

Ultrases Uygulama Süresinin Kolesteril Oleil Karbonatın Faz Geçiş Sıcaklığına Etkisi

Dursun İnan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fizik Anabilim Dalı

Eylül 2018

The Effect Of Sonication Time On The Phase Transition Temperature Of Cholesteryl
Oleyl Carbonate

Dursun İnan

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Physics

Sep 2018

Ultrases Uygulama Süresinin Kolesteril Oleil Karbonatın Faz Geçiş Sıcaklığına Etkisi

Dursun İnan

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

Fizik Anabilim Dalı

Genel Fizik Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Gökhan Savaroğlu

Eylül 2018

ONAY

Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Dursun İNAN'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Ultrases Uygulama Süresinin Kolesteril Oleil Karbonatın Faz Geçiş Sıcaklığına Etkisi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Gökhan SAVAROĞLU

İkinci Danışman : —

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. Gökhan SAVAROĞLU

Üye: Prof Dr. Güneş Süheyla KÜRKCÜOĞLU

Üye : Prof. Dr. Müjdat ÇAĞLAR

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Gökhan SAVAROĞLU danışmanlığında hazırlamış olduğum “Ultrases Uygulama Süresinin Kolesteril Oleil Karbonatın Faz Geçiş Sıcaklığına Etkisi” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 03.09.2018

Dursun İNAN

İmza

ÖZET

Kolesteril oleil karbonat sıvı kristalinin faz geçiş sıcaklığına ultrases uygulama süresinin etkisi incelenmiştir. %50 genlikte 400 W altında, 0, 1, 2, 5, 15 ve 25 dakika süreleri boyunca ultrases uyguladığımız numunelerin polarize optik mikroskopunda faz geçiş sıcaklıkları incelenmiştir. Ayrıca bu numunelerin faz geçiş sıcaklıkları izantropik sıkıştırılabilirlik değerleri kullanılarak da belirlenmiştir. Bu iki yöntemle bulunan faz geçiş sıcaklıkları karşılaştırılmıştır ve birbirleriyle uyum içinde olduğu tespit edilmiştir. Düşük ultrases uygulama sürelerinin (1 ve 2 dakika), faz dönüşüm sıcaklığının artmasına neden olduğu gözlemlenmiştir. Smektik fazdan izotropik faza geçiş olduğu gözlemlenmiş olup numunelerin ses hızı, yoğunluk ölçümleri de yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İzantropik sıkıştırılabilirlik, ses hızı, sıvı kristaller, ultrases etki, faz geçişi.

SUMMARY

The effect of sonication time on the phase transition temperature of cholesteryl oleyl carbonate in chloroform was investigated. The phase transitions of cholesteryl oleyl carbonate were studied by means of polarizing optical microscopy (POM) and isentropic compressibility data with 400 W ultrasonic horn at an amplitude of 50% for 0,1, 2, 5, 15 and 25 mins. The phase transition behaviour was analyzed by the comparison of the results obtained from POM and isentropic compressibility data in terms of sonication time. It was seen that low sonication times (1 and 2 mins) caused the phase transition temperature to increase. It was observed the transitions from smectic phase into isotropic phase and also measured density and speeds of sound values.

Keywords: Isentropic compressibility, speed of sound, liquid crystals, ultrasonic effect, phase transition.

TEŞEKKÜR

Üzerimde emeği ve bilgisi olan, tez konumun seçimi sırasında bana yol gösteren ve hazırladığım bu çalışma süresince bilgi ve deneyimi ile çalışmama destek veren ve tüm imkanları sağlayan, değerli hocam, Sn. Prof. Dr. Gökhan SAVAROĞLU'na;

Bana akademik çalışma yapmak için eşsiz yardımlarını benden esirgemeyen bütün hocalarıma ve arkadaşlarıma tüm kalbimle teşekkür ederim.

Dursun İNAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1. Sıvı Kristallerin Tarihçesi	3
2.2. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması	5
2.3. Termotropik Sıvı Kristaller	6
2.3.1. Polimerik Sıvı Kristaller	7
2.3.2. Kalamatik Sıvı Kristaller	8
2.3.2.1. <u>Nematik fazlar</u>	8
2.3.2.2. <u>Smektik fazlar</u>	11
2.4. Nematik Sıvı Kristallerinin Yapısal Nitelikleri	12
2.4.1. Nematik Nizam Parametresi	12
2.4.2. Asal Eksen Düzeni	14
2.4.3. Sıvı Kristal Yönelimleri	15
2.5. Dielektriksel Hususlar	15
2.5.1. Dielektrik Anizotropi	16
2.6. Optik Özellikler	17
2.6.1. İkili kırınım	17
2.6.2. Konoskopik Gözlem ve Çift Kırılmanın İşareti	18

İÇİNDEKİLER(devam)

	<u>Sayfa</u>
2.7. Diamanyetik Özellikler.....	19
2.8. Elastik Özellikler	19
2.9. Viskozite Özellikleri	19
2.9.1. Miesowicz Katsayıları	20
2.10. Nematik Sıvı Kristallerde Elektrooptik Etkiler	21
2.11. Ultrases	22
2.12. Ultrases'in Kullanım Alanları.....	22
2.12.1. Ultrases'in Tıbbi Alanda Kullanımı	22
2.12.2. Ultrases'in Endüstriyel Alanda Kullanımı.....	23
2.13. Ultrases'in Etkileri.....	23
2.13.1. Fiziksel Etkileri:.....	23
2.13.2. Kimyasal Etkileri:.....	24
2.13.3. Biyolojik Etkileri	24
2.14. Ultrases Nasıl Oluşturulur?.....	24
2.15. Ultrasesin Fiziksel Özellikleri Nelerdir?	25
2.16. Ultrasonografi	26
2.17. Ultrasonografinin Avantajları.....	26
2.18. Ultrason Aygıtı	27
2.19. Ultrason Aygıtının Bölümleri	27
3. MATERYAL VE YÖNTEM	28
3.1. Deney.....	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	30
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR DİZİNİ	41

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Katı, sıvı ve sıvı kristalik fazda bulunan moleküllerin yönelimi	1
2.1. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması	6
2.2. Sıvı kristal moleküllerinin şekilleri: (a) kalamatik ve (b) diskotik.....	7
2.3. Polimerik sıvı kristallerin şekilleri: (a) ana-zincir ve (b) yan-zincir	8
2.4. Kalamatik sıvı kristallerin sıcaklığa bağlı faz geçişleri.....	8
2.5. Nematik fazda moleküllerin ipliksi dokuları	9
2.6. Nematik fazda moleküler düzen	10
2.7. Kolesterik fazda sarmal yapının gösterilmesi	10
2.8. Kolesterik fazda moleküler düzen	11
2.9. Smektik A fazında moleküler düzen	12
2.10. Termotropik sıvı kristallerde nematik düzen parametresinin S, sıcaklığın, T, işlevine ait görseli (Kumar, 2001).	13
2.11. η_1 (a), η_2 (b), η_3 (c) Miesowicz katsayıları adına yönlendirici ve süratin yönlerini gösteren geometri.....	21
3.1. Direk güç ultrasesi uygulama seti.....	29
4.1. Ultrases uygulama sürelerine göre İzotropik sıkıştırılabilirlik ve sıcaklık verileri.....	35
4.2. (a) 292,15 K ve (b) 296.15 (20x) sıcaklıklarında ultrases uygulanmayan COC'un polarize optik mikroskop görüntülerinin karşılaştırmaları.	36
4.3. (a) 296.15 K, (b) 303.15 K (20x) sıcaklıklarında 1 dakika süre ile ultrases uygulanan COC'un polarize optik mikroskop görüntülerinin karşılaştırmaları.	36
4.4. (a) 295.15 K, (b) 297.15 K, (c) 303.15 K, (d) 305.15 K (20x) sıcaklıklarında 2 dakika süre ile ultrases uygulanan COC'un polarize optik mikroskop karşılaştırmaları.....	37
4.5. (a) 295.15 K, (b) 297.15 K, (c) 298.15 K (20x) sıcaklıklarında 5 dakika süre ile ultrases uygulanan COC'un polarize optik mikroskop karşılaştırmaları	38
4.6. (a) 295.15 K, (b) 296.15 K (20x) 15 dakika süre ile ultrases uygulanan COC'un polarize optik mikroskop karşılaştırmaları	38
4.7. (a) 293.15 K, (b) 295.15 K, (c) 296.15 K (20x) sıcaklıklarında 25 dakika süre ile ultrases uygulanan COC'un polarize optik mikroskop karşılaştırmaları	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Kolesteril oleil karbonatın çeşitli sıcaklıklardaki yoğunluğu, ses hızı ve izantropik sıkıştırılabilirliği.....	31
4.2. Kolesteril oleil karbonatın faz geçiş sıcaklıklarının karşılaştırılması.....	34

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**Simgeler**

K_S	İzantropik sıkıştırılabilirlik
u	Ses Hızı
ρ	Karışımın yoğunluğu
T	Sıcaklık
K	Kelvin

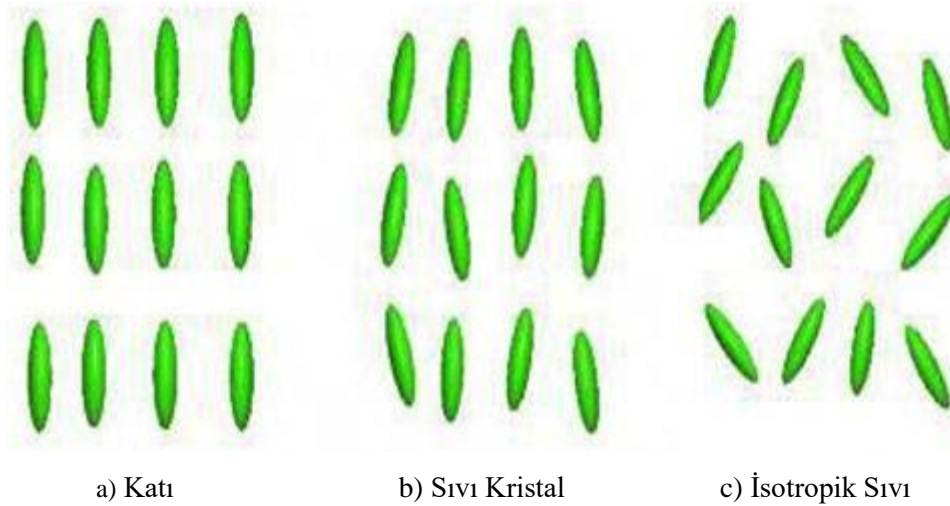
Açıklama**Kısaltmalar**

POM	Polarize Optik Mikroskop
COC	Kolesteril oleil karbonat
Hz	Hertz
GHz	Gigahertz

Açıklama

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Genel olarak okullarda katı, sıvı, gaz ve plazma olmak üzere maddenin dört hali gösterilir. Moleküller bu dört halin her birinde farklı düzenlere sahiptirler. Örneğin, moleküller katılarda sabit bir konuma ve yönelime sahiptir (Shri, 2002). Katıların molekülleri düzenli tekrarlanıyorsa kristal, molekülleri arasında uzun mesafe düzeni yoksa amorf (şekilsiz) katı olarak bilinirler. Katılar ve sıvılar arasındaki en önemli farklı özellik akışkanlıktır (Shri, 2002). Sıvıların belirli şekli ya da konumu yoktur ve buldukları kabın şeklini alırlar. Molekülleri çubuksu ve aralarındaki bağ enerjisi küçük olduğundan buharlaşabilirler. Üzerlerine etkiyen basıncı aynen iletir ve sıkıştırılmazlar. Gazlarda moleküller arasındaki bağ çok daha zayıftır. Eğer gaz halinden sonra da ısı verilmeye devam edilirse buhar iyonlaşmaya başlayabilir: elektron atomdan kaçmak için yeterli enerji elde etmiş olabilir ve bu gaz içinde serbest elektron ve iyon bulutu karışımı plazma olarak adlandırılır ve bunlarda asla faz geçişi görülmez.



Şekil 1.1. Katı, sıvı ve sıvı kristal fazda bulunan moleküllerin yönelimi

Sıvı kristaller, belirli maddelerde doğru koşullar altında maddenin beşinci halidir. Sıvı kristaller katılarla sıvılar arasında bir geçiş özelliği gösteren yapılardır. Moleküller katı kristallerdeki gibi düzenlenmiş olup yönelim düzenine sahip aynı zamanda sıvılarda olduğu gibi konum düzeni mevcut değildir. Bu nedenle sıvı kristaller katı maddelerin

moleküler düzenine sahip hem de sıvı maddelerin akış özelliklerine aynı anda sahiptir. Bu tür maddeler ‘ sıvı kristal ‘ olarak tanımlanır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Sıvı Kristallerin Tarihçesi

19. yüzyılın ortalarında Virchow (1853), Mettenheimer (1857) ve Valentin sinir lifinin suyun içinde akışkan bir maddeye dönüştüğünü ve bu suyu polarize ışık ile aydınlattıkları zaman farklı bir davranış sergilediğini gözlemlemişlerdir fakat bunun bir faz olduğunun farkına varamamışlardır (Micheal R.Fisch, 2004). 1877’ de Otto Lehmann keşfettiği polarize mikroskobu yardımıyla çeşitli maddelerin faz geçişlerini incelemiştir. Bir maddenin şeffaf sıvı halden bulanık sıvı haline geçtiğini ve daha sonra da kristalleştiğini gözlemlemiştir. Fakat O. Lehmann bunun sıvı halden kristal faza geçerken basit bir faz geçişi hatası, bir kusur olarak düşünmüştür (A. Jaklı ve A Saupe, 2006)

1888 yılında ilk olarak Avusturyalı botanikçi Friedrich Reinetzer, cholesteryl benzeoate adlı bileşiğin 145,5 °C de katı halden eriyerek bulanık bir sıvı oluşturduğunu ve sıcaklığın biraz daha artırılmasıyla 178,5 °C de aniden sıvının berraklaştığını gözlemledi (S. Chandrasekhar, 1976). Reinetzer bulanık sıvının, maddenin yeni fazı olduğunu ortaya atan ilk kişi oldu. F. Reinetzer bu çalışmalarını Alman fizikçi O. Lehmann’ a göndermiştir (Singh, Shri, 2002). Maddeyi polarize mikroskobuyla inceleyen O. Lehmann, bunun anisotropik olduğunu görmüş ve aynı zamanda p-azoxyanisole, p-azoxyphenetole, ethyl p-azoxybenzeote ve ammonium oleate gibi seri bileşiklerde de benzer özellikler bulmuştur (I. G. Chistyakov, 1966). Bu maddeler diğer sıvılar gibi akıcı olup buldukları kabın şeklini almalarına karşılık, katı kristaller gibi polarize ışıkta çift kırılma özelliğine sahip ve girişim renkleri verebilmekteydi. O. Lehmann, hem katı hem de sıvı özellikleri aynı anda taşıyan bu maddeleri ‘sıvı kristal’ olarak tanımlamıştır (Micheal R. Fisch, 2004).

O. Lehmann’ın (1889, 1900, 1904) çalışmalarından sonra Schenk (1905), Vorlander (1908) ve Friediel maddenin bu yeni fazını gösterebilen bileşiklerin sayısını artırmışlar ve çalışmaları ilerletmişlerdir (S. Chandrasekhar, 1976). 1922’de Georges Friedel sıvı kristal moleküllerinin yapısal ve yönelimsel özelliklerini baz alarak sıvı kristalleri nematik, kolesterik ve smektik olarak tanımlamıştır. Bununla da yetinmeyen Friedel, sıvı kristallerdeki elektrik ve manyetik alan etkilerini gözlemlemiştir. 1922 ile

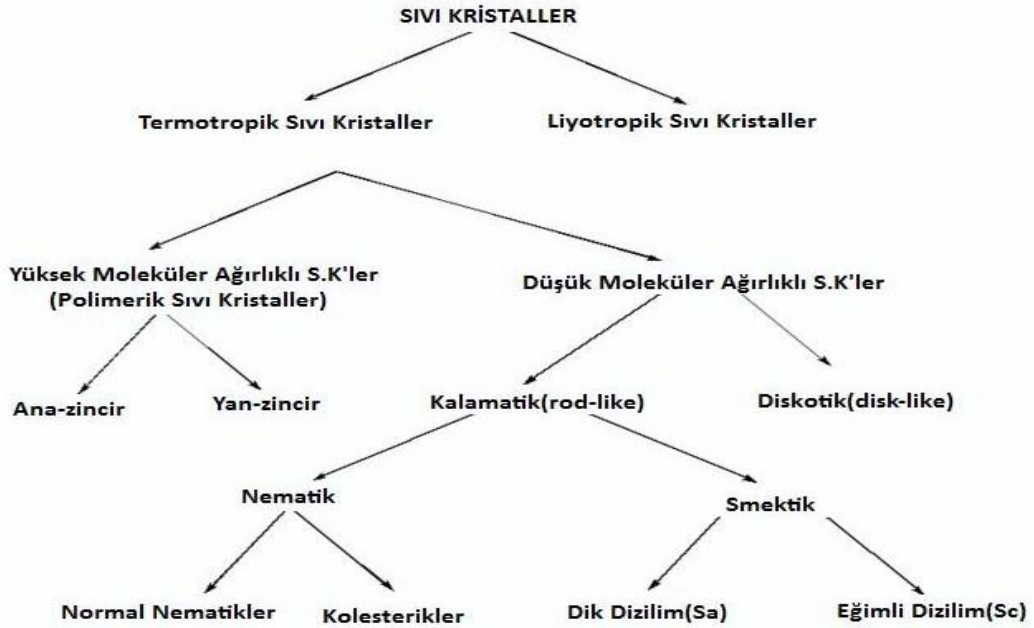
1939 yılları arasında Carl Oseen ve Dans Zocker teorik olarak çalışırken Vsevolod K. Fredericksz deneysel çalışmıştır. İkinci dünya savaşı zamanında çeşitli sebeplerden dolayı sıvı kristallerin bilimsel olarak gelişmesi yavaşlamış fakat 1950' den sonrasında bu durum değişmiştir. 1957' de Kent State Üniversitesi' nde kimya profesörü olan Glenn Brown sıvı kristallere olan ilgiyi artırmıştır. 1958' de alman bilim adamları olan Wilhelm Maier ve Alfred Saupe izotropik fazdan nematik sıvı kristal fazına geçişin mikroskobik teorisini geliştirmiştir. İngiltere'de de Gray ve Frank' ın, Sovyetler Birliği' nden I. G. Chistyakov' un çalışmaları devam etmiştir (Micheal R. Fisch, 2004).

1968 yılında Amerika Radyo Şirketi'nden iki bilim adamı ilk defa sıvı kristal göstergeyi geliştirdiler. 1971'de James Fergason, Martin Shadt ve Wolfgang Helfrich bükülmüş nematik göstergeyi icat ederek fiber optik iletişim alanında sıvı kristal uygulamaları başlamış oldu (Micheal R. Fisch, 2004). 1970' yılların sonlarında ferroelektrik sıvı kristaller ilk olarak Meyer tarafından fark edilmiştir. 1980' de Clark ve Lagerwall ferroelektrik sıvı kristal göstergeyi geliştirmiş ve dijital kamera ve cep telefonları ekranlarında uygulanması için uygun hale gelmiştir. 1977 yılında Chandrasekhar diskotik sıvı kristalleri keşfetmiştir (Crystals that flow: Tim J. Sluckin). Teorik çalışmalar da durmadı ve 1991 Nobel Ödülü alan Pierre-Gilles de Gennes, 1984 de Lev D. Landau' nun faz geçişleri teorisini genişletmiştir (David J. R. Cristaldi, Salvatore Pennisi, Francesco Pulvirenti, 2009-Liquid Crystal Display Drivers: Techniques and Circuits). 1990 yıllarının sonlarında diskotik sıvı kristaller, elektronik göstergelerdeki uygulamalarda sınırlı bulundu ve bunlar bükümlü nematik göstergenin incelenen açısını genişleten bir film levhası yapmak için kullanıldı(H. Kawamoto, 2002). 1996 yılında ise başka tuhaf ve daha karmaşık muz veya boomerang gibi sıvı kristal şekilleri eklendi(T. Niori, T. Sekine, J. Watanabe, T. Furuawa and H. Takezoe, 1996, LIQUID CRYSTALS DISPLAYS DRIVER). Kent State Üniversitesi bilim adamlarının bulguları kolloidlerin boyutlarının mikron veya nano parçacıklar boyutunda değiştirilerek sıvı kristallerin özelliklerinde büyük değişiklikler üretebileceğini ve uygulama alanlarının çeşitliliğini artıracığını göstermiştir. Son zamanlarda ise Kaszynski, sıvı kristallere 'zwitterionic sıvı kristaller' adı altında yeni bir sınıf eklemiş ve bu kimyasal bileşiklerin toplam elektrik yükü sıfır olmasına karşın içerisinde hem negatif hem de pozitif yük grupları içerdiğini göstermiştir (Science Daily, 2010).

Bundan sonra sıvı kristallere olan ilgi artmaya başlamış ve bu ilginin artmasının sebebi sıvı kristallerin kullanım alanının fazla olmasının yanı sıra sıvı kristallerin büyük bir ticari merak uyandırmasıdır. Çeşitli dış etkilere, özellikle termik, elektriksel ve manyetik alanlara, akışlara, deformasyonlara, yüzeylere vb. etkilere yüksek duyarlılık gösteren sıvı kristaller bilimde, teknikte, teknolojide ve sanayide büyük uygulama potansiyeline sahiptirler. Bu ileri teknolojik malzemeler mikroelektronik, optoelektronik, bilgi kaydetme ve okuma sistemlerinde gösterge, indikatör ve multimatriks elemanlar olarak, ve ayrıca, termografide ve tıp diagnostğinde kullanılmaktadır (Arif Nesrullazade,2007). Dijital saat, hesap makineleri, televizyon ekranları gibi bir çok alanda genellikle smektik ve nematik sıvı kristaller kullanılmıştır. Sıcaklık hassasiyetli cihazlarda, tıbbi uygulamalarda, sensör kullanımlarında, sıcaklık ölçüm çalışmalarında, kozmetikte ve dekorasyonda kolesterik sıvı kristaller kullanılırken yiyecek sanayisinde, sabun, merhem ve deterjanda ise lyotropik sıvı kristaller bulunmaktadır.(Liu, Y., Lim, Y.J., Kundu, S., Lee, S.H., Lee, G.D.,2015)

2.2. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması

Sıvı kristaller ilk kez Friedel (1922) tarafından yapısal farklılıklarına göre ‘smektik faz’ ve nematik faz’ terimlerini ilk kez kullanmış ve sınıflandırmıştır (I. G. Chistyakov, 1966). Bu sıvı kristal yapılarında arafaz, mezofaz ya da mezomorfik davranış olarak adlandırılan durum, sıvıların akışkanlığı ile birlikte katıların optik özelliklerini göstermesidir. Moleküller katılarda olduğu gibi dizilmiş fakat sıvılarda olduğu gibi hareketlidir. Sıvı kristallerin ortak özelliği hepsinin anisotropik olmalarıdır. Bu anisotropik moleküller arasındaki etkileşmeler yönelimsel düzen ya da konumsal düzen oluşturur. Sıvı kristal fazların birisinden bir diğerine geçişinde ısı ya da sıcaklık gibi yöntemler kullanılıyorsa ‘Termotropik Sıvı Kristal’ (Termotropik Mezoformizm), sıcaklık ve çözücüler kullanılırsa ‘Lyotropik Sıvı Kristaller’ (Lyotropik Mezoformizm) diye adlandırılır (S. Chandrasekhar, 1992).



Şekil 2.1. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması

2.3. Termotropik Sıvı Kristaller

Termotropik sıvı kristal fazlar belirli maddelerin ortamdaki sıcaklık değişimlerine bağlı olarak sergiledikleri fazdır (İngo Dierking, 2003). Termotropik sıvı kristaller, bileşiğin kaynama noktasının üzerinde bir sıcaklıkta kararlı oluyorsa ‘enantiotropik ’ diye adlandırılır. Bazı durumlarda sıvı kristal faz sadece kaynama noktasının altında bir sıcaklıkta kararlı olur ve sadece sıcaklığın düşürülmesiyle elde edilen bu tür fazlara da ‘monotropik’ denir (Birenda Bahadur, 1990). Günümüzde sıvı kristal yapıların karakterizasyonlarında ve tanımlanmasında birçok analitik teknikler vardır. Bunların sınıflandırılması için yapılarına, mikroskobik incelemelerine ve karıştırılabilirlik özelliklerine dikkat edilir (Shri Singh,David. Dunmur 2002). Termotropik sıvı kristallerin, moleküler ağırlıkları yüksek olanlar polimerik sıvı kristaller olarak adlandırılırken, moleküler ağırlıkları düşük olanlar ise kalamatik sıvı kristaller ve diskotik sıvı kristaller olarak adlandırılır. Bunların dışında yarım disk şekli, kova şekli, halka, vb. gibi farklı molekül geometrileri de saptanmıştır (YURIY A. GARBOVSKIY). Bu genel sınıflandırmanın alt fazları ise, sıvı kristal moleküllerinin düzenine göre bazı parametrelerle tanımlanmıştır. Bu üç parametre şu şekilde özetlenebilir: **konumsal düzen**; molekül veya molekül gruplarının gösterdiği dönüşüm simetrisinin ortalama derecesini,

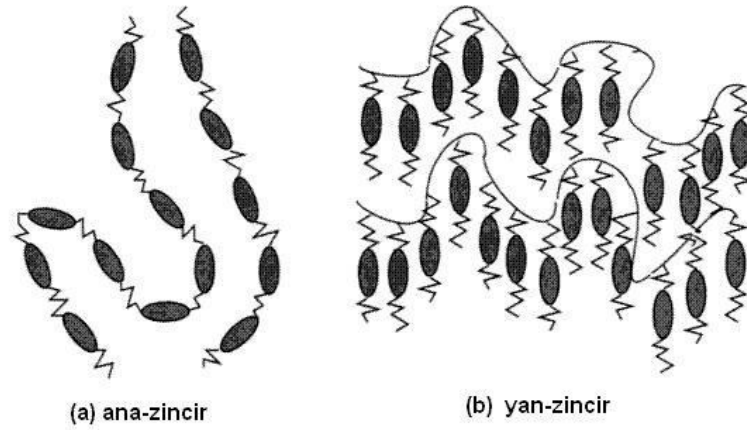
yönelimsel düzen; moleküllerin belirli bir düzleme göre yönelmelerinden doğan açısal eğimin ölçüsünü, *bağ yönelmesine göre düzen* ise; komşu moleküllerin merkezine bir boşluk gerektirmeden birleşebilen bir hattı açıklayan parametrelerdir.



Şekil 2.2. Sıvı kristal moleküllerinin şekilleri: (a) kalamatik ve (b) diskotik

2.3.1. Polimerik Sıvı Kristaller

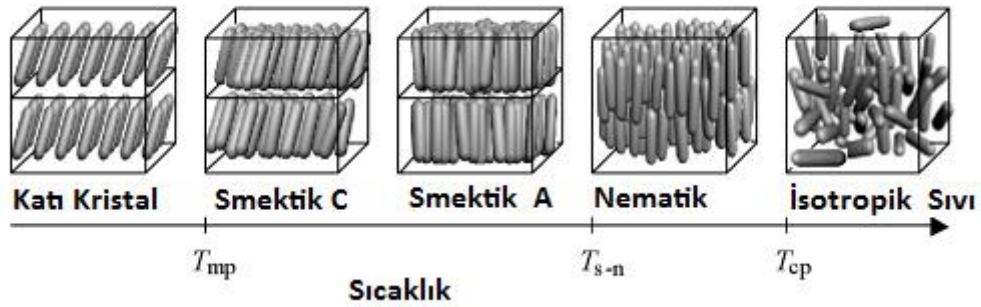
Polimer sıvı kristaller, polimerlerin ve sıvı kristallerin özelliklerini bir arada bulunduran malzemelerdir. Hibrit yapılar, sıvı kristallerle aynı mezofaz özelliklerini gösterirken diğer yandan da polimerlerin faydalı ve birçok özelliğini bir arada gösterirler (Demus vd., 1998-itü dergisi/c). Polimer sıvı kristallerin en yaygın tipleri esneklik derecesine göre tanımlanmıştır. Vinil tip en esnek olanıdır. Dupont Kevlar yarı esnek iken polipeptit zincir ise en sert olanıdır (Iam-Choon Khoo ,2007). Esnek polimerlerin, sıvı kristallerin özelliklerini göstermesi için, çubuk ya da disk şeklindeki mezogenik birimlerin esnek köprülerle polimer omurgaya bağlanması gereklidir. Mezogenlerin polimer omurgadaki yeri, polimer sıvı kristalin tipinin belirlenmesinde büyük rol oynar. Polimerik sıvı kristaller mezogenlerin mimari dizilimine göre ‘ana-zincir’ ve ‘yan-zincir’ diye sınıflandırılabilir. Ana-zincir polimerlerinde bağlanma direk olarak bir bağ veya bir esnek ayıraç sayesinde olurken, yan-zincir sıvı kristal polimerler de, mezogenlerin polimere esnek köprülerle bir yan zincir olarak bağlanmasıyla oluşturulur. (Demus vd., 1998-itü dergisi/c).



Şekil 2.3. Polimerik sıvı kristallerin şekilleri: (a) ana-zincir ve (b) yan-zincir

2.3.2. Kalamatik Sıvı Kristaller

Molekül ağırlıkları düşük olup ince, uzun ve şekli bir puro gibi çubuksu olanlar ‘kalamatik sıvı kristaller’ olarak bilinir ve aynı zamanda güçlü birer anisotropiklerdir (A.Jakli, A. Saupe, 2006). Kalamatik sıvı kristaller başlıca iki çeşittir; bunlar nematik ve smektik fazlardır (Shri Singh, 2000).

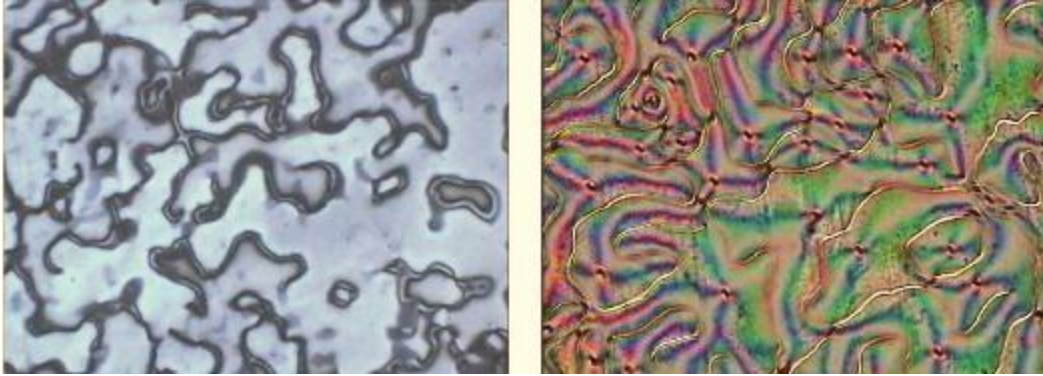


Şekil 2.4. Kalamatik sıvı kristallerin sıcaklığa bağlı faz geçişleri

2.3.2.1. Nematik fazlar

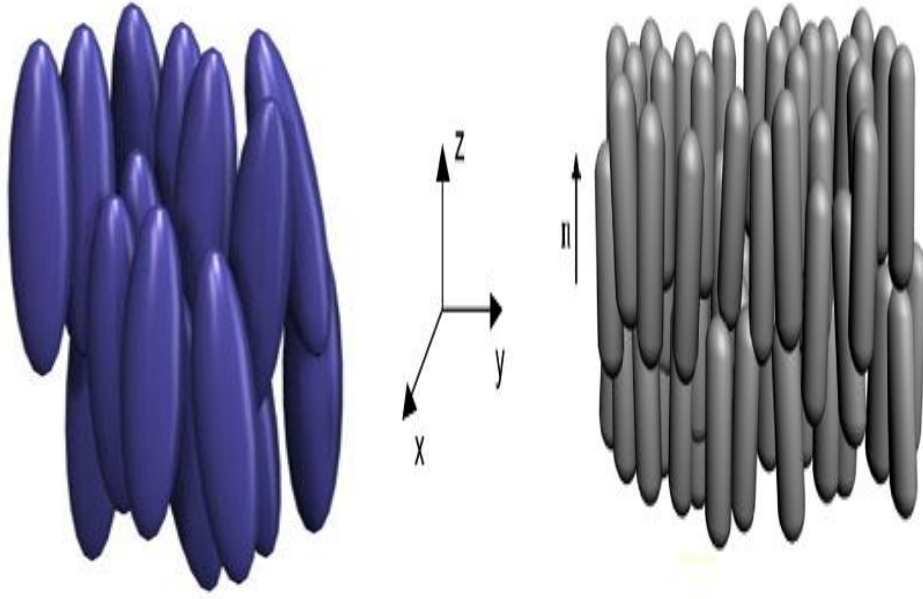
Nematik kelimesi yunanca ‘nemos’ olan ve anlamı iplik olan kelimedenden gelir. Bu ismi, polarize mikroskop altında incelendiklerinde yapılarının belirgin olarak ipliksi olmalarından alır (David J. R. Cristaldi, Salvatore Pennisi, Francesco Pulvirenti, 2009-

Liquid Crystal Display Drivers: Techniques and Circuits). Nematik sıvı kristaller, sıvı kristal çeşitleri arasında teknolojik olarak en önemli olanlarıdır. Anisotropik düzenleri ve özelliklerinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır (Singh, Shri Dunmur A, 2002). Nematik fazlar, normal nematik fazlar ve kolesterik fazlar olmak üzere iki çeşittir (I. G. Chistyakov, 1966).



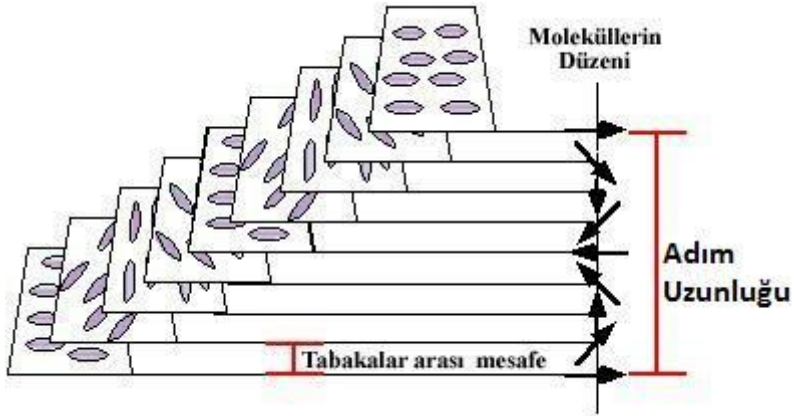
Şekil 2.5. Nematik fazda moleküllerin ipliksi dokuları

Normal Nematik Fazlar: Günümüzde nematik faz özelliği gösterebilen 20000 civarında bileşik biliniyor. Bu bileşiklerin molekülleri ince uzun ve doğrusaldır. Nematik sıvı kristaller düşük viskoziteye sahip olduklarından anisotropik oldukları halde isotropik sıvılara çok benzerlerdir (Horst Stegemeyer, 1994). Moleküllerin rastgele konumda ve yönelimde olduğu isotropik fazdan sıcaklığın düşürülmesiyle moleküller nematik faza geçiş yaparken yönelimsel düzen kazanırken uzun - mesafe konumsal düzen kazanmazlar. Bu yönelimsel düzen, moleküllerin ortalama yönünü belirler ve n vektörü ile ifade edilir (A.Jakli, A. Saupe, 2006). Genellikle nematik moleküller merkez simetrisine sahip olduklarından bunların fiziksel özellikleri $+n$ ve $-n$ yönlerinde aynıdır (Iam-Choon Khoo, 2007).



Şekil 2.6. Nematik fazda moleküler düzen

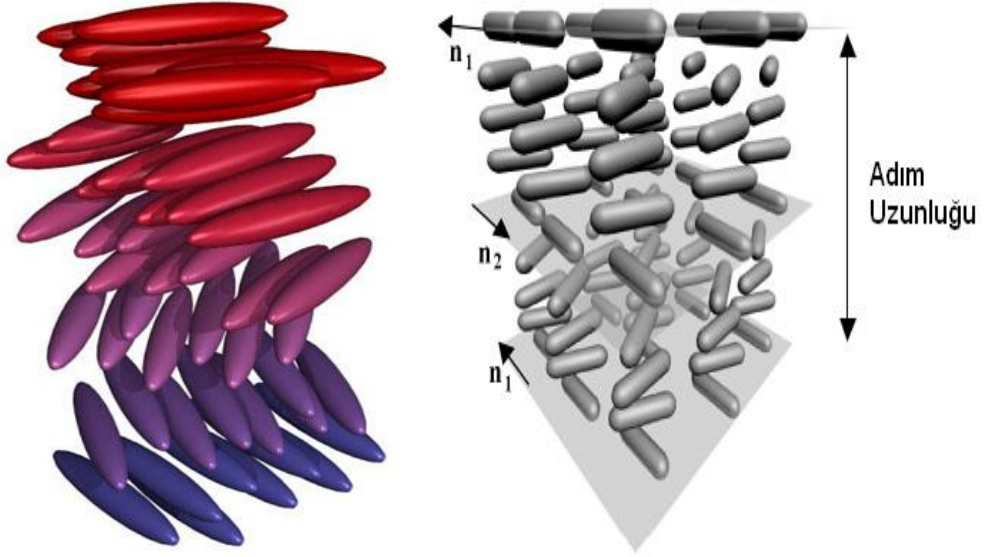
Kolesterik Fazlar: Kolesterikler günümüzde artık kiral nematik sıvı kristaller olarak bilinir. Moleküllerin sarmal bir şekilde hizalanma eğiliminde olmaları dışında tüm fiziksel özellikleri nematik sıvı kristallere benzemektedir (Iam-Choon Khoo, 2007).



Şekil 2.7. Kolesterik fazda sarmal yapının gösterilmesi

Kolesterik sıvı kristallerde moleküller çok ince ve birbirine paralel katmanlar şeklinde düzenlenmiş olup her bir katmandaki moleküller de ortalama olarak paralel bir şekilde hizalanmıştır. Her bir katmandaki yönlendirici bir diğer komşu veya bitişik katmandaki yönlendiriciye göre hafifçe bükük olduğundan sarmal bir yapı oluşur. Yönlendiricinin sarmal boyunca bir tam döngüsü sonucunda ortaya çıkan mesafe 'p' ile

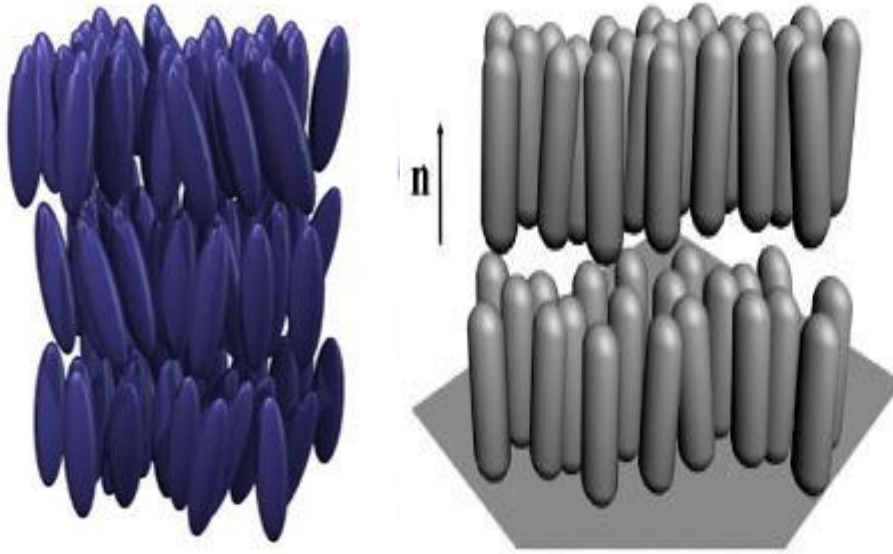
gösterilir ve adım denir. Bu adım görünür bölgedeki ışığın dalga boyu olup sıcaklığın bir fonksiyonudur. Özellikle sıcaklığın artması adım uzunluğunun düşmesine sebep olacaktır. Sarmal yapı nedeniyle kolesterik sıvı kristaller optiksel dönme ve seçici yansımaya özelliği gösterirler (David J. R. Cristaldi, Salvatore Pennisi, Francesco Pulvirenti, 2009-Liquid Crystal Display Drivers: Techniques and Circuits).



Şekil 2.8. Kolesterik fazda moleküler düzen

2.3.2.2. Smektik fazlar

Smektik kelimesi Yunanca 'smectos' olan ve anlamı sabun olan kelimedenden gelir. Smektik sıvı kristaller katılara daha yakın olduklarından dolayı hem konumsal düzen hem de yönelimsel düzen sergilemektedirler. Moleküller yan yana katman serileri oluşturacak şekilde düzenlenmiştir ve moleküllerin hareketleri, kendi aralarında serbestçe kayabilen katmanların içinde oldukça sınırlıdır. Yönlendirici olarak bilinen birim vektör \mathbf{n} , moleküllerin ortalama yönüne paraleldir.



Şekil 2.9. Smektik A fazında moleküler düzen

2.4. Nematik Sıvı Kristallerinin Yapısal Nitelikleri

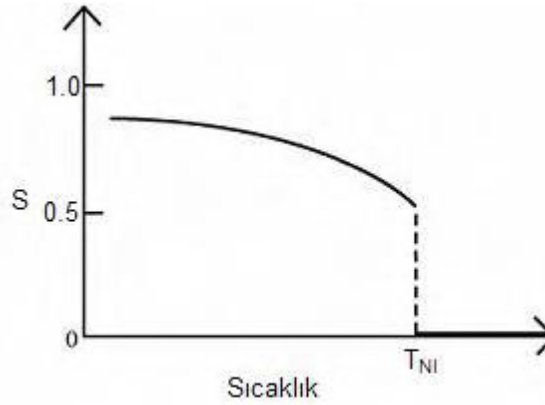
2.4.1. Nematik Nizam Parametresi

Nematik sıvı kristal maddelerinin takribi eğilimine yön mihveri ya da yöneltici adı verilmektedir. Nematik sıvı kristallerde eğilim dizisinin seyri makroskopik moleküler eğilimin bu doğrultuyu odak kabul ederek ilerlemesiyle sonuca varılır. Θ ve $\Theta + \pi$ eğilimlerinin eşikleri ortaktır. fiziki bakımdan niteliklerinin $+\mathbf{n}$ ve $-\mathbf{n}$ eğilimlerinde eşdeğerde buldukları gözlenmektedir. Böylece düzenin erkesi eştir. Nematik düzen parametresinde, Θ açısındaki ikili işlev dikkat çekmiştir. Düzen parametresi, 2. Basamaktan Legendre polinomundaki takribi şeklinde sonuçlandırılabilir (Klysubun, 2002):

$$S = \langle P_2(\cos \Theta) \rangle = \frac{1}{2} \langle 3 \cos^2 \Theta - 1 \rangle \quad (2.1)$$

Denklem (2.1) deki Θ , moleküldeki çubuk mihverle yönlendiricinin arasında yer alan açıya karşılık gelmektedir. Nematik sıvı kristallerin bütün elementleri ve atomları eksiksiz düzende yönlendiricinin mihverine paralel bir şekilde eğilim eğilim göstermiş ise, $S=1$ 'dir ve madde halinin katı oluşunu bildirmektedir. Bütün atom ve elementler tümüyle

farklı yönlerde sahipseler, çubuk mihevleri bütün yönlerde aynı istatistiklere sahiptirler. $S=0$ 'de madde izotropiktir yani sıvı vaziyettedir. Yaygın şekilde termotropik sıvı kristal evresinde nizam parametresi 0.3 – 0.9 aralığında yer alır. Katı ve sıvı fazlarındayken S 'nin rakamsal niteliği, izotropik evreye yaklaştıkça değer kaybetmekte ve izotropik evreye geçiş ısısında düzensiz bir biçimde yok olmaktadır ve izotropik evrede 0'a denktir. Böylece aydınlanma sıcaklığı şeklinde isimlendirilen nematik – izotropik evre geçiş sıcaklığına (T_{NI}) denk düşmektedir (Kumar, 2001).



Şekil 2.10. Termotropik sıvı kristallerde nematik düzen parametresinin S , sıcaklığın, T , işlevine ait görseli (Kumar, 2001).

Düzen parametresini açıklamanın başka bir şekli de 4. Basamaktan Legendre polinomundan yararlanmaktadır (Klysubun, 2002):

$$S = \langle P_4(\cos \theta) \rangle = \frac{1}{8} \langle 35 \cos^4 \theta - 30 \cos^2 \theta + 3 \rangle \quad (2.2)$$

Tecrübesel şekilde düzen parametresine farklı yöntemler ile ulaşılabilir. Nükleer manyetik rezonans , optiksel çift kırınım ve Raman yayılma uygulamaları bu yöntemler arasında yer almaktadır.

Aşağıdaki parametreler sıvı kristal niteliğinin tanımsal maddeleridir.

- Lokasyona Bağlı Düzen (Positional Order)
- Eğilim Düzeni (Orientational Order)
- Zincirleme Eğilim Düzeni (Bond Orientational Order)

Yukarıdaki parametrelerin tümü sıvı kristal örneğin düzeninin aşamasını temsil etmektedir. Lokasyona bağlı düzen molekül kümesinin ötelemeye bağlı düzeninin aşamasını belirtmektedir. Eğilim düzeni, moleküllerdeki geniş periyottaki durumda eğilim sağlayıcı bazında eğilim meyillerini tanımlamaktadır. Zincirleme eğilim düzeni en yakınlarında yer alan moleküllerdeki konumlarını bir araya getiren nitelik şekilde ifade edilmektedir. Bu nitelik bağlamında moleküller arasında mevcut olan uzaklığın aynı olması lazım değildir.

Sıvı kristallerin bileşikleri genellikle sıvı billur halinde birden fazla evrenin mevcut olduğu ve polimorfizm şeklinde isimlendirilen niteliğe sahiptir. Sıvı kristal numenelerin "alt evreleri"ni isimlendirmek adına "mezofaz" terimi seçilmiştir. Mezofazlar, materyaldeki düzenin seviyesini, bir ya da iki çizgisi üzerinde düzen kurmak veya moleküllerdeki hareketlenmeye imkan tanıyarak, farklılaştırılması neticesinde meydana gelmektedir.

Nematik sıvı kristallerin yönlendirici eğilimdeki düzeni "anizotropinin" oluşmasına sebep vermektedir. Bu maddenin niteliklerinde yöne eğilimi bulanması manası oluşturmaktadır. Örnek olarak, odunun damarlarının yönünde kesilmesi, aksi yönde kesilmesinden çok daha zahmetsizdir. Nematik sıvı kristallerin anizotropik içeriği, bu sıvı kristalleri farklı çalışmalarda bilim insanları ve mühendislerce yararlanılan bir maddeye çevirmiştir.

2.4.2. Asal Eksen Düzeni

Bir eksene sahip nematik evrede, yönlendiriciye (n), paralel düzlemdeki doymuşluğun (X_u^e), dik düzlemdeki doymuşluktan (X_\perp^e), değişiklik gösterdiği ve yönlendiriciye dik düzlemdeki bütün yönlerde eşit bulunduğu saptanmıştır. Böylece z ekseninde yönün elektriksel doygunluğa ait değerlerini (X^e), belirlemek olasıdır.

$$X^e = \begin{pmatrix} X_\perp^e & 0 & 0 \\ 0 & X_\perp^e & 0 \\ 0 & 0 & X_u^e \end{pmatrix} \quad (2.3)$$

Tensöre ait değerler birbirlerinin simetrilerinde yer alırlar ve köşegendirler, yalnızca iki tane bağımsızlaşmış bileşeni mevcuttur. Esasi eksenlerden birisiyle eş yönde olan elektriksel alan (E), adına P ve E birbirine paraleldir. Elektrik akımı oluşturulmuş kutuplanma (P), genellikle uygulandığı bölgeye (E) paralellik sağlamaz. Bu özellik, anizotropik maddeler adına yaygın bir niteliktir. Koordinat düzleminde, evrenin simetrik eksenlerine kurulmuş ise, elektriksel güç doygunluk tensörü ya da farklı iki rütbeli tensör, köşegen şekil alacaktır.

2.4.3. Sıvı Kristal Yönelimleri

Termotropik sıvı kristal örneklerinde, destek verici alt katmanda mekaniksel ya da kimyasal şekilde birçok biçimde değerlendirerek molekül sıralanmalarının farklı çeşitleri saptanabilir (Klysubun, 2002). Alt katmanda, yüklü uçlara sahip olan bu katmanca birleştirilen amfifilik moleküllerinin kısıtlı bir tabaka ile örtülürse, termotropik sıvı kristal atom ve elementleri, yönelim sağlayan alt katmana dik açı ile sıralanacaktır. Alt katmana zarar verilmeden yayılırsa, termotropik sıvı kristal moleküllerinde, yönelim sağlayıcıları alt katmanda yayılma çizgisine paralellik sağlayacak biçimde sıralanırlar. Bu oluşum homojenik ya da düzlemsel sıralanım şeklinde isimlendirilir. Kırılma ya da süper kırılma sıralanımlardan da genellikle göstergeler ile faydalanılır.

2.5. Dielektriksel Hususlar

Kondansatöre ait levhaların ortasına dielektrik madde konulduğunda kondansatörün elektrik yüklerini depo etme yeteneğinin ϵ etmeni değerince yükseleceği görülmektedir. Bu koşullarda ϵ maddenin dielektrik geçirimsizliği bulunup boşluğun geçirimsizliği (ϵ_0) kaynak belirlenerek hesaplanmıştır. Bu koşullar göz önünde bulundurulduğunda dielektrik madde yük toplamıştır ve net yükü (P), kullanılan elektriksel ortamın genişliğine (E), alanın elektriksel doygunluğu (X^c) ile yakından alakalıdır:

$$P = \epsilon_0 X^c E \quad (2.4)$$

2.5.1. Dielektrik Anizotropi

Dielektrik madde nematik sıvı kristal ise, bu şartlar altında kondansatörün elektrik depo ediş yeteneğinin değeri değerlendirilmesi esnasında iki değerişik geçirimlilik sonucu meydana gelecektir: İlki, yönelticinin (n) levhalarda 90 derecelik açı ile bulunduğu durum ϵ_1 değeri ve ikincisi ise, yönelticinin (n) levhalarda paralel sıralandığı koşullarda da ϵ_2 değeri. Sıvı kristal atom ve elementlerinde çyona takımları (CN) genellikle yer almakta ve onlardaki yüksek dipol çevirici gücü geçirgenlikte kayda değeri yükseklikte anizotropisini açığa çıkarmaktadır. Böylece genellikle $\epsilon_1 \approx 5$ ve $\epsilon_2 \approx 20$ değeriindedir. Bu iki sayı arasında bulunan fark dielektriksel anizotropi meydana getirmektedir:

$$\Delta\epsilon = \epsilon_2 - \epsilon_1 \quad (2.5)$$

$\Delta\epsilon$, izotropik evrede (S=0) yok olacak, iyi şekilde yönlendirilmiş kristal evredeyse (S=1) azami değeri kazanacaktır.

Farklı sınırlandırmaların bulunmadığı şartlar altında, yönelticinin, bağımsız enerjideki katılımın asgari olduğu biçimde dönüş yapacaktır. İki farklı ihtimal mevcuttur: yönlendiren ortama paralel biçimde girerek + yüklü anizotropiye sebep verir. Bazı araçlarda faydalanılabilen farklılaşış, devir sayısının yükselmesiyle geçirimlilik anizotropisinde işareti farklılaşmasıdır.

Dielektrik anizotropi eş vakitte devir sayısının da işlevidir. Elektriksel doyunluk nematik evrede geçirimliliğinin de derecesi aynı bulunan tensördür. Dielektriksel geçirimlilik ve doyunluğu ortak formülü:

$$\epsilon = I + X^e \quad (2.6)$$

şeklinde gösterilmiştir. Yukarıdaki I, 3 x 3 birlik matrisi ifade etmektedir. Tekil eksen ve laboratuvarın sistemsel eksenindeki elektriksel doyunluk (X^e) değeriidir.

2.6. Optik Özellikler

Sıvı kristaller optik niteliklerini değerlendirmek adına kırılma indisinin belirlenebilmesi oldukça büyük önem taşımaktadır. Kutuplanma mikroskopundaki sıvı kristaller gözlemlenirken renkli şekiller meydana gelmektedir. Bu oluşumun sebebi ışık hızındaki dalga boyuna bağlılığı ve kutuplanma düzeyinin yönlendirene doğru ilerlemesidir. Gözlemlenen bu hadiselerden birincisine ‘‘dispersiyon’’, diğerine de ‘‘çift kırılma’’ ismi verilmektedir. Optiksel devir sayıları belirgin izotropik madde adına kırılma indisinin karesi, maddenin yüksek devir sayısı elektriksel geçirgenliğe denktir:

$$\begin{aligned} n_{II}^2 &= n_{\infty II} \\ n_{\perp}^2 &= n_{\infty \perp} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Denklemdaki \perp ve II, yönlendiricinin dik ve paralel yönelimini belirtmektedir. Elektromanyetiksel dalgaların optiksel bölgenin bağdaşımı dielektriksel tensörü sayesinde. Bilhassa dalgalardaki yayılım yönü değildir, elektromanyetiksel dalgalardaki elektriksel bölgenin yönüdür, bu da kutuplaşma yönüne denk gelmektedir. Böylece

- Optiksel yönlendiriciye paralel şekilde uzanan kutuplaşmasının kırılma indisini göstermektedir.
- Optiksel yönlendiriciye 90 derecelik açı oluşturan kutuplaşmanın oldukça yüksek kırılma indisini göstermektedir.

2.6.1. İkili kırınım

Sıvı kristaller, anizotropik oluşumlarından sebep, ikili kırınıma sebep veren maddelerdir. Bu nedenden oluşan olaya ikili kırınım ismi verilmektedir. Sıvı kristallerin çift kırılma indisi mevcuttur. Yönlendiriciden paralel şekilde kutuplaşan ışıma, yönlendiriciden 90 derecelik açıyla kutuplaşan ışımadan ayrı bir kırılma indisi içermektedir. Böylece değişik süratler ile yönlendirilmektedirler.

Işımanın nematik sıvı kristal şeklinde ikili kırınıma sahip bir madde dahil olduğunda, ışın demeti olağan ışıma ve olağan dışı ışıma şeklinde oluşturmaktadır. Bu iki

ışıma değişik süratlerde yönlendiklerinden dolayı dalgaların aralarında evre farkı meydana gelir. Işımlar, evre farkından sebep kutuplaşma halleri farklılaşmaktadır. Maddenin ikili kırınım niteliği, olağan ve olağan dışı ışımaların kırılma indisleri ışımının vakumdaki süratinin bahsi geçen maddedeki süratine kıyasla aynı bulunduğundan dolayı yönlendiricide 90 derecelik açıyla seyretmektedir.

Yönelim dikkate alınarak Δn sıfır ile azami ölçüsü bulunmaktadır. $n_e > n_o$ koşulu + yüklü bir eksene sahip maddeyi ifade eder, nematik sıvı kristaller bu başlık altındadır. Genellikle nematik sıvı kristaller adına n_o ortalama şekilde 1,5 ve azami ayırım (Δn), 0,05 – 0,5 arasında yer almaktadır. Maddenin genişliği de bir diğer ölçüttür, sebebi ise evre kaymasından kaynaklı ışımının ikili kırınıma sahip olan madde üzerinde seyretmesi sırasında yükselmesidir. İkili kırınım ve genişlik ölçütlerinin esaslı şekilde bir araya gelmeleri neticesinde kutuplaşmanın önüne geçilmesi olasıdır.

Böylece alanda optiksel menzil boyutundan söz edilebilir. Bunun sebebi ikili kırınıma sahip olan maddede değişik süratlerde seyreden çift dalga içerikleri adına optiksel menziller arasında bulunan fark, dalga alanda seyrettikçe kutuplaşma halinde farklılıklar meydana gelmektedir. Maddenin ikili kırınım niteliğinin bulunması anizotropik oluşundan köken almaktadır ve sıvı kristallerin anizotropisi ısıya kayda değer şekilde bağlılık sergilemektedir. Bu bağlılık ikili kırınım ısıya önemli derecede bir bağlılık göstermektedir.

2.6.2. Konoskopik Gözlem ve Çift Kırılmanın İşareti

İkili kırınımın göstergesi ($n_e - n_o$) farkıdır. Tek eksene sahip olan + yüklü maddelerde olağan ışımalar, çok süratli ilerlemektedir. – yüklü maddelerde de diğer açıdan bakılması doğrudur. İkili kırınımın göstergesi kutuplaşmış ışımaya mikroskopunda konoskopik değerlendirmeler ile saptanabilmektedir. Çapraz kutuplaşmalar başlığında nematik sıvı kristal numunenin homeotropik seyri mevcutsa girişimsel desenler meydana gelmektedir. Desenler, bakış mekanını dört çeyreğe ayırmaktadır. Bu desen ‘‘maltese çaprazı’’ şekilde isimlendirilmektedir. Diğer seçenek ise, analiz edici üzerinde bulunan lensi ifade etmektedir. İki koşulda da görünüm etkili biçimde yakınsama gösteren ışımaya demeti ile meydana gelmektedir. İleriki evre de, sarı ışımada bütünsel dalga aksamasına sebep veren gypsum levhasından faydalanılmaktadır. Gypsum levhasını faydalanılan

çeyrek bölümler mavi ve sarı renge geçiş yapmaktadır. Tek eksene sahip + yüklü kristallerde yavaş eksenin yönelimi mavisel çeyrekler, - yüklü kristallerde ise sarısal çeyrekler de ikiye ayrılacaktır (Kumar, 2001).

2.7. Diamanyetik Özellikler

Birçok organik madde şeklindeki sıvı kristaller de diamanyetiktir. Bu, uygulanmakta olan manyetiksel mekanın atom ve elementler üstündeki neticesinde manyetiksel mekana zıt yönde ilerlemiş manyetik momenti yükseltmektedir. Sıvı kristal maddede atom ve elementler anizotropik konumda bulunduğundan baskılanan manyetiksel momentin fazlalığı, kurgulanan mekanın atom ve element ekseni yöneliminde izlediği eğilime bağlıdır.

2.8. Elastik Özellikler

Termotropik sıvı kristallerin fiziki niteliklerinin incelenmesi ya da termotropik sıvı kristallere bağlı bazı tekniksel cihazlardan faydalanılması adına sıvı kristal iki tabakalı katman arasına uygulanır. Neticede, yapısal olarak sıvısal atom ve elementleri ile katmanlar arasında etkileşimlerden sebep sıvı kristal bazı yapısal bozulmalara maruz kalmaktadır. Şekilde meydana gelen bükülmeler, yayılım bozukluğu ve burkulma bozukluğu nematik sıvı kristallerde bulunan üç ana yönlendiricinin ekseninde meydana gelen yapı bozukluğudur.

2.9. Viskozite Özellikleri

Esnek değerleri, yapı bozukluğunun neticesinde atom ve elementler bir yönelim göstermezler. Yapı bozukluğuna maruz kalmış nematik sıvı kristal yapıdaki atom ve elementlerin hareketlendirdiğini varsayacak olursak; birbirine paralel iki levha arasında bulunan nematik sıvı kristaller eğer alt katmandaki levhanın hareket etmesi önlenirse ve üst katmandaki levha sabit şekilde v süratiyle alt katmanda bulunan levhaya ve koordinat düzlemindeki y eksenine paralel olacak biçimde sürüklemeye maruz bırakılırsa, atom ve elementler akış haline geçeceklerdir. v hızı az ise Newton'un Akışkanları adına levhalardaki 1×1 'lik bölüme etki eden kuvvet, σ

$$\sigma = \eta \left(\frac{dv}{dz} \right) \quad (2.8)$$

Böylece η , $ML^{-1}T^{-1}$ ve Pa.s aracılığı ile belirlenen viskozite katsayısının, dv/dz sürat gradiyentini göstermektedir. İzotropik sıvılar adına η 'nın sıcaklık ile farklılaşması:

$$\sigma \propto \exp (E / k_B T) \quad (2.9)$$

Denklemdaki E simgesi, atom ve elementlerin kendi üzerlerinden akması adına gerekli olan enerjiyi değerlendiren aktifleştirici enerjidir.

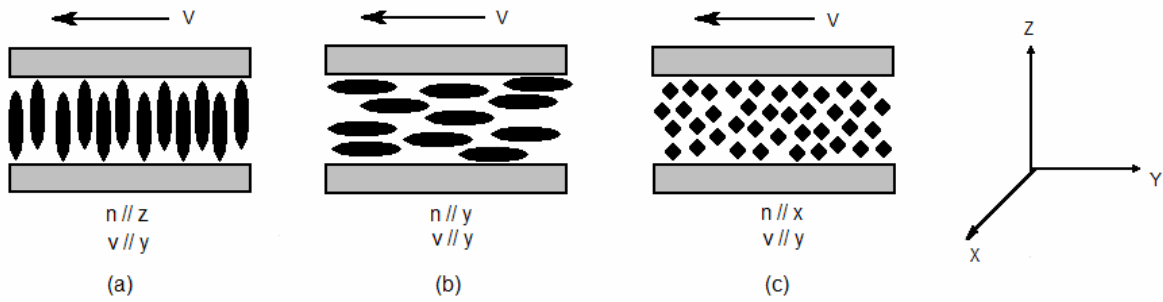
2.9.1. Miesowicz Katsayıları

Nematik sıvı kristal adına kuvvet (σ) ve yönlendirici (n) var olacaktır. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi ‘v’ sürati ‘y’ eksenini ve sürat eğiminin (dv/dz) de ‘z’ ekseninde bulunduğu gözlenmiştir. Sürat ve sürat eğiminin saptadığı y-z eksenini makaslama eksenidir. Yöneltilcinin, etkili manyetiksel mekandan faydalanarak, sürat eğimine paralel şekilde yönlendirdiği uygulamada η_1 viskozitesine ait katsayı belirlenmiştir. Yöneltilcinin sürat vektöründeki paralel bulunduğu uygulamada da η_2 viskozitesine ait katsayı belirlenmiştir. Neticede ise yöneltilcinin makasladığı eksene 90 derecelik açı yaptığı koşulda η_3 viskozitesine ait katsayı belirlenmesi adına uygulama (şekil 2.11) yapılmıştır. Deneyde belirlenen 3 katsayı değişik değerlere sahiptir. Örnek olarak, 25 °C’ta MBBA adına Viskozite değerlerinde Gahwiller’ce şu biçimde raporlanmıştır (Gahwiller, 1971):

$$\eta_1 = 103 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

$$\eta_2 = 24 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

$$\eta_3 = 42 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$$



Şekil 2.11. η_1 (a), η_2 (b), η_3 (c) Miesowicz katsayıları adına yönlendirici ve süratin yönlerini gösteren geometri. Üstteki levha y eksenine paralel şekilde hareket ederken sürat eğimi z eksenine paraleldir, y-z ise makaslama düzleimidir (Kumar, 2001).

Uygulamadan anlaşılacağı üzere, viskoziteye ait katsayılar, düzen parametresiyle (S) doğru orantılıdır ve izotropik evreye ilerleyişte birbirlerine denk olacaklardır. Düzen parametresindeki sıcaklığa bağımlılık mevcut olduğundan viskoziteye ait katsayılar da sıcaklığa karşı bağımlılık sergileyeceklerdir. Viskoziteye ait üç katsayı da η_i , Miesowicz'e ait katsayılar kat sayılar şeklinde isimlendirilmektedir.

2.10. Nematik Sıvı Kristallerde Elektrooptik Etkiler

Sıvısal kristallerdeki etkili niteliklerden birisi de elektriksel alan uygulanması neticesinde optiksel niteliklerin farklılaşmasıdır. Bu olay elektrooptiksel etkidir. Etkili olan dış elektriksel alan, sıvı kristal yönlendiricilerin birincil vaziyetlerinde yapı bozukluğu oluşturmakta ve böylece etkileyen ışın demetinde faz veya geçirgenliğini etkilemektedir. Dış elektriksel alan etkisini yitirdiği vakitte yönlendiriciler, sıvı kristalin cinsine ve fiziki etki mekanizmasına bağlı şekilde ya birincil vaziyetindeki halini alacak veya var olan hallerini muhafaza edeceklerdir. Dinamiksel yayılım, misafir – ev sahibi etkisi, alanla indirgenmiş nematik – kolesterik faz dönüşümü, mikron – ölçü damlalardan ışın yayılması ve bükülmüş nematik etki, nematik sıvı kristallerde elektrooptik etkilerdir.

2.11. Ultrases

Ses 4 başlık altında toplanabilir:

- İnfrases: Titreşim sıklığı 0-20 Hz. Aralığında yer alır.
- Duyulabilen Ses: Titreşim sıklığı 20-20.000 Hz. Aralığında yer alır.
- Ultrases: Titreşim sıklığı 20.000 Hz. – 1GHz. Aralığında yer alır.
- Hiperses: Titreşim sıklığı 1 GHz.'den fazla olan seslerdir.

Ultrases, insanların çıplak kulakları ile algılayamayacağı yükseklikteki frekansa sahip ses dalgalarını belirten terimdir. Ultrases, yankılanım dalgasıdır.

2.12. Ultrases'in Kullanım Alanları

2.12.1. Ultrases'in Tıbbi Alanda Kullanımı

Tanısal Olarak: Ultrasesin tıbbi alandaki teşhislerde yararlanılmaya başlanması 1950'li senelerde başlamıştır. Teşhis maksadıyla ultrasesten ilk faydalanan kişi Avustralyalı bilim adamı Dr. Karl Dussık'tır.

Yumuşak dokulardaki incelemelere imkan sağlayan ve röntgen cihazının ışımlarından daha az zarar vermesi şeklindeki nitelikleriyle ultrases, teşhis yöntemi bakımından diğer yöntemlere kıyasla daha fazla fayda içermektedir. İyonize özelliği bulunmayan ultrases ile teşhis yöntemleri bilhassa son yirmi sene içinde oldukça gelişim göstermiş ve teknoloji ile bütünleştirilerek kullanıma açılmıştır.

İyileştirme Amaçlı: Ultrases, 1929 senesinden bu yana ısı özelliğinden faydalanılarak bir çeşit iyileştirme yöntemi şeklinde tıp alanında faydalanılmaktadır. Son yıllarda cerrahi çalışmalarda, onkoloji alanında da kansere yönelik de çalışmalar yürütülmüştür. Ultrases, diş hekimliğinde, fizik tedavi ve rehabilitasyonda, göz rahatsızlıklarında, idrar kesesi rahatsızlıklarında, safra kesesinde meydana gelen taş rahatsızlıklarında, karaciğere bağlı rahatsızlıklarda, böbreklerdeki taşların kırılmasında, deriye bağlı rahatsızlıkların iyileştirilmesinde faydalanılmaktadır.

2.12.2. Ultrases'in Endüstriyel Alanda Kullanımı

- Havada dağılılabirliği sebebiyle hırsızlara karşı alarm kurulumunda, kemirgenlerin ortamdan uzaklaştırılması maksadıyla yararlanılmaktadır.
- Suda dağılılabirliği sebebiyle birçok sıvının zehirli gazların etkilerinden sıyrılmasında, derinlik ölçmek amacıyla, derişik olana çözeltilerin hazırlanmasında, teçhizatların steril hale getirilmesinde faydalanılmaktadır.
- Katı maddelerde dağılılabirliği sebebiyle, katı maddelerdeki çatlamların belirlenmesinde, sürtünmeye bağlı ısı saptanarak metal ve plastik maddelerde, mekanik boyuttaki kuvvet uygulanmasına bağlı olarak çözüme uygulamalarında faydalanılır.
- Metal maddeleri toz biçimine sokmak adına faydalanılır.
- Fabrikalara ait bacalardan yayılan gazların temizlenmesi ile havasal kirliliğin önüne geçilmek amacıyla faydalanılır.
- Oldukça ince fotoğrafsal emülsiyonları kurgulamada faydalanılır.
- Tekstil sanayisinde, metal kaplanmasında ve saat işçiliği şeklindeki oldukça titizlik gerektiren endüstri dallarında temizleme çalışmalarında faydalanılmaktadır.
- İçecek endüstrisinde şarabı oluşturmak, birayı zararlı mayalardan temizlemek, şuruplardaki enzimleri glikoliz yoluyla glikoza çevirmek suretiyle başka maddelere uyarlamak, sütü steril hale getirmek maksadıyla faydalanılır.
- Hususi metal alaşımı oluşturmak adına faydalanılır.

2.13. Ultrases'in Etkileri

2.13.1. Fiziksel Etkileri:

- Kabarcık oluşumu: yeterli düzeyde ultrases dalgaları sıvı maddelerde kabarcık oluşturur. Bu yöntemle sıvıların içinde yer alan katı maddelerden ve bakterilerden arındırılmasına yarar.
- Isı etkisi: değişik mekanlarda ve ayrı ultrases dalgaları uygulanan çalışmalar, sesin titreşimsel özelliğinin ısı enerjisine geçiş yaptığı ve mekanın sıcaklığında artış olduğu gözlenmiştir.

- Sis oluşumu: sıvı madde içerisinde seyreden etkili ultrases dalgaları havasal ve sıvısal düzeyde yansıma yaptığı vakit sıvısal moleküller püskürmeye maruz kalır ve sıvısal yüzeyde sis tabakası meydana gelir.
- Gazdan arıtma: bazı hallerde katısal ve sıvısal maddeler içinde çözümlü halde yer alan gazlardan arındırılması gerekmektedir. Böylece gazdan sıyrılması gerekli olan madde ultrases yöntemine maruz bırakılır.

2.13.2. Kimyasal Etkileri:

Reaksiyonların sürat kazanması, oksitleme, bileşiğin form değiştirmesi, billurlaşma, kaynama noktasının farklılaşması, molekül zincirlemenin bozulması.

2.13.3. Biyolojik Etkileri

- Isı Etkisi: ultrases yöntemi uygulanmış bir organda ısı artışı gözlenmektedir.
- Mikro Masaj Etkisi: ultrases bir organ üzerinde dağılırken hücresel takımlar tablosal basınç farkına uğrar. Bu hadise ses dalgalarının ultra masaj etkisidir.
- Elektriksel Etki: kimi proteinsel ya da selülozik maddeler, büyük biyolojik moleküller piezoelektrik hadisesi meydana getirirler. Ultrasenin meydana getirdiği basınç farkı büyük biyolojik maddelerin elektriksel polarizasyonuna neden olur.
- İvme Etkisi: ultrases yankısına maruz kalan bir mekan parçacığı yüksek bir ivme ile hareketlenir.

2.14. Ultrases Nasıl Oluşturulur?

Ultrases oluşumu bir telde, zarda titreşim oluşturmak şeklinde duyulabilir ses oluşum uygulamalarına benzerlik gösteren birden fazla mekaniksel uygulama bulunmasına karşı ultrases oluşumunda piezoelektrik hadiselerden faydalanılır. Ultrases 1880 senesinde

Piere ve Jacques Curies kardeşler tarafından basınç elektriklenmesine bağlı billurlar sayesinde oluşturulmuştur.

Ultrasen oluşumunda kuartzta, lityum sülfata, kadmium sülfata, çinko oksite, tourmalineye, baryuma, titanata ve kurşun titanata ihtiyaç vardır. Basınç elektriklenmesi hadisesi kısaca, üstünde mekaniksel bir etki oluşturulan bazı kristal ve seramik maddelerde elektriğe bağlı bir gerilim meydana gelmesiyle oluşur. Basınç elektriklenmesinde bir kristal madde, disk ya da prizma biçiminde hazırlanıp, üzeri iletken özelliği yüksek metal madde ile örtülür. Kristalin alt ve üst tabakasına mekanik olarak etki oluşturulursa, bu katmanlarda polarizasyon, aksi bir etki olduğunda da sürekli farklılaşan voltajın seviyesine bağlı olarak devamlı halde uzamalar ve kısaltmalar gözlenmektedir. Bu mekanik etkiler sonucu uzama ve kısaltmalar da ultrasen olayını oluşturur. Basınç elektriklenmesi hadisesi iki taraflıdır. Zıt piezoelektrik hadiseyle ultrasen oluşur, düzen oluşturucu şekilde faydalanılır. Düz piezoelektrik hadiseyle ultrasen oluşturulur, düzen alıcısı biçimde faydalanılır.

2.15. Ultrasenin Fiziksel Özellikleri Nelerdir?

Akustik Empedans: Ultrasenin farklı mekanlardan yansımaya yarayan, mekanın yansıma özelliği akustik empedanstır. Akustik empedans ‘‘Z’’ mekanların akustiğe bağlı momentidir.

$$Z = v \cdot d$$

v : Mekanındaki sesin sürati

d : Mekanın yoğunluğu

Ultrasenin Yoğunluğu: ultrasen ışımının yoğunluğu, enerji etkisinin tespit edilmesidir ve ışımının yönünde 90 derecelik açıyla birim alanda yönlene enerji birimidir. Bu yoğunluk:

$$I = 2\pi f^2 \cdot d \cdot v \cdot A^2 = p^2 / 2 \cdot d \cdot v \quad (2.10)$$

Birim: Watt / m²

f: Frekans

I: Ultrasenin Şiddeti

A: Ses dalgasının genliği

P: Basınç Genliği

V: Sürat

d: Ortam Yoğunluğu

2.16. Ultrasonografi

Ultrasonografi, ses dalgaları tarafından faydalanılarak uygulanan bir görüntüleme sistemidir. İnsan kulağı tarafından işitilemeyen aralıktaki ses dalgalarınca, problemler tarafından bedene iletilmekte, organlar tarafından geri seken ses dalgalarından da teçhizatın esas gövdesinde yer alan bilgisayarlarca görüntülü şekilde veri sağlamaktadır.

Ultrases teçhizatlarından faydalanılan uygulamalara ultrasonografi ismi verilmektedir. Ultrasonografiyle yumuşak dokular üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Ultrasonografi yöntemiyle sıvı ve katı farkı oldukça nettir. Ultrasonografi puls – eko yöntemine dayanmaktadır. Havada yayılan sesin sürati tespit edildiğinde sesin aksettiği alanın mesafesi hesaplanabilir. Ultrason sayesinde görüntüye aktarımda ufak bir ultrasonik impuls bedene uygulanmaktadır. Bu impuls geri sekme yapabilecek bir tabaka ile buluşuncaya dek ortalama süratinde dokuların arasında seyreder. Ses topluluğu geri sekebileceği bir tabaka ile buluşunca, bir bölümü kaynak ses yönünde geri seker. Aradaki seyreden süreyi belirleyen algılayıcı, ultrason tarayacı ile bu vakit kayıt altına alınır. Cihaz bu vakti mesafeye çevirir. Bu mesafe rakamsal bir ifadenin haricinde, osiloskop üstünde belli noktalar ya da dik defleksiyon şeklinde görülebilir. Bu dik defleksiyonların konumu yankının mesafesi ile orantıya sahiptir. Böylece yalnızca mesafe belirlenmesi değil, aynı durumda elde edilen bir görüntü bulunmaktadır. Ultrases enerjisinin bir mekanda indirgenen ve yükseltgenen basınç dalgaları biçiminden seyreder.

2.17. Ultrasonografinin Avantajları

- Maliyetinin az olması
- Cihazların kolay taşınabilmesi
- Hastaları yatar durumda gözlemlene olanağının bulunması
- İdarenin kolay sağlanması
- Araştırma neticesinin güvenli olması

2.18. Ultrason Aygıtı

Ultrason aygıtları medikal sektörde sıklıkla faydalanılan ve doktorların sıkça tercih ettiği bir tanı aygıtıdır. Ultrason aygıtının iki esas bölümü mevcuttur. Bu bölümler esas birim ve transduserdir. Uygulama sırasında araştırılan beden bölgesine yerleştirilen bölüm transduserdir. Transduserden gelen ses dalgası beden içine sızar ve yeniden transdusera döner. Böylece ekrana görüntü sağlanmış olur. Bu görüntüye sonogram ismi verilir.

2.19. Ultrason Aygıtının Bölümleri

Transduser: Ultrason dalgalarını oluşturup aynı anda gönderen ve alan şekilde işyelen parçadır. İki farklı maksat için faydalanılır:

- Yayınlayıcı: transduserce oluşturulan ultrason dalgalarının frekanslarını ve süreçlerini belirler.
- Alıcı: transduser içerisinde yeniden elektriksel pulslara çevrilen geri dönüşüm yankıları toplayıcı tarafından alınır.

Sinyal Amplifikatörü: Alıcı ile katot ışın kanalı arasında bulunan sinyal amplifikatörü, alıcı'dan geliş yapan sinyalin voltajında artış yapar.

Katot Işını Kanalı: Geri dönüş yapan ve amplifiye olmuş yankı pulslarını toplar. Uygulamada yer alan bu pulslar katod ışını kanalında veya osiloskopta görünüm meydana getirir.

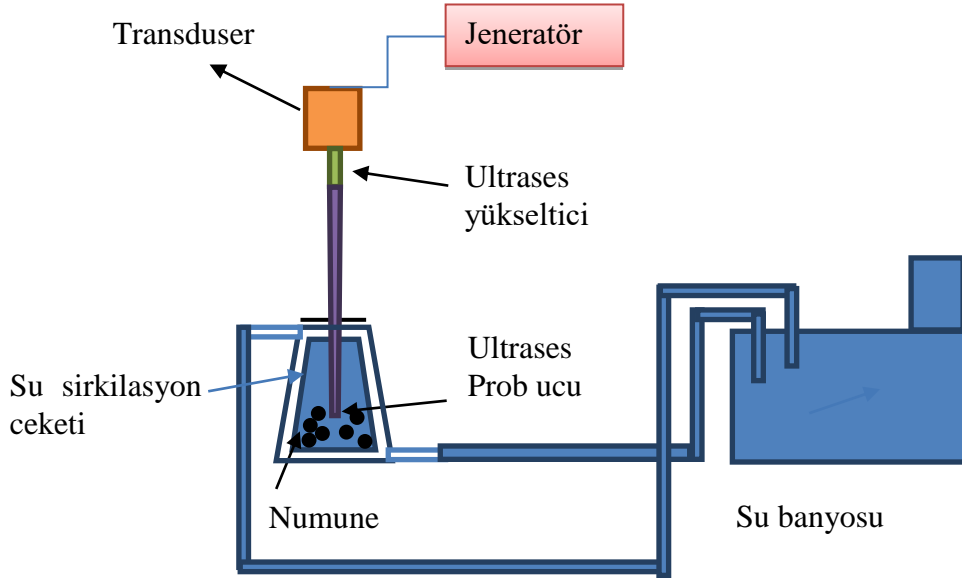
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Sıvı kristalleri, özel uygulamalar için kullanılan malzemelerin iyileştirilmesi ve geliştirilmesindeki en ilgi çekici konulardan biridir. Sıvı kristallerin geçiş aşamasındaki araştırmalar, bilim ve sanayideki önemli kuruluşların ilgi odağıdır. Sıvı kristalleri moleküler temelde sipariş ve dinamizm ile farklı bir ilişkiye sahip olan olağanüstü bir sergidir. Çok sayıdaki mezofazın gösterimi fizikokimyasal özelliklere, alışılmadık fiziksel görünümlere, mekansal simetrilere ve çeşitli yapısal özelliklere sahiptir. Sıvı kristalleri farklı dış etkilere karşı oldukça hassastır. Geçmiş 10 yılda, kristalleştirmedeki ultrasonik etkiler oldukça dikkate alınmıştır.

Sıvı kristalleri, yapıcı molekülünün ürünü olarak karakterizedir ve farklı mezofazlara geçişi diğer moleküllerdeki değişiklikler olarak eşlik etmektedir. Bu geçişler genellikle, çeşitli anizotropik özelliklerdeki değişiklikler tarafından işaretlenmiştir ama geçişlerinin oluşturduğu ürünlere bağlıdır. Termal genişleyebilirlik ve yoğunluk gibi skaler büyüklüklerdeki değişimler gibi sıvı kristallere eşlik eden özellikler mevcuttur. İzotropik geçiş fazına simetrik boyutta eşlik eden termal genişleyebilirlik ve yoğunluktaki değişimler, araştırmanın bir numaralı konusu olmuştur. Ancak, izantropik sıkıştırma, geçiş fazı belirlemede kullanılmaktadır. Yoğunluk ölçümleri karşılaştırıldığında, çalışma yapısı hakkında daha açık moleküler bilgiye ulaşılabilir. Kloroformdaki kolesteril oleil karbonatın faz dönüşüm sıcaklığı POM kullanılarak gözlenmektedir. Bu etkiler POM ve izantropik sıkıştırılabilir veriler kullanılarak incelenmiştir.

3.1. Deney

Kolesteril oleil karbonat (COC) ve kloroform sırasıyla Across (Pure %99), Merck (Pure %99)'den elde edilmiştir. Karışımın ağırlık fraksiyonu % 5 COC ve % 95 kloroform olarak ayarlanmıştır. Sonikasyon, 1, 2, 5, 15 ve 25 dakika olarak %50'lik bir genlikte ve 20 kHz 400 W ultrasonik prob kullanılarak cam bir malzemede karıştırılarak 10 ml uygulanmıştır (Şekil 4.1) . Sıcaklık, bir soğutma ceketini kullanılarak 296.15 K'de sabit tutulmuştur



Şekil 3.1. Direk güç ultrasesi uygulama seti

Ultrasonik banyolar endirekt ultrases kaynakları olarak kullanılmaktadır. Ultrases problar ise daha pahalı olup direkt olarak ultrases uygulanacak sıvı içerisine daldırılarak reaksiyon kabı ve ara ortam aradan çıkarılmış olur. Bu çalışmada kapsamında alınan direkt olarak çalışılacak sıvıya daldırılabilen 20kHz 400kW yüksek şiddetli ultrases kullanılmıştır (Şekil 4.1).

Ultrases uygulanmış/uygulanmamış COC sıvı kristal numune örnekleri, çevirme – kaplama (Laurell WS-400B-6NPP/LITE) metodu ile cam kesitlerine hazırlanmıştır. Hazırlanan sıvı kristal örnekleri , sıcaklık kontrol edici ile donatılmış POM (Nikon eclipse) ile gözlenmiştir.

Sıcaklık değerinin hızı ve yoğunluğu bir Anton Paar DSA- 5000 ölçüm sistemi kullanılarak ölçülmüştür. Sıcaklık $\pm 0.01 K$ içinde otomatik bir şekilde sabit tutulmuştur. Kloroformdaki COC için sesin hızı ve yoğunluğu 288.15'ten 318.15 K'e sıcaklık aralığı gözlenmiştir. Cihazın kalibrasyonu saf su ve hava ile gerçekleştirilmiştir. Ses ölçümünün hızı ve yoğunluğundaki belirsizlikler sırasıyla $\pm 1.10^{-2} \text{kg.m}^{-3}$ ve $\pm 0.5 \text{ m.s}^{-1}$ değerleri arasındadır. Ölçümlerin uyarlılığı, sesin hızı ve yoğunluğu için sırasıyla $1.10^{-3} \text{ kg.m}^{-3}$ ve 0.1 m.s^{-1} değerli arasında olduğu bulunmuştur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Atmosfer basıncında COC için yoğunluk, ses hızı ve izantropik sıkıştırılabilirlik değerleri Çizelge 4.1.' de verilmiştir. İzantropik sıkıştırılabilirlikler, aşağıda belirtilen Laplace denklemi kullanılarak yoğunluk ve ses hızı değerlerinden hesaplanmıştır.

$$K_S = \frac{1}{\rho u^2} \quad (2.11)$$

buradaki K_S , izantropik sıkıştırılabilirlik, u ses hızı ve ρ üzerinde çalıştığımız COC karışımının yoğunluğudur. Ses hızı ve izantropik sıkıştırılabilirlik, sıvıların yapısı, moleküller arası etkileşim ve moleküler düzen derecesine bağlıdır.

Şekil 4.1., sıcaklığın fonksiyonu olarak hesaplanmış izantropik sıkıştırılabilirliği (K_S) gösterir. Şekil 4.1.' deki grafiklerde farklı eğimlere sahip iki farklı çizgisel eğri vardır. İki çizgisel eğrinin kesişme noktası, faz dönüşüm sıcaklığının hesaplanmasına olanak sağladı. Faz dönüşüm sıcaklığını, çizgisel eğrilerin kesişme noktasının x eksenindeki değer gösterir. COC' un faz dönüşüm sıcaklığı, POM vasıtasıyla da belirlenmiştir.

Şekil 4.2. – Şekil 4.7. arasındaki tüm grafikler farklı zaman dilimleri ile uygulanan ultasesin etkilerinin POM' daki görüntülerini gösterir. Sıcaklıktaki değişim ile numunelerin yapısındaki belirgin değişikliğin var olduğu şekillerde açık olarak görülmektedir. Bu, smektik fazdan izotropik faza doğru dönüşümlere dayandırılabilir. Bu görüntüler kullanılarak, faz dönüşüm sıcaklıkları belirlenmiştir. En yüksek faz dönüşüm sıcaklıkları, 1 ve 2 dakika süresince ultrasonik banyoda tutulmuş numuneler için gözlemlendi.

Çizelge 4.2., uygulanan ultrases sürelerinin etkisiyle POM ve izantropik sıkıştırılabilirlik verilerinden elde edilen çeşitli faz dönüşüm sıcaklıklarını gösterir. Her iki yöntemle de elde edilen faz dönüşüm sıcaklıkları uyum içindedir. Bu sonuçlar, en yüksek doğruluk ile faz dönüşüm sıcaklığının belirlenmesi için isentropik sıkıştırılabilirlik verilerinin kullanılabileceğini gösterir.

Çizelge 4.1. Kolesteril oleil karbonatın çeşitli sıcaklıklardaki yoğunluğu, ses hızı ve izantropik sıkıştırılabilirliği

Ultrases uygulama süresi:0				Ultrases uygulama süresi:1 dk.			
T(K)	$\rho/\text{kg.m}^{-3}$	$u/\text{m.s}^{-1}$	β/TPa^{-1}	T(K)	$\rho/\text{kg.m}^{-3}$	$u/\text{m.s}^{-1}$	β/TPa^{-1}
288.15	1446.898	1039.06	640.1	288.15	1445.921	1039.60	639.9
289.15	1445.150	1035.82	644.9	289.15	1444.183	1036.34	644.7
290.15	1443.403	1032.46	649.9	290.15	1442.443	1032.99	649.7
291.15	1441.655	1029.05	655.0	291.15	1440.699	1029.58	654.8
292.15	1439.912	1025.67	660.2	292.15	1438.953	1026.19	659.9
293.15	1438.160	1022.27	665.4	293.15	1437.209	1022.82	665.1
294.15	1436.411	1018.89	670.6	294.15	1435.458	1019.42	670.4
295.15	1434.656	1015.48	675.9	295.15	1433.708	1016.00	675.7
296.15	1432.901	1012.05	681.4	296.15	1431.958	1012.56	681.1
297.15	1431.145	1008.64	686.8	297.15	1430.203	1009.16	686.6
298.15	1429.386	1005.23	692.3	298.15	1428.445	1005.75	692.1
299.15	1427.624	1001.82	697.9	299.15	1426.688	1002.34	697.7
300.15	1425.861	998.43	703.5	300.15	1424.928	998.95	703.3
301.15	1424.096	995.03	709.2	301.15	1423.165	995.55	709.0
302.15	1422.331	991.62	715.0	302.15	1421.401	992.15	714.7
303.15	1420.560	988.23	720.8	303.15	1419.635	988.75	720.5
304.15	1418.792	984.83	726.7	304.15	1417.868	985.35	726.4
305.15	1417.019	981.43	732.7	305.15	1416.098	981.95	732.4
306.15	1415.243	978.02	738.7	306.15	1414.325	978.54	738.4
307.15	1413.467	974.63	744.8	307.15	1412.549	975.15	744.5
308.15	1411.688	971.23	751.0	308.15	1410.774	971.76	750.6
309.15	1409.908	967.85	757.2	309.15	1408.995	968.37	756.8
310.15	1408.123	964.46	763.5	310.15	1407.210	964.99	763.1
311.15	1406.340	961.09	769.8	311.15	1405.424	961.61	769.5
312.15	1404.553	957.72	776.2	312.15	1403.629	958.23	775.9
313.15	1402.765	954.34	782.7	313.15	1401.817	954.87	782.4
314.15	1400.974	950.98	789.3	314.15	1400.041	951.50	788.9
315.15	1399.181	947.61	795.9	315.15	1398.281	948.13	795.6
316.15	1397.386	944.24	802.6	316.15	1396.508	944.76	802.3
317.15	1395.588	940.86	809.5	317.15	1394.722	941.39	809.0
318.15	1393.789	937.49	816.3	318.15	1392.927	938.01	815.9

Çizelge 4.1. Kolesteril oleil karbonatın çeşitli sıcaklıklardaki yoğunluğu, ses hızı ve izantropik sıkıştırılabilirliği (devam)

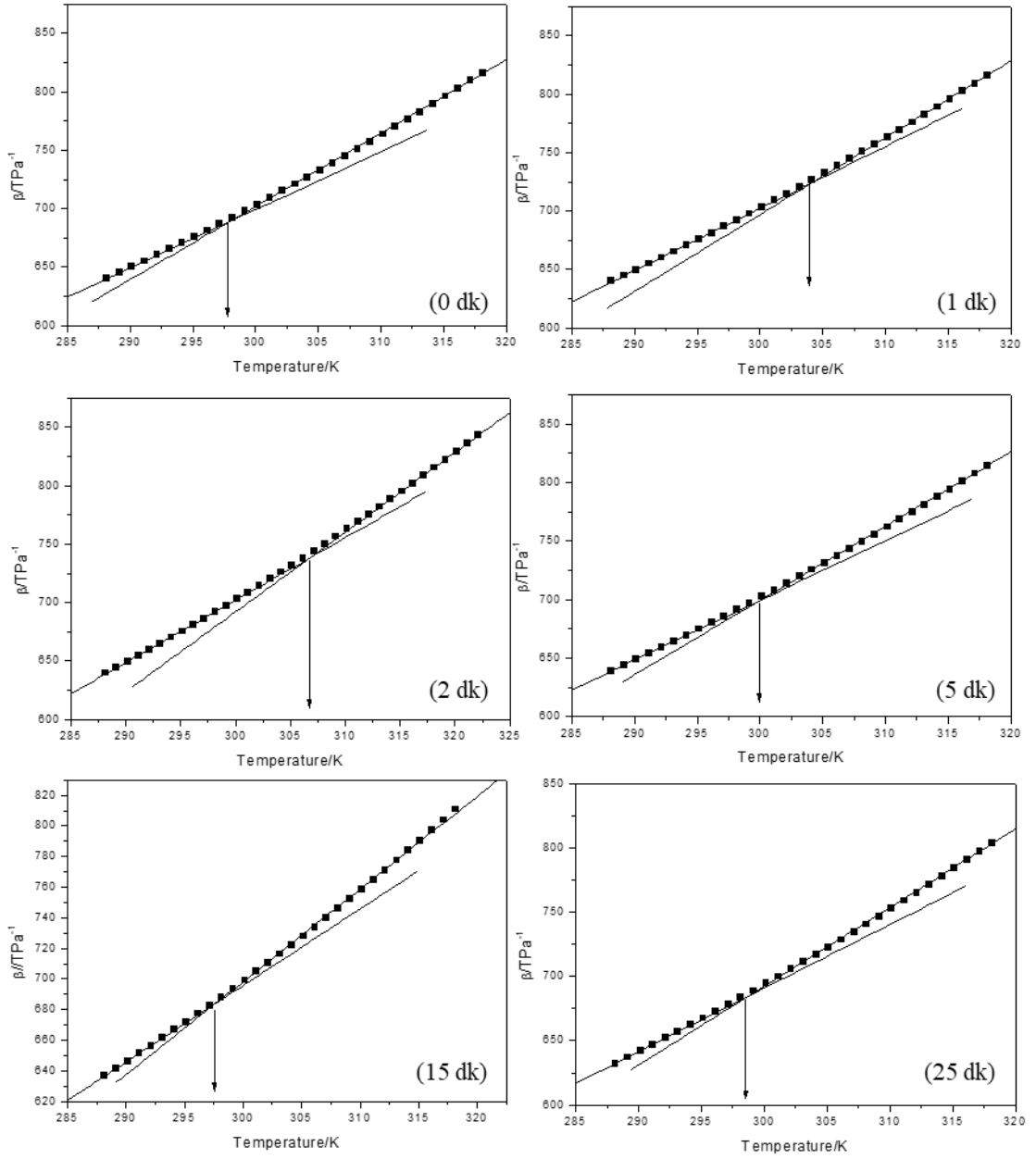
Ultrases uygulama süresi:2 dk.				Ultrases uygulama süresi:5 dk.			
T(K)	$\rho/\text{kg.m}^{-3}$	$u/\text{m.s}^{-1}$	β/TPa^{-1}	T(K)	$\rho/\text{kg.m}^{-3}$	$u/\text{m.s}^{-1}$	β/TPa^{-1}
288.15	1444.954	1040.21	639.6	288.15	1444.075	1040.84	639.2
289.15	1443.213	1036.96	644.4	289.15	1442.361	1037.61	644.0
290.15	1441.472	1033.59	649.4	290.15	1440.626	1034.21	649.0
291.15	1439.731	1030.19	654.5	291.15	1438.889	1030.79	654.1
292.15	1437.992	1026.80	659.6	292.15	1437.151	1027.39	659.2
293.15	1436.249	1023.42	664.8	293.15	1435.412	1023.99	664.4
294.15	1434.504	1020.02	670.0	294.15	1433.668	1020.57	669.7
295.15	1432.758	1016.60	675.3	295.15	1431.925	1017.16	675.0
296.15	1431.009	1013.17	680.8	296.15	1430.180	1013.75	680.4
297.15	1429.259	1009.76	686.2	297.15	1428.432	1010.34	685.8
298.15	1427.504	1006.35	691.7	298.15	1426.683	1006.95	691.3
299.15	1425.749	1002.94	697.3	299.15	1424.934	1003.56	696.8
300.15	1423.994	999.55	702.9	300.15	1423.181	1000.18	702.4
301.15	1422.235	996.15	708.6	301.15	1421.426	996.79	708.1
302.15	1420.477	992.75	714.3	302.15	1419.671	993.43	713.7
303.15	1418.715	989.35	720.1	303.15	1417.911	990.04	719.5
304.15	1416.952	985.95	726.0	304.15	1416.153	986.68	725.3
305.15	1415.186	982.55	731.9	305.15	1414.389	983.30	731.2
306.15	1413.418	979.14	738.0	306.15	1412.625	979.89	737.3
307.15	1411.646	975.75	744.0	307.15	1410.856	976.48	743.3
308.15	1409.874	972.36	750.2	308.15	1409.087	973.07	749.5
309.15	1408.101	968.97	756.4	309.15	1407.315	969.68	755.7
310.15	1406.329	965.58	762.7	310.15	1405.541	966.31	761.9
311.15	1404.549	962.21	769.0	311.15	1403.756	962.93	768.3
312.15	1402.772	958.83	775.4	312.15	1401.967	959.56	774.7
313.15	1400.989	955.46	781.9	313.15	1400.209	956.19	781.1
314.15	1399.208	952.09	788.4	314.15	1398.451	952.82	787.6
315.15	1397.419	948.73	795.0	315.15	1396.680	949.46	794.2
316.15	1395.633	945.36	801.7	316.15	1394.893	946.09	800.9
317.15	1393.843	941.99	808.5	317.15	1393.111	942.73	807.7
318.15	1392.052	938.62	815.4	318.15	1391.322	939.36	814.5

Çizelge 4.1. Kolesteril oleil karbonatın çeşitli sıcaklıklardaki yoğunluğu, ses hızı ve izantropik sıkıştırılabilirliği (devam)

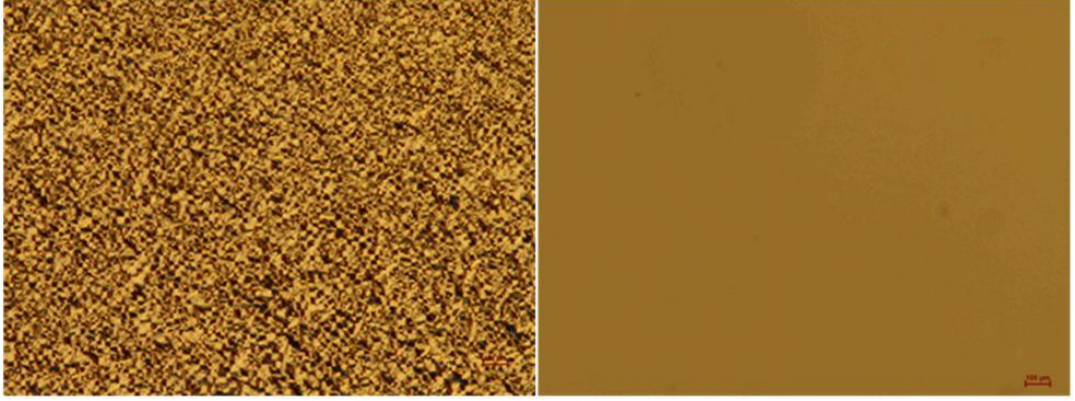
Ultrases uygulama süresi:15 dk.				Ultrases uygulama süresi:25 dk.			
T(K)	$\rho/\text{kg.m}^{-3}$	$u/\text{m.s}^{-1}$	β/TPa^{-1}	T(K)	$\rho/\text{kg.m}^{-3}$	$u/\text{m.s}^{-1}$	β/TPa^{-1}
288.15	1438.345	1045.13	636.5	288.15	1427.346	1052.69	632.2
289.15	1436.632	1041.85	641.3	289.15	1425.673	1049.31	637.0
290.15	1434.917	1038.48	646.2	290.15	1423.994	1045.89	642.0
291.15	1433.198	1035.06	651.3	291.15	1422.315	1042.46	647.0
292.15	1431.481	1031.66	656.4	292.15	1420.636	1039.06	652.0
293.15	1429.762	1028.28	661.5	293.15	1418.957	1035.67	657.0
294.15	1428.043	1024.88	666.7	294.15	1417.274	1032.25	662.2
295.15	1426.320	1021.46	672.0	295.15	1415.592	1028.81	667.4
296.15	1424.594	1018.01	677.3	296.15	1413.905	1025.36	672.7
297.15	1422.867	1014.60	682.7	297.15	1412.217	1021.93	678.0
298.15	1421.137	1011.20	688.2	298.15	1410.528	1018.51	683.4
299.15	1419.402	1007.80	693.7	299.15	1408.837	1015.09	688.9
300.15	1417.670	1004.41	699.2	300.15	1407.145	1011.68	694.3
301.15	1415.933	1001.03	704.8	301.15	1405.450	1008.27	699.9
302.15	1414.190	997.58	710.6	302.15	1403.755	1004.87	705.5
303.15	1412.455	994.23	716.2	303.15	1402.056	1001.46	711.2
304.15	1410.710	990.85	722.0	304.15	1400.359	998.07	716.9
305.15	1408.965	987.47	727.9	305.15	1398.656	994.66	722.7
306.15	1407.197	984.08	733.8	306.15	1396.953	991.26	728.5
307.15	1405.416	980.64	739.9	307.15	1395.249	987.86	734.4
308.15	1403.653	977.21	746.0	308.15	1393.542	984.46	740.4
309.15	1401.881	973.82	752.2	309.15	1391.834	981.06	746.5
310.15	1400.104	970.42	758.4	310.15	1390.123	977.67	752.6
311.15	1398.325	967.04	764.7	311.15	1388.412	974.28	758.8
312.15	1396.577	963.66	771.1	312.15	1386.699	970.88	765.0
313.15	1394.902	960.29	777.4	313.15	1384.983	967.5	771.4
314.15	1393.173	956.91	783.9	314.15	1383.267	964.12	777.7
315.15	1391.407	953.55	790.4	315.15	1381.551	960.75	784.2
316.15	1389.616	950.18	797.1	316.15	1379.828	957.38	790.7
317.15	1387.738	946.81	803.8	317.15	1378.104	954.01	797.3
318.15	1385.380	943.45	810.9	318.15	1376.380	950.65	803.9

Çizelge 4.2. Kolesteril oleil karbonatın faz geçiş sıcaklıklarının karşılaştırılması

Ultrases uygulama süresi / dk	Method	
	POM	İzantropik sıkıştırılabilirlik
0 dk.	296.15 K	297.6 K
1 dk.	303.15 K	304.0 K
2 dk.	305.15 K	306.7 K
5 dk.	298.15 K	299.9 K
15 dk.	296.15 K	297.5 K
25 dk.	296.15 K	298.5 K



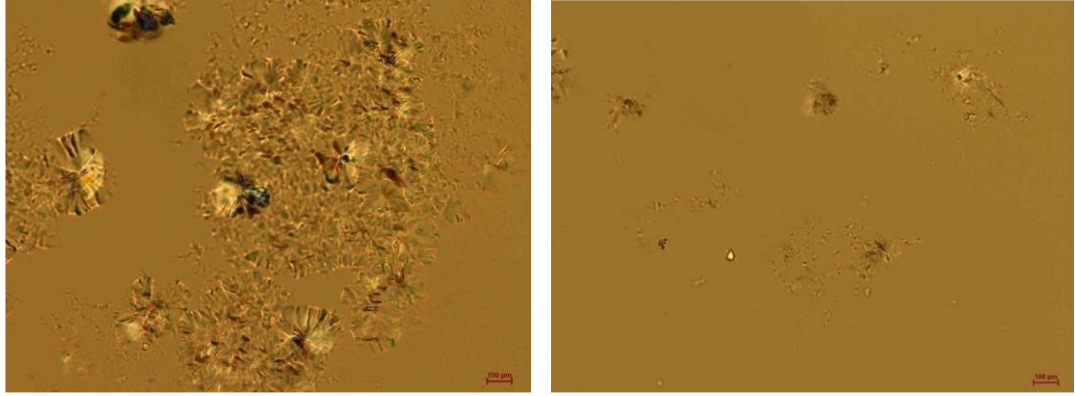
Şekil 4.1. Ultrases uygulama sürelerine göre İzantropik sıkıştırılabilirlik ve sıcaklık verileri.



(a)

(b)

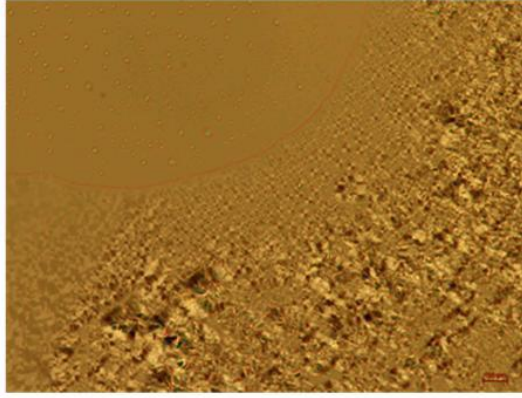
Şekil 4.2. (a) 292,15 K ve b 296.15 (20x) sıcaklıklarında ultrasases uygulanmayan COC'un polarize optik mikroskop görüntülerinin karşılaştırmaları.



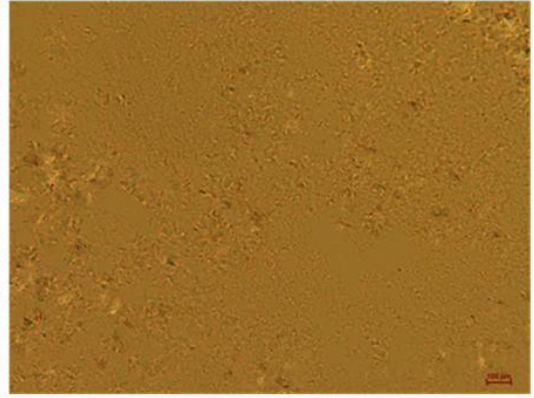
(a)

(b)

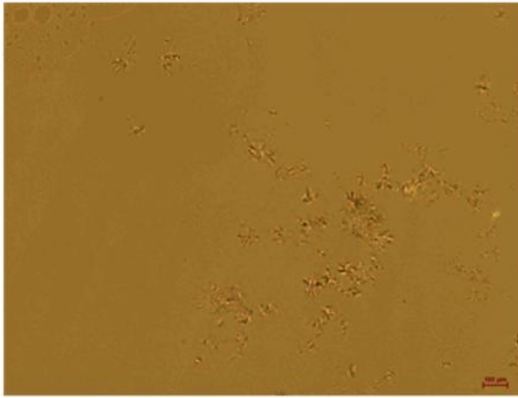
Şekil 4.3. (a) 296.15 K, (b) 303.15 K (20x) sıcaklıklarında 1 dakika süre ile ultrasases uygulanan COC'un polarize optik mikroskop karşılaştırmaları



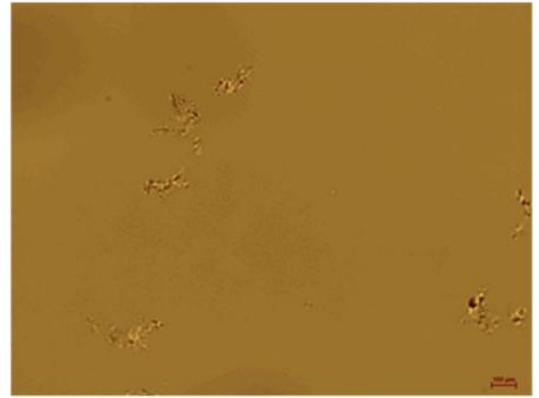
2min sonication time 295.15K 20x



2min sonication time 297.15K 20x

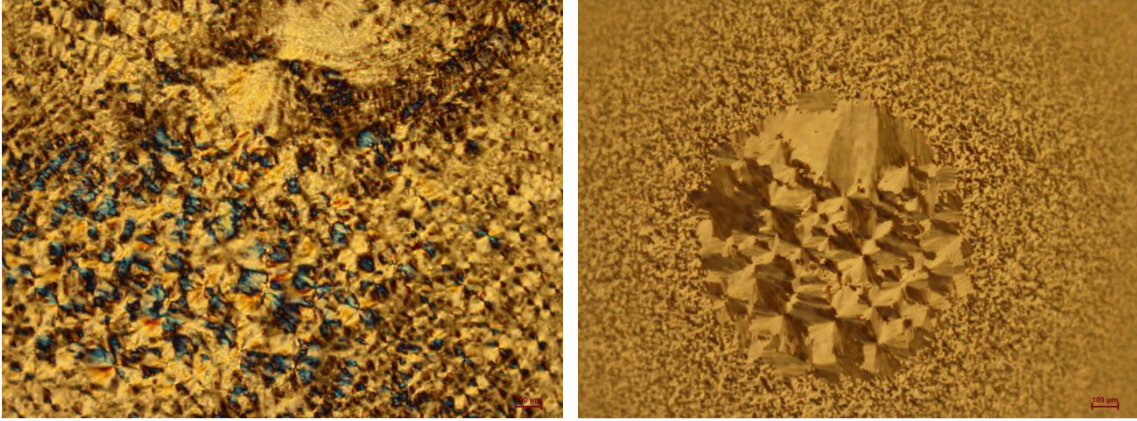


2min sonication time 303.15K 20x



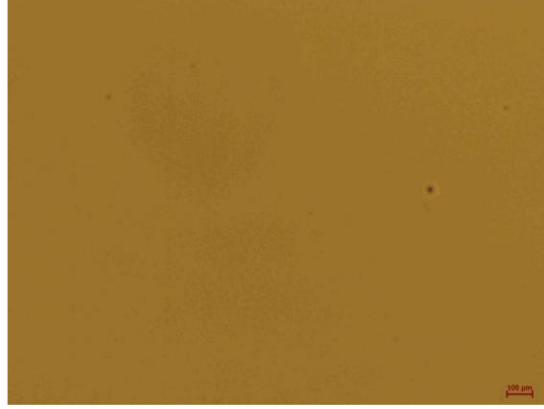
2min sonication time 305.15K 20x

Şekil 4.4. (a) 295.15 K, (b) 297.15 K, (c) 303.15 K, (d) 305.15 K (20x) sıcaklıklarında 2 dakika süre ile ultrases uygulanan COC'un polarize optik mikroskop karşılaştırmaları.



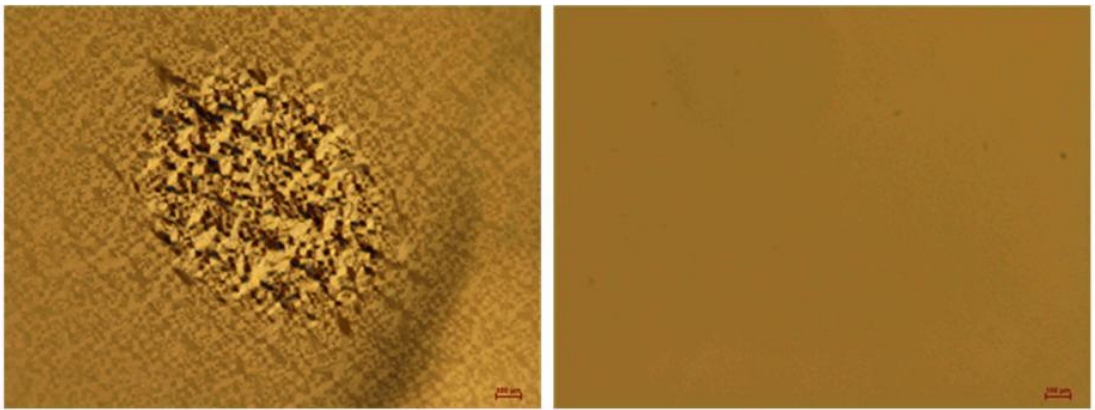
(a)

(b)



(c)

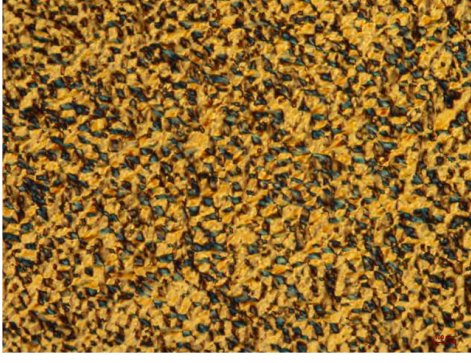
Şekil 4.5. (a) 295.15 K, (b) 297.15 K, (c) 298.15 K (20x) sıcaklıklarında 5 dakika süre ile ultrases uygulanan COC'un polarize optik mikroskop karşılaştırmaları.



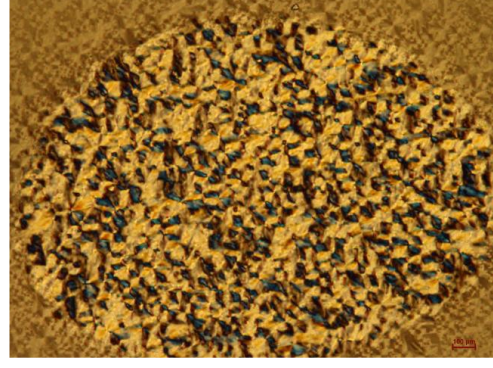
(a)

(b)

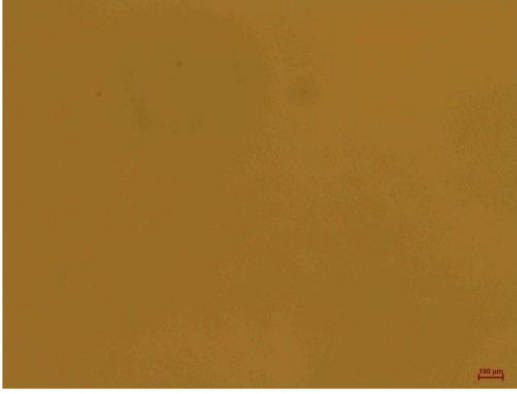
Şekil 4.6. (a) 295.15 K, (b) 296.15 K (20x) 15 dakika süre ile ultrases uygulanan COC'un polarize optik mikroskop karşılaştırmaları.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.7. (a) 293.15 K, (b) 295.15 K, (c) 296.15 K (20x) sıcaklıklarında 25 dakika süre ile ultrases uygulanan COC'un polarize optik mikroskop karşılaştırmaları.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilindiği üzere, faz geçiş sıcaklığı, POM' dan elde edilen veriler kullanılarak belirlenebilir. Bu teknikte polarize ışık altında sıvı kristal fazların sahip oldukları anizotropi özelliğinden faydalanılır. Sıvı kristaller sahip oldukları bu özellik sayesinde polarize ışık altında karakteristik görüntüler verirler. Bu çalışmada, incelenen sıvı kristallerin faz geçiş sıcaklık değerleri, çeşitli sıcaklıklarda izantropik sıkıştırılabilirlik verileri kullanılarak da başarılı bir şekilde belirlenmiştir. Bu yöntem, basit ve uygulanması pratiktir. 5, 15 ve 25 dakikalık uygulanan ultrases küçük değişikliklere sebep olurken, 1 ve 2 dakikalık uygulanan ultrases, her iki yöntemle elde edilmiş faz dönüşüm sıcaklığında büyük değişikliklere sebep olmuştur.

Faz dönüşümünün sebebi, ultrases dalgalarının etkileri ile COC sıvı kristalinin colloidal parçacıklar içine doğru dağılması ve sonrasında anizotropik birleşmenin oluşması olabilir. En yüksek faz dönüşüm sıcaklığına sebep olan 2 dakikalık ultrases etki ve bu etkinin uygulanmış olduğu numunelerin için, colloidal parçacıkların, anizotropik birleşmeye etkili bir şekilde uygulanmış olduğunu düşünüyoruz. Ayrıca numunelerin faz geçiş sıcaklıklarının izantropik sıkıştırılabilirlikle belirlenen değerleri ile POM daki faz geçiş sıcaklıkları karşılaştırıldığında sonuçların uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir. Smektik fazdan izotropik faza geçiş olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Liu, Y., Lim, Y.J., Kundu, S., Lee, S.H., Lee, G.D. Super-fast switching of twisted nematic liquid crystals with a single-wall-carbon-nanotube-doped alignment layer. *J. Korean Phys. Society*, 66: 952-958 (2015).
- V. S. Sutormin, M. N. Krakhalev, Oxana O. Prishchepa & Victor Ya. Zyryano, *Liquid Crystals*, 45:8, 1129-1136 (2018)
- J. P. Singh, R. Sharma *Department of Physics, Post-graduate government college sector-11, Chandigarh, India*, 2278-4861, PP 88-91,(2013)
- H. J. Coles and S. V. Kershaw, *Mol Cryst Liq Cryst* **2** (1-2), 29-35 (1985).
- H. J. Coles and S. V. Kershaw, *J Chem Soc Farad T 2* **84**, 987-996 (1988).
- P. J. Collings, *Liquid crystals: nature's delicate phase of matter*. (Princeton University Press, 2001).
- A. Ghanadzadeh and M. S. Beevers, *Journal of Molecular Liquids* **102** (1-3), 365-377 (2003).
- R. Muenster, M. Jarasch, X. Zhuang and Y. R. Shen, *Phys Rev Lett* **78** (1), 42-45 (1997).
- J. Philip and T. A. P. Rao, *Journal of Molecular Liquids* **50**, 215-223 (1991).
- J. Philip and T. A. P. Rao, *Phys Rev A* **46** (4), 2163-2165 (1992).
- B. Pouligny, J. P. Marcerou, J. R. Lalanne and H. J. Coles, *Mol Phys* **49** (3), 583-598 (1983).
- M. S. Zakerhamidi, Z. Ebrahimi, H. Tajalli, A. Ghanadzadeh, M. Moghadam and A. Ranjkesh, *Journal of Molecular Liquids* **157** (2-3), 119-124 (2010).
- M. J. Stephen and J. P. Straley, *Reviews of Modern Physics* **46** (4), 617 (1974).
- L. Yu and A. Saupe, *J Am Chem Soc* **102** (15), 4879-4883 (1980).
- A. Stroobants and H. Lekkerkerker, *The Journal of Physical Chemistry* **88** (16), 3669-3674 (1984).
- J. Patel and J. Goodby, *J Appl Phys* **59** (7), 2355-2360 (1986).
- V. Percec and A. Keller, *Macromolecules* **23** (20), 4347-4350 (1990).

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

- R. Geer, T. Stoebe, C. Huang, R. Pindak, G. Srajer, J. Goodby, M. Cheng, J. Ho and S.Hui, Phys Rev Lett **66** (10), 1322-1325 (1991).
- G. S. Iannacchione and D. Finotello, Phys Rev Lett **69** (14), 2094-2097 (1992).
- J. Xue, C. Jung and M. W. Kim, Phys Rev Lett **69** (3), 474-477 (1992).
- C. Bahr, International Journal of Modern Physics B **8** (22), 3051-3082 (1994).
- G. S. Iannacchione and D. Finotello, Phys Rev E **50** (6), 4780 (1994).
- J. Thoen, International Journal of Modern Physics B **9** (18n19), 2157-2218 (1995).
- T. Zheng Qian and P. Sheng, Phys Rev Lett **77** (22), 4564-4567 (1996).
- G. J. Vroege and H. N. W. Lekkerkerker, Reports on Progress in Physics **55** (8), 1241 (1999).
- S. Singh, Physics Reports **324** (2), 107-269 (2000).
- M. Thomas and H. H. Richardson, Vibrational Spectroscopy **24** (1), 137-146 (2000).
- F. M. van der Kooij, K. Kassapidou and H. N. W. Lekkerkerker, Nature **406**, 868-871 (2000).
- C. Pujolle-Robic and L. Noirez, Nature **409** (6817), 167-171 (2001).
- M. Boamfa, M. Kim, J. Maan and T. Rasing, Nature **421** (6919), 149-152 (2003).
- P. Dolganov, V. Zhilin, V. Dolganov and E. Kats, Phys Rev E **67** (4), 041716 (2003).
- H. Finkelmann, H. J. Kock and G. Rehage, Die Makromolekulare Chemie, Rapid Communications **2** (4), 317-322 (2003).
- G. Cinacchi, L. Mederos and E. Velasco, The Journal of chemical physics **121**, 3854 (2004).
- I. Brovchenko, A. Geiger and A. Oleinikova, arXiv preprint cond-mat/0503584 (2005).
- A. M. F. Neto and S. R. A. Salinas, *The Physics of Lyotropic Liquid Crystals: Phase Transitions and Structural Properties*. (OUP Oxford, 2005).
- M. Ramos, I. Shmyt'ko, E. Arnautova, R. Jiménez-Riobóo, S. Vieira and M. Capitán, J Non-Cryst Solids **352** (42), 4769-4775 (2006).

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

- C. S. Yelleswarapu, S. R. Kothapalli, F. J. Aranda, D. Rao, Y. R. Vaillancourt and B. R. Kimball, *Applied physics letters* **89** (21), 211116-211116-211113 (2006).
- A. Roy and N. Madhusudana, *EPL (Europhysics Letters)* **36** (3), 221 (2007).
- N. Lebovka, T. Dadakova, L. Lysetskiy, O. Melezhyk, G. Puchkovska, T. Gavrilko, J. Baran and M. Drozd, *Journal of Molecular Structure* **887** (1), 135-143 (2008).
- V. S. Minkov, N. A. Tumanov, B. A. Kolesov, E. V. Boldyreva and S. N. Bizyaev, *The Journal of Physical Chemistry B* **113** (15), 5262-5272 (2009).
- J. Thoen, G. Cordoyiannis and C. Glorieux, *Liq Cryst* **36** (6-7), 669-684 (2009).
- K. Hiltrop, J. Hasse and H. Stegemeyer, *Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie* **98** (2), 209-213 (2010).
- J. K. Hyun, J. S. Kim, S. D. Kim, H. S. Yoon, J. Y. Lee and W. S. Kim, *J Chem Eng Jpn* **35** (11), 1211-1218 (2002).
- D. W. Schaefer, C. Suryawanshi, P. Pakdel, J. Ilavsky and P. R. Jemian, *Physica A* **314** (1-4), 686-695 (2002).
- D. T. Velickovic, D. M. Milenovic, M. S. Ristic and V. B. Veljkovic, *Ultrasonics Sonochemistry* **13** (2), 150-156 (2006).
- N. H. Ayachit, *Mol Cryst Liq Cryst* **506**, 71-76 (2009).
- N. H. Ayachit, S. T. Vasana, F. M. Sannaningannavar and D. K. Deshpande, *J Mol Liq* **133** (1-3), 134-138 (2007).
- S. T. Vasana, F. M. Sannaningannavar, N. H. Ayachit and D. K. Deshpande, *Mol Cryst Liq Cryst* **451**, 107-119 (2006).
- F. M. Sannaningannavar, N. H. Ayachit and D. K. Deshpande, *Phys Chem Liq* **44** (3), 217-226 (2006).
- R. Reddy, Y. N. Ahamed, M. R. Kumar and T. Rao, *Cryst Res Technol* **31** (3), 391-398 (1996).