

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARMA SPİN-1/2 VE SPİN-1 ISING NANOTEL
SİSTEMİNİN DİNAMİK DAVRANIŞLARININ
İNCELENMESİ**

**Tezi Hazırlayan
Önder AKYÜZ**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Bayram DEVİREN**

**Fizik Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**ARALIK 2019
NEVŞEHİR**

ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Bayram DEVİREN danışmanlığında Önder AKYÜZ tarafından hazırlanan "**Karma Spin-1/2 ve Spin-1 Ising Nanotel Sisteminin Dinamik Davranışlarının İncelenmesi**" başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

18.12/2019

JÜRİ

Başkan : Prof. Dr. Bayram DEVİREN

B. Deviren

Üye : Doç. Dr. Gökhan KOÇAK

G. Koçak

Üye : Doç. Dr. Şeyma AKKAYA DEVİREN

S. Akkaya

ONAY:

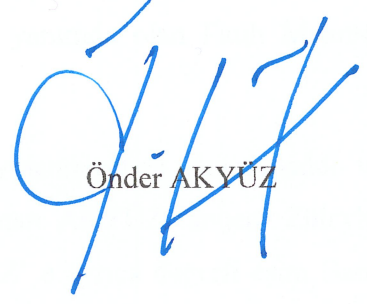
Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 08.01.2020 tarih ve 02/13 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

09/01/2020

Prof. Dr. Şahlan ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Önder AKYÜZ

TEŞEKKÜR

Yaşamımın en önemli evrelerinden biri olarak gördüğüm yüksek lisans tez çalışması konusunda bana çalışmalarımın her aşamasında büyük fedakârlık ve özveri göstererek emeklerini esirgemeyen, çalışmalarımda beni yönlendiren, engin bilgi ve tecrübesinden istifade ettiğim değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Bayram DEVİREN' e en içten teşekkürlerimi, sonsuz şükranlarımı ve saggılarımı sunarım.

Tez çalışmalarımı birlikte yürüttüğüm ve her anımda yanımda olan Fatih Mehmet YILDIZ' a desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hayatımın bu kıymetli süreçlerinden birinin yaşanmasında bana maddi ve manevi her türlü desteklerini esirgemeyen babam Osman AKYÜZ, annem Züleyha AKYÜZ, kardeşlerim Ceyda AKYÜZ ve Ömer AKYÜZ' e ayrıca değerli eşim Banu AKYÜZ ve çocuklarım Gizem AKYÜZ ve Zeynep Duru AKYÜZ' e de sonsuz teşekkürlerimi sunarım...

KARMA SPİN-1/2 VE SPİN-1 ISING NANOTEL SİSTEMİNİN DİNAMİK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Önder AKYÜZ

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2019

ÖZET

Zamana bağlı salınımlı dış manyetik alan altında karma spin-1/2 ve spin-1 Ising nanotel sisteminin dinamik manyetik özellikleri (faz geçiş sıcaklıkları, faz diyagramları, histeresisdöngü alanları, dinamik korelasyon davranışları), ortalama alan yaklaşımı (OAY) ve Glauber-tipi stokastik dinamik kullanılarak incelendi. Karma spin-1/2 ve spin-1 Ising nanotel sisteminin kararlı fazlarını elde etmek için düzen parametrelerinin zamana bağlı davranışları çalışıldı. Dinamik faz geçişlerinin doğasını (birinci veya ikinci mertebeden) karakterize etmek ve dinamik faz geçiş (DFG) sıcaklıklarını elde etmek için dinamik düzen parametrelerinin, histeresıs döngü alanlarının ve korelasyonların davranış sıcaklığın bir fonksiyonu olarak incelendi. Sistemin manyetik alan genliği ve sıcaklık düzleminde dinamik faz diyagramları sunuldu. Karma spin-1/2 ve spin-1 Ising nanotel sisteminin dinamik manyetik özelliklerinin etkileşme parametrelerine kuvvetli bir şekilde bağlı olduğu gözlemlendi. Dinamik faz diyagramlarının, paramanyetik (p), ferrimanyetik (i), nonmanyetik (nm) temel fazlar yanısıra temel fazların birlikte olduğu i+nm, i+p ve nm+p karma faz bölgeleri gözlemlendi. Dinamik faz diyagramlarının birinci- ve ikinci-derece faz geçiş sıcaklıklarının yanında, dinamik üçlü kritik nokta gibi özel dinamik kritik noktaları sergilediği görüldü. Ayrıca sistem reentrant davranış sergilemiştir.

Anahtar Kelimeler: *Karma spin-1/2 ve spin-1 Ising sistemi; Nanotel; Ortalama-alan yaklaşıklığı; Glauber-tipi stokastik dinamik.*

**INVESTIGATION OF THE DYNAMIC BEHAVIORS OF MIXED SPIN-1/2
AND SPIN-1 ISING NANOWIRE SYSTEM
(M. Sc. Thesis)**

Önder AKYÜZ

**NEVSEHIR HACI BEKTAS VELI UNIVERSTY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

December 2019

ABSTRACT

The nonequilibrium magnetic properties (phase transition temperatures, phase diagrams, hysteresis loop areas and dynamic correlations) are studied, within a mean-field approach, in the mixed spin-1/2 and spin-1 Ising nanowire system under the presence of a time varying (sinusoidal) magnetic field by using the Glauber-type stochastic dynamics. The time-dependence behavior of order parameters and the behavior of average order parameters in a period, which is also called the dynamic order parameters, as a function of temperature, are investigated. Temperature dependence of the dynamic magnetizations, hysteresis loop areas and correlations are investigated in order to characterize the nature (first- or second-order) of the dynamic phase transitions as well as to obtain the dynamic phase transition temperatures. We present the dynamic phase diagrams in the magnetic field amplitude and temperature plane. The phase diagrams also contain paramagnetic (p), ferrimagnetic (i), nonmagnetic (nm) phases, three coexistence or mixed regions, i+nm, i+p and nm+p, which strongly depend on interaction parameters. The phase diagrams also exhibit first- and second-order phase transitions as well as a dynamic tricritical point. The system also exhibits a reentrant phenomena.

Keywords: *Mixed spin-1/2 and spin-1 Ising system; Nanotube; Mean-field approach system; Glauber-type stochasticdynamic.*

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI.....	i.
TEZ BİLDİRİM SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	vii
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.....	8
METOT VE MODELİN TANITIMI	8
2.1. Model.....	8
2.2. Glauber Dinamiği ve Ortalama-Alan Dinamik Denklemlerinin Elde Edilmesi	10
BÖLÜM 3.....	14
KARMA SPİN (1/2, 1) ISING NANOTEL SİSTEMİNİN NÜMERİK ÇÖZÜMÜ... 14	
3.1. Ortalama Alt Örgü Miknatislanmalarının Zamanla Değişimi	14
3.2. Dinamik Düzen Parametreleri ve Dinamik Faz Geçiş Noktaları.....	18
3.3. Dinamik Miknatislanmalar, Histeresis Döngüsü Alanları ve Korelasyonların Termal Davranışı	19
3.4. (T/J _C , h/J _C) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları.....	24
BÖLÜM 4.....	32
SONUÇ VE TARTIŞMA.....	32
KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	42

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1.1. Bazı nanoteknoloji cihazlarına kıyasla bazı varlıklar için boyut aralıklarının karşılaştırılması: SET (Tek elektronlu transistör), GMR (Dev manyeto direnç), Q-DOTS (Kuantum noktaları); AFM (Atomik kuvvet mikroskobu), SEM (Taramalı elektron mikroskobu), STM (Taramalı tünelleme mikroskobu) [4]. **2**

Şekil 2.1. Karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sistemini tanımlayan silindirik hegzagonal yapının şematik temsili: (a) ara kesit ve (b) üç boyutlu. Mavi ve gri küreler sırasıyla özdeki spin-1/2 ve kabuktaki spin-1 manyetik atomları göstermektedir. **8**

Şekil 3.1. Karma spin (1/2, 1) nanotel sistemi için ortalama alt örgü mıknatıslanmalarının $m_c(\xi)$ ve $m_s(\xi)$ zamanla değişimi. (a) Sistemde sadece paramanyetik (p) faz mevcuttur, ($d=-4.0$, $h=3.0$, $T=1.5$). (b) Sistemde sadece ferrimanyetik (i) faz mevcuttur, ($d=1.0$, $h=2.0$, $T=2.25$). (c) Sistemde sadece manyetik olmayan (nm) faz mevcuttur, ($d=-3.3$, $h=1.0$, $T=1.125$). (d) Sistemde hem ferrimagnetik (i) ve hemde manyetik olmayan (nm) fazlar mevcuttur, ($d=-3.2$, $h=0.50$, $T=0.30$). (e) Sistemde hem ferrimagnetik (i) ve hemde paramagnetik (p) fazlar mevcuttur, ($d=-2.5$, $h=2.0$, $T=0.10$). (f) Sistemde hem manyetik olmayan (nm) ve hemde paramagnetik (p) fazlar mevcuttur. ($d=-5.0$, $h=2.0$, $T=0.15$) **17**

Şekil 3.2. $\Delta_S = 0.0$, $r = 1.0$, $d = 1.0$ ve $h = 2.75$ değerleri için M_α , A_α , C_α 'nın sıcaklığa bağlı davranışı. $T_C/J_C = 3.00$, ferrimanyetik (i) fazdan paramanyetik (p) faza ikinci-derece faz geçiş sıcaklığını göstermektedir. **20**

Şekil 3.3. $\Delta_S = 0.0$, $r = 1.0$, $d = -3.3$ ve $h = 1.6$ değerleri için M_α , A_α , C_α 'nın sıcaklığa bağlı davranışı. $T_C/J_C = 1.455$, manyetik olmayan (nm) fazdan paramanyetik (p) faza ikinci-derece faz geçiş sıcaklığını göstermektedir. **21**

- Şekil 3.4.** $\Delta_S = 0.0$, $r = 1.0$, $d = 1.0$ ve $h = 3.75$ değerleri için M_α , A_α , C_α 'nın sıcaklığa bağlı davranışı. $T_C/J_C = 3.00$, ferrimanyetik (i) fazdan paramanyetik (p) faza birinci-derece faz geçiş sıcaklığını göstermektedir. **22**
- Şekil 3.5.** $\Delta_S = 0.0$, $r = 1.0$, $d = -2.5$ ve $h = 0.5$ değerleri için M_α , A_α ve C_α 'nin termal davranışları. (a) $m_{C1}=m_{C2}=0.5$, $m_{S1}=m_{S2}=1.0$ başlangıç değerleri, (b) $m_{C1}=m_{C2}=0.0$, $m_{S1}=m_{S2}=0.0$ başlangıç değerleri için elde edilmiştir. $T_t/J_C = 0.65$ 'ye kadar karma i+nm fazı, $T_t/J_C = 0.65$ ile $T_C/J_C = 2.025$ arasında i fazı ve $T_C/J_C = 2.025$ 'den yüksek sıcaklıklarda p fazı mevcuttur. **23**
- Şekil 3.6.** Karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminde $d= 1.0$ değeri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde dinamik faz diyagramı. **25**
- Şekil 3.7.** Karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminde $d= -1.7$ değeri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde dinamik faz diyagramı. **26**
- Şekil 3.8.** Karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminde $d= -2.5$ değeri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde dinamik faz diyagramı. **27**
- Şekil 3.9.** Karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminde $d= -3.2$ değeri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde dinamik faz diyagramı. **28**
- Şekil 3.10.** Karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminde $d= -3.3$ değeri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde dinamik faz diyagramı. **29**
- Şekil 3.11.** Karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminde $d= -4.0$ değeri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde dinamik faz diyagramı. **30**
- Şekil 3.12.** Karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminde $d= -5.0$ değeri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde dinamik faz diyagramı. **31**

BÖLÜM 1

GİRİŞ

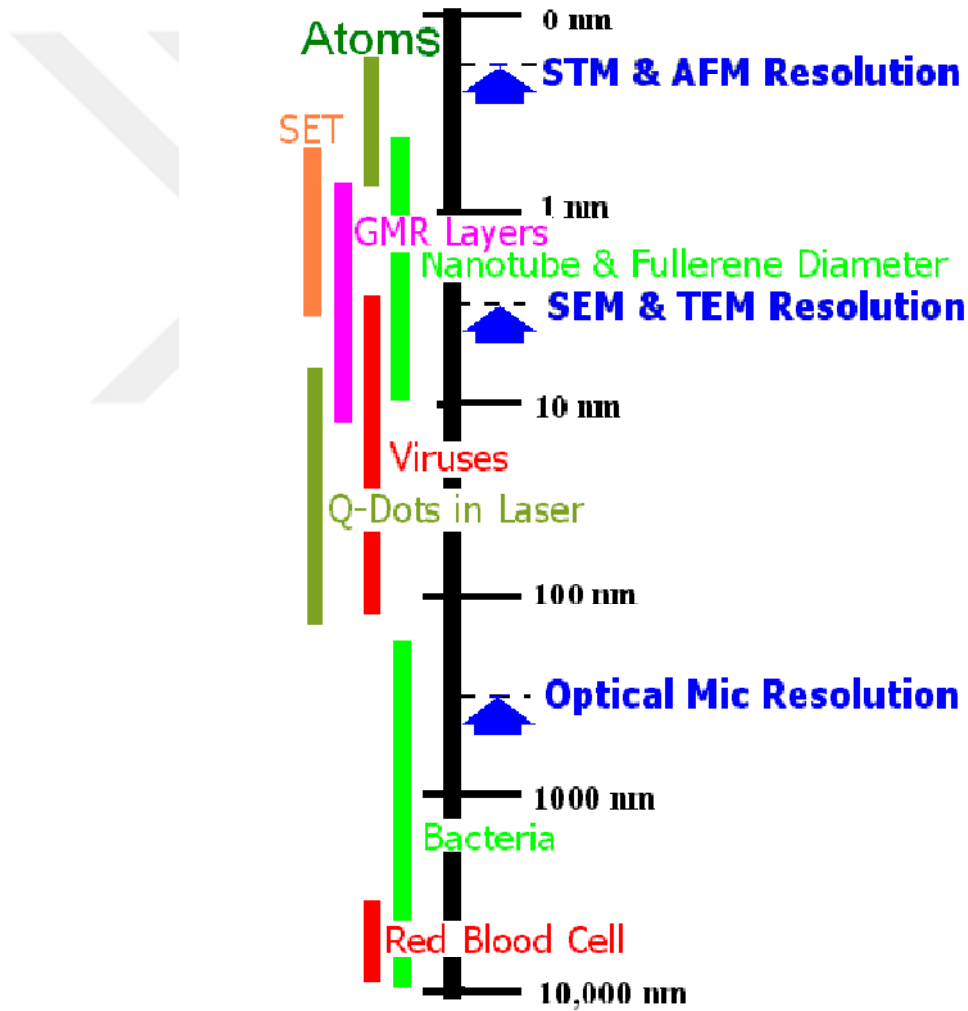
Nanoteknoloji, atomik hassasiyetle yeni malzeme, cihaz, sistem ve teknolojiler inşa etme yeteneği olarak tanımlanabilir [1, 2]. ABD Ulusal Bilim ve Teknoloji Konseyi'nde nanoteknolojinin kısa ve genel bir tanımı ise "Nanoteknolojinin özü, temelde yeni moleküler organizasyonda büyük yapılar oluşturmak, atomlar vasıtasıyla moleküler düzeyde çalışma yeteneğidir. Nanoteknolojinin amacı ise atomik, moleküler ve supramoleküler seviyelerde yapıların ve cihazların kontrolünü alarak bu özelliklerden yararlanmak ve bu cihazları verimli bir şekilde üretmeyi ve kullanmayı öğrenmektir." Bu toplantıda Nanobilim/Nanoteknoloji aşağıdaki temel özelliklere sahip malzeme ve sistemlerle ilgilenen çalışmalar olarak tanımlanmıştır:

1. Boyut: 1-100 nanometreden (nm) en az bir boyutta olması.
2. Süreç: Moleküler ölçekli yapıların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde temel kontrol gösteren metodolojilerle tasarlanmış.
3. Yapı taşı özelliği: Daha büyük yapılar oluşturmak için birleştirilebilir olması.

Nano ölçekli bilim ve teknolojinin beklentisi ve özü, nano ölçekte malzemeler, dökme malzemelerden oldukça farklı özelliklere (fiziksel, kimyasal, elektriksel, manyetik, mekanik ve optik) sahip olduğu gerçeğine dayanmaktadır. Bu özelliklerin bazıları, oluşturulabilecek en küçük elementlerin (atomlar ve moleküller) özellikleri ile makroskopik malzemelerin özellikleri arasında orta düzeydedir. Benzer uygulamalarda nanoparçacıklar ve dökme malzemeler karşılaştırıldığında nanoparçacıkların çok daha gelişmiş performans özelliklerine sahip oldukları aşikardır. Fizik, kimya, biyoloji, tıp, eczacılık, elektronik, enerji ve çevre endüstrisi gibi pek çok alanda mevcut ve hala üzerinde çalışılan uygulamalar vardır ve bu uygulamalar hızla artmaktadır [3].

Yunanca "nano" kelimesi (cüce anlamına gelir), mikrondan bin kat daha küçük olan ve 10^{-9} kat büyüklüğünde bir azalma anlamına gelir. Bir nanometre (nm) bir metrenin milyarda biridir ve 10 Angstrom'a eşdeğerdir. Dolayısıyla, bir nanometre 10^{-9} metredir

ve insan saçı çapından 10 000 kat daha küçüktür. Bir insan kılının çapı yaklaşık 50 mikromundur (yani, 50×10^{-6} metre), yani 50 nanometrelik bir nesne bir kıl kalınlığının 1/1000'i kadardır. Bir metreküp nanometre (nm^3), tek bir atomun hacminin kabaca 20 katıdır. Yani bir nanoelement dünyanın büyüklüğüyle karşılaştırıldığında basketbol topu kadardır. Şekil 1.1, atom kadar küçük birimden başlayarak farklı nano ölçekli nesneler için çeşitli boyut aralıklarını göstermektedir. Nanoteknoloji ile ilgili birkaç nesnenin (nanotüp, tek elektronlu transistör ve kuantum nokta çapları gibi) boyut aralıkları bu şekilde gösterilmiştir. Bu şekilden de anlaşılacağı üzere nanobilim, nanomühendislik ve nanoteknolojinin hepsinin çok küçük boyutlu nesnelere ve sistemlere ilgilendiği açıktır.



Şekil 1.1. Bazı nanoteknoloji cihazlarına kıyasla bazı varlıklar için boyut aralıklarının karşılaştırılması: SET (Tek elektronlu transistör), GMR (Dev manyeto direnç), Q-DOTS (Kuantum noktaları); AFM (Atomik kuvvet mikroskobu), SEM (Taramalı elektron mikroskobu), STM (Taramalı tünelleme mikroskobu) [4].

Uzun yıllardır birçok araştırmacı “nano” boyutundaki varlıklarla uğraşmış olsa da, nanoteknolojinin doğuşu tarihi olarak genellikle Richard P. Feynman'a ithaf edilmektedir. Tarihsel olarak, nanoteknoloji ilk defa resmen 29 Aralık 1959'da Amerikan Fizik Kurumu yıllık toplantısında ünlü Nobel ödüllü fizikçi Richard P. Feynman tarafından verilen ders ile uygulanabilir bir araştırma alanı olarak kabul edilmiştir [5]. Konuşmasının başlığı "There's Plenty of Room at the Bottom - An invitation to enter a new field of physics." dır.Feynman, dersinde Britannica ansiklopedisinin tümünün bir iğnenin ucuna konabileceğini ve prensipte böyle bir girişimi önleyen bir yasa bulunmadığını belirtti. Daha sonra Feynman geçmişte bu alanda kaydedilen ilerlemeleri anlattı ve nanoteknolojinin geleceğini öngördü. Bu konuşma Şubat 1960'da Engineering and Science Magazine of Cal. Inst. of Tech. dergisinde yayımlandı [5]. Richard P. Feynman'ın bu konuşmasından sonra nanoteknoloji ile ilgili çalışmalara başlanmıştır.

Son on yılda yeni nanoteknolojilerin gelişmesiyle birlikte, nanoteller [6], nanotüpler [7], nanofilmler [8], nanoçubuklar [9] ve nanoparçacıklar [10] gibi manyetik nanoyapılı malzemeler ile ilgili yapılan çalışmalar hem deneysel hem de teorik araştırmacılar için artan ilgi görmüştür. Bu artan ilginin sebebi, bu malzemelerin sahip olduğu büyüleyici mekanik, elektrokimyasal, optik, piezoelektrik özellikleri [11-13] ve biyomedikal uygulamalar, doğrusal olmayan optikler, manyetik kayıt ortamı, çevresel iyileştirme, bilgi veri depolama, sensörler,biyo-ayırılma, kataliz, manyetik parçacık görüntüleme, biyoteknoloji, nano akışkanlar ve yayılma kayıpları dahil olmak üzere çok çeşitli disiplinlerden teknolojik uygulama alanlarına sahip olmasıdır [14-18]. Özellikle, manyetik nanoteller, bulk malzemelerle kıyaslandığında ekstra tek iyon anizotropi katkıları, süper paramanyetizma, yüksek doygunluk alanı gibi pekçok farklı manyetik özellikleri vardır. Ayrıca manyetik nanoteller parçacık boyutundan büyük ölçüde etkilenmektedir [19].Bu yüksek kapasiteli davranışlar, nanotellerin manyetik davranışını etkileyen yüzey etkilerinden ve sonlu boyutlardan kaynaklanmaktadır [20].

Nanotellerin manyetik davranışlarının daha iyi anlaşılmasını sağlamak için analitik olarak [21], deneysel olarak [22] ve bilgisayar simülasyonlarında [23] araştırmacılar çok çaba gösterilmişlerdir.Manyetik nanoteller çok kısa lazer ergime [24], triotilamin çözelti metodu [25], anodize alüminyum oksit şablonlarını kullanarak elektrodpozisyonu [26]

ve doğru akım elektrodizasyonu [27] gibi çeşitli üretim teknikleri kullanılarak imal edilmektedir. Teorik olarak, manyetik nanoparçacıklar, nanotüpler ve nanoteller gibi manyetik nanomalzemelerdeki birçok karakteristik olguyu açıklamak için çekirdek/kabuk yapıları Ising modeli literatürde kabul edildi ve pek çok alanda uygulanmaya başlanmıştır [28-35]. Ayrıca, çeşitli manyetik nanotellerin denge termal ve manyetik davranışları, ortalama alan yaklaşımı (MFA) [36], korelasyonlu etkili alan teorisi (EFT), [37], Green fonksiyon formalizmi [38], Bethe Peierls yaklaşımı [39], Monte Carlo simülasyonu (MCS) [40] ve Bethe kafes yaklaşımı [41] gibi dengeli istatistik fizik yöntemleri kullanılarak detaylıca araştırılmıştır. Daha yakın zamanda, Boughrara ve ark. [42], karma spin (1/2, 1) Ising nanotelinin faz diyagramlarını ve manyetik davranışlarını araştırmışlar ve etkileşme parametrelerine bağlı olarak birinci-, ikinci-dereceden faz geçişleri, telafi sıcaklıkları gibi çok zengin kritik davranışlar sergileyen faz diyagramları elde ettiler. Boughrara ve ark. [43], MCS kullanarak karma spin (1/2, 1) Ising nanotelinin faz diyagramları (kritik ve telafi sıcaklıkları) incelemiştir. Bu çalışmada elde edilen faz diyagramlarında birinci-, ikinci-dereceden faz geçişleri, üçlü kritik nokta ve kritik son nokta gibi davranışlar elde edilmiştir. Albayrak [44], Bethe örgüsünde çekirdek-kabuk yapıları karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sistemini çalışmıştır ve elde edilen faz diyagramları birinci-, ikinci-dereceden faz geçişleri ve üçlü kritik nokta davranışı sergilemiştir.

Ising modeli kullanılarak nanoyapılı sistemlerin denge özelliklerinin anlaşılması için yeterli sayıda çalışma yapılmasına rağmen, dinamik özellikleri için yeterli sayıda çalışma yapılmamıştır ve özellikle son yıllarda bu nano yapıları sistemlerin dinamik özellikleri üzerinde çalışılmaya başlanmıştır. Ferromanyetik ve antiferromanyetik etkileşim parametreleri için zamana bağlı salınımlı dış manyetik alan altında silindirik Ising nanotellerin dinamik faz geçişleri Glauber-tipi stokastik dinamik temelli OAY [45, 46] ve EAT [47-52] kullanılarak incelenmiştir. Kantar ve Ertaş [45], öz kabuk spin-1/2 silindirik Ising nanotel sisteminin dinamik manyetik özelliklerini, salınımlı manyetik alan içerisinde, Glauber-tipi stokastik dinamik ve OAY kullanılarak incelemiştir. Dinamik faz geçişlerinin doğasını incelemişler, faz diyagramlarını indirgenmiş manyetik alan genliği ve sıcaklık düzleminde elde edilerek sistemde meydana gelen fazları sunmuşlardır. Sistemde N-, Q-, P-, R-, S-tipi telafi sıcaklıkları

yanısıra reentrant davranış gözlemlemişlerdir. Ertaş ve Kantar [46], OAY ile silindirik Ising nanotel sisteminde, spin-1 BC modelinin dinamik manyetik özellikleri üzerine, bilinear etkileşim parametresi (J), kristal alanın (D), sıcaklığın (T) etkilerini araştırmışlardır. İnceleme sonucunda üçlü kritik nokta ve sistemin fiziksel parametrelerine bağlı olarak N-, P-, Q-, S- ve W tipi telafi sıcaklıklarını bulmuşlardır. Deviren ve arkadaşları [47], öz ve kabuktan oluşan silindirik Ising nanotel sisteminde, hem ferromanyetik hem de antiferromanyetik etkileşimler için zamana bağlı salınımlı bir dış manyetik alan altında dinamik manyetik özellikleri, korelasyonlu EAT ve Glauber-tipi stokastik dinamik kullanarak araştırmışlardır. Dinamik öz, kabuk ve toplam mıknatıslanmalar için dinamik faz geçişlerinin doğasını (birinci veya ikinci dereceden), histeresis döngü alanları ve dinamik korelasyonları incelemişlerdir. Hamiltonyen parametrelerinin değerlerine göre, sistemde Q-, R-, S-, P- ve L- olmak üzere beş farklı telafi davranışı tipi bulmuşlardır. Ertaş ve Kocakaplan [48], hegzagonal Ising nanotelde faz geçişlerin doğasını, dinamik faz geçiş noktalarını ve dinamik faz diyagramlarını elde etmek için, Glauber-tipi stokastik dinamik ve EAT kullanmışlardır. Dinamik faz diyagramları temel ve karma faz bölgesi, üçlü kritik nokta ve reentrant davranış sergilediğini bulmuşlardır. Deviren ve arkadaşları [49], korelasyonlu EAT ve Glauber-tipi stokastik dinamik kullanarak transfer alan varlığında silindirik Ising nanotel sisteminin dinamik özelliklerini incelemişlerdir. Sistemin fiziksel parametrelere bağlı olarak, Q-, R-, S- ve P- olmak üzere dört farklı telafi sıcaklık tipi gösterdiğini elde etmişlerdir. Kantar ve arkadaşları [50], zamana bağlı bir manyetik alan varlığında silindirik Ising nanotelin dinamik faz geçiş noktalarını ve dinamik faz diyagramları elde etmek için Glauber-tipi stokastik dinamik ve EAT kullanmışlardır. Etkileşim parametrelerinin değerlerine göre, dinamik faz diyagramlarında birçok dinamik kritik nokta (üçlü kritik nokta, çift kritik son nokta, kritik son nokta, vb.) elde etmişlerdir. Deviren ve Keskin [51], korelasyonlu EAT ve Glauber-tipi stokastik dinamik kullanarak zamanla değişen bir manyetik alan varlığında silindirik Ising nanotüpünün dinamik özelliklerini, dinamik mıknatıslanmaların sıcaklığa bağımlılığını inceleyerek dinamik geçişlerin doğasını, dinamik faz geçiş sıcaklıklarını ve telafi davranışlarını elde etmişlerdir. Ayrıca, histeresis döngü alanlarını sunmuşlardır. Sistemin fiziksel parametrelere bağlı olarak, Q-, R-, S-, P- ve N- olmak üzere beş farklı telafi sıcaklığı tipi gösterdiğini elde etmişlerdir. Deviren ve arkadaşları [52], silindirik Ising nanotüpünün, dinamik manyetik

özellikleri korelasyonlu EAT ve Glauber-tipi stokastik dinamikler kullanarak incelemişlerdir. Dinamik mıknatıslanmaların ve histeresis döngü alanının sıcaklığa bağımlılığı yanı sıra dinamik faz diyagramları elde edilmiştir. Sistemde üçlü kritik nokta ile birlikte izole kritik, çoklu kritik noktalar sergilediğini gözlemlemişlerdir. Diğer taraftan, öz-kabuk yapıları nanoparçacıkların dinamik manyetik özellikleri MCS kullanılarak da incelenmiştir [53-55]. Vatansver ve Polat [53], metropolis algoritması temelli MCS kullanarak, spin-3/2 öz ve spin-1 kabuk tabakasından oluşan bir küresel öz- kabuk nanopartikül sisteminin dinamik faz geçiş özelliklerini analiz etmişlerdir. Sistemde, P-, N- ve Q-tipi mıknatıslanma eğrilerini görmüşlerdir. Yine Vatansver ve Polat [54]; kübik öz- kabuk ferrimanyetik nanopartikül sisteminin dinamik manyetik özelliklerini metropolis algoritması temelli MCS kullanarak araştırmışlardır. Kabuk kalınlığına, manyetik alanın genliğine, manyetik alanın periyoduna ve Hamilton parametrelerine bağlı olarak parçacığın termal ve manyetik özelliklerinin önemli ölçüde değiştiğini gözlemlemişlerdir. Yüksel ve arkadaşları [55]; öz-kabuk yapısına sahip nanopartikül sisteminin dinamik faz geçiş özelliklerini MCS ile incelemişlerdir. Sistemde, P-, N- ve Q-tipi mıknatıslanma eğrilerini görmüşlerdir. Güçlü bir antiferromanyetik arayüz etkileşimi varlığında üçlü histeresis döngü davranışını gözlemişlerdir. Ancak en temel karma spin sistemi olan karma spin (1/2, 1) Ising nanotel üzerine dinamik çalışma mevcut değildir.

Bu tez çalışmasında ise karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminin dinamik davranışları ortalama-alan dinamik ve Glauber-tipi stokastik dinamik kullanılarak incelenecektir. Sistemde mevcut olan fazları bulmak için ortalama düzen parametrelerinin zamana bağlı davranışları incelenecektir. Daha sonra ortalama düzen parametrelerinin veya dinamik düzen parametrelerinin, indirgenmiş sıcaklığın bir fonksiyonu olarak davranışları incelenerek DFG sıcaklıkları tespit edilecek ve dinamik faz geçişlerinin doğası (kesikli veya sürekli yani birinci- veya ikinci-derece faz geçişleri) karakterize edilerek sistemin dinamik faz diyagramları (T/J_C , h/J_C) düzlemlerde sunulacaktır. Burada T indirgenmiş sıcaklığı ifade ederken, h ise indirgenmiş dış manyetik alandır. Böylece, bu tezin temel amaçlarından birisi olan karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminin dinamik faz geçişleri ve dinamik faz diyagramlarını yorumlamak mümkün olacaktır. Ayrıca bu sistemin dinamik histeresis döngü alanları ve dinamik korelasyon gibi iki dinamik manyetik özellikleri indirgenmiş sıcaklığın bir fonksiyonu olarak incelenecektir. Böylece hem faz geçiş sıcaklıklarının

doğruluğu cevap fonksiyonları cinsinden kontrol edilmiş olacak hemde sistemle ilgili manyetik özellikler detaylıca incelenmiş olacaktır.

Bölüm 2’de ilk olarak sistemin model ve formülasyonu tanımlanacak ve bundan yararlanarak sistemin düzen parametreleri için ortalama alan denklemleri elde edilecektir. Elde edilecek olan bu diferansiyel denklemler Adams-Moulton kestirme ve düzeltme, Runge-Kutta, vb gibi nümerik yöntemlerle çözülecektir.

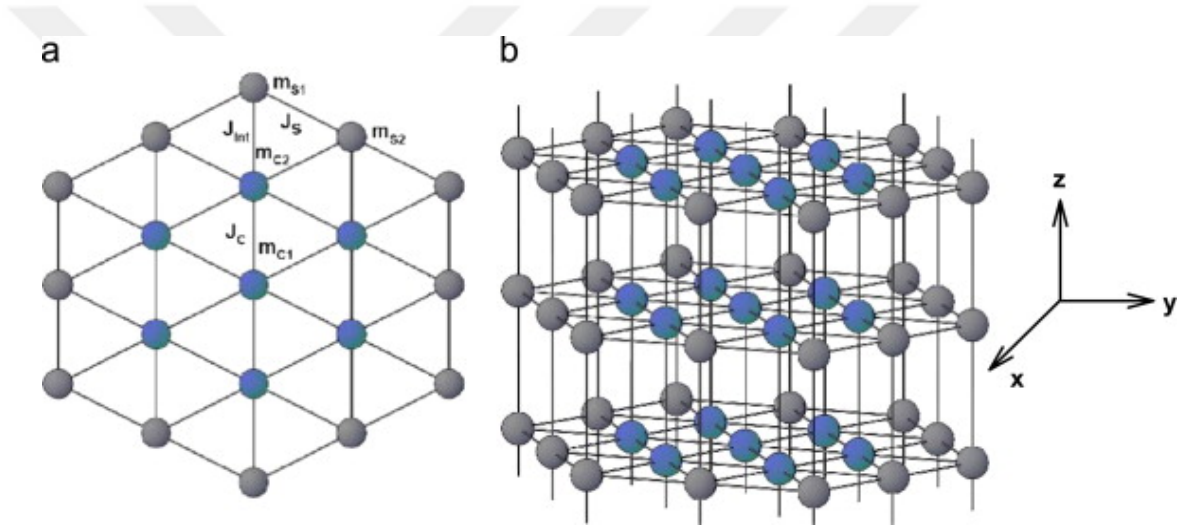
Bölüm 3’de karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminin dinamik davranışları ve sistemlerdeki mevcut olan fazları elde etmek için, ortalama mıknatıslanmanın zamana bağlı davranışları incelenecektir. Elde edilecek olan bu diferansiyel denklemler Adams-Moulton kestirme ve düzeltme, Runge-Kutta, vb gibi nümerik yöntemlerle çözülecek ve ortalama düzen parametrelerinin zamana göre değişimi kapsamlıca incelenerek sistemlerde oluşan fazlar tespit edilecektir. Dinamik düzen parametrelerini veren denklemler Adams-Moulton kestirme ve düzeltme ve Romberg integrasyon yöntemiyle beraber kullanılarak çözülecek ve dinamik düzen parametrelerinin indirgenmiş sıcaklığa göre değişimleri kapsamlıca incelenerek, sistemlerde meydana gelen dinamik faz geçişlerinin tabiatı (birinci- ve ikinci-derece) karakterize edilecek ve aynı zamanda DFG sıcaklıkları bulunacaktır. Ayrıca bu sistemin dinamik histeresis döngü alanları ve dinamik korelasyon gibi iki dinamik manyetik özellikleri indirgenmiş sıcaklığın bir fonksiyonu olarak bu bölümde incelenecektir. Daha sonrada hesaplanan DFG sıcaklıkları kullanılarak sistemlerin dinamik faz diyagramları (T/J_C , h/J_C) düzleminde sunulacaktır. Son bölümde ise, yapılan çalışmalar özetlenerek elde edilen sonuçların tartışması yapılacaktır.

BÖLÜM 2

METOT VE MODELİN TANITIMI

2.1. Model

Glauber-tipi stokstik dinamik temelli ortalama alan yaklaşımı (OAY) yöntemi, ferrimanyetik karma spin (1/2, 1) Ising nanotel gibi karmaşık spin sistemlerinin dinamik manyetik davranışlarını araştırmak için kullanılmaktadır. Silindirik nanotel sistemini Ising modeli ile tanımlamak için kullanılan en yakın örgü hegzagonal örgü yapısıdır. Bu nedenle bu tez çalışmasında kullanılacak ve nanotel sistemini tanımlayan hegzagonal örgü yapılı şematik gösterim Şekil 2.1 deki gibi verilmektedir.



Şekil 2.1. Karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sistemini tanımlayan silindirik hegzagonal yapının şematik temsili: (a) ara kesit ve (b) üç boyutlu. Mavi ve gri küreler sırasıyla özdeki spin-1/2 ve kabuktaki spin-1 manyetik atomları göstermektedir.

İlgilenilen model, alternatif olarak birbirini tekrarlayan dört alt tabaka A, B, C ve D' den oluşmaktadır. Mavi renklerle gösterilen özdeki spin-1/2 manyetik atomlarına ait olan ilk iki alt tabaka (A) ve (B), $\pm 1/2$ değerlerini almaktadır. Gri renkli küreler ile gösterilen diğer iki alt tabaka C ve D, $\pm 1, 0$ değerlerini almaktadır ve kabuktaki S spinleri spin-1 değerlerini almaktadır. Çekirdeğin etrafı σ spinleri tarafından işgal edilirken, kabukların etrafı S spinleri tarafından işgal edilir. En yakın komşu etkileşmelerini, kristal alan veya

tek-iyon anizotropi terimini ve zamana bağılı dış manyetik alan terimini içeren silindirik karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminin Hamiltonyen ifadesi,

$$H = -J_C \sum_{\langle ij \rangle} \sigma_i \sigma_j - J_S \sum_{\langle mn \rangle} S_m S_n - J_{Int} \sum_{\langle kl \rangle} \sigma_k S_l - D \sum_{\langle m \rangle} S_m^2 + h(t) \left(\sum_i \sigma_i + \sum_m S_m \right), \quad (2.1)$$

biçiminde tanımlanmaktadır. Burada, $\langle ij \rangle$, $\langle mn \rangle$ ve $\langle kl \rangle$ toplamların sırasıyla öz, kabuk ve öz ile kabuk arasındaki komşu spinlerin çiftleri üzerinden olacağını ifade etmektedir. J_C , J_S ve J_{Int} sırasıyla öz manyetik atomları arasındaki bilineer etkileşim parametresini, kabuk manyetik atomları arasındaki bilineer etkileşim parametresini ve öz ile kabuk manyetik atomları arasındaki bilineer etkileşim parametresini göstermektedir. D kristal-alan veya tek iyon anizotropi etkileşme terimini ve $h(t)$ ise zamana bağılı salınımlı dış manyetik alanı ifade etmektedir. Zamana bağılı salınımlı dış manyetik alan ifadesi,

$$h(t) = h_0 \sin(\omega t), \quad (2.2)$$

şeklindedir. Burada h_0 ve $\omega = 2\pi\nu$ sırasıyla salınımlı alanın genliği ve açısal frekansıdır. Sistem T_A mutlak sıcaklığında izotermal ısı banyosu ile etkileşim/temas halindedir. Nano yapılı malzemelerin fiziksel özellikleri üzerinde kabuk yüzeyindeki atomlarının etkisi çok fazla olduğundan genellikle nano yapılı malzemelerde kabuk yüzeyinde manyetik atomlar arasındaki bilineer etkileşme terimi aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$J_S = J_C (1 - \Delta_S), \quad (2.3)$$

Öz ile kabuk arasındaki bilineer etkileşim parametresi ise,

$$r = \frac{J_{Int}}{J_C}, \quad (2.4)$$

şeklinde tanımlanır. Bu çalışma süresince $J_C = 1.0$ ve $r = 1.0$ alınarak çalışılmıştır. Burada r 'nin pozitif olması öz ve kabuk arasındaki spinlerin yönelimlerinin birbirine paralel olduklarını ve ferrimanyetik spin konfigürasyonu sergilediklerini belirtmektedir.

2.2. Glauber Dinamiği ve Ortalama-Alan Dinamik Denklemlerinin Elde Edilmesi

Zamana bağlı salınımlı dış manyetik varlığında karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sistemi için sistemin dinamik davranışını açıklayan ortalama-alan dinamik denklemlerini elde edebilmek için Glauber dinamiğini kullanacağız ve Master denklemden yararlanacağız. Karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sistemi, Glauber-tipi stokastik dinamiğe göre birim zamanda $1/\tau$ oranında değişim gösterir. Ortalama alan dinamik denklemlerinin türetilmesi, spin-1/2 sistemi [56] ve farklı spin sistemleri [57, 58] için ayrıntılı olarak açıklandığından, burada karma spin (1/2, 1) nanotel sistemin denklemleri elde edilecektir. B, C ve D alt örgülerindeki spinler sabit kaldığı zaman, sistemin t zamanında, $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N$, spin konfigürasyonuna sahip olduğu andaki olasılık fonksiyonu $P^A(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N; t)$ ile tanımlanır. A, C ve D alt örgülerindeki üzerindeki spinler sabit kaldığı zaman, sistemin t zamanında, $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N$ spin konfigürasyonuna sahip olduğu andaki ihtimaliyet fonksiyonu ise $P^B(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N; t)$ ile tanımlanır. A, B ve D alt örgülerindeki üzerindeki spinler sabit kaldığı zaman, sistemin t zamanında, S_1, S_2, \dots, S_N spin konfigürasyonuna sahip olduğu andaki ihtimaliyet fonksiyonu ise $P^C(S_1, S_2, \dots, S_N; t)$ ile tanımlanır. Son olarak A, B ve C alt örgülerindeki üzerindeki spinler sabit kaldığı zaman, sistemin t zamanında, S_1, S_2, \dots, S_N spin konfigürasyonuna sahip olduğu andaki ihtimaliyet fonksiyonu ise $P^D(S_1, S_2, \dots, S_N; t)$ ile tanımlanır. $W_i^A(\sigma_i)$ i. spinin σ_i durumundan $-\sigma_i$ durumuna (B, C ve D alt örgülerindeki spinler sabit kaldığı durumda), $W_i^B(\sigma_i)$ i. spinin σ_i durumundan $-\sigma_i$ durumuna (A, C ve D alt örgülerindeki spinler sabit kaldığı durumda), $W_j^C(S_j \rightarrow S'_j)$ j. spinin S_j durumundan S'_j durumuna (A, B ve D alt örgülerindeki spinler sabit kaldığı durumda) ve $W_j^D(S_j \rightarrow S'_j)$ j. spinin S_j durumundan S'_j durumuna (A, B ve D alt örgülerindeki spinler sabit kaldığı durumda) birim zamandaki geçiş olasılığıdır. B, C ve D alt örgülerindeki spinlerin bir an için sabit olduğu düşünülürse, A alt örgüsü için master denklemi,

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} P^A(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N; t) = & - \left(\sum_i W_i^A(\sigma_i) \right) P^A(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i, \dots, \sigma_N; t) \\ & + \sum_i W_i^A(-\sigma_i) P^A(\sigma_1, \sigma_2, \dots, -\sigma_i, \dots, \sigma_N; t), \end{aligned} \quad (2.5)$$

şeklinde yazılır. Burada $W_i^A(\sigma_i)$, i 'inci σ spinin σ_i durumundan $-\sigma_i$ durumuna birim zamanda geçme olasılığıdır. Denge durumunda,

$$\frac{d}{dt} P^A(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N; t) = 0, \quad (2.6)$$

ve master denkleminde olasılık yoğunlukları oranı,

$$\frac{W_i^A(-\sigma_i)}{W_i^A(\sigma_i)} = \frac{P^A(\sigma_1, \sigma_2, \dots, -\sigma_i, \dots, \sigma_N)}{P^A(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i, \dots, \sigma_N)}, \quad (2.7)$$

olduğu kolayca görülebilir. Buradan

$$P^A(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \dots, \sigma_N) \propto \exp(-\beta \mathcal{H}), \quad (2.8)$$

ile tanımlanan genel kanonik dağılım ifadesinden, birim zamandaki geçiş olasılığı,

$$W_i^A(\sigma_i) = \frac{1}{\tau} \frac{\exp(-\beta \Delta E^A(\sigma_i))}{\sum_{\sigma_i} \exp(-\beta \Delta E^A(\sigma_i))} \quad (2.9)$$

şeklinde verilir. Burada $\beta = 1/k_B T$, k_B Boltzmann faktörü, \sum_{σ_i} ise toplamın $\sigma_i = \pm 1/2$,

üzerinden alınacağını göstermektedir. Eşitlik (2.1) ile verilen Hamiltonyen ifadesinden yararlanılarak,

$$\Delta E^A(\sigma_i) = 2\sigma_i \left(J_C \sum_i \sigma_i + J_C \sum_j \sigma_j + h(t) \right) \quad (2.10)$$

şeklinde bulunur. Bulunan bu enerji değişimi ifadeleri (2.9) denkleminde yerine yazılırsa $W_i^A(\sigma_i)$ olasılık yoğunlukları;

$$W_i^A\left(-\frac{1}{2}\right) = \frac{1}{2\tau} \frac{\exp(-\beta x/2)}{\cosh(\beta x/2)}, \quad (2.11a)$$

$$W_i^A\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{1}{2\tau} \frac{\exp(\beta x/2)}{\cosh(\beta x/2)}, \quad (2.11b)$$

şeklinde elde edilir. Burada $x = J_C \sum_i \sigma_i + J_C \sum_j \sigma_j + h(t)$ ile tanımlanır. Master denkleminde yararlanılarak, A altörgüsü için genel ortalama-alan dinamik denklemi şu şekilde elde edilir:

$$\tau \frac{d}{dt} \langle \sigma_k \rangle = -\langle \sigma_k \rangle + \frac{1}{2} \tanh \left[\frac{\beta}{2} (x) \right]. \quad (2.12)$$

Ortalama-alan yaklaşımı kullanılarak (2.12) denklemi,

$$\tau \frac{d}{dt} \langle \sigma_i \rangle_A = -\langle \sigma_i \rangle_A + \frac{1}{2} \tanh \left[\frac{\beta}{2} (x_1) \right] \quad (2.13)$$

olarak yazılabilir. Burada $x_1 = 2J_C \langle \sigma_i \rangle_A + 6J_C \langle \sigma_j \rangle_B + h_0 \sin(\omega t)$. Elde edilen bu ortalama-alan dinamik denklemi,

$$\Omega \frac{d}{d\xi} m_{c1} = -m_{c1} + \frac{1}{2} \tanh \left[\frac{\beta}{2} (2J_C m_{c1} + 6J_C m_{c2} + h_0 \sin(\xi)) \right] \quad (2.14)$$

şeklinde de yazılabilir. Burada $m_{C1} \equiv \langle \sigma_i \rangle_A$, $m_{C2} \equiv \langle \sigma_j \rangle_B$, $m_{S1} \equiv \langle S_j \rangle_C$, $m_{S2} \equiv \langle S_j \rangle_D$, $\xi = wt$, $T = (\beta Jz)^{-1}$, $h = h_0 \sin(wt)$, $h = h_0/J_C$ ve $\Omega = \tau w$ olarak tanımlanmıştır. T, h ve Ω boyutsuz parametrelerdir. Sistemimizde $\Omega = 2\pi$ değerinde sabit olarak ele alınacaktır.

Karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminde B, C ve D alt örgüleri için ortalama alan dinamik denklemlerini aşağıdaki gibi benzer hesaplamaları kullanarak da elde edebiliriz.

$$\Omega \frac{d}{d\xi} m_{c2} = -m_{c2} + \frac{1}{2} \tanh \left[\frac{\beta}{2} (J_C m_{c1} + 4J_C m_{c2} + J_{Int} m_{s1} + 2J_{Int} m_{s2} + h_0 \sin(\xi)) \right], \quad (2.15)$$

$$\Omega \frac{d}{d\xi} m_{s1} = -m_{s1} + \frac{2 \sinh \left[\beta (J_{Int} m_{c2} + 2J_S m_{s1} + 2J_S m_{s2} + h_0 \sin(\xi)) \right]}{2 \cosh \left[\beta (J_{Int} m_{c2} + 2J_S m_{s1} + 2J_S m_{s2} + h_0 \sin(\xi)) \right] + \exp(-\beta D)}, \quad (2.16)$$

$$\Omega \frac{d}{d\xi} m_{s2} = -m_{s2} + \frac{2 \sinh \left[\beta (2J_{Int} m_{c2} + 2J_S m_{s1} + 2J_S m_{s2} + h_0 \sin(\xi)) \right]}{2 \cosh \left[\beta (2J_{Int} m_{c2} + 2J_S m_{s1} + 2J_S m_{s2} + h_0 \sin(\xi)) \right] + \exp(-\beta D)}, \quad (2.17)$$

bu denklemlerde $m_{c1} = \langle \sigma_i \rangle$, $m_{c2} = \langle \sigma_j \rangle$, $m_{s1} = \langle S_m \rangle$, $m_{s2} = \langle S_n \rangle$, $\xi = wt$, and $\Omega = \tau w = 2\pi$. Böylece sistemin dinamik davranışını tanımlayan dört adet ortalama alan dinamik denklemleri (2.14), (2.15), (2.16) ve (2.17) elde edilir.

BÖLÜM 3

KARMA SPİN (1/2, 1) ISING NANOTEL SİSTEMİNİN NÜMERİK ÇÖZÜMÜ

3.1. Ortalama Alt Örgü Miknatıslanmalarının Zamanla Değişimi

Sistemde var olan fazları bulmak için denklem (2.14), (2.15), (2.16)ve (2.17) ile verilen ortalama-alan dinamik denklemlerin kararlı çözümleri farklı kristal alan (d), indirgenmiş yüksek manyetik alan genliğinde (h) ve indirgenmiş yüksek sıcaklıktaki (T) değerleri için incelenecektir. Denklem (2.14), (2.15), (2.16) ve (2.17)'nin devinimsiz çözümleri, periyodik bir fonksiyonun 2π periyodu için ξ 'nin periyodik bir fonksiyonu olacaktır, yani;

$$m_{C1}(\xi + 2\pi) = m_{C1}(\xi), \quad (2.18a)$$

$$m_{C2}(\xi + 2\pi) = m_{C2}(\xi), \quad (2.18b)$$

$$m_{S1}(\xi + 2\pi) = m_{S1}(\xi), \quad (2.18c)$$

ve

$$m_{S2}(\xi + 2\pi) = m_{S2}(\xi) \quad (2.18d)$$

Ayrıca, aşağıdaki özelliklerin sağlanıp veya sağlanmama özelliklerine göre sistemde üç tip çözümden biri olabilir.

$$m_{C1}(\xi + \pi) = -m_{C1}(\xi), \quad (2.19a)$$

$$m_{C2}(\xi + \pi) = -m_{C2}(\xi), \quad (2.19b)$$

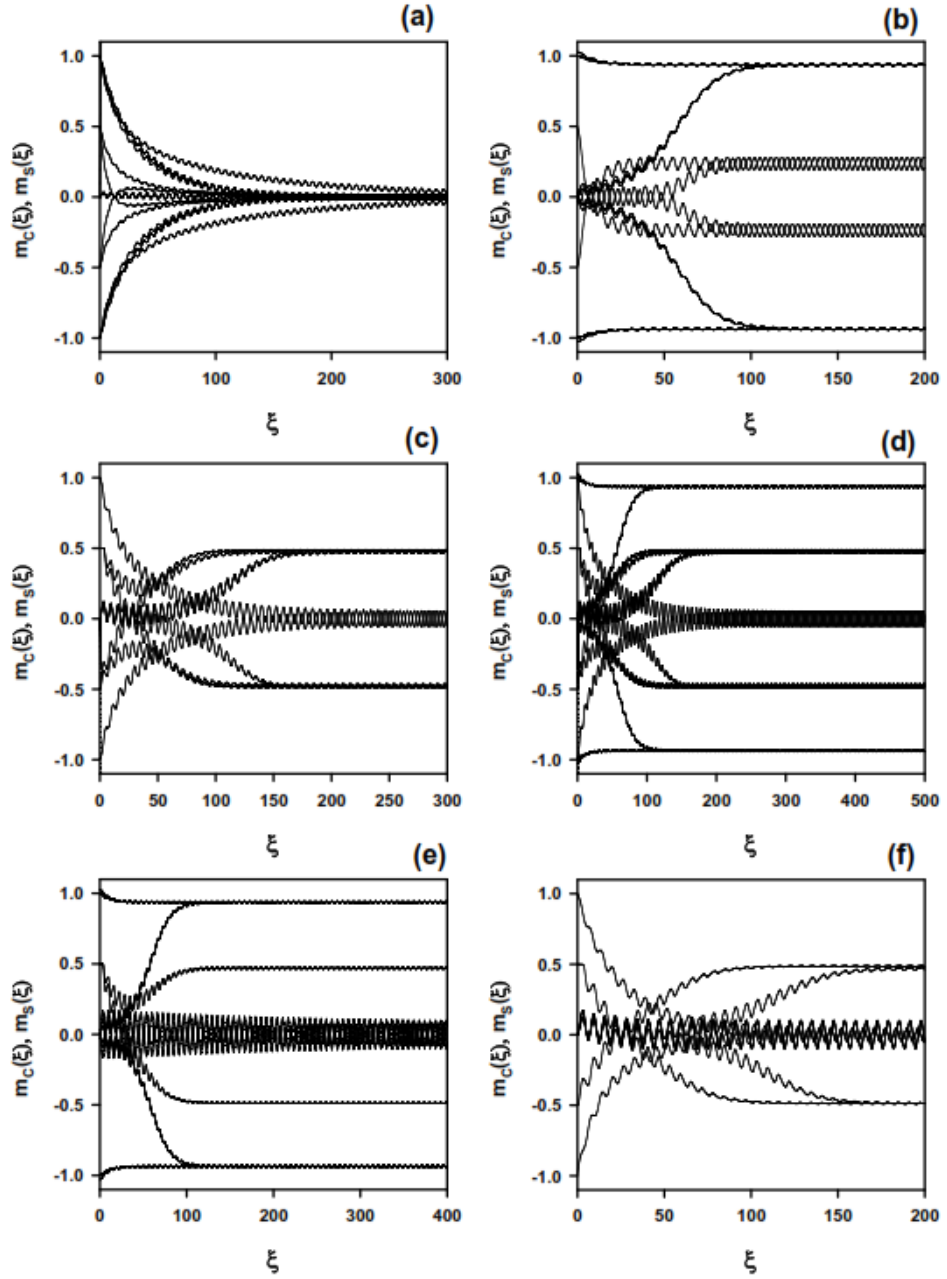
$$m_{S1}(\xi + \pi) = -m_{S1}(\xi), \quad (2.19c)$$

ve

$$m_{S2}(\xi + \pi) = -m_{S2}(\xi) \quad (2.19d)$$

Bu çözümlerde örgü ve yüzey için ortalama alt örgü mıknatıslanmaları sırasıyla $m_c(\xi)$ ve $m_s(\xi)$ olarak çözülecektir. Buradaki denklem (2.19)'un birinci tip çözümü, simetrik çözüm olarak adlandırılır ve bu çözüm düzensiz veya paramanyetik (p) çözüme karşılık gelir. Bu çözümde, ortalama düzen parametreleri yani ortalama alt örgü mıknatıslanmaları $m_c(\xi)$ ve $m_s(\xi)$ birbirine eşittir ve sıfır değeri civarında salınarak dış manyetik alana uyum gösterirler. İkinci tip çözümde, elde ettiğimiz çözüm (2.19) denklemlerine uymaz ve bu simetrik olmayan çözümdür, bu çözüm ferrimanyetik (i) çözüme karşılık gelir. Bu çözümde $m_c(\xi)$ ve $m_s(\xi)$ birbirine eşit değildir ($m_c(\xi) \neq m_s(\xi)$) ve sıfır olmayan değerler etrafında salınırlar, yani $m_c(\xi) = \pm 1/2$, $m_s(\xi) = \pm 1.0$ etrafında salınırlar ve dış manyetik alana uymazlar. Üçüncü tip çözüm, (2.19a) ve (2.19b) ile verilen denkleme uymazken, (2.19c) ve (2.19d) ile verilen denklemlere uyar. Bu çözüm manyetik olmayan (nm) çözüme karşılık gelir ve bu çözümde $m_c(\xi) = \pm 1/2$ değerleri etrafında salınırken $m_s(\xi) = 0$ sıfır etrafında salınır. Bu çözümler, açık bir şekilde (2.14), (2.15), (2.16) ve (2.17) ile verilen ortalama-alan dinamik denklemlerin nümerik olarak çözülmesiyle görülür. (2.14), (2.15), (2.16) ve (2.17) numaralı denklemler, verilen parametreler ve başlangıç değerleri için Adams-Moulton kestirme ve düzeltme yöntemi kullanılarak çözülmesiyle sistemde paramanyetik (p), ferrimanyetik (i) ve manyetik olmayan (nm) temel fazlarının yanında üç adet $i + nm$, $i + p$ ve $nm + p$ karma fazları bulunur. Bu fazlara karşılık gelen çözümler Şekil 3.1' de gösterilmiştir. Şekil 3.1.(a)'da yalnızca simetrik çözüm elde edilmiştir ve bundan dolayı sistemde sadece paramanyetik (p) faz mevcuttur. Bu durumda $m_c(\xi)$ ve $m_s(\xi)$ birbirine eşittir ve sıfır değeri civarında salınırlar ($m_c(\xi) = m_s(\xi) = 0$). Şekil 3.1.(b) ve Şekil 3.1.(c)'de simetrik olmayan çözümler elde edilmiştir. Şekil 3.1.(b)'de $m_c(\xi) = \pm 1/2$ civarında salınırken ve $m_s(\xi) = \pm 1.0$ değeri etrafında salınırlar, bu durumda sistemde ferrimanyetik (i) faz mevcuttur. Şekil 3.1.(c)'de $m_c(\xi) = \pm 1/2$ değerleri etrafında salınırken $m_s(\xi) = 0$ sıfır etrafında salınır. Bundan dolayı sistemde manyetik olmayan (nm) faz elde edilmiştir. Bu çözümler başlangıç değerlerine bağlı değildir. Şekil 3.1.(d)'de iki farklı çözüm elde edilmiştir ve

sistemde i ve nm fazları bir arada bulunmaktadır. İlk çözüm de $m_c(\xi) = \pm 1/2$ civarında salınırken ve $m_s(\xi) = \pm 1.0$ değeri etrafında salınırlar, bu durumda sistemde ferrimanyetik (i) faz gözlenmiştir. İkinci çözümde ise $m_c(\xi) = \pm 1/2$ civarında salınırken ve $m_s(\xi) = 0.0$ değeri etrafında salınırlar, bu durumda sistemde nonmanyetik (nm) faz gözlenmiştir. Bundan dolayı sistemde $i + nm$ karma fazı bulunduğu gözlenmiştir. Şekil 3.1.(e)'de iki farklı çözüm elde edilmiştir ve sistemde p ve i fazları bir arada bulunmaktadır. İlk çözüm de $m_c(\xi)$ ve $m_s(\xi)$ ' ler sıfır değeri civarında salınırken sistemde paramanyetik (p) faz gözlenmiştir. İkinci çözümde ise $m_c(\xi) = \pm 1/2$ civarında salınırken ve $m_s(\xi) = \pm 1.0$ değeri etrafında salınırlar, bu durumda sistemde ferrimanyetik (i) faz gözlenmiştir. Bundan dolayı sistemde $i + p$ karma fazı bulunduğu gözlenmiştir. Şekil 3.1.(f)'de yine iki farklı çözüm elde edilmiştir ama bu sefer sistemde p ve nm fazları bir arada bulunmaktadır. Buradaki ilk çözüm de $m_c(\xi)$ ve $m_s(\xi)$ yine sıfır değeri civarında salınırlar ve bundan dolayı sistemde paramanyetik (p) faz elde edilmiştir. İkinci çözümde ise $m_c(\xi) = \pm 1/2$ değerleri etrafında salınırken $m_s(\xi) = 0$ sıfır etrafında salınır. Bundan dolayı sistemde manyetik olmayan (nm) faz elde edilmiştir. Bundan dolayı sistemde $nm + p$ karma fazıda elde edilmiştir. Böylece, Şekil 3.1'de görüldüğü gibi sistemde altı farklı faz mevcuttur. Bu fazlar, sırasıyla p , i , nm fazları ve $i + nm$, $i + p$ ile $nm+p$ karma fazlarıdır. Bir sonraki bölümde bu faz bölgeleri arasındaki dinamik faz sınırları belirlenecektir.



Şekil 3.1. Karma spin $(1/2, 1)$ nanotel sistemi için ortalama alt örgü miknatislanmalarının $m_c(\xi)$ ve $m_s(\xi)$ zamanla değişimi.

(a) Sistemde sadece paramanyetik (p) faz mevcuttur, ($d=-4.0, h=3.0, T=1.5$).

(b) Sistemde sadece ferrimanyetik (i) faz mevcuttur, ($d=1.0, h=2.0, T=2.25$).

(c) Sistemde sadece manyetik olmayan (nm) faz mevcuttur, ($d=-3.3, h=1.0, T=1.125$).

(d) Sistemde hem ferrimagnetik (i) ve hemde manyetik olmayan (nm) fazlar mevcuttur, ($d=-3.2, h=0.50, T=0.30$).

(e) Sistemde hem ferrimagnetik (i) ve hemde paramagnetik (p) fazlar mevcuttur, ($d=-2.5, h=2.0, T=0.10$).

(f) Sistemde hem manyetik olmayan (nm) ve hemde paramagnetik (p) fazlar mevcuttur, ($d=-5.0, h=2.0, T=0.15$).

3.2 Dinamik Düzen Parametreleri ve Dinamik Faz Geçiş Noktaları

Bu kesimde, sistemde mevcut olan altı farklı faz arasındaki dinamik faz sınırları belirlenebilecektir. Bunun için dinamik faz geçiş (DFG) sıcaklıklarını hesaplamalıyız ve dinamik faz geçişlerinin doğasını (sürekli veya sürekli yani birinci- veya ikinci-derece faz geçişleri) karakterize etmeliyiz. Daha sonra bu DFG sıcaklıkları kullanılarak sistemin dinamik faz diyagramlarını sunabiliriz. DFG sıcaklıkları, bir periyot başına ortalama düzen parametrelerinin ya da dinamik düzen parametrelerinin davranışının indirgenmiş sıcaklığın bir fonksiyonu olarak incelenmesiyle elde edilecektir. Zamana bağlı salınımlı manyetik alan varlığında bir periyot boyunca dinamik düzen parametreleri veya dinamik alt örgü mıknatıslanmaları şu şekilde verilir:

$$M_\alpha = \frac{w}{2\pi} \int_0^{2\pi} m_\alpha(t) dt, \quad (2.20)$$

Burada $\alpha = \text{öz (C)}$, 1. yüzey (S_1), 2. yüzey (S_2); sistemdeki dinamik öz ve yüzey mıknatıslanmalarına karşılık gelir. Öte yandan, dinamik histeresis döngü alanları Acharyya tarafından şekilde ifade edilir:

$$A_\alpha = - \int_0^{2\pi} m_\alpha(t) dh = -h_0 w \int_0^{2\pi} m_\alpha(t) \cos(wt) dt, \quad (2.21)$$

Bu denklemlere bağlı enerji kaybına karşılık gelir. Dinamik korelasyonların termal değişimi de aşağıdaki gibi hesaplanır:

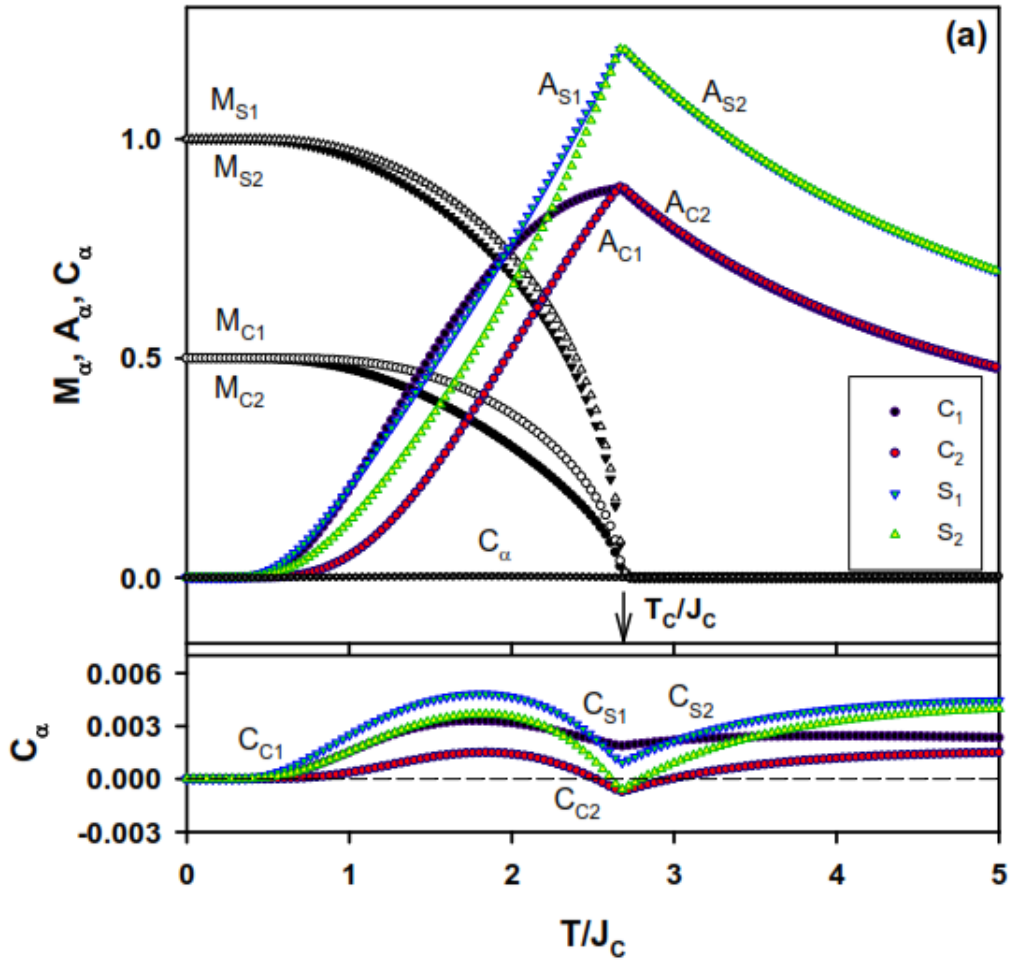
$$C_\alpha = \frac{w}{2\pi} \int_0^{2\pi} m_\alpha(t) h(t) dt = \frac{wh_0}{2\pi} \int_0^{2\pi} m_\alpha(t) \sin(wt) dt. \quad (2.22)$$

Sayısal hesaplamalarda, dinamik histeresis döngü alanları A_α 'nın ve dinamik korelasyonların termal değişimi C_α parametresinin J_C parametresine bağlı olarak da ölçülebilir. (2.20) ve (2.22) deki bu denklemler, Simpson integrasyonu ile Adams-Moulten prediktör düzeltme metodu kullanılarak sayısal olarak öz ve kabuk mıknatıslanmalarının başlangıç koşullarına bağlı olarak çözülecektir. Bir sonraki bölümde bu denklemlerin sayısal sonuçları incelenecektir.

3.3. Dinamik mıknatıslanmalar, histeresis döngüsü alanları ve korelasyonların termal davranışı

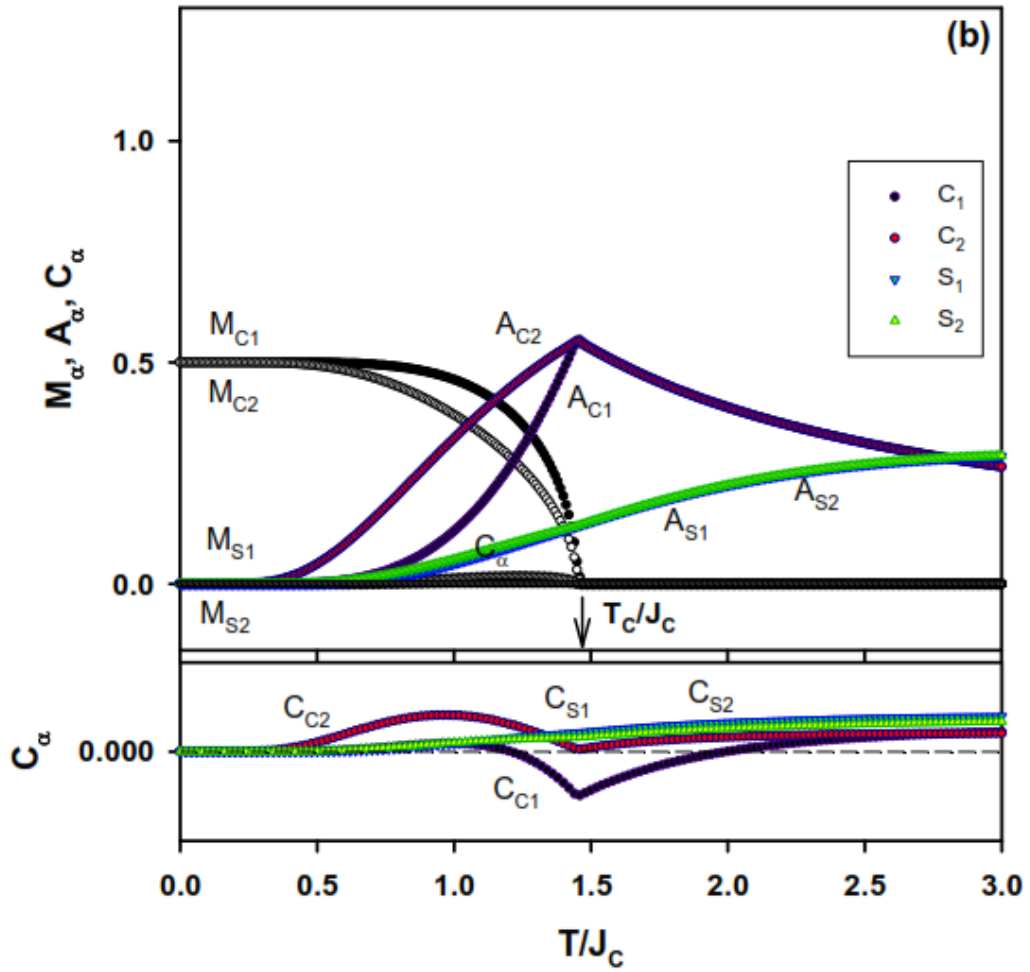
Bu alt bölümde, karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminin sıcaklık değerinin bir fonksiyonu olarak, dinamik alt örgü mıknatıslanmaları (M_α), histeresis döngü alanlarının (A_α) ve dinamik koralasyonların (C_α) termal değişimini farklı etkileşim parametresi değerleri için incelenecektir. M_α , A_α ve C_α 'nin termal davranışlarını denklemler (2.20) ve (2.22) kullanarak dinamik düzen parametrelerinin davranışını etkileşim parametrelerinin farklı değerleri için indirgenmiş sıcaklığın ve indirgenmiş tek-iyon anizotropisinin bir fonksiyonu olarak Adams-Moulton kestirme ve düzeltme metodu ile Romberg integrasyon metodu birleştirilerek incelenecektir. Mevcut olan fazlar arasındaki dinamik faz sınırlarını belirleyebilmemiz için, dinamik faz geçiş (DFG) sıcaklıklarını hesaplamalı ve DFG'lerinin doğasını sürekli ya da süreksiz (kesikli) yani birinci- veya ikinci-derece faz geçişleri karakterize etmeliyiz. Dinamik düzen parametrelerinin M_α , A_α ve C_α 'nin davranışını etkileşim parametrelerinin farklı değerleri için indirgenmiş sıcaklığın bir fonksiyonu olarak Adams-Moulton kestirme ve düzeltme metodu ile Romberg integrasyon metodu gibi nümerik metotların birleştirilmesiyle incelendi. Fazlar arasındaki dinamik faz sınırlarının ve DFG sıcaklıklarının nasıl elde edildiği Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ile Şekil 3.5 (a) ve (b)'de gösterilmektedir. Bu şekillerde, T_t birinci-derece faz geçiş sıcaklığını gösterirken, T_c ise ferrimanyetik ve manyetik olmayan fazlardan paramanyetik faza ikinci-derece faz geçiş sıcaklıklarını göstermektedir.

Şekil 3.2, M_α , A_α ve C_α 'nin termal davranışları $\Delta_S = 0.0$, $r = 1.0$, $d = 1.0$ ve $h = 2.75$ değerleri için elde edilmiştir. Bu şekilde mutlak sıfır sıcaklık değerinde $M_{C1} = M_{C2} = 0.5$ ve $M_{S1} = M_{S2} = 1.0$ iken sıcaklık arttıkça hem öz hemde kabuk mıknatıslanmaları sürekli olarak sıfıra yaklaştığını ve $T_C/J_C = 2.685$ sıcaklığında ferrimanyetik (i) fazdan paramanyetik (p) faza ikinci-derece faz geçişi meydana geldiğini göstermektedir. Ayrıca faz geçiş sıcaklığında ($T_C/J_C = 2.685$) histerezis döngü alanları (A_α) maksimum bir değere sahip olurken dinamik korelasyonlar (C_α) ise minimum bir değere sahip olmaktadır.



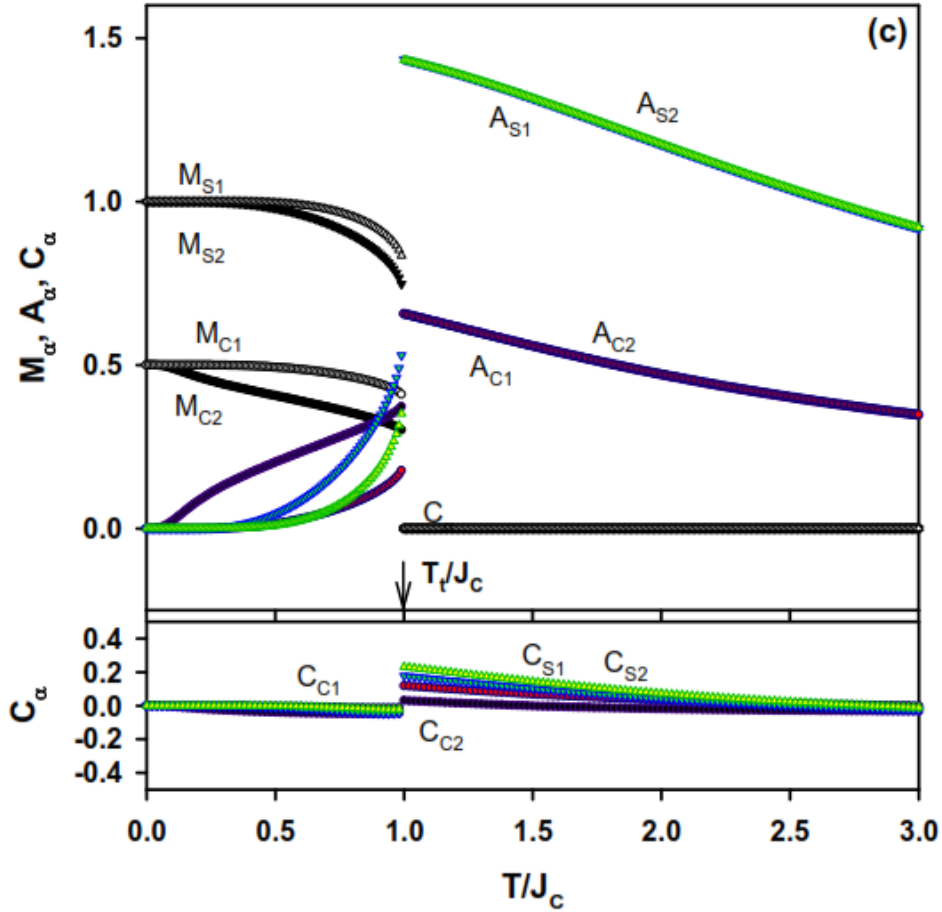
Şekil 3.2. $\Delta_S = 0.0$, $r = 1.0$, $d = 1.0$ ve $h = 2.75$ değerleri için M_α , A_α , C_α 'nın sıcaklığa bağlı davranışı. $T_C/J_C = 3.00$, ferrimanyetik (i) fazdan paramanyetik (p) faza ikinci-derece faz geçiş sıcaklığını göstermektedir.

Şekil 3.3, M_α , A_α ve C_α 'nin termal davranışları $\Delta_S = 0.0$, $r = 1.0$, $d = -3.3$ ve $h = 1.6$ değerleri için elde edilmiştir. Bu şekilde mutlak sıfır sıcaklık değerinde $M_{C1} = M_{C2} = 0.5$ ve $M_{S1} = M_{S2} = 0.0$ iken sıcaklık arttıkça öz mıknatıslanmaları (M_{C1} ve M_{C2}) sürekli olarak azalarak sıfıra $T_C/J_C = 1.455$ değerinde gitmektedir. Burada kabuk mıknatıslanmaları ise herhangi bir faz geçişi sergilemeyip sürekli sıfır değerindedir. Öz ve kabuk mıknatıslanmalarından anlaşılacağı üzere $T_C/J_C = 1.455$ değerinde sistem manyetik olmayan (nm) fazdan paramanyetik (p) faza ikinci-derece faz geçişi göstermektedir. Ayrıca faz geçiş sıcaklığında ($T_C/J_C = 1.455$) öz için histerezis döngü alanları (A_{C1} ve A_{C2}) maksimum bir değere sahip olurken dinamik korelasyonlar (C_{C1} ve C_{C2}) ise minimum bir değere sahip olmaktadır. Kabuk için histerezis döngü alanları ve dinamik korelasyonlar ise sıfırdan itibaren düzenli bir şekilde artmaktadır, herhangi bir pik veya faz geçiş özelliği sergilememektedir.



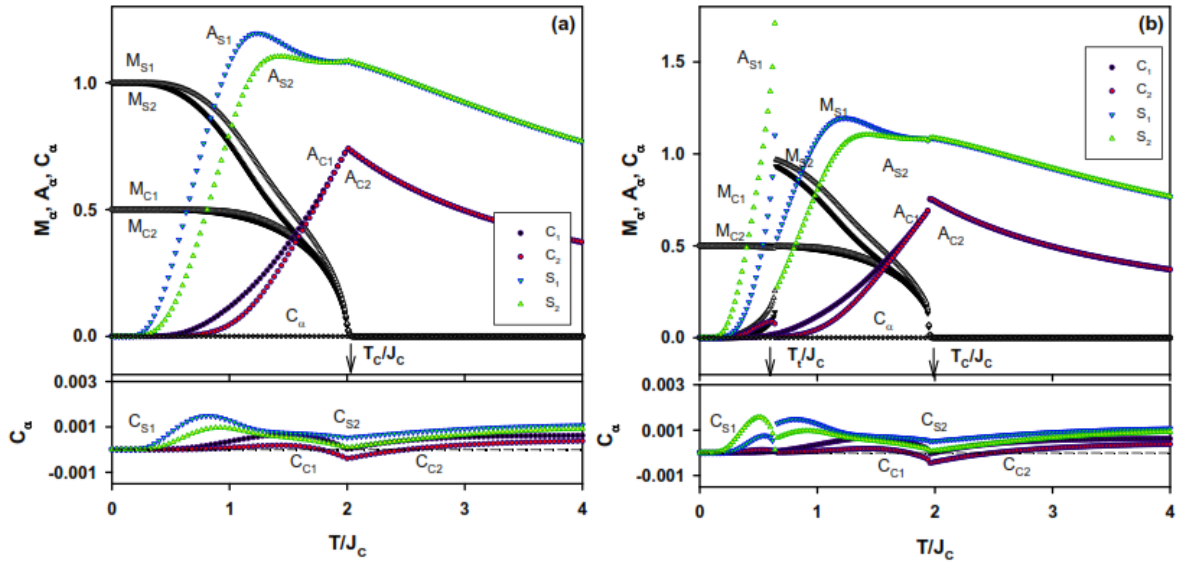
Şekil 3.3. $\Delta_S = 0.0$, $r = 1.0$, $d = -3.3$ ve $h = 1.6$ değerleri için M_α , A_α , C_α 'nın sıcaklığa bağlı davranışı. $T_C/J_C = 1.455$ manyetik olmayan (nm) fazdan paramanyetik (p) faza ikinci-derece faz geçiş sıcaklığını göstermektedir.

Şekil 3.4'de M_α , A_α ve C_α 'nin termal davranışları $\Delta_S = 0.0$, $r = 1.0$, $d = 1.0$ ve $h = 3.75$ değerleri için modelin $m_{C1} = m_{C2} = 0.5$ ve $m_{S1} = m_{S2} = 1.0$ başlangıç değerlerinde elde edilmiştir. Bu şekilde mutlak sıfır sıcaklık değerinde $M_{C1} = M_{C2} = 0.5$ ve $M_{S1} = M_{S2} = 1.0$ iken sıcaklık artıka öz ve kabuk mıknatıslanmaları $T_t/J_c = 1.025$ sıcaklık değerinde aniden (süresiz) sıfıra inmektedir. Yani $T_t/J_c = 1.025$ sıcaklık değerinde ferrimanyetik (i) fazdan paramanyetik (p) faza birinci-derece faz geçişi olmuştur. Benzer bir süresiz atlama durumu ($T_t/J_c = 1.025$ sıcaklık değerinde) histerezis döngü alanlarında (A_α) maksimum bir değer, dinamik korelasyonlarda (C_α) ise minimum bir değer meydana gelmiştir.



Şekil 3.4, $\Delta_S = 0.0$, $r = 1.0$, $d = 1.0$ ve $h = 3.75$ değerleri için M_α , A_α , C_α 'nin sıcaklığa bağlı davranışı. $T_t/J_c = 1.025$ sıcaklık değerinde ferrimanyetik (i) fazdan paramanyetik (p) faza birinci-derece faz geçişi olmuştur.

Şekil 3.5 (a) ve Şekil 3.5 (b), M_a , A_a ve C_a 'nin termal davranışları $\Delta_S = 0.0$, $r = 1.0$, $d = -2.5$ ve $h = 0.5$ değerleri ve sistemin farklı başlangıç değerleri için elde edilmiştir. Şekil 3.5 (a) yapı itibariyle Şekil 3.2'ye benzer manyetik davranış sergilemektedir. Şekil 3.2 ile arasındaki tek fark i fazından p fazına dinamik faz geçişinin $T_C/J_C = 2.025$ olmasıdır. Şekil 3.5 (b)'de mutlak sıfır sıcaklık değerinde $M_{C1} = M_{C2} = 0.0$ ve $M_{S1} = M_{S2} = 0.0$ (yani paramanyetik faz sistemde mevcut) iken sıcaklık arttıkça öz ve kabuk mıknatıslanmaları $T_I/J_C = 0.65$ değerinde aniden $M_{C1} = M_{C2} = 0.5$ ve $M_{S1} = M_{S2} = 1.0$ (yani ferrimanyetik faz sistemde mevcut) durumuna birinci derece faz geçişi meydana gelmiştir. Sıcaklık artmaya devam ettikçe öz ve kabuk mıknatıslanmaları sürekli bir şekilde azalarak $T_C/J_C = 2.025$ değerinde sıfıra inmiştir. Şekil 3.5 dikkatlice incelendiğinde sistemde $T_I/J_C = 0.65$ 'e kadar karma i+nm fazı, $T_I/J_C = 0.65$ ile $T_C/J_C = 2.025$ arasında i fazı ve $T_C/J_C = 2.025$ 'den yüksek sıcaklıklarda p fazı mevcuttur. Birinci ve ikinci derece faz geçiş sıcaklıklarında ilgili histerezis döngü alanlarında (A_a) maksimum değerlere, dinamik korelasyonlarda (C_a) ise minimum değerlerde sürekli ve süreksiz atlamalar mevcuttur.



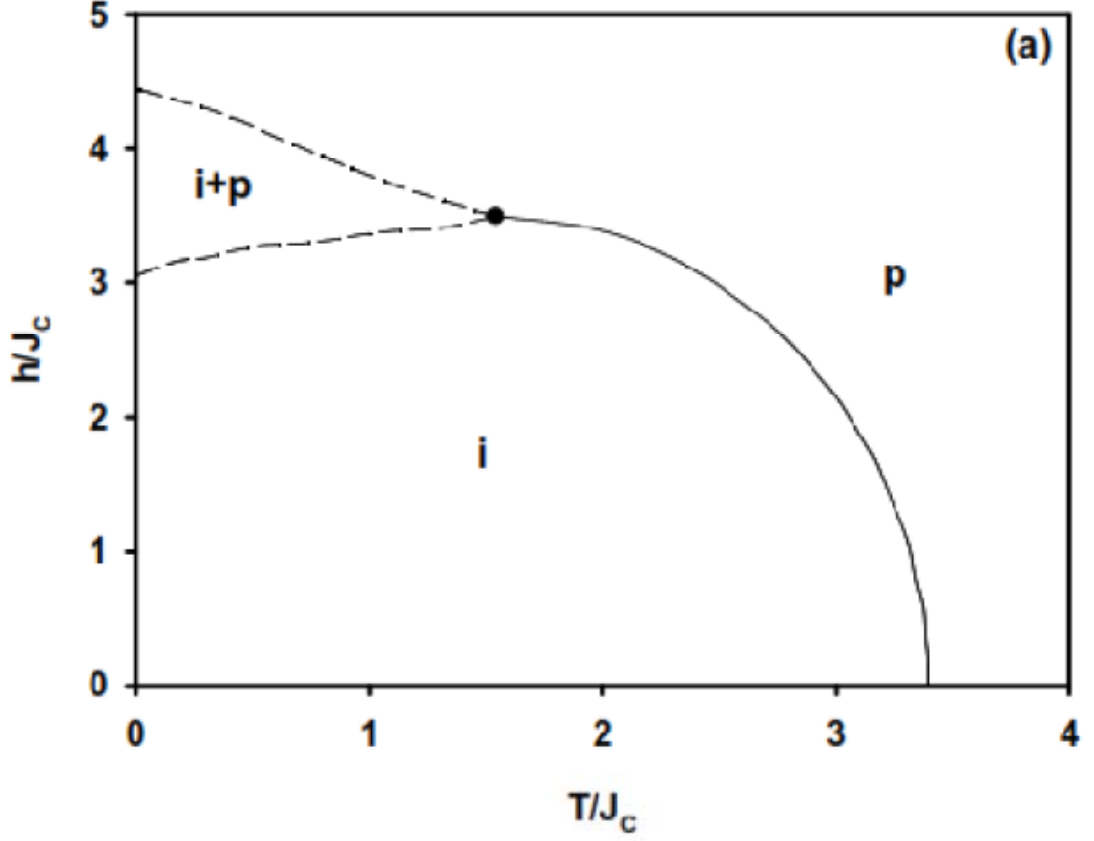
Şekil 3.5. $\Delta_S = 0.0$, $r = 1.0$, $d = -2.5$ ve $h = 0.5$ değerleri için M_a , A_a ve C_a 'nin termal davranışları. (a) $m_{C1}=m_{C2}=0.5$, $m_{S1}=m_{S2}=1.0$ başlangıç değerleri, (b) $m_{C1}=m_{C2}=0.0$, $m_{S1}=m_{S2}=0.0$ başlangıç değerleri için elde edilmiştir. $T_I/J_C = 0.65$ 'e kadar karma i+nm fazı, $T_I/J_C = 0.65$ ile $T_C/J_C = 2.025$ arasında i fazı ve $T_C/J_C = 2.025$ 'den yüksek sıcaklıklarda p fazı mevcuttur.

3.4.(T/J_C, h/J_C)Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Önceki bölümde elde edilen dinamik faz geçiş (DFG) sıcaklıklarından yararlanılarak artık sistemin dinamik faz diyagramlarını (T/J_C, h/J_C) düzleminde sunabiliriz. Bu bölümde etkileşim parametreleri, yüzeyler arası etkileşim parametresi (r), yüzey değişim etkileşim parametresi Δ_S ve kristal alan (d)'nin farklı değerleri için (T/J_C, h/J_C) düzlemindeki dinamik faz diyagramları şekillerle ifade edilecektir. Böylece (T/J_C, h/J_C) düzlemindeki faz diyagramlarına etkileşim parametrelerinin etkisi incelenecektir. Bu dinamik faz diyagramlarında, kesikli ve sürekli çizgiler sırasıyla birinci ve ikinci-derece faz geçiş çizgilerini göstermektedir. Faz diyagramlarında, içi dolu küreler dinamik üçlükritik noktayı temsil etmektedir. Elde edilen faz diyagramlarının özellikleri ile etkileşim parametrelerinin dinamik faz diyagramları üzerindeki etkisi aşağıdaki gibi sunulmuştur. Bu faz diyagramları:

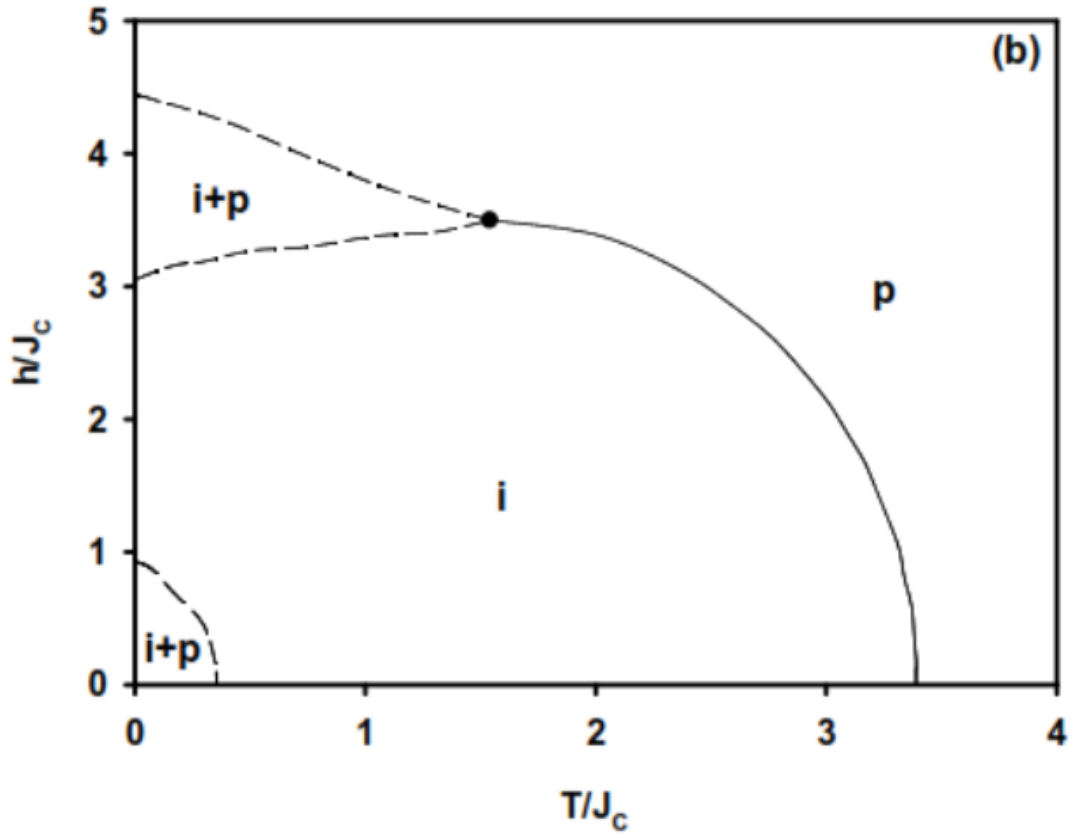
i) r=1.0, Δ_S=0.0 ve d=1.0 değerleri için (T/J_C, h/J_C) düzleminde elde edilen faz diyagramı Şekil 3.6'de gösterilmektedir. Bu faz diyagramında indirgenmiş sıcaklıkta (T) ve manyetik alan genliğinde (h), sistemde paramanyetik (p) faz mevcuttur. T ve h'nin düşük değerlerinde ise sistemde ferrimanyetik (i) faz mevcuttur. Bu iki bölge arasındaki dinamik faz sınırı, i → p' ye ikinci-derece faz geçiş çizgisidir. Ayrıca indirgenmiş sıcaklık ve manyetik alan genliğinin belirli değerlerinde i ve p fazının birlikte bulunduğu karma i+p fazı bulunmaktadır. Karma i+p fazı, i fazı ve p fazından birinci-derece faz geçiş çizgileriyle ayrılmıştır. Bu iki birinci-derece faz geçiş çizgileri birbirine yaklaşarak birleşmekte ve birinci-derece faz geçiş çizgisi son bularak, ikinci-derece faz geçiş çizgisi meydana gelmektedir. Birinci ve ikinci faz geçiş çizgilerinin birleştiği noktada sistemde dinamik üçlükritik nokta görülmektedir. Dinamik üçlükritik nokta içi dolu küre ile ifade edilmektedir. Bu faz diyagramlarına benzer faz diyagramları daha önce kinetik spin-1/2 [56] (bu sistemde i fazı yerine ferromanyetik (f) faz gelmektedir), spin-1 [57,58,59] (bu çalışmalar da i fazının yerine f fazı gelmektedir), spin-3/2 [60,61,62] (bu çalışmada i fazının yerine ferromanyetik-3/2 (f_{3/2}) fazı gelmektedir), spin-2 [63, 64] (bu çalışmalar da i fazı yerine ferromanyetik-2 (f₂) fazı gelmektedir) Ising sistemlerinde elde edilmiştir. Yine bu faz diyagramının benzeri faz diyagramı karma spin (1/2, 1) [65,66], karma spin (1, 3/2) [67], karma spin (1/2, 2) [68],

karma spin (1, 5/2) [69], karma spin (3/2, 2) [70], karma spin (1, 2) [71], karma spin (1/2, 3/2) [72], spin(1/2, 5/2) [73] ve karma spin (3/2, 5/2) [74] Ising modellerinde de elde edilmiştir.



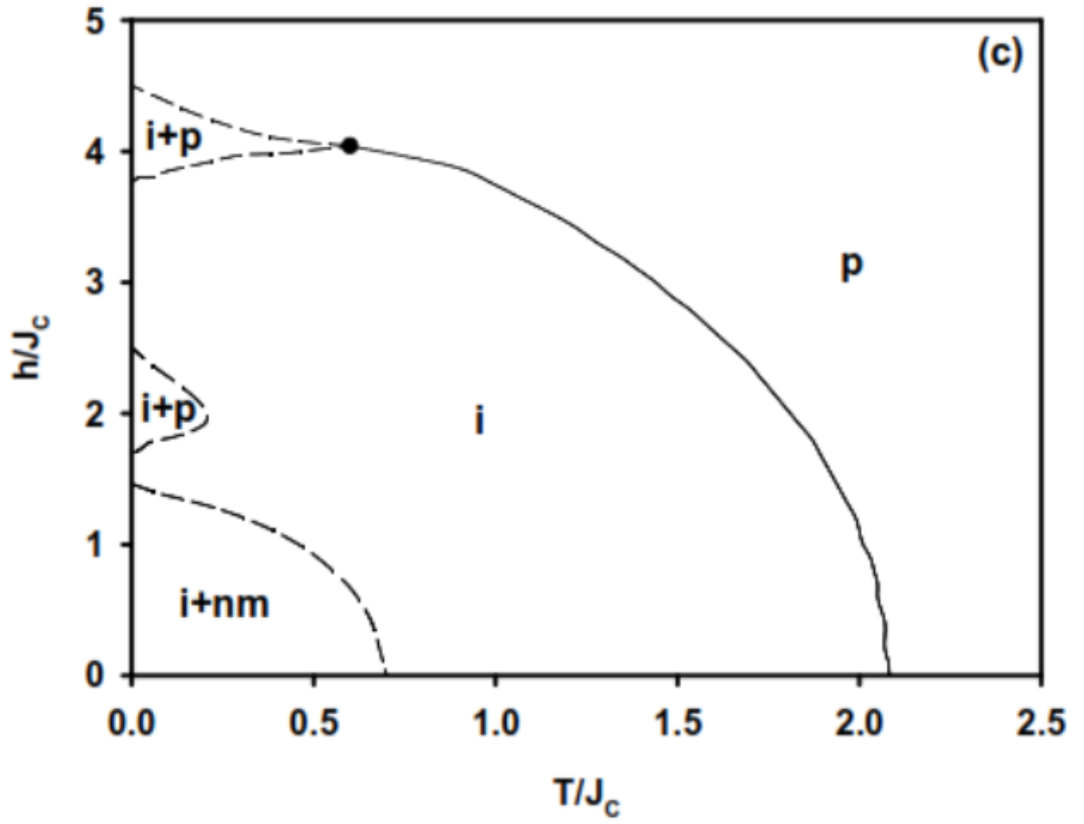
Şekil 3.6. Karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminde $d= 1.0$ değeri için $(T/J_c, h/J_c)$ düzleminde dinamik faz diyagramı.

ii) $-1.115 > d \geq -1.785$ değerleri için elde edilen faz diyagramı Şekil. 3.7’de gösterilmiştir. Bu dinamik faz diyagramının elde edildiği faz diyagram $d=-1.70$ değeri için elde edilmiştir. Bu faz diyagramında sıcaklığın ve dış manyetik alının küçük değerlerinde karma $i+nm$ fazı oluşmuştur. Buradaki $i+nm$ fazını i fazından ayıran dinamik faz geçiş sınırı birinci-derecedir. Bu faz diyagramına benzer faz diyagramları daha önce kinetik spin-3/2 [60, 61, 62] (bu çalışmalarda i fazının yerine ferromanyetik-3/2 ($f_{3/2}$) fazı gelmektedir) Ising sistemi çalışmalarında elde edilmiştir.



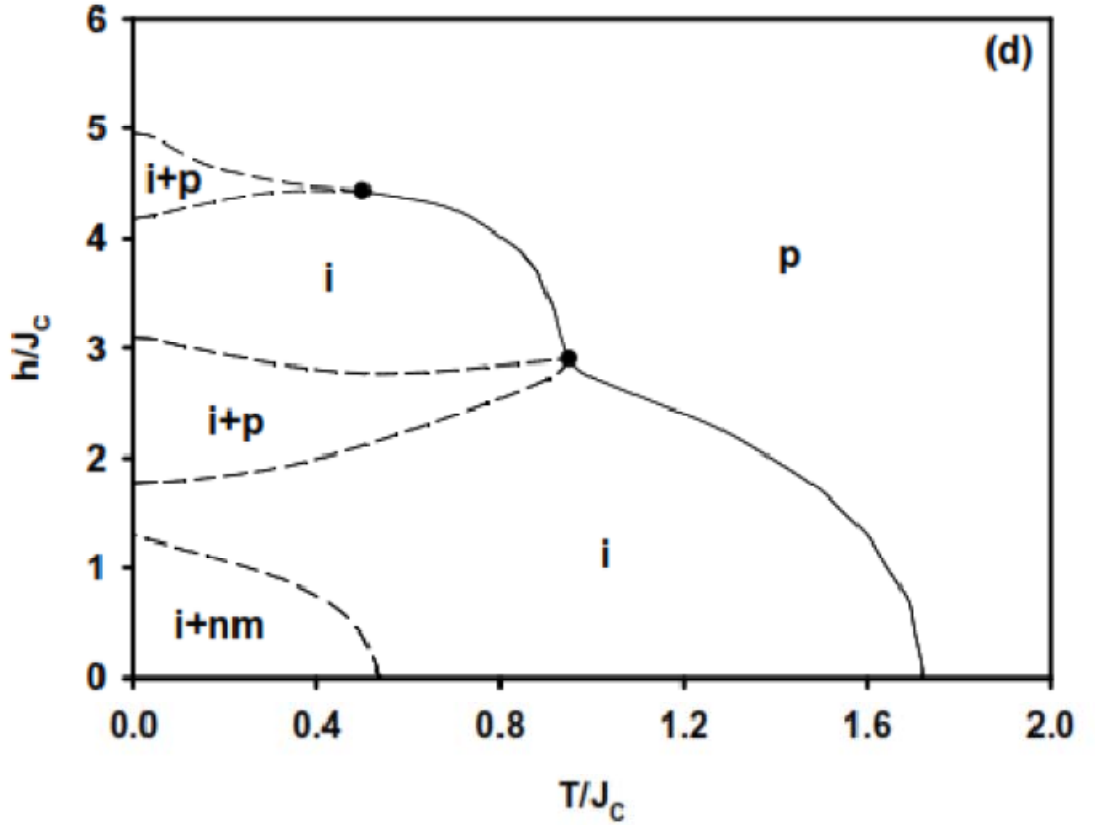
Şekil 3.7. Karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminde $d= -1.7$ değeri için $(T/J_c, h/J_c)$ düzleminde dinamik faz diyagramı.

iii) Üçüncü tip dinamik faz diyagramı $-1.785 > d \geq -3.199$ değerleri için elde edilmiştir. $d = -2.50$ değeri için elde edilen bu faz diyagramı Şekil 3.8'de sunulmuştur. Bu faz diyagramında, sistemde bulunan $i+p$, $i+nm$ karma fazların yanı sıra ayrıca düşük sıcaklık ve belirli manyetik alan değerlerinde yeni bir $i+p$ karma faz bölgesi gözlemlenmeye başlanmaktadır. Karma $i+nm$, $i+p$ fazları ile i fazı arasındaki dinamik faz sınırı, birinci-derece faz geçişidir. Şunu da belirtmek gerekir ki; tek-iyon anizotropisinin negatif değerlerinde ferrimanyetik fazın küçülüp, karma $i+p$ fazının büyümeye başladığı gözlemlenmiştir.



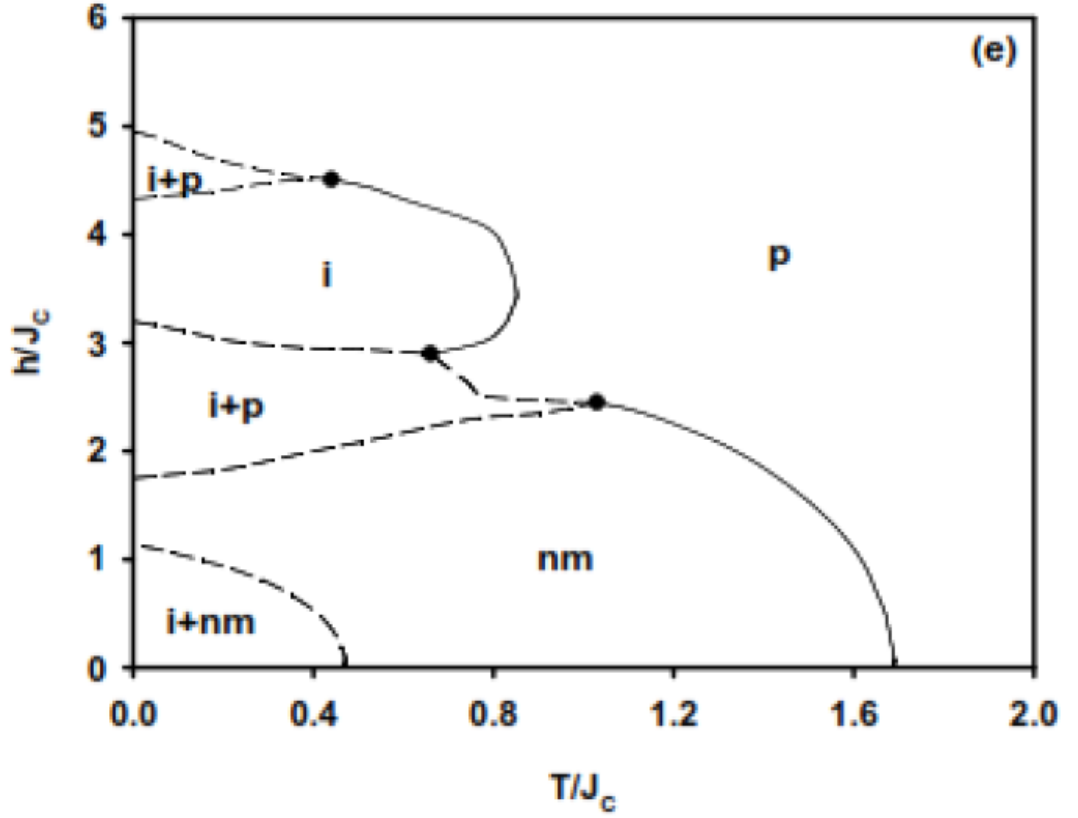
Şekil 3.8. Karma spin $(1/2, 1)$ Ising nanotel sisteminde $d = -2.5$ değeri için $(T/J_c, h/J_c)$ düzleminde dinamik faz diyagramı.

iv) $d=-3.2$ değerleri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde elde edilen faz diyagramı Şekil 3.9'da gösterilmektedir. Bu faz diyagramında, Şekil 3.8'de ortaya çıkan $i+p$ karma fazı daha fazla büyüyerek ikinci derece faz geçiş sıcaklığı değerlerine kadar ulaşmıştır. Ayrıca ikinci derece faz geçiş değerleri azalmış ve ferrimanyetik faz bölgesini içine büzülme meydana getirmiştir. Böylece sistemde ikinci dinamik üçlü nokta oluşmuştur.



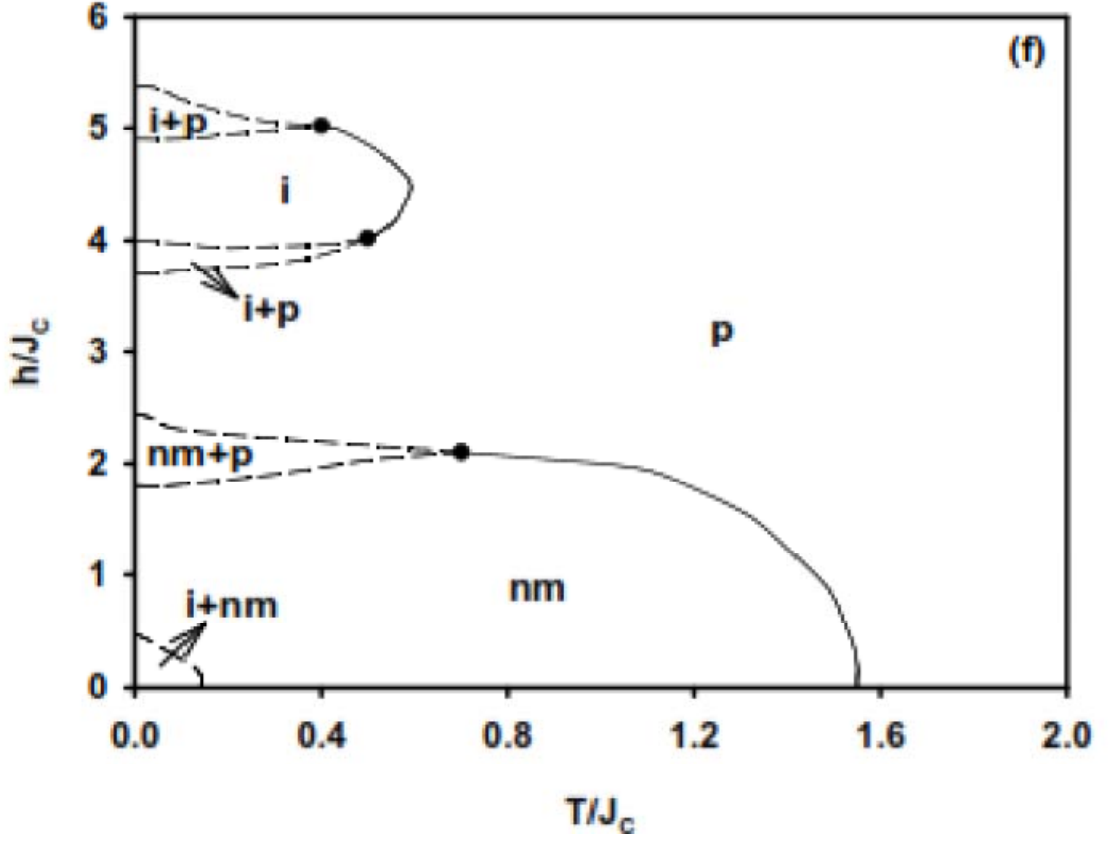
Şekil 3.9, Karma spin $(1/2, 1)$ Ising nanotel sisteminde $d= -3.2$ değeri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde dinamik faz diyagramı.

v) $d=-3.3$ değerleri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde elde edilen faz diyagramı Şekil 3.10'da gösterilmektedir. Bu faz diyagramını yapısal olarak Şekil 3.9'daki faz diyagramına benzemektedir ancak bu faz diyagramında $i+p$ karma fazı daha fazla büyümekte ve p fazı düzenli fazların içine nüfuz etmeye başlamıştır. Ayrıca yükek dış manyetik alan değerlerinde sistem reentrant davranış sergilemektedir.



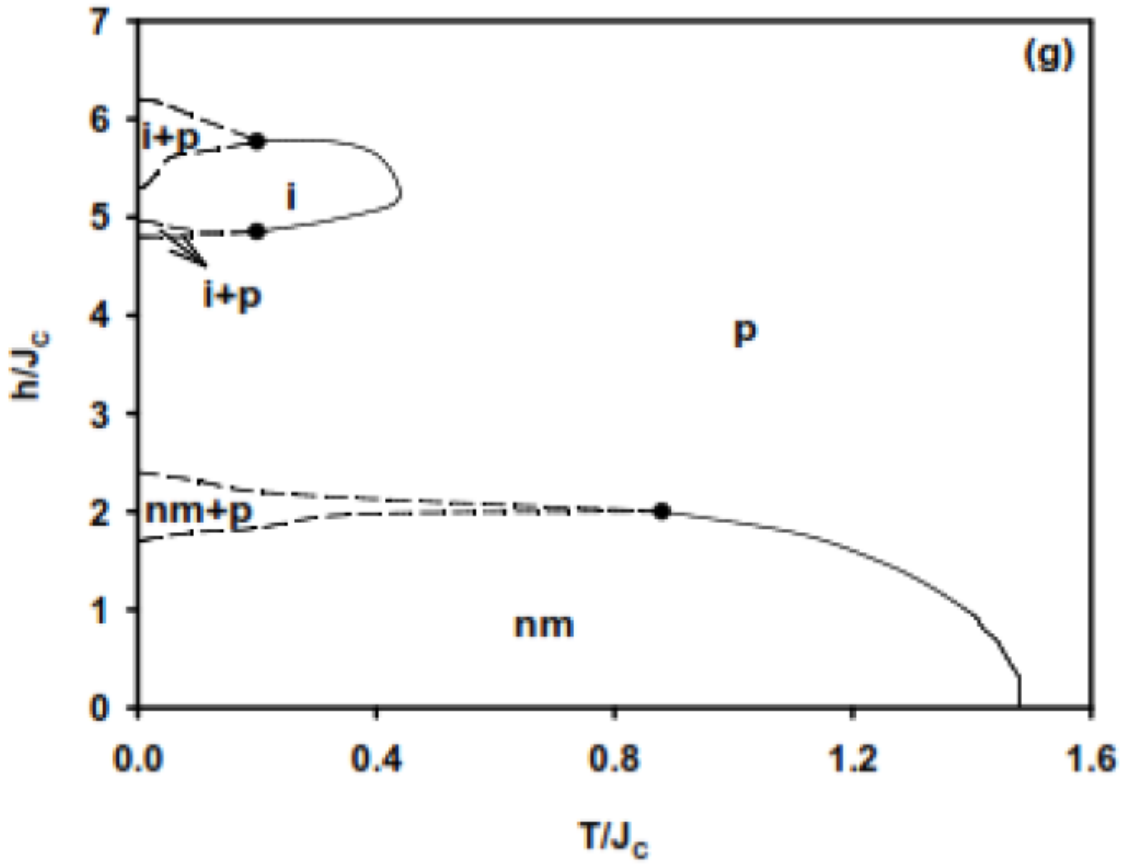
Şekil 3.11. Karma spin $(1/2, 1)$ Ising nanotel sisteminde $d= -3.3$ değeri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde dinamik faz diyagramı.

vi) $d=-4.0$ değerleri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde elde edilen faz diyagramı Şekil 3.11’de gösterilmektedir. Bu faz diyagramı yapısal olarak Şekil 3.10’daki faz diyagramına benzemektedir, ancak bu faz diyagramında p fazı düzenli fazların içine yerleşmiş ve sıfır sıcaklık değerlerine yerleşmiştir.



Şekil 3.12, Karma spin $(1/2, 1)$ Ising nanotel sisteminde $d= -4.0$ değeri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde dinamik faz diyagramı.

vi) $d=-5.0$ değerleri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde elde edilen faz diyagramı Şekil 3.12’de gösterilmektedir. Bu faz diyagramını yapısal olarak Şekil 3.11’deki faz diyagramına benzemektedir ancak bu faz diyagramında p fazı düzenli fazların içine yerleşmiş ve sıfır sıcaklık değerlerine yerleşmiştir. Ayrıca düşük sıcaklık ve manyetik alan değerlerindeki $i+nm$ karma fazı artık ortadan kaybolmuştur. Kristal alanın daha yüksek negatif değerleri incelendiğinde elde edilen faz diyagramları Şekil 3.12’ye benzerdir sadece faz geçiş değerleri azalmıştır.



Şekil 3.12, Karma spin $(1/2, 1)$ Ising nanotel sisteminde $d= -5.0$ değeri için $(T/J_C, h/J_C)$ düzleminde dinamik faz diyagramı.

BÖLÜM 4

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında karma spin (1/2,1) Ising nanotel sisteminin dinamik davranışları ortalama-alan yaklaşıklığı ve Glauber-tipi stokstik dinamik kullanılarak incelendi. Silindirik nanotel sistemi Ising modeli ile tanımlanarak yakın komşu etkileşmelerini, kristal alan (tek-iyon anizotropi) etkileşimi ve zamana bağlı dış manyetik alan terimini içeren silindirik karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sisteminin Hamiltonyen ifadesi ile sistem detaylıca incelendi.

Zamana bağlı salınımlı dış manyetik alan varlığında karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sistemi için sistemin dinamik davranışlarını açıklayan ortalama-alan dinamik denklemlerini elde etmek için Glauber dinamiği ve master denklemlerinden yararlanıldı. Karma spin (1/2, 1) Ising nanotel sistemi Glauber- tipi stokstik dinamiğe göre birim zamanda $1/\tau$ oranında değişim gösterdiği ortalama-alan dinamik denklemlerini elde edildi. Öncelikle sistemde var olan fazları bulmak için sistemin dinamik denklemlerden (denklem (2.14), (2.15), (2.16) ve (2.17)) yararlanılarak, bu denklemlerin kararlı çözümleri farklı kristal alan (d), manyetik alan genliği (h) ve sıcaklık (T) değerleri için incelendi. Bu denklemlerin çözümleri, verilen sistem parametreleri ve başlangıç değerleri için Adams-Moulton kestirme ve düzeltme yöntemi kullanılarak detaylıca incelendi ve sistemde paramanyetik (p), manyetik olmayan (nm) ve ferrimanyetik (i) temel fazlarının yanında, üç adet $i + nm$, $i + p$ ve $nm + p$ karma fazları bulundu. Bu fazlara karşılık gelen çözümler Şekil 3.1'de gösterildi. Şekil 3.1.(a)'da yalnızca simetrik çözüm elde edildi ve bundan dolayı sistemde sadece paramanyetik (p) faz mevcut olduğu görüldü. Bu durumda $m_c(\xi)$ ve $m_s(\xi)$ birbirine eşittir ve sıfır değeri civarında salınırlar ve dış manyetik alanla uyum içinde olduğu görüldü. ($m_c(\xi) = m_s(\xi) = 0$). Şekil 3.1.(b) ve Şekil 3.1.(c)'de simetrik olmayan çözümler elde edildi. Şekil 3.1.(b)'de $m_c(\xi) = \pm 1/2$ civarında salınırken ve $m_s(\xi) = \pm 1.0$ değeri etrafında salınırlar, bu durumda sistemde ferrimanyetik (i) faz mevcut olduğu ve dış manyetik alana uyum göstermediği görüldü. Şekil 3.1.(c)'de

$m_c(\xi) = \pm 1/2$ değerleri etrafında salınırken $m_s(\xi) = 0$ sıfır etrafında salınırken sistemin manyetik olmayan (nm) faza sahip olduğu görüldü. Elde edilen bu çözümlerin başlangıç değerlerine bağlı olmadığı görüldü. Şekil 3.1.(d)'de iki farklı çözüm elde edilmiştir ve sistemde i ve nm fazları bir arada bulunmaktadır. İlk çözümde $m_c(\xi) = \pm 1/2$ civarında salınırken ve $m_s(\xi) = \pm 1.0$ değeri etrafında salınırlar, bu durumda sistemde ferrimanyetik (i) faz mevcut olduğu ve dış manyetik alana uyum göstermediği görüldü. İkinci çözümde ise $m_c(\xi) = \pm 1/2$ değerleri etrafında salınırken $m_s(\xi) = 0$ sıfır etrafında salınır. Bundan dolayı sistemde manyetik olmayan (nm) faz elde edilmiştir. İki çözümle sistemde i + p karma fazı bulunduğu gözlenmiştir. Şekil 3.1.(e)'de iki farklı çözüm elde edilmiştir ve sistemde p ve i fazları bir arada bulunmaktadır. İlk çözümde $m_c(\xi)$ ve $m_s(\xi)$ 'ler sıfır değeri civarında salınırken sistemde paramanyetik (p) faz gözlenmiştir. İkinci çözümde ise $m_c(\xi) = \pm 1/2$ civarında salınırken ve $m_s(\xi) = \pm 1.0$ değeri etrafında salınırlar, bu durumda sistemde ferrimanyetik (i) faz gözlenmiştir. Bundan dolayı sistemde i + p karma fazı bulunduğu gözlenmiştir. Şekil 3.1.(e)'de yine iki farklı çözüm elde edilmiştir ama bu sefer sistemde p ve nm fazları bir arada bulunmaktadır. Buradaki ilk çözümde $m_c(\xi)$ ve $m_s(\xi)$ yine sıfır değeri civarında salınırlar ve bundan dolayı sistemde paramanyetik (p) faz elde edilmiştir. İkinci çözümde ise $m_c(\xi) = \pm 1/2$ değerleri etrafında salınırken $m_s(\xi) = 0$ sıfır etrafında salınır. Bundan dolayı sistemde manyetik olmayan (nm) faz elde edilmiştir. Bundan dolayı sistemde nm + p karma fazı da elde edilmiştir. Özetle, Şekil 3.1'de görüldüğü gibi sistemde altı farklı faz mevcuttur. Bu fazlar, sırasıyla p, i, nm fazları ve i + nm, i + p ile nm+p karma fazlarıdır.

Dinamik düzen parametrelerinin M_a , A_a ve C_a 'nın sıcaklığa bağlı davranışı etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için Adams-Moulton kestirme ve düzeltme metodu ile Romberg integrasyon metodu ile nümerik metotların birleştirilmesiyle incelendi. Fazlar arasındaki dinamik faz sınırlarının ve dinamik faz geçiş (DFG) sıcaklıklarının nasıl elde edildiği Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ile Şekil 3.5 (a) ve (b)'de gösterildi. Bu şekillerde, T_t birinci-derece faz geçiş sıcaklığını gösterirken, T_c ise ferrimanyetik ve manyetik olmayan fazlardan paramanyetik faza ikinci-derece faz geçiş sıcaklıklarını göstermektedir. Birinci ve ikinci derece faz geçiş sıcaklıklarında ilgili olarak histerezis

döngü alanlarında (A_a) maksimum değerlere, dinamik korelasyonlarda (C_a) ise minimum değerlerde sürekli ve süreksiz atlamaların mevcut olduğu görüldü. Daha sonra dinamik faz geçiş (DFG) sıcaklıklarından yararlanılarak, farklı etkileşim parametreleri, yüzeyler arası etkileşim parametresi (r), yüzey değişim etkileşim parametresi (Δ_S) ve kristal alan (d)'nin farklı değerleri için (T/J_C , h/J_C) düzlemindeki dinamik faz diyagramları Şekil 3.6 ve Şekil 3.12 arasında sunuldu. (T/J_C , h/J_C) düzlemindeydi farklı yapıda dinamik faz diyagramı elde edildi. Bu dinamik faz diyagramlarında, kesikli ve sürekli çizgiler sırasıyla birinci ve ikinci-derece faz geçiş çizgilerini göstermektedir. Faz diyagramlarında, içi dolu küreler dinamik üçlü kritik noktayı temsil ederken, QP dinamik dörtlü noktayı temsil etmektedir. Karma spin(1/2, 1) Ising nanotel sisteminin dinamik faz diyagramları incelendiğinde sistemin davranışının kuvvetli bir şekilde etkileşim parametreleri olan, yüzeyler arası etkileşim parametresi (r), yüzey değişim etkileşim parametresi (Δ_S) ve kristal alan (d)'ye bağlı olduğu açık olarak görülmektedir. Son olarak belirtmek gerekir ki; dinamik yöntemden kaynaklanan eksikliklerden dolayı dinamik ortalama-alan yaklaşımında bazı birinci-dereceden faz geçiş sıcaklıkları ve yapay özel noktalar olabilir. Bu yüzden bu tez çalışmasının daha hassas ölçüm olanağı sağlayandınamik etkin-alan teorisi, dinamik Monte Carlo (DMC) simülasyonu gibi daha iyi sonuç veren yöntemlerle incelenmesine ışık tutacağını ümit etmekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Drexler, K. E., "Engines of Creation -The Coming Era of Nanotechnology," Anchor, Reprint edition, New York, 1987 (see also <http://www.foresight.org/>).
2. Nanotechnology Research Directions: IWGN Workshop Report - Vision for Nanotechnology R&D in the Next Decade," WTEC, Loyola College in Maryland, M. C. Roco, S. Williams, and P. Alivisatos, Eds., September 1999; "National Nanotechnology Initiative: Leading to the Next Industrial Revolution," A Report by the Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology Committee on Technology, National Science and Technology Council, Washington, DC, February 2000, (see also www.nano.gov).
3. Mansoori, G. A., "Principles of Nanotechnology: Molecular Based Study of Condensed Matter in Small Systems," World Scientific Pub., New York, 2005.
4. G. Ali Mansoori and T. A. Fauzi Soelaiman, "Nanotechnology – An Introduction for the Standards", Journal of ASTM International, 2 (2005) 1-21.
5. Feynman, R. P., "There's Plenty of Room at the Bottom - An Invitation to Enter a New Field of Physics," Engineering and Science Magazine of Cal. Inst. of Tech., Vol. 23, No. 22, 1960.
6. Yüksel, Y., Akıncı, Ü., Polat, H., "Investigation of critical phenomena and magnetism in amorphous Ising nanowire in the presence of transverse fields", Phys. A 392 (2013) 2347-2358.
7. Zaim, A., Kerouad, M., Boughrara, M., Ainane, A., de Miguel, J.J., "Theoretical Investigations of Hysteresis Loops of Ferroelectric or Ferrielectric Nanotubes with Core/Shell Morphology", J. Supercond. Nov. Magnetism 25 (2012) 2407.
8. Zaim, A., Kerouad, M., El Amraoui, Y., Baldomir, D., "The spin-1/2 Ising film with surface defects", J. Magn. Magn. Mater. 316 (2007) e306.
9. X.J. Chen, H.F. Xu, N.H. Xu, F.H. Zhao, W.J. Lin, G. Lin, Y.L. Fu, Z. Huang, H. Wang, M.M. Wu, "Kinetically Controlled Synthesis of Wurtzite ZnS Nanorods through Mild Thermolysis of a Covalent Organic–Inorganic Network", Inorg. Chem. 42 (2003) 3100-3106.

10. Zaim, A., Kerouad, M., Boughrara, M., "Monte Carlo study of the magnetic behavior of a mixed spin (1, 3/2) ferrimagnetic nanoparticle", *Solid State Commun.* 158 (2013) 76-81.
11. B.Z. Tian, X.L. Zheng, T.J. Kempa, Y. Fang, N.F. Yu, G.H. Yu, J.L. Huang, C.M. Lieber, "Coaxial silicon nanowires as solar cells and nanoelectronic power sources", *Nature* 449 (2007) 885-889.
12. C.K. Chan, H. Peng, G. Liu, K. Mcllwraith, X.F. Zhang, R.A. Huggins, Y. Cui, "High-performance lithium battery anodes using silicon nanowires", *Nature Nanotechnol.*, 3 (2008) 31-35.
13. S. Xu, Y. Qin, C. Xu, Y. Wei, R. Yang, Z.L. Wang, "Self-powered nanowire devices", *Nature Nanotechnol.*, 5 (2010) 366-373.
14. S. Nie, S.R. Emory, "Probing Single Molecules and Single Nanoparticles by Surface-Enhanced Raman Scattering", *Science* 275 (1997) 1102-1106.
15. A.K. Gupta, M. Gupta, "Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biomedical applications", *Biomaterials* 26 (2005) 3995-4021.
16. B. Gleich, J. Weizenecker, "Tomographic imaging using the nonlinear response of magnetic particles", *Nature* 435 (2005) 1214-7.
17. J. Philip, P.D. Shima, B. Raj, "Nanofluid with tunable thermal properties", *Appl. Phys. Lett.* 92 (2006) 043108.
18. X. Li, X. Guo, D. Wang, L. Tong, "Propagation losses in gold nanowires", *Opt. Commun.* 323 (2014) 119-122.
19. A.E. Berkowitz, R.H. Kodama, Salah A. Makhlof, F.T. Parker, F.E. Spada, E.J. McNiff, S. Foner, "Anomalous properties of magnetic nanoparticles", *J. Magn. Mater.* 196 (1999) 591-597.
20. X. Batlle, A. Labarta, "Finite-size effects in fine particles: magnetic and transport properties", *J. Phys. D: Apply. Phys.* 35 (2002) R15.
21. W.T. Coffey, D.S.F. Crothers, J.L. Dormann, Y.P. Kalmykov, E.C. Kennedy, W. Wernsdorfer, "Thermally Activated Relaxation Time of a Single Domain Ferromagnetic Particle Subjected to a Uniform Field at an Oblique Angle to the Easy Axis: Comparison with Experimental Observations", *Phys. Rev. Lett.* 80 (1998) 5655.

22. S. Momose, H. Kodama, T. Uzumaki, A. Tanaka, "Magnetic properties of magnetically isolated L10-FePt nanoparticles", *Appl. Phys. Lett.* 85 (2004) 1748.
23. M. Vasilakaki, K.N. Trohidou, "Numerical study of the exchange-bias effect in nanoparticles with ferromagnetic core/ferrimagnetic disordered shell morphology", *Phys. Rev. B* 79 (2009) 144402.
24. N. Nedyalkov, Y. Nakajima and M. Terakawa, "Magnetic nanoparticle composed nanowires fabricated by ultrashort laser ablation in air", *Appl. Phys. Lett.* 108, 043107 (2016)
25. B.-S. Kim, S. Lee, W.-K. Kim, J.-H. Park, Y.C. Cho, J. Kim, C.R. Cho and S.-Y. Jeong, "Fabrication of ZnCoO nanowires and characterization of their magnetic properties", *Nanoscale Research Letters* 9 (2014) 221.
26. Y. Cao, G. Wei, H. Ge, Y. Yu, "Synthesis and Magnetic Properties of NiCo Nanowire Array by Potentiostatic Electrodeposition", *Int. J. Electrochem. Sci.*, 9 (2014) 5272 - 5279
27. F. Tian, Z.P. Huang and L. Whitmore, "Fabrication and magnetic properties of Ni nanowire arrays with ultrahigh axial squareness", *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 14 (2012) 8537-8541
28. V.S. Leite, W. Figueiredo, "'Spin-glass surface disorder on the magnetic behaviour of antiferromagnetic small particles", *Physica A* 350 (2005) 379-392.
29. A.F. Bakuzis, P.C. Morais, "Superferromagnetism on a two-dimensional array of magnetic nanodots: an Ising model approximation", *J. Magn. Magn. Mater.* 285 (2005) 145-154.
30. Kaneyoshi, T., "Phase diagrams of a nanoparticle described by the transverse Ising model", *Phys. Status Solidi.*, B242, 2938-2948, 2005.
31. Kaneyoshi T., "Magnetizations of a nanoparticle described by the transverse Ising model", *J. Magn. Magn. Mater.*, 321, 3430-3435, 2009.
32. M. Vasilakaki, K.N. Trohidou, "Numerical study of the exchange-bias effect in nanoparticles with ferromagnetic core/ferrimagnetic disordered shell morphology", *Phys. Rev. B* 79 (2009) 144402.
33. Kaneyoshi, T., "Magnetic properties of a cylindrical Ising nanowire or nanotube", *Phys. Status Solidi.*, B 248, 250-258, 2011.

34. O. Canko, A. Erdinç, F. Taskin, A.F. Yildirim, "Some characteristic behavior of mixed spin-1/2 and spin-1 Ising nano-tube", *J. Magn. Magn. Mater.* 324 (2012) 508-513.
35. Akıncı, Ü., "Effects of the randomly distributed magnetic field on the phase diagrams of Ising nanowire I: Discrete distributions", *J. Magn. Magn. Mater.*, 324, 3951-3960, 2012.
36. V.S. Leite, B.C.S. Grandi, W. Figueiredo, "Phase diagram of uniaxial antiferromagnetic small particles: Monte Carlo calculations", *Phys. Rev. B* 74 (2006) 094408.
37. T. Kaneyoshi, "Phase diagrams in a ultra-thin transverse Ising film with bond or site dilution at surfaces", *Physica B* 414 (2013) 72.
38. K.R. Heim, G.G. Hembree, K.E. Schmidt, M.R. Scheinfein, "Enhanced superparamagnetism in two-dimensional arrays of nanometer-sized Fe islands", *Appl. Phys. Lett.* 67 (1995) 2878.
39. L.G.C. Rego, W. Figueiredo, "Magnetic properties of nanoparticles in the Bethe-Peierls approximation", *Phys. Rev. B* 64 (2001) 144424.
40. H. Magoussi, A. Zaim, M. Kerouad, "Monte Carlo simulation of the magnetic properties of a spin-1 Blume–Capel nanowire", *Solid State Commun.* 200 (2014) 32-41.
41. Albayrak E., "Core–shell structured triangular Ising nanowire on the Bethe lattice", *Phys. Lett. A*, 380, 458-464, 2016.
42. Boughrara, M., Kerouad, M. and Zaim, A., "The phase diagrams and the magnetic properties of a ferrimagnetic mixed spin 1/2 and spin 1 Ising nanowire", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 360: 222-228 2014.
43. Boughrara, M., Kerouad, M. and Zaim, A., "Phase diagrams of ferrimagnetic mixed spin 1/2 and spin 1 Ising nanowire with diluted surface", *Physica A*, 433 (2015) 59.
44. Albayrak, E., "Core–shell structured square mixed-spin 1 and 1/2 Ising nanowire on the Bethe lattice", *J. Magn. Magn. Mater.*, 401, 532-538, 2016.
45. Kantar, E., Ertaş, M., "Cylindrical Ising nanowire in an oscillating magnetic field and dynamic compensation temperature", *Superlattices Microstruct.*, 75, 831-842, 2014.

46. Ertaş, M., Kantar, E., “Cylindrical Ising Nanowire With Crystal Field:Existence Of A Dynamic Compensation Temperatures”, *Phase Transitions.*, 88, 567-581, 2015.
47. Deviren, B., Kantar, E., Keskin, M., “Dynamic phase transitions in a cylindrical Ising nanowire under a time-dependent oscillating magnetic field”, *J. Magn. Magn. Mater.*, 324, 2163-2170, 2012.
48. Ertaş, M., Kocakaplan, Y., “Dynamic behaviors of the hexagonal Ising nanowire”, *Phys.Lett., A* 378, 845-850, 2014.
49. Deviren, B., Ertaş, M., Keskin, M., “Dynamic magnetizations and dynamic phase transitions in a transverse cylindrical Ising nanowire”,*Phys. Scr.*, 85, 055001, 2012.
50. Kantar, E., Ertaş, M., Keskin, M., “Dynamic phase diagrams of a cylindrical Ising nanowire in the presence of a time dependent magnetic field”,*J. Magn. Magn. Mater.*, 361, 61-67, 2014.
51. Deviren, B., Keskin, M., “Thermal behavior of dynamic magnetizations, hysteresis loop areas and correlations of a cylindrical Ising nanotube in anoscillating magnetic field within the effective-field theory and the Glauber type stochastic dynamics approach”, *Physics Letters A.*, 376, 1011-1019 2012.
52. Deviren, B., Şener, Y., Keskin, M., “Dynamic magnetic properties of the kinetic cylindrical Ising nanotube”, *Physica., A*, 392, 3969-3983, 2013.
53. Vatansever, E., Polat, H., “Monte Carlo investigation of a spherical ferrimagnetic core–shell nanoparticle under a time dependent magnetic field”,*J. Magn. Magn. Mater.*, 343, 221-227, 2013.
54. Vatansever, E., Polat, H., “Non-equilibrium dynamics of a ferrimagnetic core–shell nanocubic particle”,*Physica A.*, 394, 82-89, 2014.
55. Yüksel, Y., Vatansever, E., Polat, H., “Dynamic phase transition properties and hysteretic behavior of a ferrimagnetic core–shell nanoparticle in the presence of a time dependent magnetic field”, *Journal of Physics: Condensed Matter.*, 24, 436004-436017, 2012.
56. Tome,T.,Oliveira,M.J., “DynamicPhaseTransitionintheKineticIsingModel UnderaTime-DependentOscillatingField”,*Phys.Rev.,A*,41,4251-4254,1990.

57. Keskin, M., Canko, O., Temizer, Ü., “Dynamic Phase Transition in the Kinetic Spin-1 Blume-Capel model Under a Time- Dependent Oscillating External Field”, *Phys. Rev., E*, 72, 036125-1-036125-10, 2005.
58. Keskin, M., Canko, O., Kantar, E., “Dynamic Dipole and Quadrupole Phase Transitions in the Kinetic Spin-1 Model”, *Int. J. Mod. Phys., C*, 17, 1239-1255, 2006.
59. Keskin, M., Canko, O., Temizer, Ü., “Dynamic Phase Transition in the Kinetic Blume-Emery-Griffiths Model in an Oscillating External Field”, *Int. J. Mod. Phys., C*, 17, 1717-1737, 2006.
60. Keskin, M., Canko, O., Deviren, B., “Dynamic Phase Transition in the Kinetic Spin-3/2 Blume-Capel Model Under a Time-Dependent Oscillating External Field”, *Phys. Rev., E*, 74, 011110-1-011110-10, 2006.
61. Keskin, M., Canko, O., Kirak, M., “Dynamic Dipole and Quadruple Phase Transition in the Kinetic Spin-3/2 Model”, *J. Stat. Phys.*, 127, 359-380, 2007.
62. Canko, O., Deviren, B., Keskin M., “Dynamic Phase Transition in the Spin-3/2 Blume-Emery-Griffiths Model in an Oscillating Field”, *J. Phys.: Condens. Matter.*, 18, 6635-6653, 2006.
63. Keskin, M., Canko, O., Ertas, M., “Kinetics of the Spin-2 Blume-Capel Model Under a Time-Dependent Oscillating External Field”, *J. Exp. Theor. Phys.*, 105, 1190-1197, 2007.
64. Ertas, M., Canko, O., Keskin, M., “Dynamic Phase Transition in the Kinetic Spin-2 Blume-Emery-Griffiths Model in an Oscillating Field”, *J. Magn. Magn.Mater.*, 320, 1765-1774, 2008.
65. Buendia, G.-M., Machado, E., “Kinetics of a Mixed Ising Ferrimagnetic System”, *Phys. Rev., E*, 58, 1260, 1998.
66. Keskin, M., Canko, O., Polat, Y., “Dynamic Phase Transitions in the Kinetic Mixed Spin-1/2 and Spin-1 Ising Ferrimagnetic System Under Time- Dependent Magnetic Field”, *J. Korean Phys.Soc.*, 53, 497, 2008.
67. Keskin, M., Kantar, E., Canko, O., “Kinetics of a Mixed Spin-1 and Spin-3/2 Ising System Under a Time-Dependent Oscillating Magnetic Field”, *Phys. Rev. E.*, 77, 051130, 2008.
68. Keskin, M., Canko, O., Güldal, S., “Kinetics of a Mixed Spin-1/2 and Spin-2 Ising Ferrimagnetic System”, *Phys. Lett., A*, 374, 1-7, 2009.

69. Keskin, M., Canko O., Bati, M., “Dynamic Phase Diagrams of a Mixed Spin-1 and Spin-5/2 Ising System in an Oscillating Magnetic Field”, *J. Korean Phys. Soc.*, 55, 1344-1356, 2009.
70. Keskin, M., Polat Y., “Phase Diagrams of a Nonequilibrium Mixed Spin-3/2 and Spin-2 Ising System in an Oscillating Magnetic Field”, *J. Magn. Magn. Mater.*, 321, 3905, 2009.
71. Keskin, M., Ertas, M., Canko, O., “Dynamic Phase Transitions and Dynamic Phase Diagrams in the Kinetic Mixed Spin-1 and Spin-2 Ising System in an Oscillating Magnetic Field”, *Phys. Scr.*, 79, 025501, 2009.
72. Deviren, B., Keskin, M., Canko, O., Kinetics of a Mixed Spin-1/2 and Spin-3/2 Ising Ferrimagnetic Model”, *J. Magn. Magn. Mater.*, 321, 458-466, 2009.
73. Deviren, B., Keskin, M., Canko, O., “Dynamic Phase Transitions in the Kinetic Mixed Spin-1/2 and Spin-5/2 Ising Model Under a Time-Dependent Oscillating Magnetic Field”, *Phase Trans.*, 83, 526-542, 2010.
74. Deviren, B., Keskin, M., “Dynamic Phase Transitions and Compensation Temperatures in a Mixed Spin-3/2 and Spin-5/2 Ising System”, *J. Stat. Phys.*, 140, 934-947, 2010.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı: Önder AKYÜZ

Baba Adı : Osman

Anne Adı : Züleyha

Doğum Yeri : Nevşehir

Doğum Tarihi : 15.09.1974

1974 Yılında Nevşehir ili Merkez ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini yine Nevşehir ili Merkez ilçesinde tamamladı. Üniversite eğitimi Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü kazandı ve 2002 yılında mezun oldu.

İlk önemli çalışma tecrübesini Nevşehir ili Özel Organize Sanayi Bölgesi firmalarından olan Nevkarsan firmasında 5 yıl imalat müdürü olarak çalıştı. Daha sonra Nevşehir Belediyesinden gelen istek üzerine 2008 yılında Nevşehir Belediyesinde çalışmaya başladı. 2018 Yılında Nevşehir Belediyesi Makine İkmal Bakım ve Onarım Müdür Vekili olarak çalışmaya başladı. Şu anda da Nevşehir Belediyesi Destek Hizmetleri Müdür Vekili olarak çalışma hayatına devam etmektedir.

Adres : Esentepe Mahallesi İpek Sokak Tuğba Apt. No: 12/4 NEVŞEHİR

Tel : 0 (543) 362 57 00

E- posta : onderakyuz50@gmail.com