

**T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**KARMA SPİN-1 VE SPİN-2 ISING MODELİNDE
DİNAMİK FAZ GEÇİŞLERİ VE DİNAMİK TELAFİ
SICAKLIĞI**

Tuğba KORKMAZ

**Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Ümüt TEMİZER**

Yozgat 2013

**T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**KARMA SPİN-1 VE SPİN-2 ISING MODELİNDE
DİNAMİK FAZ GEÇİŞLERİ VE DİNAMİK TELAFİ
SICAKLIĞI**

Tuğba KORKMAZ

**Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Ümüt TEMİZER**

**Bu çalışma, Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından 2012FBE/T24 kodu ile desteklenmiştir.**

Yozgat 2013

T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün Fizik Anabilim Dalı 70110511010 numaralı öğrencisi Tuğba KORKMAZ' ın hazırladığı “**Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Modelinde Dinamik Faz Geçişleri ve Dinamik Telafi Sıcaklığı**” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 22/08/2013 Perşembe günü saat 10:00’ da yapılmış, tezin onayına OY BİRLİĞİYLE karar verilmiştir.

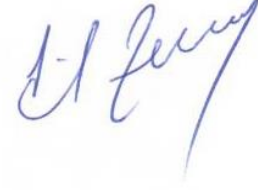
Başkan : Prof. Dr. Recep ŞAHİNGÖZ



Üye : Doç. Dr. Hidayet ÇETİN




Üye : Yrd. Doç. Dr. Ümüt TEMİZER (Danışman)



ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu' nun ...29/08.../20..13 tarih ve 20.. sayılı kararı ile onaylanmıştır.

29/08/2013

(Unvanı, Adı Soyadı)
Doç. Dr. Hidayet ÇETİN
Bozok Üniversitesi
Fen Bil.Enst.Müdürü

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GLAUBER MODELİ VE MASTER DENKLEMİ	7
2.1. Tek Spinden Oluşan Sistem	7
2.2. N Tane Spinden Oluşan Sistem.....	8
3. KARMA SPİN-1 VE SPİN-2 ISING SİSTEMİNİN DİNAMİK DAVRANIŞI	12
3.1. Modelin Tanıtımı.....	12
3.2. Ortalama-Alan Dinamik Denklemlerinin Elde Edilmesi	14
3.3. Ortalama Altörgü Miknatıslanmalarının Zamanla Değişimi.....	19
3.4. Dinamik Faz Geçiş Sıcaklıkları ve Dinamik Telafi Sıcaklığı	25
3.5. Dinamik Faz Diyagramları	29
3.5.1. Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Dinamik Faz Diyagramları	30
3.5.1.1. (T, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları	30
3.5.1.2. (J_2 , T) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları	34
3.5.1.3. ($-J_3$, T) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları.....	37
3.5.1.4. (d, T) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları	38
3.5.1.5. (d, J_2) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları.....	43
3.5.1.6. (d, $-J_3$) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları	44
3.5.1.7. (d, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları	46
3.5.1.8. (J_2 , h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları.....	47
3.5.1.9. ($-J_3$, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları	50

3.5.2. Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Dinamik Faz Diyagramları.....	52
3.5.2.1. (T, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları	52
3.5.2.2. (J_2 , T) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları	55
3.5.2.3. ($-J_3$, T) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları.....	57
3.5.2.4. (d, T) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları	59
3.5.2.5. (d, J_2) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları.....	60
3.5.2.6. (d, $-J_3$) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları	62
3.5.2.7. (d, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları	63
3.5.2.8. (J_2 , h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları.....	65
3.5.2.9. ($-J_3$, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları	66
SONUÇ VE TARTIŞMA	69
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	85

KARMA SPİN-1 VE SPİN-2 ISING MODELİNDE DİNAMİK FAZ GEÇİŞLERİ VE DİNAMİK TELAFİ SICAKLIĞI

Tuğba KORKMAZ

**Bozok Üniversitesi
Fen bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

2013; Sayfa: 85

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ümüt TEMİZER

ÖZET

Zamana bağlı salınımlı bir dış manyetik alanın varlığında kristal-alan etkileşmeli karma spin-1 ve spin-2 Ising sisteminin dinamik davranışı altıgen bir örgünün birbirini tekrarlayan tabakaları üzerinde Glauber-tipi stokastik dinamik kullanılarak incelendi. Ortalama-alan dinamik denklem çifti Master denklemi ve Glauber geçiş oranları kullanılarak elde edildi. İlk olarak, sistemdeki fazları bulmak için ortalama altörgü mıknatıslanmalarının zamanla değişimi incelendi. Daha sonra, dinamik faz geçiş noktaları ve dinamik telafi sıcaklığını elde etmek için dinamik altörgü mıknatıslanmaları ve dinamik toplam mıknatıslanmanın sıcaklıkla değişimi incelendi. Bu incelemelerden, faz geçişlerinin doğası (kesikli veya sürekli) karakterize edildi ve telafi davranışının tipi bulundu. Dinamik telafi sıcaklığının varlığında ve yokluğunda dinamik faz diyagramları dokuz farklı düzlemde sunuldu. Hamiltonyen parametresinin farklı değerlerine göre sistemde paramanyetik (p), antiferromanyetik (af), ferrimanyetik (i) ve manyetik olmayan (nm) temel fazlarının yanısıra bu temel fazların ikili ve üçlü kombinasyonlarından oluşan sekiz farklı karma faz bölgesi ve telafi sıcaklığı veya L- ve N- tipi telafi davranışı bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ising Modeli, Dinamik Faz Geçişleri, Dinamik Telafi Sıcaklığı, Salınımlı Manyetik Alan, Glauber-Tipi Stokastik Dinamik.

DYNAMIC PHASE TRANSITIONS AND DYNAMIC COMPENSATION TEMPERATURE IN THE MIXED SPIN-1 AND SPIN-2 ISING MODEL

Tuğba KORKMAZ

**Bozok University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics
Master of Science Thesis**

2013; Page: 85

Thesis Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ümüt TEMİZER

ABSTRACT

The dynamic behavior of a mixed spin-1 and spin-2 Ising system with a crystal-field interaction in the presence of a time-dependent oscillating external magnetic field on alternate layers of a hexagonal lattice is studied by using the Glauber-type stochastic dynamics. The set of mean-field dynamic equations is obtained by employing the Master equation and Glauber transitions rates. Firstly, the time variation of the average sublattice magnetizations is studied in order to find the phases in the system. Then, the thermal behavior of the dynamic sublattice magnetizations and dynamic total magnetization is investigated to obtain the dynamic phase transition points and dynamic compensation temperature. From these investigations, it is characterized the nature (continuous or discontinuous) of phase transitions and is found the type of compensation behavior. It is presented the dynamic phase diagrams for both presence and absence of the dynamic compensation temperature in the nine different planes. According to the values of Hamiltonian parameters, besides the paramagnetic (p), antiferromagnetic (af), ferrimagnetic (i) and nonmagnetic (nm) fundamental phases, eight different mixed phase regions which are composed of binary and ternary combinations of fundamental phase and the compensation temperature or L- and N-types compensation behavior exist in the system.

Keywords: Ising Model, Dynamic Phase Transitions, Dynamic Compensation Temperature, Oscillating Magnetic Field, Glauber-Type Stochastic Dynamics.

TEŞEKKÜR

Tez alışmamın tamamlanmasında emek ve yardımlarını esirgemeyen ve alışmalarım süresince değerli fikir ve tecrübeleri ile bana büyük destek sağlayan saygıdeğer hocam Yrd. Do. Dr. Ümüt TEMİZER' e içtenlikle teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında birçok konuda yardımlarını gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Muharrem KIRAK' a teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmam sırasında değerli yorum ve tartışmalarından ötürü çalışma arkadaşım Ayőegül ÖZKILIÇ' a teşekkür ederim.

Tez alışması süresince 2012FBE/T24 kodlu proje kapsamında sağladıkları destekten dolayı Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimine teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince gösterdikleri anlayıő, maddi ve manevi yönden desteklerini hiç eksik etmeyen değerli aileme en içten dileklerimle teőekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmalarım esnasında beni hep anlayıőla karşılayan yüksek lisans arkadaşlarım Enes YAYAN ve Yasemin ALTINOK' a hem değerli yorumları hem de anlayıőlarından dolayı teőekkürlerimi sunarım.

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1:	Sistemdeki Temel ve Karma Fazların Temel Özellikleri.....	24
-------------------	---	----

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

- Şekil 3.1:** Birbirini Takip Eden Tabakalı Altıgen Örgüler Üzerinde Spinlerin Yerleşim Taslağı..... 12
- Şekil 3.2:** Ortalama Altörgü Mıknatıslanmalarının ($m_{\sigma}(\xi)$ ve $m_s(\xi)$) Zamana Bağlı Davranışları..... 23
- Şekil 3.3:** Dinamik Altörgü Mıknatıslanmaları ($|M_{\sigma}|, |M_s|$) ve Dinamik Toplam Mıknatıslanmanın ($|M_t|$) Sıcaklığın Bir Fonksiyonu Olarak Davranışları..... 28
- Şekil 3.4:** Telafi Sıcaklığının Farklı Tiplerinin Şematik Gösterimi..... 29
- Şekil 3.5:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (T, h) Düzleminde Tek Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçeren Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 8.0$, $J_3 = 0.1$ ve $d = 2.5$, b) $J_2 = 10.0$, $J_3 = 0.1$ ve $d = -2.5$, c) $J_2 = 2.0$, $J_3 = 1.0$ ve $d = -4.0$, d) $J_2 = 8.0$, $J_3 = 5.0$ ve $d = -10.0$, e) $J_2 = 6.0$, $J_3 = 0.9$ ve $d = -9.0$, f) $J_2 = 4.0$, $J_3 = 5.0$ ve $d = -6.0$, g) $J_2 = 2.5$, $J_3 = 5.0$ ve $d = -7.0$ 32
- Şekil 3.6:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (T, h) Düzleminde Birden Fazla Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçeren Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 8.5$, $J_3 = 0.5$ ve $d = -10.0$, b) $J_2 = 8.5$, $J_3 = 1.0$ ve $d = -10.0$ 33

- Şekil 3.7:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (J_2, T) Düzleminde Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçermeyen Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_3 = 0.1$, $d = 2.5$ ve $h = 0.5$, b) $J_3 = 1.0$, $d = -3.0$ ve $h = 1.0$, c) $J_3 = 0.1$, $d = -2.5$ ve $h = 1.5$, d) $J_3 = 1.0$, $d = -5.0$ ve $h = 0.1$, e) $J_3 = 5.0$, $d = -7.0$ ve $h = 1.5$ 35
- Şekil 3.8:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (J_2, T) Düzleminde Tek Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçeren Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_3 = 1.0$, $d = -10.0$ ve $h = 0.5$, b) $J_3 = 0.9$, $d = -9.0$ ve $h = 1.5$ 36
- Şekil 3.9:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde $(-J_3, T)$ Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 7.0$, $d = -6.0$ ve $h = 0.1$, b) $J_2 = 8.0$, $d = -10.0$ ve $h = 2.5$, c) $J_2 = 0.5$, $d = 2.5$ ve $h = 0.5$, d) $J_2 = 5.0$, $d = -1.0$ ve $h = 0.5$ 38
- Şekil 3.10:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, T) Düzleminde Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçermeyen Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 8.0$, $J_3 = 5.0$ ve $h = 8.0$, b) $J_2 = 7.0$, $J_3 = 5.0$ ve $h = 5.0$, c) $J_2 = 1.0$, $J_3 = 1.5$ ve $h = 0.5$ 40

- Şekil 3.11:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, T) Düzleminde Bir ve Daha Fazla Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçeren Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 5.0$, $J_3 = 1.5$ ve $h = 4.0$, b) $J_2 = 8.0$, $J_3 = 1.0$ ve $h = 1.0$, c) $J_2 = 6.0$, $J_3 = 1.0$ ve $h = 0.1$, d) $J_2 = 4.0$, $J_3 = 2.0$ ve $h = 3.7$, e) $J_2 = 6.0$, $J_3 = 0.9$ ve $h = 1.5$ 42
- Şekil 3.12:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, J_2) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_3 = 0.9$, $T = 1.5$ ve $h = 1.5$, b) $J_3 = 1.5$, $T = 1.35$ ve $h = 4.0$, c) $J_3 = 0.9$, $T = 0.3$ ve $h = 1.5$, d) $J_3 = 1.0$, $T = 0.65$ ve $h = 0.1$ 44
- Şekil 3.13:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, $-J_3$) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 7.0$, $T = 0.8$ ve $h = 0.1$, b) $J_2 = 4.0$, $T = 2.0$ ve $h = 0.5$, c) $J_2 = 2.0$, $T = 0.1$ ve $h = 0.1$ 45
- Şekil 3.14:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 9.0$, $J_3 = 1.0$ ve $T = 2.0$, b) $J_2 = 8.0$, $J_3 = 5.0$ ve $T = 1.0$, c) $J_2 = 2.0$, $J_3 = 2.0$ ve $T = 0.5$, d) $J_2 = 6.0$, $J_3 = 0.9$ ve $T = 0.2$ 47
- Şekil 3.15:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (J_2 , h) Düzleminde Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçermeyen Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_3 = 1.0$, $d = -10.0$ ve $T = 2.5$, b) $J_3 = 0.9$, $d = -4.0$ ve $T = 0.2$, c) $J_3 = 0.1$, $d = -2.5$ ve $T = 0.3$, d) $J_3 = 0.9$, $d = -9.0$ ve $T = 1.0$, e) $J_3 = 0.9$, $d = -9.0$ ve $T = 0.5$, f) $J_3 = 5.0$, $d = -7.0$ ve $T = 0.3$ 49

- Şekil 3.16:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (J_2, h) Düzleminde İki Tane Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçeren Dinamik Faz Diyagramı. $J_3 = 1.0$, $d = -5.0$ ve $T = 2.0$ 50
- Şekil 3.17:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde ($-J_3, h$) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 4.0$, $d = -3.0$ ve $T = 1.0$, b) $J_2 = 7.0$, $d = -6.0$ ve $T = 0.8$, c) $J_2 = 8.0$, $d = -10.0$ ve $T = 0.5$, d) $J_2 = 2.0$, $d = -1.0$ ve $T = 1.0$ 51
- Şekil 3.18:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (T, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 5.0$, $J_3 = 2.0$ ve $d = -3.0$, b) $J_2 = 5.0$, $J_3 = 2.0$ ve $d = -2.8$, c) $J_2 = 2.0$, $J_3 = 1.0$ ve $d = -0.5$, d) $J_2 = 1.5$, $J_3 = 1.0$ ve $d = -9.0$, e) $J_2 = 1.0$, $J_3 = 2.0$ ve $d = -20.0$ 54
- Şekil 3.19:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (J_2, T) Düzleminde Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçermeyen Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_3 = 5.0$, $d = -4.0$ ve $h = 11.0$, b) $J_3 = 2.0$, $d = -3.0$ ve $h = 0.5$, c) $J_3 = 5.0$, $d = -6.0$ ve $h = 1.0$, d) $J_3 = 2.0$, $d = -20.0$ ve $h = 3.7$ 56
- Şekil 3.20:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (J_2, T) Düzleminde Tek Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçeren Dinamik Faz Diyagramı. $J_3 = 1.3$, $d = -1.0$ ve $h = 10.0$ 57

- Şekil 3.21:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde $(-J_3, T)$ Düzleminde Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçermeyen Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 2.0$, $d = 1.0$ ve $h = 0.1$, b) $J_2 = 1.5$, $d = -4.0$ ve $h = 2.7$ 58
- Şekil 3.22:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde $(-J_3, T)$ Düzleminde Tek Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçeren Dinamik Faz Diyagramı. $J_2 = 0.5$, $d = 2.5$ ve $h = 4.0$ 59
- Şekil 3.23:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, T) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 4.0$, $J_3 = 5.0$ ve $h = 11.0$, b) $J_2 = 0.5$, $J_3 = 5.0$ ve $h = 1.0$, c) $J_2 = 6.0$, $J_3 = 6.0$ ve $h = 1.5$ 60
- Şekil 3.24:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, J_2) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_3 = 5.0$, $T = 2.0$ ve $h = 11.0$, b) $J_3 = 1.5$, $T = 0.2$ ve $h = 0.5$, c) $J_3 = 5.0$, $T = 0.3$ ve $h = 1.5$ 61
- Şekil 3.25:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde $(d, -J_3)$ Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 1.5$, $T = 1.05$ ve $h = 1.5$, b) $J_2 = 5.0$, $T = 0.1$ ve $h = 0.5$... 62
- Şekil 3.26:** Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 0.5$, $J_3 = 5.0$ ve $T = 1.0$, b) $J_2 = 5.0$, $J_3 = 2.0$ ve $T = 0.25$, c) $J_2 = 4.0$, $J_3 = 5.0$ ve $T = 0.5$, d) $J_2 = 4.0$, $J_3 = 5.0$ ve $T = 0.3$, e) $J_2 = 4.0$, $J_3 = 2.0$ ve $T = 0.1$ 64

Şekil 3.27: Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (J_2, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_3 = 0.5$, $d = 2.5$ ve $T = 1.0$, b) $J_3 = 2.0$, $d = -3.0$ ve $T = 0.1$, c) $J_3 = 5.0$, $d = -6.0$ ve $T = 0.25$, d) $J_3 = 1.0$, $d = -10.0$ ve $T = 0.2$ 66

Şekil 3.28: Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde ($-J_3, h$) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 7.0$, $d = -6.0$ ve $T = 3.0$, b) $J_2 = 1.5$, $d = -4.0$ ve $T = 1.05$, c) $J_2 = 0.5$, $d = 2.5$ ve $T = 2.0$, d) $J_2 = 0.5$, $d = 2.5$ ve $T = 0.4$ 68

KISALTMALAR LİSTESİ

af	:	Antiferromanyetik Faz
B	:	Dinamik Çift Kritik Son Nokta
BC	:	Blume-Capel
BEG	:	Blume-Emery-Griffiths
BPY	:	Bethe-Peierls Yaklaşımı
c	:	Telafi Fazı
D	:	Kristal-Alan Etkileşmesi veya Tek-İyon Anizotropi Sabiti
DFG	:	Dinamik Faz Geçişi
EAT	:	Etkin-Alan Teorisi
f	:	Salınımlı Manyetik Alanın Frekansı
H	:	Manyetik Alan
i	:	Ferrimanyetik Faz
J	:	Bilineer Etkileşme Parametresi
k_B	:	Boltzmann Faktörü
KDM	:	Kümesel Değişim Metodu
m	:	Karma Faz
MC	:	Monte-Carlo
nm	:	Manyetik Olmayan Faz

OAY	:	Ortalama-Alan Yaklaşımı
p	:	Paramanyetik Faz
PEN	:	Polietilen Naftalat
QP	:	Dinamik Dörtlü Nokta
RG	:	Renormalizasyon-Grup
sf	:	Yüzey Fazı
T	:	Sıcaklık
T _A	:	Mutlak Sıcaklık
T _c	:	İkinci-Derece Faz Geçiş Sıcaklığı
T _{comp}	:	Dinamik Telafi Sıcaklığı
TP	:	Dinamik Üçlü Nokta
T _t	:	Birinci-Derece Faz Geçiş Sıcaklığı
z	:	Spinler Arasındaki En Yakın Komşu Sayısı
τ	:	Durulma Zamanı

1. GİRİŞ

Ising modeli, istatistik fizik ve yoğun madde fiziğinde yaygın olarak kullanılan modellerden birisidir ve aynı zamanda farklı olaylar için temel bir model olarak kullanılmaktadır. Bu yalnızca benzer hesaplamaların uygulanabilir ve test edilebilir olmasından dolayı değil aynı zamanda bu modelin farklı sistemlerin çeşitli versiyonlarına uygulanabilmesinden dolayıdır.

Ising modelleri içinde en basit ve en yaygın olarak kullanılan model, spin-1/2 Ising modelidir. Bu model, akışkan konsantrasyonu, gazların soğurulması, ikili sıvı veya gazların faz geçişleri, ikili alaşımlardaki düzenli-düzensiz faz geçişleri, vb. gibi sistemlerin incelenmesinde kullanılmıştır [1, 2]. Spin-1/2 Ising modelinin dengeli davranışı, dengeli istatistik fizikte kullanılan ve iyi bilinen ortalama alan yaklaşımı (OAY), Bethe veya çift yaklaşım, seriye açılım, transfer matris, etkin-alan teorisi (EFT), Monte-Carlo (MC) hesaplamaları, renormalizasyon grup (RG) teknikleri vb. gibi metotlarla kapsamlıca incelenmiştir ve incelenmeye devam edilmektedir. Böylece bu çalışmalarla, birçok fiziksel sistemlerin dengeli davranışları hakkında bilgiler elde edilmiş ve edilmeye devam edilmektedir.

Ayrıca, termomanyetik ve moleküler tabanlı kayıt sistemleri, telafi sıcaklıklarının varlığı, ferrimanyetik yapıya sahip karmaşık bileşikler, amorf yapıya sahip alaşımlar, seyreltik ferrimanyetik sistemler, moleküler tabanlı mıknatıslar, yarı-iletken alaşımlar, ferrimanyetik düzenlilik ve düzenli-düzensiz faz geçişleri gibi daha karmaşık fiziksel sistemlerin termodinamik davranışlarını incelemek için daha yüksek spinli (spin-1, spin-3/2, spin-2 ve spin-5/2) veya karma spin Ising sistemleri gibi, daha fazla durumlu ve birden fazla düzen parametrelili bir model gerekmektedir. Karma spin Ising sistemleri ile ilgili çalışmalara 1980' li yıllarda başlanmış ve bu spin sistemleri zamanımızda da kullanılan ve kullanılmaya da devam edilen en önemli sistemler olmuşlardır.

Son 20 yılda iki altörgülü karma spin Ising sistemleri hem deneysel olarak hem de teorik olarak geniş bir şekilde incelenmiştir. Bu incelemelerin başlıca sebepleri arasında termomanyetik kayıt sistemlerindeki teknolojik potansiyel uygulamalarının olması, tek spinli benzerlerinden daha az dönüştürülebilir simetriye sahip olması ve

tek spinli Ising sistemlerinde gözlemlenemeyen birçok yeni olayın karma spin sistemlerinde gözükmesi, manyetik malzeme tabanlı bimetalik moleküler sistemlerin anlaşılması için uygulanabilir olması, son zamanlardaki akademik çalışmaların yanısıra teknolojik uygulamalar için faydalı özelliklerinden dolayı, büyük ilgi çeken ferrimanyetik malzemeleri araştırmak için iyi bir model olması ve belirli koşullar altında bu sistemlerin kritik sıcaklığın altında toplam mıknatıslanmanın kaybolduğu bir telafi sıcaklığına sahip olması sayılabilir.

En iyi bilinen karma spin Ising sistemleri; spin (1, 1/2), spin (1/2, 3/2), spin (1, 3/2), spin (3/2, 5/2) ve spin (2, 5/2) sistemleridir. Bu karma spin sistemlerinin denge davranışları, OAY, kümesel değişim metodu (KDM), Bethe-Peierls yaklaşımı (BPY) ve EAT gibi çeşitli tekniklerle incelenmiştir. Ayrıca, kare bir örgü üzerinde karma spin Ising ferrimanyetik sistemleri MC simülasyonu [3, 4] kullanılarak incelenmiştir. Bu denge çalışmalarına rağmen bu sistemlerin dengesiz davranışları yeterince açıklanamamıştır. Karma spin sistemlerinin dengesiz davranışları (1, 1/2) [5-14], spin (1/2, 3/2) [15, 16], spin (1, 3/2) [17, 18], spin (3/2, 5/2) [19] ve spin (2, 5/2) [20] sistemleri için incelenmiştir.

Diğer taraftan, şimdiye kadar, karma spin-1 ve spin-2 Ising sistemi üzerine çok fazla çalışma yapılmamıştır. Karma spin-1 ve spin-2 Ising sisteminin dengeli davranışı için ilk çalışma ayrıştırılmış çizgi integrali yaklaşımının kullanılmasıyla Weng ve Li [21] tarafından yapılmıştır. Onlar, sistemin faz diyagramlarını karma spin (1/2, 1), karma spin (1/2, 3/2) ve karma spin (1, 2) sistemleri için elde etmişlerdir. Iwashita ve arkadaşları [22], dört spin model yaklaşımını kullanarak, spin-1 ve spin-2 karma sistemlerinde mıknatıslanmasının sıcaklığa bağlılığını incelemişlerdir. Zhang ve arkadaşları [23], EAT ve MC simülasyonu ile tabakalı bal peteği örgüsü üzerinde spin-1 ve spin-2 karma sisteminin manyetik özelliklerini incelemişlerdir. Özellikle elde edilen sonuçları bu iki metodu kullanarak detaylı bir şekilde karşılaştırmışlardır. Albayrak ve Yiğit [24], Bethe örgüsü üzerinde gerçek tekrarlı bağlantılarını kullanarak karma spin-1 ve spin-2 Ising ferromanyetik sisteminin kritik davranışlarını incelemişlerdir. Faz diyagramlarını $(kT_c/J, D_A/J)$ ve $(kT_c/J, D_B/J)$ düzlemlerinde sırasıyla D_B/J ve D_A/J 'nin farklı değerleri ve

$q=3, 4$ ve 6 koordinasyon sayıları için elde etmişlerdir. Wei ve arkadaşları [25], OAY ve MC tekniklerini kullanarak farklı anizotropiler ile karma spin-1 ve spin-2 Ising ferromanyetik sisteminin manyetik özelliklerini incelemişlerdir. Sistemin birinci-derece, ikinci-derece faz geçişleri geçirmesinin yanısıra üçlü kritik noktaya sahip olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, sistemin reentrant davranışı sergilediğini gözlemlemişlerdir. Son zamanlarda, Deviren ve arkadaşları [26], eksensel manyetik alanın varlığında ve yokluğunda bal peteği ve kare örgü üzerinde, karma spin-1 ve spin-2 Ising sisteminin kritik davranışlarını incelemek için korelasyonlu EAT' yi kullanmışlardır. Onlar, sistemin alınganlık, iş enerji ve ısı sığasını nümerik olarak tespit etmişler ve bu incelemelerden, sistemin birinci- ve ikinci-derece faz geçişlerinin yanısıra, üçlü kritik nokta ve reentrant davranış sergilediğini bulmuşlardır.

Karma spin-1 ve spin-2 Ising sisteminin denge özelliklerini incelemede önemli gelişimler olmasına rağmen, modelin dengesiz davranışı tam olarak keşfedilememiştir. Son zamanlarda, Keskin ve arkadaşları [27], OAY içinde Glauber-tipi stokastik dinamiği [28] kullanarak kare bir örgü üzerinde kinetik karma spin-1 ve spin-2 Ising modelinin kararlı durumlarını analiz etmişlerdir. Sistemin dinamik faz diyagramlarını üç farklı düzlemde sunmuşlar ve faz diyagramlarının üç temel fazın yanısıra dört karma faz bölgesi içerdiğini bulmuşlardır.

Dengesiz sistemlerdeki ilginç problemlerden birisi ise, dengesiz veya dinamik faz geçiş (DFG) sıcaklıklarının bulunması problemidir. Dinamik faz geçiş sıcaklıkları ilk olarak, Glauber-tipi stokastik dinamik kullanılarak, zamana bağlı salınımlı dış manyetik alan altında kinetik spin-1/2 Ising modelinin kararlı durumlarının OAY metodu ile incelenmesi sonucu bulundu [29, 30]. Daha sonra, kinetik spin-1/2 Ising modeli için dinamik faz geçişleri, dinamik OAY [31, 32] ve dinamik MC hesaplamaları ile incelenmiştir [33, 43]. Tutu ve Fujiwara [44], Landau tipi potansiyelleri olan sistemlerde DFG sıcaklıklarını elde edebilecek sistematik bir metot geliştirmişler ve dinamik faz diyagramlarını sunmuşlardır. Tek boyutlu kinetik spin-1/2 Ising modelinde ki DFG' ler Glauber metoduyla incelenmiştir [45]. Son zamanlarda ise, spin-1 BC [46], spin-1 izotropik BEG [47], spin-3/2 BC [48], spin-

3/2 BEG [49], spin-2 BC [50], spin-2 BEG [51], karma spin (1/2, 1) [6], karma spin (1, 3/2) [17] ve karma spin (1/2, 3/2) [15] gibi Ising sistemleri, Heisenberg spin sistemleri [52-54], CO basıncının periyodik değişimi ile CO oksidasyonu için Ziff-Gulari-Barshad modeli [55], XY modeli [56, 57] gibi daha karmaşık sistemlerde DFG sıcaklıkları elde edilmiş ve dinamik faz diyagramları sunulmuştur. Aynı zamanda, amorf YBaCuO filmler [58], Cu(001) yüzeyi üzerinde ultra ince Co filmleri [59], ferroik sistemlerle tutturulmuş hücre duvarları (ferromanyetler, ferroelektrikler ve ferroelastikler) [60], kuprat süperiletkenler [61], [Co/Pt]₃ manyetik çok katmanlı [62] ve polietilen naftalat (PEN) nanokompozitleri [63] için DFG' leri deneysel olarak gözlenmiştir.

Diğer taraftan, karma spin Ising sistemlerinde incelenen en önemli konulardan birisi ise telafi sıcaklığının varlığıdır. Ferrimanyetik bir malzemede, antiferromanyetik olarak etkileşen iki eşit olmayan manyetik moment kritik sıcaklığın [64] altında sıfır mıknatıslanma meydana getirebilirler. Altörgü mıknatıslanmalarının birbirini yok ettiği kritik sıcaklıkta özel bir nokta meydana gelebilir. Bu nokta değerleri telafi sıcaklığı ya da ferrimanyetik spin sisteminin telafi noktası (T_{comp}) olarak adlandırılır. Telafi noktasının oluşumu büyük öneme sahiptir. Mıknatıslanmadan meydana gelen işareti değiştirmek için bu noktada sadece bir sürücü kuvvete gereksinim vardır. Telafi sıcaklığında, malzemenin artık mıknatıslanması (coercivity) çarpıcı şekilde artar ve bu durum manyeto-optik ortamda [65] yazma ve silme işlemlerinin kolaylaştırılmasını sağlamaktadır.

Karma spin Ising sistemlerinde, telafi sıcaklığın varlığı, istatistik fizikteki OAY [66, 67], gerçek-uzay RG yaklaşımı [68], MC simülasyonu [69, 71], EAT [72, 74], transfer matris metodu [4] gibi farklı metotlarla ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Karma spin Ising sistemlerinde telafi sıcaklığın varlığı, gerçek tekraralama bağıntıları kullanılarak Bethe örgüsü üzerinde incelenmiştir [75, 76]. Ayrıca, Mařařovská [77] ve Mařařovská ve arkadaşları [78] telafi sıcaklıklarının varlığını dekore edilmiş Ising sistemlerinde gözlemişlerdir. Godoy ve arkadaşları [13], dinamik OAY ve dinamik MC simülasyonunu kullanarak birbirini takip eden tabakalı altıgen örgüler üzerinde $\sigma = 1/2$ ve $S = 1$ karma Ising sisteminde dinamik telafi sıcaklığının varlığını incelediler ve Hamiltonyendeki farklı etkileşmelerin telafi sıcaklık üzerine etkisini

tespit ettiler. Leite ve arkadaşları [79], yine dinamik OAY ve dinamik MC simülasyonunu kullanarak $\sigma = 1/2$ ve $S = 1$ karma Ising sisteminde ferrimanyetik küçük parçacıkların telafi sıcaklıklar üzerine sonlu boyut etkisini incelediler ve telafi sıcaklığının varlığının yalnızca σ ve S spinlerinin örgü içi etkileşmelerine bağlı olduğunu buldular. Keskin ve arkadaşları [14-17, 19, 20], birbirini takip eden tabakalı altıgen örgüler üzerinde karma Ising sisteminin dinamik davranışını Glauber-tipi stokastik dinamik kullanarak incelemişlerdir. Çalışmalarında, hem dinamik faz geçiş sıcaklığı hem de dinamik telafi sıcaklığı için dinamik faz diyagramlarını elde etmişler ve etkileşme parametrelerine bağlı olarak sistemde P- ve L-tipi davranış meydana geldiğini gözlemişlerdir. Telafi sıcaklığı, deneysel olarak da farklı sistemlerde gözlenmiştir. Chern ve arkadaşları [80], Fe_3O_4 ve Mn_3O_4 süper örgülerinin faz diyagramlarını ve telafi sıcaklıklarını bileşiklerin sıcaklığa bağlı karakteristiklerini inceleyerek elde ettiler. Kageyama ve arkadaşları [81] nikel II format dehidratın ($Ni(HCOO_2)2H_2O$) manyetik özelliklerini inceleyerek bu bileşiğin düşük sıcaklıklarda zayıf bir ferrimanyet olduğunu buldular. Ayrıca, bu bileşik belirli bir sıcaklıkta manyetik olarak düzenli bir duruma geçer ki burada sistem ilginç manyetik özelliklere sahiptir. Bu özellikler, kendiliğinden olan zayıf bir ferromanyetizma, telafi sıcaklığı ve ani değişen mıknatıslanma olaylarıdır.

Bu tez çalışmasında, zamana bağlı salınımlı dış manyetik alan altında birbirini takip eden altıgen örgüler üzerinde karma spin-1 ve spin-2 Ising sisteminin dinamik davranışı Glauber-tipi stokastik dinamik kullanılarak incelenecektir. Sistemin dinamik davranışını tam olarak açıklayan ortalama-alan denklem çifti Master denklemi ve Glauber geçiş oranları kullanılarak elde edilecektir. İlk olarak, sistemde mevcut olan fazları bulmak için, ortalama altörgü mıknatıslanmalarının zamana bağlı olarak davranışları incelenecektir. Daha sonra, bir periyot içinde ortalama altörgü mıknatıslanmalarının veya dinamik altörgü mıknatıslanmalarının sıcaklığın bir fonksiyonu olarak davranışları incelenecek ve böylece DFG sıcaklıkları tespit edilecek ve aynı zamanda dinamik faz geçişlerinin doğası (kesikli veya sürekli yani birinci- veya ikinci-derece faz geçişleri) karakterize edilecektir. Daha sonra, sistemde dinamik telafi sıcaklıklarını bulabilmek için dinamik toplam mıknatıslanmanın sıcaklığın bir fonksiyonu olarak davranışı incelenecektir. Son olarak, sistemin dinamik faz diyagramları dinamik telafi sıcaklığının varlığında ve yokluğunda,

etkileşme parametrelerinin farklı değerlerine göre, (T, h) , (J_2, T) , $(-J_3, T)$, (d, T) , (d, J_2) , $(d, -J_3)$, (d, h) , (J_2, h) ve $(-J_3, h)$ düzlemlerinde sunulacaktır. Son bölümde ise, elde edilen sonuçların tartışılması yapılacak ve gelecekte yapılabilecek veya yapılması gerekli çalışmalardan bahsedilecektir.

2. GLAUBER MODELİ VE MASTER DENKLEMİ

Bu kesimde, zamanla değişen kooperatif olayların istatistiksel olarak incelenmesinde kullanılan en önemli metotlardan birisi olan Glauber modeli [28] ve Glauber modelinin temelini oluşturan Master denklemi anlatılacaktır. İlk olarak, tek spin sistemi, daha sonra ise N tane spinden oluşan bir sistem için detaylı bilgi verilecektir.

2.1. Tek Spinden Oluşan Sistem

Tartışmamıza en basit sistem olan tek bir spin-1/2 parçacıktan oluşan sistemle başlayalım. Bir ısı banyosu ile etkileşen tek bir parçacık zamanla $\sigma = 1$ ve $\sigma = -1$ değerleri arasında rastgele geçiş yapar. Manyetik alanın yokluğunda, tek bir spin-1/2 parçacık $\sigma = \pm 1$ durumlarının her birini istediği gibi seçebilir. Bu durumda, parçacığın bir durumdan diğer durumuna geçiş olasılığı birim zamanda $\alpha/2$ olarak yazılabilir ve spinin T zamanında σ değerini aldığı andaki ihtimaliyet olan $p(\sigma, t)$ aşağıdaki denkleme uyar.

$$\left(\frac{d}{dt} \right) p(\sigma, t) = -\frac{1}{2} \alpha p(\sigma, t) + \frac{1}{2} \alpha p(-\sigma, t). \quad (2.1)$$

Bu denklem, $\sigma = \pm 1$ için normalizasyon şartını sağlar, yani

$$p(1, t) + p(-1, t) = 1, \quad (2.2)$$

olur. Bu bağıntılar, bilinmeyen tek bir fonksiyon için tek bir denkleme indirgenebilir. Elde edilecek fonksiyon için uygun seçim iki ihtimaliyetten farklıdır ve aşağıdaki gibi verilir.

$$q(t) = p(1, t) - p(-1, t) = \sum_{\sigma=\pm 1} \sigma p(\sigma, t). \quad (2.3)$$

Bu ifade basitçe zamanın bir fonksiyonu olarak spinin beklenen değeridir. Yani, $\sigma = \pm 1$ değerlerini aldığı zaman $\sigma(t)$ ' nin stokastik bir fonksiyonu olarak spin değişkenlerinin zamana bağlı değişimini

$$q(t) = \langle \sigma(t) \rangle, \quad (2.4)$$

şeklinde alabiliriz. Denklem (2.1), (2.2) ve (2.4)' ün kullanılması ile bir spin değişkeninin zamanla değişimi

$$\left(\frac{d}{dt} \right) q(t) = -\alpha q(t), \quad (2.5)$$

olarak elde edilir. Bu denklemin çözülmesiyle, ortalama spinin $1/\alpha$ durulma zamanı ile eksponansiyel olarak azaldığı görülür ve değeri

$$q(t) = q(0)e^{-\alpha t}, \quad (2.6)$$

olarak bulunur. Denklem (2.2) ve (2.3)' ün kullanılmasıyla tek bir spinin $p(\pm 1, t)$ ihtimaliyeti

$$p(\sigma, t) = \frac{1}{2} [1 + \sigma q(t)], \quad (2.7)$$

şeklinde bulunur.

2.2. N Tane Spinden Oluşan Sistem

Bu kesimde, N tane parçacıktan oluşan lineer olarak düzenli bir şekilde sıralanmış parçacık sistemini ele alalım. Bu sistemin dinamik incelemesi tek bir spinin dinamik incelemesinden tamamen farklıdır. Özel bir σ_i ($i = 1, \dots, N$) spini için $\sigma_i = \pm 1$ ' nin durumları arasındaki geçiş ihtimaliyeti diğer parçacıkların anlık spin değerlerine bağlıdır. Böyle bir sistemi ele almak için N tane spinin tümünü ele almalıyız ve 2^N tane $p(\sigma_1, \dots, \sigma_N; t)$ ihtimaliyet fonksiyonunun her birini ayrı ayrı düşünmeliyiz.

Diğer tüm spinler anlık olarak sabit iken i. spinin σ_i değerinden $-\sigma_i$ değerine birim zamanda geçiş ihtimaliyeti $w_i(\sigma_i)$ olarak ele alınırsa $p(\sigma_1, \dots, \sigma_N; t)$ ihtimaliyet fonksiyonunun zamanla değişimi Master denklemi ile verilir. Buna göre Master denklemi,

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} p(\sigma_1, \dots, \sigma_N; t) = & - \left[\sum_i w_i(\sigma_i) \right] p(\sigma_1, \dots, \sigma_i, \dots, \sigma_N; t) \\ & + \sum_i w_i(-\sigma_i) p(\sigma_1, \dots, -\sigma_i, \dots, \sigma_N; t), \end{aligned} \quad (2.8)$$

şeklinde yazılır. Burada, ilk toplam sistemin $(\sigma_1, \dots, \sigma_i, \dots, \sigma_N; t)$ konfigürasyonunda bulunduğu zamanki duruma, ikinci toplam ise sistemin $(\sigma_1, \dots, -\sigma_i, \dots, \sigma_N; t)$ konfigürasyonunda bulunduğu zamanki duruma karşılık gelir. Denklem (2.8) ile verilen Master denkleminin çözümü güçlü bir şekilde olasılık yoğunluğu ifadesi $w_i(\sigma_i)$ ' ye bağlıdır. Master denklemi mevcut sistemi tam olarak tanımlayan bir denklemdir. Burada şu noktayı da belirtmeliyiz ki olasılık yoğunluğu ele aldığımız stokastik modele uygundur.

Geçiş ihtimaliyeti $w_i(\sigma_i)$, σ_i ' nin yanısıra komşu spin değerlerine bağlı olarak değişir. Örneğin; kendisine ve en yakın komşusuna paralel her spin için bir tanımlama yapmak istersek $w_i(\sigma_i)$ ifadesini aşağıdaki formda yazabiliriz.

$$w_i(\sigma_i) = \frac{1}{2} \alpha \left\{ 1 - \frac{1}{2} \gamma \sigma_i (\sigma_{i-1} + \sigma_{i+1}) \right\}. \quad (2.9)$$

Bu ifade, üç mümkün değerde olabilir. Bunlar;

$$w_i(\sigma_i) = \frac{1}{2} \alpha (1 - \gamma), \quad \frac{1}{2} \alpha, \quad \frac{1}{2} \alpha (1 + \gamma), \quad (2.10)$$

şeklindedir. Bunlardan, $\frac{1}{2} \alpha$ değeri komşu spinlerin birbirine antiparalel olduğu zamanki $(\sigma_{i-1} = -\sigma_{i+1})$ duruma karşılık gelir. Komşu spinler σ_i ' ye göre birbirine paralel olduğu zaman geçiş ihtimaliyeti $\frac{1}{2} \alpha (1 - \gamma)$, σ_i ' ye göre birbirine antiparalel olduğu zaman geçiş ihtimaliyeti $\frac{1}{2} \alpha (1 + \gamma)$ değerlerini alır. Açıkça görülür ki, γ pozitifse paralel konfigürasyon antiparalel olandan daha uzun süre kalır ve sistem ferromanyetik olma eğilimindedir. Bunun tersine γ negatifse komşu spinler zıt olma

eğilimindedir ve antiferromanyetik durum ortaya çıkar. Şunu belirtmeliyiz ki $|\gamma|$, 1' den büyük olamaz.

α parametresi, basitçe tüm geçişler sırasındaki zaman skalasını tanımlar. Bu durum dengede Ising modelinin benzer tartışmalarıyla ilgili değildir. Bununla birlikte, γ parametresi spinlerin bir hizada sıralanma eğilimini tanımlar ve böylece ele alınan durumun denge durumunu belirler. Modeller arasındaki ilişkiyi açıklamak için lineer Ising model de Hamiltonyen ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\mathcal{H} = -J \sum_i \sigma_i \sigma_{i+1}. \quad (2.11)$$

T sıcaklığında sistem dengeye ulaştığı zaman i. spin σ_i değerinden $-\sigma_i$ değerine geçer ve bu durumda ihtimaliyet Maxwell-Boltzmann faktörü ile $\exp(-\mathcal{H}/kT)$ şeklinde orantılıdır. $p_i(-\sigma_i)$ ve $p_i(\sigma_i)$ ihtimaliyetlerinin oranları i. spinin iki durumuna karşılık gelir ve

$$\frac{p_i(-\sigma_i)}{p_i(\sigma_i)} = \frac{\exp[-(J/kT)\sigma_i(\sigma_{i-1} + \sigma_{i+1})]}{\exp[(J/kT)\sigma_i(\sigma_{i-1} + \sigma_{i+1})]}. \quad (2.12)$$

şeklinde yazılır. σ_i dışındaki spinler sabit kalırsa denklem (2.8) ve (2.9) ile tanımlanan stokastik model dengeye yaklaşır ve

$$\frac{p_i(-\sigma_i)}{p_i(\sigma_i)} = \frac{w_i(\sigma_i)}{w_i(-\sigma_i)} = \frac{1 - \frac{1}{2}\gamma\sigma_i(\sigma_{i-1} + \sigma_{i+1})}{1 + \frac{1}{2}\gamma\sigma_i(\sigma_{i-1} + \sigma_{i+1})}. \quad (2.13)$$

sonucu elde edilir. Denklem (2.12) oranı ile meydana gelen eksponansiyeller aşağıdaki formda yazılabilir.

$$\exp\left[\pm(J/kT)\sigma_i(\sigma_{i-1} + \sigma_{i+1})\right] = \cosh\left[\frac{J}{kT}(\sigma_{i-1} + \sigma_{i+1})\right] \pm \sigma_i \sinh\left[\frac{J}{kT}(\sigma_{i-1} + \sigma_{i+1})\right] \quad (2.14)$$

$$= \cosh \left[\frac{J}{kT} (\sigma_{i-1} + \sigma_{i+1}) \right] \\ \times \left\{ 1 \pm \frac{1}{2} \sigma_i (\sigma_{i-1} + \sigma_{i+1}) \tanh \frac{2J}{kT} \right\}, \quad (2.15)$$

Denklem (2.12) ve (2.13) ile verilen denge ihtimaliyet oranları Denklem (2.14) ve (2.15) ile verilen ifadelerle karşılaştırılırsa γ sabiti

$$\gamma = \tanh(2J/kT), \quad (2.16)$$

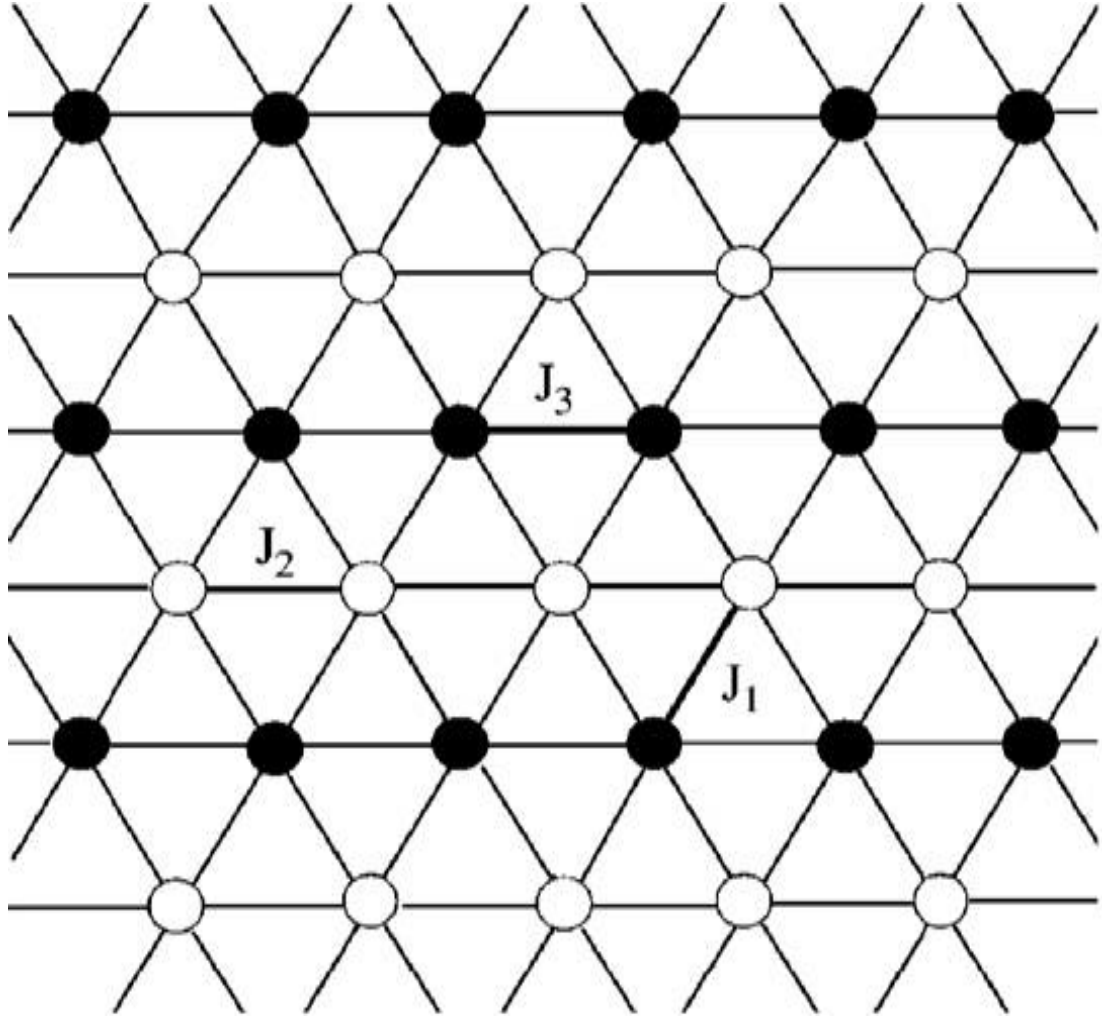
şeklinde bulunur.

Şunu belirtmeliyiz ki, Denklem (2.9) ile verilen geçiş ihtimaliyetleri için yaptığımız özel seçimler komşu spin değerlerine bağlıdır ve genelden çok basitlik için yapılmıştır.

3. KARMA SPİN-1 VE SPİN-2 ISING SİSTEMİNİN DİNAMİK DAVRANIŞI

3.1. Modelin Tanıtımı

Karma spin-1 ve spin-2 Ising modeli, A ve B gibi birbiri içine girmiş iki altörgülü bir model olarak ele alınabilir. Örgü, σ (boş daireler) ve S (dolu daireler) spinlerinin birbirini takip eden tabakalara yerleşmesiyle oluşmuştur. A ve B altörgüleri üzerine sırasıyla σ ve S spinleri yerleşmişlerdir. Örgünün birbirini takip eden her tabakasında sırasıyla $\sigma = \pm 1, 0$ ve $S = \pm 2, \pm 1, 0$ spinli parçacıklar yer almaktadır. Bu spinli parçacıklar örgü noktalarında öyle bir şekilde dağılmışlardır ki, Şekil 3.1’de görüldüğü gibi birbirini takip eden tabakalı altıgen örgüleri oluşturmuşlardır.



Şekil 3.1. Birbirini Takip Eden Tabakalı Altıgen Örgüler Üzerinde Spinlerin Yerleşim Taslağı

Birbirini takip eden tabakalı altıgen örgüler üzerinde karma spin-1 ve spin-2 Ising modeli için aşağıdaki düzen parametreleri mevcuttur. Bunlar;

a) A altörgüsü üzerinde σ spinleri için ortalama mıknatıslanma (m_σ) :

$$m_\sigma = \langle \sigma \rangle,$$

b) B altörgüsü üzerinde S spinleri için ortalama mıknatıslanma (m_S) :

$$m_S = \langle S \rangle \text{ olarak tanımlanır.}$$

Birbirini takip eden tabakalı altıgen örgüler üzerinde karma spin-1 ve spin-2 Ising modeli için Hamiltonyen ifadesi,

$$\mathcal{H} = -J_1 \sum_{\langle ij \rangle} \sigma_i S_j - J_2 \sum_{\langle ij \rangle} \sigma_i \sigma_j - J_3 \sum_{\langle ij \rangle} S_i S_j - D \left(\sum_i \sigma_i^2 + \sum_j S_j^2 \right) - H \left(\sum_i \sigma_i + \sum_j S_j \right), \quad (3.1)$$

şeklinindedir. Burada, $\langle ij \rangle$ toplamın en yakın komşu spin çiftleri üzerinden alınacağını göstermektedir. J_1 , J_2 ve J_3 sırasıyla, $\sigma-S$, $\sigma-\sigma$ ve $S-S$ için en yakın komşu spin çiftler arasındaki bilineer etkileşme parametreleridir. Şekil 3.1' den görüldüğü gibi J_1 etkileşmesi için tabakalar arasındaki en yakın komşu sayısı 4 ($z_1 = 4$), J_2 ve J_3 etkileşmeleri için her bir tabakadaki spinler arasındaki en yakın komşu sayıları 2'dir ($z_2 = z_3 = 2$). Ayrıca, altıgen örgüler arası etkileşmenin antiferromanyetik olması için J_1 parametresi tüm hesaplamalarda negatif alınmalıdır. D, kristal-alan etkileşmesi veya tek-iyon anizotropi sabiti, H ise zamanla değişen salınımlı dış manyetik alandır ve

$$H(t) = H_0 \cos(\omega t), \quad (3.2)$$

şeklinde tanımlanır. Burada H_0 ve $\omega = 2\pi f$ sırasıyla salınımlı manyetik alanın genliği ve açısal frekansıdır. Sistem T_A mutlak sıcaklıkta izotermal ısı banyosu ile temas halindedir.

3.2. Ortalama-Alan Dinamik Denklemlerinin Elde Edilmesi

Şimdi, zamana bağlı salınımlı dış manyetik alanın varlığında birbirini takip eden tabakalı altıgen örgüler üzerinde karma spin-1 ve spin-2 Ising modeli için sistemin dinamik davranışını tam olarak açıklayan dinamik diferansiyel denklem çifti elde edilecektir. Bunun için Glauber-tipi stokastik dinamik kullanılacaktır.

Sistem, Glauber-tipi stokastik dinamiğe göre birim zamanda $1/\tau$ oranında değişim gösterir. Bu nedenle spinin dönme hareketinin frekansı $f = 1/\tau$ olur. B altörgüsü üzerindeki S spinleri sabit kaldığı zaman (zamanla değişmediği an), sistemin t zamanında, $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N$ spin konfigürasyonuna sahip olduğu andaki ihtimaliyet fonksiyonu $P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N; t)$ ile tanımlanır. A altörgüsü üzerindeki σ spinleri sabit kaldığı zaman, sistemin t zamanında, S_1, S_2, \dots, S_N spin konfigürasyonuna sahip olduğu andaki ihtimaliyet fonksiyonu ise $P^S(S_1, S_2, \dots, S_N; t)$ şeklinde tanımlanır. Bu ihtimaliyet fonksiyonunun zamana bağlılığı spinler ve ısı banyosu arasındaki etkileşmeyi tanımlayan master denklemleri tarafından verilir. Glauber dinamiğinde spinlerin geçiş ihtimaliyetleri ısı banyosunun etkisinin yanısıra komşu spinlerin anlık değerlerine bağlıdır. Master denklemleri;

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N; t) = & - \sum_i \left(\sum_{\sigma_i \neq \sigma_i'} W_i^\sigma(\sigma_i \rightarrow \sigma_i') \right) P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i, \dots, \sigma_N; t) \\ & + \sum_i \left(\sum_{\sigma_i \neq \sigma_i'} W_i^\sigma(\sigma_i' \rightarrow \sigma_i) \right) P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i', \dots, \sigma_N; t) \end{aligned} \quad (3.3)$$

şeklinde verilir. Sistem T_A mutlak sıcaklığında ısı banyosu ile temas halinde olduğu için, her spin σ_i durumundan σ_i' durumuna $W_i^\sigma(\sigma_i \rightarrow \sigma_i')$ olasılığı ile değişir.

$W_i^\sigma(\sigma_i \rightarrow \sigma_i')$ i. spinin σ_i durumundan σ_i' durumuna (B altörgüsü üzerindeki spinler sabit olduğu zaman) geçiş olasılığıdır. Denge durumunda eşitliğin sol tarafı için,

$$\frac{d}{dt} P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N; t) = 0, \quad (3.4)$$

yazılır. Bu durumda (3.3) ile verilen master denklemi denge şartına göre

$$W_i^\sigma(\sigma_i \rightarrow \sigma_i') P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i, \dots, \sigma_N) = W_i^\sigma(\sigma_i' \rightarrow \sigma_i) P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i', \dots, \sigma_N), \quad (3.5)$$

şekline dönüşür ve denge durumu için geçiş olasılıkları oranı,

$$\frac{W_i^\sigma(\sigma_i \rightarrow \sigma_i')}{W_i^\sigma(\sigma_i' \rightarrow \sigma_i)} = \frac{P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i', \dots, \sigma_N)}{P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i, \dots, \sigma_N)}, \quad (3.6)$$

şeklinde bulunur. Buradan,

$$P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N) \propto \exp(-\beta \mathcal{H}), \quad (3.7)$$

ile tanımlanan genel kanonik dağılım ifadesinden faydalanılarak,

$$W_i^\sigma(\sigma_i \rightarrow \sigma_i') = \frac{1}{\tau} \frac{\exp(-\beta \Delta E^\sigma(\sigma_i \rightarrow \sigma_i'))}{\sum_{\sigma_i} \exp(-\beta \Delta E^\sigma(\sigma_i \rightarrow \sigma_i'))}, \quad (3.8)$$

şeklinde verilir. Burada $\beta = 1/k_B T_A$, k_B Boltzmann faktörü, T_A mutlak sıcaklıktır.

$\Delta E^\sigma(\sigma_i \rightarrow \sigma_i')$, herhangi bir spinin σ_i durumundan σ_i' durumuna geçişi sırasında sistemin enerjisinde meydana gelen değişmeyi gösterir ve Denklem (3.1)' den yararlanarak,

$$\Delta E^\sigma(\sigma_i \rightarrow \sigma_i') = -(\sigma_i' - \sigma_i)(J_1 \sum_j S_j + J_2 \sum_j \sigma_j + H) - [(\sigma_i'^2 - \sigma_i^2)]D, \quad (3.9)$$

olarak bulunur. Şimdi her mümkün $\sigma_i \rightarrow \sigma_i'$ geçişi için sistemin enerjisinde meydana gelen değişmeyi veren ifadeleri elde edelim.

$$\Delta E^\sigma(1 \rightarrow 0) = -(0-1)x - (0^2 - 1^2)D = x + D, \quad (3.10a)$$

$$\Delta E^\sigma(0 \rightarrow 1) = -(1-0)x - (1^2 - 0^2)D = -x - D, \quad (3.10b)$$

$$\Delta E^\sigma(-1 \rightarrow 1) = -(1-(-1))x - (1^2 - (-1)^2)D = -2x, \quad (3.10c)$$

$$\Delta E^\sigma(-1 \rightarrow 0) = -(0-(-1))x - (0^2 - (-1)^2)D = -x + D, \quad (3.10d)$$

$$\Delta E^\sigma(1 \rightarrow -1) = -((-1) - 1)x - ((-1)^2 - 1^2)D = 2x, \quad (3.10e)$$

$$\Delta E^\sigma(0 \rightarrow -1) = -((-1) - 0)x - ((-1)^2 - 0^2)D = x - D, \quad (3.10f)$$

$$\Delta E^\sigma(1 \rightarrow 1) = -(1 - 1)x - (1^2 - 1^2)D = 0, \quad (3.10g)$$

$$\Delta E^\sigma(0 \rightarrow 0) = -(0 - 0)x - (0^2 - 0^2)D = 0, \quad (3.10h)$$

$$\Delta E^\sigma((-1) \rightarrow (-1)) = -((-1) - (-1))x - ((-1)^2 - (-1)^2)D = 0. \quad (3.10i)$$

Burada, $x = J_1 \sum_j S_j + J_2 \sum_j \sigma_j + H$ olarak alınmıştır. Son üç enerji seviyesinin aynı düzeye karşılık geldiği görülmektedir ve bu geçişler sırasında sistemin enerjisinde bir değişiklik olmamaktadır. Şimdi ise bulduğumuz bu enerji değişimi ifadelerini (3.8) denkleminde yerine yazalım ve her $\sigma_i \rightarrow \sigma_i'$ geçişi için olasılık yoğunluklarını bulalım.

$$W_i^\sigma(1 \rightarrow 0) = \frac{1}{\tau} \frac{\exp(-\beta D)}{2 \cosh(\beta x) + \exp(-\beta D)}, \quad (3.11a)$$

$$W_i^\sigma(-1 \rightarrow 0) = \frac{1}{\tau} \frac{\exp(-\beta D)}{2 \cosh(\beta x) + \exp(-\beta D)}, \quad (3.11b)$$

$$W_i^\sigma(1 \rightarrow -1) = \frac{1}{\tau} \frac{\exp(-\beta x)}{2 \cosh(\beta x) + \exp(-\beta D)}, \quad (3.11c)$$

$$W_i^\sigma(0 \rightarrow -1) = \frac{1}{\tau} \frac{\exp(-\beta x)}{2 \cosh(\beta x) + \exp(-\beta D)}, \quad (3.11d)$$

$$W_i^\sigma(0 \rightarrow 1) = \frac{1}{\tau} \frac{\exp(\beta x)}{2 \cosh(\beta x) + \exp(-\beta D)}, \quad (3.11e)$$

$$W_i^\sigma(-1 \rightarrow 1) = \frac{1}{\tau} \frac{\exp(\beta x)}{2 \cosh(\beta x) + \exp(-\beta D)}, \quad (3.11f)$$

$$W_i^\sigma(0 \rightarrow 0) = 0, \quad (3.11g)$$

$$W_i^\sigma(1 \rightarrow 1) = 0, \quad (3.11h)$$

$$W_i^\sigma(-1 \rightarrow -1) = 0. \quad (3.11i)$$

Olasılık yoğunluğu ifadelerine dikkat edilirse $W_i^\sigma(\sigma_i \rightarrow \sigma_i')$ 'nin σ_i 'ye bağlı olmadığını kolayca görebiliriz ve $W_i^\sigma(\sigma_i \rightarrow \sigma_i') = W_i^\sigma(\sigma_i')$ şeklinde yazabiliriz. Bu durumda,

$$W_i^\sigma(1 \rightarrow 0) = W_i^\sigma(-1 \rightarrow 0) = W_i^\sigma(0), \quad (3.12a)$$

$$W_i^\sigma(-1 \rightarrow 1) = W_i^\sigma(0 \rightarrow 1) = W_i^\sigma(1), \quad (3.12b)$$

$$W_i^\sigma(1 \rightarrow -1) = W_i^\sigma(0 \rightarrow -1) = W_i^\sigma(-1). \quad (3.12c)$$

olduğu görülür. Buna göre denklem (3.3) ile verilen master denklemi

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_N; t) = & - \sum_i \left(\sum_{\sigma_i' \neq \sigma_i} W_i^\sigma(\sigma_i') \right) P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i, \dots, \sigma_N; t) \\ & + \sum_i W_i^\sigma(\sigma_i) \left(\sum_{\sigma_i' \neq \sigma_i} P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i', \dots, \sigma_N; t) \right), \end{aligned} \quad (3.13)$$

şekline dönüşür. Burada, (3.11) ve (3.12) bağıntılarını kullanırsak

$$\sum_{\sigma_i' \neq \sigma_i} W_i^\sigma(\sigma_i') = 1 \cdot W_i^\sigma + 0 \cdot W_i^\sigma - 1 \cdot W_i^\sigma, \quad (3.14)$$

olduğu görülür. Bu ifadenin çözümü ise

$$\sum_{\sigma_i' \neq \sigma_i} W_i^\sigma(\sigma_i') = \frac{1}{\tau}, \quad (3.15)$$

şeklinde bulunur.

Genel beklenen değer ifadesi

$$\frac{d}{dt} \langle \sigma_k \rangle = \sum_k \sigma_k \frac{dp}{dt}, \quad (3.16)$$

olduğundan dolayı, (3.13) eşitliği bu ifade için kullanılırsa,

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \langle \sigma_k \rangle = & - \sum_k \sigma_k \left(\sum_k W_k(\sigma'_k) \right) P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_k, \dots, \sigma_N; t) \\ & + \sum_k \left(\sum_k \sigma_k W_k(\sigma_k) \right) P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma'_k, \dots, \sigma_N; t), \end{aligned} \quad (3.17)$$

olarak bulunur. Buradan, bu ifadenin ikinci kısmı,

$$\sum_k \sigma_k W_k(\sigma_k) = -1W_k(-1) + 0W_k(0) + 1W_k(1), \quad (3.18)$$

olur. Denklem (3.11)' deki bağıntılar yardımıyla bu ifadenin sonucu ise

$$\sum_k \sigma_k W_k(\sigma_k) = \frac{1}{\tau} \frac{2 \sinh(\beta x)}{2 \cosh(\beta x) + \exp(-\beta D)}, \quad (3.19)$$

şeklinde elde edilir. Normalizasyon şartı

$$\sum P^\sigma(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \dots, \sigma_N; t) = 1, \quad (3.20)$$

olduğundan, (3.15), (3.19) denklemleri (3.17)' de yerine yazılırsa genel diferansiyel denklem

$$\tau \frac{d}{dt} \langle \sigma_k \rangle = - \langle \sigma_k \rangle + \left\langle \frac{2 \sinh \beta \left(J_1 \sum_j S_j + J_2 \sum_j \sigma_j + H \right)}{2 \cosh \beta \left(J_1 \sum_j S_j + J_2 \sum_j \sigma_j + H \right) + \exp(-\beta D)} \right\rangle, \quad (3.21)$$

şeklinde veya ortalama-alan yaklaşımı kullanılarak

$$\tau \frac{d}{dt} \langle \sigma \rangle = - \langle \sigma \rangle + \left\langle \frac{2 \sinh \beta (J_1 z_1 \langle S \rangle + J_2 z_2 \langle \sigma \rangle + H_0 \cos(wt))}{2 \cosh \beta (J_1 z_1 \langle S \rangle + J_2 z_2 \langle \sigma \rangle + H_0 \cos(wt)) + \exp(-\beta D)} \right\rangle, \quad (3.22)$$

olarak bulunur. Burada z_1 ve z_2 koordinasyon sayılarıdır ve sırasıyla en yakın komşu çiftleri ifade eden 4 ve 2' ye eşittir.

A altörgüsü için bulunan bu ortalama-alan dinamik diferansiyel denklem,

$$\Omega \frac{d}{d\xi} m_\sigma = -m_\sigma + \frac{2 \sinh\left(\frac{a_1}{T}\right)}{2 \cosh\left(\frac{a_1}{T}\right) + \exp\left(-\frac{d}{T}\right)}, \quad (3.23)$$

şeklinde yazılabilir. Burada $a_1 = (-z_1 m_\sigma + J_2 / |J_1| z_2 m_\sigma + h \cos(\xi))$, $T = k_B T_A / |J_1|$, $d = D / |J_1|$, $h = H_0 / |J_1|$, $m_\sigma = \langle \sigma \rangle$, $\xi = wt$ ve $\Omega = \tau w$ olarak tanımlanmıştır.

Şimdi, A altörgüsü üzerindeki σ spinlerinin bir an için sabit kaldığını ve geçişlerin B altörgüsü üzerinde bulunan S spinleri arasında meydana geldiğini varsayalım. Bundan önceki hesaplamalara benzer olarak, B altörgüsü üzerindeki S spinleri için ortalama-alan dinamik diferansiyel denklem,

$$\Omega \frac{d}{d\xi} m_s = -m_s + \frac{2 \exp\left(4 \frac{d}{T}\right) \sinh\left(2 \frac{a_2}{T}\right) + \exp\left(\frac{d}{T}\right) \sinh\left(\frac{a_2}{T}\right)}{\exp\left(4 \frac{d}{T}\right) \cosh\left(2 \frac{a_2}{T}\right) + \exp\left(\frac{d}{T}\right) \cosh\left(\frac{a_2}{T}\right) + \frac{1}{2}}, \quad (3.24)$$

şeklinde elde edilir. Burada $m_s = \langle S \rangle$ ve $a_2 = (-z_1 m_\sigma + J_3 / |J_1| z_3 m_s + h \cos(\xi))$ olarak alınmıştır. z_3 koordinasyon sayısıdır ve değeri 2' ye eşittir. T, d, h ve Ω boyutsuz parametrelerdir. Hesaplamalarımızda, altörgüler arası etkileşme parametresi $J_1 = -1.0$ ve $\Omega = 2\pi$ olarak alınacaktır. Böylece sistemin dinamik davranışını tam olarak açıklayan ortalama-alan dinamik denklem çifti elde edilmiş oldu. Bir sonraki bölümde bu denklemlerin nümerik çözümleri yapılacak ve bu çözümler detaylı bir şekilde tartışılacaktır.

3.3. Ortalama Altörgü Miknatislanmalarının Zamanla Değişimi

Bir önceki kesimde sistemin davranışını açıklayan dinamik diferansiyel denklem çifti elde edildi. Şimdi, ilk olarak, sistemde var olan fazları bulmak için denklem (3.23) ve (3.24) ile verilen ortalama-alan dinamik denklemlerinde ortalama altörgü miknatislanmalarının $(m_\sigma(\xi), m_s(\xi))$ zamana bağlı davranışları J_2, J_3, d, h ve T etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için incelenecektir. Denklem (3.23) ve

(3.24)' ün kararlı çözümleri 2π periyodu ile ξ ' nin periyodik bir fonksiyonu olacaktır. Bu durum aşağıdaki denklemlerle ifade edilebilir.

$$m_{\sigma}(\xi + 2\pi) = m_{\sigma}(\xi) \quad (3.25a)$$

ve

$$m_{\varsigma}(\xi + 2\pi) = m_{\varsigma}(\xi) . \quad (3.25b)$$

Denklem (3.23) ve (3.24)' de $m_{\sigma}(\xi)$ ve $m_{\varsigma}(\xi)$ ' nin zamanla değişimi incelendi ve aşağıdaki özelliklerin sağlanıp veya sağlanmamasına göre sistemde dört farklı tip çözüm olduğu bulundu.

$$m_{\sigma}(\xi + \pi) = -m_{\sigma}(\xi) \quad (3.26a)$$

ve

$$m_{\varsigma}(\xi + \pi) = -m_{\varsigma}(\xi) . \quad (3.26b)$$

Tip 1: Eğer elde edilen çözüm denklem (3.26a) ve (3.26b) ile verilen özelliğe sahipse simetrik çözüm olarak adlandırılır ve bu çözüm paramanyetik (p) faza karşılık gelmektedir. Bu çözümde, $m_{\sigma}(\xi)$ ve $m_{\varsigma}(\xi)$ birbirine eşittir ve sıfır değeri civarında salınarak dış manyetik alana uyum gösterirler.

Tip 2: Elde edilen çözümde, çözüm denklem (3.26a) ve (3.26b) ile verilen özelliğe sahip değilse bu simetrik olmayan çözüm olarak adlandırılır ve antiferromanyetik (af) faza karşılık gelir. Bu çözümde, $m_{\sigma}(\xi) = \pm 1$ ve $m_{\varsigma}(\xi) = \mp 1$ değerleri etrafında salınırlar ve artık dış manyetik alanı takip etmezler.

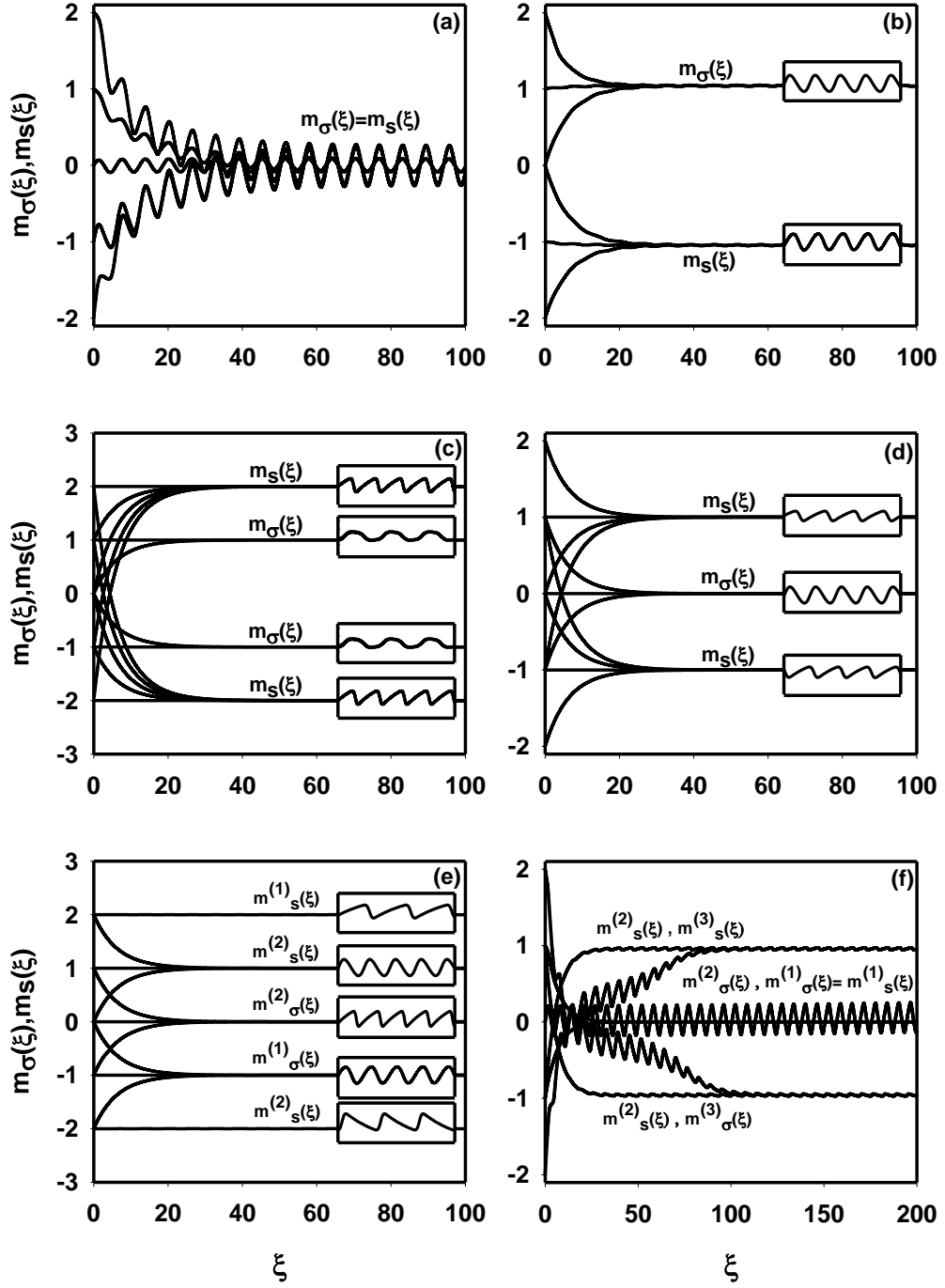
Tip 3: Elde edilen çözüm, (3.26a) ve (3.26b) denklemlerine uymaz ise bu simetrik olmayan çözüm olarak adlandırılır fakat bu çözüm ferrimanyetik (i) faza karşılık gelir. Bu durumda $m_{\sigma}(\xi) = \pm 1$ ve $m_{\varsigma}(\xi) = \mp 2$ değerleri etrafında salınırlar ve dış manyetik alanı takip etmezler.

Tip 4: Dördüncü tip çözüm denklem (3.26a)' ya uyarken denklem (3.26b)' ye uymaz ve bu manyetik olmayan (nm) faza karşılık gelir. Bu durumda $m_\sigma(\xi)$ sıfır değeri etrafında salınır ve dış manyetik alana uyum gösterirken, $m_s(\xi)$ ise sıfır olmayan bir değer etrafında salınır ve dış manyetik alana uyum göstermez.

Bu sonuçlar (3.23) ve (3.24) ile verilen ortalama-alan dinamik denklemlerinin nümerik olarak çözülmesiyle açık bir şekilde görülür. Birkaç açıklayıcı örnek Şekil 3.2' de verilmiştir.

Şekil 3.2(a)' da, $J_1 = -1.0$, $J_2 = 2.0$, $J_3 = 1.0$, $d = -0.5$, $h = 9.0$ ve $T = 10.0$ değerleri için yalnızca simetrik çözüm elde edilmiştir ve bundan dolayı sistemde sadece paramanyetik (p) faz mevcuttur. Bu durumda $m_\sigma(\xi)$ ve $m_s(\xi)$ birbirine eşittir ve sıfır değeri civarında salınırlar. Şekil 3.2(b)' de, $J_1 = -1.0$, $J_2 = 1.0$, $J_3 = 0.1$, $d = -2.5$, $h = 1.0$ ve $T = 1.0$ değerleri için yalnızca simetrik olmayan çözüm elde edilmiştir. Bu durumda $m_\sigma(\xi) = +1$ değeri etrafında salınırken, $m_s(\xi) = -1$ değeri etrafında salınır, bundan dolayı sistemde antiferromanyetik (af) faz mevcuttur. Şekil 3.2(c)' de, $J_1 = -1.0$, $J_2 = 8.0$, $J_3 = 0.1$, $d = 2.5$, $h = 2.0$ ve $T = 0.4$ değerleri için $m_\sigma(\xi) = \pm 1$ civarında salınırken, $m_s(\xi) = \mp 2$ civarında salınır, bundan dolayı sistemde ferrimanyetik (i) faz mevcuttur. Şekil 3.2(d)' de ise, $J_1 = -1.0$, $J_2 = 1.5$, $J_3 = 1.0$, $d = -9.0$, $h = 0.8$ ve $T = 0.1$ değerleri için $m_\sigma(\xi) = 0$ değeri etrafında salınırken, $m_s(\xi) = \pm 1$ değeri etrafında salınır ve burada manyetik olmayan (nm) faz elde edilmiştir. Bu elde edilen temel çözümler $m_\sigma(\xi)$ ve $m_s(\xi)$ ' nin başlangıç değerlerine bağlı değildir. Şekil 3.2(e)' de, $J_1 = -1.0$, $J_2 = 2.5$, $J_3 = 5.0$, $d = -7.0$, $h = 2.0$ ve $T = 0.2$ değerleri için iki farklı çözüm elde edilmiştir ve i ve nm temel fazları sistemde bir arada bulunmaktadır. İlk çözümde, $m_\sigma^1(\xi) = -1$ değeri etrafında salınırken, $m_s^1(\xi) = +2$ değeri etrafında salınır ve burada i fazı elde edilmiştir. İkinci çözümde ise $m_\sigma^2(\xi) = 0$ değeri etrafında salınırken, $m_s^2(\xi) = +1, -2$ değerleri etrafında salınır ve burada nm fazı bulunmuştur. Bu yüzden sistemde i+nm karma faz bölgesi bulunmaktadır. Şekil 3.2(f)' de ise $J_1 = -1.0$, $J_2 = 6.0$, $J_3 = 0.9$, $d = -9.0$,

$h = 1.2$ ve $T = 1.0$ değerleri için u farklı çözüm elde edilmiştir ve af, nm ve p temel fazları sistemde bir arada bulunmaktadır. İlk çözümde $m_{\sigma}^1(\xi)$ ve $m_s^1(\xi)$ birbirine eşit ve sıfır değeri civarında salınırlar ve burada p fazı elde edilmiştir. İkinci çözümde, $m_{\sigma}^2(\xi) = 0$ değeri etrafında salınırken, $m_s^2(\xi) = \pm 1$ değeri etrafında salınır. Bu yüzden sistemde nm fazı elde edilmiştir. Üçüncü çözümde ise $m_{\sigma}^3(\xi) = -1$ değeri etrafında salınırken, $m_s^3(\xi) = +1$ değeri etrafında salınır ve sistemde af fazı elde edilmiştir. Bu yüzden sistemde af+nm+p karma faz bölgesi bulunmaktadır. şekil 3.2(e)-(f)' de elde edilen çözümler ise $m_{\sigma}(\xi)$ ve $m_s(\xi)$ ' nin başlangıç değerlerine bağlıdır. Bu fazlara ek olarak sistemde etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için altı tane daha karma faz bölgesi elde edilmiştir. Bunlar; af+p, nm+p, af+nm, i+p, i+af ve i+af+nm karma faz bölgeleridir.



Şekil 3.2. Ortalama Altörgü Miknatıslanmalarının ($m_\sigma(\xi)$ ve $m_s(\xi)$) Zamana Bağlı Davranışları

Elde edilen temel fazlar ve karma faz bölgelerinin temel özellikleri Tablo 3.1’ de özetlenmiştir.

Tablo 3.1. Sistemdeki Temel ve Karma Fazların Temel Özellikleri

		Ortalama Altörgü Miknatslanmaları	
Temel Fazlar	p		$m_\sigma = m_s = 0$
	af		$m_\sigma = \pm 1 \quad m_s = \mp 1$
	i		$m_\sigma = \pm 1 \quad m_s = \mp 2$
	nm		$m_\sigma = 0 \quad m_s = \pm 1, \pm 2$
Karma Faz Bölgeleri	af+p	af	$m_\sigma = \pm 1 \quad m_s = \mp 1$
		p	$m_\sigma = m_s = 0$
	nm+p	nm	$m_\sigma = 0 \quad m_s = \pm 1, \pm 2$
		p	$m_\sigma = m_s = 0$
	i+p	i	$m_\sigma = \pm 1 \quad m_s = \mp 2$
		p	$m_\sigma = m_s = 0$
	af+nm	af	$m_\sigma = \pm 1 \quad m_s = \mp 1$
		nm	$m_\sigma = 0 \quad m_s = \pm 1, \pm 2$
	i+af	i	$m_\sigma = \pm 1 \quad m_s = \mp 2$
		af	$m_\sigma = \pm 1 \quad m_s = \mp 1$
	i+nm	i	$m_\sigma = \pm 1 \quad m_s = \mp 2$
		nm	$m_\sigma = 0 \quad m_s = \pm 1, \pm 2$
	i+af+nm	i	$m_\sigma = \pm 1 \quad m_s = \mp 2$
		af	$m_\sigma = \pm 1 \quad m_s = \mp 1$
		nm	$m_\sigma = 0 \quad m_s = \pm 1, \pm 2$
	af+nm+p	af	$m_\sigma = \pm 1 \quad m_s = \mp 1$
nm		$m_\sigma = 0 \quad m_s = \pm 1, \pm 2$	
p		$m_\sigma = m_s = 0$	

3.4. Dinamik Faz Geçiş Sıcaklıkları ve Dinamik Telafi Sıcaklığı

Bir önceki kesimde, sistemimizde mevcut olan temel fazlar ve bu temel fazların ikili veya üçlü kombinasyonlarından oluşan karma faz bölgeleri elde edildi. Şimdi, sistemde mevcut olan fazlar arasındaki dinamik faz sınırlarını belirleyebilmemiz için, dinamik faz geçiş (DFG) sıcaklıklarını hesaplamalı ve DFG' lerinin doğasını (kesikli veya sürekli yani birinci- veya ikinci-derece faz geçişleri) karakterize etmeliyiz. Daha sonra, elde ettiğimiz bu sonuçlardan yararlanarak dinamik faz diyagramlarını sunabiliriz. DFG sıcaklıkları bir periyot başına ortalama altörgü mıknatıslanmalarının veya bir başka deyişle dinamik altörgü mıknatıslanmalarının $(M_{\sigma}(\xi), M_S(\xi))$ davranışının sıcaklığın bir fonksiyonu olarak incelenmesiyle elde edilecektir. Ayrıca, sistemde dinamik telafi sıcaklıklarını bulabilmek için dinamik toplam mıknatıslanmanın $\left(M_t = \left(\frac{M_{\sigma}(\xi) + M_S(\xi)}{2} \right) \right)$ sıcaklığın bir fonksiyonu olarak davranışı incelenecektir.

Dinamik altörgü mıknatıslanmaları (M_{σ}, M_S) ve dinamik toplam mıknatıslanma (M_t) ;

$$M_{\sigma} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} m_{\sigma}(\xi) d\xi, \quad (3.27a)$$

$$M_S = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} m_S(\xi) d\xi, \quad (3.27b)$$

$$M_t = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left(\frac{m_S(\xi) + m_{\sigma}(\xi)}{2} \right) d\xi, \quad (3.27c)$$

şeklinde tanımlanır. M_{σ}, M_S ve M_t ' nin davranışları etkileşme parametrelerinin birkaç farklı değeri için sıcaklığın bir fonksiyonu olarak Adams-Moulton kestirme ve düzeltme ile Romberg integrasyon yöntemi gibi nümerik metotların birleştirilmesiyle incelendi. M_t ' nin sıcaklığa bağlı davranışı incelendiğinde, M_t öyle bir sıcaklıkta

sıfır olur ki bu sıcaklığa telafi sıcaklığı (T_{comp}) denilmektedir. Dinamik toplam mıknatıslanma (M_t) telafi sıcaklığında (T_{comp}) kaybolur. Telafi noktası altörgü mıknatıslanmalarının mutlak değerleri arasındaki geçiş noktalarına bakılarak belirlenebilir. Bu yüzden telafi noktasında aşağıdaki eşitlikler sağlanmalıdır.

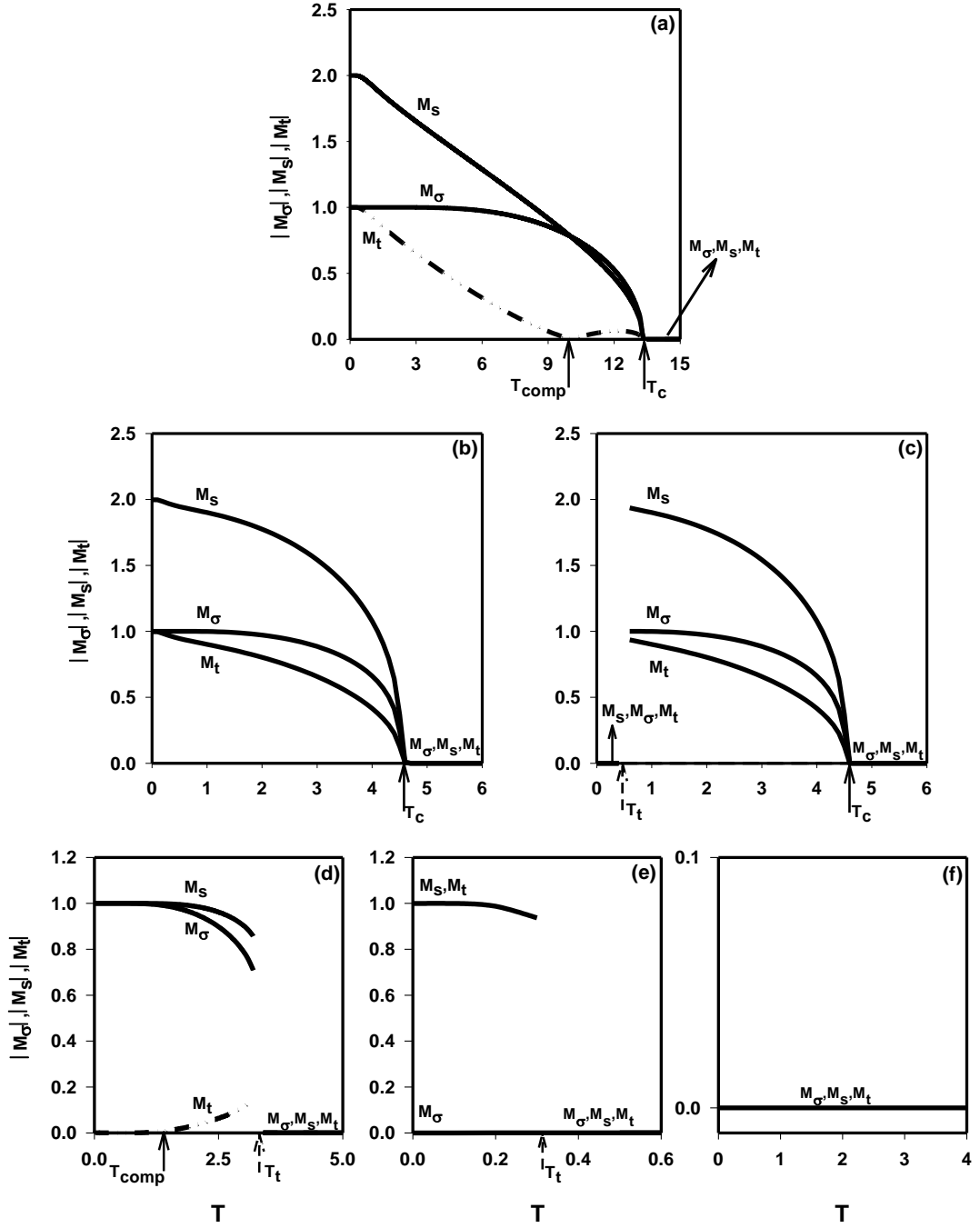
$$|M_{\sigma}(T_{\text{comp}})| = |M_s(T_{\text{comp}})| \quad (3.28)$$

ve

$$\text{sgn}[M_{\sigma}(T_{\text{comp}})] = -\text{sgn}[M_s(T_{\text{comp}})]. \quad (3.29)$$

Ayrıca $T_{\text{comp}} < T_c$ olması gerekmektedir ki, burada T_c kritik nokta sıcaklığıdır. Bu koşullar, M_{σ} ve M_s 'nin telafi sıcaklığında (T_{comp}) birbirini yok ettiğini ispatlamaktadır. Fazlar arasındaki dinamik faz sınırlarının bulunabilmesi için, DFG sıcaklıklarının nasıl elde edildiği ve aynı zamanda dinamik telafi sıcaklığının nasıl bulunduğu farklı etkileşme parametre değerleri için Şekil 3.3' de gösterilmiştir. Bu şekillerde T_t ve T_c kritik ya da sırasıyla birinci- ve ikinci-derece faz geçiş sıcaklıklarını göstermektedir. T_{comp} ise dinamik telafi sıcaklığını göstermektedir. Şekil 3.3(a), $J_2 = 8.0$, $J_3 = 0.1$, $d = 2.5$ ve $h = 4.0$ değerleri için $|M_{\sigma}|$, $|M_s|$ ve $|M_t|$ 'nin davranışlarını sıcaklığın bir fonksiyonu olarak göstermektedir. Bu şekilde, mutlak sıfır sıcaklıkta $|M_{\sigma}| = 1.0$ ve $|M_s| = 2.0$ ' dir ve sıcaklık artarken $|M_{\sigma}|$ ve $|M_s|$ sürekli olarak azalarak, $T_c = 13.4$ değerinde sıfır olmaktadırlar. Böylece sistemde i fazından p fazına, $T_c = 13.4$ değerinde ikinci-derece bir faz geçişi meydana gelmektedir. Buna ilaveten, dinamik toplam mıknatıslanmanın ($|M_t|$) sıcaklığın bir fonksiyonu olarak davranışı incelendiğinde, sistemde dinamik telafi davranışı meydana gelmektedir ki bu Néel [64] sınıflandırmasından sonra yapılan ve N-tipi telafi davranış [82] olarak bilinen davranıştır. Şekil 3.3(b) ve 3.3(c)' de, $J_2 = 2.0$, $J_3 = 1.0$, $d = -0.5$ ve $h = 6.2$ değerleri için $|M_{\sigma}|$, $|M_s|$ ve $|M_t|$ 'nin sıcaklıkla değişimi iki farklı başlangıç değeri için incelenmiştir. Başlangıç değerleri

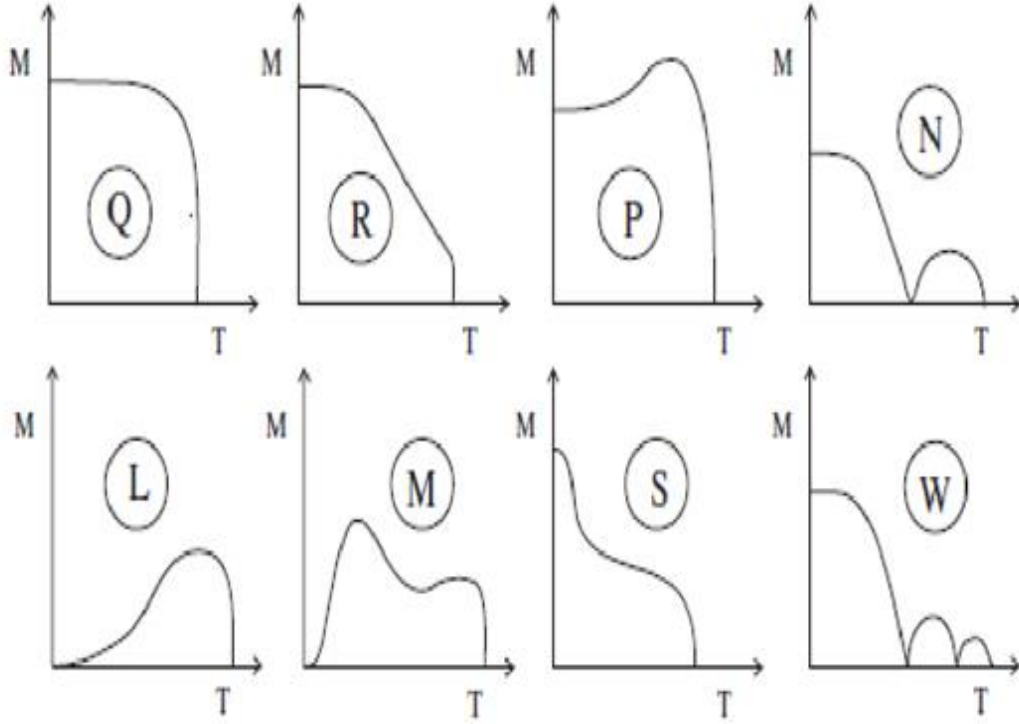
Şekil 3.3(b) için, $|M_\sigma|=1.0$, $|M_S|=2.0$ ve Şekil 3.3(c) için $|M_\sigma|=0.0$, $|M_S|=0.0$ olarak alınmıştır. Şekil 3.3(b)' nin davranışı Şekil 3.3(a)' ya benzemektedir ve yine sistemde i fazından p fazına $T_c = 4.6$ değerinde ikinci-derece bir faz geçişi meydana gelmektedir. Şekil 3.3(c)' de ise sistemde birbiri ardına iki faz geçişi meydana gelmektedir. Bunlardan ilki, birinci-derece faz geçişidir, çünkü $T_t = 0.43$ ' de $|M_\sigma|$ ve $|M_S|$ için bir süreksizlik meydana gelir. Bunun sonucunda sistem p fazından i fazına geçer. İkincisi ise ikinci-derece bir faz geçişidir ve bu geçiş $T_c = 4.6$ değerinde i fazından p fazına olur. Böylece $T_t = 0.43$ noktasına kadar sistemde i+p karma faz bölgesinin bulunduğu görülmektedir. Bu durumda şunu da belirtmeliyiz ki, bu etkileşme parametre değerleri için sistemde dinamik telafi sıcaklığı görülmemektedir. Şekil 3.3(d), 3.3(e) ve 3.3(f), $J_2 = 6.0$, $J_3 = 0.9$, $d = -9.0$ ve $h = 1.5$ değerleri için $|M_\sigma|$, $|M_S|$ ve $|M_t|$ ' nin sıcaklığa bağlı davranışını üç farklı başlangıç değeri için göstermektedir. Şekil 3.3(d)' de, mutlak sıfır sıcaklıkta $|M_\sigma|=1.0$ ve $|M_S|=1.0$ ' dir ve sıcaklık artarken, $|M_\sigma|$ ve $|M_S|$ azalır ve $T_t = 3.3$ değerinde süreksiz olarak sıfır değerine atlarlar. Meydana gelen faz geçişi af fazından p fazına birinci-derece bir faz geçişidir. Buna ilaveten, $|M_t|$ ' nin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak davranışı incelendiğinde, sistemde dinamik telafi davranışı meydana gelmektedir ki bu Néel [64] sınıflandırmasından sonra yapılan ve L-tipi telafi davranış [82] olarak bilinen davranıştır. Şekil 3.3(e)' de mutlak sıfır sıcaklıkta $|M_\sigma|=0.0$ ve $|M_S|=1.0$ değerinde olup sıcaklık artarken $|M_S|$ azalarak $T_t = 0.34$ değerinde süreksiz olarak sıfıra gider. $|M_\sigma|$ ise daima sıfıra eşittir. Bu durumda sistemde nm fazından p fazına birinci-derece bir faz geçişi meydana gelmektedir. Şekil 3.3(f)' de ise, $|M_\sigma|$, $|M_S|$ ve $|M_t|$ daima sıfıra eşittir ve bu durumda sistemde herhangi bir faz geçişi gözlenmemektedir. Bu şekil p fazına karşılık gelmektedir. Şekil 3.3(d), 3.3(e) ve 3.3(f)' den, $T_t = 0.34$ noktasına kadar sistemde af+nm+p karma faz bölgesi, $T_t = 0.34$ ile $T_t = 3.3$ noktası arasında af+p karma faz bölgesi ve $T_t = 3.3$ ' den sonra ise p fazının sistemde olduğu görülmektedir.



Şekil 3.3. Dinamik Altörgü Mıknatıslanmaları ($|M_\sigma|, |M_S|$) ve Dinamik Toplam Mıknatıslanmanın ($|M_t|$) Sıcaklığın Bir Fonksiyonu Olarak Davranışları

Bu noktada şundan da bahsetmeliyiz ki; birbirini takip eden tabakalı altıgen örgüler üzerinde karma spin-1 ve spin-2 Ising modelinde dinamik telafi etkisi incelendiğinde sistemin N- ve L- tipi dinamik telafi davranışları sergilediği bulundu. N- ve L- tipi

davranışları ile birlikte bu sistemde gözlenmeyen fakat literatürde mevcut olan altı farklı dinamik telafi davranış yani Q-, R-, P-, S-, M- ve W- tipi telafi davranışlarının oluşumunun şematik gösterimi Şekil 3.4' de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Telafi Sıcaklığının Farklı Tiplerinin Şematik Gösterimi [84]

3.5. Dinamik Faz Diyagramları

Bir önceki kesimde, sistemde var olan fazlar arasındaki dinamik faz geçiş (DFG) sıcaklıklarını ve dinamik telafi sıcaklıklarını tespit ettikten sonra burada sistemin dinamik faz diyagramları sunulacaktır. Dinamik telafi sıcaklığının varlığında ve yokluğunda dokuz farklı düzlemde dinamik faz diyagramları elde edilmiştir. Elde edilen bu faz diyagramları Şekil 3.5-Şekil 3.28 arasında sunulmuştur. Bu dinamik faz diyagramlarında, kesikli ve sürekli çizgiler sırasıyla birinci- ve ikinci-derece faz geçiş çizgilerini göstermektedir. Çizgi-çift nokta-çizgi şeklinde belirtilen çizgiler ise dinamik telafi sıcaklığını göstermektedir. Bu dinamik faz diyagramlarında, birinci- ve ikinci-derece faz çizgilerinin birleştiği noktada dinamik üçlü kritik nokta meydana gelir ki bu noktayı içi dolu daireler (●) temsil etmektedir. Ayrıca, TP dinamik üçlü noktayı, QP dinamik dördümlü noktayı, B ise dinamik çift kritik son noktayı

göstermektedir. Sistemimizde, nokta-nokta şeklinde belirtilen çizgiler dinamik çoklu kritik noktayı temsil etmektedir.

3.5.1. Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Dinamik Faz Diyagramları

3.5.1.1. (T, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, dinamik telafi sıcaklığının varlığında etkileşme parametreleri J_2 , J_3 ve d ' nin farklı değerleri için sıcaklık (T)-manyetik alan (h) düzleminde dinamik faz diyagramları sunulacaktır.

Sistemde, (T, h) düzleminde dokuz farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir. Bu faz diyagramları, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6' da gösterilmiştir. Şekil 3.5' de tek dinamik üçlü kritik noktaya sahip (●) dinamik faz diyagramları sunulmuştur. Şimdi, bu faz diyagramlarının temel özelliklerini inceleyelim.

$J_2 = 8.0$, $J_3 = 0.1$ ve $d = 2.5$ için elde edilen dinamik faz diyagramı Şekil 3.5(a)' da gösterilmiştir. Bu faz diyagramında, h ve T' nin yüksek değerlerinde, p fazı mevcuttur. h ve T' nin düşük değerlerinde ise sistemde i fazı vardır. Bu iki bölge birbirinden ikinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır. T' nin düşük ve h' nin belirli değerlerinde i ve p temel fazının birlikte bulunduğu i+p karma faz bölgesi bulunmaktadır. i+p karma faz bölgesi, i ve p temel fazlarından birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmıştır. Bu iki birinci-derece faz geçiş çizgisi birbirine yaklaşıyor birleşmektedir ve birleşen iki birinci-derece faz geçiş çizgisi de son bularak, ikinci-derece faz geçiş çizgisi meydana gelmektedir. Dolayısıyla sistem dinamik üçlü kritik nokta sergilemektedir.

Şekil 3.5(b), $J_2 = 10.0$, $J_3 = 0.1$ ve $d = -2.5$ değerleri için elde edilmiştir. Bu faz diyagramı, Şekil 3.5(a)' da elde edilen faz diyagramına benzemektedir, fakat Şekil 3.5(a)' dan farklı olarak sistemde i temel fazının yerine af temel fazı ve i+p karma faz bölgesi yerine de af+p karma faz bölgesi meydana gelmektedir.

Şekil 3.5(c), $J_2 = 2.0$, $J_3 = 1.0$ ve $d = -4.0$ değerleri için elde edilmiştir. Bu faz diyagramı Şekil 3.5(b)' ye benzemektedir, fakat Şekil 3.5(b)' den farklı olarak T' nin düşük ve h' nin belirli değerlerinde ikinci bir af+p karma faz bölgesi daha sistemde

meydana gelmektedir. Yeni oluşan bu af+p karma faz bölgesi ile af temel fazı birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.

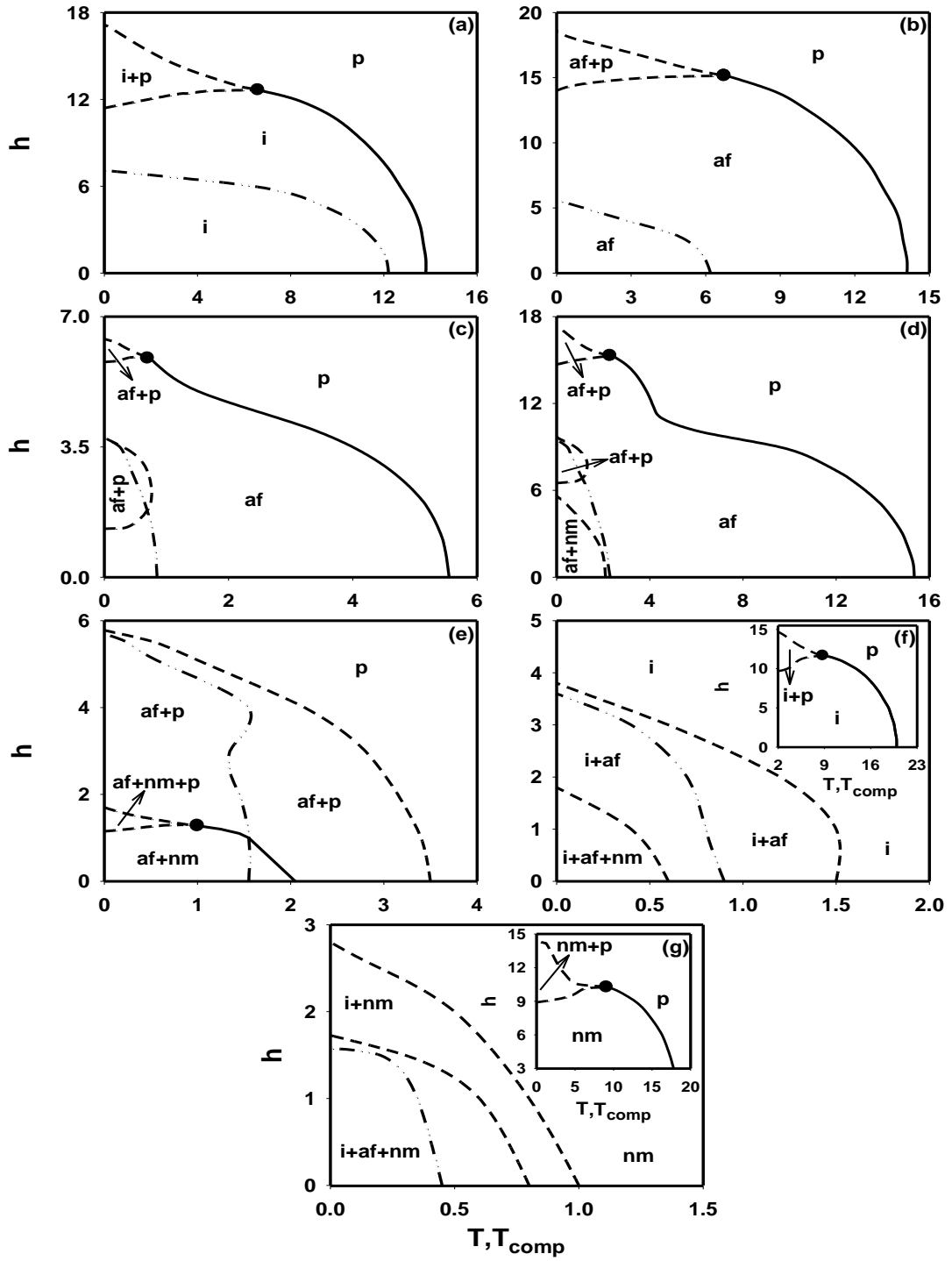
Şekil 3.5(d), $J_2 = 8.0$, $J_3 = 5.0$ ve $d = -10.0$ değerleri için elde edilmiştir. Bu faz diyagramı Şekil 3.5(c)'ye benzemektedir, fakat Şekil 3.5(c)'den farklı olarak T' nin ve h' nin düşük değerlerinde af+nm karma faz bölgesi meydana gelmektedir. af+nm karma faz bölgesi af temel fazından birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.

Şekil 3.5(e), $J_2 = 6.0$, $J_3 = 0.9$ ve $d = -9.0$ değerleri için elde edilmiştir. Bu durumda sistemde p temel fazının yanısıra af+p, af+nm ve af+nm+p karma faz bölgeleri bulunmaktadır. Bu fazlar genellikle birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisi ile ayrılmaktadır. Sadece af+nm karma faz bölgesi ile af+p karma faz bölgesi birbirinden ikinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.

Şekil 3.5(f), $J_2 = 4.0$, $J_3 = 5.0$ ve $d = -6.0$ değerleri için elde edilmiştir. Bu durumda sistemde i ve p temel fazlarının yanısıra i+p, i+af ve i+af+nm karma faz bölgeleri bulunmaktadır. Temel fazlar birbirinden ikinci-derece faz geçiş çizgisiyle, karma faz bölgeleri ve karma faz bölgeleri ile temel fazlar ise birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisi ile ayrılmaktadır.

$J_2 = 2.5$, $J_3 = 5.0$ ve $d = -7.0$ için elde edilen dinamik faz diyagramı Şekil 3.5(g)'de gösterilmiştir. Bu faz diyagramı Şekil 3.5(f) ile benzerlik göstermektedir. Sadece i temel fazı yerine nm temel fazı, i+af karma faz bölgesi yerine de i+nm karma faz bölgesi meydana gelmektedir.

Bu faz diyagramlarından, Şekil 3.5(a) ve Şekil 3.5(b)'de elde edilen dinamik faz diyagramları farklı spinli sistemlerde gözlenmiştir [85-87]. Şekil 3.5(c)-(g)'deki dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



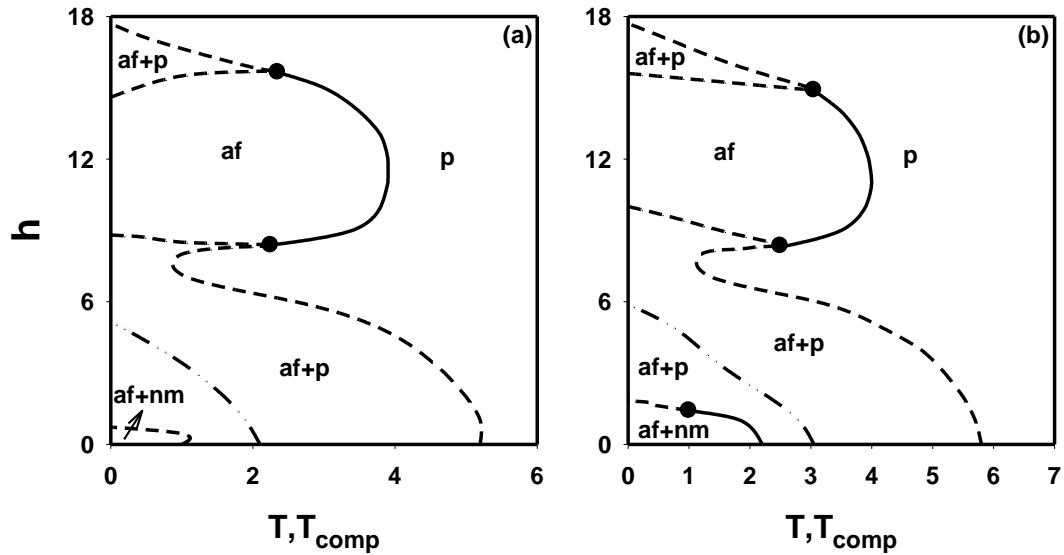
Şekil 3.5. Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (T, h) Düzleminde Tek Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçeren Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 8.0, J_3 = 0.1$ ve $d = 2.5$, b) $J_2 = 10.0, J_3 = 0.1$ ve $d = -2.5$, c) $J_2 = 2.0, J_3 = 1.0$ ve $d = -4.0$, d) $J_2 = 8.0, J_3 = 5.0$ ve $d = -10.0$, e) $J_2 = 6.0, J_3 = 0.9$ ve $d = -9.0$, f) $J_2 = 4.0, J_3 = 5.0$ ve $d = -6.0$, g) $J_2 = 2.5, J_3 = 5.0$ ve $d = -7.0$

Şekil 3.6' da ise sistemde birden fazla dinamik üçlü kritik nokta içeren dinamik faz diyagramları gösterilmiştir.

Şekil 3.6(a), $J_2 = 8.5$, $J_3 = 0.5$ ve $d = -10.0$ değerleri için elde edilmiştir. Bu faz diyagramı birinci- ve ikinci-derece faz geçiş çizgilerini birleştiren iki dinamik üçlü kritik nokta sergilemektedir. Bu faz diyagramında af ve p temel fazlarının yanısıra af+p ve af+nm karma faz bölgeleri görülmektedir. Temel fazlar birbirinden ikinci-derece, karma faz bölgeleri ve karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisi ile ayrılmaktadır.

Şekil 3.6(b), $J_2 = 8.5$, $J_3 = 1.0$ ve $d = -10.0$ değerleri için elde edilmiştir. Bu faz diyagramı Şekil 3.6(a)' ya benzemektedir, fakat Şekil 3.6(a)' dan farklı olarak üç adet dinamik üçlü kritik nokta sergilemektedir. Faz diyagramında af+nm karma faz bölgesi, af+p karma faz bölgesinden daha düşük sıcaklıklarda birinci-, daha yüksek sıcaklıklarda ikinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.

Şekil 3.6(a)-(b)' deki dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.6. Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (T, h) Düzleminde Birden Fazla Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçeren Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 8.5$, $J_3 = 0.5$ ve $d = -10.0$, b) $J_2 = 8.5$, $J_3 = 1.0$ ve $d = -10.0$

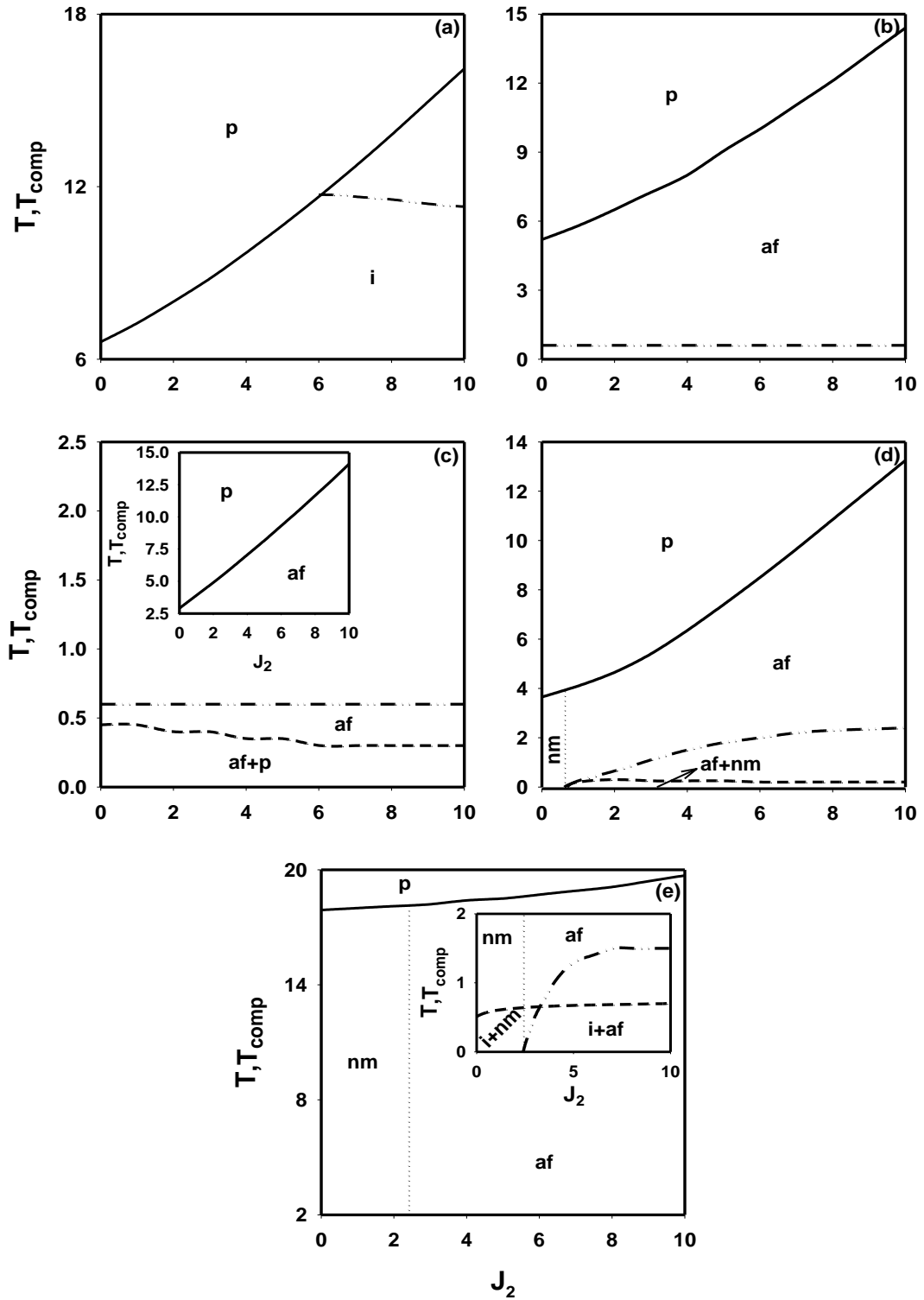
3.5.1.2. (J_2 , T) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, (J_2 , T) düzleminde J_3 , d ve h etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telafi etkisinin varlığında elde edilen dinamik faz diyagramları sunulacaktır.

Sistemde, (J_2 , T) düzleminde yedi farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir ve bu faz diyagramları Şekil 3.7 ve Şekil 3.8' de gösterilmiştir. Şekil 3.7' de dinamik üçlü kritik nokta içermeyen dinamik faz diyagramları sunulmuştur. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçların olduğu gözlenmiştir.

- a) Dinamik faz diyagramlarında, p, af, i ve nm temel fazlarının yanısıra af+p, af+nm, i+af ve i+nm karma faz bölgeleri mevcuttur.
- b) Sistemde temel fazlar birbirinden genellikle ikinci-derece faz geçiş çizgisi ile ve karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden genellikle birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.
- c) Şekil 3.7(d) ve Şekil 3.7(e)' de dinamik çoklu kritik nokta görülmektedir. Dinamik çoklu kritik nokta, bir fazdan başka bir fazı ayıran fakat tam olarak faz geçişinin gözlenemediği bir noktadır ve ayırma noktasına karşılık gelir. Bu sistemde, dinamik çoklu kritik nokta Şekil 3.7(d)' de nm temel fazını af temel fazından, Şekil 3.7(e)' de ise nm temel fazını af temel fazından ve i+nm karma faz bölgesini i+af karma faz bölgesinden ayırmaktadır. Bu nokta farklı spinli sistemlerde gözlenmiştir [18, 19, 84-87, 102, 103].

Bu faz diyagramlarından, Şekil 3.7(a)-(c)' deki dinamik faz diyagramları farklı etkileşme parametreleri için farklı spinli pek çok sistemde gözlenmiştir [14, 16, 18, 20, 85-88]. Şekil 3.7(d)-(e)' deki dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.

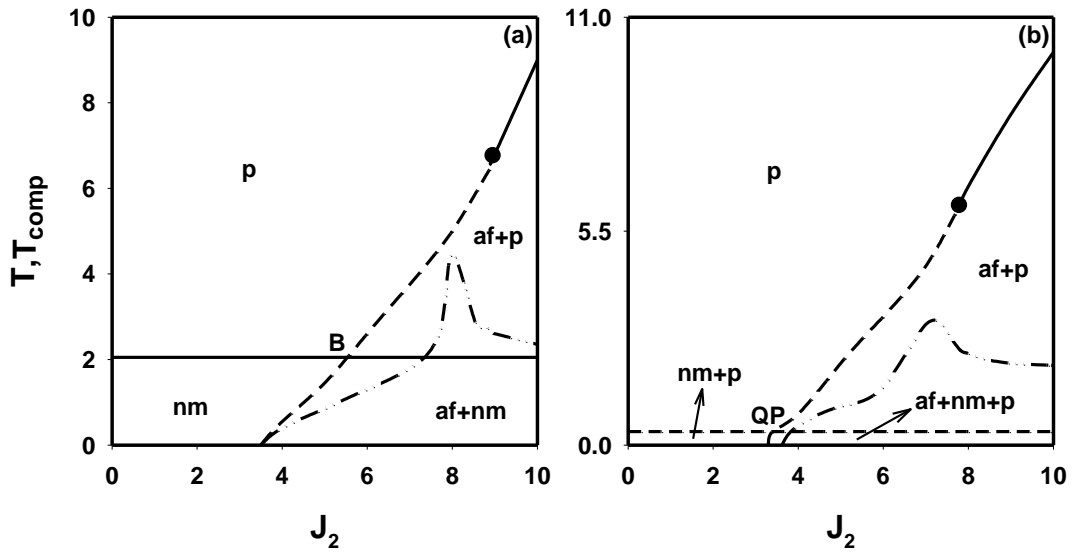


Şekil 3.7. Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (J_2, T) Düzleminde Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçermeyen Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_3 = 0.1$, $d = 2.5$ ve $h = 0.5$, b) $J_3 = 1.0$, $d = -3.0$ ve $h = 1.0$, c) $J_3 = 0.1$, $d = -2.5$ ve $h = 1.5$, d) $J_3 = 1.0$, $d = -5.0$ ve $h = 0.1$, e) $J_3 = 5.0$, $d = -7.0$ ve $h = 1.5$

Şekil 3.8' de ise (J_2 , T) düzleminde tek dinamik üçlü kritik nokta içeren dinamik faz diyagramları sunulmuştur. Bu faz diyagramları incelendiğinde, aşağıdaki temel sonuçların olduğu gözlenmiştir.

- Sistemde, p ve nm temel fazlarının yanısıra $af+p$, $nm+p$, $af+nm$ ve $af+nm+p$ karma faz bölgeleri bulunmaktadır.
- Sistemde temel fazlar birbirinden ikinci-derece faz geçiş çizgisi ile, karma faz bölgeleri ve karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden genellikle birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.
- Şekil 3.8(a)'daki faz diyagramı bir dinamik çift kritik son nokta (B) içerir. Bu nokta iki farklı kritik fazın bir arada bulunmasından kaynaklanmaktadır.
- Şekil 3.8(b)'deki dinamik faz diyagramı tek dinamik dörtlü nokta (QP) içerir. QP noktası dört fazın ya da kararlı çözümün bir arada bulunduğu noktadır.

Şekil 3.8(a)-(b)'deki dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.8. Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (J_2 , T) Düzleminde Tek Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçeren Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_3 = 1.0$, $d = -10.0$ ve $h = 0.5$, b) $J_3 = 0.9$, $d = -9.0$ ve $h = 1.5$

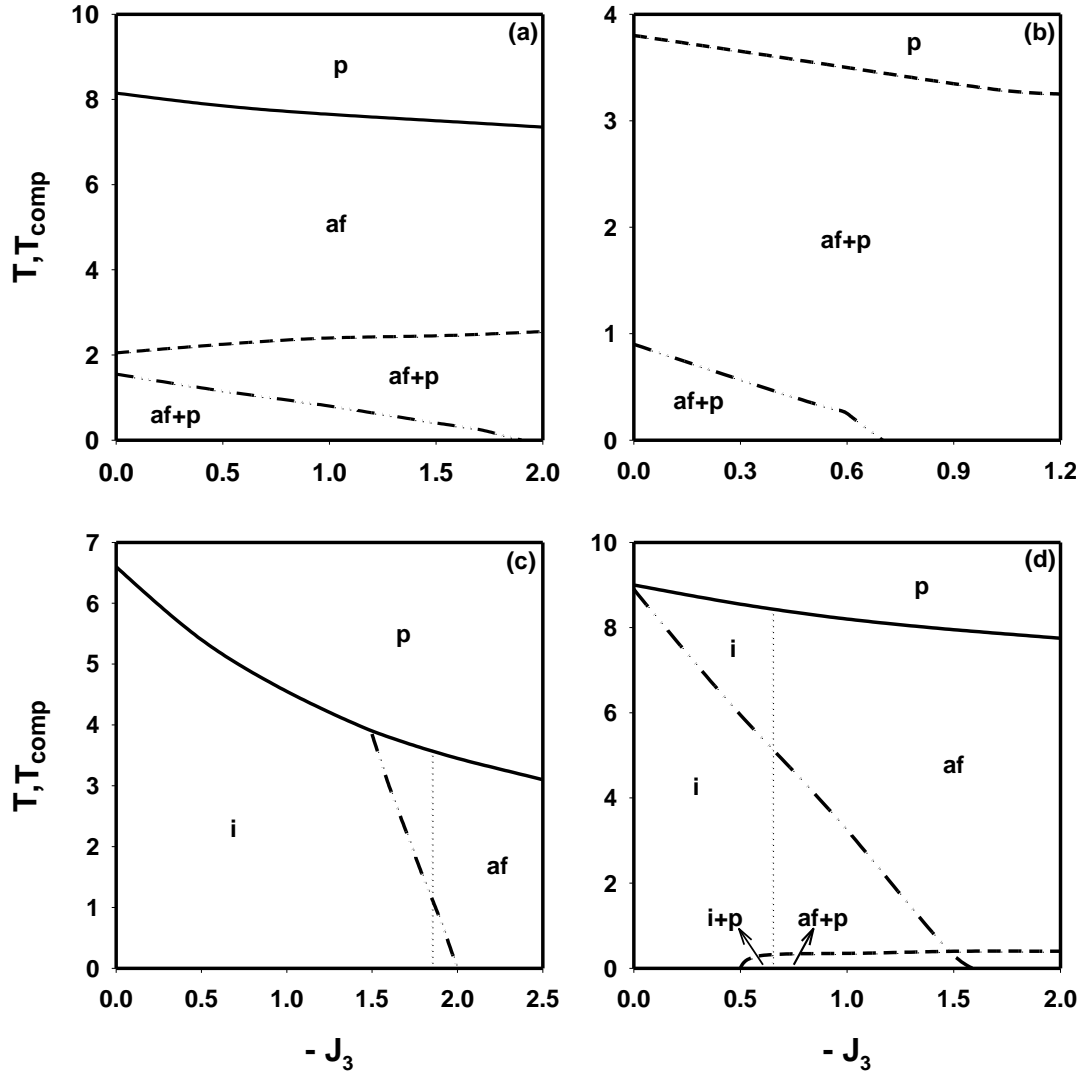
3.5.1.3. (-J₃, T) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, (-J₃, T) düzleminde J₂, d ve h etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telafi etkisinin varlığında elde edilen dinamik faz diyagramları sunulmuştur.

Sistemde, (-J₃, T) düzleminde dört farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir. Bu faz diyagramları Şekil 3.9' da gösterilmiştir. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- a) Bu düzlemde dinamik üçlü kritik nokta gözlenmemektedir.
- b) Sistemde, p, af ve i temel fazlarının yanısıra af+p ve i+p karma faz bölgeleri mevcuttur.
- c) Sistemde temel fazlar birbirinden genellikle ikinci-derece faz geçiş çizgisi ile, karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden genellikle birinci-derece faz geçiş çizgisi ile ayrılmaktadır.
- d) Şekil 3.9(c) ve Şekil 3.9(d)' de dinamik çoklu kritik nokta görülmektedir. Şekil 3.9(c)' deki dinamik çoklu kritik nokta i temel fazını af temel fazından, Şekil 3.9(d)' de ise i temel fazını af temel fazından ve i+p karma faz bölgesini af+p karma faz bölgesinden ayırmaktadır.

Bu faz diyagramlarından Şekil 3.9(a)' daki dinamik faz diyagramı farklı etkileşme parametreleri için farklı spinli pek çok sistemde gözlenmiştir [18, 20, 88]. Şekil 3.9(b)-(d)' deki dinamik faz diyagramları ise ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.9. Dinamik Telif Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde $(-J_3, T)$ Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 7.0$, $d = -6.0$ ve $h = 0.1$, b) $J_2 = 8.0$, $d = -10.0$ ve $h = 2.5$, c) $J_2 = 0.5$, $d = 2.5$ ve $h = 0.5$, d) $J_2 = 5.0$, $d = -1.0$ ve $h = 0.5$

3.5.1.4. (d, T) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

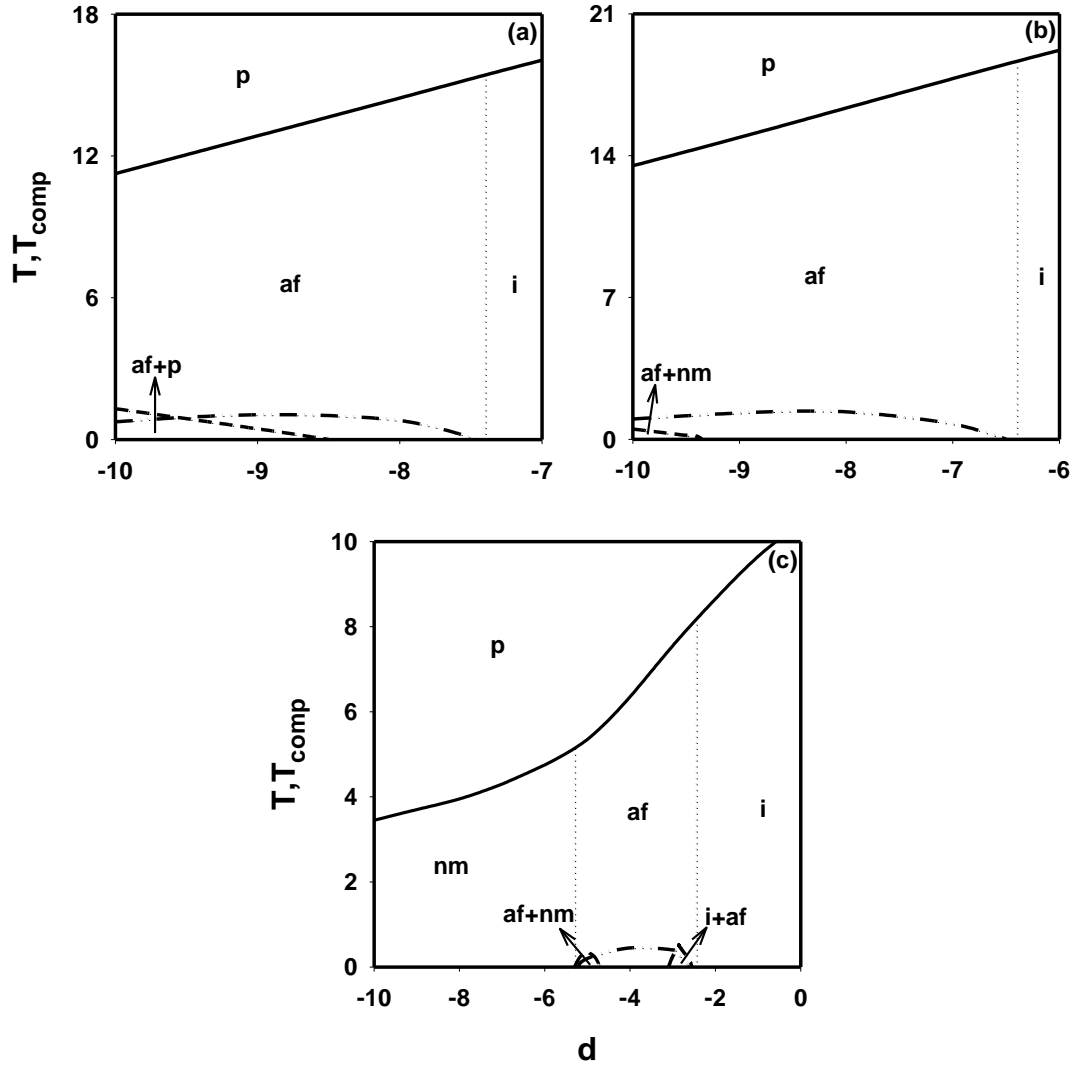
Bu kesimde, (d, T) düzleminde J_2 , J_3 ve h etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telif etkisinin varlığında elde edilen dinamik faz diyagramları sunulmuştur.

Sistemde, (d, T) düzleminde sekiz farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir. Bu faz diyagramları Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’ de gösterilmiştir. Şekil 3.10’ da

dinamik üçlü kritik nokta içermeyen dinamik faz diyagramları sunulmuştur. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- a) Sistemde, p , af , i ve nm temel fazlarının yanısıra $af+p$, $af+nm$ ve $i+af$ karma faz bölgeleri mevcuttur.
- b) Sistemde temel fazlar birbirinden genellikle ikinci-derece faz geçiş çizgisi ile, karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisi ile ayrılmaktadır.
- c) Şekil 3.10' daki dinamik faz diyagramları dinamik çoklu kritik nokta sergilemektedir. Dinamik çoklu kritik nokta i temel fazını af temel fazından ve nm temel fazını af temel fazından ayırmaktadır.

Şekil 3.10(a)-(c)' deki dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



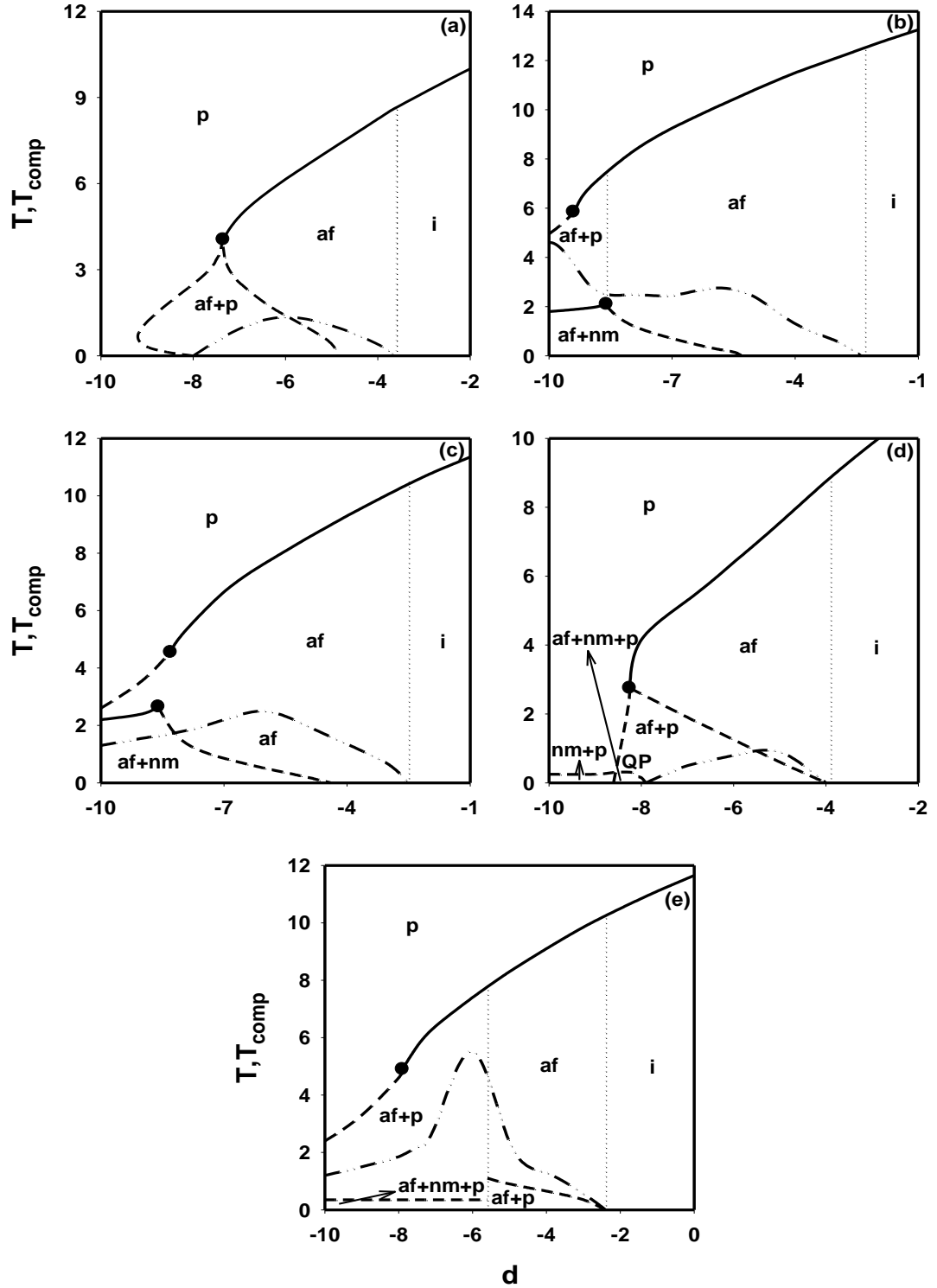
Şekil 3.10. Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, T) Düzleminde Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçermeyen Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 8.0, J_3 = 5.0$ ve $h = 8.0$, b) $J_2 = 7.0, J_3 = 5.0$ ve $h = 5.0$, c) $J_2 = 1.0, J_3 = 1.5$ ve $h = 0.5$

Şekil 3.11' de ise (d, T) düzleminde birden fazla dinamik üçlü kritik nokta içeren dinamik faz diyagramları verilmiştir. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- a) Sistemde, p, af ve i temel fazlarının yanısıra af+p, nm+p, af+nm ve af+nm+p karma faz bölgeleri mevcuttur.

- b) Sistemde temel fazlar birbirinden genellikle ikinci-derece faz geçiş çizgisi ile, karma faz bölgeleri birbirinden ve karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden genellikle birinci-derece faz geçiş çizgisi ile ayrılmaktadır.
- c) Şekil 3.11(a), Şekil 3.11(d) ve Şekil 3.11(e)' deki faz diyagramları tek, Şekil 3.11(c) ve Şekil 3.11(b)' deki faz diyagramları ise iki tane dinamik üçlü kritik noktaya sahiptir.
- d) Şekil 3.11(d)' deki dinamik faz diyagramı tek dinamik QP noktası içerir.
- e) Şekil 3.11' deki dinamik faz diyagramlarının hepsi dinamik çoklu kritik nokta sergilemektedir. Dinamik çoklu kritik nokta i temel fazını af temel fazından, af+p karma faz bölgesini af temel fazından ve af+nm+p karma faz bölgesini af+p karma faz bölgesinden ayırmaktadır.
- f) Şekil 3.11(a)' deki faz diyagramında reentrant davranış gözlenmektedir, yani, sistem sıcaklık artarken önce p fazından düzenli faza ve daha sonra düzenli fazdan yeniden p fazına geri dönmektedir.

Şekil 3.11(a)-(e)' deki dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.11. Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, T) Düzleminde Bir ve Daha Fazla Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçeren Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 5.0$, $J_3 = 1.5$ ve $h = 4.0$, b) $J_2 = 8.0$, $J_3 = 1.0$ ve $h = 1.0$, c) $J_2 = 6.0$, $J_3 = 1.0$ ve $h = 0.1$, d) $J_2 = 4.0$, $J_3 = 2.0$ ve $h = 3.7$, e) $J_2 = 6.0$, $J_3 = 0.9$ ve $h = 1.5$

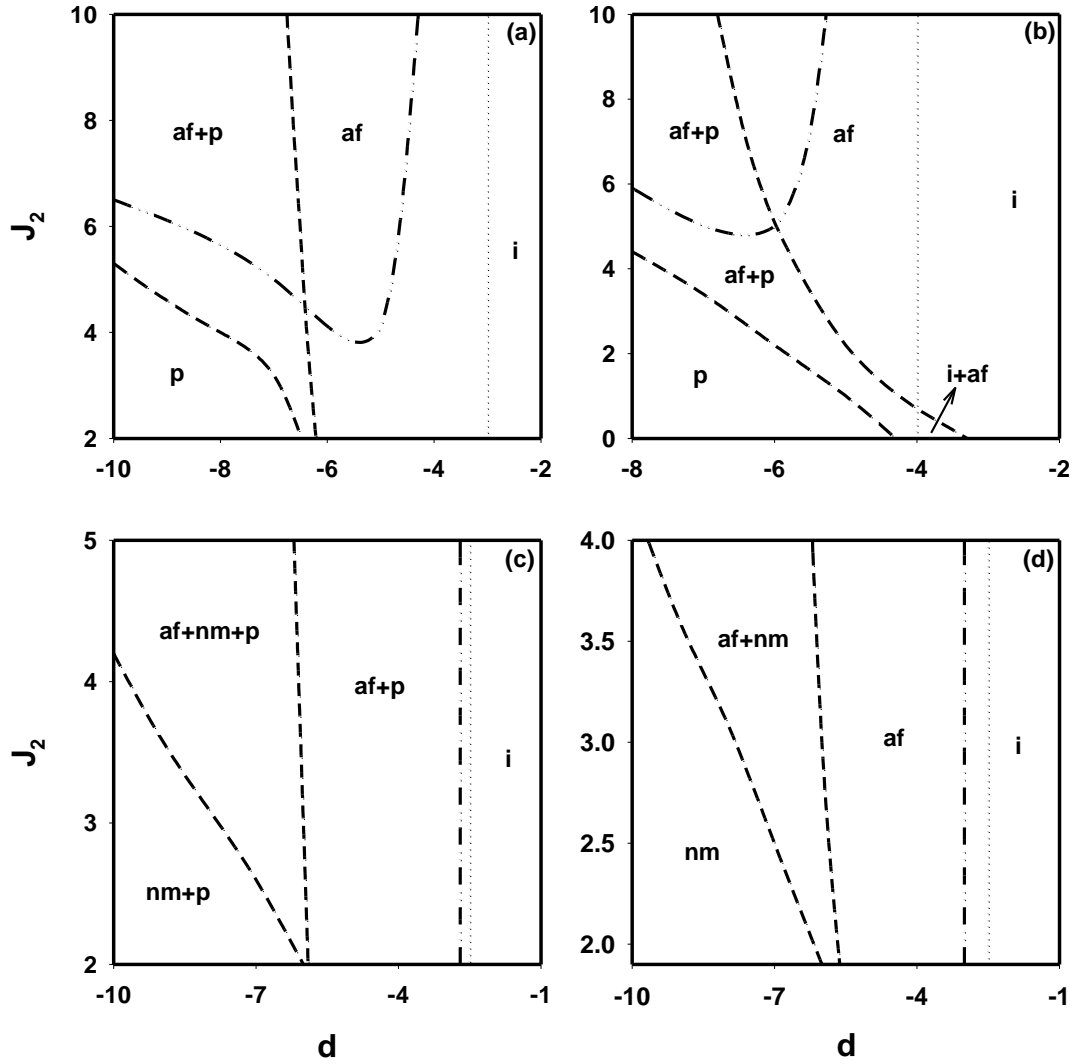
3.5.1.5. (d, J_2) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, (d, J_2) düzleminde J_3 , T ve h etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telafi etkisinin varlığında elde edilen dinamik faz diyagramları sunulmuştur.

Sistemde, (d, J_2) düzleminde dört farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir ve bu faz diyagramları Şekil 3.12' de gösterilmiştir. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- a) Bu düzlemde dinamik üçlü kritik nokta gözlenmemektedir.
- b) Sistemde, p, af, i ve nm temel fazlarının yanısıra af+p, nm+p, af+nm, i+af ve af+nm+p karma faz bölgeleri mevcuttur.
- c) Sistemde karma faz bölgeleri birbirinden ve karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden genellikle birinci-derece faz geçiş çizgisi ile ayrılmaktadır.
- d) Şekil 3.12' deki tüm dinamik faz diyagramlarında dinamik çoklu kritik nokta görülmektedir. Dinamik çoklu kritik nokta i temel fazını af temel fazından, af+p karma faz bölgesini i+af karma faz bölgesinden ve af+p karma faz bölgesini i temel fazından ayırmaktadır.

Bu düzlemdeki tüm dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.12. Dinamik Telifi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, J_2) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_3 = 0.9$, $T = 1.5$ ve $h = 1.5$, b) $J_3 = 1.5$, $T = 1.35$ ve $h = 4.0$, c) $J_3 = 0.9$, $T = 0.3$ ve $h = 1.5$, d) $J_3 = 1.0$, $T = 0.65$ ve $h = 0.1$

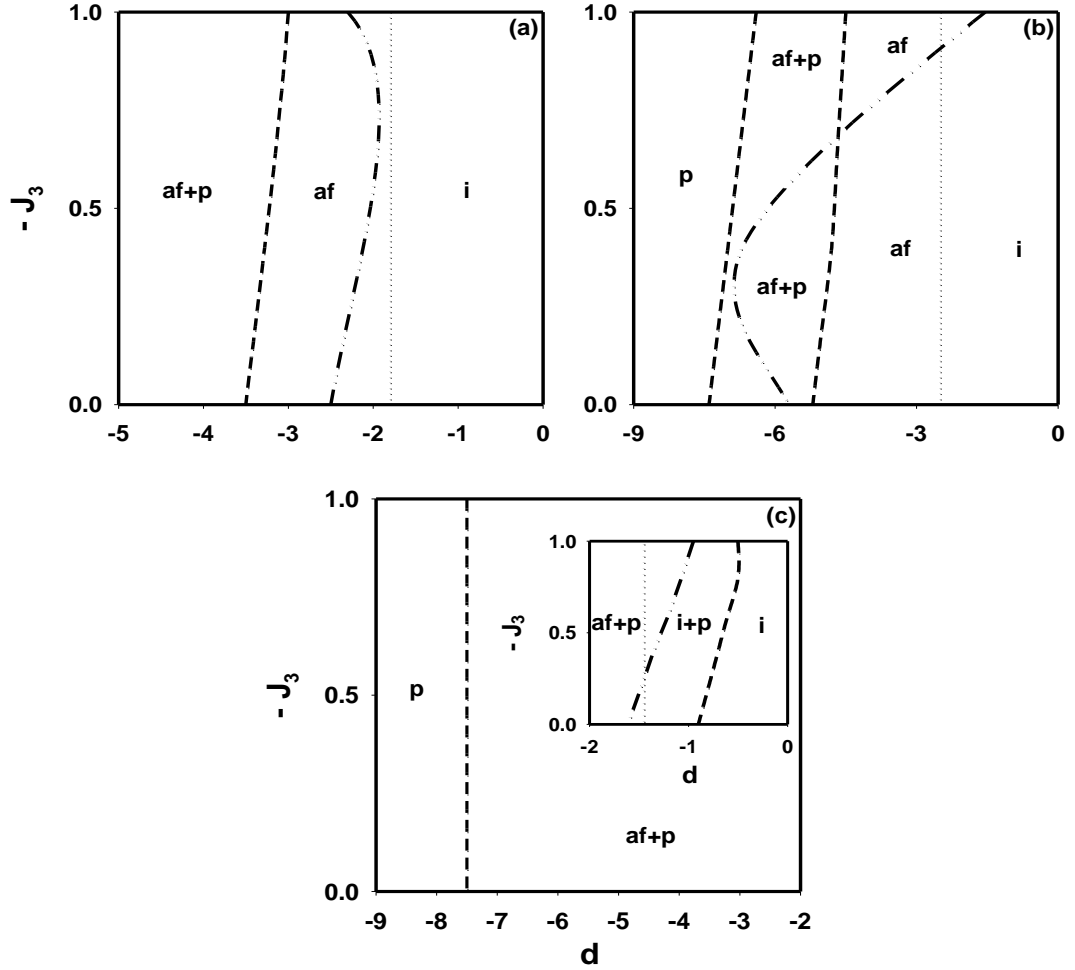
3.5.1.6. $(d, -J_3)$ Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, $(d, -J_3)$ düzleminde J_2 , T ve h etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telifi etkisinin varlığında elde edilen dinamik faz diyagramları sunulacaktır.

Sistemde, $(d, -J_3)$ düzleminde üç farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir. Bu faz diyagramları Şekil 3.13' de gösterilmiştir. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- Bu düzlemde dinamik üçlü kritik nokta gözlenmemektedir.
- Sistemde, p, af ve i temel fazlarının yanısıra af+p ve i+p karma faz bölgeleri mevcuttur.
- Sistemde karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisi ile ayrılmaktadır.
- Sistemde temel fazlar ile karma faz bölgeleri birbirinden dinamik çoklu kritik nokta ile ayrılır. Bu noktalar, i temel fazını af temel fazından ve af+p karma faz bölgesini i+p karma faz bölgesinden ayırmaktadır.

Bu düzlemdeki tüm dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.13. Dinamik Telif Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde ($d, -J_3$) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 7.0$, $T = 0.8$ ve $h = 0.1$, b) $J_2 = 4.0$, $T = 2.0$ ve $h = 0.5$, c) $J_2 = 2.0$, $T = 0.1$ ve $h = 0.1$

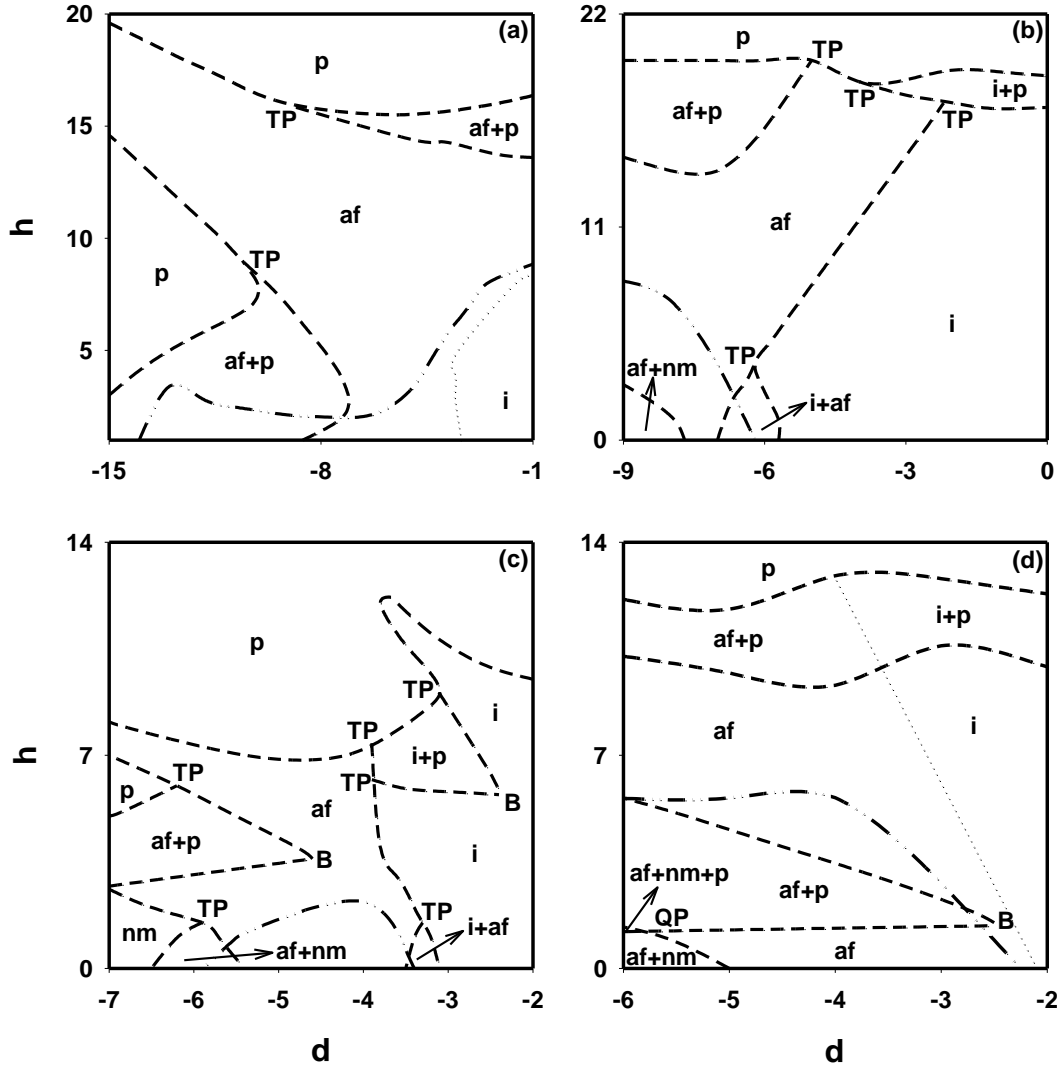
3.5.1.7. (d, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, (d, h) düzleminde J_2 , J_3 ve T etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telafi etkisinin varlığında elde edilen dinamik faz diyagramları sunulmuştur.

Sistemde, (d, h) düzleminde dokuz farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir. Bu faz diyagramları Şekil 3.14' de gösterilmiştir. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- a) Bu düzlemde dinamik üçlü kritik nokta gözlenmemektedir.
- b) Sistemde, p , af , i ve nm temel fazlarının yanısıra $af+p$, $i+p$, $af+nm$, $i+af$ ve $af+nm+p$ karma faz bölgeleri mevcuttur.
- c) Sistemde karma faz bölgeleri birbirinden ve karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.
- d) Şekil 3.14(a) iki, Şekil 3.14(b) dört ve Şekil 3.14(c) ise altı tane dinamik TP noktasına sahiptir. TP üç fazın ya da kararlı çözümün bir arada bulunduğu noktadır.
- e) Şekil 3.14(d)' deki dinamik faz diyagramı tek dinamik QP noktası içerir.
- f) Şekil 3.14(c)' deki faz diyagramı iki tane ve Şekil 3.14(d)' deki faz diyagramı tek dinamik B noktası içerir.
- g) Şekil 3.14(a) ve Şekil 3.14(d)' de dinamik çoklu kritik nokta görülmektedir. Bu nokta i temel fazını af temel fazından, $i+p$ karma faz bölgesini $af+p$ karma faz bölgesinden ayırmaktadır.

Bu düzlemdeki tüm dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.14. Dinamik Telifi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 9.0$, $J_3 = 1.0$ ve $T = 2.0$, b) $J_2 = 8.0$, $J_3 = 5.0$ ve $T = 1.0$, c) $J_2 = 2.0$, $J_3 = 2.0$ ve $T = 0.5$, d) $J_2 = 6.0$, $J_3 = 0.9$ ve $T = 0.2$

3.5.1.8. (J_2, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

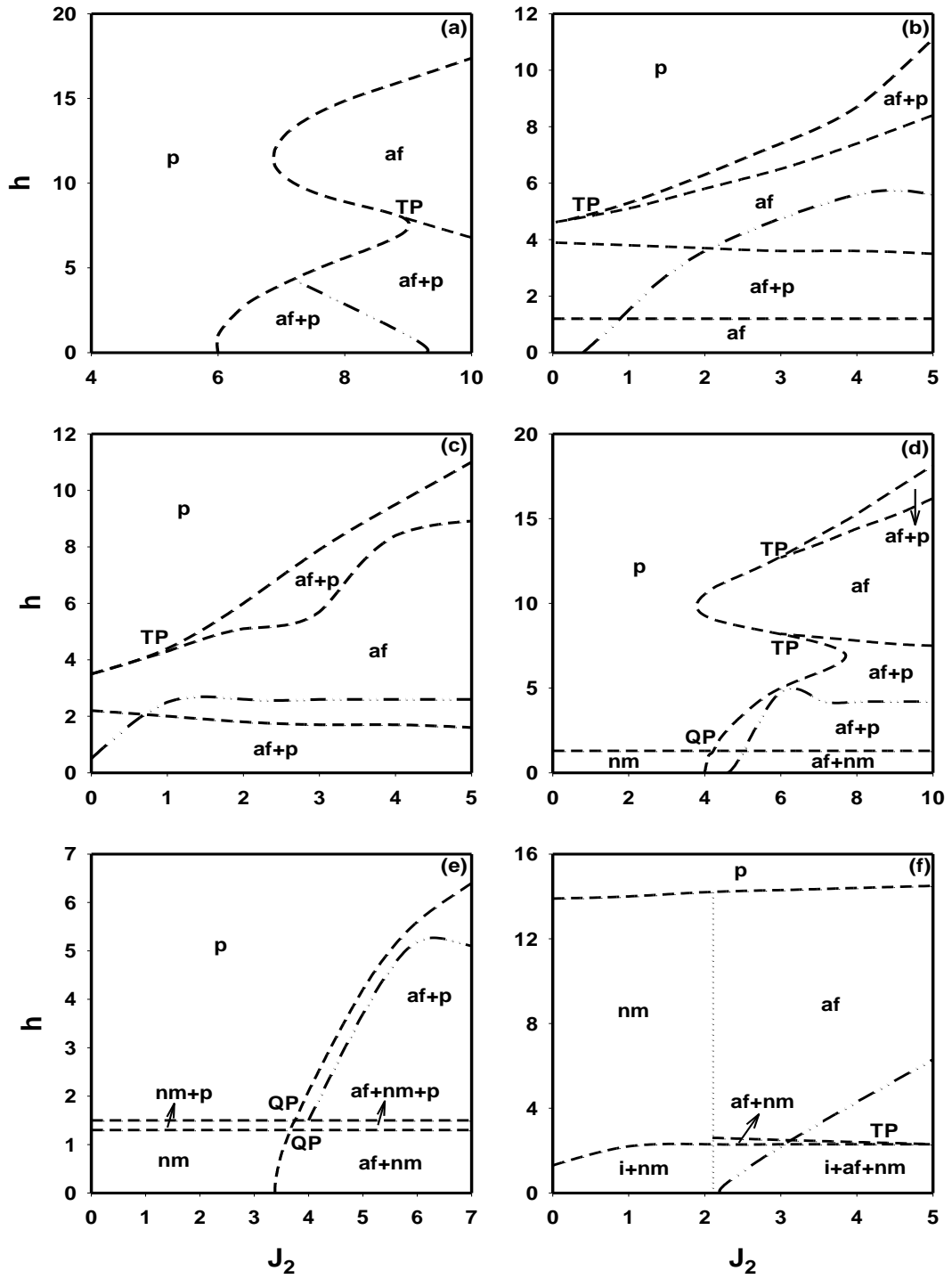
Bu kesimde, (J_2, h) düzleminde J_3 , d ve T etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telifi etkisinin varlığında elde edilen dinamik faz diyagramları sunulacaktır.

Sistemde, (J_2, h) düzleminde yedi farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir ve bu faz diyagramları Şekil 3.15 ve Şekil 3.16’ da gösterilmiştir. Şekil 3.15’ de

dinamik üçlü kritik nokta içermeyen dinamik faz diyagramları yer almaktadır. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- a) Sistemde, p , af ve nm temel fazlarının yanısıra $af+p$, $nm+p$, $af+nm$, $i+nm$, $i+af+nm$ ve $af+nm+p$ karma faz bölgeleri mevcuttur.
- b) Sistemde temel fazlar, karma faz bölgeleri ve karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden genellikle birinci-derece faz geçiş çizgisi ile ayrılmaktadır.
- c) Şekil 3.15(a), Şekil 3.15(b), Şekil 3.15(c) ve 3.15(f)' deki dinamik faz diyagramları tek, Şekil 3.15(d)' deki dinamik faz diyagramı ise iki tane dinamik TP noktasına sahiptir.
- d) Şekil 3.15(d)' deki dinamik faz diyagramı tek, Şekil 3.15(e)' deki dinamik faz diyagramı ise iki tane dinamik QP noktası içerir.
- e) Şekil 3.15(f)' deki dinamik çoklu kritik nokta nm temel fazını af temel fazından, nm temel fazını $af+nm$ karma faz bölgesinden ve $i+nm$ karma faz bölgesini $i+af+nm$ karma faz bölgesinden ayırmaktadır.

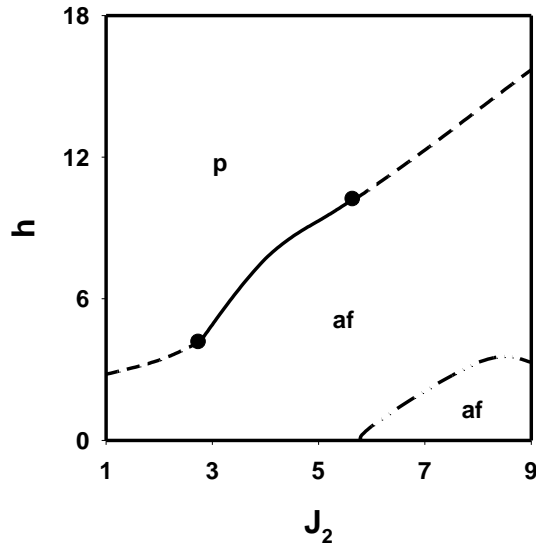
Bu düzlemdeki tüm dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.15. Dinamik Telif Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (J_2 , h) Düzleminde Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçermeyen Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_3 = 1.0$, $d = -10.0$ ve $T = 2.5$, b) $J_3 = 0.9$, $d = -4.0$ ve $T = 0.2$, c) $J_3 = 0.1$, $d = -2.5$ ve $T = 0.3$, d) $J_3 = 0.9$, $d = -9.0$ ve $T = 1.0$, e) $J_3 = 0.9$, $d = -9.0$ ve $T = 0.5$, f) $J_3 = 5.0$, $d = -7.0$ ve $T = 0.3$

Şekil 3.16’ da ise, (J_2, h) düzleminde iki tane dinamik üçlü kritik nokta içeren dinamik faz diyagramı yer almaktadır. Bu faz diyagramında sistemde, p ve af temel fazları mevcuttur. Sistemde temel fazlar birbirinden J_2 ve h ’ nin düşük değerlerinde ve çok yüksek değerlerinde birinci-derece faz geçiş çizgisi ile ayrılmaktadır. Ancak J_2 ve h ’ nin belirli değerlerinde ikinci-derece faz geçiş çizgisi ile ayrılmaktadır.

Bu düzlemdeki dinamik faz diyagramı ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.16. Dinamik Telif Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (J_2, h) Düzleminde İki Tane Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçeren Dinamik Faz Diyagramı. $J_3 = 1.0$, $d = -5.0$ ve $T = 2.0$

3.5.1.9. $(-J_3, h)$ Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

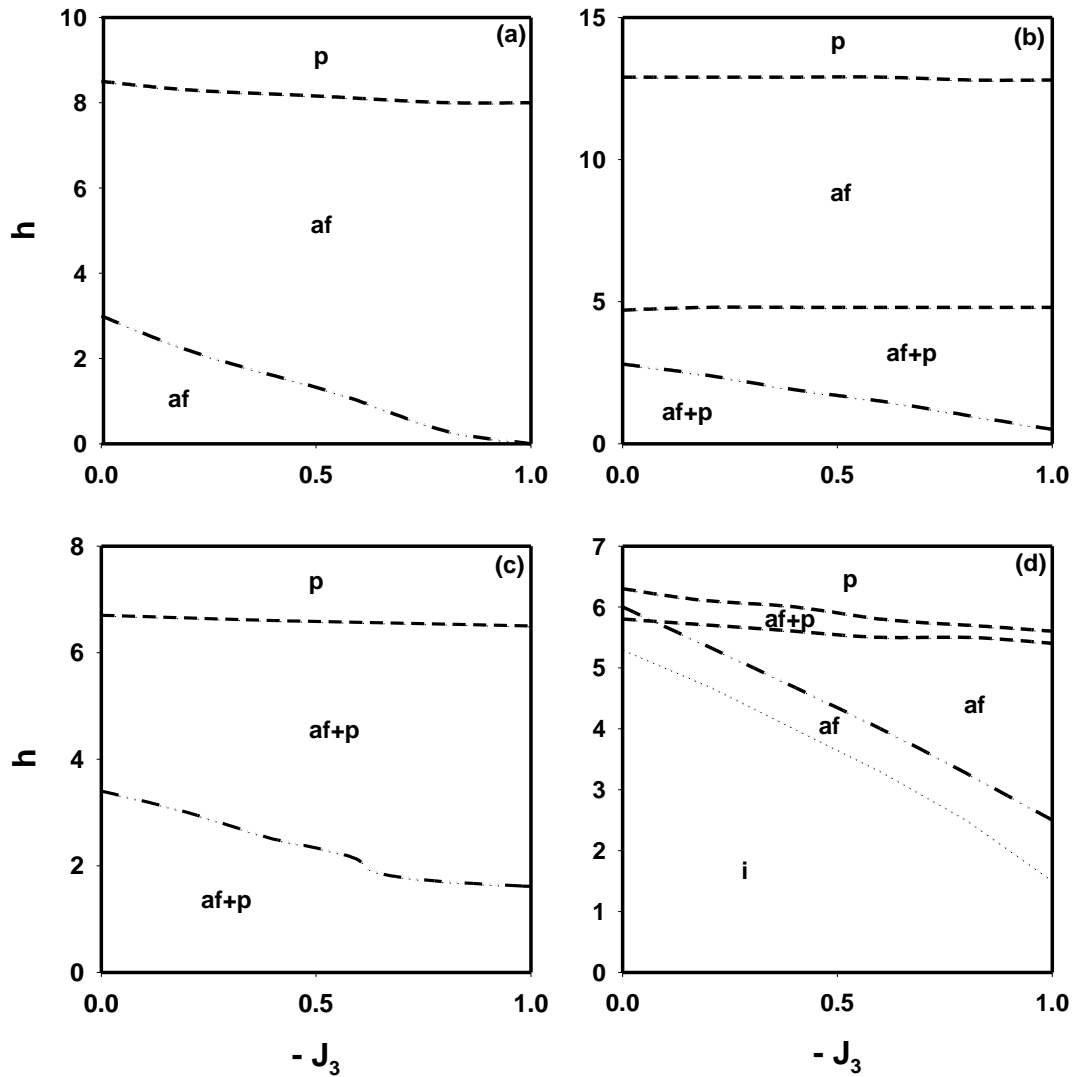
Bu kesimde, $(-J_3, h)$ düzleminde J_2 , d ve T etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telif etkisinin varlığında elde edilen dinamik faz diyagramları sunulmuştur.

Sistemde, $(-J_3, h)$ düzleminde dört farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir ve bu faz diyagramları Şekil 3.17’ de gösterilmiştir. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- Bu düzlemde dinamik üçlü kritik nokta gözlenmemektedir.
- Sistemde, p, af ve i temel fazlarının yanısıra af+p karma faz bölgesi mevcuttur.

- c) Sistemde temel fazlar birbirinden genellikle, karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.
- d) Şekil 3.17(d)' deki dinamik faz diyagramında dinamik çoklu kritik nokta görülmektedir. Bu nokta i temel fazını af temel fazından ayırmaktadır.

Bu düzlemdeki tüm dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.17. Dinamik Telafi Sıcaklığının Varlığında Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde $(-J_3, h)$ Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 4.0$, $d = -3.0$ ve $T = 1.0$, b) $J_2 = 7.0$, $d = -6.0$ ve $T = 0.8$, c) $J_2 = 8.0$, $d = -10.0$ ve $T = 0.5$, d) $J_2 = 2.0$, $d = -1.0$ ve $T = 1.0$

3.5.2. Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Dinamik Faz Diyagramları

3.5.2.1. (T, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, dinamik telafi sıcaklığının yokluğunda etkileşim parametreleri J_2 , J_3 ve d ' nin farklı değerleri için (T, h) düzleminde dinamik faz diyagramları sunulacaktır.

Sistemde, (T, h) düzleminde beş farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir. Bu faz diyagramları Şekil 3.18' de gösterilmiştir. Şimdi bu faz diyagramlarının temel özelliklerini inceleyelim.

Şekil 3.18(a), $J_2 = 5.0$, $J_3 = 2.0$ ve $d = -3.0$ değerleri için elde edilmiştir. Bu faz diyagramında p ve i temel fazlarının yanısıra i+af karma faz bölgesi mevcuttur. Temel fazlar birbirinden, T' nin yüksek değerlerinde ikinci-derece, T' nin düşük değerlerinde ise birinci-derece faz geçiş çizgisi ile ayrılmaktadır. Bundan dolayı sistemde tek dinamik üçlü kritik nokta meydana gelmektedir. Ayrıca T ve h' nin çok düşük değerlerinde i+af karma faz bölgesi ortaya çıkmaktadır ve i+af karma faz bölgesi i temel fazından birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.

Şekil 3.18(b), $J_2 = 5.0$, $J_3 = 2.0$ ve $d = -2.8$ değerleri için elde edilmiştir. Bu dinamik faz diyagramı sadece p ve i temel fazlarına sahiptir. Bu fazlar birbirinden, T' nin yüksek değerlerinde ikinci-derece, T' nin düşük değerlerinde ise birinci-derece faz geçiş çizgisi ile ayrılmaktadır. Dolayısıyla sistem tek dinamik üçlü kritik nokta sergilemektedir.

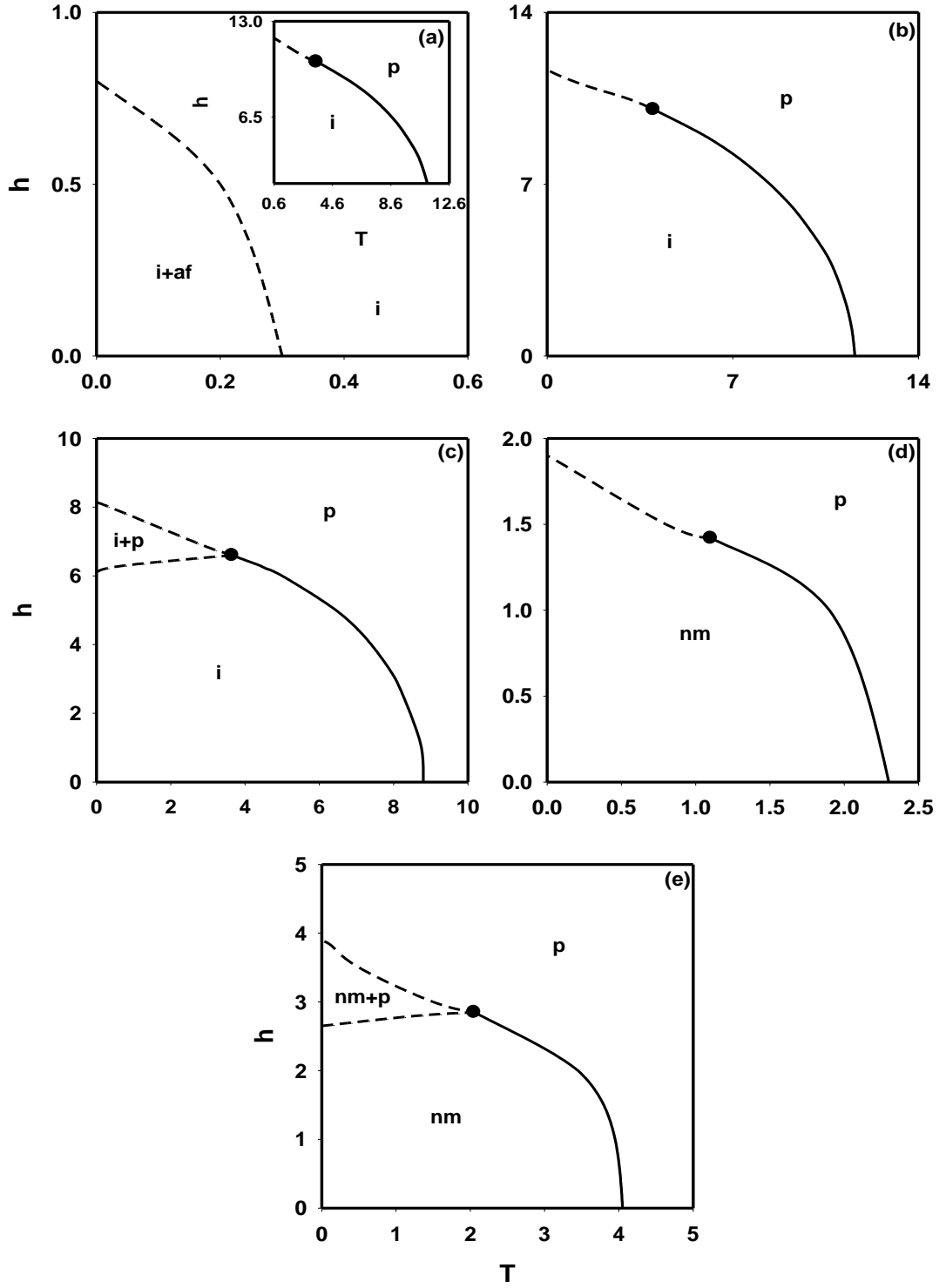
$J_2 = 2.0$, $J_3 = 1.0$ ve $d = -0.5$ için elde edilen dinamik faz diyagramı Şekil 3.18(c)' de gösterilmiştir. Bu faz diyagramında, T ve h' nin yüksek değerlerinde, p fazı mevcuttur, h' nin daha yüksek ve T' nin daha düşük değerlerinde ise i fazı meydana gelir. Bu iki bölge birbirinden ikinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır. T' nin düşük ve h' nin belirli değerlerinde i ve p temel fazının birlikte bulunduğu i+p karma faz bölgesi bulunmaktadır. i+p karma faz bölgesi, i ve p temel fazlarından birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır. Bu iki birinci-derece faz geçiş çizgisi birbirine yaklaşarak birleşmektedir ve birleşen tek birinci-derece faz geçiş çizgisi de

son bularak, ikinci-derece faz geçiş çizgisi meydana gelmektedir. Dolayısıyla sistem dinamik l kritik nokta sergilemektedir.

Œekil 3.18(d), $J_2 = 1.5$, $J_3 = 1.0$ ve $d = -9.0$ değerleri için elde edilen dinamik faz diyagramı gösterilmektedir. Bu faz diyagramı Œekil 3.18(b)' de elde edilen faz diyagramına benzerdir, fakat Œekil 3.18(b)' den farklı olarak i temel fazı yerine nm temel fazı meydana gelmektedir.

$J_2 = 1.0$, $J_3 = 2.0$ ve $d = -20.0$ için elde edilen dinamik faz diyagramı Œekil 3.18(e)' de gsterilmiŒtir. Bu faz diyagramı Œekil 3.18(c)' de elde edilen faz diyagramına benzerdir, fakat Œekil 3.18(c)' den farklı olarak i temel fazı yerine nm temel fazı meydana gelmektedir.

Bu düzlemde, farklı etkileŒme parametreleri için elde edilen bu faz diyagramları farklı spinli pek çok sistemde gzlenmiŒtir [6, 27, 29, 48-51, 86, 89-92, 97, 93-101].



Şekil 3.18. Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (T, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 5.0$, $J_3 = 2.0$ ve $d = -3.0$, b) $J_2 = 5.0$, $J_3 = 2.0$ ve $d = -2.8$, c) $J_2 = 2.0$, $J_3 = 1.0$ ve $d = -0.5$, d) $J_2 = 1.5$, $J_3 = 1.0$ ve $d = -9.0$, e) $J_2 = 1.0$, $J_3 = 2.0$ ve $d = -20.0$

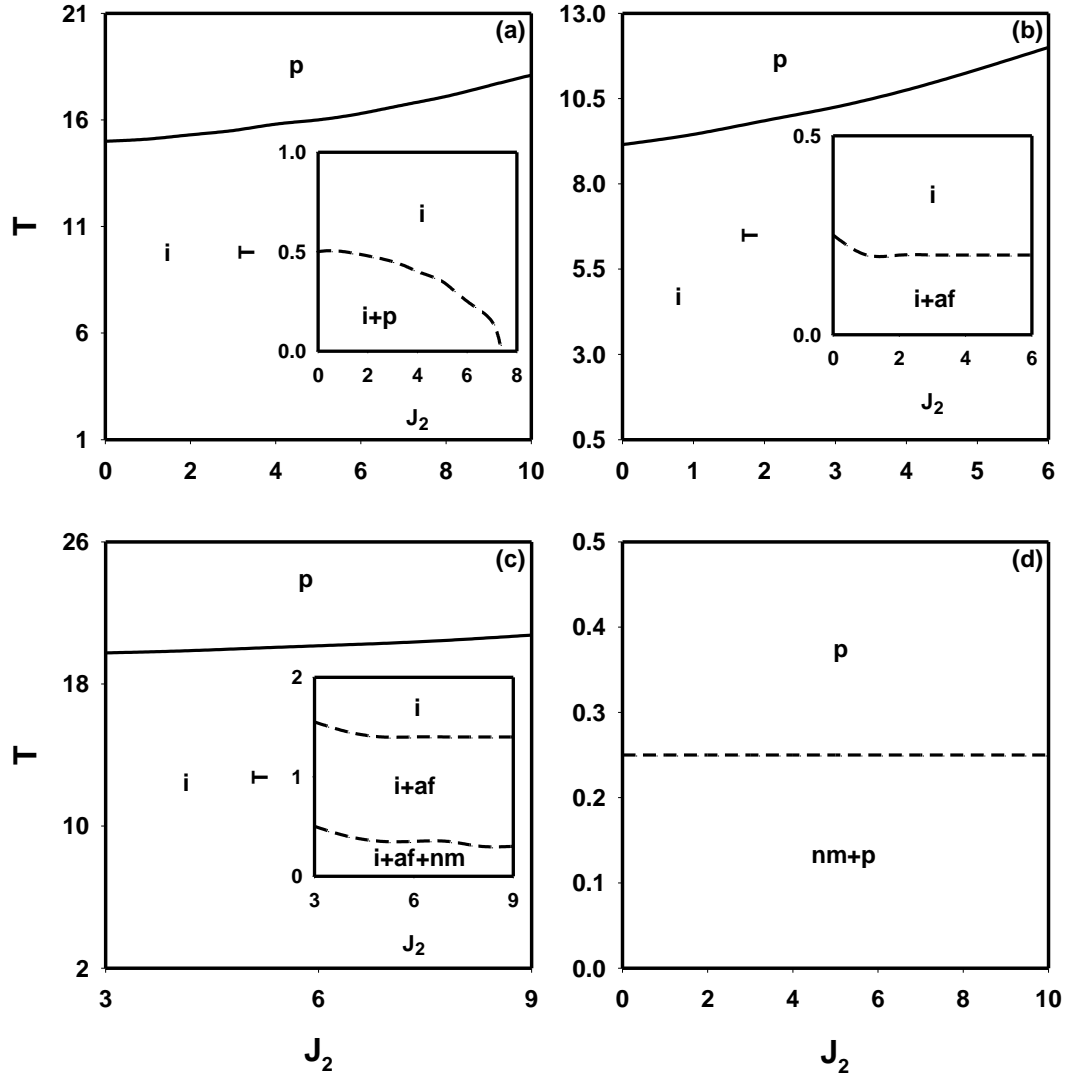
3.5.2.2. (J_2 , T) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, (J_2 , T) düzleminde J_3 , d ve h etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telafi etkisinin yokluğunda elde edilen dinamik faz diyagramları sunulmuştur.

Sistemde, (J_2 , T) düzleminde beş farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir. Bu faz diyagramları Şekil 3.19 ve Şekil 3.20’ de gösterilmiştir. Şekil 3.19’ da dinamik üçlü kritik nokta içermeyen faz diyagramları gösterilmiştir. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- a) Sistemde, p ve i temel fazlarının yanısıra $nm+p$, $i+p$, $i+af$ ve $i+af+nm$ karma faz bölgeleri mevcuttur.
- b) Sistemde temel fazlar birbirinden ikinci-derece, karma faz bölgeleri birbirinden ve karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.

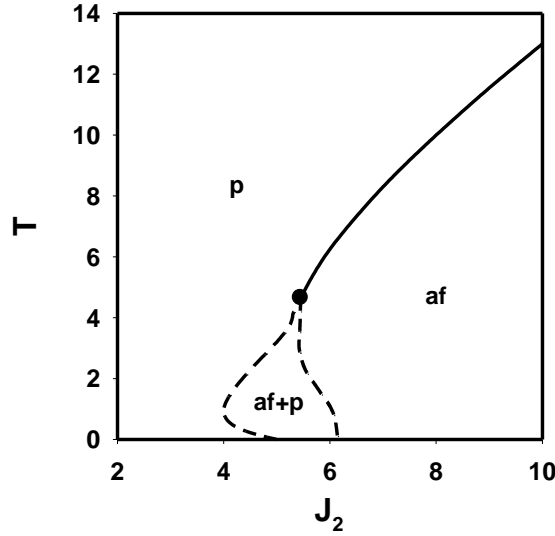
Bu faz diyagramlarından, Şekil 3.19(d)’ deki dinamik faz diyagramı farklı etkileşme parametreleri için farklı spinli sistemde gözlenmiştir [88]. Şekil 3.19(a)-(c)’ deki dinamik faz diyagramları ise ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.19. Dinamik Telif Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (J_2, T) Düzleminde Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçermeyen Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_3 = 5.0$, $d = -4.0$ ve $h = 11.0$, b) $J_3 = 2.0$, $d = -3.0$ ve $h = 0.5$, c) $J_3 = 5.0$, $d = -6.0$ ve $h = 1.0$, d) $J_3 = 2.0$, $d = -20.0$ ve $h = 3.7$

Şekil 3.20' de ise, (J_2, T) düzleminde tek dinamik üçlü kritik nokta içeren faz diyagramı gösterilmiştir. Bu faz diyagramında p ve af temel fazlarının yanısıra af+p karma faz bölgesi mevcuttur. Sistemde temel fazlar birbirinden ikinci-derece, karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır. Şekil 3.20' deki faz diyagramında reentrant davranış gözlenmektedir, yani, sistem sıcaklık artarken önce p fazından düzenli faza ve daha sonra düzenli fazdan yeniden p fazına geri dönmektedir.

Şekil 3.20' deki dinamik faz diyagramını ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.20. Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (J_2, T) Düzleminde Tek Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçeren Dinamik Faz Diyagramı. $J_3 = 1.3$, $d = -1.0$ ve $h = 10.0$

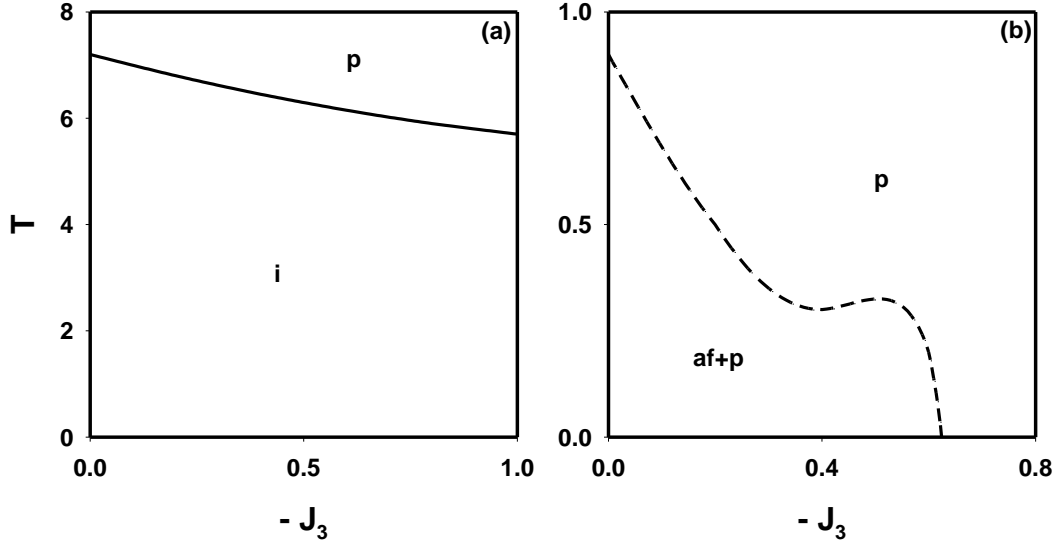
3.5.2.3. $(-J_3, T)$ Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, $(-J_3, T)$ düzleminde J_2 , d ve h etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telafi etkisinin yokluğunda elde edilen dinamik faz diyagramları sunulmuştur.

Sistemde, $(-J_3, T)$ düzleminde üç farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir. Bu faz diyagramları Şekil 3.21 ve Şekil 3.22' de gösterilmiştir. Şekil 3.21' de dinamik üçlü kritik nokta içermeyen faz diyagramları sunulmuştur. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- Sistemde, p ve i temel fazlarının yanısıra $af+p$ karma faz bölgesi mevcuttur.
- Sistemde temel fazlar birbirinden ikinci-derece, karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.

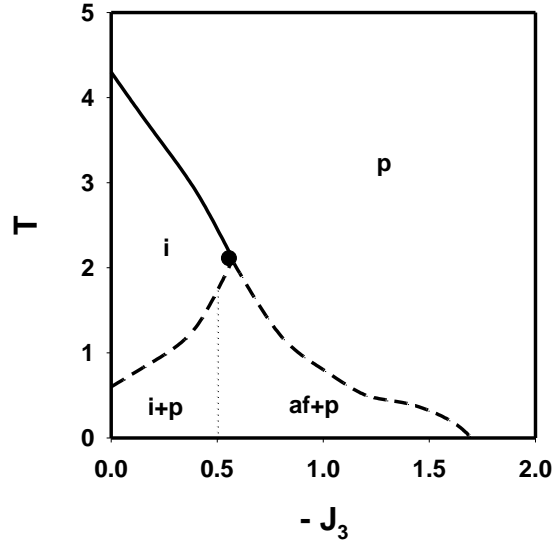
Şekil 3.21(a)-(b)' deki dinamik faz diyagramları farklı etkileşme parametreleri için farklı spinli pek çok sistemde gözlenmiştir [16, 88].



Şekil 3.21. Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde $(-J_3, T)$ Düzleminde Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçermeyen Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 2.0$, $d = 1.0$ ve $h = 0.1$, b) $J_2 = 1.5$, $d = -4.0$ ve $h = 2.7$

Şekil 3.22' de ise, $(-J_3, T)$ düzleminde tek dinamik üçlü kritik nokta içeren faz diyagramı sunulmuştur. Bu faz diyagramında p ve i temel fazlarının yanısıra af+p ve i+p karma faz bölgeleri mevcuttur. Sistemde temel fazlar birbirinden ikinci-derece faz geçiş çizgisi ile ayrılmaktadır. Bu faz diyagramında dinamik çoklu kritik nokta görülmektedir. Dinamik çoklu kritik nokta, bir fazdan başka bir fazı ayıran fakat tam olarak faz geçişinin gözlenemediği bir noktadır ve ayırma noktasına karşılık gelir. Burada bu nokta i+p karma faz bölgesini af+p karma faz bölgesinden ayırmaktadır.

Şekil 3.22' deki dinamik faz diyagramı ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.22. Dinamik Telif Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde $(-J_3, T)$ Düzleminde Tek Dinamik Üçlü Kritik Nokta İçeren Dinamik Faz Diyagramı. $J_2 = 0.5$, $d = 2.5$ ve $h = 4.0$

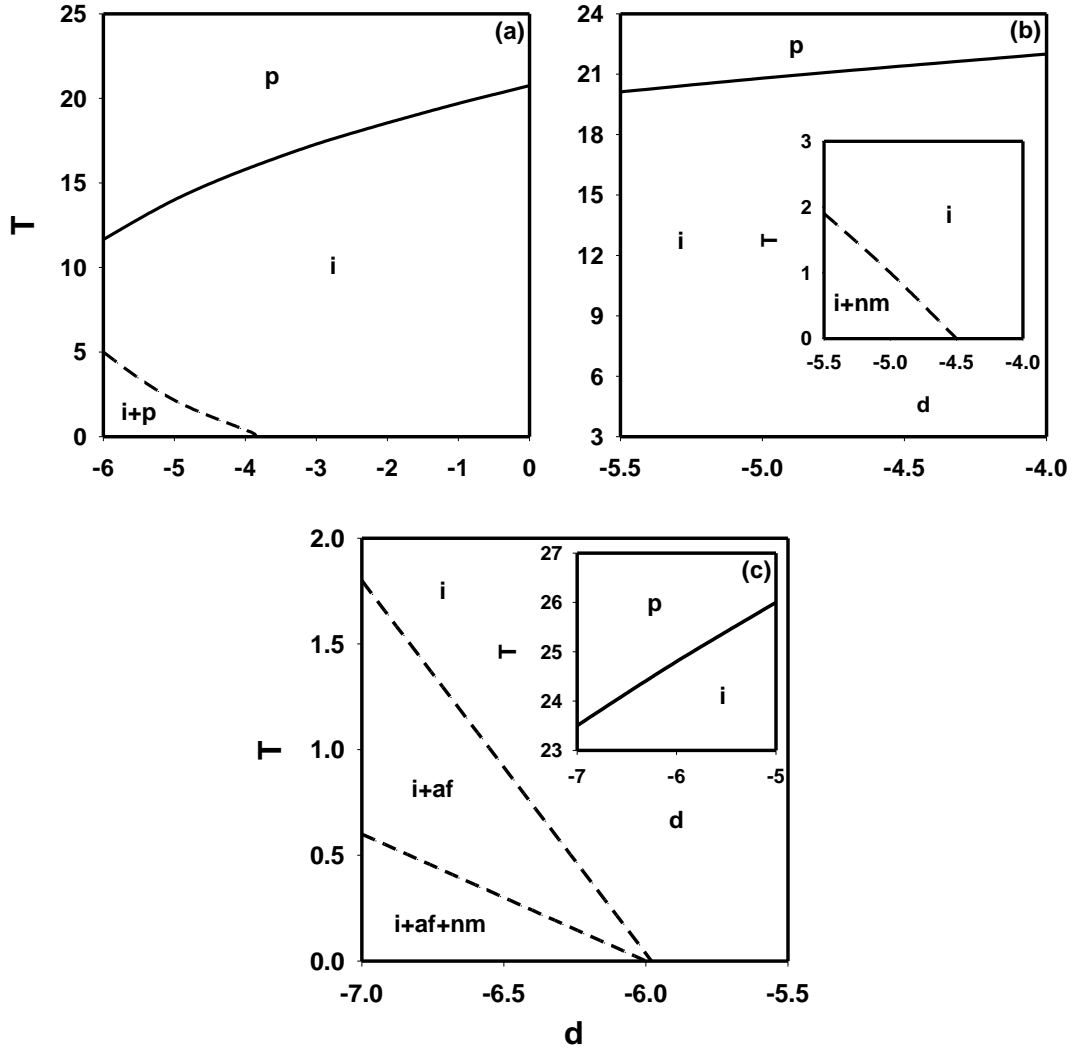
3.5.2.4. (d, T) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, (d, T) düzleminde J_2 , J_3 ve h etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telif etkisinin yokluğunda elde edilen dinamik faz diyagramları sunulmuştur.

Sistemde, (d, T) düzleminde üç farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir. Bu faz diyagramları Şekil 3.23’ de gösterilmiştir. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- Bu düzlemde dinamik üçlü kritik nokta gözlenmemektedir.
- Sistemde, p ve i temel fazlarının yanısıra $i+p$, $i+af$, $i+nm$ ve $i+af+nm$ karma faz bölgeleri mevcuttur.
- Sistemde temel fazlar birbirinden ikinci-derece, karma faz bölgeleri birbirinden ve karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.

Bu düzlemdeki tüm dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.23. Dinamik Telif Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, T) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 4.0$, $J_3 = 5.0$ ve $h = 11.0$, b) $J_2 = 0.5$, $J_3 = 5.0$ ve $h = 1.0$, c) $J_2 = 6.0$, $J_3 = 6.0$ ve $h = 1.5$

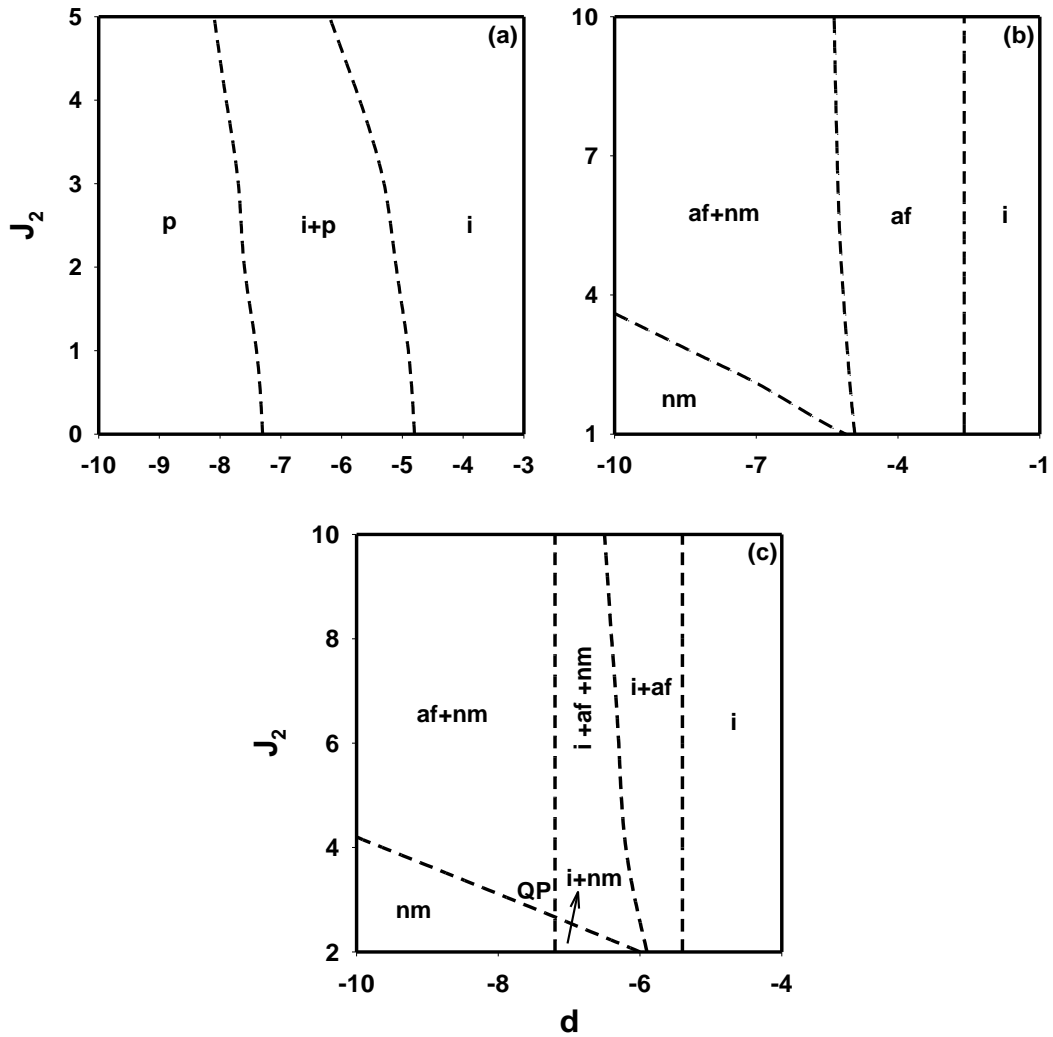
3.5.2.5. (d, J_2) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, (d, J_2) düzleminde J_3 , T ve h etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telif etkisinin yokluğunda elde edilen dinamik faz diyagramları sunulmuştur.

Sistemde, (d, J_2) düzleminde üç farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir. Bu faz diyagramları Şekil 3.24' de gösterilmiştir. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- Bu düzlemde dinamik üçlü kritik nokta gözlenmemektedir.
- Sistemde, p, af, i ve nm temel fazlarının yanısıra i+p, af+nm, i+af, i+nm ve i+af+nm karma faz bölgeleri mevcuttur.
- Sistemde tüm temel faz ve karma faz bölgeleri birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.
- Şekil 3.24(c)'deki faz diyagramı tek dinamik QP noktası içerir.

Bu düzlemdeki tüm dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.24. Dinamik Telif Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, J_2) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_3 = 5.0$, $T = 2.0$ ve $h = 11.0$, b) $J_3 = 1.5$, $T = 0.2$ ve $h = 0.5$, c) $J_3 = 5.0$, $T = 0.3$ ve $h = 1.5$

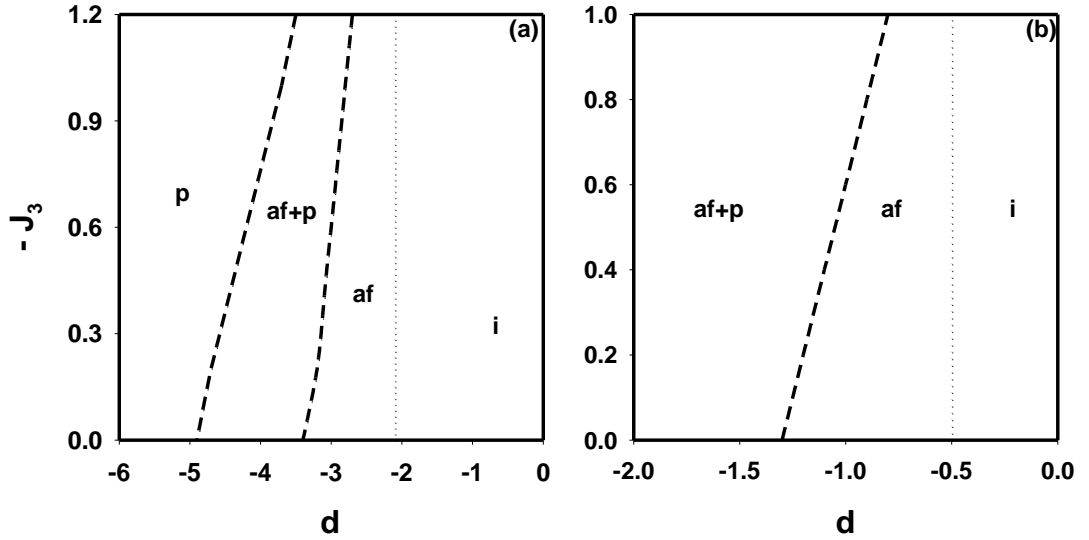
3.5.2.6. (d, $-J_3$) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, (d, $-J_3$) düzleminde J_2 , T ve h etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telafi etkisinin yokluğunda elde edilen dinamik faz diyagramları sunulmuştur.

Sistemde, (d, $-J_3$) düzleminde iki farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir. Bu faz diyagramları Şekil 3.25' de gösterilmiştir. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- Bu düzlemde dinamik üçlü kritik nokta gözlenmemektedir.
- Sistemde, p, af ve i temel fazlarının yanısıra af+p karma faz bölgesi mevcuttur.
- Sistemde af+p karma faz bölgesi ile temel fazlar birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.
- Bu faz diyagramlarında dinamik çoklu kritik nokta i temel fazını af temel fazından ayırmaktadır.

Bu düzlemdeki tüm dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.25. Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, $-J_3$) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2=1.5$, $T=1.05$ ve $h=1.5$, b) $J_2=5.0$, $T=0.1$ ve $h=0.5$

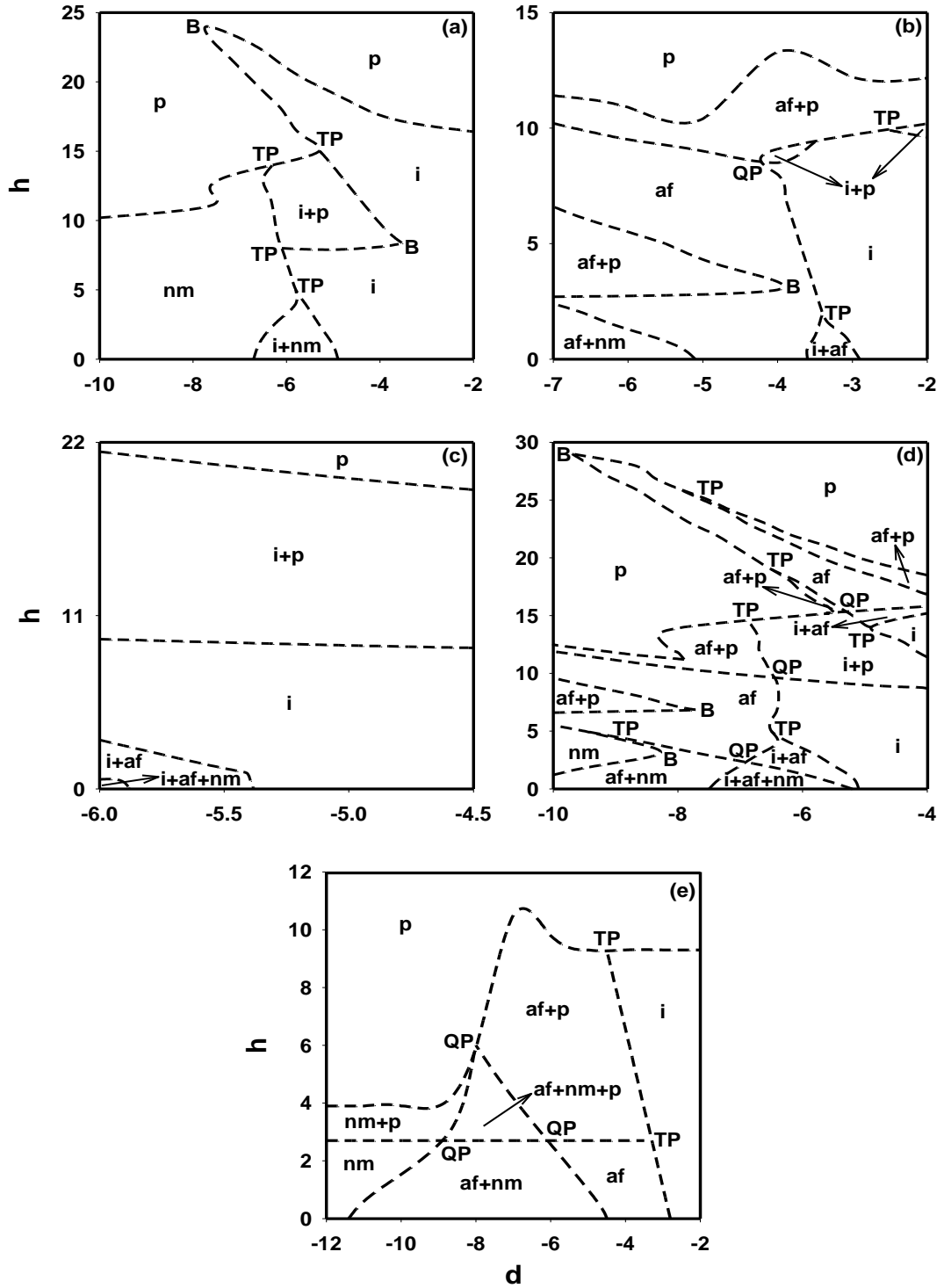
3.5.2.7. (d, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, (d, h) düzleminde J_2 , J_3 ve T etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telafi etkisinin yokluğunda elde edilen dinamik faz diyagramları sunulmuştur.

Sistemde, (d, h) düzleminde beş farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir. Bu faz diyagramları Şekil 3.26' da gösterilmiştir. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- a) Bu düzlemde dinamik üçlü kritik nokta gözlenmemektedir.
- b) Sistemde, p, af, i ve nm temel fazlarının yanısıra af+p, nm+p, i+p, af+nm, i+af, i+nm, i+af+nm ve af+nm+p karma faz bölgeleri mevcuttur.
- c) Sistemdeki tüm temel fazlar ve karma faz bölgeleri birbirlerinden birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılır.
- d) Şekil 3.26(b) ve Şekil 3.26(e)' de iki tane, Şekil 3.26(a)' da dört tane ve Şekil 3.26(d)' deki dinamik faz diyagramında altı tane dinamik TP noktası mevcuttur.
- e) Şekil 3.26(b)' de tek, Şekil 3.26(d)' de ve Şekil 3.26(e)' deki dinamik faz diyagramları üç tane dinamik QP noktası içerir.
- f) Şekil 3.26(b)' de tek, Şekil 3.26(a)' da iki ve Şekil 3.26(d)' deki dinamik faz diyagramı ise üç tane dinamik B noktası içerir.

Bu düzlemdeki tüm dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.26. Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (d, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 0.5$, $J_3 = 5.0$ ve $T = 1.0$, b) $J_2 = 5.0$, $J_3 = 2.0$ ve $T = 0.25$, c) $J_2 = 4.0$, $J_3 = 5.0$ ve $T = 0.5$, d) $J_2 = 4.0$, $J_3 = 5.0$ ve $T = 0.3$, e) $J_2 = 4.0$, $J_3 = 2.0$ ve $T = 0.1$

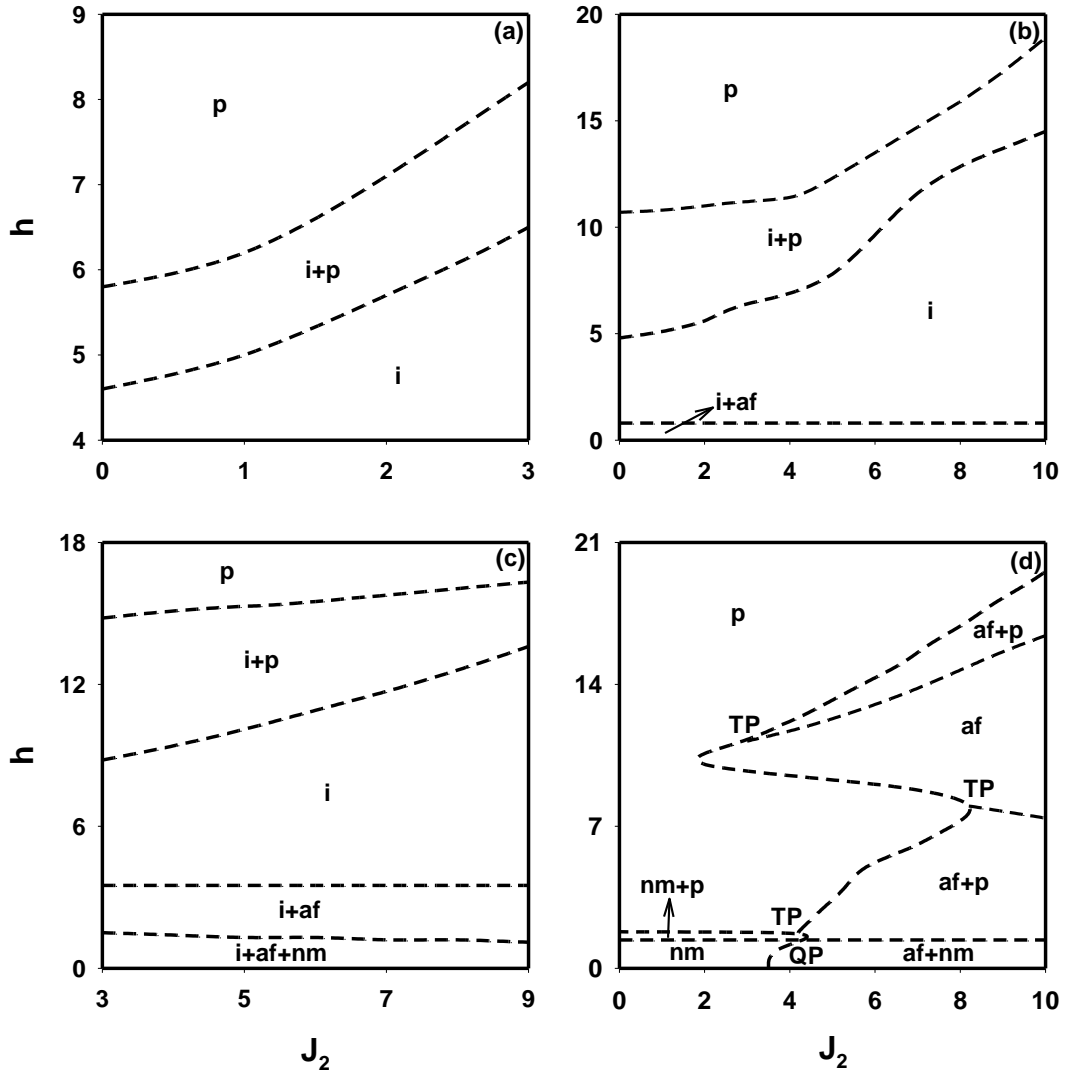
3.5.2.8. (J_2 , h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, (J_2 , h) düzleminde J_3 , d ve T etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telafi etkisinin yokluğunda elde edilen dinamik faz diyagramları sunulmuştur.

Sistemde, (J_2 , h) düzleminde dört farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir. Bu faz diyagramları Şekil 3.27' de gösterilmiştir. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- a) Bu düzlemde dinamik üçlü kritik nokta gözlenmemektedir.
- b) Sistemde, p , af , i ve nm temel fazlarının yanısıra $af+p$, $nm+p$, $i+p$, $af+nm$, $i+af$ ve $i+af+nm$ karma faz bölgeleri mevcuttur.
- c) Sistemdeki tüm temel fazlar ve karma faz bölgeleri birbirlerinden birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılır.
- d) Şekil 3.27(d)' deki faz diyagramı üç tane dinamik TP ve tek dinamik QP noktasına sahiptir.

Bu düzlemdeki tüm dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.27. Dinamik Telifi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde (J_2 , h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_3 = 0.5$, $d = 2.5$ ve $T = 1.0$, b) $J_3 = 2.0$, $d = -3.0$ ve $T = 0.1$, c) $J_3 = 5.0$, $d = -6.0$ ve $T = 0.25$, d) $J_3 = 1.0$, $d = -10.0$ ve $T = 0.2$

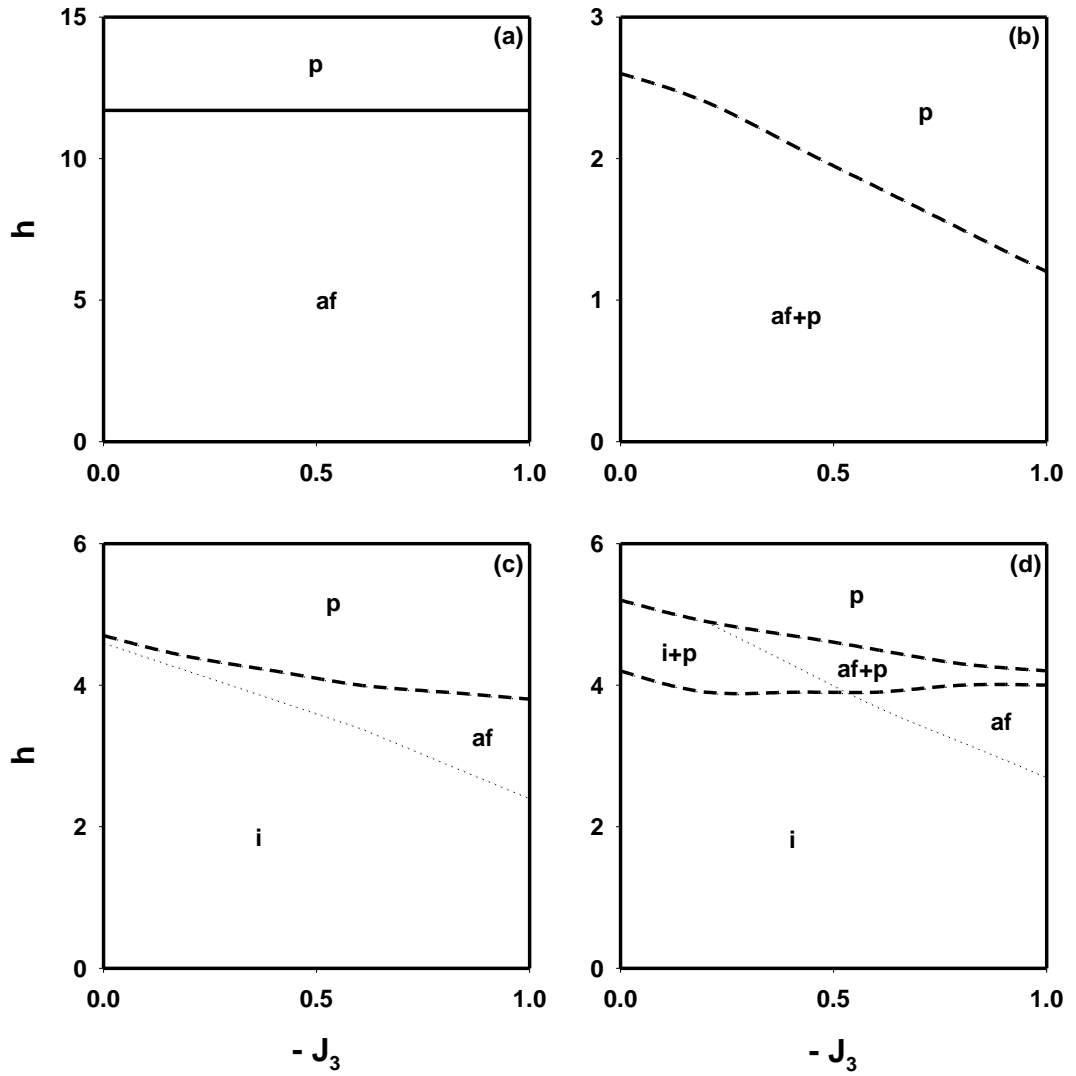
3.5.2.9. ($-J_3$, h) Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları

Bu kesimde, ($-J_3$, h) düzleminde J_2 , d ve T etkileşme parametrelerinin farklı değerleri için dinamik telifi etkisinin yokluğunda elde edilen dinamik faz diyagramları sunulmuştur.

Sistemde, ($-J_3$, h) düzleminde dört farklı tipte dinamik faz diyagramı elde edilmiştir. Bu faz diyagramları Şekil 3.28' de gösterilmiştir. Bu faz diyagramları incelendiğinde aşağıdaki temel sonuçlar gözlenmiştir.

- a) Bu düzlemde dinamik üçlü kritik nokta gözlenmemektedir.
- b) Sistemde, p , af ve i temel fazlarının yanısıra $af+p$ ve $i+p$ karma faz bölgeleri mevcuttur.
- c) Şekil 3.28(a)' da temel fazlar birbirinden ikinci-derece, Şekil 3.28(c)' de ise genellikle birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır. Karma faz bölgeleri ile temel fazlar birbirinden birinci-derece faz geçiş çizgisiyle ayrılmaktadır.
- d) Şekil 3.28(c) ve Şekil 3.28(d)' deki dinamik faz diyagramlarında dinamik çoklu kritik nokta görülmektedir. Bu nokta i temel fazını af temel fazından ve $i+p$ karma faz bölgesini $af+p$ karma faz bölgesinden ayırmaktadır.

Bu düzlemdeki tüm dinamik faz diyagramları ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.



Şekil 3.28. Dinamik Telafi Sıcaklığının Yokluğunda Karma Spin-1 ve Spin-2 Ising Sisteminde $(-J_3, h)$ Düzleminde Dinamik Faz Diyagramları. a) $J_2 = 7.0$, $d = -6.0$ ve $T = 3.0$, b) $J_2 = 1.5$, $d = -4.0$ ve $T = 1.05$, c) $J_2 = 0.5$, $d = 2.5$ ve $T = 2.0$, d) $J_2 = 0.5$, $d = 2.5$ ve $T = 0.4$

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, zamana bağlı salınımlı dış manyetik alan altında birbirini takip eden tabakalı altıgen örgüler üzerinde kristal-alan (D) ve bilineer etkileşme (J) parametrelili karma spin-1 ve spin-2 Ising modelinin dinamik davranışı ortalama-alan yaklaşımı içinde Glauber tipi stokastik dinamik kullanılarak incelenmiştir.

Karma spin-1 ve spin-2 Ising sistemi için, öncelikle master denkleminin kullanılmasıyla sistemin davranışını tam olarak açıklayan ortalama-alan dinamik denklem çifti elde edildi. Bu elde edilen denklemlerin analitik çözümü olmadığından, bilgisayar ortamında nümerik hesaplama yöntemleri kullanılarak gerekli sonuçlar elde edildi. İlk olarak sistemde var olan fazları bulmak için, ortalama altörgü mıknatıslanmalarının ($m_\sigma(\xi), m_s(\xi)$) zamana bağlı olarak davranışları incelendi ve sistemde dört temel fazın olduğu tespit edildi. Bunlar; paramanyetik (p), antiferromanyetik (af), ferrimanyetik (i) ve manyetik olmayan (nm) temel fazlarıdır. Bu temel fazların yanısıra ortalama altörgü mıknatıslanmalarının başlangıç ve etkileşme parametrelerinin farklı değerlerine göre bu temel fazların ikili ve üçlü kombinasyonlarından oluşan sekiz adet karma faz bölgesinin sistemde olduğu görüldü. Bunlar; af+p, af+nm, i+p, i+af, i+nm, nm+p, i+af+nm ve af+nm+p karma faz bölgeleridir. Temel fazlar ile birlikte bazı karma faz bölgeleri (i+nm, af+nm+p) Şekil 3.2' de verildi. Daha sonra bir periyot içinde ortalama altörgü mıknatıslanmalarının veya dinamik altörgü mıknatıslanmalarının (M_σ, M_s) sıcaklığın bir fonksiyonu olarak davranışları incelendi ve dinamik faz geçiş (DFG) sıcaklıkları tespit edildi ve aynı zamanda dinamik faz geçişlerinin doğası (kesikli veya sürekli yani birinci- veya ikinci-derece faz geçişleri) karakterize edildi. Sistemde dinamik telafi sıcaklıklarını (T_{comp}) bulabilmek için dinamik toplam mıknatıslanmanın (M_t) sıcaklığın bir fonksiyonu olarak davranışı incelendi. M_σ, M_s ve M_t 'nin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak davranışları Şekil 3.3' de verildi. Buradan elde edilen fazlar arasındaki DFG sıcaklıklarının bulunmasının yanısıra Şekil 3.3(a) ve 3.3(d)' de gösterildiği gibi sistemin sırasıyla N- ve L- tipi dinamik telafi davranışları sergilediği bulundu. Daha sonra sistemin dinamik faz

diyagramları dinamik telafi sıcaklığının varlığında ve yokluğunda, etkileşme parametrelerinin farklı değerlerine göre, (T, h), (J₂, T), (-J₃, T), (d, T), (d, J₂), (d, -J₃), (d, h), (J₂, h) ve (-J₃, h) düzlemlerinde elde edildi. Bu düzlemlerden (T, h), (d, h), (J₂, h) ve (-J₃, h) düzlemlerindeki dinamik faz diyagramları, birbirini tekrarlayan tabakalı altıgen örgüler üzerinde karma spin Ising sistemleri için ilk defa bu sistemde elde edilmiştir. Elde edilen tüm bu faz diyagramları Şekil 3.5-Şekil 3.28 arasında verildi. Ayrıca, bu dinamik faz diyagramlarında, pek çok dinamik kritik nokta gözlenmiştir. Bunlar, dinamik üçlü kritik nokta (●), dinamik üçlü nokta (TP), dinamik dördü nokta (QP), dinamik çift kritik son nokta (B) ve dinamik çoklu kritik nokta (nokta-nokta şeklinde belirtilen çizgiler) şeklinde sıralanabilir. Dinamik üçlü kritik nokta, iki birinci-derece faz geçiş çizgisinin birbirine yaklaşarak birleşmesi ve birleşen iki birinci-derece faz geçiş çizgisinin de son bularak, ikinci-derece faz geçiş çizgisinin meydana gelmesiyle oluşmaktadır. Dinamik üçlü nokta, üç fazın aynı anda sistemde bir arada bulunduğu noktadır. Dinamik dördü nokta ise dört fazın aynı anda bir arada bulunduğu noktadır. Dinamik çift kritik son nokta, iki farklı kritik fazın bir arada bulunmasından kaynaklanmaktadır. Dinamik çoklu kritik nokta ise, bir fazdan başka bir fazı ayıran fakat tam olarak faz geçişinin gözlenemediği bir noktadır ve ayırma noktasına karşılık gelmektedir.

(T, h), (J₂, T), (-J₃, T), (d, T), (d, J₂), (d, -J₃), (d, h), (J₂, h) ve (-J₃, h) düzlemlerinde dinamik telafi sıcaklığının varlığında sırasıyla dokuz, yedi, dört, sekiz, dört, üç, dört, yedi ve dört olmak üzere toplam 50 farklı topolojide dinamik faz diyagramı elde edildi. Elde edilen bu dinamik faz diyagramları Şekil 3.5-Şekil 3.17 arasında verildi. Bu düzlemlerdeki dinamik faz diyagramları, dinamik üçlü kritik noktanın varlığına ve sayısına bağlı olarak gruplandırılmıştır. Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.8, Şekil 3.11 ve Şekil 3.16' daki dinamik faz diyagramları dinamik üçlü kritik nokta sergilemektedir. Şekil 3.15(a), Şekil 3.15(b), Şekil 3.15(c) ve Şekil 3.15(f)' deki dinamik faz diyagramlarında bir, Şekil 3.14(a) ve Şekil 3.15(d)' deki dinamik faz diyagramlarında iki, Şekil 3.14(b)' deki dinamik faz diyagramında dört, Şekil 3.14(c)' deki dinamik faz diyagramında altı dinamik üçlü nokta (TP) gözlenmiştir. Şekil 3.8(b), Şekil 3.11(d), Şekil 3.14(d) ve Şekil 3.15(d)' deki dinamik faz diyagramlarında bir, Şekil 3.15(e)' deki dinamik faz diyagramı iki dinamik dördü nokta (QP) gözlenmiştir. Şekil 3.8(a) ve Şekil 3.14(d)' de bir, Şekil 3.14(c)' de ise iki

dinamik çift kritik son nokta (B) olduğu bulunmuştur. Şekil 3.7(d)-(e), Şekil 3.9 (c)-(d), Şekil 3.10, Şekil 3.11, Şekil 3.12, Şekil 3.13, Şekil 3.14(a)-(d), Şekil 3.15(f) ve Şekil 3.17(d)' deki dinamik faz diyagramlarında dinamik çoklu kritik noktanın varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca, Şekil 3.11(a)' daki faz diyagramı reentrant davranış sergilemektedir, yani, sistem sıcaklık artarken önce p fazından düzenli faza ve daha sonra yeniden p fazına geri dönmektedir.

(T, h), (J₂, T), (-J₃, T), (d, T), (d, J₂), (d, -J₃), (d, h), (J₂, h) ve (-J₃, h) düzlemlerinde telafi sıcaklığının yokluğunda sırasıyla beş, beş, üç, üç, üç, iki, beş, dört ve dört olmak üzere toplam 34 farklı topolojide dinamik faz diyagramı elde edildi. Bu dinamik faz diyagramları Şekil 3.18-Şekil 3.28 arasında verildi. Yine elde edilen bu düzlemlerdeki dinamik faz diyagramları, dinamik üçlü kritik noktanın varlığına ve sayısına bağlı olarak gruplandırılmıştır. Şekil 3.18, Şekil 3.20 ve Şekil 3.22' deki dinamik faz diyagramlarında dinamik üçlü kritik nokta mevcuttur. Şekil 3.26(b) ve Şekil 3.26(e)' deki dinamik faz diyagramı iki, Şekil 3.27(d)' deki dinamik faz diyagramı üç, Şekil 3.26(a)' daki dinamik faz diyagramı dört ve Şekil 3.26(d)' deki dinamik faz diyagramı altı dinamik üçlü nokta (TP) sergilemektedir. Şekil 3.24(c), Şekil 3.26(b) ve Şekil 3.27(d)' deki dinamik faz diyagramlarında bir, Şekil 3.26(d) ve Şekil 3.26(e)' deki dinamik faz diyagramları üç dinamik dörtlü nokta (QP) sergilemektedir. Şekil 3.26(b)' de bir, Şekil 3.26(a) ve Şekil 3.26(d)' de ise iki dinamik çift kritik son nokta (B) olduğu gözlenmiştir. Şekil 3.22, Şekil 3.25 ve Şekil 3.28(c)-(d)' deki dinamik faz diyagramlarında dinamik çoklu kritik noktanın varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca, Şekil 3.20' deki faz diyagramı reentrant davranış sergilemektedir.

Elde edilen faz diyagramlarından Şekil 3.5(a)' ya benzer faz diyagramları daha önce kinetik spin-2 Ising modelinde [85] (bu çalışmada i temel fazı yerine af₂ temel fazı gelmektedir), karma spin-1 ve spin-5/2 Ising sisteminde [86] (bu çalışmada i temel fazı yerine i₁ temel fazı gelmektedir), kinetik spin-5/2 Ising modelinde [87] (bu çalışmada i temel fazı yerine af_{5/2} temel fazı gelmektedir) elde edilmiştir. Şekil 3.5(b)' ye benzer faz diyagramları daha önce kinetik spin-2 Ising modelinde [85] (bu çalışmada af temel fazı yerine af₂ temel fazı gelmektedir), karma spin-1 ve spin-5/2

Ising sisteminde [86] (bu çalışmada af temel fazı yerine i_1 temel fazı gelmektedir), kinetik spin-5/2 Ising modelinde [87] (bu çalışmada af temel fazı yerine $af_{5/2}$ temel fazı gelmektedir) elde edilmiştir. Şekil 3.7(a)' ya benzer faz diyagramı daha önce altıgen örgü üzerinde karma spin-1/2 ve spin-1 Ising sisteminde [14], karma spin-1/2 ve spin-3/2 Ising sisteminde [16] (bu çalışmada i temel fazı yerine af temel fazı gelmektedir), karma spin-1 ve spin-3/2 Ising sisteminde [18] (bu çalışmada i temel fazı yerine i_1 temel fazı gelmektedir), karma spin-2 ve spin-5/2 Ising sisteminde [20] (bu çalışmada i temel fazı yerine i_1 temel fazı gelmektedir), kinetik spin-2 Ising modelinde [85] (bu çalışmada i temel fazı yerine af_2 temel fazı gelmektedir), karma spin-1 ve spin-5/2 Ising sisteminde [86] (bu çalışmada i temel fazı yerine i_1 temel fazı gelmektedir), kinetik spin-5/2 Ising modelinde [87] (bu çalışmada i temel fazı yerine $af_{5/2}$ temel fazı gelmektedir), kinetik spin-1 Ising modelinde [88] (bu çalışmada i temel fazı yerine af temel fazı gelmektedir) elde edilmiştir. Şekil 3.7(b)' ye benzer faz diyagramı daha önce altıgen örgü üzerinde karma spin-1/2 ve spin-1 Ising sisteminde [14] (bu çalışmada af temel fazı yerine i temel fazı gelmektedir), karma spin-1/2 ve spin-3/2 Ising sisteminde [16], karma spin-1 ve spin-3/2 Ising sisteminde [18] (bu çalışmada af temel fazı yerine i_1 temel fazı gelmektedir), karma spin-2 ve spin-5/2 Ising sisteminde [20] (bu çalışmada af temel fazı yerine i_1 temel fazı gelmektedir), kinetik spin-2 Ising modelinde [85] (bu çalışmada af temel fazı yerine af_2 temel fazı gelmektedir), karma spin-1 ve spin-5/2 Ising sisteminde [86] (bu çalışmada af temel fazı yerine i_1 temel fazı gelmektedir), kinetik spin-5/2 Ising modelinde [87] (bu çalışmada af temel fazı yerine $af_{5/2}$ temel fazı gelmektedir), kinetik spin-1 Ising modelinde [88] elde edilmiştir. Şekil 3.7(c)' ye benzer faz diyagramı daha önce kinetik spin-1 Ising modelinde [88] elde edilmiştir. Şekil 3.9(a)' ya benzer faz diyagramı daha önce karma spin-1 ve spin-3/2 Ising sisteminde [18] (bu çalışmada af temel fazı yerine i_1 temel fazı gelmektedir), karma spin-2 ve spin-5/2 Ising sisteminde [20] (bu çalışmada af temel fazı yerine i_1 temel fazı gelmektedir), kinetik spin-1 Ising modelinde [88] elde edilmiştir. Şekil 3.18(a)' ya benzer faz diyagramı daha önce iki katlı karma spin-2 ve spin-5/2 sisteminde [91]

(bu çalışmada i temel fazı yerine af temel fazı, af temel fazı yerine karma (m) temel fazı gelmektedir), Effective-Field-Theory (EFT) ile kinetik spin-5/2 Blume-Capel (BC) modelinde [97] (bu çalışmada i temel fazı yerine $f_{3/2}$ temel fazı, af temel fazı yerine de $f_{3/2}$ temel fazı gelmektedir), itici bikuadratik etkileşmeli karma spin-2 ve spin-5/2 Ising sisteminde [100] (bu çalışmada i temel fazı yerine i_3 temel fazı, af temel fazı yerine de i_4 temel fazı gelmektedir) elde edilmiştir. Şekil 3.18(b)' ye benzer faz diyagramı daha önce iki katlı karma spin-2 ve spin-5/2 sisteminde [91] (bu çalışmada i temel fazı yerine nm temel fazı ve i temel fazı yerine yüzey (sf) temel fazı gelmektedir), iki katlı kare örgü üzerinde spin-1/2 Ising modelinde [92] (bu çalışmada i temel fazı yerine f temel fazı ve i temel fazı yerine telafi (c) temel fazı gelmektedir) elde edilmiştir. Şekil 3.18(c)' ye benzer faz diyagramı daha önce kare örgü üzerinde karma spin-1/2 ve spin-1 Ising sisteminde [6] (bu çalışmada i temel fazı yerine f temel fazı gelmektedir), kinetik karma spin-1 ve spin-2 Ising sistemi [27], kinetik spin-1/2 Ising modelinde [29] (bu çalışmada i temel fazı yerine f temel fazı gelmektedir), kinetik spin-3/2 BC modelinde [48] (bu çalışmada i temel fazı yerine $f_{3/2}$ temel fazı gelmektedir), kinetik spin-3/2 Blume-Emery-Griffiths (BEG) modelinde [49] (bu çalışmada i temel fazı yerine $f_{3/2}$ temel fazı gelmektedir), kinetik spin-2 BC modelinde [50] (bu çalışmada i temel fazı yerine f_2 temel fazı gelmektedir), kinetik spin-2 BEG modelinde [51] (bu çalışmada i temel fazı yerine f_2 temel fazı gelmektedir), karma spin-1 ve spin-5/2 Ising sisteminde [86] (bu çalışmada i temel fazı yerine i_1 temel fazı ve i temel fazı yerine i_2 temel fazı gelmektedir), karma spin-1/2 ve spin-2 Ising sisteminde [89], karma spin-3/2 ve spin-2 Ising sisteminde [90] (bu çalışmada i temel fazı yerine i_1 temel fazı gelmektedir), iki katlı karma spin-2 ve spin-5/2 sisteminde [91] (bu çalışmada i temel fazı yerine f temel fazı ve i temel fazı yerine nm temel fazı ve yine i temel fazı yerine telafi (c) temel fazı gelmektedir), kinetik metamagnetik spin-3/2 BC modelinde [93] (bu çalışmada i temel fazı yerine $af_{3/2}$ temel fazı gelmektedir), spin-1 BEG modelinde [94] (bu çalışmada i temel fazı yerine f temel fazı gelmektedir), kolerasyonlu EFT ile spin-2 BC modelinde [95] (bu çalışmada i temel fazı yerine f_2 temel fazı

gelmektedir), spin-5/2 BC modelinde [96] (bu çalışmada i temel fazı yerine $f_{5/2}$ temel fazı gelmektedir), EFT ile kinetik spin-5/2 BC modelinde [97] (bu çalışmada i temel fazı yerine $f_{5/2}$ temel fazı gelmektedir), kinetik spin-3/2 modelinde [98] (bu çalışmada i temel fazı yerine $f_{3/2}$ temel fazı gelmektedir), kare örgü üzerinde karma spin-1 ve spin-5/2 Ising sistemi [99] (bu çalışmada i temel fazı yerine i_1 temel fazı gelmektedir), kinetik metamagnetik spin-3/2 BEG modelinde [101] (bu çalışmada i temel fazı yerine $af_{3/2}$ temel fazı gelmektedir) elde edilmiştir. Şekil 3.18(d)' ye benzer faz diyagramı daha önce iki katlı karma spin-2 ve spin-5/2 sisteminde [91] (bu çalışmada nm temel fazı yerine yüzey (sf) temel fazı gelmektedir), iki katlı kare örgü üzerinde spin-1/2 Ising modelinde [92] (bu çalışmada nm temel fazı yerine f temel fazı ve nm temel fazı yerine telafi (c) temel fazı gelmektedir) elde edilmiştir. Şekil 3.18(e)' ye benzer faz diyagramı daha önce kare örgü üzerinde karma spin-1/2 ve spin-1 Ising sisteminde [6] (bu çalışmada nm temel fazı yerine f temel fazı gelmektedir), kinetik karma spin-1 ve spin-2 Ising sistemi [27] (bu çalışmada nm temel fazı yerine i temel fazı gelmektedir), kinetik spin-1/2 Ising modelinde [29] (bu çalışmada nm temel fazı yerine f temel fazı gelmektedir), kinetik spin-3/2 BC modelinde [48] (bu çalışmada nm temel fazı yerine $f_{3/2}$ temel fazı gelmektedir), kinetik spin-3/2 Blume-Emery-Griffiths (BEG) modelinde [49] (bu çalışmada nm temel fazı yerine $f_{3/2}$ temel fazı gelmektedir), kinetik spin-2 BC modelinde [50] (bu çalışmada nm temel fazı yerine f_2 temel fazı gelmektedir), kinetik spin-2 BEG modelinde [51] (bu çalışmada nm temel fazı yerine f_2 temel fazı gelmektedir), karma spin-1 ve spin-5/2 Ising sisteminde [86] (bu çalışmada nm temel fazı yerine i_1 temel fazı ve nm temel fazı yerine i_2 temel fazı gelmektedir), karma spin-1/2 ve spin-2 Ising sisteminde [89] (bu çalışmada nm temel fazı yerine i temel fazı gelmektedir), karma spin-3/2 ve spin-2 Ising sisteminde [90] (bu çalışmada nm temel fazı yerine i_1 temel fazı gelmektedir), iki katlı karma spin-2 ve spin-5/2 sisteminde [91] (bu çalışmada nm temel fazı yerine f temel fazı ve nm temel fazı yerine telafi (c) temel fazı gelmektedir), kinetik metamagnetik spin-3/2 BC modelinde [93] (bu çalışmada nm temel fazı yerine $af_{3/2}$ temel fazı gelmektedir), spin-1 BEG modelinde [94] (bu

çalışmada nm temel fazı yerine f temel fazı gelmektedir), kolerasyonlu EFT ile spin-2 BC modelinde [95] (bu çalışmada nm temel fazı yerine f_2 temel fazı gelmektedir), spin-5/2 BC modelinde [96] (bu çalışmada nm temel fazı yerine $f_{5/2}$ temel fazı gelmektedir), EFT ile kinetik spin-5/2 BC modelinde [97] (bu çalışmada nm temel fazı yerine $f_{5/2}$ temel fazı gelmektedir), kinetik spin-3/2 modelinde [98] (bu çalışmada nm temel fazı yerine $f_{3/2}$ temel fazı gelmektedir), kare örgü üzerinde karma spin-1 ve spin-5/2 Ising sistemi [99] (bu çalışmada nm temel fazı yerine i_1 temel fazı gelmektedir), kinetik metamagnetik spin-3/2 BEG modelinde [101] (bu çalışmada nm temel fazı yerine $af_{3/2}$ temel fazı gelmektedir) elde edilmiştir. Şekil 3.19(d)' ye benzer faz diyagramı daha önce kinetik spin-1 Ising sisteminde [88] elde edilmiştir. Şekil 3.21(a)' ya benzer faz diyagramı daha önce karma spin-1/2 ve spin-3/2 Ising sisteminde [16], kinetik spin-1 Ising modelinde [88] (bu çalışmada i temel fazı yerine af temel fazı gelmektedir) elde edilmiştir. Şekil 3.21(b)' ye benzer faz diyagramı daha önce kinetik spin-1 Ising sisteminde [88] (bu çalışmada af temel fazı yerine nm temel fazı gelmektedir) elde edilmiştir.

Elde edilen faz diyagramlarından, Şekil 3.5(c)-(g), Şekil 3.6(a)-(b), Şekil 3.7(d)-(e), Şekil 3.8(a)-(b), Şekil 3.9(b)-(d), Şekil 3.10(a)-(c), Şekil 3.11(a)-(e), Şekil 3.12(a)-(d), Şekil 3.13(a)-(c), Şekil 3.14(a)-(d), Şekil 3.15(a)-(f), Şekil 3.16, Şekil 3.17(a)-(d), Şekil 3.19(a)-(c), Şekil 3.20, Şekil 3.22, Şekil 3.23(a)-(c), Şekil 3.24(a)-(c), Şekil 3.25(a)-(b), Şekil 3.26(a)-(e), Şekil 3.27(a)-(d), Şekil 3.28(a)-(d)' deki dinamik faz diyagramları (70 adet) ilk defa bu sistem için elde edilmiştir.

Karma spin-1 ve spin-2 Ising sisteminin faz diyagramları incelendiğinde, sistemin davranışının kuvvetli bir şekilde etkileşme parametrelerine bağlı olduğu açık olarak görülmektedir. Bu karma spin sisteminden elde edilen sonuçlardan anlaşılacağı üzere, üzerinde çalışılan sistemin spin değerleri ne kadar yüksek ve etkileşim parametreleri ne kadar fazla olursa bu sistemleri çalışmak zorlaşmakla beraber elde edilen dinamik faz diyagramları da o kadar zengin olmaktadır.

Son olarak, birinci-derece faz geçiş çizgilerinin ve aynı zamanda dinamik özel noktaların en azından bazılarının ortalama-alan yaklaşımının sınırlamalarından ve

spin korelasyonları dikkate alınmadığından dolayı yapay olduklarının güçlü bir olasılık olduğunu belirtmek gerekir. Bununla birlikte bu çalışma, karma spin-1 ve spin-2 Ising sisteminin ilginç bir davranışa sahip olduğunu da önermektedir. Bu yüzden biz umuyoruz ki detaylı teorik araştırmamızın kinetik Monte Carlo (MC) simülasyonları ya da renormalizasyon-grup (RG) hesaplamaları gibi daha hassas teknikler kullanılarak dengesiz ya da karma Ising sisteminde DFG çalışmak için daha ileri çalışmaları tetikleyebilir. Dinamik MC metodu sonuçları daha güvenilir olmasına rağmen genellikle bilgisayar hızına bağlı olarak kısıtlandığı belirtilmelidir. Bu yüzden sonuçlarımız dinamik MC simülasyonları kullanırken aranan kritik davranışın zaman gereken işlemler için eğitici olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Ma, S.K., *Modern Theory of Critical Phenomena*, Benjamin, New York, 1976.
2. Ma, S.K., *Statistical Mechanics*, World Scientific Publishing Co, 1985.
3. Buendía, G.M., Liendo, J.A., Monte Carlo Simulation of a Spin-2 spin-1/2 Ising Ferrimagnet, *J. Phys: Condens. Matter*, 9, 5439–5448, 1997.
4. Buendía, G.M., Novotny, M.A., Numerical Study of a Mixed Ising Ferrimagnetic System, *J. Phys: Condens. Matter*, 9, 5951–5964, 1997.
5. Zhang, Y.F., Yan, S.L., The Phase Diagrams and Compensation Behaviors of Mixed Spin Blume-Capel Model in a Trimodal Magnetic Field, *Phys. Lett. A*, 372, 2696–2700, 2008.
6. Buendía, G.M., Machado, E., Kinetics of a Mixed Ising Ferrimagnetic System, *Phys. Rev. E*, 58, 1260–1265, 1998.
7. Keskin, M., Canko, O., Polat, Y., Dynamic Phase Transitions in the Kinetic Mixed Spin-1/2 and Spin-1 Ising Ferrimagnetic System under a Time-Dependent Magnetic Field, *J. Korean Phys. Soc.*, 53, 497–504, 2008.
8. Godoy, M., Figueiredo, W., Mixed-Spin Ising Model with One- and Two-Spin Competing Dynamics, *Phys. Rev. E*, 61, 218–222, 2000.
9. Godoy, M., Figueiredo, W., Critical Behavior of the Mixed-Spin Ising Model with Two Competing Dynamics, *Phys. Rev. E*, 65, 026111–026118, 2002.
10. Godoy, M., Figueiredo, W., Nonequilibrium Antiferromagnetic Mixed-Spin Ising Model, *Phys. Rev. E*, 66, 036131–036136, 2002.
11. Ekiz, C., Keskin, M., Magnetic Properties of the Mixed Spin-1/2 and Spin-1 Ising Ferromagnetic System, *Physica A*, 317, 517–534, 2003.
12. Godoy, M., Figueiredo, W., Competing Dynamics in the Mixed-Spin Ising Model with Crystal-Field Interaction, *Physica A*, 339, 392–402, 2004.
13. Godoy, M., Leite, V.S., Figueiredo, W., Mixed-spin Ising Model and Compensation Temperature, *Phys. Rev. B*, 69, 054428–054434, 2004.
14. Keskin, M., Ertas, M., Mixed-Spin Ising Model in an Oscillating Magnetic Field and Compensation Temperature, *J. Stat. Phys.*, 139, 333–344, 2010.
15. 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.

16. Keskin, M., Deviren, B., Canko, O., Dynamic Compensation Temperature in the Mixed Spin-1/2 and Spin-3/2 Ising Model in an Oscillating Field on Alternate Layers of Hexagonal Lattice, *IEEE Trans. Magn.*, 45, 2640–2643, 2009.
17. 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, 051130–051138, 2008.
18. Keskin, M., Kantar, E., Dynamic Compensation Temperatures in the Mixed Spin-1 and Spin-3/2 Ising System under a Time-Dependent Oscillating Magnetic Field, *J. Magn. Magn. Mater.*, 322, 2789–2796, 2010.
19. 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.
20. Keskin, M., Ertaş, M., Existence of a Dynamic Compensation Temperature of a Mixed Spin-2 and Spin-5/2 Ising Ferrimagnetic System in an Oscillating Field, *Phys. Rev. E*, 80, 061140–061150, 2009.
21. Weng, X.M., Li, Z.Y., Transverse-Random-Field Mixed Ising Model with Arbitrary Spins, *Phys. Rev. B*, 53, 12142–12147, 1996.
22. Iwashita, T., et al., Mixed Ising Spin System with Higher-Order Spin Interaction, *J. Magn. Magn. Mater.*, 226-230, 577–578, 2001.
23. Zhang, Q., et al., Effective-field Theory and Monte Carlo Study of a Layered Mixed Spin-1 and Spin-2 Ising System on Honeycomb Lattice, *J. Magn. Magn. Mater.*, 280, 14–22, 2004.
24. Albayrak, E., Yiğit, A., The critical Behavior of the Mixed Spin-1 and Spin-2 Ising Ferromagnetic System on the Bethe Lattice, *Physica A*, 349, 471–486, 2005.
25. Wei, G.Z., Gu, Y.W., Liu, J., Mean-field and Monte Carlo Studies of a Mixed Spin-1 and Spin-2 Ising System with Different Anisotropies, *Phys. Rev. B*, 74, 024422–024427, 2006.
26. Deviren, B., Ertaş, M., Keskin, M., The effective-field Theory Studies of Critical Phenomena in a Mixed Spin-1 and Spin-2 Ising Model on Honeycomb and Square Lattices, *Physica A*, 389, 2036–2047, 2010.
27. Keskin, M., Ertaş, 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, 025501–025511, 2009.
28. Glauber, R.J., Time-Dependent Statistics of the Ising Model, *J. Math. Phys.*, 4, 294–307, 1963.

29. Tomé, T., Oliveira, M.J., Dynamic Phase Transition in the Kinetic Ising Model under a Time-Dependent Oscillating Field, *Phys. Rev. A*, 41, 4251-4254, 1990.
30. Mendes, J.F.F., Lage, E.J.S., Dynamics of the Infinite Ranged Potts Model, *J. Stat. Phys.*, 64, 653-672, 1991.
31. Acharyya, M., Nonequilibrium Phase Transition in the Kinetic Ising Model: Critical Slowing Down and the Specific-Heat Singularity, *Phys. Rev. E*, 56, 2407-2411, 1997.
32. Chatterjee, A., Chakrabarti, B.K., Fluctuation Cumulant Behavior for the Field-Pulse-Induced Magnetization-Reversal Transition in Ising Models, *Phys. Rev. E*, 67, 046113-046117, 2003.
33. Sides, S.W., Rikvold, P.A., Novotny, M.A., Kinetic Ising Model in an Oscillating Field: Finite-Size Scaling at the Dynamic Phase Transition, *Phys. Rev. Lett.*, 81, 834-837, 1998.
34. Sides, S.W., Rikvold, P.A., Novotny, M.A., Kinetic Ising Model in an Oscillating Field: Avrami Theory for the Hysteretic Response and Finite-Size Scaling for the Dynamic Phase Transition, *Phys. Rev. E*, 59, 2710-2729, 1999.
35. Korniss, G., et al., Dynamic Phase Transition, Universality, and Finite-Size Scaling in the Two-Dimensional Kinetic Ising Model in an Oscillating Field, *Phys. Rev. E*, 63, 016120-016134, 2001.
36. Korniss, G., Rikvold, P.A., Novotny, M.A., Absence of First-Order Transition and Tricritical Point in the Dynamic Phase Diagram of a Spatially Extended Bistable System in an Oscillating Field, *Phys. Rev. E*, 66, 056127-056138, 2002.
37. Chakrabarti, B.K., Acharyya, M., Dynamic Transitions and Hysteresis, *Rev. Mod. Phys.*, 71, 847-859, 1999.
38. Godoy, M., Figueiredo, W., Kinetic Phase Transition in the Mixed-Spin Ising Model, *Braz. J. Phys.*, 34, 422-424, 2004.
39. Krawiecki, A., Dynamical Phase Transition in the Ising Model on a Scale-Free Network, *Int. J. Mod. Phys. B*, 19, 4769-4776, 2005.
40. Zimmer, M.F., Ising Model in an Oscillating Magnetic Field: Mean-Field Theory, *Phys. Rev. E*, 47, 3950-3955, 1993.
41. Acharyya, M., Chakrabarti, B.K., Response of Ising Systems to Oscillating and Pulsed Fields: Hysteresis, ac, and Pulse Susceptibility, *Phys. Rev. B*, 52, 6550-6568, 1995.
42. Acharyya, M., Nonequilibrium Phase Transition in the Kinetic Ising Model: Is the Transition Point the Maximum Lossy Point?, *Phys. Rev. E*, 58, 179-186, 1998.

43. Fujisaka, H., Tutu, H., Rikvold, P.A., Dynamic Phase Transition in a Time-Dependent Ginzburg-Landau Model in an Oscillating Field, *Phys. Rev. E*, 63, 036109-036119, 2001.
44. Tutu, H., Fujiwara, N., Landau Theory of Dynamic Phase Transitions and Systematic Perturbation Expansion Method for Getting Phase Diagrams, *J. Phys. Soc. Jpn.*, 73, 2680-2696, 2004.
45. Khorrami, M., Aghamohammadi, A., Dynamical Phase Transition of a One-Dimensional Kinetic Ising Model with Boundaries, *Phys. Rev. E*, 65, 056129-056133, 2002.
46. 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, 036125-036134, 2005.
47. 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.
48. 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, 011110-011119, 2006.
49. Canko, O., Deviren, B., Keskin, M., Dynamic Phase Transition in the Kinetic Spin-3/2 Blume-Emery-Griffiths Model in an Oscillating Field, *J. Phys. Condens. Matter*, 18, 6635-6653, 2006.
50. Keskin, M., Canko, O., Ertaş, M., Kinetics of the Spin-2 Blume-Capel Model under a Time-Dependent Oscillating External Field, *J. Exp. Theor. Phys.*, 105, 1190-1197, 2007.
51. Ertaş, M., Canko, O., Keskin, M., Dynamic Phase Transition in the Kinetic Spin-2 Blume-Emery-Griffiths Model in an Oscillating Field, *J. Magn. Mater.*, 320, 1765-1774, 2008.
52. Jang, H., Grimson, M.J., Hysteresis and the Dynamic Phase Transition in Thin Ferromagnetic Films, *Phys. Rev. E*, 63, 066119-066128, 2001.
53. Jang, H., Grimson, M.J., Hall, C.K., Dynamic Phase Transitions in Thin Ferromagnetic Films, *Phys. Rev. B*, 67, 094411-094421, 2003.
54. Jang, H., Grimson, M.J., Hall, C.K., Exchange Anisotropy and the Dynamic Phase Transition in Thin Ferromagnetic Heisenberg Films, *Phys. Rev. E*, 68, 046115-046119, 2003.
55. Machado, E., et al., Response of a Catalytic Reaction to Periodic Variation of the CO Pressure: Increased CO₂ Production and Dynamic Phase Transition, *Phys. Rev. E*, 71, 016120-016126, 2005.

56. Yasui, T., et al., Dynamic Phase Transitions in the Anisotropic XY Spin System in an Oscillating Magnetic Field, *Phys. Rev. E*, 66, 036123-036140, 2002.
57. Yasui, T., et al., Erratum: Dynamic Phase Transitions in the Anisotropic XY Spin System in an Oscillating Magnetic Field, *Phys. Rev. E*, 67, 019901-1, 2003.
58. Samoilenko, Z.A., et al., Dynamic Phase Transition in Amorphous YBaCuO Films under Ar Laser Irradiation, *Inorg. Mater.*, 39, 836–842, 2003.
59. Jiang, Q., Yang, H.N., Wang, G.C., Scaling and Dynamics of Low-Frequency Hysteresis Loops in Ultrathin Co Films on a Cu(001) Surface, *Phys. Rev. B*, 52, 14911–14916, 1995.
60. Kleemann, W., et al., Dynamic Phase Transitions in Ferroic Systems with Pinned Domain Walls, *Phase Trans.*, 78, 811–816, 2005.
61. Gedik, N., et al., Nonequilibrium Phase Transitions in Cuprates Observed by Ultrafast Electron Crystallography, *Science*, 316, 425–429, 2007.
62. Robb, D.T., et al., Evidence for a Dynamic Phase Transition in [Co/Pt]₃ Magnetic Multilayers, *Phys. Rev. B*, 78, 134422–134432, 2008.
63. Kanuga, K., Çakmak, M., Dynamic Phase Diagram Derived from Large Deformation Non-Linear Mechano-Optical Behavior of Polyethylene Naphthalate Nanocomposites, *Polymer*, 48, 7176–7192, 2007.
64. Néel, L., Magnetic Properties of Ferrites: Ferrimagnetism and Antiferromagnetism, *Ann. Phys.*, 3, 137–184, 1948.
65. Shieh, H.P.D., Kryder, M.H., Magneto-Optic Recording Materials with Direct Overwrite Capability, *Appl. Phys. Lett.*, 49, 473–475, 1986.
66. Kaneyoshi, T., The Relation Between Compensation Temperature and Anisotropy in a Ferrimagnetic Bilayer System with Disordered Interfaces, *Solid State Comm.*, 93, 691-695, 1995.
67. Machado, E., Buendia, G.M., Metastability and Compensation Temperatures for a Mixed Ising Ferrimagnetic System, *Phys. Rev. B*, 68, 224411-224417, 1995.
68. Boechat, B., et al., Renormalization-Group Magnetization of a Ferrimagnetic Ising System, *Physica A*, 304, 429-442, 2002.
69. Buendia, G.M., Cardona, W., Monte Carlo Study of a Mixed spin-3/2 and spin-1/2 Ising Ferrimagnetic Model, *Phys. Rev. B*, 59, 6784-6789, 1999.

70. Oitmaa, J., Ferrimagnetism and the Existence of Compensation Points in Layered Mixed Spin (1/2,1) Ising Models, *Phys. Rev. B*, 72, 224404-224408, 2005.
71. Benayad, N., Lahcini, N., Fathi, A., Magnetic Properties of Mixed Spin Ising System with Modified Surface-Bulk Coupling: Monte Carlo Treatment, *M. J. Condens. Matter*, 8, 33-36, 2007.
72. Bobák A., Jaščur, M., Ferrimagnetism in Diluted Mixed Ising Spin Systems, *Phys. Rev. B*, 51, 11533-11537, 1995.
73. Jiang, W., Wei, G.Z., Zhang, Z.D., Tricritical Behavior and Magnetic Properties for a Mixed Spin-1 and Spin-3/2 Transverse Ising Model with a Crystal Field, *Phys. Rev. B*, 68, 134432-134439, 2003.
74. Bobák, A., et al., The Ferrimagnetic Mixed Spin-1/2 and Spin-1 Ising System on Layered Honeycomb Lattice, *Czech. J. Phys.*, 52, 127-130, 2002.
75. Albayrak, E., The Critical and Compensation Temperatures for the Mixed Spin-1 and Spin-2 Ising Model, *Physica B: Condens. Matter*, 391, 47-53, 2007.
76. Ekiz C., Erdem, R., Effect of Crystal-Field Potential on Compensation Temperature of a Mixed Spin-1/2 and Spin-1 Ising Ferrimagnetic System, *Phys. Lett. A*, 352, 291-295, 2006.
77. Mařařovská, S., Thermodynamic Properties of the Exactly Solvable Mixed spin-S and Spin-1 Ising Model with Four-Spin Interactions on Doubly Decorated Planar Lattices, *Physica A*, 386, 194-204, 2007.
78. Mařařovská, S., Jaščur, M., Re-entrant Transitions and Multi compensation Phenomena of the Exactly Solvable Mixed Spin-S and Spin-1/2 Ising Model on Decorated Planar Lattices, *Physica A*, 383, 339-350, 2007.
79. Leite, V.S., Godoy, M., Figueiredo W., Finite-Size Effects and Compensation Temperature of a Ferrimagnetic Small Particle, *Phys. Rev. B*, 71, 094427-094433, 2005.
80. Chern, G., et al., Antiparallel State, Compensation Point, and Magnetic Phase Diagram of Fe₃O₄/Mn₃O₄ Superlattices, *Phys. Rev. B*, 63, 094421–094425, 2001.
81. Kageyama, H., et al., Weak Ferrimagnetism, Compensation Point, and Magnetization Reversal in Ni(HCOO)₂ Center Dot 2H₂O, *Phys. Rev. B*, 67, 224422–224428, 2003.
82. Chikazumi, S., *Physics of Ferromagnetism*, Oxford University Press, Oxford, 1997.

83. Mansuripur, M., Magnetization Reversal, Coercivity, and the Process of Thermomagnetic Recording in Thin Films of Amorphous Rare Earth-Transition Metal Alloys, *J. Appl. Phys.*, 61, 1580-1587, 1987.
84. Strečka, J., Exact Results of a Mixed spin-1/2 and Spin-S Ising Model on a Bathroom Tile (4–8) Lattice, Effect of Uniaxial Single-Ion Anisotropy, *Physica A*, 360, 379-390, 2006.
85. Temizer, Ü., Korkmaz, T., Dynamic Compensation Temperature in the Kinetic spin-2 Ising Model in an Oscillating Magnetic Field on Alternate Layers of a Hexagonal Lattice, *Eur. Phys. J. B*, 85, 330-339, 2012.
86. Özkılıç, A., Temizer, Ü., Dynamic Phase Transitions and Compensation Temperatures in the Mixed Spin-1 and Spin-5/2 Ising System on Alternate Layers of a Hexagonal Lattice, *J. Magn. Magn. Mater.*, 330, 55-65, 2013.
87. Temizer, Ü., Özkılıç, A., Dynamic Compensation Temperature in the Kinetic spin-5/2 Ising Model on the Hexagonal Lattice, *Chin. Phys. B*, 22, 037501-037510, 2013.
88. Temizer, Ü., Keskin, M., Canko, O., Dynamic Compensation Temperature in the Kinetic Spin-1 Ising Model in an Oscillating External Magnetic Field on Alternate Layers of a hexagonal Lattice, *J. Magn. Magn. Mater.*, 321, 2999-3006, 2009.
89. Keskin, M., Canko, O., Güldal, S., Phase Diagrams of a Nonequilibrium Mixed Spin-1/2 and Spin-2 Ising Ferrimagnetic System Under a Time-Dependent Oscillating Magnetic Field, *Phys. Lett. A*, 374, 1-7, 2009.
90. 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, 3905-3912, 2009.
91. Ertaş, M., Keskin, M., Dynamic Magnetic Behavior of the Mixed-Spin Bilayer System in an Oscillating Field within the Mean-Field Theory, *Phys. Lett. A*, 376, 2455-2466, 2012.
92. Canko, O., Kantar, E., Keskin, M., Nonequilibrium Phase Transition in the Kinetic Ising Model on a Two-Layer Square Lattice under the Presence of an Oscillating Field, *Physica A*, 388, 28-40, 2009.
93. Keskin, M., Canko, O., Kırak, M., Phase Diagrams of the Kinetic Metamagnetic Spin-3/2 Blume-Capel Model in an Oscillating External Field, *Phys. Stat. Sol. b*, 244, 3775-3788, 2007.
94. Canko, O., Temizer, Ü., Keskin, M., Dynamic Phase Transition in the Kinetic Blume-Emery-Griffiths Model in an Oscillating External Field, *Int. J. Mod. Phys. C*, 17, 1717-1737, 2006.

95. Ertaş, M., Deviren, B., Keskin, M., Dynamic Phase Transitions and Dynamic Phase Diagrams of the Spin-2 Blume-Capel Model under an Oscillating Magnetic Field within the Effective-Field Theory, *J. Magn. Magn. Mater.*, 324, 704-710, 2012.
96. Deviren, B., Keskin, M., Canko, O., Dynamic Phase Transition and Dynamic Phase Diagrams in the Spin-5/2 Blume-Capel Model under a Time-Dependent Oscillating External Field, *Phase Trans.*, 82, 683-698, 2009.
97. Ertaş, M., Keskin, M., Deviren, B., Dynamic Phase Transitions and Dynamic Phase Diagrams in the Kinetic Spin-5/2 Blume-Capel Model in an Oscillating External Magnetic Field: Effective-Field Theory and the Glauber-Type stochastic Dynamics Approach, *J. Magn. Magn. Mater.*, 324, 1503-1511, 2012.
98. Keskin, M., Canko, O., Kırak, M., Dynamic Dipole and Quadrupole Phase Transitions in the Kinetic Spin-3/2 Model, *J. Stat. Phys.*, 127, 359-380, 2007.
99. Keskin, M., Canko, O., Batı, 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.
100. Ertaş, M., Keskin, M., Deviren, B., Multicritical Dynamic Phase Diagrams and Dynamic Hysteresis Loops in a Mixed Spin-2 and Spin-5/2 Ising Ferrimagnetic System with Repulsive Biquadratic Coupling: Glauber Dynamic Approach, *J. Stat. Phys.*, 146, 1244-1262, 2012.
101. Kırak, M., Canko, O., Keskin, M., Dynamic Dipole and Quadrupole Phase Transitions in the Kinetic Metamagnetic Spin-3/2 Blume-Emery-Griffiths Model, *Z. Naturforsch. A*, 64a, 185-199, 2009.
102. Canko, O., Deviren, B., Keskin, M., Critical Behaviour of a Mixed Ferrimagnetic Ternary Alloy on the Bethe Lattice, *JETP Lett.*, 87, 633-638, 2008.
103. Deviren, B., Canko, O., Keskin, M., Magnetic Properties of the Mixed Ferrimagnetic Ternary Systems with a Single-Ion Anisotropy on the Bethe Lattice, *J. Magn. Magn. Mater.*, 321, 1231-1239, 2009.

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında İstanbul’ da doğan Tuğba KORKMAZ, orta ve lise öğrenimini sırasıyla Ülkü İlköğretim Okulu ve Vefa Poyraz Lisesinde tamamlamıştır. 2007 yılında kazandığı Bozok Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünü 2011 yılında başarıyla bitirmiştir.

2011 yılında yüksek lisans eğitimine Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalında başlamıştır.

Journal of Magnetism and Magnetic Materials (Cilt:324, Sayfa:3876-3886, Yıl:2012) ve European Physical Journal B (Cilt:85, Sayfa:330-339, Yıl:2012) dergilerinde yayınlanmış iki adet makalesi bulunmaktadır. Ayrıca, Türk Fizik Derneğinin 29. Uluslararası Fizik Kongre’ sinde bir adet bildiri sundu.

İletişim Bilgileri

Adres : Yeni cami mah. Söğütlüdere cad. Bağkur evleri A Blok No:66/8

66100 YOZGAT

Telefon: (212) 476 11 16

Faks: (212) 475 90 80

E-posta: fzktuba@gmail.com