي وجد انها توافق بين انماط الحيود للأشعة السينية لفرايت نيكل النقية مع البطاقة القياسية (ICDS 00-054-0964) اما عند درجة حرارة 700 °C فيتم ملاحظة تبلور المادة الفرايتية وظهور القمم التي تعود للسطوح (533) (511) (422) (400) (311)(220) (222) (311) (111) والتي تتوافق مع البطاقة القياسية (ICDS 01-070-6496) ومن خلال ظهور القمة (311) وفي كلتا الحالتين مما يدل على تشكل مرحلة السبيل بالنسبة للعينات المحضرة عند درجة حرارة 300 °C ولكن نلاحظ ان القمم تكون عريضة مقارنة بالعينات المكلسنة عند درجة حرارة 700 °C وعندها تظهر قمم اكثر حدة وهذا يشير الى زيادة التبلور والى نمو حبيبي لدقائق الفرايت مع زيادة درجة حرارة الكلسنة والذي ينتج عنه زيادة في الحجم الحبيبي مع زيادة درجة الحرارة وهذا يتوافق مع الباحث [107].



الشكل (2-4) انماط حيود الاشعة السينية لعينات فرايت النيكل زنك المحضر بدرجة حرارة 300 °C .



الشكل (3-4) انماط حيود الاشعة السينية لفرايت نيكل زنك المحضر بدرجة حرارة 700 °C .

Lattice Constant

(1-2-2-4) ثابت الشبكة

تم حساب ثابت الشبكة للعينات لفرايت نيكل زنك المحضرة عند درجة حرارة (300 °C) باستخدام المعادلة (12-2) وحسب النتائج المبينة في الجدول (3-4) ، والذي يؤكد تشكل الطور البلوري المكعب وان تشكيل تركيب السبيل من خلال ظهور القمة (311) مع زيادة كبيرة في قيمة عرض منتصف الشدة (FMHW) والذي يدل على عدم تبلور المادة ومن خلال النتائج نلاحظ تباين القيم لثابت الشبكة مع زيادة تركيز الزنك إذ أدت ايونات الزنك البديلة الى زيادة في ثابت الشبكة وهذا يتفق مع الباحث [34] كما بالشكل (2-4)، اما نتائج فحص حيود الاشعة السينية عند درجة الحرارة (700 °C) فنلاحظ ظهور القمم لأعلى شدة وهذا يدل على تبلور المادة عند زيادة درجة الحرارة وكما مبين بالشكل (3-4) كما تم حساب ثابت الشبكة والذي يؤكد على تباين القيم مع زيادة نسب الزنك Zn^{+2} وكما مبين بالجدول (4-4).

Grain Size

(2-2-2-4) الحجم الحبيبي

تم حساب الحجم الحبيبي للعينات المحضرة لفرايت نيكل زنك عند درجة حرارة 300 °C باستخدام معادلة شيرر (13-2) وحسب القيم المبينة في الجدول (3-4) حيث تؤكد القيم الحجم النانوي للعينات المحضرة مع ظهور القمة (311) التي تؤكد الطور المغزلي للعينات ، اما عند زيادة درجة حرارة الكلسنة

فلاحظ زيادة الحجم الحبيبي وهذا يشير الى زيادة التبلور والى نمو دقائق الفرايت مع زيادة درجة حرارة وهذا يتفق مع الباحث [108].

جدول (3-4) بين قيم ثابت الشبكة والحجم الحبيبي للفرايت نيكل زنك $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ عند درجة حرارة $300^\circ C$

Sample العينة	Molar ratio النسبة المولارية	Composition المركب	2 θ	FWHM	a Å ثابت الشبكة	D (nm) الحجم الحبيبي
B1	0	NiFe ₂ O ₄	35.662	1.25	8.341	6.9
B2	0.1	Ni _{0.9} Zn _{0.1} Fe ₂ O ₄	35.677	0.960	8.337	9.1
B3	0.3	Ni _{0.7} Zn _{0.3} Fe ₂ O ₄	35.116	0.559	8.467	14.3
B4	0.5	Ni _{0.5} Zn _{0.5} Fe ₂ O ₄	35.494	0.660	8.381	13.2
B5	0.7	Ni _{0.3} Zn _{0.7} Fe ₂ O ₄	35.417	1.280	8.394	7.2
B6	0.9	Ni _{0.1} Zn _{0.9} Fe ₂ O ₄	35.327	0.940	8.417	14.5

جدول (4-4) بين قيم ثابت الشبكة والحجم الحبيبي للفرايت نيكل زنك $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ عند درجة حرارة $700^\circ C$

Sample العينة	Molar ratio النسبة المولارية	Composition المركب	2 θ	FWHM	a Å ثابت الشبكة	D (nm) الحجم الحبيبي
C1	0	NiFe ₂ O ₄	35.705	0.444	8.331	20.8
C2	0.1	Ni _{0.9} Zn _{0.1} Fe ₂ O ₄	35.683	0.331	8.337	23.1
C3	0.3	Ni _{0.7} Zn _{0.3} Fe ₂ O ₄	35.623	0.354	8.351	24.2
C4	0.5	Ni _{0.5} Zn _{0.5} Fe ₂ O ₄	35.593	0.329	8.357	25.1
C5	0.7	Ni _{0.3} Zn _{0.7} Fe ₂ O ₄	35.476	0.314	8.382	27.1
C6	0.9	Ni _{0.1} Zn _{0.9} Fe ₂ O ₄	35.494	0.304	8.374	27.4

(3-2-2-4) الكثافة النظرية والكثافة الظاهرية والمسامية للفرايتات .

تم حساب الكثافة النظرية والكثافة الظاهرية والمسامية للفرايت نيكل زنك باستخدام المعادلات (14-2)(15-2)(16-2) على التوالي وكما مبين في الجدول (4-5) عند درجة حرارة ($300^\circ C$) (14-2) والجدول (4-6) عند درجة حرارة $700^\circ C$ ، حيث نلاحظ القيم المتقاربة بين قيم الكثافة الظاهرية والكثافة النظرية والتي اعتمدت عليها قيم المسامية للفرايت ، ان المسامية تتناسب عكسيا مع الكثافة الظاهرية وان حجم الايونات المعوضة لها دور ايضا فاذا كانت ذات حجم او نصف قطر اكبر من الايون المعوض فانها تزيد من المسامية وان كانت ذات نصف قطر اقل تقل المسامية لان الدقائق الصغيرة يمكنها من الدخول بالفراغات بين الايونات ذات نصف القطر الاكبر وبالتأكيد فان زيادة درجة الحرارة تزيد من الانحناء البلوري والحجم الحبيبي فالدقائق الصغيرة تنتشر بين الدقائق الكبيرة او بداخلها فتقل المسافات وتزيد الكثافة [109]، وكلما زاد النمو الحبيبي مع زيادة درجة الحرارة تزداد الكثافة وتقل المسامية ، والجدول (4-6) يوضح قيم الكثافة والمسامية للفرايت المحضر.

الجدول (4-5) بين قيم الكثافة النظرية والكثافة الظاهرية والمسامية للفرايت نيكل زنك عند درجة حرارة 300 °C .

Sample العينة	Molur ratio النسبة المولارية	Composition المركب	الكثافة الظاهرية $d_{bulk} \text{ gm/cm}^3$	الكثافة النظرية $d_{theo} \text{ gm/cm}^3$	P % المسامية
B1	0	NiFe ₂ O ₄	2.80	4.77	41.2
B2	0.1	Ni _{0.9} Zn _{0.1} Fe ₂ O ₄	2.60	4.78	45.6
B3	0.3	Ni _{0.7} Zn _{0.3} Fe ₂ O ₄	2.76	4.70	42.55
B4	0.5	Ni _{0.5} Zn _{0.5} Fe ₂ O ₄	2.93	4.6	36.9
B5	0.7	Ni _{0.3} Zn _{0.7} Fe ₂ O ₄	2.76	4.74	43.03
B6	0.9	Ni _{0.1} Zn _{0.9} Fe ₂ O ₄	2.72	4.73	42.9

الجدول (4-6) بين قيم الكثافة النظرية والكثافة الظاهرية والمسامية للفرايت نيكل زنك عند درجة حرارة 700 °C.

Sample العينة	Molur ratio النسبة المولارية	Composition المركب	الكثافة الظاهرية $d_{bulk} \text{ gm/cm}^3$	الكثافة النظرية $D_{theo} \text{ gm/cm}^3$	P % المسامية
C1	0	NiFe ₂ O ₄	2.74	4.78	43.51
C2	0.1	Ni _{0.9} Zn _{0.1} Fe ₂ O ₄	2.88	4.77	41.29
C3	0.3	Ni _{0.7} Zn _{0.3} Fe ₂ O ₄	2.81	4.75	41.2
C4	0.5	Ni _{0.5} Zn _{0.5} Fe ₂ O ₄	3.03	4.67	40.04
C5	0.7	Ni _{0.3} Zn _{0.7} Fe ₂ O ₄	2.76	4.76	40.02
C6	0.9	Ni _{0.1} Zn _{0.9} Fe ₂ O ₄	2.82	4.62	38.96

(3-4) الخواص التركيبية للفرايتات المحضرة FTIR

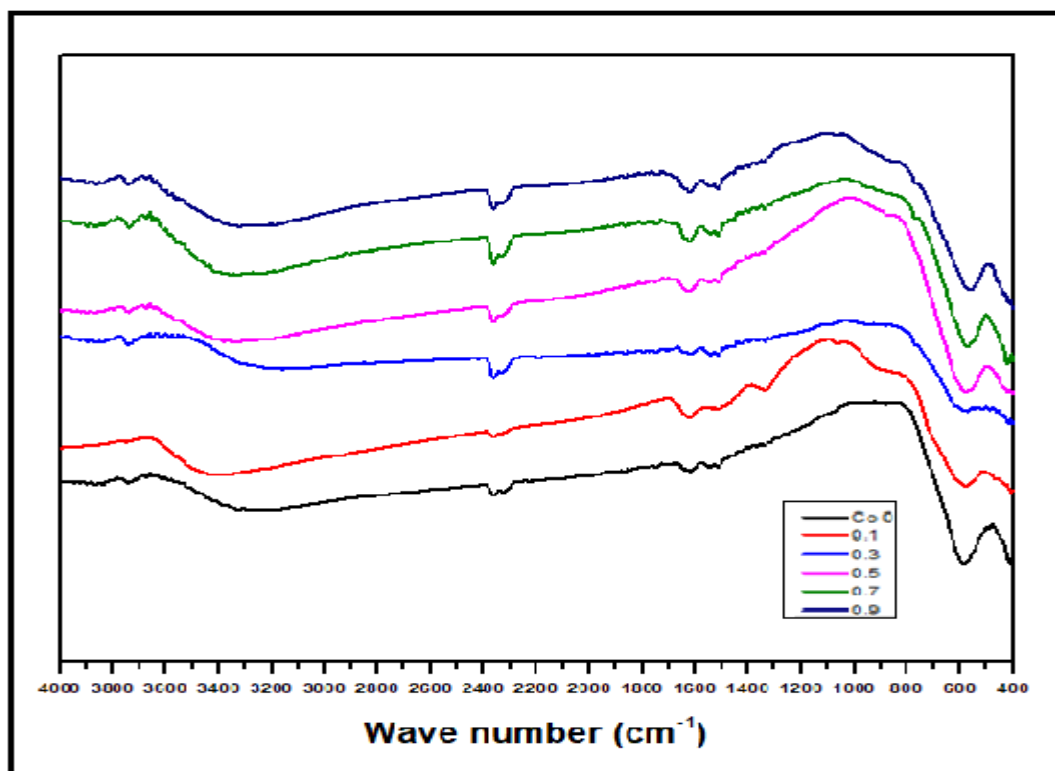
(1-3-4) نتائج فحوصات FTIR لفرايت كوبلت زنك CoZnFe₂O₄ .

تم اجراء فحوصات طيف الاشعة تحت الحمراء للعينات المحضرة باستخدام جهاز FTIR في حدود ($4000-400\text{cm}^{-1}$) وكما مبين في الشكل (4-4) حيث نلاحظ تشكل الاطياف حول اهتزاز الشبيكة وان النطاقات التي تتراوح بين ($3531.01-3022.1\text{cm}^{-1}$) تعزى الى وجود اهتزاز لمجموعة الهيدروكسيد (OH) اما نطاقات المجموعة ضمن الحدود ($1413.5-1246.6\text{cm}^{-1}$) فأنها تعزى الى سلسلة (CO) اما اطياف الاهتزاز ضمن المدى ($1664.6-1524.6\text{cm}^{-1}$) فأنها ناتجة بسبب مجموعة الكلوريدات ، كما يمكن ملاحظة نمط الاهتزاز بين ($600-250\text{cm}^{-1}$) والتي تعزى الى بنية الفرايت السبيل ، حيث نلاحظ ظهور القمم بكثافة ضمن هذه الحدود وهذا دليل على نقاوة المادة المحضرة كذلك تشير هذه القمم الى الفرايت المحضر هي مادة غير عضوية ومن المعروف طيفيا ان القمم الطيفية للمواد اللاعضوية تكون اكثر وضوحا بعد العدد الموجي (1000cm^{-1}) ، اما القمم التي تظهر قبل هذا المدى فتشير للمواد العضوية، ان اطياف الاشعة تحت الحمراء لفرايت الكوبلت زنك تعرض نمطين للموجة الاول (ν_T) والذي يعود الى الاهتزاز الممتد للروابط المعدنية رباعي السطوح

(Tetrahedral) بينما يشير نمط الاهتزاز (ν_B) الى مواقع (Octahedral) أن نطاق الامتصاص ν_T A-site اكبر من ν_B B-site بسبب الوضع لموقع رباعي السطوح أعلى من موقع ثماني السطوح، والجدول (7-4) يبين قيم انماط الاهتزاز ν_B ، ν_T [109].

جدول (7-4) نتائج FTIR لفرايت كوبلت زنك عند درجة حرارة 300 °C

Sample	Molar ratio	Composition	$\nu_T \text{ cm}^{-1}$	$\nu_B \text{ cm}^{-1}$
A1	0	CoFe_2O_4	591.1	493.7
A2	0.1	$\text{Co}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$	585.2	487.1
A3	0.3	$\text{Co}_{0.7}\text{Zn}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$	577.6	480.2
A4	0.5	$\text{Co}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$	542.7	473.0
A5	0.7	$\text{Co}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{Fe}_2\text{O}_4$	563.5	489.1
A6	0.9	$\text{Co}_{0.1}\text{Zn}_{0.9}\text{Fe}_2\text{O}_4$	556.8	473.0



الشكل (4-4) يبين اطياف FTIR لفرايت كوبلت زنك عند درجة حرارة 300°C .

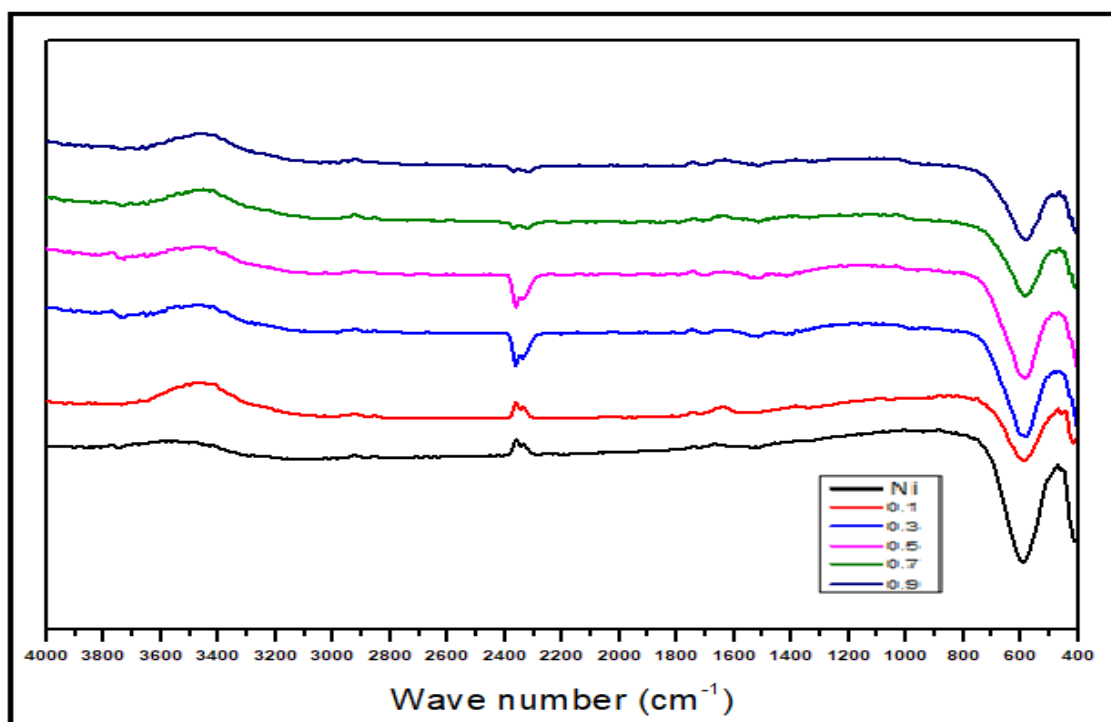
(2-3-4) الخواص التركيبية للفرايت نيكل زنك $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$

تم دراسة التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء للفرايت نيكل زنك $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$ عند درجة (300 °C - 700) ومن خلال النتائج لفحص FTIR وجد النطاقات التي تقع ضمن الحدود ($600 - 400 \text{ cm}^{-1}$) تعود الى وجود مجمعات رباعي السطوح في حين توضح النطاقات

ضمن الحدود ($583-563 \text{ cm}^{-1}$) الى مجمعات ثماني السطوح كما موضح بالشكل (4-5) عند درجة حرارة (700°C)، وان الوضع الاهتزازي لعنصر رباعي السطوح اكبر مقارنة من عنصر ثماني السطوح والسبب هو ان مجمعات ثماني السطوح تمتلك رابطة اطول من رابطة رباعي السطوح وفقا للتكوين الهندسي للفرايت، ان الأيونات المعدنية اقرب الى أيونات الاوكسجين ضمن الشبكتين الفرعيتين موقع رباعي السطوح A وموقع ثماني السطوح B، حيث ان نطاقات الامتصاص ضمن المدى ($587-557 \text{ cm}^{-1}$) ($383-363 \text{ cm}^{-1}$) ظهرت بسبب اهتزازات ايونات المعادن والاكسجين في موقعي رباعي السطوح وموقع ثماني السطوح وبشكل عام يعتمد التردد الاهتزازي على كتلة الايونات وقوة الترابط بين مسافة الأيون والاكسجين والجدول (4-8) يوضح حدود نطاقات الامتصاص للمركب كما نلاحظ ان القيم تظهر ضمن المدى ($600-400 \text{ cm}^{-1}$) وهذه دلالة على ان الفرايتات المحضرة هي مواد غير عضوية وحسب النسب المبينة والتي تتفق مع الباحث [50].

جدول (4-8) نتائج FTIR لفرايت نيكل زنك عند درجة حرارة 700°C .

Sample	Molar ratio	Composition	$\nu_T \text{ cm}^{-1}$	$\nu_B \text{ cm}^{-1}$
C1	0	NiFe_2O_4	583.6	421.7
C2	0.1	$\text{Ni}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$	574.3	428.0
C3	0.3	$\text{Ni}_{0.7}\text{Zn}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$	586.8	421.7
C4	0.5	$\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$	593.0	415.5
C5	0.7	$\text{Ni}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{Fe}_2\text{O}_4$	580.6	428.0
C6	0.9	$\text{Ni}_{0.1}\text{Zn}_{0.9}\text{Fe}_2\text{O}_4$	574.3	402.3

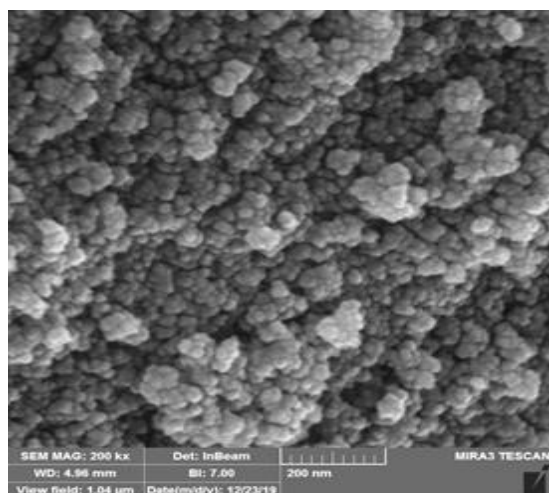
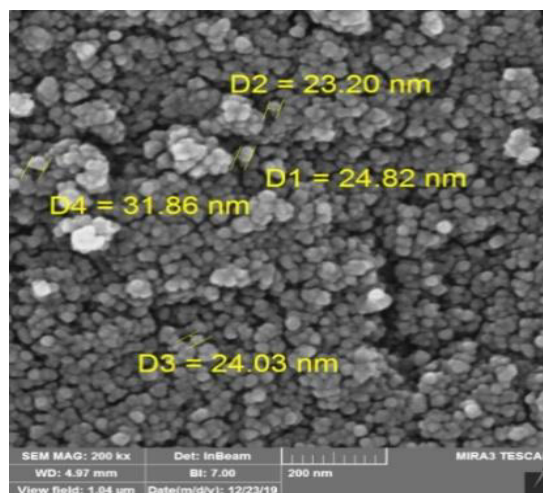
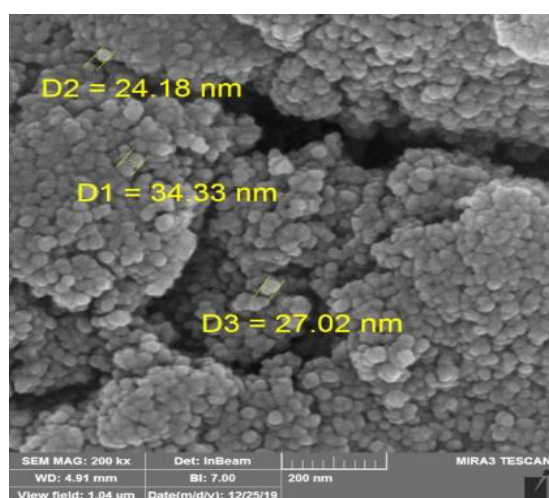
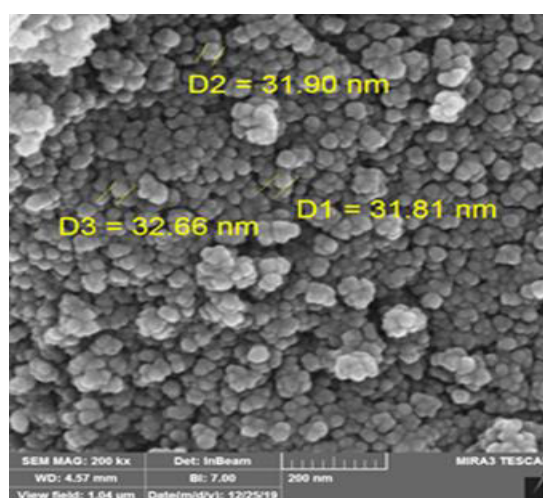
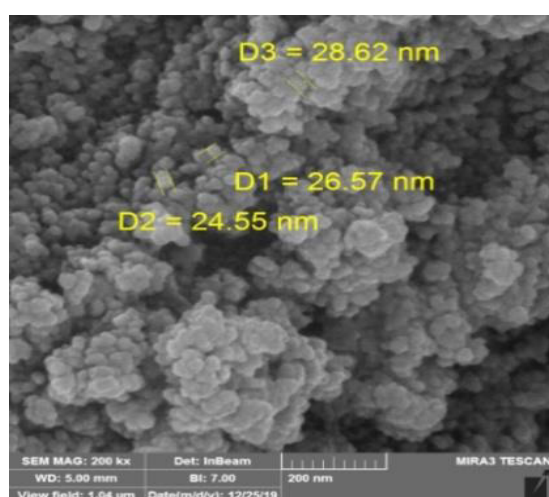
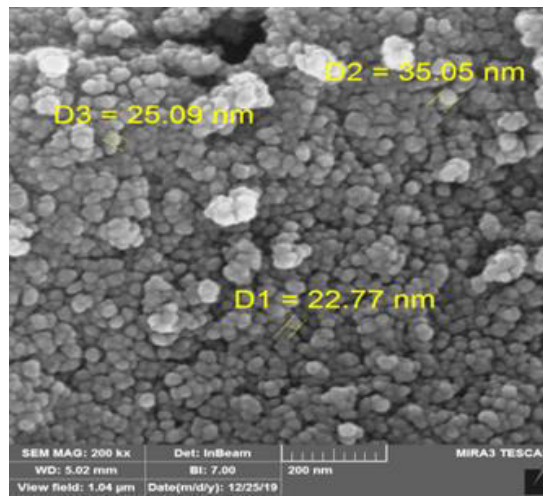


الشكل (4-5) يبين طيف FTIR لفرايت النيكل زنك عند درجة حرارة 700 °C .

(4-4) نتائج الفحوصات التركيبية المجهر الالكتروني الماسح للانبعاث المجالي FE-SEM .

(1-4-4) نتائج فحوصات FE-SEM للمركب CoZnFe.

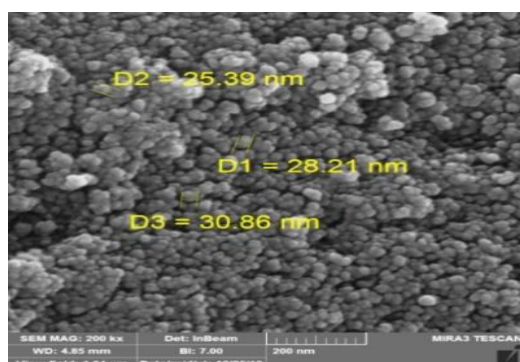
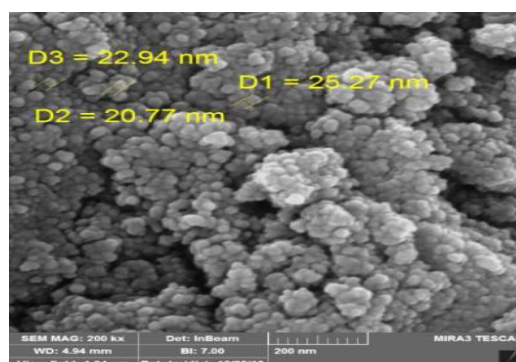
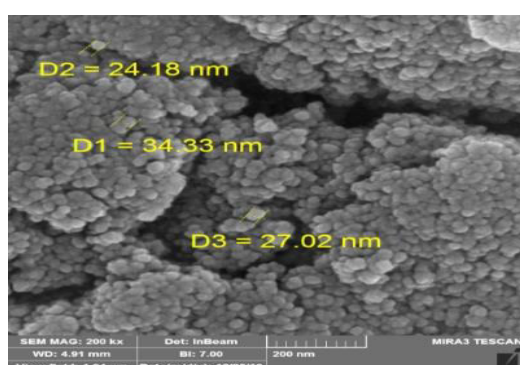
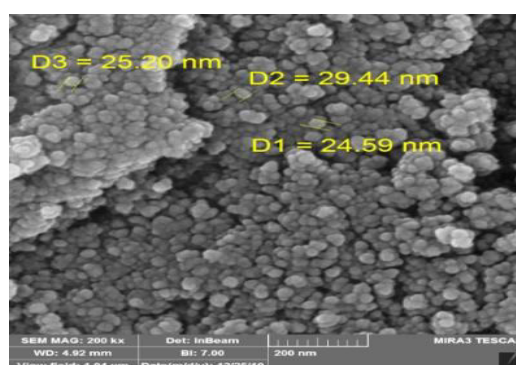
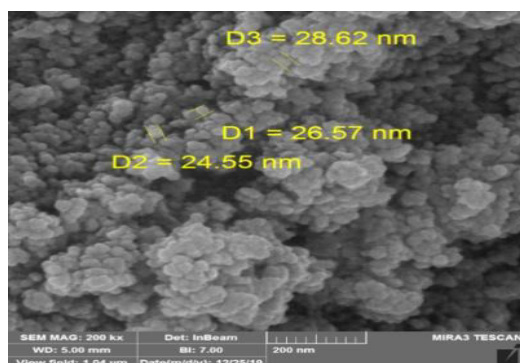
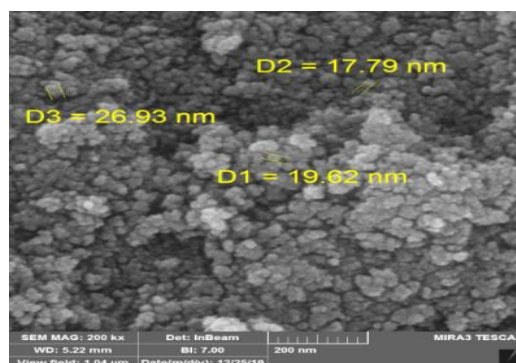
تم دراسة فحوصات FE-SEM للمركب $\text{CoZnFe}_2\text{O}_4$ والتي تُقدم دليلاً على التكوين والمسامية للجسيمات النانوية ولجميع النسب ، حيث أظهرت النتائج ان الجسيمات تمتلك تركيباً هيكلياً واحد أحادي كروي مع توزيع ضيق لحجم الجسيمات النانوية كما نلاحظ التكتل المتجانس للجسيمات الكروية الدقيقة حيث ان الجسيمات ذات الحجم الاصغر تمتلك مغنطة دائمة وبالتالي فإن كل جسيم يمتلك تمغنطاً دائم والذي يظهر من التكتل والتجمع بين الجسيمات والشكل (4-6) يوضح نتائج الفحوصات FE-SEM عند قيم x (0.0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9) على التوالي والتي تظهر جميعها ضمن المدى النانوي والذي يعود الى نقاوة المواد المستخدمة وكذلك الى طريقة التحضير [110] .

 CoFe_2O_4  $\text{Co}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$  $\text{Co}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$  $\text{Co}_{0.7}\text{Zn}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  $\text{Co}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{Fe}_2\text{O}_4$  $\text{Co}_{0.1}\text{Zn}_{0.9}\text{Fe}_2\text{O}_4$

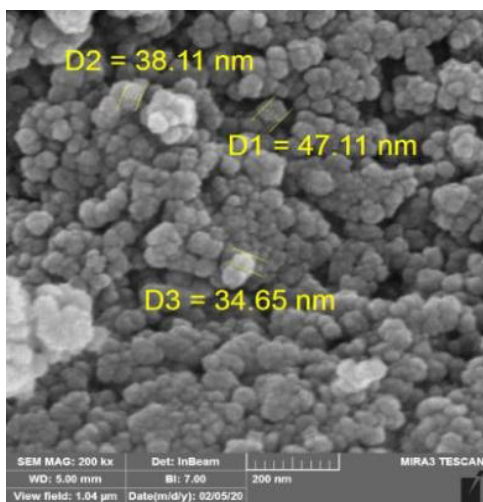
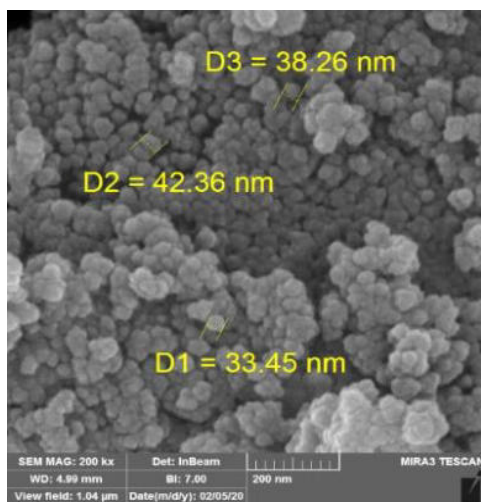
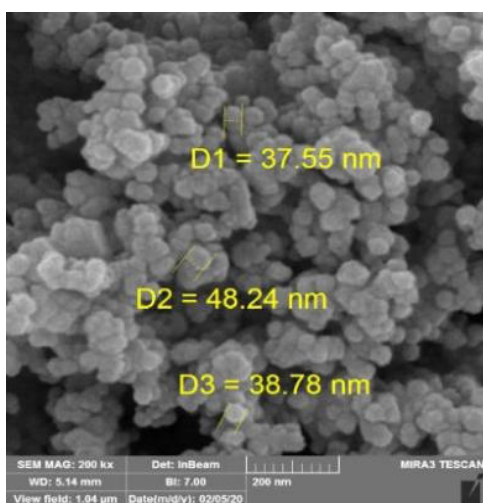
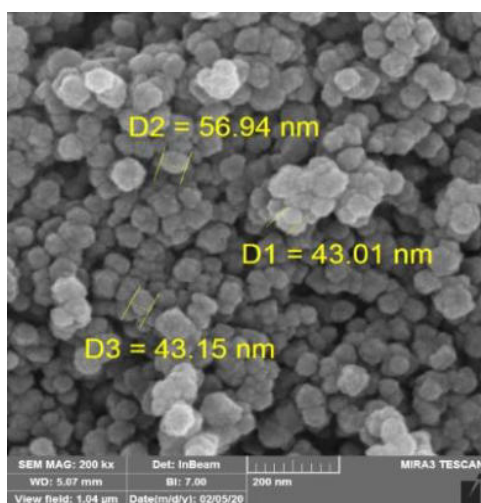
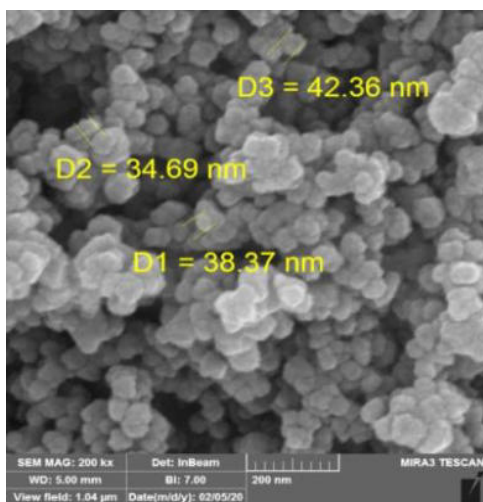
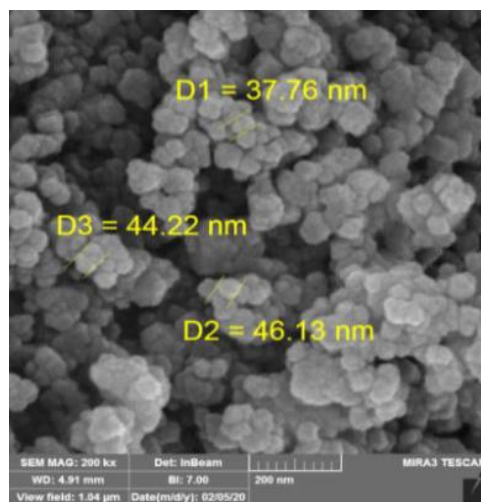
الشكل (4-6) نتائج FE-SEM للجسيمات النانوية للفراتيت كوبلت زنك $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ عند درجة حرارة 300°C .

(2-4-4) نتائج فحوصات FE-SEM للمركب $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$

تم دراسة فحوصات FE-SEM للمركب $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$ حيث اظهرت النتائج ان الجسيمات تمتلك تركيب كروي مع توزيع ضيق لحجم الجسيمات النانوية لقيم ($x=0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9$) عند درجتي حرارة ($300-700^\circ\text{C}$) ويظهر من خلال الاشكال زيادة الحجم البلوري مع زيادة درجة الحرارة والشكل (7-4) يوضح نتائج فحوصات FE-SEM عند درجة حرارة 300°C ولجميع النسب والشكل (8-4) يوضح نتائج FE-SEM عند درجة حرارة 700°C وكما نلاحظ ان جميع الدقائق تظهر احجام نانوية.

 NiFe_2O_4  $\text{Ni}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$  $\text{Ni}_{0.7}\text{Zn}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  $\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$  $\text{Ni}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{Fe}_2\text{O}_4$  $\text{Ni}_{0.1}\text{Zn}_{0.9}\text{Fe}_2\text{O}_4$

الشكل (7-4) نتائج فحوصات FE-SEM للفرايت نيكل زنك عند درجة حرارة 300°C .

 NiFe_2O_4  $\text{Ni}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$  $\text{Ni}_{0.7}\text{Zn}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$  $\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$  $\text{Ni}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{Fe}_2\text{O}_4$  $\text{Ni}_{0.1}\text{Zn}_{0.9}\text{Fe}_2\text{O}_4$

الشكل (4-8) نتائج فحوصات FESEM لفرايت نيكل زنك $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$ عند درجة حرارة 700°C .

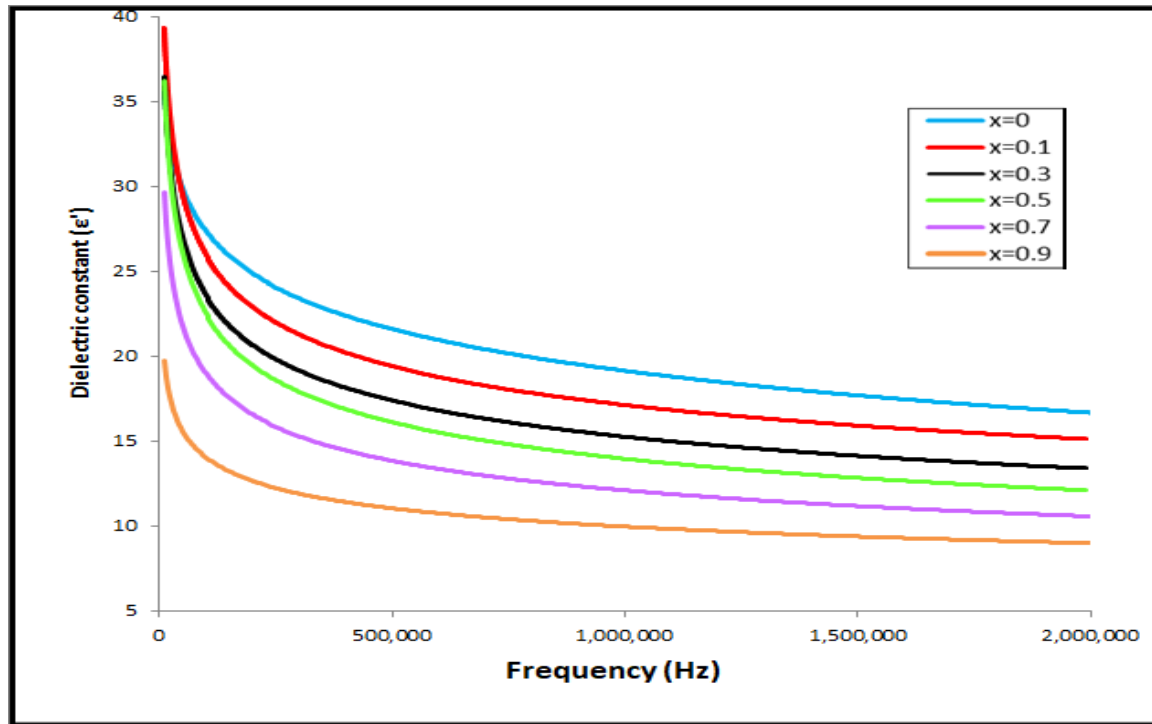
(5-4) الخصائص الكهربائية للفرايتات المحضرة LCR meter

تضمنت الخصائص الكهربائية دراسة الخواص العزلية للفرايتات كدالة لتردد المجال الكهربائي، وان دراسة الخصائص العازلة للجسيمات النانوية الفرايتية تزودنا بمعلومات حول آلية التوصيل الكهربائي من حيث الاستجابة العازلة في المجال الكهربائي المطبق وتعتمد هذه الخصائص على عوامل مختلفة مثل : طريقة التحضير، التركيب الكيميائي، المسامية والشحنة الايونية والحجم الحبيبي وتوزيع الكاتيونات بين التراكيب السطحية، وفي المواد الفرايتية يتصرف ثابت العزل الحقيقي وفق آلية استقطاب العازل وهذا يشبه بدوره تصرف التوصيلية الكهربائية للمواد ذاتها، حيث يعتمد تصرف العازل على كمية الوفرة من وجود الايونات الموجبة Fe^{+2} و Fe^{+2} المحددة بالاستقطاب والذي يؤدي الى نشوء ثابت العزل الكهربائي، وفي هذه الدراسة تم حساب ثابت العزل الكهربائي ومعامل الفقد العزلي وظل الفقد ضمن مدى التردد (50Hz-2MHz).

(1-5-4) الخواص العزلية للفرايت كوبلت زنك $CoZnFe_2O_4$

(1-1-5-4) ثابت العزل الكهربائي Dialectic Constant (ϵ')

تم حساب ثابت العزل الكهربائي للفرايت كوبلت زنك $Co_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ للعينات المحضرة ضمن المدى (50Hz-2MHz) باستخدام المعادلة (21-2) عند درجة حرارة 300 °C عند قيم x (x=0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9) على التوالي وكما مبين في الشكل (9-4)، حيث اظهرت النتائج انخفاضاً في ثابت العزل مع زيادة التردد والذي يعود الى اعتبار المواد الفرايتية مكونة من طبقتين هما الحبيبات التي يمكن اعتبارها ذات توصيلية جيدة وحدود الحبيبات التي تعتبر رديئة التوصيل الكهربائي بذلك تشارك الحبيبات ضمن ثابت العزل عند الترددات المرتفعة بينما تشارك الحبيبات في ثابت العزل ضمن الترددات الواطئة، من الشكل (9-4) نلاحظ ان ثابت العزل الكهربائي ينخفض بزيادة التردد وبشكل غير خطي كما نلاحظ انه كلما زادت قيم x ينخفض ثابت العزل وذلك بسبب زيادة النمو الحبيبي مما يرافقها نقصان بالحدود الحبيبية والذي يؤدي الى انخفاض بقيم ثابت العزل الحقيقي وكذلك بالنسبة لثابت العزل الخيالي والذي يتفق مع الباحث [47].

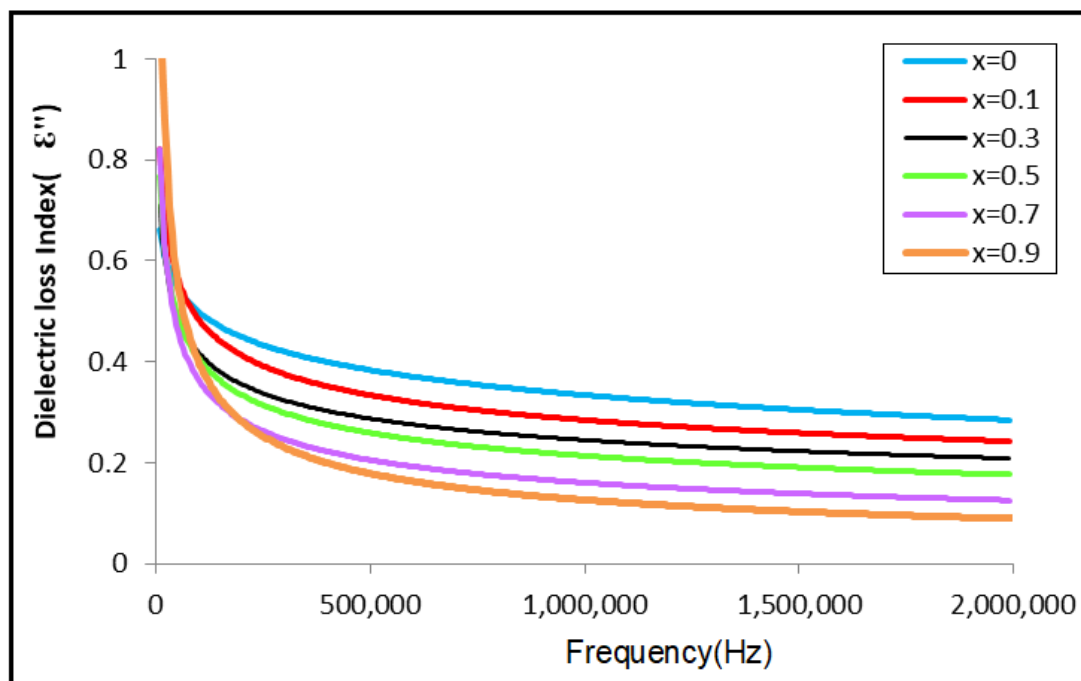


الشكل (9-4) تغير ثابت العزل مع التردد لفرايت كوبلت زنك .

Dielectric Loss Index

(2-1-5-4) معامل الفقد العزلي

يعتبر معامل الفقد العزلي عامل مهم في تطبيقات المواد الفرايتمية وذلك لمعرفة تردد التشغيل في المواد المغناطيسية حيث تم ملاحظة ظهور سلوكية متماثلة تقريبا في جميع العينات المحضرة حيث وجد ان اعلى قيمة لمعامل الفقد العزلي تكون عند الترددات الواطئة وتنخفض مع زيادة التردد للمجال الكهربائي المسلط كما موضح بالشكل (10-4) يمكن تفسير هذا الانخفاض من خلال العلاقة (22-2) . ان هذا التناسب العكسي بين عامل الفقد العزلي والتردد يعود الى الطاقة الكبيرة التي تكتسبها ثنائيات الاقطاب Dipoles من المجال الكهربائي المسلط عليها والذي بدوره يزيد من احتمالية حدوث تصادمات بين هذه الثنائيات اثناء دورانها عند الترددات الواطئة وبهذا ينتج عن ذلك اضعاف خاصية العزل الكهربائي اما عند زيادة التردد للمجال المسلط فأن قابلية ثنائيات الاقطاب سوف تقل عن متابعة التغير للمجال مما يقلل هذا من الطاقة الممتصة من قبل ثنائيات الاقطاب من المجال المسلط والذي ينتج عنه نقصان بعامل الفقد العزلي [109] .

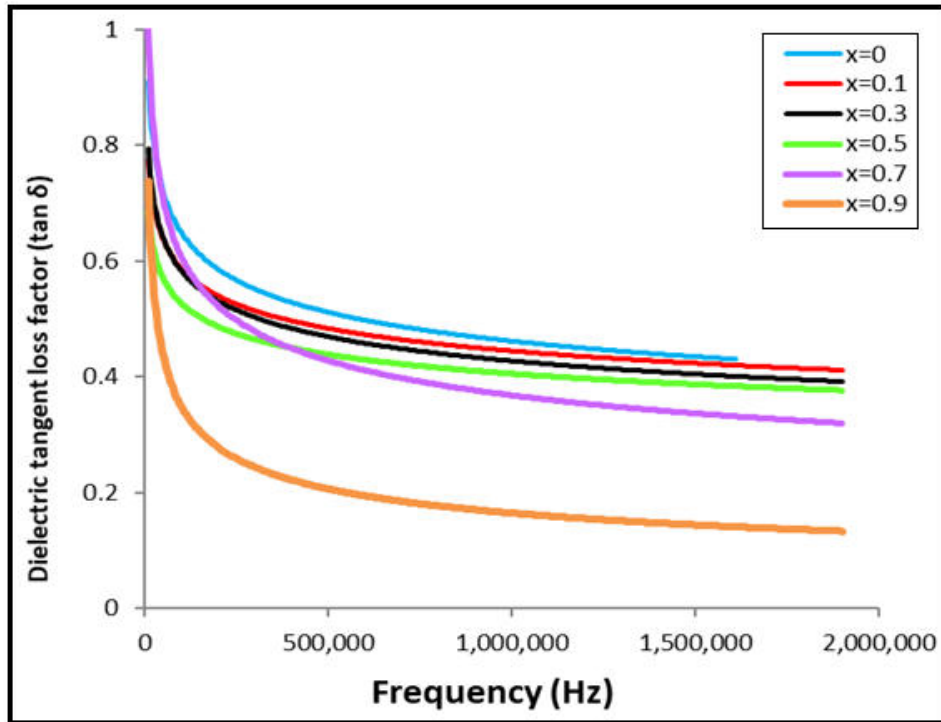


الشكل (4-10) يوضح تغير عامل الفقد العزلي لفرايت كوبلت زنك كدالة للتردد ضمن المدى (50 Hz-2MHz).

Dialectical Loss Tangent

(3-1-5-4) ظل الفقد الكهربائي

يعرف عامل الفقد العزلي بأنه تبديد للطاقة في المادة العازلة ويتم تعريفه اعتماداً على ظل الفقد ($\tan \delta$) وعامل الفقد العزلي (ϵ'') ينشأ بسبب تخلفية العزوم تحت تأثير التيار المتردد الناتج بسبب الشوائب والعيوب البلورية للمواد ويوضح الشكل (4-11) التغير بظل الفقد كدالة للتردد ولكل من Zn، Co المعوضة بحسب قيم x حيث نلاحظ التغير في ظل الفقد كدالة عند الترددات المختلفة بزيادة تركيز الزنك، يمكن ان نلاحظ بوضوح ان ظل زاوية الفقد ($\tan \delta$) تظهر اتجاهها تنازلياً مع زيادة التردد وهو سلوك طبيعي لأي مواد حديدية، فعند الترددات العالية والتي تتوافق مع المقاومة المنخفضة بسبب وجود الحبيبات فهناك حاجة الى كمية صغيرة من الطاقة لكي تقفز الالكترونات بين الايونات Fe^{+2} ، Fe^{+3} في موقع ثماني السطوح A بينما في منطقة الترددات المنخفضة تكون حدود الحبيبات نشطة مسببة مقاومة عالية لذلك تتطلب طاقة عالية لكي تقفز الالكترونات بين الايونات Fe من موقع رباعي السطوح B وهذا يتفق مع العديد من الباحثين [48].



الشكل (4-11) تغير ظل الفقد كدالة للتردد لفرايت كوبلت زنك .

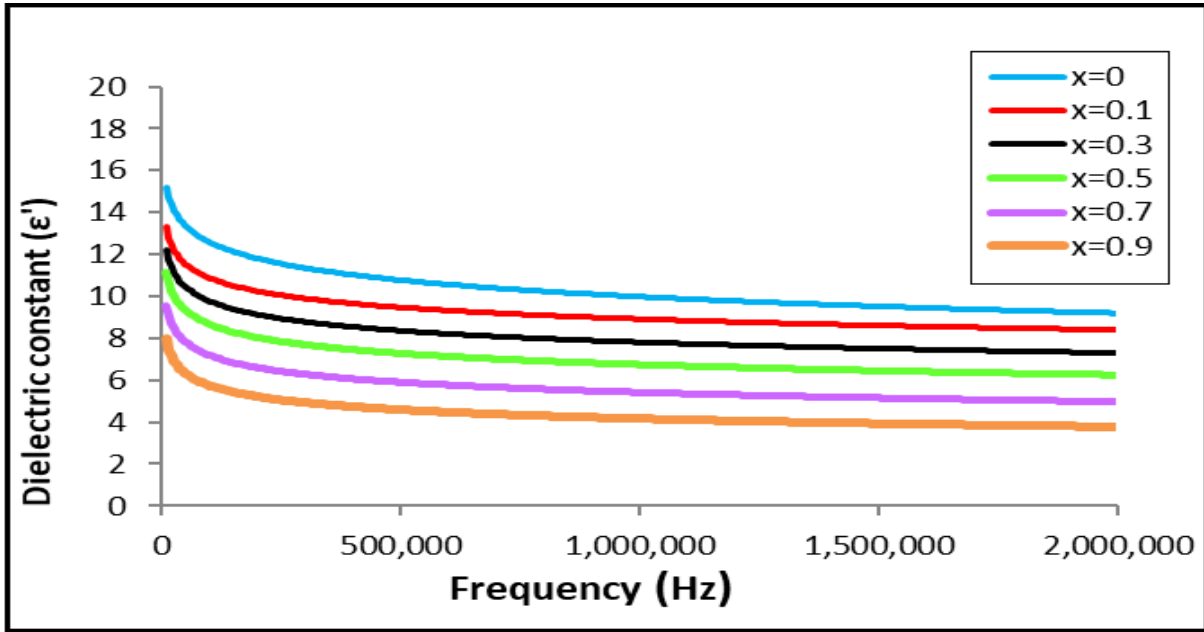
(4-5-2) الخواص العزلية للفرايت نيكل زنك $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$

تم دراسة الخواص الكهربائية العزلية لفرايت نيكل زنك $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$ ولجميع العينات المحضرة عند درجات حرارة مختلفة $300-700^\circ\text{C}$ حيث تم الحصول على تغيرات في قيم ثابت العزل الكهربائي وعامل الفقد الكهربائي وقيم ظل الفقد كدالة للتردد .

Dielectric Constant

(4-5-2-1) ثابت العزل الكهربائي

من خلال دراسة الخواص العزلية لفرايت نيكل زنك المحضرة بدرجة حرارة $300-700^\circ\text{C}$ اظهرت النتائج ان ثابت العزل الكهربائي يظهر انخفاضاً مع زيادة التردد ضمن المدى (50Hz-2MHz) ان هذا السلوك ناتج من الاستجابة لقفز الالكترونات مع زيادة التردد كذلك ان ثابت العزل الكهربائي يظهر تغيراً ملحوظاً مع زيادة تركيز الزنك ومع زيادة درجة الحرارة ولجميع العينات كدالة للتردد وكما مبين بالشكل (4-12) للفرايت المحضر ، وقد اظهر ثابت العزل الكهربائي تغيراً بنفس الاتجاه عند درجة حرارة 700°C حيث ان زيادة درجة الحرارة ينتج عنها زيادة بالحجم الحبيبي مما يتسبب في نقصان ثابت العزل الكهربائي للفرايت نيكل زنك [47] .

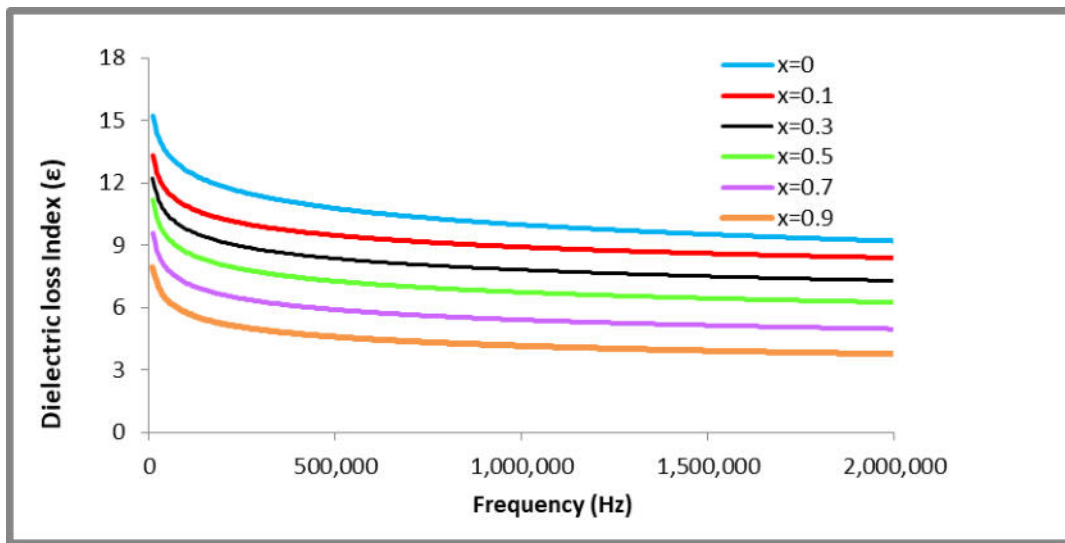


الشكل (12-4) تغير ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد لفرايت نيكل زنك .

Dielectric Loss Index

(2-2-5-4) معامل الفقد العزلي

تم دراسة تغير عامل الفقد العزلي لفرايت النيكل زنك كدالة للتردد ضمن المدى (50Hz-2MHz) وكما مبين بالشكل (13-4) حيث اظهرت النتائج ان عامل الفقد العزلي ينخفض مع زيادة التردد ولجميع العينات المحضرة لقيم (x=0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9) على التوالي، ان عامل الفقد العزلي في الفرايت ينشأ بشكل رئيسي بسبب قفز الالكترون وثنائي القطب ويساهم قفز الالكترون في فقدان العزل الكهربائي في نطاق التردد المنخفض وتنخفض استجابة قفز الالكترون مع زيادة التردد للمجال المطبق وبالتالي ينخفض عامل الفقد العزلي مع زيادة التردد ولكل العينات المحضرة.

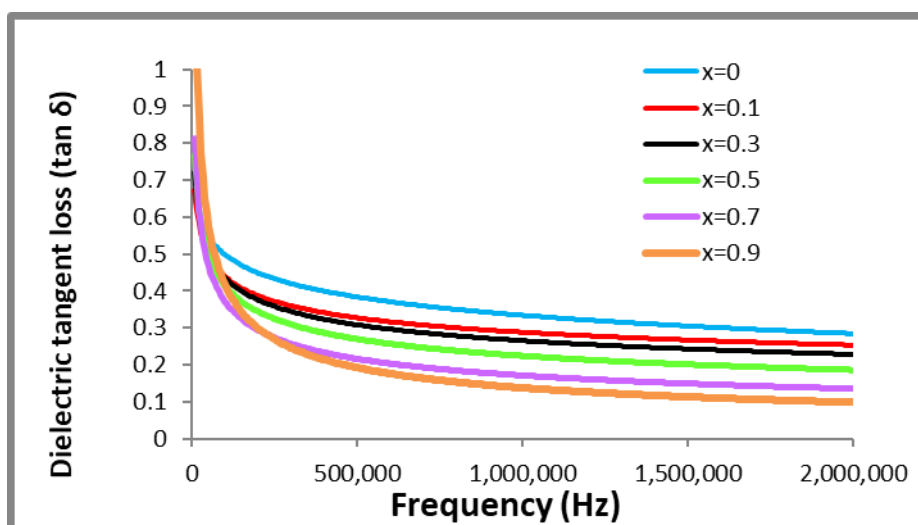


الشكل (13-4) يوضح تغير معامل الفقد العزلي كدالة للتردد لفرايت نيكل زنك.

(3-2-5-4) ظل الفقد

Tangent Losses

تم دراسة تغير ظل الفقد كدالة للتردد ضمن مدى (50Hz-2MHz) لفرايت نيكل زنك ولجميع العينات المحضرة حيث اظهرت النتائج ان ظل عامل الفقد العزلي تبدي انخفاضاً مع زيادة التردد ولجميع العينات وكما موضح بالشكل (14-4) للفرايتات المحضرة عند درجتى حرارة (700-300 °C) على التوالي حيث يمكن ملاحظة عندما تصل القيمة الى منتصف قيم ظل الفقد فإنه سيحصل انخفاض سريع لعامل الفقد مع زيادة التردد وعندها يبدأ بالانخفاض تدريجياً ولكنه لن يصل الى الصفر وهذا يتفق مع الباحثين [60].



الشكل (14-4) تغير ظل الفقد مع التردد للفرايت نيكل زنك

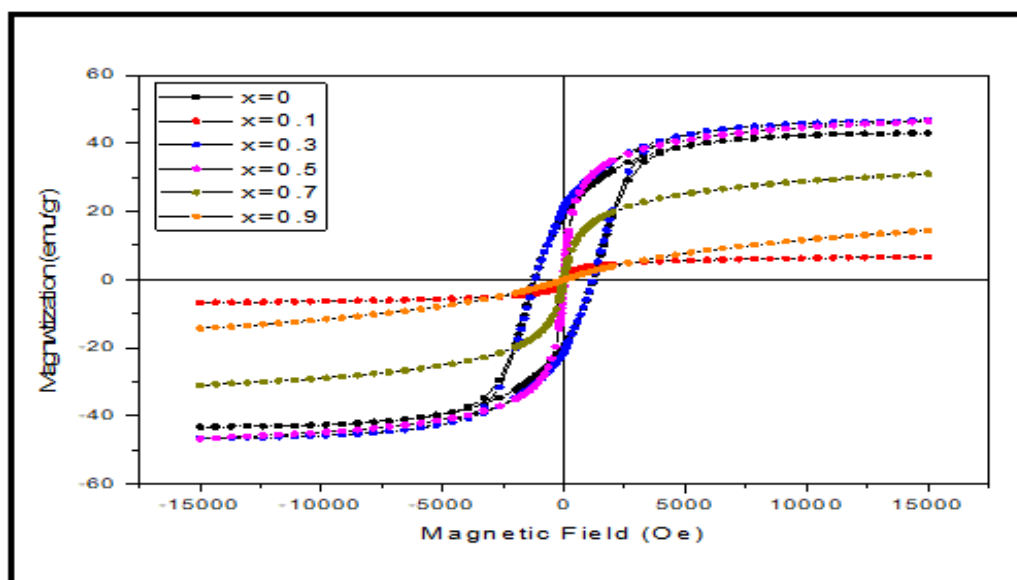
(6-4) نتائج الفحوصات المغناطيسية

(1-6-4) نتائج فحوصات VSM لفرايت كوبلت زنك $\text{CoZnFe}_2\text{O}_4$

أحد أهم الخصائص المغناطيسية لأي مادة مغناطيسية تتمثل بالعلاقة بين شدة المجال (H) والكثافة الفيض المغناطيسي (B) والمتمثلة بحلقة الهسترة (B-H Loop) والتي تعرف بانها مقياس الطاقة المفقودة لكل وحدة حجم خلال دورة التمهيط الواحدة ومن أجل دراسة الخواص المغناطيسية للمواد فإن الشكل لحلقة الهسترة المغناطيسية ضروري لتحديد نوعية المادة فيما لو كان الفرايت المرن (soft) أو الفرايت الصلب (hard).

تم دراسة الخواص المغناطيسية للمواد المحضرة من خلال استخدام جهاز VSM عند درجة حرارة الغرفة عند المجال المغناطيسي المطبق الذي مقداره (15 KOe) حيث يوضح الشكل (15-4) منحنيات MH للعينات المحضرة عند النسب لقيم (x=0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9) على التوالي عند درجة حرارة (300 °C) وان تحضير المادة عند الدرجات الحرارة المنخفضة تظهر لنا الصفات

المغناطيسية الملائمة للتطبيق حيث يظهر من خلال الرسم التباين بالخواص المغناطيسية المتمثلة بحلقة الهستيرة من خلال زيادة نسبة الزنك للفرايت وان ضيق حلقة الهستيرة تعطي صفات الفرايت (Soft) كما ان بعض النسب اظهرت حلقة الهستيرة بشكل خط دلالة على تحول المادة لحالة Superparamagnetic وهذا يؤكد عدم استهلاك طاقة عالية، وتعتبر هذه الحالة المرغوب بها للتطبيقات الطبية، والتي من خلالها تم اعتماد واختيار النسب في التطبيق الطبي وهي النسبة A4, A5 اي عند قيم على التوالي ($x=0.5, 0.7$) يعود الترتيب المغناطيسي للفرايت السبيل المكعب الى الية التفاعل التي تحدث بين الايونات المعدنية في المواقع رباعي السطوح A والموقع ثماني السطوح B من خلال الرسم يتم حساب قيم التشبع المغناطيسية M_S وقيم المغنطة المتبقية M_r وكذلك قيم القوة القهرية (المجال القهري) H_C والجدول (4-9) يوضح قيم M_S, M_r, H_C لفرايت كوبلت زنك عند درجة حرارة $300^\circ C$ والتي تتفق مع الباحث [111].

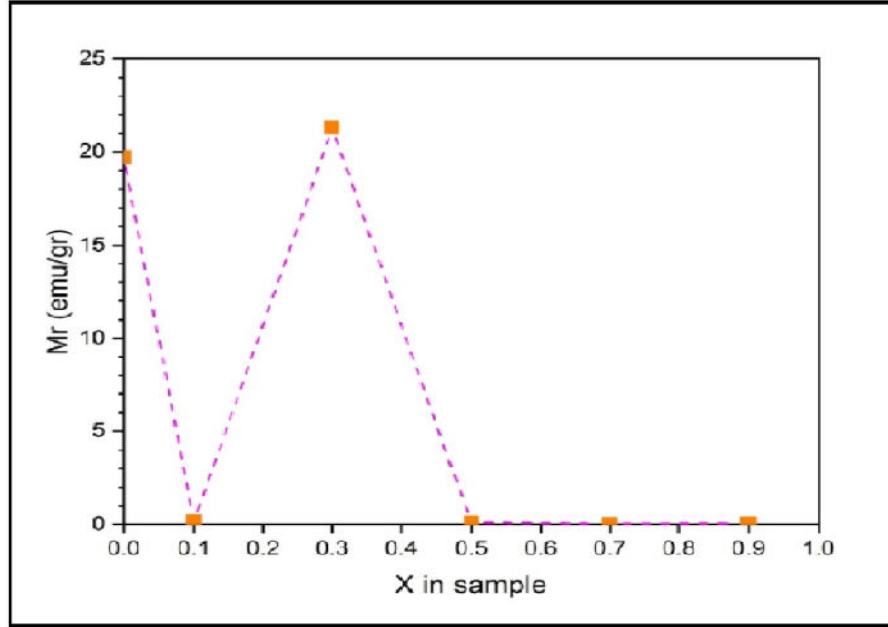


الاشكال (4-15) حلقة الهستيرة للفرايت كوبلت زنك $Co_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ عند درجة حرارة $300^\circ C$.

الجدول (4-9) يوضح قيم مغنطة التشبع والمغنطة المتبقية وقيم المجال القهري لفرايت كوبلت زنك فرايت عند درجة حرارة $300^\circ C$.

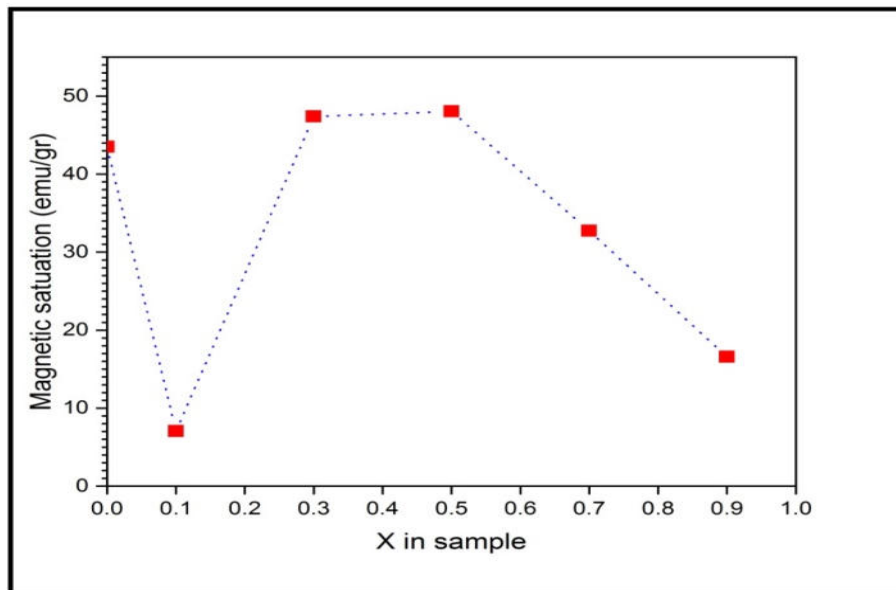
Sample	Molar ratio	Composition	M_S (emu/g)	M_r (emu/g)	H_C (Oe)	$S=M_r/M_S$
A1	0	$CoFe_2O_4$	43.143	18.91	1209	0.43
A2	0.1	$Co_{0.9}Zn_{0.1}Fe_2O_4$	6.750	2.04	89.4	0.31
A3	0.3	$Co_{0.7}Zn_{0.3}Fe_2O_4$	46.339	21.865	1069.2	0.47
A4	0.5	$Co_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$	46.495	14.766	89.424	0.31
A5	0.7	$Co_{0.3}Zn_{0.7}Fe_2O_4$	30.996	6.719	159.40	0.21
A6	0.9	$Co_{0.1}Zn_{0.9}Fe_2O_4$	14.421	0.5	89.42	0.03

من خلال الشكل (4-15) نلاحظ التغير بين قيم المغنطة المتبقية M_r مع قيم x حيث تزداد هذه القيمة أو تقل مع تغير اتجاه العزوم المغناطيسية وهذا دلالة على المغناطيسية العالية للمادة وان اعظم مجال قهري يسلط على المادة من اجل عكس اتجاه العزوم ليتوافق مع الحث الكهرومغناطيسي المسلط (15000 T) [112].



الشكل (4-16) تغير قيم x مع قيم المغنطة المتبقية

وكذلك الحال بالنسبة للعلاقة بين قيم التشبعية المغناطيسية مع قيم x كما في الشكل (4-17) ، حيث نلاحظ التباين في قيم التشبعية المغناطيسية مع زيادة تركيز الزنك اما عند التساوي بين قيم الكوبلت والزنك فنلاحظ قيم متساوية لقيم التشبعية المغناطيسية.

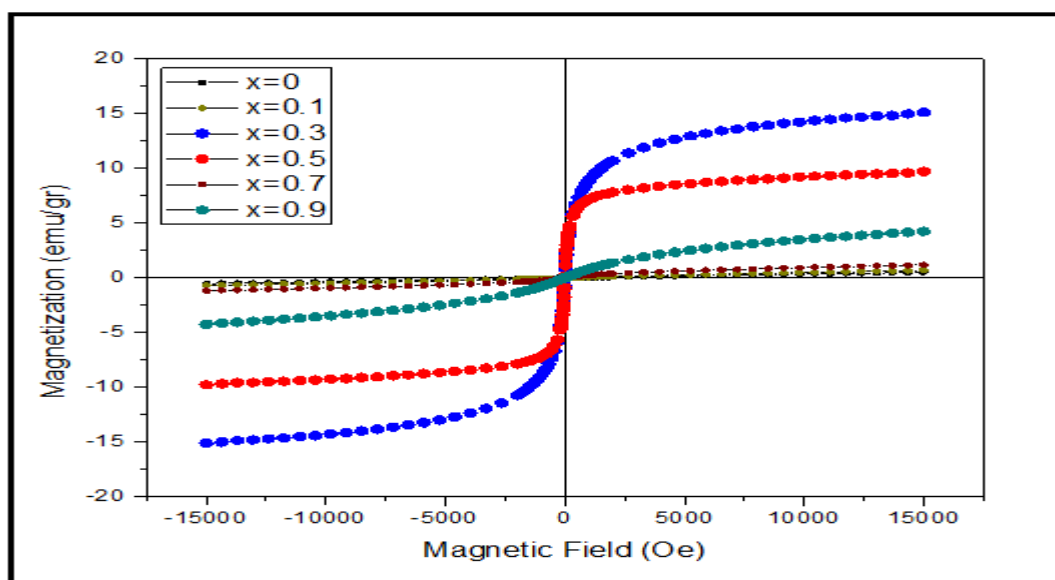


الشكل (4-17) يبين تغير قيم x مع قيم التشبعية المغناطيسية .

(2-6-4) نتائج القياسات المغناطيسية لفرايت نيكل زنك $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$

(1-2-6-4) نتائج فحوصات VSM لفرايت نيكل زنك $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$ عند درجة حرارة 300°C

تم دراسة الخواص المغناطيسية لفرايت نيكل زنك عند درجة حرارة (300°C) وكما موضح بالشكل (19-4) حيث من خلال النتائج لفحوصات VSM عند درجة حرارة الغرفة عند مجال مطبق مقداره (15 KOe) اقد اظهرت منحنيات MH للعينات المحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي المشترك عند النسب لقيم ($x=0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9$) على التوالي وان حلقة الهستيرة تظهر نوع الفرايت (Soft)، كما ان قيم التمكنظ تكون اعظم ما يمكن عند التركيز ($x=0.5,0.3$)، وتم حساب قيم التشعبية المغناطيسية M_S والمغناطيسية المتبقية M_r والمجال القهري H_C مع حساب النسبة بين قيم M_r / M_S التي ظهرت لجميع العينات اقل من 0.5 وكما مبين بالجدول (10-4).



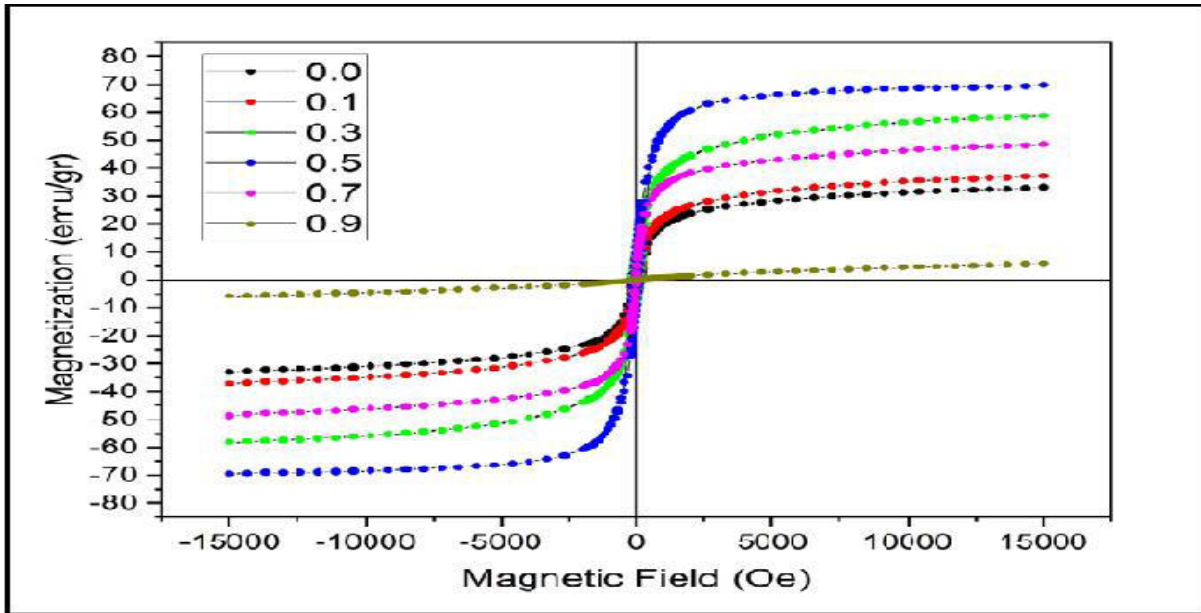
الشكل (18-4) يبين التباين لحلقة الهستيرة للعينات المحضرة لفرايت نيكل زنك عند درجة حرارة 300°C

الجدول (10-4) يوضح قيم مغنطة التشعب والمغنطة المتبقية وقيم المجال القهري لفرايت نيكل زنك فرايت عند درجة حرارة 300°C .

Sample	Molar ratio	Composition	M_S (emu/g)	M_r (emu/g)	H_C (Oe)	$S=M_r/M_S$
B1	0	NiFe_2O_4	0.54	0.004	27.21	0.007
B2	0.1	$\text{Ni}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$	0.691	0.03	80	0.04
B3	0.3	$\text{Ni}_{0.7}\text{Zn}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$	15.2	4.627	27.21	0.29
B4	0.5	$\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$	9.68	4.728	154.4	0.48
B5	0.7	$\text{Ni}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{Fe}_2\text{O}_4$	1.177	0.08	89.42	0.06
B6	0.9	$\text{Ni}_{0.1}\text{Zn}_{0.9}\text{Fe}_2\text{O}_4$	4.218	0.301	229.4	0.07

(2-2-6-4) نتائج فحوصات VSM لفرايت نيكل زنك $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$ عند درجة حرارة 700°C .

تم دراسة الخواص المغناطيسية لفرايت نيكل زنك عند درجة حرارة 700°C حيث اظهرت النتائج وكما مبين بالشكل (4-20) ان العينات جميعها بزيادة درجة الحرارة تحولت الى حالة Superparamagnetic والتي تمتلك حلقة هسترة ضيقة مما يدل على تكون الفرايت (Soft) وهي الحالة المرغوب بها للتطبيقات الطبية وان قيم التشبعية المغناطيسية M_S وقيم المغنطة المتبقية M_r تزداد مع زيادة تركيز الزنك وان قيم النسبة بين M_r/M_S تكون اقل من 0.5 مما يدل على ان العزوم المغناطيسية التي تتضمن اتجاهين قد انتظمت باتجاهها اي ان العزوم الغير متوجهة قد انتظمت مع الاتجاهات السائدة وكما مبين بالجدول (4-11) حيث ان القيم تصل ذروتها عند النسبة 0.3 والنسبة 0.5 ثم تنخفض وهذا يتفق مع الباحث [113] تمت الاشارة لجميع الرموز بالملحق الرفق (1).



الشكل (4-19) يوضح حلقة الهسترة لعينات نيكل زنك المحضرة عند درجة حرارة 700°C .

من النتائج المبينة بالجدول (4-15) نلاحظ قيم المغنطة تغيير مع زيادة درجة الحرارة فأما ان تقل او تزداد وان الزيادة والنقصان لقيم التشبعية المغناطيسية والمجال القهري والمغنطة المتبقية سببها تأثير درجة الحرارة الذي ينتج عنه زيادة في الحجم الحبيبي وهذا التغير يفسر ان المعالجة الحرارية كان تأثيرها كبير باعادة العزوم المغناطيسية الغير متوجهة مع الاتجاه السائد وان قيم النسبة بين M_r/M_S هي اقل من 0.5 ولجميع العينات والذي يدل على ان جميع العينات عند درجة حرارة 700°C قد حصل فيها انتظام في توجه العزوم نحو الاتجاه السائد وهو الحالة المرغوبة في التطبيق الطبي وهذا يتفق مع الباحث [1].

الجدول (11-4) يوضح قيم مغنطة التشبع والمغنطة المتبقية وقيم المجال القهري لفرات نيكل زنك عند درجة حرارة 700°C .

Sample	Molur ratio	Composition	M_S (emu/g)	M_r (emu/g)	H_C (Oe)	$S=M_r/M_S$
C1	0	NiFe_2O_4	32.9	12.4	89.4	0.37
C2	0.1	$\text{Ni}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Fe}_2\text{O}_4$	37.3	11.67	159.42	0.31
C3	0.3	$\text{Ni}_{0.7}\text{Zn}_{0.3}\text{Fe}_2\text{O}_4$	58.71	21.35	89.41	0.36
C4	0.5	$\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$	69.74	27.01	89.42	0.38
C5	0.7	$\text{Ni}_{0.3}\text{Zn}_{0.7}\text{Fe}_2\text{O}_4$	48.85	17.7	89.41	0.36
C6	0.9	$\text{Ni}_{0.1}\text{Zn}_{0.9}\text{Fe}_2\text{O}_4$	5.76	0.18	159.4	0.03

Medical Application

(7-4) التطبيق الطبي

(1-7-4) المقدمة

لقد تطور التصوير بالرنين المغناطيسي MRI تطوراً كبيراً حيث يعتبر طريقة ممتازة لأنه يوفر آليات تباين متعددة للتحقق من جوانب مختلفة من الجسم الحي وكذلك في علم وظائف الأعضاء وتتطلب دراسات التصوير بالرنين المغناطيسي للفئران بأن يراعى العديد من الخطوات أهمها:

1. طريقة امنة للتصوير.
2. المراقبة الفسيولوجية.
3. التصوير لعدة مواضع ومن زوايا مختلفة.
4. التحكم البيئي.
5. مراعاة تطبيق مبادئ اخلاقيات البحث العلمي في التعامل مع الحيوانات المختبرية.

إن الموائع المغناطيسية التي تحتوي على جسيمات نانوية مغناطيسية والتي تم تصنيعها بطريقة الترسيب الكيميائي المشترك بمتوسط حجم نانوي مقداره (30-20nm) تمتلك استقرارية عالية جداً مع اختلافات الوقت والتغيرات البيئية كما في الشكل (4-20) والتي تعتبر من الشروط المهمة لاستخدام السوائل المغناطيسية في هذا المجال والتي استُخدمت لدراسة تعزيز التباين في صور الرنين المغناطيسي MRI كما انه تم اختيار المركبات المغناطيسية التي تميزت بضيق حلقة الهسترة (خطي) ذات اقل خسارة في الطاقة المغناطيسية وعند نقطة تحولها الى طور المواد فائقة البارامغناطيسية (Super paramagnetic) [114].



الشكل (4-20) استقراره نسبية للمائع المغناطيسي النانوي بعد مرور شهرين .

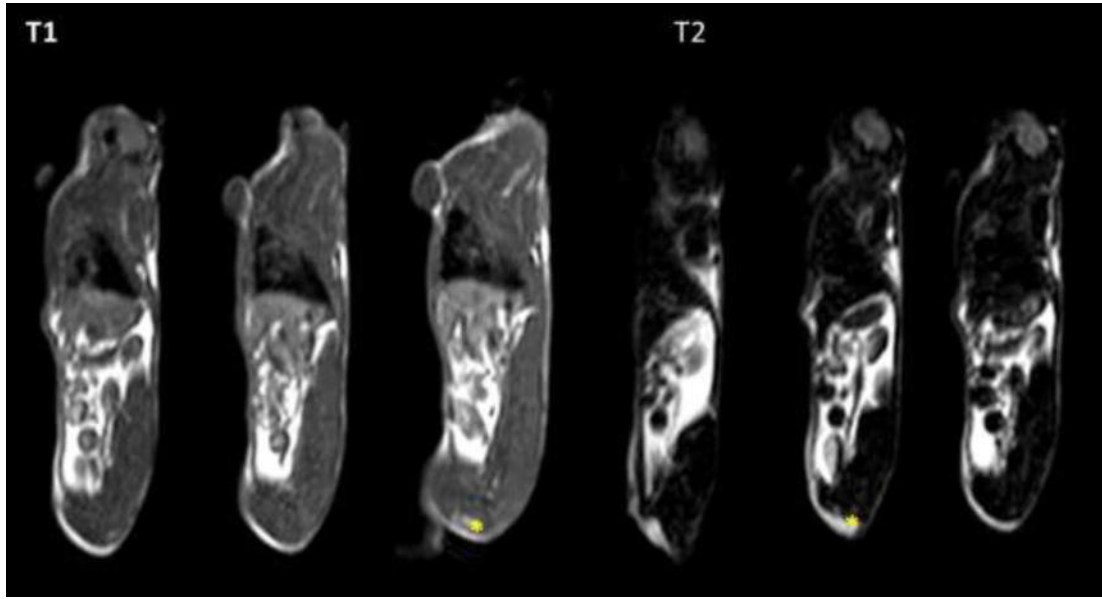
MRI Results

نتائج (2-7-4) Magnetic Resonance Imaging MRI

لقد اجريت فحوصات التصوير بالرنين المغناطيسي على الفئران المختبرية (rat) وكما تم ذكره في الفصل الثالث باستخدام المائع المغناطيسي النانوي المحضر من الفرايت كوبلت زنك والفرايت نيكل زنك وحسب النسب المبينة في الفصل الثالث الجدول (3-4)(3-5) على التوالي حيث تم استخدام الجسيمات النانوية المغناطيسية كعوامل تباين في التصوير بالرنين المغناطيسي MRI لتشخيص اجزاء القلب والامعاء والكبد حيث تميل الجسيمات الدقيقة الى التراكم عند مستويات اعلى بسبب الاختلافات في تكوين الانسجة وكذلك بسبب عمليات الامتصاص لكريات الدم الداخلية لذلك هناك العديد من جزيئات اوكسيد الحديد تستخدم في نطاق واسع في تشخيص وظائف الخلايا الكبدية [103] ، حيث تكونت عملية الفحص بمرحلتين الاولى بإجراء الفحص دون استخدام المائع النانوي المغناطيسي المحضر والمرحلة الثانية باستخدام المائع المغناطيسي المحضر من خلال حقنه بجسم الحيوان المختبري (rat) بعد مرحلة تخدير الحيوان ومن ثم مقارنة الصور الناتجة من جهاز الرنين بين المرحلتين:

المرحلة الاولى:

في هذه المرحلة يتم فحص الحيوان المختبري (rat) دون استخدام المائع النانوي باستخدام جهاز MRI حيث تظهر في الصور زمن الاسترخاء T1، T2 من خلال اخذ الصور لموضع جانبي لجسم (rat) وذلك ليكون له مستوى سهمي مع زمن الاسترخاء T1، T2 الشكل (4-22) يوضح الصور الناتجة من التصوير بجهاز MRI دون استخدام المائع المغناطيسي المحضر حيث من الصور نلاحظ بوضوح الدهون تحت الجلد وعند منطقة البطن والتي تظهر طبيعية بوضوح عند اخذ الصور بجهاز MRI.

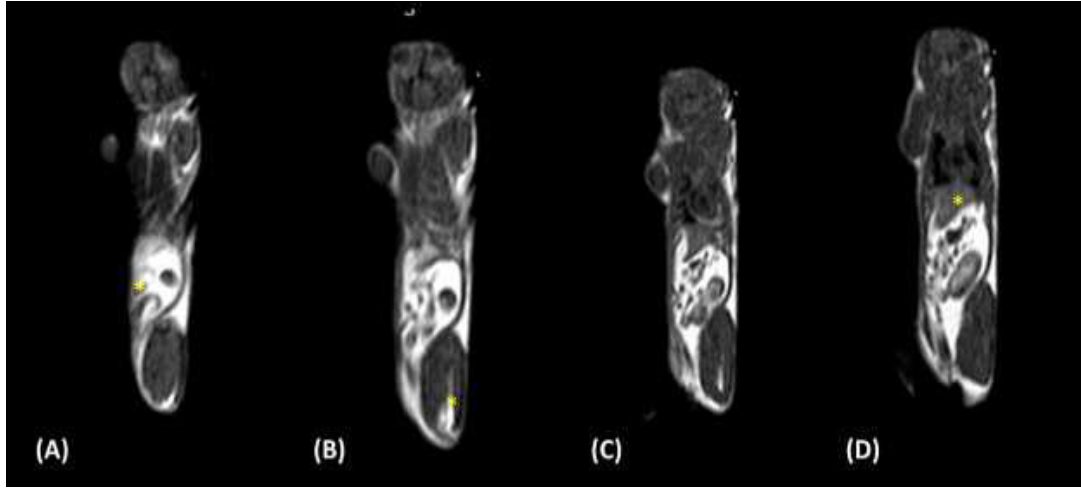


الشكل (4-21) يوضح الصور الناتجة من جهاز الرنين المغناطيسي دون استخدام المانع النانوي المغناطيسي .

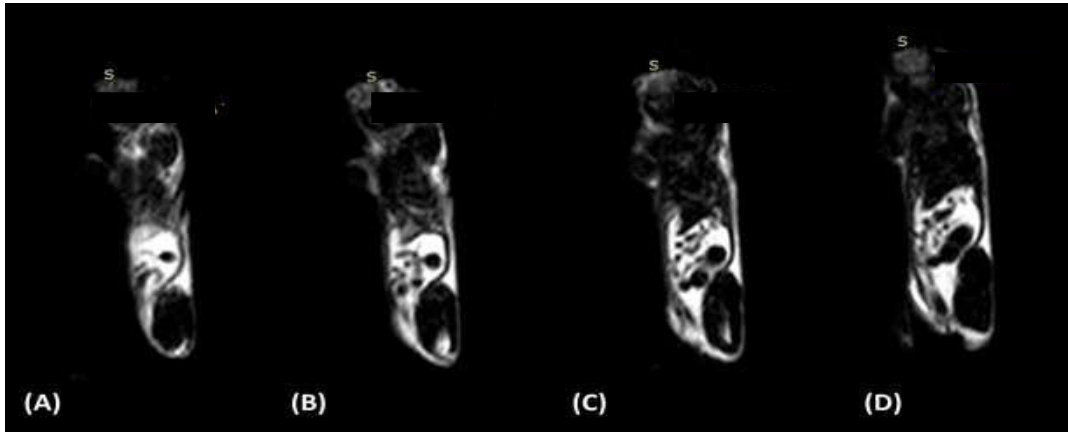
المرحلة الثانية:

تمت مرحلة الحقن بالمائع المغناطيسي النانوي المحضر العينة A4 المتمثلة بفرايت كوبلت زنك النانوي النسبة (x=0.5) بمعدل حجم نانوي (10.8nm) وتحت اشراف طبي حيث اظهرت الصور الناتجة من جهاز MRI المادة التي تم حقنها بوضوح عند زمن الاسترخاء T1، T2 حيث ان التراكم للمادة الذي اظهرته للصورة بوضوح والذي اظهر اشارة مميزة للمادة النانوية المغناطيسية في موقع الحقن والذي ظهر بعد اول زمن من اخذ الصور وكما مبين بالشكل (4-22).

حيث يظهر الشكل (A) صورة لعدم ظهور المادة المغناطيسية مباشرة بعد فترة الحقن اما بعد مرور فترة من الزمن مقدارها (5 دقائق) نلاحظ في الشكل (B) ظهور واضح وكبير للمادة المغناطيسية عند منطقة الحقن، اما الشكل (C) فنلاحظ ظهور قليل للمادة نتيجة اختراقها بسرعة كبيرة لأنسجة الجسم وصولا الى منطقة الكبد (D) تشتتت للمادة المغناطيسية وتمركزها بوضوح عند منطقة الكبد والذي يظهر بوضوح (*).

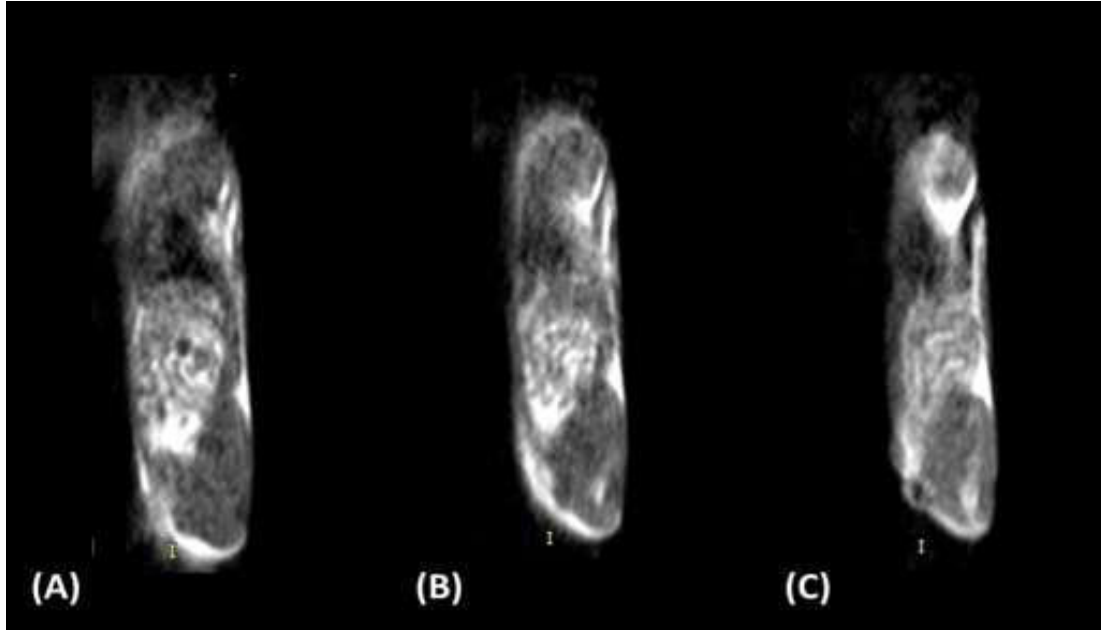


الشكل (4-22) (T1) يمثل الصور الناتجة من جهاز MRI باستخدام المائع النانوي المغناطيسي (A4) .

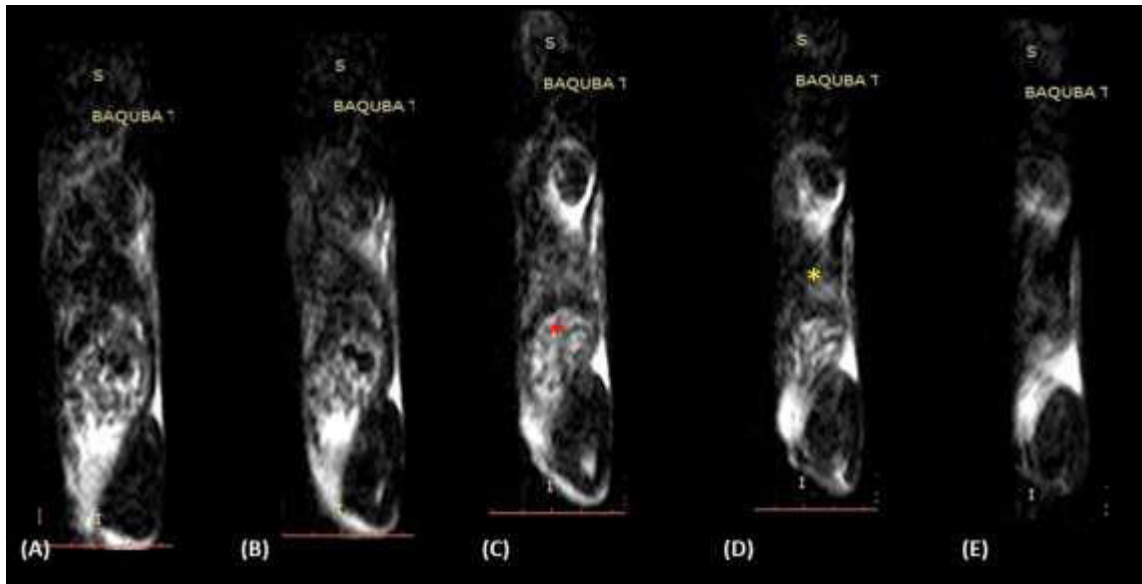


الشكل (4-23) (T2) يمثل الصور الناتجة من جهاز MRI باستخدام المادة المغناطيسي (A4) .

تمت عملية الحقن بالتركيز الثاني لنفس الفرايت النانوي كوبلت زنك التركيز ($x = 0.7$) العينة A5 ذي الحجم النانوي (9.07nm) حسب الجدول (3-4) وبإشراف طبي، وقد اظهرت نتائج الفحص بجهاز الرنين الصور وكما مبين بالشكل (4-24) حيث تمثل الصور للمرجح T1 الذي بين مظهر عالي في منطقة الامعاء والقلب والشكل (4-25) يمثل الصور الناتجة من المرجح T2 والتي اظهرت ايضا مظهر واضح للصور لمنطقة البطن والامعاء وهذا يدل على سرعة استجابة المادة النانوية المغناطيسية وكذلك استقرارية المادة في منطقة الامعاء لجهاز MRI عند المرجح T2.



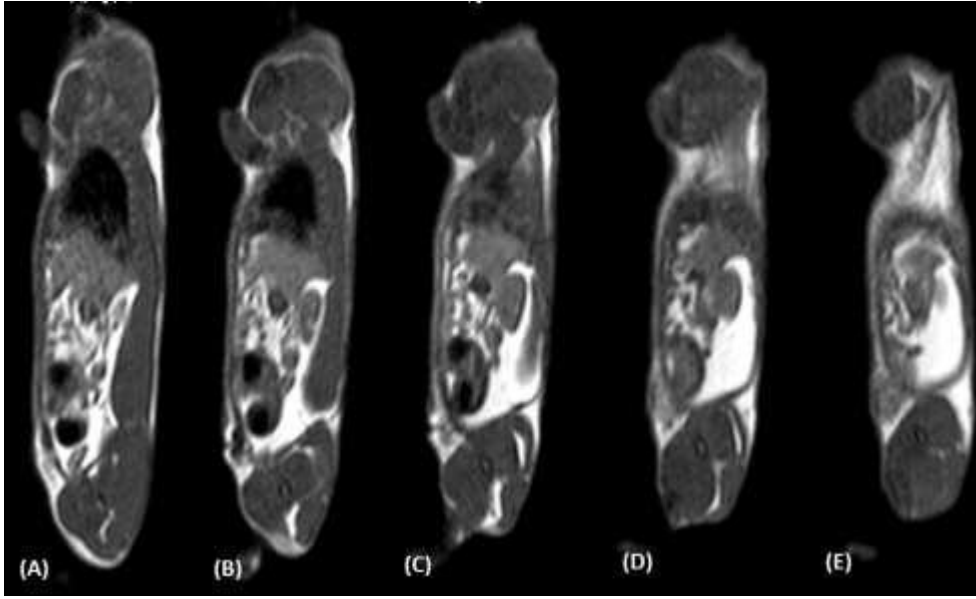
الشكل (4-24) الصور الناتجة من المرجح T1 باستخدام المانع النانوي فرايت كوبلت زنك .



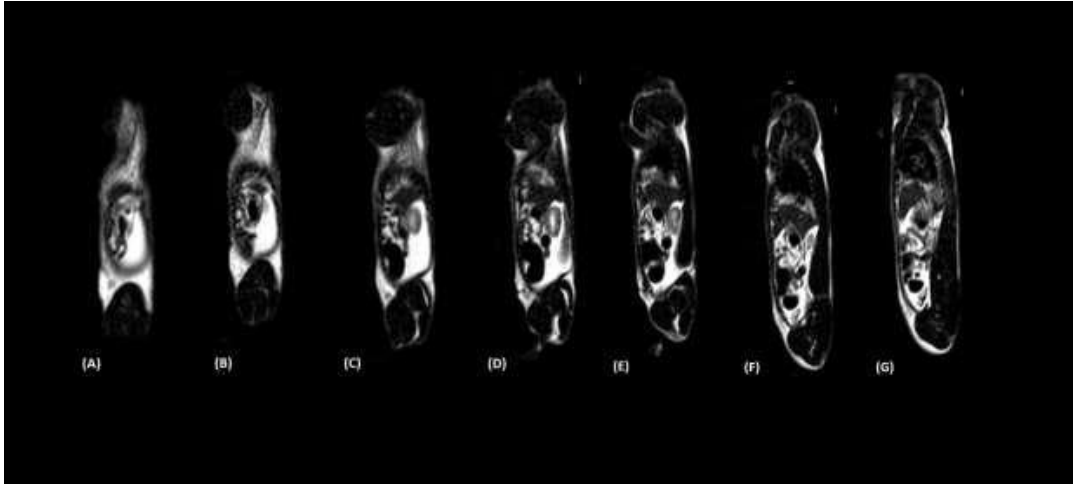
الشكل (4-25) يوضح الصور الناتجة من المرجح T2 (*) تبين منطقة الامعاء (*) منطقة القلب .

للكشف عن تعزيز التباين في صور الرنين المغناطيسي MRI تم استخدام المانع النانوي فرايت نيكل زنك بتراكيز مختلفة وحسب الجدول (3-5).

تم الحقن بالمائع النانوي المغناطيسي فرايت نيكل زنك العينة C3 ذات التركيز $x=0.3$ الحجم النانوي (24.2nm) حيث كشف الفحص بجهاز MRI لهذه العينة الصور للمرجح T1 الموضحة بالشكل (4-26) والذي يبين مظهر شديد الحساسية للمادة كما يبيدي اختراق المادة للأنسجة عند المرجح T2 الموضحة بالشكل (4-28).

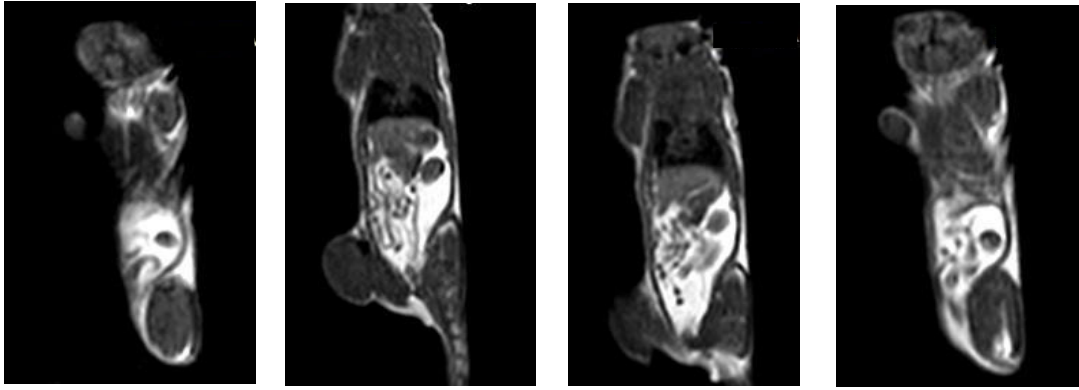


الشكل (4-26) يوضح الصور الناتجة من المرجح T1 والذي يبدي استجابة الجهاز للمادة المغناطيسية

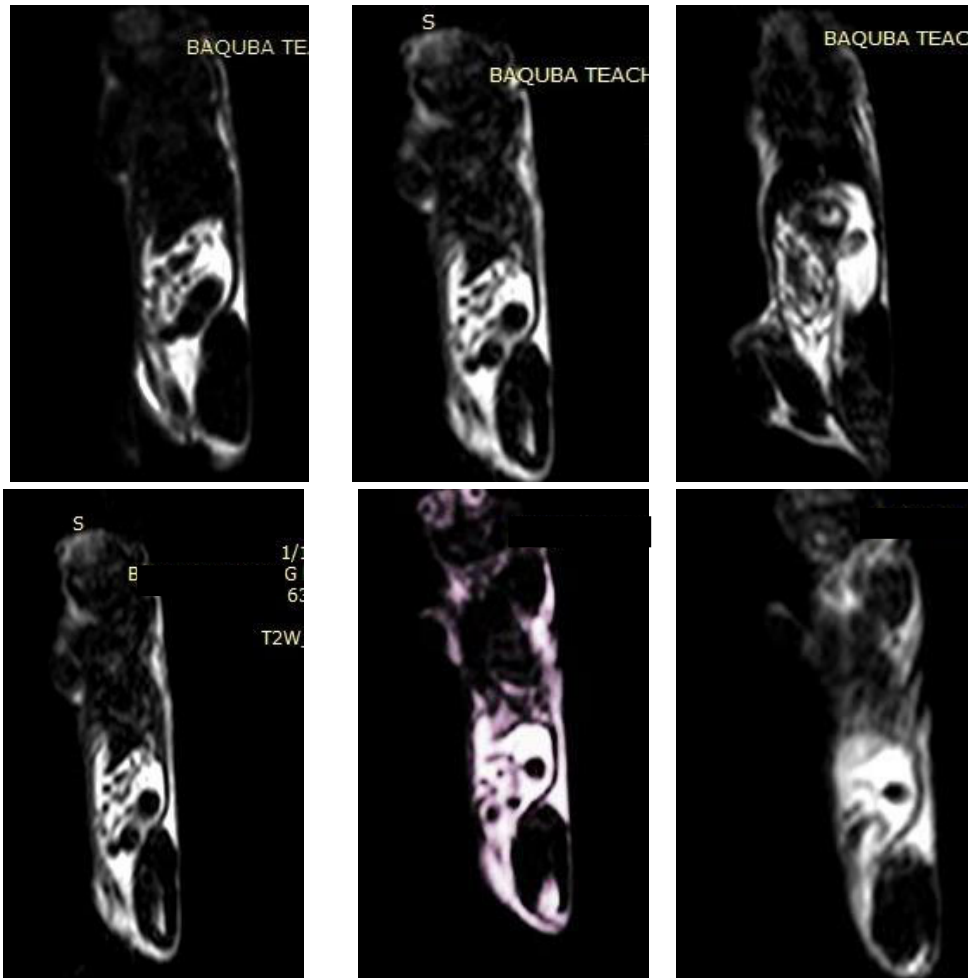


الشكل (4-27) يوضح الصور الناتجة من المرجح T2 والذي يظهر التأثير الكبير والواضح على مساحة كبيرة على أنسجة الجسم

تم الحقن بالتركيز الثاني للفرايت النانوي نيكل زنك العينة C4 ذي التركيز ($x=0.5$) ذي الحجم النانوي (25.1nm) حيث اظهرت نتائج الفحص الصور الناتجة بالشكل (4-28) للمرجح T1 والتي اظهرت استجابة المادة للفحص والذي يظهر من خلال الصور اجزاء للأمعاء والكبد. وكذلك بالنسبة للمرجح T2 المبينة بالشكل (4-30) والتي تظهر صور واضحة لأجزاء البطن والامعاء[115].



الشكل (28-4) المرجح T1 الذي يبين استجابة المادة لجهاز MRI .



الشكل (29-4) الصور الناتجة تمثل المرجح T2 للعينة C4 للفرايت النانوي نيكل زنك .

(8-4) الاستنتاجات

Conclusions

1. اظهرت الدراسة امكانية تحضير فرايتات كوبلت زنك ونيكل زنك النانوية المغناطيسية ذات النقاوة العالية بطريقة (Co -Precipitation Method) عند درجة حرارة (300-700 °C) .
2. اثبت فحص حيود الاشعة السينية XRD ان الفرايتات تمتلك تركيب السبيل Spinal وان الجسيمات المحضرة ذات احجام نانوية من خلال فحص FE-SEM بالإضافة الى القوى المغناطيسية التي ظهرت من خلال التكتل بين الجسيمات .
3. اثبت دراسة الخصائص المغناطيسية VSM ان الفرايتات المحضرة لكلا المركبين ذات خواص Super Paramagnetic وهي الحالة المرغوبة لإجراء التطبيق الطبي.
4. اثبتت دراسة الخواص الكهربائية العزلية إن الجسيمات المحضرة تمتلك ثابت عزل كهربائي ينخفض مع زيادة التردد ضمن المدى (50 Hz-2MHz).
5. استخدام الفرايتات المحضرة عاملاً في تعزيز التباين في صور الرنين المغناطيسي MRI والتي تم انتقائها لإجراء التطبيق الطبي اثبتت توافقها مع المجال المسلط الكهربائي للجهاز المستخدم للتطبيق MRI والتي قيمتها (15000 تسلا) مما ساعد في اظهار الصور بدقة وتباين عالي يفوق الصور الناتجة باستخدام المواد الاخرى بالإضافة الى قصر الفترة الزمنية بين فترة الحقن والفحص ،حيث كان لطريقة التحضير والمعالجة الحرارية المناسبة دور مهم في تغيير اطوار المادة الفرايتية الى الحالة Superpara Magnetic وهي الحالة التي يتطلب الوصول اليها لإجراء التطبيق الطبي.
6. اثبتت الدراسة ان افضل النسب التي اظهرت استجابة في تعزيز الصورة من جهاز MRI هي العينات التي امتلكت افضل الخواص التركيبية وخواص مغناطيسية Magnetic Superpara وهي العينيتين C3 – A5 .

(9-4) الاعمال المستقبلية:

Future Work

1. دراسة تأثير طلاء المواد المغناطيسية النانوية المحضرة بمادة بوليمرية وذلك لمنع ظاهرة التكتل ذات التأثير السلبي على الخلايا الحميدة.
2. استخدام المادة المغناطيسية في العلاج الحراري لقتل الخلايا الخبيثة.
3. استخدام المادة النانوية لايصال الدواء (Drug Delivery) الى المنطقة المصابة بطريقة سليمة وامنه دون تأثيرها على الخلايا المجاورة.
4. تصنيع جسيمات نانوية مغناطيسية بطرق كيميائية اخرى وبيان مدى تأثيرها في التطبيقات الطبية.

المصادر

References :

- [1]Mahmood, L.S., 2012. Preparation of $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ nano ferrite and study of its electrical and structural properties. Scientific Research University of Diyala College of Science Department of Physics, P (1).
- [2] Mattis, D.C., 2012. The theory of magnetism I: Statics and Dynamics (Vol. 17). Springer Science & Business Media.
- [3]Goldman, A., 1990. Recent advances in ferrite materials technology. Modern Ferrite Technology, Van Nostrand Reinhold, New York, p.191.
- [4] Roy, P.K. and Bera, J., 2006. Effect of Mg substitution on electromagnetic properties of $(\text{Ni}_{0.25}\text{Cu}_{0.20}\text{Zn}_{0.55})\text{Fe}_2\text{O}_4$ ferrite prepared by auto combustion method. *Journal of magnetism and magnetic materials*, 298(1), pp.38-42.
- [5] Saija, K.G., 2012. Synthesis and Characterization of Tetravalent Cation Substituted Mn-Zn Ferrite Suitable for High Frequency Applications (Doctoral dissertation, Saurashtra University).
- [6] Kittel, C. and McEuen, P., 1976. Introduction to solid state physics (Vol. 8). New York: Wiley.
- [7] Standley, K.J., 1972. Electrical Properties of Ferrites and Garnets. Oxide Magnetic Materials, Second Edition, Clarendon Press Oxford, pp.140-143.
- [8] Cullity, B.D. and Graham, C.D., 2011. Introduction to magnetic materials. John Wiley & Sons.
- [9] Lazarević, Z.Z., Jovalekić, C., Milutinović, A., Romčević, M.J. and Romčević, N.Ž., 2012. Preparation and Characterization of Nano Ferrites. *Acta Physica Polonica, A*, 121(3).
- [10] Mehta, N., 2008. Textbook of engineering physics. PHI Learning Pvt. Ltd.
- [11] N.H.Alwash , " The effect of sintering time on the magnetic properties $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ for the syntheses" , The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering,(c), 499-511 , (2009).

- [12] زياد طارق خضير " تصنيع وتصمم التراكيب النانوية المنمأة بتقنية APCVD ودراسة بعض الخواص الفيزيائية وظروف الترسيب للمركب (ZnO:Fe) " اطروحة دكتوراه في فلسفة الفيزياء ، كلية التربية ابن الهيثم – جامعة بغداد ، (2011) .
- [13] C. Raab, M. Simko,U. Fiedeler, M. Nentwich, A. Gazso" Production of nanoparticles and Nanomaterials" Institute of technology assessment of the austrian academy of sciences, No. 006en ,(2011).
- [14]Buschow, K.H.J. and Boer, F.R., 2003. Physics of magnetism and magnetic materials (Vol. 7). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- [15]Potakova, V.A., Zverev, N.D. and Romanov, V.P., 1972. On the cation distribution in $Ni_{1-x}Fe_{x-y}Zn_yFeO_4$ spinel ferrites. *physica status solidi* (a), 12(2), pp.623-627.
- [16]Globus, A., Pascard, H. and Cagan, V., 1977. Distance between magnetic ions and fundamental properties in ferrites. *Le Journal de Physique Colloques*, 38(C1), pp.C1-163.
- [17]Kim, Y.I., Kim, D. and Lee, C.S., 2003. Synthesis and characterization of $CoFe_2O_4$ magnetic nanoparticles prepared by temperature-controlled coprecipitation method. *Physica B: Condensed Matter*, 337(1-4), pp.42-51.
- [18] Mohanty, D., 2011. Effect of sintering on some properties of NiZn-ferrite (Doctoral dissertation).
- [19] Berry, C.C. and Curtis, A.S., 2003. Functionalisation of magnetic nanoparticles for applications in biomedicine. *Journal of physics D: Applied physics*, 36(13), p.R198.
- [20]Chinnasamy, C.N., Senoue, M., Jeyadevan, B., Perales-Perez, O., Shinoda, K. and Tohji, K., 2003. Synthesis of size-controlled cobalt ferrite particles with high coercivity and squareness ratio. *Journal of colloid and interface science*, 263(1), pp.80-83.
- [21] Hyeon, T., 2003. Chemical synthesis of magnetic nanoparticles. *Chemical Communications*, (8), pp.927-934.

- [22] Pankhurst, Q.A., Connolly, J., Jones, S.K. and Dobson, J., 2003. Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine. *Journal of physics D: Applied physics*, 36(13), p.R167.
- [23] Berger, M., Castelino, J., Huang, R., Shah, M. and Austin, R.H., 2001. Design of a micro fabricated magnetic cell separator. *Electrophoresis*, 22(18), pp.3883-3892.
- [24] Bergmann, C., Müller-Schulte, D., Oster, J.A., à Brassard, L. and Lübke, A.S., 1999. Magnetic ion-exchange Nano-and micro particles for medical, biochemical and molecular biological applications. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 194(1-3), pp.45-52.
- [25] Curtis, A., 2003. Biomedical aspects of magnetic nanoparticles. *europysics news*, 34(6), pp.210-211.
- [26] Fu, L., Dravid, V.P., Klug, K., Liu, X. and Mirkin, C.A., 2002. Synthesis and patterning of magnetic nanostructures. *European cells and Materials*, 3(SUPPL. 2), pp.156-157.
- [27] Laura H. Lewis “Fundamentals of Magnetism & Magnetic Materials” Northeastern University, Boston MA 2015 IEEE Summer School – June 14-19, University of Minnesota .
- [28] Bucak, S., Yavuztürk, B. and Sezer, A.D., 2012. Magnetic nanoparticles: synthesis, surface modifications and application in drug delivery. *Recent Advances in Novel Drug Carrier Systems*, 2, pp.165-200.
- [29] Simon-Yarza, T., Mielcarek, A., Couvreur, P. and Serre, C., 2018. Nanoparticles of metal-organic frameworks: on the road to in vivo efficacy in biomedicine. *Advanced Materials*, 30(37), p.1707365.
- [30] Suwalka, O., Sharma, R.K., Sebastian, V., Lakshmi, N. and Venugopalan, K., 2007. A study of nanosized Ni substituted Co–Zn ferrite prepared by coprecipitation. *Journal of magnetism and magnetic materials*, 313(1), pp.198-203.

[31] Lan, N.T., Hien, T.D., Duong, N.P. and Truong, D.V., 2008. Magnetic properties of $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ferrite nanoparticles prepared by using co-precipitation. *Journal of the Korean Physical Society*, 52(5), p.1522.

[32] حسام غانم حسيب القطان، خالد طه مهدي الرسول ، رياض ابراهيم عطية "تأثير درجة حرارة التلييد على الخصائص المغناطيسية للمركب $(Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4)$ " المؤتمر العلمي الثالث لكلية العلوم جامعة بغداد . 2009

[33]Velmurugan, K., Venkatachalapathy, V.S.K. and Sendhilnathan, S., 2010. Synthesis of nickel zinc iron nanoparticles by coprecipitation technique. *Materials Research*, 13(3), pp.299-303.

[34] Manouchehri, S., Yousefi, M.H., Mozaffari, M. and Amighian, J., 2010. Preparation of Superparamagnetic of $Co_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ at Room Temperature by Co-precipitation Method and Investigation of Its Physical Properties. *International Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 6(1), pp.15-22.

[35] Khandekar, M.S., Kambale, R.C., Patil, J.Y., Kolekar, Y.D. and Suryavanshi, S.S., 2011. Effect of calcination temperature on the structural and electrical properties of cobalt ferrite synthesized by combustion method. *Journal of Alloys and compounds*, 509(5), pp.1861-1865.

[36] Pathan, A.T. and Shaikh, A.M., 2012. Synthesis and characterization of cobalt substituted Li-Ni-Zn nano ferrites by chemical route. *European Journal of Applied Engineering and Scientific Research*, 1(4), pp.173-178.

[37] ABEDINI, K.S., Mahmoudzadeh, G., Madani, S.S., Sepehr, S.S., Manie, S., Moradi, S., Gharib, F., MEHRDAD, S.A. and ABROMAND, A.P., 2010. Determination of magnetic properties of nano-size $CoFe_2O_4$ particles synthesized by combination of sol-gel auto-combustion and ultrasonic irradiation techniques.

[38] Lotfi, R., Derakhshi, P. and Khorramie, S.A., 2012. Effect of temperature on synthesis and morphology of nickel doped cobalt ferrite in presence of htab by co-precipitation route. *World Appl Sci J*, 18(7), pp.929-32.

- [39]Doaga, A., Cojocariu, A.M., Constantin, C.P., Hempelmann, R. and Caltun, O.F., 2013, November. Magnetic nanoparticles for medical applications: Progress and challenges. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1564, No. 1, pp. 123-131). American Institute of Physics.
- [40]Leng, P.L., Naseri, M.G., Saion, E., Shaari, A.H. and Kamaruddin, M.A., 2013. Synthesis and characterization of Ni-Zn ferrite nanoparticles ($\text{Ni}_{0.25}\text{Zn}_{0.75}\text{Fe}_2\text{O}_4$) by thermal treatment method. *Advances in Nanoparticles*, 2(4), pp.378-383.
- [41]Yattinahalli, S.S., Kapatkar, S.B. and Mathad, S.N., 2014. Structural and mechanical properties of a nano ferrite. *Advanced Science Focus*, 2(1), pp.42-46.
- [42]Kumar, R., Singh, R.R. and Barman, P.B., 2014. Cobalt doped nickel zinc ferrite nanoparticles—XRD analyses an insight.
- [43] Venkatesan, K., Babu, D.R., Bai, M.P.K., Supriya, R., Vidya, R., Madeswaran, S., Anandan, P., Arivanandhan, M. and Hayakawa, Y., 2015. Structural and magnetic properties of cobalt-doped iron oxide nanoparticles prepared by solution combustion method for biomedical applications. *International Journal of Nanomedicine*, 10(Suppl 1), p.189.
- [44] Ahmed, A.I., Siddig, M.A., Mirghni, A.A., Omer, M.I. and Elbadawi, A.A., 2015. Structural and optical properties of $\text{Mg}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ nano-ferrites synthesized using co-precipitation method. *Advances in Nanoparticles*, 4(02), p.45.
- [45] Ding, Z., Wang, W., Wu, S. and Liu, J.P., 2015. Synthesis and characterization of Co–Zn ferrite nanoparticles by hydrothermal method: a comparative study. *IEEE Transactions on Magnetics*, 51(11), pp.1-4.
- [46] Yadavalli, T., Jain, H., Chandrasekharan, G. and Chennakesavulu, R., 2016. Magnetic hyperthermia heating of cobalt ferrite nanoparticles prepared by low temperature ferrous sulfate based method. *AIP Advances*, 6(5), p.055904.

- [47] تحسين حسين مبارك, صباح محمد علي and عمر عبد الوهاب احمد, 2017. تحضير و دراسة الخواص العزلية لغشاء مترالكب (CoFe₂O₄-PVA). مجلة ديالى للعلوم الصرفة, 13(4), -4, part (2), pp.73-82.
- [48]Dawoud, H.A., Ouda, L.S.A. and Shaat, S.K., 2017. AC and Dielectric Properties of Polycrystalline Zn–Ni Spinel Ferrites Prepared by Double Sintering Technique. IUG Journal of Natural Studies.
- [49] Amir, M., Gungunes, H., Baykal, A., Almessiere, M.A., Sözeri, H., Ercan, I., Sertkol, M., Asiri, S. and Manikandan, A., 2018. Effect of annealing temperature on magnetic and Mössbauer properties of ZnFe₂O₄ nanoparticles by sol-gel approach. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, 31(10), pp.3347-3356.
- [50]Khan, S.B., Irfan, S. and Lee, S.L., 2019. Influence of Zn²⁺ Doping on Ni-Based Nanoferrites;(Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄). *Nanomaterials*, 9(7), p.1024.
- [51]Abdulwahab, K., 2013. Synthesis and Characterisation of Monodispersed Ferrite Nanoparticles (Doctoral dissertation, The University of Manchester (United Kingdom)).
- [52]Yamauchi, J., 2008. Fundamentals of magnetism. Nitroxides: Applications in Chemistry, Biomedicine, and Materials Science.
- [53]Bhattacharjee, K , Ghosh, C.K., Mitra, M.K., Das, G.C., Mukherjee, S. and Chattopadhyay, K.K., 2011. Novel synthesis of Ni_xZn_{1-x}Fe₂O₄ (0 ≤ x ≤ 1) nanoparticles and their dielectric properties. *Journal of Nanoparticle Research*, 13(2), pp.739-750.
- [54] Babak ,M . The Secret of Magneticism .,May 31, 2015 , Aricles ,Materias Science Engineering Magnetism .
- [55] Jiles, D. 2015. Introduction to magnetism and magnetic materials. CRC press.
- [56]Costa, A.C.F., Morelli, M.R. and Kiminami, R.H., 2004. Combustion synthesis, sintering and magnetical properties of nanocrystalline Ni-Zn ferrites doped with samarium. *Journal of materials science*, 39(5), pp.1773-1778.
- [57] كاظم احمد محمد, "الحرارة وخواص المادة", جامعة الموصل (1999).

[58] تحسين حسين مبارك" تحضير مادة قلب المحولة الكهربائية ودراسة خصائصها التركيبية و الفيزيائية" اطروحة دكتوراه ،الجامعة التكنولوجية، قسم العلوم التطبيقية ،(2003) .

[59]Srivastava, R., 2012. Synthesis and characterization techniques of nanomaterials. *International Journal of Green Nanotechnology*, 4(1), pp.17-27.

[60] Liu, Q., Lv, L., Zhou, J.P., Chen, X.M., Bian, X.B. and Liu, P., 2012. Influence of nickel-zinc ratio on microstructure, magnetic and dielectric properties of Ni (1- x) Zn_xFe₂O₄ ferrites. *J. Ceram. Process. Res*, 13(2), pp.110-116.

[61]الكهربائية والمغناطيسية / الدكتور محمد بن علي احمد ال عيسى / قسم الفيزياء كلية العلوم
جامعة الملك سعود .

[62] فيزياء الجوامد / د.عبدالفتاح احمد الشاذلي / جامعة عين الشمس ج3.

[63] Berry, C.C. and Curtis, A.S., 2003. Functionalisation of magnetic nanoparticles for applications in biomedicine. *Journal of physics D: Applied physics*, 36(13), p.R198.

[64] Bradford, P., 2012. *The aggregation of iron oxide nanoparticles in magnetic fields* (Doctoral dissertation, University of Birmingham). مصدر الجدول الدوري

[65] Nalwa, H.S. ed., 1999. Handbook of low and high dielectric constant materials and their applications, two-volume set. Elsevier.

[66]Srivastava, R. and Yadav, B.C., 2012. Ferrite materials: introduction, synthesis techniques, and applications as sensors. *International Journal of Green Nanotechnology*, 4(2), pp.141-154.

[67] Singh, J.P., Kumar, H., Singhal, A., Sarin, N., Srivastava, R.C. and Chae, K.H., 2016. Solubility limit, magnetic interaction and conduction mechanism in rare earth doped spinel ferrite. *Appl. Sci. Lett*, 2(1), pp.03-11.

[68] Goldman, A., 2006. Modern ferrite technology. Springer Science & Business Media.

[69] Disegi, J.A., Kennedy, R.L. and Pilliar, R., 1999, October. Cobalt-base alloys for biomedical applications. Danvers: ASTM.

- [70] Panda, R.K., 2016. Studies on electric and magnetic properties of cobalt ferrite and its modified systems (Doctoral dissertation).
- [71] Nlebedim, I.C., Ranvah, N., Melikhov, Y., Williams, P.I., Snyder, J.E., Moses, A.J. and Jiles, D.C., 2009. Magnetic and Magnetomechanical Properties of $\text{CoAl}_{1-x}\text{Fe}_{2-x}\text{O}_4$ for Stress Sensor and Actuator Applications. *IEEE Transactions on magnetics*, 45(10), pp.4120-4123.
- [72] Mohanty, D., 2011. Effect of sintering on some properties of NiZn-ferrite (Doctoral dissertation).
- [73] ردينة صديق "دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لآغشية $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}$ المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري " رسالة ماجستير ,جامعة ديالى ,كلية العلوم 2013.
- [74] Rajendra, R. and RAJLAKSHMI, N., Structural and Electric Properties of Titanium Substituted Ni-Cu-Zn Ferrite.
- [75] Street, B.G, Present technology of hard and soft ferrites. *Powder Metallurgy*, 22(2), pp.62-74,1979 .
- [76] Ito, S, Basics of ferrite and noise countermeasures. TDK EMC Technology; TDK Corporation Magnetics Business Group: Tokyo, Japan,2011.
- [77]- نزهت عزيز عبود ، صباح جميل مزهر ، زياد نبيل ، ""دراسة تركيب الحجيرات المغناطيسية وعلاقتها بمنحني الهسترة المغناطيسية ""، مجلة كلية التربية الاساسية ، الاصدار 64، صفحة 607-614 (2010) .
- [78] Awadallah, A.M. and Sami, M, Effects of preparation conditions and metal ion substitutions for barium and iron on the properties of M-type barium hexaferrites (Doctoral dissertation, The University Of Jordan) ,2014 .
- [79] Cui, Z., Zhang, W. and Wang, H, Magnetic permeability measurement method for particle materials. In 2018 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) (pp. 1-6). IEEE,2018 .
- [80] Petrova, A.B., Astafyev, A.L. and Ershov, A.V , January. The study of initial permeability temperature dependences for LiTiZn ferrite ceramics. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 289, No. 1, p.

012042). IOP Publishing,2018 .

- [81] Ganachari, S.V., Banapurmath, N.R., Salimath, B., Yaradoddi, J.S., Shettar, A.S., Hunashyal, A.M., Venkataraman, A., Patil, P., Shoba, H. and Hiremath, G.B, Synthesis techniques for preparation of nanomaterials. Handbook of Ecomaterials, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48281-1_149-1,2017 .
- [82] Tünay, O. and Kabdaşlı, N.I, Hydroxide precipitation of complexed metals. Water Research, 28(10), pp.2117-2124,1994.
- [83]Packter, A, The precipitation of transition metal oxalate powders from aqueous solution. Crystal numbers and final sizes. *Kristall und Technik*, 11(11), pp.1131-1138,1976 .
- [84] D. William, "material science and engineering an introduction" John wiley &son ,Inc , p.676-681, (2000).
- [85] د. غازي ياسين القيسي ""فيزياء الحالة الصلبة ""المملكة المتحدة – جامعة ريدينك – دار المسيرة (2011).
- [86] Sharma, R., Bisen, D.P., Shukla, U. and Sharma, B.G.,. X-ray diffraction: a powerful method of characterizing nanomaterials. Recent Research in Science and Technology,2012.
- [87] J.Connolly," Elementary Crystallography for X-Ray Diffraction" Introduction to X-Ray powder diffraction, Spring, (2012).
- [88] Speakman, S.A. Basics of X-ray powder diffraction. the Center for Materials Science and Engineering at MIT, Tech. Rep. Massachusetts-USA,2011 .
- [89] Battoo, K.M. and Ansari, M.S. Low temperature-fired Ni-Cu-Zn ferrite nanoparticles through auto-combustion method for multilayer chip inductor applications. Nanoscale Research Letters, 7(1), p.112, 2012 .
- [90] N. S. Ahmade “Synthesis and Magnetic Characterization of $\text{Co}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ Spinel Ferrite nano Particles for Biological Applications” Phd , University of Technology, 2019 .

- [91] A. S. H. Makhoulf, and A. Barhoum, *Emerging Applications of Nanoparticles and Architectural Nanostructures: Current Prospects and Future Trends*: William Andrew, 2018.
- [92] Kao, K.C, Dielectric phenomena in solids. Elsevier, 2004 .
- [93] C. Koops, "On the dispersion of resistivity and dielectric constant of some semiconductors at audiofrequencies," *Physical Review*, vol. 83, no. 1, pp. 121, 1951.
- [94] G. Vijayakumari, *Engineering Physics*: Vikas Publishing House, Second Edition, India, 2009.
- [95] Zhou, T., Zhang, D., Jia, L., Bai, F., Jin, L., Liao, Y., Wen, T., Liu, C., Su, H., Jia, N. and Zheng, Z, Effect of NiZn ferrite nanoparticles upon the structure and magnetic and gyromagnetic properties of low-temperature processed LiZnTi ferrites. *The Journal of Physical Chemistry C*, 119(23), pp.13207-13214, 2015
- [96] Mark, H.F. and Kroschwitz, J.I, *Encyclopedia of polymer science and engineering*, 1985 .
- [97] D. W. McRobbie, E. A. Moore, M. J. Graves and M. R. Prince , *MRI From Picture to Proton* , Second edition, , Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York, 2006..
- [98] Sharma, R., Bisen, D.P., Shukla, U. and Sharma, B.G, *X-ray diffraction: a powerful method of characterizing nanomaterials. Recent Research in Science and Technology* , 2012 .
- [99] Soibam, I., Nilima, N. and Phanjoubam, S, Dielectric studies of double sintered lithium zinc nickel ferrite prepared by citrate precursor method. *Am J Mater Sci Eng*, 2, pp.24-27, 2014 .
- [100] G. Sathishkumar, "Structural magnetic and dielectric studies on cobalt based ferrite nanoparticles," *Ph.D Thesis*, Anna University, Chennai, 2013.
- [101] Tereshchenko, O.V., Buesink, F.J.K. and Leferink, F.B.J , August. An overview of the techniques for measuring the dielectric properties of

materials. In 2011 XXXth URSI General Assembly and Scientific Symposium (pp. 1-4). Ieee,2011.

- [102] Bonechi, C., Consumi, M., Matteucci, M., Tamasi, G., Donati, A., Leone, G., Menichetti, L., Kusmic, C., Rossi, C. and Magnani, A, Distribution of Gadolinium in Rat Heart Studied by Fast Field Cycling Relaxometry and Imaging SIMS. *International journal of molecular sciences*, 20(6), p.1339,2019.
- [103] Ahmadi, R., Gu, N. and Hosseini, H.R.M, Characterization of cysteine coated magnetite nanoparticles as MRI contrast agent. *Nano-Micro Letters*, 4(3), pp.180-183,2012 .
- [104] Abdulaziz, A.F, Magnetic and magnetostrictive properties of $\text{Co}_{(1-x)}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ nanoparticles produced by co-precipitation method. *Tikrit Journal of Pure Science*, 16(4), pp.216-222,2011 .
- [105] Kurian, M., Thankachan, S., Nair, D.S., Aswathy, E.K., Babu, A., Thomas, A. and KT, B.K, Structural, magnetic, and acidic properties of cobalt ferrite nanoparticles synthesised by wet chemical methods. *Journal of Advanced Ceramics*, 4(3), pp.199-205,2015 .
- [106] Rameshbabu, R., Ramesh, R., Kanagesan, S., Karthigeyan, A. and Ponnusamy, S, Structural, morphological and magnetic properties of hydrothermally synthesized ZnFe_2O_4 nanoparticles. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 25(6), pp.2583-2588,2015 .
- [107] Leng, P.L., Naseri, M.G., Saion, E., Shaari, A.H. and Kamaruddin, M.A.,. Synthesis and characterization of Ni-Zn ferrite nanoparticles ($\text{Ni}_{0.25}\text{Zn}_{0.75}\text{Fe}_2\text{O}_4$) by thermal treatment method. *Advances in Nanoparticles*, 2(4), pp.378-383,2013 .
- [108] Kumar, R., Singh, R.R. and Barman, P.B, Cobalt doped nickel zinc ferrite nanoparticles–XRD analyses an insight,2014 .

- [109] Impact of grain size and structural changes on magnetic, dielectric, electrical, impedance and modulus spectroscopic characteristics of CoFe_2O_4 nanoparticles synthesized by honey mediated sol-gel combustion method.
- [110] Iqbal, J., Rajpoot, M., Jan, T. and Ahmad, I., 2014. Annealing induced enhancement in magnetic properties of $\text{Co}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ nanoparticles. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, 27(7), pp.1743-1749.
- [111] Manikandan, A., Kennedy, L.J., Bououdina, M. and Vijaya, J.J., 2014. Synthesis, optical and magnetic properties of pure and Co-doped ZnFe_2O_4 nanoparticles by microwave combustion method. *Journal of magnetism and magnetic materials*, 349, pp.249-258.
- [112] F.Gozuak, Y.Koseoglu, A.Baykal, and H.Kavasa " Synthesis and characterization of $\text{Co}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ magnetic nanoparticles via PEG-assisted route " *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol. 321, pp. 2170–2177, 2009.
- [113] Jadhav, J., Biswas, S., Yadav, A.K., Jha, S.N., Bhattacharyya, D. and Sahoo, N.K., 2015. Effects of Ni Concentration on the Structural and Magnetic Properties of $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$ Ferrites Synthesized via a Polymer Precursor. In *Journal of Nano Research* (Vol. 34, pp. 9-16). Trans Tech Publications Ltd.
- [114] Kim, D.K., Zhang, Y., Kehr, J., Klason, T., Bjelke, B. and Muhammed, M.,. Characterization and MRI study of surfactant-coated superparamagnetic nanoparticles administered into the rat brain. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 225(1-2), pp.256-261, 2001.
- [115] Ahmad, T., Rhee, I., Hong, S., Chang, Y. and Lee, J., 2011. $\text{Ni-Fe}_2\text{O}_4$ nanoparticles as contrast agents for magnetic resonance imaging. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 11(7), pp.5645-5650.

UNITS FOR MAGNETIC PROPERTIES

Quantity	Symbol	Gaussian & cgs emu ^a	Conversion factor, C ^b	SI & rationalized mks ^c
Magnetic flux density, magnetic induction	B	gauss (G) ^d	10^{-4}	tesla (T), Wb/m ²
Magnetic flux	Φ	maxwell (Mx), G·cm ²	10^{-8}	weber (Wb), volt second (V·s)
Magnetic potential difference, magnetomotive force	U, F	gilbert (Gb)	$10/4\pi$	ampere (A)
Magnetic field strength, magnetizing force	H	oersted (Oe), ^e Gb/cm	$10^3/4\pi$	A/m ^f
(Volume) magnetization ^g	M	emu/cm ³ ^h	10^3	A/m
(Volume) magnetization	$4\pi M$	G	$10^3/4\pi$	A/m
Magnetic polarization, intensity of magnetization	J, I	emu/cm ³	$4\pi \times 10^{-4}$	T, Wb/m ² ⁱ
(Mass) magnetization	σ, M	emu/g	$\frac{1}{4\pi \times 10^{-7}}$	A·m ² /kg Wb·m/kg
Magnetic moment	m	emu, erg/G	10^{-3}	A·m ² , joule per tesla (J/T)
Magnetic dipole moment	j	emu, erg/G	$4\pi \times 10^{-10}$	Wb·m ⁱ
(Volume) susceptibility	χ, κ	dimensionless, emu/cm ³	$\frac{4\pi}{(4\pi)^2 \times 10^{-7}}$	dimensionless henry per meter (H/m), Wb/(A·m)
(Mass) susceptibility	χ_p, κ_p	cm ³ /g, emu/g	$\frac{4\pi \times 10^{-3}}{(4\pi)^2 \times 10^{-10}}$	m ³ /kg H·m ² /kg
(Molar) susceptibility	$\chi_{\text{mol}}, \kappa_{\text{mol}}$	cm ³ /mol, emu/mol	$\frac{4\pi \times 10^{-6}}{(4\pi)^2 \times 10^{-13}}$	m ³ /mol H·m ² /mol
Permeability	μ	dimensionless	$4\pi \times 10^{-7}$	H/m, Wb/(A·m)
Relative permeability ^j	μ_r	not defined		dimensionless
(Volume) energy density, energy product ^k	W	erg/cm ³	10^{-1}	J/m ³
Demagnetization factor	D, N	dimensionless	$1/4\pi$	dimensionless

- a. Gaussian units and cgs emu are the same for magnetic properties. The defining relation is $B = H + 4\pi M$.
- b. Multiply a number in Gaussian units by C to convert it to SI (e.g., $1 \text{ G} \times 10^{-4} \text{ T/G} = 10^{-4} \text{ T}$).
- c. SI (*Système International d'Unités*) has been adopted by the National Bureau of Standards. Where two conversion factors are given, the upper one is recognized under, or consistent with, SI and is based on the definition $B = \mu_0(H + M)$, where $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$. The lower one is not recognized under SI and is based on the definition $B = \mu_0 H + J$, where the symbol I is often used in place of J .
- d. $1 \text{ gauss} = 10^5 \text{ gamma } (\gamma)$.
- e. Both oersted and gauss are expressed as $\text{cm}^{-1/2} \cdot \text{g}^{1/2} \cdot \text{s}^{-1}$ in terms of base units.
- f. A/m was often expressed as "ampere-turn per meter" when used for magnetic field strength.
- g. Magnetic moment per unit volume.
- h. The designation "emu" is not a unit.
- i. Recognized under SI, even though based on the definition $B = \mu_0 H + J$. See footnote c.
- j. $\mu_r = \mu/\mu_0 = 1 + \chi$, all in SI. μ_r is equal to Gaussian μ .
- k. $B \cdot H$ and $\mu_0 M \cdot H$ have SI units J/m³; $M \cdot H$ and $B \cdot H/4\pi$ have Gaussian units erg/cm³.

No: 53

Date: 19 – 10 – 2020

Letter of Acceptance

Editorial Board

Professor: Nabeel Ali Bakr (**Editor-in-Chief**)
Assistant Professor: Kareem Hussein Khwedim
Professor: Tahseen H. Mubarak
Professor: Karim H. Hassan
Professor: Ziyad T. Mustafa
Professor: Sabah A. Salman
Professor: Mohammed K. Khudhair
Assistant Professor: Munther Hamza Rathi Hussein
Assistant Professor: Asem Ahmed Hassan
Professor: Farid Jamali – Sheini
Professor: Ranjit R. Hawaldar
Professor: Naji M. Sahyeb
Professor: L. M. Harwood
Professor: Emad Shalaby
Professor: Wael Ghafour Alabdullah
Professor: Khidir W. Hilu
Professor: Amha Lisan
Assistant Professor: Rajavelu Balu
Professor: Khaldoun Ahmed

Date of receipt: 1 – 9 – 2020

Date of acceptance: 19 – 10 – 2020

Manuscript Number: 540C

Title: Preparation and study of the properties of $\text{CoZnFe}_2\text{O}_4$ using co-precipitation method

Authors: Wafaa A. Shatti, Tahseen H. Mubarak and Olfat A. Mahmood

This is to certify that the above-mentioned manuscript has been accepted for publication in Diyala Journal for Pure Science. It should be understood that papers included in journal are subjected to editorial revision and the right of publication in any form or language is reserved to the editorial board of journal.

N. A. Bakr

Professor
Nabeel Ali Bakr (Editor-in-Chief)

Acceptance Letter

(Publication and Oral Presentation)

Paper ID: ICCES-Nano-2020-001

Paper Title: (Synthesis of iron-nickel particles By co-precipitation Technique and used as a contrast medium in an MRI machine)

Congratulations!

The review processes of the **International workshop on Nanotechnology (IWN)** that is joint with the 1st First International Conference on Computing and Emerging Sciences (ICCES20) has been completed. Based on the recommendations of the reviewers and the program Committees, we are pleased to inform you that your paper identified above has been accepted for *both publication and oral presentation*. You are cordially invited to present the paper orally at ICCES to be held in Erbil, Iraq on Dec. 24-26, 2020. If the registration procedure is completed before/on the set deadline. The proceedings are also submitted for indexing through SCOPUS, IEE INSPEC, EI, DBLP, Thomson ISI, and other indexing services.

Registration Procedure:

You are expected to complete the following steps in order to register successfully:

Step1: Revise your paper according to <https://acm-icces.net/cats/Instructions-for-Authors>.

Step2: Format your paper according to the Template carefully. Each submitted paper must conform to the **SCITEPRESS Digital Library**.

Step3: Complete the Registration according to: <https://acm-icces.net/cats/reg>

Step4: Send your final papers (both doc and pdf version), and payment proof to submit@acm-icces.net before Nov. 1, 2020.

Note:

Please strictly follow the instructions of the format specified in the conference template while preparing your final paper. If you have any problem in preparing the final paper, please feel free to contact us via submit@acm-icces.net for the most updated information on the conference; please check the conference website at <https://acm-icces.net/>

The Conference Program will be available at the website in the DEC. 15, 2020.

We are looking forward to meeting you in Iraq

Yours Sincerely,

ICCES Scientific Committee



Scopus®



ICCES 2020

Journal of Physics: Conference Series

19 September 2020

Acceptance Letter

Dear author(s),

WAFAA A. SHATTI 1, TAHSEEN H. MUBARAK 2, OLFAT A. MAHMOOD 3

^{1,2,3} Department of Physics, College of Science, University of Diyala, Diyala, Iraq.

It's my pleasure to inform you that, after the peer review, your paper,

“Study of the structure, magnetic and electrical properties of nickel zinc ferrite”

Has been **ACCEPTED** with content unaltered to publish with **Journal of Physics: Conference Series, ISSN: 1742-6588 E-ISSN: 1742-6596**

Again, thank you for working with the Journal of Physics: Conference Series. I believe that our collaboration will help to accelerate the global knowledge creation and sharing one step further. Journal of Physics: Conference Series looks forward to your final publication package. Please do not hesitate to contact me if you have any further questions.

Sincerely,



Editor-in-Chief

Journal of Physics: Conference Series

<https://iopscience.iop.org/journal/1742-6596>

ABSTRACT :

In this study magnetic nanoparticles were prepared in two forms, the first $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ and the second $\text{Ni}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ for the x values, respectively ($x=0,0.1,0.3,0.5,0.7,0.9$) by Co-precipitation Method where nanoparticles were obtained with a scale of 10-28 nm.

The structural properties of the prepared samples were tested by using the XRD spectroscopy, the Fourier transforms of the FTIR infrared spectrometer, and the electronic spectroscopy of the emitted field FE-SEM. The synthetic results showed that the prepared particles possess the Lattice constants, grain sizes and density of the ferrite were calculated. All FE-SEM results showed that. It has nanoscale sizes (25-34.5 nm) as it showed through the agglomeration of particle sites that it possesses good magnetic properties, and from the results of FTIR showed that the particles have two absorption bands between ($600\text{-}400\text{cm}^{-1}$) and that these bands indicate that the spectral composition of all samples is for ferrite.

The electrical isolation properties of the prepared particles LCR meter were also tested and the results showed that the prepared particles possess good insulating properties within the frequency range (50-2MHz) by calculating the dielectric constant and also finding the shadow angle of loss, while the magnetic properties of the particles through the VSM test showed that some samples had paramagnetic properties, while others had superParamagnetic properties.

Through the results, it was found that all the prepared samples possessed nanoscale sizes and good properties such as high magnetization, and the method used is inexpensive in addition to the possibility of preparing magnetic ferrite nanoparticles in good quantities. Converted to a magnetic fluid using one of the organic solvents TAMOH tetra hydroxide where the powders were converted to a Nano magnetic fluid, which was used as a colorant for the tissues and as a contrast medium in contrast medium MRI (Magnetic Resonance Imaging).



**Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Diyala
College of Science
Department of Physics**



Synthesis and study of $\text{CoZnFe}_2\text{O}_4$ and $\text{NiZnFe}_2\text{O}_4$ Magnetic Nano Particles for Medical Application

Submitted to The Council of the College of Sciences, University of
Diyala in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree
of Master of science in Physics

by

Wafaa Abdulsatar Shatti

(B.Sc. 2002)

Supervised By

Prof.Dr.

**Tahseen H.Mubarak
2020 A.D**

Prof.Dr.

**Olfat Ahmad Mahmood
1442A.H**

IRAQ