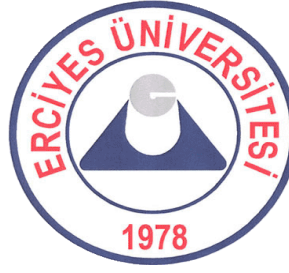


T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ



**YOL İHTİMALİYET METODU KULLANILARAK SPİN-1/2 VE SPİN-1 İSİNG
SİSTEMLERİNDEKİ DİNAMİK FAZ GEÇİŞLERİ VE DİNAMİK FAZ DİYAGRAMLARI**

Proje No: FBA-2012-4121

Proje Türü
Araştırma Projesi

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü
Prof. Dr. Mustafa Keskin
Fen Fakültesi / Fizik Bölümü

Araştırmacı
Doç. Dr. Mehmet Ertaş
Fen Fakültesi / Fizik Bölümü

Ekim 2015
KAYSERİ

ÖNSÖZ

Fiziksel kooperatif sistemlerin dengeli davranışları, dengeli istatistik fiziğin çatısı altında şu anda yeterince iyi bilindiği halde, bu kooperatif sistemlerin dengesiz özellikleri, karmaşıklığından dolayı, ne teorik ne de deneysel olarak henüz çok iyi bilinmemektedir. Dengesiz sistemlerdeki ilginç ve önemli problemlerden birisi, mekanizması henüz titiz bir şekilde araştırılmamış ve temel fenomenolojisi hâla geliştirilememiş olan, dengesiz veya dinamik faz geçişi (DFG) sıcaklıklarının hesaplanması ve dinamik faz diyagramlarının elde edilmesidir. Bu projede, bu meydan okuyucu zamana-bağlı problemlerin, özellikle DFG noktalarının hesaplanması ve dinamik faz diyagramlarının elde edilmesi, üstesinden gelinmesi ve çözümlerine katkıda bulunulması amaçlanmıştır. Bu önemli konuya katkıda bulunmak için, fiziksel kooperatif olayların açıklanmasında en fazla kullanılan modellerden olan spin-1/2 ve spin-1 Ising sistemlerindeki DFG noktaları yol ihtimaliyet metodu kullanılarak hesaplandı ve farklı düzlemlerde dinamik faz diyagramları elde edildi. Sonuçlar kapsamlıca tartışılarak, benzer teorik ve deneysel çalışmalarla karşılaştırıldı, güzel, kuantitatif, uyum gözlendi.

Bu projeyi yaparken birçok olumsuzluklar ile karşılaştık. Projeye, başladığımız yıl, birçok fizik bölümlerinin kapanışına şahit olduk. Bu kapanışların getireceği sonuç ise artık fizik bölümlerinde kadro bulmanın çok zor olmasıydı. Bu nedenle, projede çalışması planlanan Yüksek Lisans öğrencisi Nurullah Soykan, Yüksek Lisans Öğrenciliğini ve projede çalışmayı bırakıp, Ankara'da Özel bir lisede öğretmenliğe başladı. Doktora öğrencisi Yusuf Kocakaplan'ının morali iyice bozulup, projede çalışmayıp bir an önce doktorasını tamamlayıp ayrıldı. Araş. Gör. Dr. Mehmet Ertaş ise uzun zaman kadro bulma sıkıntısı çektiğinden morali bozuk olarak, fakat yine de çok özverili olarak projede çalıştı. Bu olumsuzluklara rağmen, bu anda DOÇ. Ünvanını alan, Doç. Dr. Mehmet Ertaş'ın da çok özverili çalışmasıyla, proje başarıyla tamamlandı ve projeden üç tanesi SCI kapsadığında dergilerde olmak üzere dört tane uluslararası makale üretildi. Ayrıca, birisi davetiyeli, ikisi sözlü biriside poster olmak üzere dört tane uluslararası sunum yapıldı. Bildirilerin, üç tanesi yurt dışında bir tanesi de yurt içinde sunuldu. Ümit ederiz ki, bu proje ve çıktıları DFG üzerinde çalışan teorik ve deneyci meslektaşlarımıza faydalı olur ve aynı zamanda yeni ve daha kaliteli çalışmalara ışık tutar.

Bu projenin tamamlanmasında ve üretilen makale ve bildirilerde, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Proje No: FBA-2012-4121 verdiği maddi desteğin çok önemli rolü olmuştur. Bu destek olmasaydı, bu şekilde çıktılar üretmek mümkün olmayacaktı. Ayrıca, birimde görev yapan idarecilerimizin ve çalışan personellerimizin; çok özverili ve çok iyi niyetli çalışmaları bizlerin işlerini çok kolaylaştırmış ve yukarıda belirtilen olumsuzlukları bir nevi gidermiştir. Bu nedenle, verilen maddi destek için ve aynı zamanda birimde görev yapan bütün idarecilerimize ve personellerimize içteklilikle teşekkürlerimizi sunarım.

Saygılarımla,

Ekim, 2015

Mustafa Keskin

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.	ii
ÖZET.	1
ABSTRACT.	2

BÖLÜM I

GİRİŞ

I. 1. GİRİŞ.	3
-------------------	---

BÖLÜM II

SPİN- 1/2 ISING MODELİ	6
------------------------------	---

BÖLÜM III

SPİN-1 ISING MODELİ

III. 1. SPİN-1 BLUME CAPEL SİSTEMLERİ.	7
III. 2. SPİN-1 BLUME-EMERYGRIFFITHS MODELİ	7
III. 3. SPİN- 1BLUME-CAPELMODELININ DİNAMİK MAGNETİK HİSTERİSİZ DAVRANIŞI	8

BÖLÜM IV

IV. SONUÇ VE ÖNERİLER	9
KAYNAKLAR.	10
EKLER.	13

ÖZET

Zamana bağılı salınımlı dış manyetik alan altında spin-1/2 ve spin-1 Ising sistemlerinin dinamik davranışı Kikuchi tarafından geliştirilen yol ihtimaliyet metoduyla (YİM) incelendi. YİM ile ortalama düzen parametreleri için elde edilen dinamik denklemler çözülerek sistemlerde meydana gelen düzensiz, düzenli ve mixed fazlar bulundu. The dinamik faz geçişlerinin (DFG) doğasını karakterize etmek (sürekli ve süreksiz) ve DFG sıcaklıklarını bulmak için de dinamik düzen parametrelerinin sıcaklık davranışlarını inceledik. Farklı düzlemlerde dinamik faz diyagramları sunuldu ve bu faz diyagramlarının, sistemlere ve sistem parametrelerine bağılı olmak üzere, dinamik üçlü kritik notla, çift kritik nokta, kritik son nokta, üçlü ve dörtlü noktalar ve reentrant davranışlar sergiledikleri gözlemlendi. Biz aynı zamanda, elde ettiğimiz dinamikfaz diyagramlarını Glauber stokastik-type dinamik temelli ortalama alan teorisi ve etkin-alan teorisi ile elde edilen faz diyagramlarıyla karşılaştırıldı ve tartışıldı. Spin-1 Blume-Capel modelinde meydana gelen dinamik histerisiz davranışları da YİM ile inceledik ve bulduğumuz sonuçlar bazı teorik ve deneysel sonuçlarla iyi uyum, quantatıflı, içinde olduğu gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: Spin-1/2 ve spin-1 Ising sistemleri; Dinamik faz geçişleri; Dinamik Faz diyagramları; Histerisiz davranışlar; Yol ihtimaliyet metodu.

ABSTRACT

We study the dynamic phase transitions (DPTs) in the spin-1/2 and Spin-1 Ising systems under an oscillating external magnetic field by using the path probability method (PPM) of Kikuchi. The phases in the systems are obtained by solving the dynamic equations for the average order parameters and a disordered phase, ordered phase and mixed phases are found. We also investigate the thermal behavior of the dynamic order parameters to analyze the nature of dynamic transitions as well as to obtain the dynamic phase transition (DPT) temperatures. The dynamic phase diagrams are presented in different planes in which exhibit the dynamic tricritical point, double critical end point, critical end point, quadrupole point, triple point as well as the reentrant behavior, strongly depending on the system and the values of the system parameters. We compare and discuss the dynamic phase diagrams with dynamic phase diagrams that were obtained within the Glauber-type stochastic dynamics based on the mean-field theory and effective-field theory. We also studied the dynamic magnetic hysteresis behavior of the spin-1 Blume-Capel model under the presence of an oscillating magnetic field within the PPM and we observed that our results are in a good, quantitative, agreement with some theoretical and experimental results.

Keywords: Spin-1/2 and spin-1 Ising systems; Dynamic phase transitions, Dynamic phase diagrams, hysteresis behaviors, path probability method

BÖLÜM I

I.1. GİRİŞ

Spin-1/2 ve spin-1 Ising modelleri bir çok kooperatif fiziksel sistemlerin termodinamik davranışlarını incelemek için kullanılmakta olan prototip sistemlerin en önemlilerindendir. Ising modellerindeki denge faz geçişlerinin fiziki dengeli istatistik fizikte geliştirilen ve iyi bilinen yöntemlerle kapsamlıca incelenmiş ve dolayısıyla denge faz geçişleri iyice anlaşılmış veya bilinmektedir. Son yıllarda ise bu konudaki araştırmaların yönü, farklı sistemlerde özellikle Ising modellerindeki dengesiz veya dinamik faz geçiş (DFG) sıcaklıklarının hesaplanması ve dinamik faz diyagramlarının elde edilmesine yönelmiştir ki bu çalışmalar dengesiz sistemlerdeki ilginç önemli problemlerden birisidir. Aynı zamanda, DFG sıcaklıklarının mekanizması henüz yeterli bir şekilde araştırılmamış ve temel fenomenolojisi hala geliştirilememiştir. DFG için deneysel deliller çok ince ferromanyetik filmlerde, YBaCuO filmlerde, $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ süperiletken bileşiminde ve PEN (polietilen naftalin) nanobilesiklerinde gözlenmiştir.

En basit sistem olan spin-1/2 Ising sistemi ilk defa 1920'de Lenz'in öğrencisi Ising tarafından, ferromanyetizma problemleri üzerine çalışırken, tanımlandı. 1920-1970 arasında birçok fiziksel kooperatif olayları bu model kullanılarak incelendi. Dengesiz davranışı 1960 yıllarından sonra incelenmeye başlandı ve bu modelin dengesiz davranışı incelenirken de dengesiz istatistik fizikteki bazı önemli yöntemlerde tanıtıldı. İlk önemli dikkate değer çalışma Glauber [1] tarafından yapıldı, Glauber spin-1 Ising sisteminin dinamiğini incelerken önemli dengesiz istatistik yöntemini geliştirdi. Daha sonra Glauber yöntemi veya bu yöntemin değişik varyasyonları ile bu sistemin davranışları kapsamlıca incelendi [2]. Diğer dikkate değer çalışmada Kikuchi [3] tarafından geliştirilen yol ihtimaliyet yöntemiyle modelin dengesiz davranışının incelenmesidir. Bu dinamik yöntemin, nokta dağılımlı yol ihtimaliyet yöntemi (bu yöntemde spin dalgalanmaları ilişkilerini hesaplamalara katılmaz) ve çift dağılımlı ihtimaliyet yöntemi (spin dalgalanmaları ilişkilerini hesaplamalara katılır ve genelde zamana bağlı çift yaklaşığı (ZBÇY) yöntemi diye adlandırılır) gibi iki önemli versiyonu vardır. Spin-1/2 Ising modelin çok daha kapsamlı dinamiği, Meijer ve arkadaşları [4] tarafından ZBÇY yöntemiyle kapsamlıca yapıldı. Tersinmez termodinamiğin Onsager teorisi [5], Kawasaki dinamiği [6] ve zamana bağlı Ginzburg-Landau denklemleriyle de [7] modelin dengesiz davranışı incelenmiş ve değişik fiziksel olaylar açıklanmaya çalışılmıştır. Spin-1/2 Ising modelinin DFG sıcaklıklarının hesaplanması ve dinamik faz diyagramlarının elde edilmesi ilk defa Tomê ve Oliveira [8] tarafından Glauber geçiş oranları temelli dinamik ortalama-alan yaklaşığı (DOAY) ile yapılmıştır. Çalışma sonucunda, sistemde birinci- ve ikinci -derece geçişler meydana geldiği ve aynı zamanda sistemin üçlükritik davranış sergilediğini bulunmuştur. Yakın zamanda modelde gözlenen dinamik üçlükritik nokta aynı yöntemle kapsamlıca Acharyya ve Acharyya [9] tarafından yapılmıştır. Sistemin basit olusundan dolayı dinamik Monte Carlo (DMC) hesaplaması, sisteme kolayca uygulanmış, DFG sıcaklıkları ve DFG ile ilgili fiziksel olaylar çok kapsamlıca incelenmiştir [10]. DMC ile yapılan çalışmalar ise, spin-1/2 Ising modelinde yalnız ikinci-derece faz dönüşümü meydana geldiği bulundu. Bu sonuç ise, Tome ve Oliveira [8] çalışmalarında gözlenen birinci- derece faz geçiş sıcaklıkları ve üçlükritik noktanın DOAY kaynaklı ve yapay olarak karşılaşılan faz geçiş sıcaklıkları ve üçlü kritik noktalar olduğunu gösterdi.

Son yıllarda spin-1/2 Ising modellerindeki DFG sıcaklıklarını spin dalgalanmaları ilişkilerini (correlations) hesaplamalara katan Glauber geçiş oranları temelli dinamik etkin-alan teorisiyle (DEAT) birçok çalışma yapılmıştır ve yapılmaya da devam edilmektedir. Bu çalışmalardan ilki, Shi ve arkadaşları tarafından salınımlı dış manyetik alan varlığında kare ve kübik örgü üzerinde spin-1/2 Ising sisteminin dinamik davranışlarını araştırmak için yapıldı [11].

Deviren ve arkadaşları [12], Shi ve arkadaşlarının [11] çalışmasında gördükleri eksikliklerden dolayı bu sistemi çok daha kapsamlı bir şekilde aynı yöntemle incelediler. Çalışmalarında sistemin, $F + P$ karma fazının w açısız frekansının bütün değerleri için açığa çıktığını ve manyetik alanın yüksek ve sıcaklığın düşük değerleri için dinamik üçlü kritik nokta sergilediğini gözlemlerken Shi ve arkadaşları çalışmalarında bu gerçekleri gözlemleyememişlerdir. Deviren ve Keskin [13], iki alt örgülü spin-1/2 Ising metamagnet sisteminin dinamik faz diyagramlarını salınımlı dış manyetik alan altında DEAY kullanarak sırasıyla bal peteği, kare ve altıgen örgüler üzerinde elde ettiler. Shi ve Gei [14], salınımlı dış manyetik alan altında, transfer manyetik

alanında spin-1/2 Ising modelinin dinamik özelliklerini araştırdılar. Transfer alanın kritik sıcaklığı üzerine etkisini araştırdılar ve sistemin dinamik faz diyagramlarını elde ettiler. Costabile ve de Sousa [15] rastgele seçilmiş alan varlığında üç boyutlu spin-1/2 Ising modelindeki faz geçişleri, DEAY kullanarak basit kübik örgü üzerinde araştırdılar ve sistemin dinamik faz diyagramlarını (T, h) düzleminde sundular. Yüksel ve arkadaşları [16] üç boyutlu rasgele-alan spin-1/2 Ising modelinin dinamik özelliklerini salınımlı dış manyetik alan varlığında araştırdılar. Sistemin dinamik faz diyagramlarını elde edip, sistemdeki dinamik faz geçişlerinin doğasını karakterize ettiler ve sistemde mevcut olan fazları elde etmek için ortalama miknatıslanmanın zamana bağlı davranışlarını araştırdılar. İkinci derece basit sistem olan spin-1 Ising sistemleri ilk defa 1960'lı yıllarda tanımlanan ve zamanımıza kadar en fazla kullanılan modellerden birisidir. Bu noktayı belirtelim ki bilineer (J) ve kristal alan (D) etkileşme Hamiltonyenli spin-1 Ising modeli Blume-Capel (BC) modeli; J, D ve bikuadratik etkileşme (K) Hamiltonyenli spin-1 Ising modeli Blume-Emery-Griffiths (BEG) modeli ve J ve K etkileşmeli modelde izotropik BEG modeli diye adlandırılır. İzotropik BEG modelinin dinamiği üzerine ilk çalışma Obakata [17] tarafından yapıldı. Obakata, Glauber'in bir-boyutlu spin-1/2 Ising modelinin dinamiğini incelemeye kullandığı yöntemi izotropik BEG modeline uygulayarak durulma zamanlarını elde etmiş ve alinganlığın sıcaklığa bağıllığını incelemiştir. Tanaka ve Takahashi [18], DOAY yöntemi ile yine izotropik BEG modelinin dinamiğini incelemiştir. Yöntemin basitliğinden dolayı bazı dinamik davranışlar bu çalışmada gözlenememiştir. Batten ve Lemberg [19] ise DOAY yöntemindeki Zwanzig-Nakajima [20] projeksiyon işlemli formalizmi kullanarak, BEG modelinin dinamik davranışını incelemişler ve bazı önemli dinamik davranışları gözlemişlerdir. Farklı etkileşme parametreleri alınarak dinamik davranış incelenseydi, daha ilginç sonuçlar elde edilebilirdi. Saito ve Müler-Krumbhaar [21], zamana bağlı Ginzburg-Landau teorisini kullanarak antiferromagnetik BEG modelinin kinetiğini incelemiş ve kristal büyütme olayını açıklamada kullanmıştır. Oğuz [22], Kawasaki dinamiğini kullanarak BEG modelinin dinamiğini incelemiş ve yüzey difüzyon problemine uygulamıştır. Achiam [23], gerçek uzay renormalizasyon grup tekniğini kullanarak BEG modelinin dinamiğini incelemiş ve dinamiksel üstelleri bulmuştur. Keskin ve çalışma arkadaşları [24, 25], spin-1 Ising modellerinin dinamiğini nokta dağılımlı yol ihtimaliyet yöntemi ile incelemişler ve özellikle faz dönüşüm sıcaklıkları yakınlarında düzen parametrelerinin durulma eğrilerinin davranışlarını kapsamlıca araştırmışlardır. Bu incelemelerde, yarı kararlı durumların düzlük özellikleri, "Overshooting" olayı ve sistemlerin yarı kararlı durumlarda durulması veya bazen yarı kararlı durumlardan kararlı durumlara geçişleri açık olarak gösterilmiştir. Yine Keskin ve arkadaşları, bu çalışmalarının [22, 23] sonuçlarını da kullanarak spin-1 Ising modellerinin yarı kararlı faz diyagramlarını ve düzen parametrelerinin kararsız durumlarının geçirdiği birinci-ve ikinci-derece faz geçiş noktalarını elde etmişlerdir [25, 26]. Keskin ve arkadaşları [27] zayıf etkileşmeli spin-1 Ising sisteminin dinamik davranışını Glauber modelinin modife versiyonu ile incelemişler ve durulma zamanlarını elde etmişler ve bunların davranışlarını incelemişlerdir. Erdem ve Keskin [28], izotropik BEG modelinin dinamik davranışını tersinmez termodinamiğin Onsager teorisile incelemişler ve özellikle durulma zamanlarının faz dönüşüm noktaları civarındaki davranışlarını sunmuşlardır. Bu davranışlar kritik üsteller cinsinden de açıklanmıştır. Daha sonra izotropik BEG sisteminde ses dalgalarının yayılması ve ses azalmalarını kapsamlıca incelemişlerdir [29]. Keskin ve arkadaşları, ZBÇY yöntemiyle de spin-1 Ising modellerinin dinamiğini kapsamlıca incelemişler [30] ve aynı zamanda denge faz diyagramları yanısıra yarı kararlı faz diyagramlarını ve düzen parametrelerinin kararsız durumlarının geçirdiği birinci- ve ikinci derece faz dönüşüm noktalarını elde etmişlerdir [31]. Spin-1 Ising sistemlerindeki DFG sıcaklıklarının hesaplanması ve farklı düzlemlerde dinamik faz diyagramlarının Glauber geçiş oranları temelli DOAY ile elde edilmesi çalışmaları ilk defa Keskin ve arkadaşları [32] tarafından yapılmıştır. Son yıllarda spin-1 Ising modellerindeki DFG sıcaklıklarını spin dalgalanmaları iliksilerini (correlations) hesaplamalara katan Glauber geçiş oranları temelli DEAY ile birtakım çalışma yapılmıştır ve yapılmaya da devam edilmektedir. Bu çalışmalardan ilki, Shi ve Wei [33] tarafından zamana bağlı salınımlı dış manyetik alan altında, bal peteği örgüsü üzerinde spin-1 Blume-Capel (BC) sisteminin dinamik özelliklerini araştırmak için yapıldı. Bu çalışmalarında sistemin dinamik özelliklerinin kristal alan etkileşme parametresine güçlü bir şekilde bağlı olduğunu buldular. Gülpınar ve arkadaşları [34], seyreltik tek iyon anisotropili spin-1 BC modelinin dinamik faz diyagramlarını salınımlı dış manyetik alanın varlığında kare örgü üzerinde elde ettiler. Deviren ve Keskin [35], spin-1 BC modelinin dinamik manyetik histeresis davranışını ve dinamik faz geçişlerini salınımlı dış manyetik alan varlığında araştırdılar.

Son olarak bu noktaları belirtelim ki, DFG çalışmaları Ising modellerinin yanısıra birçok sistemler için yapılmıştır. Örneğin, Heisenberg spin sistemleri [36], XY modeli [37], CO oksitlenmesi için Ziff-Gunlari-Burshad model [38], spin- 2 Ising sistemleri [39], mixed spin Ising modelleri [40], Bose-Habbord model [41], thin ferromanyetik films [42], negotiation dynamics [43], lattice models [44], heterogeneous nucleations [45], Bose-Einstein yoğunlaşması [46], Josephson junction [47], süperiletkenlik [48]. Bu noktayı da belirtelim ki birkaç çalışma hariç bütün bu çalışmalarda, DFG sıcaklıkları ve bazı DFG ile ilgili olaylar incelenmiş fakat sistemlerin dinamik faz diyagramları elde edilmemiştir. Hâlbuki faz diyagramlarının elde edilmesi bu gibi konularda çok önem arz ettiğinden önümüzdeki yıllarda faz diyagramlarının elde edilme çalışmaları önemli ve ilginç sahaları olusturacaktır. Diğer taraftan, deneysel olarak DFG sıcaklıkları çok ince Co/Cu(001) [49], Cu/Pt [50] manyetik filmlerde, ferroik (ferromanyetler, ferroelektrikler, ferroelastikler) sistemlerde ve çok ince manyetik filmlerde [51], amorf YBaCuO filmlerinde [52] gibi bir çok sistemde gözlenmiştir. Bunlara ilaveten DFG'lerin evrenin ilk yaradılışının açıklanmasında rol oynayabileceği de düşünülmektedir [53]. Bunlara ilaveten, Berkolaiko ve Grinfeld [54], spin-1/2 Ising modeli için DOAY ile elde edilen diferansiyel denklemin analizini yaparak DFG tiplerini tespit etmişler ve özellikle üçlükritik noktanın meydana gelis kriterlerini kapsamlıca incelemişlerdir. Bu bilim insanları, bu çalışmalarının sonuç bölümünde, grubumuz tarafından yayımlanan Phys. Rev. E (2005) ve Phys. Rev. E (2006) çalışmaları cite etmişler. Özetle, kendi geliştirdikleri teori, sayet bizim bu iki çalışmada elde ettiğimiz diferansiyel denklemlere uygulandığında daha karmasık ve ayrılım (bifurcation) faz diyagramları elde edileceğini vurgulamışlardır. Bu çalışmaya ilaveten, Ma ve Wang [55], DFG teorisini geliştirmeye çalıştırmaktadırlar; faz geçişlerini tip-I (sürekli, ikinci-derece), tip-II (süresiz veya atlama, birinci-derece) ve tip-III (karma geçişler) şeklinde sınıflandırmışlardır. Bu sınıflandırma ise, bizim önceki çalışmalarımızda yaptığımız sınıflandırmamızla tam uyumludur. L. Viola ve arkadaşları [56], izotropik olmayan XY Spin-1/2 Ising modellerindeki dinamik kuantum faz geçişlerini araştırmışlardır. Son yıllarda, hem spin-1/2 (bkz. Kaynaklar [57-63] ve içlerindeki kaynaklar) ve hem de spin-1 (bkz. Kaynaklar [62-68] ve içlerindeki kaynaklar) Ising sistemleri nano malzemelerin manyetik özelliklerini incelemeye kullanılmaktadır.

Literatürde bu kadar kapsamlı çalışmalar olmasına rağmen, spin-1/2 ve spin-1 Ising sistemlerinin DFG sıcaklıkları ve dinamik faz diyagramları Kikuchi tarafından geliştirilen yol ihtimaliyet metoduyla (YİM) elde edilmediğinden; literatürdeki bu eksiklikler bu proje kapsamında yapılmış ve literatüre kazandırılmıştır. Gelecek bölümlerde görüleceği gibi ilginç, yeni ve önemli fiziksel sonuçlar elde edildi. YİM, dengesiz istatistiksel fizikte geliştirilen birkaç önemli yöntemden birisi olup birçok geçek sistemlere ve Ising modellerine başarıyla uygulanmış ve uygulanmaktadır. Bu projemizde, literatürdeki bu eksikliği gidermek için spin- 1/2 ve spin-1 Ising sistemlerinin DFG sıcaklıklarının ve dinamik faz diyagramlarının YİM ile incelenmesi ve elde edilmesi kapsamlıca yapıldı. Sonuçlar literatürdeki mevcut sonuçlarla karşılaştırılarak ve bu dinamik yöntemlerin avantaj ve dezavantajları detaylıca tartışıldı. Bu çalışmalara ilaveten, spin-1 Blume-Capel modelinde meydana gelen dinamik histerisiz davranışları da YİM ile incelendi ve elde edilen sonuçların bazı teorik ve deneysel sonuçlarla iyi uyum, quantatifli, içinde olduğu gözlemlendi.

Üç bölümden oluşan bu projenin ilk bölümü giriş bölümü olup, Bölüm II'de, spin-1/2 sisteminin DFG sıcaklıkları elde edildi ve dinamik faz diyagramları indirgenmiş sıcaklık (T) ve manyetik alan genlik (h) düzleminde, (T, h), sunuldu ve kapsamlıca tartışıldı. Bölüm III'de ise spin-1 Blume-Capel ve spin-1 Blume-Emery-Griffths sistemlerinin DFG sıcaklıkları elde edildi ve dinamik faz diyagramları (T, h), (T, d) (d indirgenmiş kristal alan etkileşme parametresi) ve (T, k) ($k=k_2/k_1$ oran sabitleri) düzlemlerinde sunuldu ve kapsamlıca tartışıldı. Ayrıca, spin-1 Blume-Capel modelinde meydana gelen dinamik histerisiz davranışları da YİM ile incelendi ve sonuçlar tartışıldı. Son bölümde, çok kısa ve maddeler halinde sonuç ve öneriler sunulmuştur.

BÖLÜM II

SPİN- 1/2 ISING MODELİ

Spin-1/2 Ising modeli, Ising sistemleri içinde en basit ve şimdiye kadar en fazla kullanılan modeldir. Modelin dinamik davranışı yol ihtimaliyet metoduyla (YİM) incelendi. İlk olarak, ortalama mıknatıslanmanın sıcaklığa (T) göre davranışı kapsamlıca incelendi ve sistemde paramagnetik (P), ferromagnetik ve karışık (P+F) fazları meydana geldiği bulundu. İkinci, olarak dinamik mıknatıslanmanın sıcaklığa göre davranışı incelenerek the dinamik faz geçişlerinin (DFG) doğası karakterize edildi (birinci ve ikinci dereceden faz geçişleri) ve DFG sıcaklıkları elde edildi. Son olarakta, the dinamik faz diyagramları indirgenmiş sıcaklık (T) ve manyetik alan genlik (h) düzleminde, (T, h), sunuldu ve kapsamlıca tartışıldı. YİM ile elde edilen dinamik denklem, Glauber stokastik-type dinamik temelli ortalama alan teorisiyle, dinamik ortalama alan teorisi (DOAT) diyede adlandırılmaktadır, elde edilen denklemle tam aynı olduğu bulundu. Yalnız, YİM ile bu denklemin daha kolay elde edildiği gözlemlendi. Faz diyagramları çok detaylı incelendi, çok yüksek sıcaklıklarda iki tane ve daha düşük sıcaklıklarda bir tane dinamik üçlü kritik nokta sergilemektedir. Çok çok düşük sıcaklıklarda, sistem yalnız birinci dereceden faz geçişi geçirmektedir. Faz diyagramları, Glauber stokastik-type dinamik temelli ortalama alan teorisiyle, dinamik etkin-alan teorisi (DEAT) diyede adlandırılmaktadır, bulunan sonuçlarla karşılaştırdı ve farklılıklar ve benzerlikler detaylıca tartışıldı. Bu bölüm çıktıları, **Phase Transition 87, 376-386 (2014)**'de yayınlanmıştır (**Bknz. Ek. 1**). Çok daha kapsamlı bilgiler bu yayında olduğundan, burada tekrar verilmemiştir.

BÖLÜM III

SPİN-1 ISING SİSTEMLERİ

III.1. SPİN-1 BLUME CAPEL MODELİ

Spin-1 Blume-Capel, kısaca Blume-Capel (BC) modeli diye adlandırılır ve modelin dinamik YİM incelendi. Spin-1/2 modelinde yapılan çalışmalara benzer incelemeler yapıldı ve sistemde paramagnetik (P), ferromagnetik ve karışık (P+F) fazları meydana geldiği bulundu. Dinamik faz diyagramları üç ayrı düzlemde, (T, h), (T, d) ve (T, k) d indirgenmiş kristal alan parametresi ve $k=k_2/k_1$ oran sabitleri, elde edildi. Bu dinamik faz diyagramları kapsamlıca tartışıldı ve DOAT ve DEAT ile elde edilen faz diyagramlarıyla karşılaştırması yapıldı. YİM dinamik denklemlerin, DOAT ve DEAT metodlarına göre daha kolay elde edildiği gözlemlendi. YİM'in kullanılmasının diğer önemli avantajı ise iki farklı oran sabitinin tanımlanması ve dinamik denklemlerin çiftlenimli olarak bulunmasıdır. Diğer taraftan, $k_2=k_1=1/\tau$ alındığında, YİM ile elde edilen denklemler, DOAT ile elde edilen denklemlere indirgendiği bulundu. YİM'in DEAT'ye göre tek dezavantajı ise correlasyon etkisinin hesaplamalara katılmamasıdır. Bu kesim çıktıları, **Physica A 411, 42-52 (2014)**'de yayınlanmıştır (**Bknz. Ek. 2**). Çok daha kapsamlı bilgiler bu yayında olduğundan, burada tekrar verilmemiştir. Çalışma aynı zamanda, 37. Senelik Yoğun Madde ve Malzeme Konferansında, Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW, Avustralya, 5-8 Şubat, 2013, POSTER olarak sunulmuştur (**Bknz. Ek-3**). Bu çalışmanın bir bölümü, Bölüm III – 2 nin bir kısmıyla birleştirilerek, Türk Fizik Derneği 30. Uluslararası Fizik Kongresi, 2-5 Eylül 2013, İstanbul, SÖZLÜ sunum olarak sunuldu (**Bknz. Ek-4**). Çok daha kapsamlı bilgiler bu çalışmada sunulduğundan, burada tekrar verilmemiştir.

III. 2. SPİN-1 BLUME-EMERYGRIFFITHS MODELİ

Spin-1 Blume-Emery-Griffiths modele, genel olarak Blume-Emery-Griffiths (BEG) modeli diye adlandırılır ve modelin de dinamik YİM incelendi. Spin-1/2 modelinde yapılan çalışmalara benzer incelemeler yapıldı ve sistemde düzensiz (D) ve ferromanyetik (F) temel fazların yanı sıra, F + FQ, FQ + D, F + D, F + FQ + D, FQ ferroquadropol veya basitçe quadropol faz, karma fazlar bulundu. Fazlar arası dinamik faz sınırları birinci-derece ve ikinci-derece faz geçiş çizgilerinden oluşmaktadır. Sistemin dinamik faz diyagramları yine üç farklı düzlemde, (T, h), (d, T) ve (K, T), K indirgenmiş biquadratik etkileşim parametresi, sunuldu. Etkileşim parametrelerine bağlı olarak, sistemde üçlükritik nokta dışında, dinamik çift kritik son nokta, dinamik dörtlü nokta, dinamik üçlü nokta gibi özel kritik noktalar da gözlemlenmiştir. Bu dinamik faz diyagramları kapsamlıca tartışıldı ve DOAT ve DEAT ile elde edilen faz diyagramlarıyla karşılaştırması yapıldı. YİM dinamik denklemlerin, DOAT ve DEAT metodlarına göre daha kolay elde edildiği gözlemlendi. YİM'in kullanılmasının diğer önemli avantajı ise iki farklı oran sabitinin tanımlanmasıdır. Diğer taraftan, $k_2=k_1=1/\tau$ alındığında, YİM ile elde edilen denklemler, DOAT ile elde edilen denklemlere indirgendiği bulundu. YİM'in DEAT'ye göre tek dezavantajı ise correlasyon etkisinin hesaplamalara katılmamasıdır. Bu kesim çıktıları, **J. Magn. Magn. Mater. 377, 386-394, 2015** dergisinde yayınlanmıştır (**Bknz. Ek-5**). Daha kapsamlı bilgiler bu çalışmadan elde edilebilir. Çalışma aynı zamanda, **20. İstatistiksel Fizik Toplantısında (27-29 Haziran 2013, Erciyes Üniversitesi, Kayseri), SÖZLÜ BİLDİRİ** olarak sunulmuştur (**Bknz. Ek-6**). Bu noktayı üzümlerle belirtelim ki, teşekkür diğer projemizin numarasına (FBA 2013 – 4411) yapılmış. **Phase Transition 88, 634-647 (2015)** de yayınlanan çalışmamız ise genelde FBA 2013 – 4411 proje kapsamında desteklendiği halde, karıştırılarak bu projemizin destek numarası yazılmış. Bu karışıklıktan dolayı BAP yetkililerine üzüntülerimizi sunarız. Her iki projede grubumuz tarafından yapıldığından anlaşılır karşılanmasını bekleriz.

III. 3. SPİN- 1 BLUME-CAPEL MODELİNİN DİNAMİK MAGNETİK HİSTERİSİZ DAVRANIŞI

Son yıllarda, dinamik manyetik histerisiz (DMH) davranışlarının incelenmesi hem teorik bilim insanlarının ve hem de deneysel bilim insanlarının üzerinde yoğun şekilde çalıştığı önemli konulardan birisidir. Sebebi ise, DMH davranışlarının yüksek frekans gerektiren cihazlar ve benzeri gibi aletlerin yapımında önemli rolü olmasıdır. Projemizin bu parçasında, YİM, spin-1 Blume Capel (BC) modeline uygulanarak, modelde oluşan DMH histerisiz döngüler (loops) kapsamlıca incelendi. YİM'da iki tane oran sabiti olduğundan, bu incelemeler DMAT ve DEAT metodlarıyla yapılan incelemelere göre çok daha kapsamlı olduğu ve daha ilginç sonuçlar verdiği gözlemlendi. Ayrıca, sonuçların deneysel çalışmalarla, özellikle aşırı hızlı soğutma deney çalışmaları, karşılaştırması daha kolay olduğu gözlemlendi. Bu nedenle, deneysel çalışmalara daha fazla ışık tutacağını umit etmekteyiz. Bu bakımından da önemi gözlemlendi. Özetle: (1). Sıcaklık yükseldikçe, histerisiz döngü alanları büyüdüğü, belli bir sıcaklıktan sonra ufaldığı gözlemlendi. (2) Oran sabitleri histerisiz davranışları üzerine çok fazla etkisi olduğu gözlemlendi. Bu sonuç, hem teorik ve hemde deneysel çalışmalarda gözlenmiştir. Oran sabitleri arttıkça, önce histerisiz döngü alanların arttığı ve belli büyüklükten sonra histerisiz alanların azaldığı bulundu. Bu sonuç ise deneysel çalışmalarla tam uyumludur. Bu alt bölümüm çıktıları, 21. TheIIER Uluslararası Konferans, 11 Nisan, 2015, Melbourne, Avustralya'da DAVETİYELİ konuşma olarak sunulmuş **(Bknz. Ek-7 ve 8)**. Çalışma, toplantıda beğenildiğinden DÜZENLEME ORGANİZASYONUNUN çıkardığı dergide, **International Journal of Advanceds in Science Engineering and Technology 3, 41-44 (2015) (Bknz. Ek-9) direk basılmıştır**. Çok daha kapsamlı bilgiler bu çalışmada verildiğinden, burada tekrar verilmemiştir.

BÖLÜM IV

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bulunan sonuçlar:

Her bir sistem için bulunan sonuçlar ve karşılaştırmaları, yapılan yayınlain sonuç ve tartışma bölümlerinde kapsamlıca verildiğinden, burada özetle maddeler halinde verilecek.

- 1- Spin -1 sistemleri, spin-1 sistemlerine göre daha zengin ve ilginç dinamik faz diyagramları vermektedir.
- 2- YİM, spin-1/2 modeli için DOAT ile aynı sonuç verdiği bulundu, yalnız YİM ile sistemin dinamik davranışını açıklayan dinamik denklemler daha kolay elde edildiği gözlemlendi. Bu projede, modelin dinamiğı çok daha detaylı incelendi, daha önce bulunmayan beş yeni ve ilginç dinamik faz diyagramı bulundu
- 3- Spin- 1BC ve spin-1 BEG sistemleri için YİM ile elde edilen dinamik denklemler $k_2=k_1=1/\tau$ için DOAT ile bulunan dinamik denklemlere indirgendiği gözlemlendi. Oran sabitlerin, dinamik faz diyagramlarına etkisinin de fazla olduğuda bulundu ve aynı zamanda, daha zengin, ilginç ve farklı topolojik davranış gösteren dinamik faz diyagramları bulundu. Ayrıca, bazı faz diyagramları reentrant davranışı sergilediği ve yeni F+FQ+D karma fazında meydana geldiği de gözlemlendi. Ancak, DEAT teorisinde bulunan dinamik zero kritik nokta gözlenemedi.
- 4- YİM ile spin-1BC modelinin dinamiğı iki farklı oran sabıtı ile incelendiğinden, histerisiz davranışlar bu metotla daha detaylı inceleyebileceği ve deneysel sonuçlarla, özellikle aşırı hızlı soğutma deney çalışmaları, karşılaştırmasında daha kolay ve anlaşılır olduğuda gözlemlendi.

Öneriler:

1- YİM dinamik kullanılarak değişik ve özellikle de daha karmaşık fiziksel sistemlerin, örneğin yüksek spinli değerli spin sistemle, karma spin sistemleri, vb gibi, dinamik davranışları incelenebilir ve dinamik faz diyagramları elde edilebilir.

2- YİM ile farklı ve daha karmaşık sistemlerin dinamik hysteresiz davranışları incelenerek; teorik araştırmacılar yanısıra deneyci araştırmacılara da yol gösterici ve ışık tutucu önemli çalışmalar yapılmış olur.

KAYNAKLAR

- [1] R. Glauber, Bull. Am. Phys. Soc. 5, 296 (1960); J. Math. Phys. 4, 294 (1963).
- [2] P. H. E. Meijer, T. Tanaka and J. Barry, J. Math. Phys. 3, 793 (1962); Y. Achiam, Phys. Rev. B 19, 376 (1979); E. W. Montroll, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 78 (1) 36 (1981); G. Fogacs and D. Mukamel, R.A. Pelcovits, Phys. Rev. B 30, 205 (1984); A. Crisanti and H. Sompolinsky, Phys. Rev. A 3, 4865 (1988); Z.R. Yang, Phys. Rev. B 46, 11578 (1992); J. Wang, Phys. Rev. B 47, 869 (1993); B.C.S. Grandi and W. Figueiredo, Phys. Rev. B 50, 12595 (1994); J. J. Brey and A. Prados, Phys. Rev. E 53, 458 (1996); J.H. Luscombe, M. Luban and J.P. Reynolds, Phys. Rev. E 53, 5852 (1996); T. Vojta, J. Phys. A: Math. Gen. 30, L7 (1997); 30, L643 (1997); Y. Ma and J. Liu, Phys. Lett. A 238, 159 (1998); U. L. Fulco, L.S. Lucena and G.M. Viswanathan, Physica A 264, 171 (1999); A. Prados and J.J. Brey, preprint, arXiv:cond-mat/0106236 (2001); J.J. Brey and A. Prados, preprint, arXiv:cond-mat/010232 (2001); A. Prados and J.J. Brey, J. Phys. A: Math. Gen. 34, L453 (2001); A. Bovier and F. Manzo, ArXiv:cond-mat/0107376 (2001); A. Caneschi, R. Gatteschi, N. Lalioti, C. Sangregorio, R. Sessoli, G. Venturi, A. Vindigni, A. Rettori, M.G. Pini and M.A. Novak, preprint, arXiv:cond-mat/0106224 (2001).
- [3] R. Kikuchi, Suppl. Prog. Theo. Phys. 35, 1 (1966); K. Wada, M. Kaburagi, T. Uchida and R. Kikuchi, J. Stat. Phys. 53, 1081 (1988).
- [4] P. H. E. Meijer, M. Keskin and E. Bodegom, J. Stat. Phys. 45, 215 (1986).
- [5] T. Tanaka, P. H. E. Meijer and J. H. Barry, J. Chem. Phys. 37, 1397 (1962); J. H. Barry, J. Chem. Phys. 45, 4172 (1966); J. H. Barry and D. A. Harrington, Phys. Rev. B 4, 3068 (1971).
- [6] K. Kawasaki, Phys. Rev. 145, 224 (1966).
- [7] M. F. Zimmer, Phys. Rev. E 47, 3950 (1993).
- [8] T. Tomê and M. J. Oliveira, Phys. Rev. A 41, 4251 (1990).
- [9] M. Acharyya and A. B. Acharyya, Comp. Phys. Commun. 3, 397 (2008).
- [10] P. A. Rikvold, Electrochim. Acta 36, 1689 (1991); J. D. Kimel, P. A. Rikvold and Y.-L. Wang, Phys. Rev. B 45, 7237 (1992); T. Chang, J. G. Zhu and J. Judy, J. Appl. Phys. 73, 6716 (1993); M. Lederman, G. Gibson and S. Schultz, J. Appl. Phys. 73, 6961 (1993); P. A. Rikvold and B. M. Gorman, in Annual Reviews of Computational Physics I, edited by Stauffer (World Scientific, Singapore, 1994), p. 149; S. W. Sides, P. A. Rikvold and M. A. Novotny, Phys. Rev. E 57, 6512 (1998); Phys. Rev. Lett. 81, 834 (1998); M. Acharyya, Physica A 252, 151 (1998); Phys. Rev. E 59, 2710 (1999); G. Korniss, C. J. White, P. A. Rikvold and M. A. Novotny, Phys. Rev. E 63, 016120 (2000); M. Godoy and W. Figueiredo, Phys. Rev. E 61, 218 (2000); T. Kato, Y. Ohsawa, H. Kubo and K. Zenmyo, J. Magn. Magn. Mater. 310, e531 (2007).
- [11] X. Shi, G. Wei, L. Li, Phys. Lett. A 372, 5922 (2008);
- [12] B. Deviren, O. Canko and M. Keskin, Chin. Phys. B 19, 050518 (2010).
- [13] B. Deviren and M. Keskin, Phys. Letters A 374, 3119 (2010).
- [14] X. Shi and G. Wei, Phys. Letters A 374, 1885 (2010).
- [15] E. Costabile and J. R. De Sousa, Phys. Rev. E 85, 011121 (2012).
- [16] Y. Yüksel, E. Vatansever, Ü. Akıncı and H. Polat, Phys. Rev. E 85, 051123 (2012).
- [17] T. Obakata, J. Phys. Soc. Jpn. 26, 895 (1969).
- [18] M. Tanaka and K. Takahashi, Prog. Theo. Phys. 58, 387 (1977); J. Phys. Soc. Jpn. 43, 1832 (1977).
- [19] G. L. Batten, Jr. and H. L. Lemberg, J. Chem. Phys. 70, 2934 (1979).
- [20] S. Nakajima, Prog. Theo. Phys. 20, 948 (1958); R. Zwanzig, Lect. Theo. Phys. 3, 106 (1960).
- [21] Y. Saito and H. Müller-Krumbhaar, J. Chem. Phys. 74, 721 (1981).
- [22] E. Oğuz, Surface Sci. 134, 777 (1983).
- [23] Y. Achiam, Phys. Rev. B 31, 260 (1985).
- [24] M. Keskin and P. H. E. Meijer, Physica 122, 1 (1983); M. Keskin, Physica A 135, 226 (1986); M. Keskin, M. Ari and P. H. E. Meijer, Physica A 157, 1000 (1989); M. Keskin and R. Erdem, J. Stat. Phys. 89, 1035 (1997); M. Keskin and A. Solak, J. Chem. Phys. 112, 6396 (2000).
- [25] C. Ekiz and M. Keskin, Phys. Rev. B 66, 54105 (2002).
- [26] M. Keskin and C. Ekiz, J. Chem. Phys. 113, 5407 (2000); C. Ekiz, M. Keskin, O. Yalçın Physica A 293, 215 (2001).

- [27] M. Keskin and P. H. E. Meijer, Phys. Rev. E 55, 5343 (1997); M. Keskin and O. Canko, Physica A 322, 201 (2003).
- [28] R. Erdem and M. Keskin, Phys. Rev. E 64, 26102 (2001); Phys. Stat. Sol. (B) 225, 145 (2001).
- [29] R. Erdem and M. Keskin, Phys. Lett. A 291, 159 (2001); Phys. Lett. A 291, 159 (2001); M. Keskin, and R. Erdem, Phys. Lett. A 297, 427 (2002); J. Chem. Phys. 118, 5947 (2003).
- [30] M. Keskin and P. H. E. Meijer, J. Chem. Phys. 85, 7324 (1986); A. Erdiñç and M. Keskin, Physica A 307, 453 (2002); A. Erdiñç and M. Keskin, Int. J. Mod. Phys. B19, 1603 (2004).
- [31] A. Erdiñç and M. Keskin, Phys. Lett. A 320, 28 (2003); M. Keskin and A. Erdiñç, J. Magn. Magn. Mat. 283, 392 (2004); A. Erdiñç and M. Keskin, Int. J. Mod. Phys. B 19, 1741 (2005).
- [32] M. Keskin, O. Canko and Ü. Temizer, Phys. Rev. E 72, 036125 (2005); M. Keskin, O. Canko and E. Kantar, Int. J. Mod. Phys. C 17, 1239 (2006); M. Keskin, O. Canko and Ü. Temizer, Int. J. Mod. Phys. C 17, 1717 (2006); M. Keskin, O. Canko, and Ü. Temizer, J. Exp. Theo. Phys. (JETP), 104, 936 (2007); M. Keskin, Ü. Temizer, O. Canko and E. Kantar, Phase Trans. 80, 855 (2007); Ü. Temizer, E. Kantar, M. Keskin and O. Canko, J. Magn. Magn. Mater. 320, 1787 (2008).
- [33] X. Wei and G. Wei, Physica A 391, 29 (2012).
- [34] G. Gulpinar, E. Vatansever and M. Agartioğlu, Physica A 391, 3574 (2012)
- [35] D. Deviren and M. Keskin, J. Magn. Magn. Mater. 324, 1051 (2012).
- [36] H. Jang and M. J. Grimson, Phys. Rev. E 63, 066119 (2001); H. Jang, M. J. Grimson and C. K. Hall, Phys. Rev. B 67, 094411 (2003); H. Jang, M. J. Grimson and C. K. Hall, Phys. Rev. E 68, 046115 (2003); Z. Huang, Z. Chen, F. Zhang and Y. Du, Phys. Lett. A 338, 485 (2005).
- [37] T. Yasui, H. Tutu, M. Yamamoto and H. Fujisaka, Phys. Rev. E 66, 036123 (2002); 67, 019901 (2003); A. Sen(De), U. Sen and M. Lewenstein, Phys. Rev. A 72, 052319 (2005); N. Fujiwara, T. Kobayashi and H. Fujisaka, Phys. Rev. E 75, 026202 (2007).
- [38] E. Machado, G. M. Buendía, P. A. Rikvold and R. M. Ziff, Phys. Rev. E 71, 016120 (2005).
- [39] M. Keskin, O. Canko and M. Ertas, J. Exp. Theo. Phys. (JETP) 105, 1190 (2007); M. Ertas, O. Canko and M. Keskin, J. Magn. Magn. Mater. 320, 1765 (2008).
- [40] M. Godoy and W. Figueiredo, Phys. Rev. E 61, 218 (2000); M. Godoy and W. Figueiredo, Phys. Rev. E 66, 036131 (2002); M. Godoy and W. Figueiredo, Phys. Rev. E 65, 026111 (2002); C. Ekiz and M. Keskin, Physica A 317, 517 (2003); M. Godoy, V. S. Leite and W. Figueiredo, Phys. Rev. B 69, 054428 (2004); M. Godoy and W. Figueiredo, Physica A 339, 392 (2004); M. Godoy and W. Figueiredo, Braz. J. Phys. 34, 422 (2004); V. S. Leite, M. Godoy and W. Figueiredo, Phys. Rev. B 71, 094427 (2005); M. Keskin, E. Kantar and O. Canko, Phys. Rev. E, 77 051130 (2008); M. Keskin, O. Canko and Y. Polat J. Korean Phys. Soc. 53, 497 (2008); B. Deviren, M. Keskin and O. Canko, J. Magn. Magn. Mater. 321, 458 (2009).
- [41] C. Kullath, A. Lüchli and E. Altman, Phys. Rev. Lett. 98, 180601 (2007).
- [42] H. Jang, M. J. Grimson and C. K. Hall, H. Jang, M. J. Grimson and T. B. Woolf, arXiv:cond-mat/0404686; P. Bruno, G. Bayreuter, P. Beauvillain, C. Chappert, G. Lugert, D. Renard, J. P. Renard and J. Seiden, J. Appl. Phys. 68, 5759 (1990); Q. Jiang, H.N. Yang and G. C. Wang, J. Appl. Phys. 79, 5122 (1996); H. Jang and M. J. Grimson, Phys. Rev. E 63, 066119 (2001); H. Jang, M. J. Grimson and C. K. Hall, Phys. Rev. B 67, 094411 (2003); B. C. Choi, J. Ho, G. Arnup and M. R. Freeman, Phys. Rev. Lett. 95, 237211 (2005).
- [43] A. Baronchelli, L. D. Asta, A. Barnet and V. Loreto arxiv: cond-mat/0611717 v2[cond-mat.stat-mech] 23 Jul2007.
- [44] J. Marro, J. M. Cortes, P. I. Hurtado, Comp. Phys. Commun. 147, 115 (2002); T. Vojta and M. Y. Lee, Phys. Rev. Lett. 96, 035701 (2006).
- [45] M. Iwamatsu, J. Chep. Phys. 128, 084504 (2008).
- [46] E. R. F. Ramos, L. Sanz, V. I. Yukolov and V. S. Bagnato, Phys. Rev. A 76, 033608 (2007).
- [47] M.-B. Luo and Q.-H. Chen, Eur. Phys. J. B 35, 2018 (2003); Q. -M. Nie, M.-B. Luo and Q.-H. Chen, Phys. Rev. B 74, 044523 (2006).
- [48] A. Maeda, Y. Togawa and H. Kitano, Physica C 369, 177 (2002); T. Ma and S. Wang, arXiv:07110.5036v1 [cond-mat.supr.con] 29 Oct 2007.
- [49] Q. Jiang, H. N. Yang and G. C. Wang, Phys. Rev. B 52, 14911 (1995); Q. Jiang, H. N. Yang and G. C. Wang, J. Appl. Phys. 79, 5122 (1996).
- [50] D. T. Robb, Y. H. Xu, O. Hellwig, A. Berger, M. A. Novotny and P. A. Rikvold, Phys. Rev. B 78, 134422 (2008).
- [51] W. Kleemann, T. Braun, J. Dec and O. Petravic, Phase Trans. 78, 811 (2005).

- [52] Z. A. Samoilenko, V. D. Okunev, E. I. Pushenko, V. A. Isaev, P. Gierlowski, K. Kolwas and S. J. Lewandowski, *Inorganic. Mater.* 39, 836 (2003).
- [53] T. W. B. Kibble, *J. Phys. A* 9, 1387 (1976); *Phys. Rep.* 67, 183 (1980); B. Damski and W. H. Zurek, *arXiv:condmat/ 0704.0440v1* (2007).
- [54] G. Berkolaiko and M. Grinfeld, *Phys. Rev. E* 76, 061110 (2007).
- [55] T. A. Ma, S. H. Wang, *J. Math. Phys.* 49, 053506 (2008).
- [56] S. Deng, L. Viola and G. Ortiz, *EPL* 84, 67008 (2008).
- [57] T. Kaneyoshi, *J. Magn. Magn. Mater.* 374 (2015) 321.
- [58] T. Kaneyoshi, *Physica E* 711 (2015) 84.
- [59] M. Keskin, N. Şarlı, B. Deviren, *Solid State Commun.* 151 (2011) 1025.
- [60] B. Z. Mi, H. Yu Wang, Y. S. Zhou, *J. Magn. Magn. Mater.* 322 (2010) 952.
- [61] E. Vatansever, H. Polat, *Physica A* 394 (2014) 82.
- [62] S. Bouhou, I. Essaoudi, A. Ainane, M. Saber, F. Dujardin, J.J. de Miguel, *J. Magn. Magn. Mater.* 324 (2012) 2434.
- [63] M. El Hamri, S. Bouhou, I. Essaoudi, A. Ainane, R. Ahuja, *Superlattices and Microstructures*, 80 (2015) 151.
- [64] O. Cankö, A. Erdinç, F. Taşkın, M. Atış, *Phys. Lett. A* 375 (2011) 3547.
- [65] N. Şarlı, M. Keskin, *Solid State Commun.* 152 (2012) 354.
- [66] Y. Kocakaplan, E. Kantar, M. Keskin, *Eur. Phys. J. B* 86 (2013) 420.
- [67] T. Kaneyoshi, *Physica B* 454 (2014) 204.
- [68] M. Ertaş, Y. Kocakaplan, E. Kantar, *J. Magn. Magn. Mater.* 386 (2015) 1.

EKLER

- 1- M. Ertaş, M. Keskin, “*The dynamic phase transition in the spin-1/2 Ising system within the path probability method*”, Phase Transitions 87, 375-386 (2014). **(Projeden yayın çıktısı)**
- 2- M. Ertaş, M. Keskin, *Dynamic phase diagrams of the Blume–Capel model in an oscillating field by the path probability method*”, Physica A 411, 42-52 (2014). **(Projeden yayın çıktısı)**
- 3- M. Ertaş, M. Keskin, “*Dynamic phase transitions in the spin-1 Blume-Capel model under an Oscillating magnetic field within the path probability method*”, 37th Annual Condensed Matter and Materials Meeting, 5-8 February 2013, Charles Sturt University, Wagga Wagga, NSW, Australia. **(Projeden poster bildirisi çıktısı)**
- 4- M. Ertaş, M. Keskin, “*A study of the dynamic phase transition within the path probability method of Kikuchi*”, Türk Fizik Derneği 30. Uluslararası Fizik Kongresi, 2-5 Eylül 2013, İstanbul. **(Projeden sözlü bildirisi çıktısı)**
- 5- M. Ertaş, M. Keskin, “*Dynamic phase transitions of the Blume-Emery-Griffiths model under an oscillating external magnetic field by the path probability method*”, J. Magn. Magn. Mater, 377, 386-394 (2015). **(Projeden yayın çıktısı)**
- 6- M. Ertaş, M. Keskin, “*The dynamic phase transitions and dynamic phase diagrams in the Blume-Emery-Griffiths model in an oscillating field: Path Probability Method*”, 20. İstatistiksel Fizik Günleri, 27-29 Haziran 2013, Erciyes Üniversitesi, Kayseri. **(Projeden sözlü bildirisi çıktısı)**
- 7- M. Ertaş, M. Keskin, “*Dynamic magnetic hysteresis behavior of Blume-Capel model under the presence of an oscillating magnetic field: The path probability method approach**”, 21. TheIIER International Conference, 11. April 2015, Melbourne, Australia. **(Projeden davetiyeli bildirisi çıktısı)** .
- 8- Ek-7 için **DAVETİYE ve Oturum BAŞKANLIĞI** belgesi.
- 9- M. Ertaş, M. Keskin, “*Dynamic magnetic hysteresis behavior of Blume-Capel model under the presence of an oscillating magnetic field: The path probability method approach*”, International Journal of Advances in Science Engineering and Technology 3, 41-44 (2015). **(Projeden yayın çıktısı)**