

T.C.
KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

4'-(HEKZİLOKSİ)-4-BİFENİLKARBONİTRİL VE 4-İZOTİOSİYANATOFENİL 4-
PENTİLBİSİKLO [2.2.2] OKTAN-1-KARBOKSİLAT SIVI KRİSTAL
NUMUNELERİNİN VE KARIŞIMLARININ DİPOL MOMENTLERİNİN
BELİRLENMESİ

MAZHAR AKBAŞ

FİZİK ANABİLİM DALI

KİLİS

2011

T.C.
KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

4'-(HEKZİLOKSİ)-4-BİFENİLKARBONİTRİL VE 4-İZOTİOSİYANATOFENİL 4-
PENTİLBİSİKLO [2.2.2] OKTAN-1-KARBOKSİLAT SIVI KRİSTAL
NUMUNELERİNİN VE KARIŞIMLARININ DİPOL MOMENTLERİNİN
BELİRLENMESİ

MAZHAR AKBAŞ

FİZİK ANABİLİM DALI

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa YAZICI

KİLİS

2011

Her hakkı saklıdır

KABUL VE ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. Mustafa YAZICI danışmanlığında, Mazhar AKBAŞ tarafından hazırlanan “4'-(HEKZİLOKSİ) -4- BİFENİL KARBONİTRİL VE 4-İZOTİOSİYANATOFENİL -4- PENTİLBİSİKLO [2.2.2] OKTAN-1-KARBOKSİLAT SIVI KRİSTAL NUMUNELERİNİN VE KARIŞIMLARININ DİPOL MOMENTLERİNİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması 22 / 07 / 2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı, Adı Soyadı (Kurumu)	İmza
Başkan	Prof. Dr. Bilal ACEMİOĞLU (Kilis 7 Aralık Üniv. Fen Edebiyat Fak.Kimya ABD)	
Üye	Yrd. Doç.Dr. Mustafa YAZICI (Kilis 7 Aralık Üniv. Fen Edebiyat Fak.Fizik ABD)	
Üye	Yrd. Doç.Dr. Kani ARICI (Kilis 7 Aralık Üniv. Fen Edebiyat Fak.Fizik ABD)	

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun/...../201... tarih ve/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Tez No:

Bu tez çalışması Kilis 7 Aralık Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi Tarafından (BAP proje no: 2010/03) finansal olarak desteklenmiştir.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

4'-(HEKZİLOKSİ)-4-BİFENİLKARBONİTRİL VE 4-İZOTİOSİYANATOFENİL 4-PENTİLBİSİKLO [2.2.2] OKTAN-1-KARBOKSİLAT SIVI KRİSTAL NUMUNELERİNİN VE KARIŞIMLARININ DİPOL MOMENTLERİNİN BELİRLENMESİ

Mazhar AKBAŞ

Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Ana Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa YAZICI

Yıl: 2011

Sayfa: 42

Bu çalışmada, 4'-(Hexyloxy)-4-biphenylcarbonitrile ve 4-Isothiocyanatophenyl 4-pentylbicyclo[2.2.2] octane-1-carboxylate sıvı kristallerin saf ve belli oranlardaki karışım numuneleri elde edildi. Numunelerin absorbands ölçümleri UV-VIS spektrometre ile, floresans ölçümleri ise spektroflorofotometre ile belirlendi. Dielektrik sabitlerinin ölçümü ise $9 \times 9 \text{ mm}^2$ alana sahip hücresel kondansatörler kullanılarak Keithley 4200-SCS (Semiconductor characterization system) cihazıyla yapıldı. Bu sonuçlar temel halin dipol momentlerinin belirlenmesi için Lippert Eşitliğinde, uyarılmış halin dipol momentlerinin belirlenmesi için Guggenheim-Smith denkleminde kullanıldı. K1-Y1 numunelerinde çözücü polarite artışına bağlı olarak absorbands spektrumunun daha kısa dalga boylu bölgeye kaydığı (blue shift) görüldü. Bu durum temel halin dipol momentinin uyarılmış halin dipol momentine göre daha kararlı olduğunu göstermektedir, yani $\mu_{K1} > \mu_{Y1}^*$ olmaktadır. Ayrıca K2-Y2, L1-Z1, L2-Z2, ve L3-Z3 numunelerinin uyarılmış haldeki dipol moment değerlerinin temel haldeki dipol moment değerlerinden daha büyük olduğu görüldü.

Anahtar Kelimeler: 4'-(hekziloksi)-4-bifenilkarbonitril ve 4-izotiosiyanatofenil 4-pentilbisiklo [2.2.2] oktan-1-karboksilat sıvı kristalleri, Dipol moment, Floresans, Absorbans

ABSTRACT

MSc. Thesis

ANALYSE OF DIPOLE MOMENTS OF 4'-(HEXYLOXY)-4-BIPHENYLCARBONITRILE VE 4-ISOTHIOCYANATOPHENYL 4-PENTYLBICYCLO [2.2.2] OCTANE-1-CARBOXYLATE LIQUID CRYSTAL SAMPLES AND MIXTURES

Mazhar AKBAŞ

Kilis 7 Aralık University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Physics

Advisor: Assist. Prof. Dr. Mustafa YAZICI

Year: 2011

Page: 42

In this study, the samples of 4'-(Hexyloxy)-4-biphenylcarbonitrile and 4-Isothiocyanatophenyl 4-pentylbicyclo [2,2,2]octane-1-carboxylate nematic liquid crystal, in pure and certain proportions mixtures, samples are obtained. Absorbance measurement of samples are taken with UV- VIS spectrophotometer, fluorescence measurement are also taken with spectrofluorophotometer devices. Dielectrical measurement of samples is also done with Keithley 4200-SCS (Semiconductor characterization system) device by using cellular condenser, having $9 \times 9 \text{mm}^2$ area. To determine dipole moment of ground state, these results are used in the Lippert equation, and then for dipole moment of excited state these results are used in the Guggenheim-Smith equation, a theoretical method. In the K1-Y1 samples, according to the increasing of solvent polarity, it is seen that the absorbance spectrum is slipped to blue shift. As a result of this, dipole moment of ground state is to be higher than the excited state, that is, $\mu_{K1} > \mu_{Y1}^*$. In addition, in the K2-Y2, L1-Z1-Z2 L2 and L3-Z3 samples, dipole moment values of excited state are to be higher than the ground state dipole moment values.

Keywords: 4'-(hexyloxy)-4-biphenylcarbonitrile ve 4-isothiocyanatophenyl 4-pentylbicyclo [2.2.2] octane-1-carboxylate liquid crystals, Dipole Moment, Fluoresce, Absorbance

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mustafa YAZICI' ya, tez çalışmasının değişik aşamalarında her türlü desteği veren sayın Prof. Dr. Bilal ACEMİOĞLU' na, deneysel çalışmalarında teknik yardımını gördüğüm Atatürk Üniversitesi Kimya Bölümünden Yrd. Doç. Dr. Kadem MERAL ve Fırat Üniversitesi Fizik bölümünden Prof. Dr. Fahrettin YAKUPHANOĞLU' na, çalışmalarım boyunca sıkıntılara ortak olan ve desteğini esirgemeyen eşim Hazal AKBAŞ' a teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Kilis 7 Aralık Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi tarafından (BAP proje no: 2010/03) finansal olarak desteklenmiştir. Bu desteğinden dolayı BAP birimine teşekkür ederim.

Mazhar AKBAŞ

Kilis, Temmuz 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
RESİMLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
GİRİŞ	1
1.1. Sıvı Kristallerin Genel Özellikleri	3
1.2. Sıvı Kristal Çeşitleri	4
1.2.1. Termotropik Sıvı Kristaller	5
1.2.2. Simektik Faz	6
1.2.3. Kolesterik Faz	7
1.2.4. Nematik Faz	8
1.2.5. Liyotropik Sıvı Kristaller	9
1.3. Sıvı Kristallerin Optik Özellikleri	10
1.4. Sıvı Kristallerin Kimyasal Özellikleri	11
1.5. Sıvı Kristallerin Kullanım Alanları	12
1.6. Dielektrik	15
1.6.1. Bazı Dielektrik Maddeler	15
1.7. Dipol Moment	16

1.7.1. Dipol moment hesabı ile ilgili yapılan çalışmalar	19
1.8. Spektroskopi.....	21
1.9. Dielektrik Sabiti Ölçümleri	23
2. MATERYAL VE METOD.....	24
2.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler	24
2.2. Kullanılan Alet ve Cihazlar	24
2.3. KEITHLEY 4200-SCS (Semiconductor Characterization System)	24
2.4. UV-VIS Spektrofotometre	24
2.5. Spektroflorofotometre	25
2.6. Refraktometre.....	26
2.7. İnsülin Şırıngası	26
2.8. ITO Lameller.....	26
2.9. Kuartz Küvetler.....	27
2.10. Deneyde Kullanılan Sıvı Kristaller	27
2.11. Numunelerin Hazırlanması	28
2.11.1. Kloroform Çözücüsü Kullanılarak Elde Edilen Numuneler	28
2.11.2. Diklorometan Çözücüsü Kullanılarak Elde Edilen Numuneler	28
3. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	29
3.1. Sıvı Kristal Numunelerin Floresans ve Absorbsiyon Spektrumlarının Alınması ve Absorbans Ölçümleri.....	29
3.2. K1, Y1 Numuneleri.....	30
3.3. K2, Y2 Numuneleri	31
3.4. L1, Z1 Numuneleri.....	32
3.5. L2, Z2 Numuneleri	33
3.6. L3, Z3 Numuneleri.....	34

3.7. Kırılma İndisi Ölçümleri	36
3.8. Dielektrik Sabiti Ölçümleri	37
3.9. Temel ve Uyarılmış Halin Dipol Momentlerinin Hesaplanması	37
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	38
5. KAYNAKLAR	39
6. ÖZGEÇMİŞ.....	42

SİMGELER DİZİNİ

q:	Tanecik yükü
r:	Tanecikler arası uzaklık
D:	Debye (Dipol moment birimi)
\bar{V}_a :	Absorpsiyon spektrumunda maksimuma karşılık gelen dalga sayısı
\bar{V}_f :	Floresans spektrumunda maksimuma karşılık gelen dalga sayısı
h:	Plank sabiti ($6,62 \times 10^{-34}$ j.s)
Δf :	Çözücü polaritesi fonksiyonu
c:	Işık hızı
ϵ :	Çözücünün dielektrik sabiti
n:	Çözücünün kırılma indisi
μ^* :	Uyarılmış halin dipol momentini
μ :	Temel halin dipol momentini
$\Delta \mu$:	Temel ve uyarılmış hal arasındaki dipol moment farkı
Sb:	Çözücüden bağımsız bir sabit
M:	Çözünen maddenin molekül ağırlığı
ϵ_1 :	Çözücünün dielektrik sabiti
ϵ :	Çözeltinin dielektrik sabiti
k:	Boltzmann sabiti
N:	Avagadro sayısı
δ :	Çözücünün yoğunluğu
T:	Kelvin cinsinden sıcaklık değeri
W:	Çözünen maddenin ağırlık kesri
n_D :	Çözeltinin kırılma indisi

- n_1 : Çözücünün kırılma indisi
- ϵ : Dielektrik sabiti
- ϵ_0 : Hava veya vakum ortam için dielektrik sabiti
- C_0 : Kapasitör boşken ölçülen kapasitans
- C : Kapasitörde numune varken ölçülen kapasitans
- λ : Dalga boyu
- a : Çözücü içerisinde çözünen molekül tarafından işgal edilen boşluğun yarıçapı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Sıvı kristallerin çeşitleri	4
Şekil 1.2. Tipik bir sıvı kristal molekülün kimyasal yapısı	4
Şekil 1.3. Simektik yapılı moleküllerin katmanlar halinde ve n direktörü boyunca yönelimi	6
Şekil 1.4. Simektik C fazındaki moleküllerin normalden belli bir ϕ açısıyla saparak yönelmesi.....	7
Şekil 1.5. Kolesterik fazda moleküllerin katmanlar halinde ve her katmandaki moleküllerin birbirlerine göre küçük bir açı yaparak istiflenişi	7
Şekil 1.6. DNA molekülü.....	8
Şekil 1.7. Nematik fazda moleküllerin aynı doğrultuda yönelimi	9
Şekil 1.8. Lyotropik bir sıvı kristalin şekli ve açık formülü sodyum dodesil sülfat	10
Şekil.1.9. Sıvı kristal ortamdaki polarize olmayan ışığın davranışı	10
Şekil 1.10. Sıvı kristalde ışığın moleküler eksen boyunca yayılması; (a) sıradan huzme, (b) sıradan olmayan huzme; n_0 :sıradan kırılma indisi, n_e : sıradan olmayan kırılma indisi.....	11
Şekil 1.11. Sıvı kristal display hücresi	12
Şekil 1.12. Dipol momentin vektörel gösterimi	16
Şekil 1.13. Elektromanyetik radyasyon spektrumu	21
Şekil 2.1. Deneyde kullanılan ITO lamelin şematize edilmiş hali.....	26
Şekil 3.1. 4-izotiosiyanatofenil 4-pentilbisiklo [2.2.2] oktan-1-karboksilat sıvı kristal numunenin kloroform (K2) ve diklorometan (Y2) çözücülerindeki absorbans ve floresans şiddetinin dalgaboyuna bağlı değişim grafikleri	32
Şekil 3.2. L1 ve Z1 numunelerinin absorbans ve floresans şiddetlerinin dalgaboyuna bağlı değişim grafikleri	33
Şekil 3.3. L2 ve Z2 numunelerinin absorbans ve floresans şiddetlerinin dalga boyuna bağlı değişim grafikleri	34

Şekil 3.4. L3 ve Z3 numunelerinin absorbands ve floresans şiddetlerinin dalgaboyuna bağlı değişim grafikleri	35
Şekil 3.5. K2 ve Y2 numunelerinin normalize edilmiş şekilleriyle absorbands ve floresans şiddetlerinin dalga boyuna bağlı değişim grafikleri	35
Şekil 3.6. K2 ve Y2 numunelerinin normalize edilmiş şekilleriyle absorbands ve floresans şiddetlerinin dalga boyuna bağlı değişim grafikleri	26

RESİMLER DİZİNİ

Resim 2.1. Keithley 4200-SCS (Semiconductor Characterization System)	24
Resim 2.2. UV-VIS Spektrofotometre	25
Resim 2.3. Spektroflorofotometre (RF-5301 PC)	25
Resim 2.4. Deneyde kullanmak için sıvı kristal numune ile doldurulan ITO lameller...	27
Resim 2.5. Deneyde kullanılan manyetik karıştırıcı	27

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. 4'-(Hekziloksi)-4-bifenilkarbonitril numunesinin özellikleri.....	27
Çizelge 2.2. 4-İzotiosiyanatofenil 4 – pentil bisiklo [2.2.2] oktan -1- karboksilat numunesinin özellikleri.....	28
Çizelge 3.1. Numunelerin floresans, absorpsiyon ve kırılma indisi değerleri	29
Çizelge 3.2. Çözücülerin fiziksel sabitleri	30
Çizelge 3.3. Temel ve uyarılmış halin dipol momentleri	37

1.GİRİŞ

Maddeler genelde katı, sıvı ve gaz olarak üç fazda bulunmaktadır. Katı yapıda atom veya moleküller belirli konumlarda örgü titreşimleri yaparlarken, dönme hareketi yapamazlar. Sıvı fazda ise moleküller öteleme hareketi ile birlikte dönme hareketini de yapabilmektedirler.

Katıların erimesi sonucu düzenli molekül yapısı bozulur ve moleküllerin dönüş serbestliği kazandığı sıvı faza geçilir. Katı, sıvı faza geçerken aradaki faz değerleri halen daha düzenli molekül dizilişine sahip sıvı haller gösterdiğinden dolayı bu tip maddelere sıvı kristal denilmiştir. Bir katı kadar düzenli olmayan ama belli bir derecede dizilişe sahip maddeler uygun olarak sıvı kristal adıyla adlandırılabilir (Eser, 2006).

Bilim adamları uzun yıllar maddenin doğadaki halleri için genellikle sınır hallerini göz önüne almışlardır. Bunlar atomların periyodik bir örgü içinde üç boyutlu bir yerleşim gösterdiği kristal yapı katılar ve diğer taraftan atom ve moleküllerin tümüyle düzensiz bir yerleşim gösterdiği akışkanlardır. Kristal yapı katılar konumsal düzenden dolayı anizotropik bir davranış sergilerken, akışkanda herhangi bir düzenin olmaması nedeniyle izotrop bir karakter mevcuttur. Yani; madde her doğrultuda aynı özelliğe sahiptir. Katı fazda madde belirli bir yapıya sahip olup maddeyi oluşturan moleküller arasındaki bağ enerjileri oldukça büyüktür. Bir katının molekülleri üç boyutta düzenli tekrarlanıyorsa kristal, molekülleri arasında uzun mesafe düzeni yoksa amorf (şekilsiz) katı olarak bilinirler. Demir, bakır, altın gibi metaller kristallere; cam, kağıt, odun gibi katılar amorf katılara örnektir. Sıvıların ise belirli bir şekli yoktur, ancak buldukları kabın şeklini alırlar. Molekülleri çubuksudur ve aralarındaki bağ enerjisi küçük olduğundan kolay buharlaşabilir. Üzerine etkileyen basıncı aynen iletir ve sıkıştırılamazlar. Bazı organik bileşiklerin katı (kristal) halden izotropik sıvı hale geçişleri esnasında, tek basamaklı (doğrudan) bir geçiş yerine, her birinde maddenin yeni ve alışılmışın dışında bazı özellikler sergilediği "basamaklı" bir geçiş gösterdikleri uzun süredir bilinmektedir.

Kristal özelliklerine sahip olduğu kadar, sıvı özelliklerini de taşıyan maddeler Sıvı Kristal olarak adlandırılmıştır. Sıvı kristaller için ilk kez Friedel tarafından kullanılan ve

arafaz anlamına gelen mezofaz terimine literatürde sıkça rastlanmaktadır.

Sıvı kristaller, anizotropik kristal yapıları katıların ve izotropik sıvıların özelliklerini taşımanın yanı sıra, onlardan farklı olarak katı ve sıvılarda gözlenemeyen bazı özelliklere de sahiptirler. Böyle bir ortamdaki moleküler düzen, küçük bir elektrik veya manyetik alan etkisi ile kolayca bozulabilir. Elektrik alan uygulanması ile moleküler düzende meydana gelen değişimler cihaz amaçlı çeşitli uygulamaların gelişimine neden olmuştur. Moleküllerin ortalama yöneliminin bölgeye göre değişimi, maddenin o bölgedeki özelliklerini değiştirerek, bölgede karanlık ve aydınlık alanlar oluşturur. Böylece bu özelliklerden yararlanılarak çeşitli endüstriyel cihazlar yapılmaktadır (Özaydın, 2007).

Sıvı kristallerde moleküller arası kuvvetler zayıf olduğundan dış etkilere karşı yüksek hassasiyet gösterirler. Bu özelliklerinden yararlanılarak sıcaklık, basınç, elektrik ve manyetik alan gibi dış etkileri izlemek için çeşitli sensör uygulamalarında kullanılırlar (Köysal, 2007).

Sıvı kristal materyaller genellikle birçok ortak özelliklere sahiptirler. Bunlar arasında; çubuksu bir moleküler yapı, uzun eksenin eğilmezliği ve kuvvetli iki kutupluluk veya kolay polarize olabilme sayılabilir (Ünal, 2001).

Sıvı kristallere uygulanan elektrik alan ile moleküllerin yeniden düzenlenmesi sağlanmakta ve ortamın anizotropisini değiştirmek mümkün olabilmektedir. Moleküler düzende meydana gelen bu değişimler gösterge amaçlı çeşitli cihazların gelişimine neden olmuştur. Günümüzde sıvı kristal gösterge cihazları (LCD'ler), teknolojinin birçok alanında kendine uygulama sahası bulmuştur. Amerika, Japonya ve Avrupa'nın birçok ülkesinde bu alanda devamlı ve sürekli araştırmalar başlatılmış çok yönlü gelişmeler sağlanmıştır. Sıvı kristallerin elektro-optik, manyeto-optik özellikleri üzerinde yoğunlaşan çalışmalar, yüksek çözünürlüklü renkli görüntü cihazlarının yapımı için önemini daha da arttırmıştır. Sıvı kristal ekranların düşük güç tüketimi gerektirmeleri, küçük boyutları ve karmaşık devre elemanları ile uyumlu çalışabilmeleri onların önemini bir kat daha artmasını sağlamış, yakın gelecekte teknolojik uygulamalardaki yerini daha da sağlamlaştırmıştır (Priestley ve ark., 1975).

Sıvı kristallerin en kritik uygulama alanlarından bir tanesi de gerçel zamanlı holografi ve optik veri depolanması uygulamalarıdır. Holografik hafıza ilk olarak yaklaşık 40 yıl önce önerilmesine rağmen onun gelişimi hologramların depolanması için uygun materyalin olmaması nedeniyle engellenmiştir. Aynı zamanda bugüne kadar hologramları hazırlayan 2 boyutlu veri yüzeylerini dedekte etmek ve görüntülemek için uygun lazerler ve cihazlar da yoktu. Bununla birlikte son 10 yılda daha fazla gelişen “display” ve dedektör teknolojisi, video göstericileri, dijital kameralar ve el kameralarının ticari başarıları nedeniyle kullanılabilir olmuştur. Hologramları depolamak için ihtiyaç duyulan malzemeler uzun zamandır piyasadadır ve sürücülerde gelecek yıllarda sergilenecektir.

1.1. Sıvı Kristallerin Genel Özellikleri

Sıvı kristaller; vizkoz, jelatimsi materyaller olup, sıcaklığı arttırılırken saydam hale dönüşerek sıvılara benzerler. İlk olarak, 1888' de Avusturyalı Botanikçi Friedrich Reinitzer tarafından keşfedilmişlerdir. Reinitzer, Cholesteryl-Benzoate incelemesinde iki farklı erime noktası gözlemlemiş (145°C' de kristal fazdan sıvı kristal hale ve 178°C' de sıvı kristal halden izotropik sıvı hale geçer) ve iki yıl sonra Gatterman, P-azoxyanisole ve P-azoxyphenetole maddelerinde aynı davranışı gözlemlemiştir. Genel olarak sıvı kristal halden izotropik sıvı hale geçiş -30 °C ile 100 °C aralığını kapsar (Bilen, 1994).

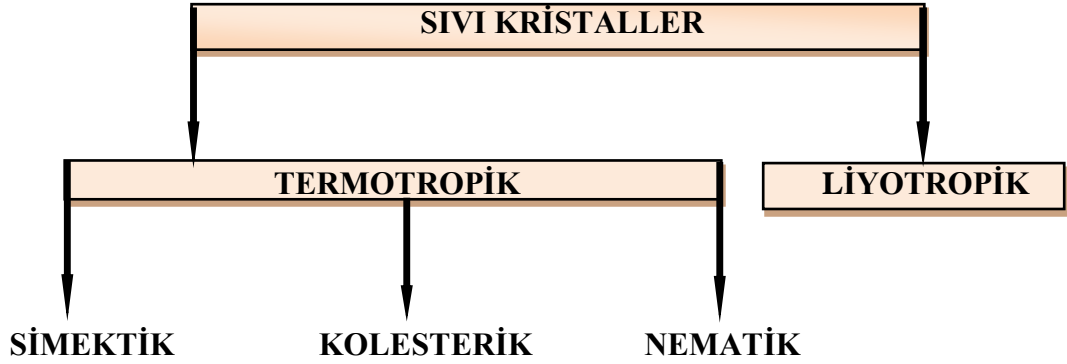
Diğer yandan, sıvı kristallerde katı kristallere benzer bir yönelim düzeni vardır ve bu yüzden ışığın kırılmasına ve yansımaya neden olur. Bu özelliklerinden dolayı ise kristallere benzerler. Ayrıca sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ışığın özel bir dalga boyunu kırması seçici yansıma özelliğine sahip olduğunu gösterir. En genel karakteristikleri arasında; çubuk-benzeri moleküler yapıda olmaları, uzun eksenlerinin kararlılığı, kuvvetli dipollere sahip olması veya kolay polarize olabilir özellikte olması sayılabilir.

Polarize ışıkta çift kırılma özelliğine sahip olup, girişim renkleri verebilir. Üzerine düşen ışığa göre spektrumdaki renkleri sırasıyla sergiler. Soğutmada gösterdiği renkler tersinirdir. Karakteristik yönelim düzeni, genel olarak, düzenli yapıdaki kristaller ile düzensiz yapıdaki sıvılar arasındadır. Buna mezojenik faz denir. Bu fazda moleküller

sıralı düzene sahip olmasına rağmen hareketlidirler.

Sıvı kristalin özellikleri, ölçülen yönelime bağlıdır. Moleküler yönelimin genel eksenini direktör olarak isimlendirilir ve n ile gösterilir. Geometrik olarak anizotropiktirler. Yani sıvı kristaller optik özellikleri moleküllerin ışık kaynağına göre yönelimlerine bağlıdır.

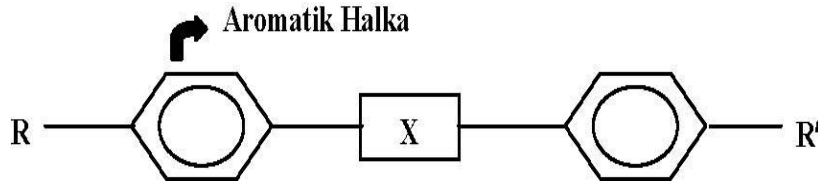
1.2. Sıvı Kristal Çeşitleri



Şekil 1.1. Sıvı kristallerin çeşitleri

Sıvı kristaller oluşum nedenlerine bağlı olarak Termotropik ve Lyotropik olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılabilirler. Termotropikler çubuksu veya disk biçimindeki moleküllerden oluşmaktadır. Molekül genel olarak iki aromatik halka ve bunları birleştiren bir merkez gruba birlikte kenarlardaki serbest radikallerden oluşur. Lyotropik sıvı kristaller bir veya birkaç bileşiğin karışımından oluşmaktadır ve bu grupta faz değişimine sebebiyet veren etken konsantrasyondur. Şimdi bu gruptaki sıvı kristallerin yapılarına kısaca bir göz gezdirelim.

Tipik bir sıvı kristal molekülün kimyasal yapısı R ve R' serbest radikaller, X ise merkez grubunu göstermektedir.



Şekil 1.2. Tipik bir sıvı kristal molekülün kimyasal yapısı

1.2.1. Termotropik Sıvı Kristaller

Lineer olduğu kadar non-lineer optik özelliklerinden dolayı çok fazla incelenen ve en geniş kullanım alanına sahip olan sıvı kristaller termotropik sıvı kristallerdir (Khoo, 1995).

Kristal yapı ısıtıldığında izotropik sıvıya doğru olan geçişte tek basamaklı bir geçiş yerine birkaç ara faz oluşuyorsa bu tip sıvı kristallere termotropik sıvı kristaller denir. Termotropik sıvı kristallerde bu arafazların oluşumunun ana sebebi sıcaklıktır. Bu tip sıvı kristallerin moleköl yapılarına bakıldığında moleküllerin ince çubuksu veya disk şeklinde olduğu görülür (Priestley ve ark., 1975).

Ayrıca, termal sıcaklığın düşürülmesine bağlı olarak, izotropik fazdan nematik faza geçiş gözlenir. Moleküler simetrisinin gereği olarak izotropik fazdan nematik faza geçişte birinci dereceden geçiş gözlenir. Bunun nedeni ise izotropik ile nematik geçiş sırasında entalpinin yüksek, entropinin düşük olmasıdır. İzotropik sıvı ile smektik-A fazı arasındaki geçişler yine birinci dereceden geçişlerdir. Nematik fazdan smektik-A fazına geçişte hem birinci dereceden hem de ikinci dereceden geçişler vardır (Özgan ve Yazıcı, 2003). Bu geçişler özellikle nematik fazın genişliğine, yönelim düzeni (orientational order) ve yerleşim düzenine (pozitional order) bağlı geçişlerdir. Sıcaklığın düşürülmesine bağlı olarak smektik fazdan hegzatik faza, hegzatik fazdan da sıvı kristallerin sahip olmuş olduğu en kararlı faz olan kristal fazlara geçişler gözlenir (Pershan, 1988).

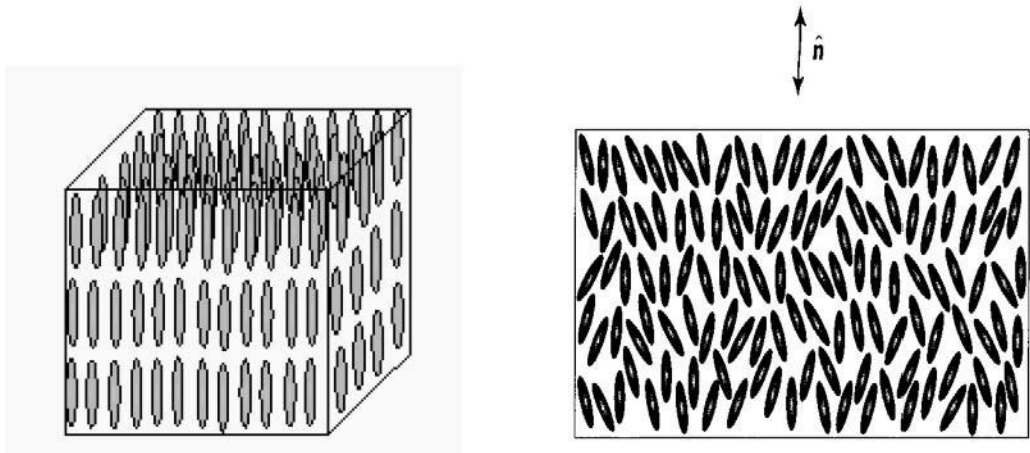
Termotropik bir sıvı kristal fazı; bazı maddelerde katı ve sıvı haller arasındaki bir sıcaklık aralığında meydana gelir. Bu sıcaklık aralığında madde, hem sıvı hem de katıların özelliklerinden bazılarına sahiptir. Sıvı kristal; bir sıvı gibi akışkan olup, optik ve elektromanyetik karakter taşıyan bir katı gibi anizotropiktir (Sage, 1990).

Termotropik sıvı kristallerin birtakım ortak özellikleri vardır. Bunlar; moleküllerin çubuksu yapıda olması, molekölün uzun ekseni boyunca yer alan aromatik halkalar nedeniyle molekölün rigid bir yapı sergilemesi, moleköl yapılarında polar gruplar ve kalıcı dipoller bulunması ve genelde moleköl ekseni boyunca kuvvetli dipoller moleköl uçlarında ise zayıf polar grupların bulunmasıdır.

Termotropik sıvı kristaller sıcaklıkla olan ara değişim fazlarına göre üç gruba ayrılırlar. Bunlar; nematik, simektik ve kolesterik tipteki sıvı kristallerdir (Şekil 1. 1).

1.2.2. Simektik Faz

Simektik yapıda çubuksu veya disk şeklindeki moleküllerin uzun eksenleri katman düzlemine dik olacak şekilde yerleşirler. Moleküller bu katmanlar içinde belli aralıklarda yerleşir ve aynı doğrultu boyunca yönelirler.



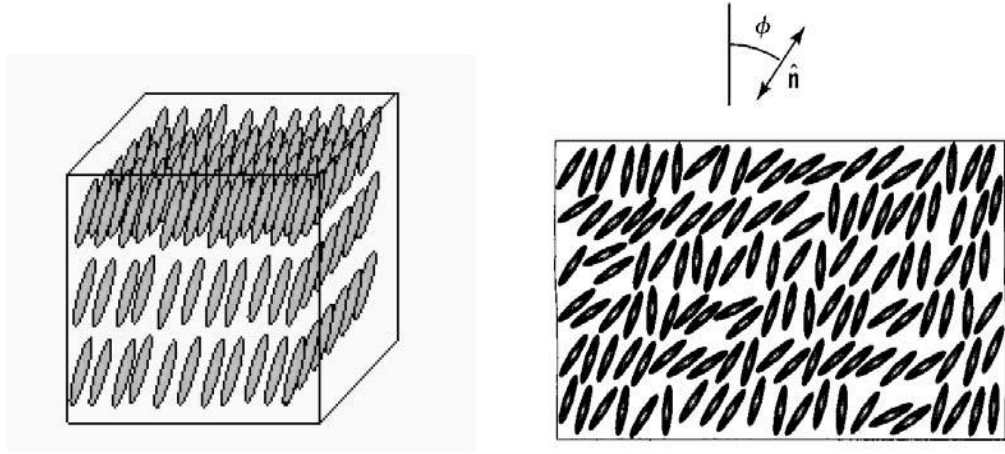
Şekil 1. 3. Simektik yapıyı moleküllerin katmanlar halinde ve \hat{n} direktörü boyunca yönelimi.

Bu yapıda moleküller kendi katmanları içinde hareket ederken, katmanlar arasında hareket edemezler. Yapı moleküllerin katman düzlemindeki yönelimlerine göre kendi arasında iki ana gruba ayrılmıştır.

Simektik A fazında molekül eksenleri tabaka normaline boyunca yönelirler (Şekil 1. 3). Aynı tabaka içinde hareket edebilen moleküllerin tabakalar arasındaki hareketi yasaklanmıştır. Yapıda viskozitenin çok yüksek değerde olması nedeniyle cihazlardaki uygulamaları pek kullanışlı değildir.

Simektik B fazı ise hegzagonal bir paketleme düzeni göstermektedir. Simektik B fazının bazı özellikleri sıvı kristalden çok katı kristale benzemektedir.

Simektik C yapısı X-ray saçılmasından elde edilen veriler sonucunda belirlenmiştir. Bu verilerden bazı simektik fazların moleküler uzunluğunun tabaka kalınlığından daha fazla olduğu görülmüştür. Bu durumda moleküler eksenlerin tabaka normaline ile açı yapacak şekilde bulunabileceği ortaya çıkmıştır (Şekil 1. 4).

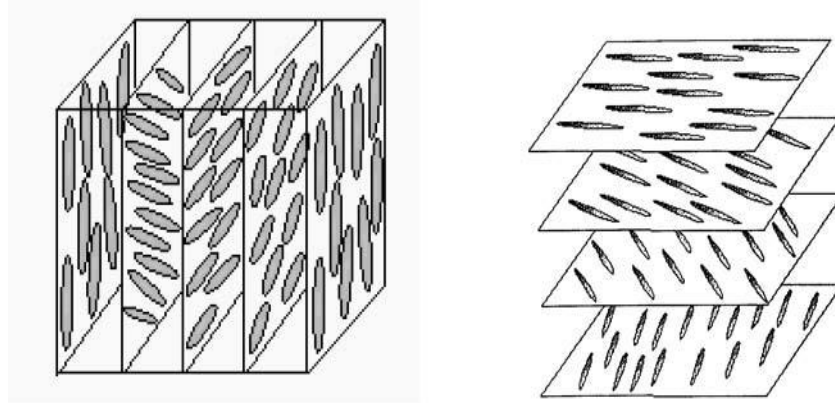


Şekil 1. 4. Simektik C fazındaki moleküllerin normalden belli bir ϕ açı değeriyle saporak yönelmesi

Moleküllerin katman düzlemiyle yaptığı bu açığa eğilme (tilt) açısı denir. Eğilme π açısı kadar değişebilir. Bazı Simektik C fazlarında eğilme açısı sıcaklıkla değişebilmektedir. Bu faz optiksel olarak çift eksenli (biaxial) yapı gösterir (Priestley et ark., 1975).

1.2.3. Kolesterik Faz

Kolesterik faz tabakalar içindeki moleküllerin farklı aralıklarla fakat aynı yönde kalmak koşulu ile çok küçük bir açı farkı ile bu tabakaların üst üste istiflenmesinden oluşur.

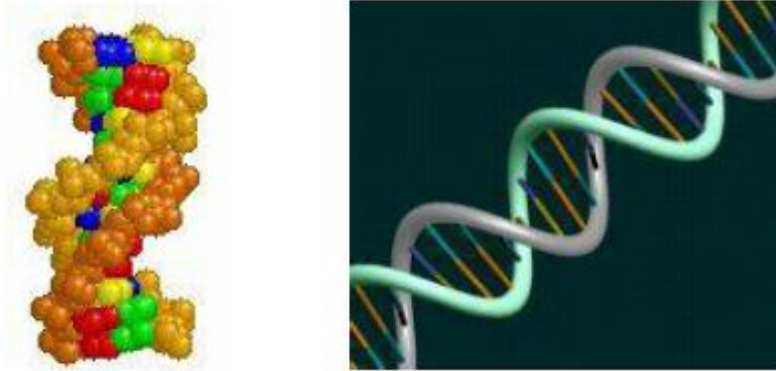


Şekil 1. 5. Kolesterik fazda moleküllerin katmanlar halinde ve her katmandaki moleküllerin birbirlerine göre küçük bir açı yaparak istiflenişi

Bu yapıda her katmandaki moleküler yönelim çok küçük bir açı farkıyla birbirinden farklıdır (Şekil 1.5). Böylece her katmandaki molekül demeti doğrultusu bir alttakine göre belli büyüklükte küçük bir açı kadar hep aynı yöne doğru dönerek helezonik bir yapı oluşturur.

Kolesterik sıvı kristaller ilginç renk etkileri sergilemektedir. Eğer λ dalga boylu ışık katmanlar üzerine dik olarak gelirse $L=n\lambda$ (n =tamsayı, L =‘pitch’ mesafesi (helis adımı) olmak şartıyla Bragg yansıması gerçekleşmektedir. Yapıdaki güçlü bragg yansımaları periyodikliğin bir sonucudur. L mesafesinin sıcaklığa bağlı olduğu göz önüne alınırsa bu tür malzemelerin sıcaklık sensörü olarak kullanılabilirliği dikkat çekmektedir. Helis adımının, sıcaklıkla değişmesi gün ışığında 0.01°C 'lik, monokromatik ışıkta ise 0.001°C 'lik sıcaklık farklılıklarının kolesterik sıvı kristal maddelerle ayırt edilebilmesine imkan sağlamaktadır. Kolesterik sıvı kristallerin bu özelliğinden faydalanılmakta, elektronik devrelerin veya mikro yapıların kusurlarının belirlenmesinde, şok dalgalarının uçakların yüzeylerindeki etkilerinin incelemesinde ve hastalıklı dokuların teşhisinde bu malzemelerden yararlanılmaktadır.

Kolesterik sıvı kristallerin doğadaki en iyi bilinen örneği DNA molekülüdür (Emek, 2007).



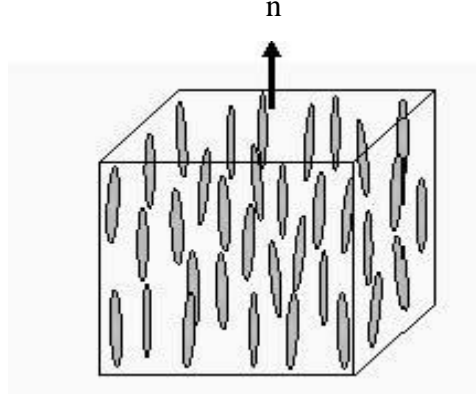
Şekil: 1.6. DNA Molekülü

1.2.4. Nematik Faz

Nematik adı, bu tür yapıların polarize bir mikroskop altında gösterdikleri ipliksi görünümünden dolayı, iplik anlamına gelen Grekçe bir sözcükten türetilmiştir. Nematik sıvı kristal faz, hiçbir yerleşim düzenine sahip olmayan fakat aynı istikamette (direktör boyunca) yönelmeye meyilli moleküller tarafından karakterize edilmiştir (Şekil. 1.7.)

Nematik sıvı kristallerin en belirgin özelliği, ortam içinde uzun-menzilli bir yönelim düzeninin mevcut olmasıdır. Moleküllerin uzun eksenleri ortaklaşa olarak bir n yön

vektörü (direktörü) boyunca dizilirler. Sıvı kristaller sıvılardan farklı olarak anizotrop özellik sergilerler. Nematik sıvı kristaller sıvılardan farklı olarak anizotrop özellikler de gösterir (Nesrullazade, 2000).



Şekil 1. 7. Nematik fazda moleküllerin aynı doğrultuda yönelimi

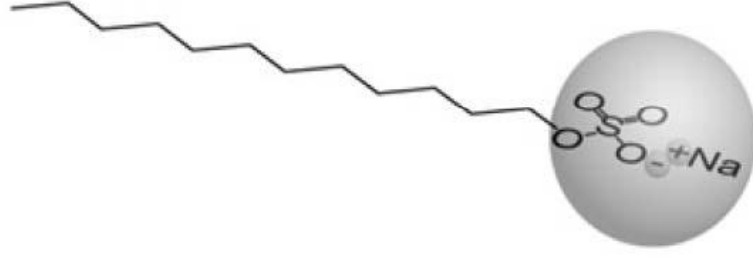
Nematik sıvı kristal fazda, moleküller genel olarak belirli bir yön boyunca dizilirler, moleküller aynı yönelime sahiptirler ve uzun eksenleri doğrultusunda birbirine paraleldirler ve kutu içindeki kibrit çöplerine benzetilebilirler (Şekil 1.7).

Nematik fazlar, yüksek sıcaklıkta mezofaz oluşturan termotropik sıvı kristallerdir. Daha yüksek sıcaklıklara ısıtmakla izotropik sıvı elde edilebilir. Herhangi bir maddenin nematik sıvı kristal olabilmesi için genel olarak yapısında bir ana grup, iki de terminal grup olması gerekir (Değirmenci, 1996).

1.2.5. Liyotropik Sıvı Kristaller

Bir grup molekül ise sadece bir çözücü ile karıştırıldığında sıvı kristal özellik gösterir. Bu tür maddeler için sıvı kristalin dayanıklılığını, sıcaklıktan daha çok çözeltinin konsantrasyonu belirler. Bu maddeleri termotropik sıvı kristallerden ayırmak amacıyla liyotropik sıvı kristaller denmiştir (Colling, 2001).

Liyotropik sıvı kristaller genellikle birden fazla organik bileşiğin çeşitli konsantrasyonlarda karışmasıyla elde edilir. Sıcaklık bu tip için fazla önemli bir parametre değildir. Bunlara en güzel örnek bildiğimiz sabundur. Şekil 1.8.' de görüldüğü gibi molekül polar bir baş kısmına bir hidrokarbon grubunun eklenmesiyle oluşmuştur.



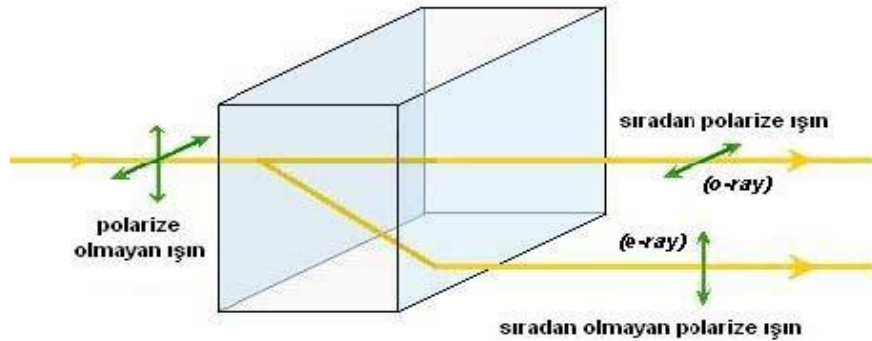
Şekil 1. 8. Liyotropik bir sıvı kristalin şekli ve açık formülü sodyum dodesil sülfat (Sabun)

Liyotropik sıvı kristallerin canlı sistemlerdeki yeri oldukça önemlidir. Canlı hücrelerde özellikle hücre zarındaki lipidlerin liyotropik yapıda olduğu gözlenmiştir. Bu sebeple biyolojik araştırmalarda yeni gelişmelere açık bulunmaktadır.

1.3. Sıvı Kristallerin Optik Özellikleri

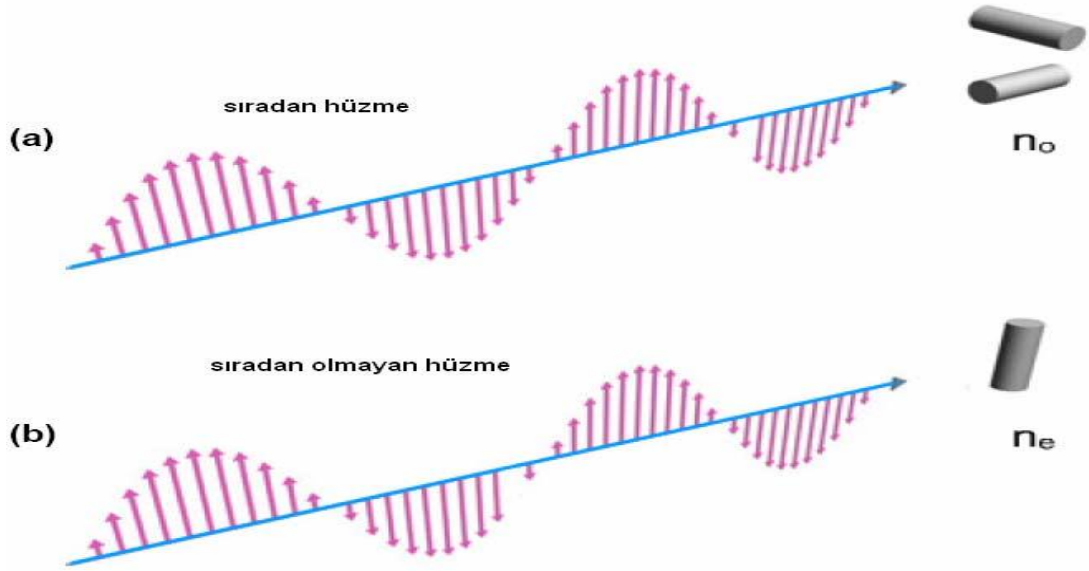
Nematik sıvı kristaller çift kırıcı özelliktedir. Bundan dolayı, direktör ve buna dik yönde ölçülen kırılma indisleri arasında belirgin bir fark ortaya çıkmaktadır. Böyle bir madde sıvılara ait akışkanlık özelliklerine sahip olmakta ancak elektrik, magnetik ve optik özellikleriyle anizotropi göstermektedir. Nematik sıvı kristaller elektrik ve magnetik alan gibi dış etkilere karşı son derece hassastır. Sahip olunan moleküler yönelim uygulanan bir elektrik alanla değişebilmektedir.

Polarize olmayan bir ışık hüzmesi sıvı kristale girdiği zaman iki hüzmeye ayrılır. Elektrik alan vektörleri dik yönelimlerde ve sıvı kristal ortamda farklı hızlarda yayılmaktadırlar, dolayısıyla n_o (n_o : ordinary indis) ve n_e (n_e : extraordinary indis) olmak üzere iki farklı kırılma indisi oluşmaktadır (Şekil 1. 9).



Şekil 1. 9. Sıvı kristal ortamdaki polarize olmayan ışığın davranışı

Bunlardan ilkinde, n_o , gelen polarize ışığın elektrik alan vektörünün titreşim doğrultusu sıvı kristalin direktör eksenine dik olacak şekildedir (Şekil 1.10 (a)). n_e ' de ise gelen ışığın elektrik alan vektörünün titreşim doğrultusu sıvı kristalin optik eksenine paralel olacak şekildedir (Şekil 1.10 (b)).



Şekil: 1. 10. Sıvı kristalde ışığın moleküler eksen boyunca yayılması; (a) sıradan hüzme, (b) sıradan olmayan hüzme; n_o sıradan kırılma indisi, n_e sıradan olmayan kırılma indisi

1.4. Sıvı Kristallerin Kimyasal Özellikleri

Sıvı kristaller iki temel kategoride sınıflandırılabilir. Termotropik sıvı kristaller ve liyotropik sıvı kristaller. Sıvı kristalin bu iki özelliği kendi kendini düzene sokma mekanizmasıyla ayırt edilir. Fakat sıvı kristallerin aynı zamanda çoğu davranışları benzerdir.

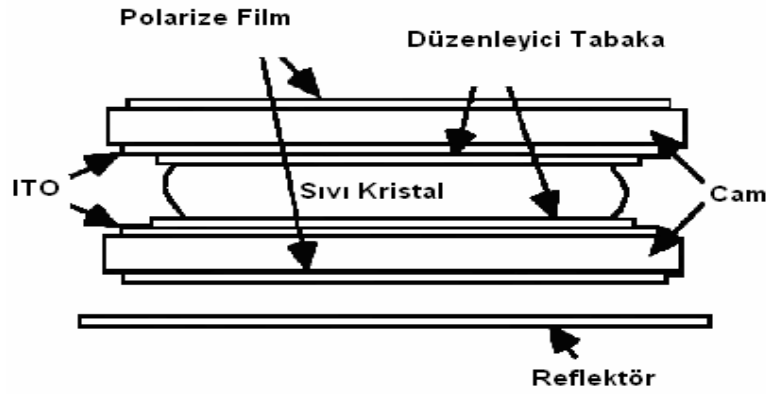
Termotropik hareketler en çok sıvı kristallerde oluşur ve Termotropik hareketler sıvı kristal durumlar için ısı indüklenmesine göre tanımlanmıştır. Bu da Termotropik hareketlerin bir katının sıcaklığının artmasıyla veya bir sıvının sıcaklığının düşürülmesiyle sıvı kristal duruma varabilir.

Termotropik mezofazların aksine liyotropik sıvı kristal geçişler bir sıcaklık değişimi olması ve çözeltilerin etkisiyle oluşur. Liyotropik mezofazlar, misellar yapıları içindeki mezogen bileşenlerin toplanmasıyla indüklenen çözeltinin bir sonucu olarak oluşur.

1.5. Sıvı Kristallerin Kullanım Alanları

Sıvı kristaller yaklaşık yüzyıldır bilinmesine rağmen, son yirmi beş yılda oldukça büyük ilgi toplamıştır. Bu ilginin artışı birkaç nedene dayanır. İlki, sıvı kristaller ekran endüstrisinde yeni bir devir açmış olması ve bu yüzden temel bilimcilerde büyük bir ilgi uyandırmasıdır. İkincisi, insan vücudu gibi canlı sistemlerde bulunması ve hücre yapısı içindeki biyolojik olayları kontrol işlevleri nedeni ile biyofizik alanındaki araştırmalara yeni bir kapı açmasıdır. Sonuncu ve en önemli olanı ise, sıvı kristallerin fiziksel özelliklerinin son derece ilginç olmasıdır (Gündüz ve ark., 1992).

Bir sıvı kristal ekran elde etmek için birkaç yöntem vardır. En çok bilineni “büklümlü nematik sıvı kristal” yöntemidir. Bu yöntemde nematik sıvı kristal madde iki cam levha arasına konularak bir nematik sıvı kristal hücre (Şekil.1.11) elde edilir.



Şekil: 1.11. Sıvı Kristal Display Hücresi

Sıvı kristal, organik bir yapıya sahiptir ve bundan dolayı yüksek ısıya, havadan ya da sudan elde ettiği oksijenden, ışıktan (UV ışınları) etkilendiği için özelliklerinde değişiklikler meydana gelir. Kimyasal bir değişime neden olur ve kristalin bozulmasını, dağılmasını hızlandırır. Bu nedenle kristal sıvı moleküllerine sahip bir ekran; havadan, sudan, yüksek sıcaklıktan ve ultraviyole ışınlarından korunmak üzere tasarlanmıştır. Ekran paneli iki cam arasına yerleştirilmiş ve iyice izole edilmiş kristal sıvıdan oluşmaktadır; camların iç kısmında elektronlar vardır, dışında ise iki kat olmak üzere polarizatör bulunmaktadır ve camın üstünde yansıtıcı ya da kaynak aydınlık bulunmaktadır.

Camın iç tarafında kalan kısım önce indiyum kalay oksit (ITO) ile daha sonrada bir yüzey aktif madde ile kaplanır (Collings ve ark., 1997). Cam levhalardan biri diğerine göre 90° döndürülür. Bu durumda üst levha yakınındaki moleküller levhalara paralel, alt levha yakınındakiler ise dik olarak dizilirler. Nematik sıvı kristal hücrenin kalınlığı (20-100 μ m) optik dalga boylarından çok büyük olduğundan, moleküllerin hücre içinde yönelimsel hareketi sonucu sıvı kristal hücre üzerine düşen polarize ışığın polarizasyon düzleminin 90° dönmesine neden olur.

Sıvı kristal displaylerde kullanılan bir diğer yöntem bazı yönleriyle yukarıdaki olaya benzeyen “kolesterik nematik faz geçişi” olayıdır. Kolesterik bir sıvı kristal hücreye elektrik alanı uygulanır. Uygulanan alanın belirli bir eşik değerini aşması ile kolesterik sıvı kristalin helis adımı değişir ve bu nedenle bir renk değişimi gözlenir (Gündüz, 1992).

Her kolesterik sıvı kristalin artan ısıya bağlı olarak uğradığı renk değişimi başka başkadır. Bazıları artan ısıyla sırayla kırmızı, sarı, yeşil, mavi, mor olmak üzere belli başlı renkleri alırken bazıları ise sadece sınırlı sayıda bir iki renge dönüşebilir. Ayrıca bu renk değişimine uğradıkları sıcaklıklarda bir kolesterik sıvı kristalden diğerine değişir. Bazıları 40°C civarında renk değişimine uğrarken bazıları bu özelliği, belki de 100°C civarında gösterirler. Kolesteriklerin sıcaklığa olan hassasiyetleri de değişik değişiktir. Renk değişimini görebilmek için 1°C den az sıcaklık artışlarının yettiği kolesterikler olduğu gibi, 50-60°C lik sıcaklık artışlarını gerektiren kolesterikler de vardır.

Bugüne kadar yapılan çalışmaların sonucu olarak, değişik hassasiyette, değişik derecelerde renk değişimi gösteren kolesterik sıvı kristaller bulunmuştur. Ayrıca çeşitli kolesterikler karıştırılarak istenen ısı derecelerinde tepki gösterecek ve istenen hassasiyete sahip kolesterik sıvı kristaller de yapılabilir.

Kolesterik sıvı kristallerin bu özelliklerinden çeşitli sahalarda faydalanılmaktadır. Uçak sanayinde uçağın ek yerlerinin hatalı olup olmadığını anlamak için kolesterik sıvı kristaller kullanılmaktadır. Hata aranan yüzey Kolesterik sıvı kristal ile kaplanır. Yüzey bir yandan ısıtılırken bir yandan da soğutulur. Bir müddet sonra yüzeydeki hararet

dağılımı dengeye ulaşır. Eğer ekler hatasız yapılmışsa bütün yüzeyin aynı sıcaklıkta olması, dolayısıyla kolesterik sıvı kristalin bir renk, örneğin, kırmızı olması lazımdır. Fakat bir ek hatası varsa bu nokta ısıyı iyi iletemeyeceğinden dolayı diğer noktalara nazaran daha yüksek bir sıcaklığa erişir. Bunun sonucu olarak kolesterik sıvı kristalin ek hatası olan yerlerin rengi değişir. Böylelikle, örneğin, bütün yüzey kırmızı iken ek hatası olan yerler maviye dönüşür. Bu suretle hatalı ekler, ortaya çıkarılmış olur.

Kolesterik sıvı kristallerin bu vasıflarından yarı iletkenler endüstrisinde de faydalanılmaktadır. Güç transistörlerindeki ısı dağılışı CLC kullanılarak bulunmaktadır. 50°C civarında renk değiştiren kolesterikler güç transistörlerinin üstüne tatbik edildiğinde transistörlerin yüzeyinde değişik renkleri ihtiva eden bazı şekillerin meydana geldiği görülür. Her değişik renk başka bir sıcaklığı karşı geldiğinden transistörün hangi bölgelerinin daha fazla ısındığı, bu “ısı haritasından” kolaylıkla tespit edilir. Böylelikle transistörün hangi bölgesinden daha fazla akımın geçtiği ve hangi kısımların hataya sebep olduğu ortaya çıkar (Refioğlu, 1992).

Son yıllarda oldukça popüler olan bir diğer yöntem de “dinamik saçılma” olayıdır. Bu yöntemde sıvı kristal hücre hazırlaması oldukça kolaydır. Ancak, sıvı kristal ekranların yanıt süresi biraz büyüktür. Negatif dielektrik anizotropiye sahip nematik sıvı kristal hücreye voltaj uygulanırsa, moleküller uygulanan alana dik olarak dizilirler. Diğer taraftan elektriksel iletim, bu moleküller dizilimi bozacak biçimde davranır ve bir düzensizlik hareketi ortaya çıkar. Bu durumda, nematik sıvı kristal hücre üzerine düşen ışığı kuvvetle saçarak süt beyazı bir renge dönüşür. Amaca uygun şekilde hazırlanan elektrotlar kullanılarak bir LCD elde edilir.

Sıvı kristaller, sıcaklık sensörü olarak da yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Tıpta, hastalıklı dokuların teşhisinde sıvı kristalli sensörler kullanılır. Deri sıcaklığındaki değişimlerini gözleyerek, sinir ve damar yollarının açık olup olmadığı hekim tarafından belirlenebilir. Deri enfeksiyonları ve tümörlerinin sıcaklığı, bunları çevreleyen derinin sıcaklığından iki üç derece daha büyüktür. Bu sıcaklık farkı sıvı kristalli sensörle tespit edilebilmektedir. Sıvı kristal displaylerin gelecekteki kullanım alanlarının artacağı ümit edilmektedir. Bunlar temel bilimcilerin olduğu kadar mühendislerin ve tıp araştırmacılarının yoğun ilgisine neden olmaktadır.

1.6. Dielektrik

Dielektrik; uygulanan bir elektrik alan tarafından polarize olabilen elektriksel bir yalıtkanlıktır. Bir elektrik alanda bir dielektrik yerleştirildiğinde, dielektrik polarizasyon nedeniyle ortalama pozitif alan ve dengede çok az değişme olur.

Bu; dielektrik içerisindeki dış elektrik alan bölümünü dengelemek için bir iç elektrik alan oluşturur. Eğer bir dielektrik zayıf bağlı moleküllerden oluşmuşsa bu moleküller yalnızca polarizasyon olmayabilir, aynı zamanda tekrar yönelebilir, böylece simetri eksen boyunca dizilir. Elektrik iletkenlik derecesi düşük olanlar tipik olarak yalıtkan terimi olarak ifade edilirken dielektrik terimi yüksek bir kutuplanabilirlik ile maddelerin tanımı için kullanılır. Dielektrik sabiti bir sayı numarası ile ifade edilir. Henüz kayda değer olmayan örnek bir dielektrik bir kapasitörün metalik düzlemler arasında maddelerin elektriksel yalıtkanlığıdır. Elektrik uygulamasıyla dielektrik alan kutuplanması kapasitörün kapasitesini artırır. Dielektrik özellik çalışmalarında elektriğin manyetik enerjisini ve elektriğin depolanması ve dağılımı ile ilgilidir. Bu elektronik, optik ve katı hal fiziğinde çeşitli olguları açıklamak için çok önemlidir.

1.6.1. Bazı Dielektrik Maddeler

Dielektrik maddeler katı, sıvı veya gaz olabilir. Buna ek olarak aynı zamanda yüksek bir hava boşluğu dielektrik kayıp olmasına rağmen kullanışlı olabilir, çünkü dielektrik sabiti yalnızca hücreyle ilgilidir. Katı dielektrikler belki de elektrik mühendisliğinde kullanılan en genel dielektrik maddelerdir ve çoğu katılar çok iyi yalıtkanlardır. Seramik, cam ve plastikler gibi maddeler katı dielektriklere örnek olarak verilebilir. Hava, oksijen ve sülfür hekzaflorür gazlar dielektrikte kullanılan en genel üç maddedir. Mineral yağlar da sıvı olarak kullanılmaktadır. Yüksek dielektrik sabitine sahip dielektrik sıvılar ticari kontrol yağı gibi genellikle yüksek gerilimli kapasitörlerde kapasitans artışını ve korona şarjını önlemek için kullanılır.

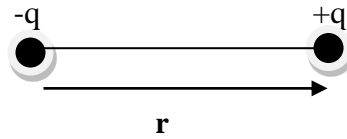
Dielektrikler elektrik akımına karşı, bir dielektrik yüzeyindeki elektrik şarjların fazlaca sıkışmamasıyla eski haline geri dönebilir. Bu bir Van de Graff jeneratörüne, elektrik saatine yararlı olabilir veya elektrostatik yük durumu olarak potansiyel yıkıma sebep olabilir. Bazı dielektrikler, madde geneline bir dış elektrik alan uygulanırsa fiziksel

şeklin değiştğinde veya mekanik gerilime maruz kaldığında farklı bir potansiyel üretebilir. Bu özellik piezoelektrik olarak isimlendirilir. Piezoelektrik maddeler bir diğer çok kullanışlı dielektrik sınıfındandır. Bazı iyonik ve polimer dielektrikler dış bir elektrik alan uygulandığında doğal bir dipol momentini sergiler. Bu davranış ferroelektrik etki olarak isimlendirilir. Ferroelektrik maddeler genellikle kapasitörler için yararlı çok yüksek dielektrik sabitine sahiptirler.

1.7. Dipol Moment

Bir elektrik dipolü, bir R mesafesiyle ayrılmış +q ve -q yüklerinden ibarettir. Bir dipol, şekil 1. 14' te gösterildiği gibi yönü negatif yükten pozitif yüke doğru işaret edilen bir vektörle temsil edilir ve μ ile gösterilir. Bu vektörün büyüklüğü qR' dir ve elektrik dipol moment (μ) olarak isimlendirilir. Dipol moment genellikle Debye birimiyle verilir.

$$1D = 3,33 \times 10^{-30} \text{ C.m dir.}$$



Şekil: 1. 12. Dipol momentin vektörel gösterimi

Dipol moment birimi Debye, moleküllerin dipol momentini ilk kez inceleyen Alman bilim adamı Peter DEBYE'den sonra verilmiştir. Birbirinden 1 Å mesafede bulunan bir çift elektron yükünün dipol momentini $1,6 \times 10^{-29}$ C.m, yani 4,8 D bulunmuştur. HBr ve HCl gibi küçük moleküllerin dipol momentleri genellikle 1 D civarındadır (Acemioğlu, 2000)

Polar bir molekül, atomları birbirine polar bağlarla bağlı olan ve üzerlerinde kısmi yüklerden dolayı belli bir elektrik dipol momentine sahip olan bir moleküldür (Atkins, 1990). Bir molekül, aslında birkaç dipol momentine (bağ dipolleri) sahiptir. Toplam dipol moment o vektörlerin toplamına eşittir. Aynı şekilde bir çözücü de, polar moleküllerden oluşuyorsa polar olduğu söylenir. Böyle moleküller ve çözücüler dipolar olarak tarif edilir (Suppan, 1990). Polar olmayan bir molekül ise, elektrik dipol momentini sıfır olan moleküllerdir (Atkins, 1990).

Bir molekülün temel ve uyarılmış halleri arasında önemli bazı farklılıklar bulunur (Suppan, 1994). Bunlar; moleküllerin geometrik yapılarında, bağ uzunluklarında ve yük dağılımlarında meydana gelen değişimlerden kaynaklanır. Bu değişimlerin bir sonucu olarak, moleküllerin uyarılmış haldeki dipol momentleri temel haldeki dipol momentlerinden farklıdır.

Moleküllerin uyarılmış hallerinin dipol momentleri floresans spektroskopisi tekniğiyle iki farklı şekilde tayin edilebilir. Birinci metoda göre; güçlü bir elektriksel alan içerisinde ilgili molekülün floresansını lineer polarizasyonla ölçmekten ibarettir (Czekalla, 1960). Böyle bir alanda molekülün, ilgililenen düzlemde yönelmesinin derecesi uyarılmış singlet haldeki dipol momentinin bir fonksiyonudur.

Diğer metod ise, uyarılmış halinin dipol momentinin çözücü polaritesiyle etkileşmesi neticesinde absorpsiyon ve floresans spektrumlarının bandlarında kaymaları dikkate alır (Lippert, 1957).

Bu çalışmada, 4'-(hekziloksi)-4-bifenilkarbonitril ve 4-izotiosiyanatofenil 4-pentilbisiklo [2.2.2] oktan-1-karboksilat maddelerinin uyarılmış hallerinin dipol momentlerinin belirlenmesinde ikinci metod esas alınmıştır. Buna göre, deneysel çalışmalar yürütülerek, ilgili metodlara göre hesaplamalar yapılmış ve uyarılmış halin dipol momentleri aşağıdaki Lippert eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır (Lakowicz, 1983).

$$\bar{V}_a - \bar{V}_f = \frac{2}{hc} \left(\frac{\epsilon-1}{2\epsilon+1} - \frac{n^2-1}{2n^2+1} \right) \frac{(\mu^*-\mu)^2}{a^3} + Sbt \quad (1.7.1)$$

Burada;

$$\Delta f = \left(\frac{\epsilon-1}{2\epsilon+1} - \frac{n^2-1}{2n^2+1} \right) \quad (1.7.2)$$

Çözücü polaritesini ifade eder.

Denkleminde verilen $\bar{V}_a - \bar{V}_f$ ifadesi, absorpsiyon ve emisyon spektrumlarında absorbans ve floresans şiddetine karşılık gelen dalga sayısı değerleri arasındaki farkı ifade eder ve 'Stokes Kayması' (Stokes' shift) olarak adlandırılır. Stokes kaymasına, uyarılmış halin enerji seviyelerinde oluşan titreşimsel reaksiyonlarla enerji harcanması neden olur.

\bar{V}_a : Absorpsiyon spektrumunda maksimuma karşılık gelen dalga sayısı,

\bar{V}_f : Floresans spektrumunda maksimuma karşılık gelen dalga sayısı,

h : Plank sabiti,

c : Işık hızı,

ε : Çözücünün dielektrik sabiti,

n : Çözücünün kırılma indisi,

μ^* : Uyarılmış halin dipol momentini,

μ : Temel halin dipol momentini,

S_{bt} : Çözücüden bağımsız bir sabit.

1.7.1 denkleminde $(\mu^* - \mu) = \Delta\mu$ olarak ifade edilmektedir. a ise çözücü içerisinde çözünen molekül tarafından işgal edilen boşluğun yarıçapı (cavity radius) olup;

$$a = \left(\frac{3M}{4\pi\delta N} \right)^{1/3} \quad (1.7.3)$$

Eşitliği ile hesap edilir (Suppan, 1983).

Burada, δ molekülün yoğunluğu, N avagadro sayısı, M ise çözünen maddenin molekül ağırlığını ifade etmektedir. Ayrıca temel halin dipol momentini deneysel olarak Guggenheim-Smith eşitliği olarak bilinen;

$$\mu^2 = \frac{27kTM}{4\pi N\delta(\varepsilon_1 + 2)^2} (a_\varepsilon - a_n) \quad (1.7.4)$$

bağıntısıyla hesaplanır (Moll ve ark., 1954). Bu eşitlikte;

M : Çözünen maddenin molekül ağırlığı,

ε_1 : Çözücünün dielektrik sabiti,

ε : Çözeltinin dielektrik sabiti,

k : Boltzmann sabiti,

N : Avagadro sayısı,

δ : çözücünün yoğunluğu,

T : Kelvin cinsinden sıcaklık değeri.

Burada a_ε ve a_n sırasıyla çözücünün dielektrik sabiti kırılma indisinden elde edilen sabit değerler olup;

$$a_\varepsilon = \left(\frac{\varepsilon - \varepsilon_1}{W} \right)_{W \rightarrow 0} = \left(\frac{d\varepsilon}{dW} \right)_{W=0} \quad (1.7.5)$$

$$a_n = \left(\frac{n_D^2 - n_1 D^2}{W} \right)_{W \rightarrow 0} = \left(\frac{dn_D^2}{dW} \right)_{W=0} \quad (1.7.6)$$

eşitliklerine göre hesaplanır. Bu denklemlerde;

W : Çözünen maddenin ağırlık kesri

n_D : Çözeltinin kırılma indisi,

n_1 : Çözücünün kırılma indisi.

Literatürde 4'-(hekziloksi)-4-bifenilkarbonitril ve 4-izotiosiyanatofenil 4-pentilbisiklo [2.2.2] oktan-1-karboksilat bileşiklerinin dipol momentleri ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Buna karşılık, floresans spektroskopi tekniği ve Guggenheim-Smith denklemi kullanılarak uyarılmış halin dipol momentlerinin belirlenmesi ile ilgili olarak yapılan bazı çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

1.7.1. Dipol Moment Hesabı İle İlgili Yapılan Çalışmalar:

MC 540 bileşiğinin normal alkoller ve nitril çözücülerinde dipol momentleri incelenmiş ve bu bileşiğin hem absorpsiyon maksimumunun hem de Stokes kaymasının nitril çözücülerinde çözücü polaritesi Δf ile lineerlik gösterdiği, alkol çözücülerinde bu lineerlikten sapmalar olduğu belirlenmiştir. Bu sapmaların ise, alkol çözücülerinde hidrojen bağından kaynaklandığını ileri sürülmüştür (Bessire et. ark, 1998).

Rijit moleküllerde, ışığın neden olduğu elektron transfer (light-induced electron transfer) ile ilgili olarak 2-(N,N-dimetilamino)-5,14-etanopentasen bileşiği

sentezlenerek farklı polariteye sahip çeşitli çözücüler içerisinde floresans spektroskopi tekniğiyle floresans özelliği belirlenmiş ve elektron verici (donör) grup olan 2-(N,N-dimetilamino) fenil grubundan elektron alıcı (akseptör) grup olan antresen grubuna elektron transferi incelenmiştir.

Bu bileşiğin metil siklo hekzan çözücüsü içerisinde antresene benzer floresans spektrumu verdiği, toluen içerisinde ise daha geniş bir band ve daha uzun dalgaboyuna kaymış bir spektrum oluşturduğu gözlenmiştir.

Uyarılmış halde bu bileşiğin dipol momentinin 20 D'den daha büyük olduğu bulunmuştur. Bu sonuç bileşiğin uyarılmış halinde tam bir yük ayrımının meydana geldiğini göstermiştir (Wasielewski ve ark., 1990).

Floresinin n-alkoller, misel ve mikroemülsiyon ortamlarında fotofiziksel davranışı incelenmiştir. n-alkollerde floresinin absorpsiyon spektrumunun 440-454 nm, emisyon spektrumunun ise 510-517 nm arasında yer aldığı, asidik ve bazik ortamda da absorpsiyon spektrumunun, çözücüyle etkileşmesinin bir sonucu olarak farklı bölgede yer aldığı belirlenmiştir. Alkol ortamına su ilave edilmiş ve bunun neticesinde hem absorpsiyon hem de floresans spektrumlarının şiddetlerinde bir artmanın meydana geldiği ve daha uzun dalgaboylu bölgeye (kırmızıya kayma) spektral kaymanın olduğu gözlemlenmiştir (Biswaş ve ark., 1990).

1,4-bis[β -(quinolyl) vinyl] benzen (BQVB) bileşiğinin spektral özellikleri, farklı polariteye sahip çeşitli çözücüler içerisinde incelenmiştir. Dimetilformamit ve n-heptan içerisinde bu bileşiğin absorpsiyon maksimumunda hafif kaymalar gözlenmiş ve bu kaymaların sebebinin, molekülde temel halden uyarılmış hale gidişte küçük bir dipol moment değişiminden kaynaklandığı açıklanmıştır. Ayrıca dimetilformamit içerisinde absorpsiyon ve emisyon spektrumu üzerine ortamın asitlik derecesinin de etkisi incelenmiştir. Ortamın asitlik derecesi arttıkça absorpsiyon şiddetinde bir azalmanın meydana geldiği ve çok az miktarda kırmızıya kaymanın oluştuğunu belirlenmiştir (El-Daly ve ark., 1996).

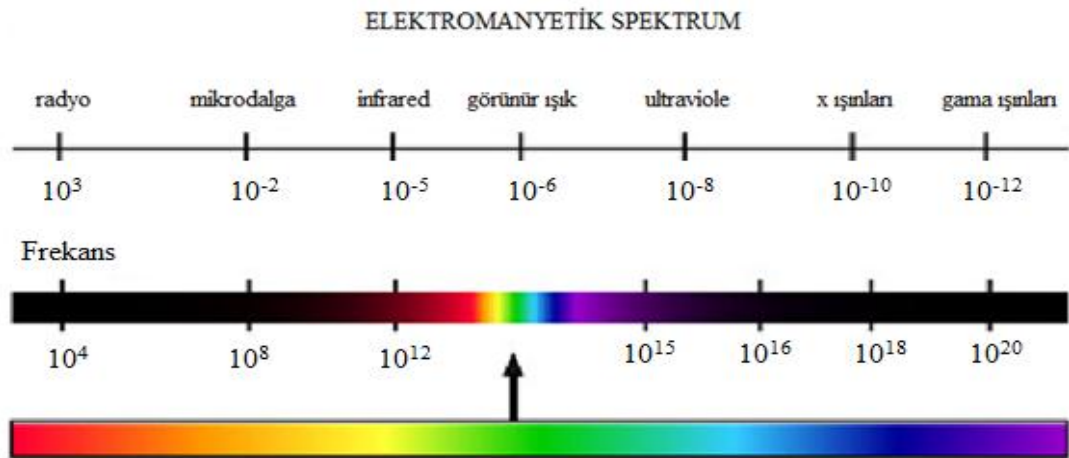
Floresans spektroskopi tekniği kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlar değerlendirildiğinde, Pyronin B'nin n-alkoller ve çözücü karışımları içerisinde temel

haldeki dipol moment değerlerinin uyarılmış haldeki dipol moment değerlerinden daha büyük olduğu bulunmuştur. Ayrıca; n-alkoller içerisindeki temel hal dipol momentlerinin, asetonitril-benzen karışımları içerisindeki dipol moment değerlerinden daha büyük olduğu belirlenmiştir (Acemioğlu, 2000).

4-siyano -4-n-heptilbifenil sıvı kristali polimer, boya ve karbon nanotüp malzemeleriyle katkılandırılmıştır. Hazırlanan sıvı kristallerin dielektrik anizotropi özellikleri dielektrik spektroskopisi yöntemiyle araştırılmıştır. Laser aydınlatması polimer, boya ve karbon nanotüp katkılandırılmış sıvı kristallerin dielektrik anizotropi değerlerini nasıl değiştirdiği incelenmiştir. Sıvı kristallerin dielektrik mekanizması Cole ve Cole eğrileri ile analiz edilmiş, sıvı kristallerin elektriksel iletkenliğinin dik ve paralel bileşenleri frekansın bir fonksiyonu olarak ölçülmüştür. Sıvı kristallerin karanlık ve aydınlık şartlar altında akım-voltaj karakteristikleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, polimer boya ve karbon nanotüp katkılandırılmış sıvı kristallerin dielektrik parametreleri ve dielektrik anizotropi değerleri lazer etkisi ile değiştiği gözlenmiştir (Aldanma, 2007).

1.8. Spektroskopi

Spektroskopi, elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşimi neticesinde meydana gelebilecek olayları inceleyen bir bilim dalıdır. Elektromanyetik radyasyonun spektrumu oldukça geniş bir aralığı içermesine rağmen insan gözünün seçebileceği aralık oldukça küçük bir kısmını oluşturur.



Şekil: 1.13. Elektromanyetik radyasyon spektrumu (www.teleshop.com)

Işık, uzayda dalgalar halinde sinüzoidal şekilde büyük bir hızla hareket eden ve belli bir enerjiye sahip olan elektromanyetik bir radyasyon şeklidir.

Işık ile bir molekül arasında meydana gelen etkileşim, moleküldeki titreşim hareketinden kaynaklanan frekans ile ışığın frekansının birbiriyle aynı olmasına bağlıdır. Molekül ile ışığın frekansının birbiri ile etkileşmesi ve molekülün uyarılmasına karşılık gelecek enerjinin sağlanması durumunda bir absorpsiyon gerçekleşir ve molekülün temel enerji seviyesindeki valans elektronu, uyarılmış enerji seviyesine geçer (Turro, 1978; Kopecky, 1992;). Işığın absorpsiyonu; en düşük enerji seviyesinden, herhangi bir enerji seviyesine olabilir (Lakowicz, 1983; Dewey, 1991).

Fosforesans, farklı elektronik haller arasında oluşan geçişlerden kaynaklanan emisyonudur. Genellikle triplet uyarılmış halden singlet temel hale olan bir geçiştir. Bu geçişlerin emisyon hızı oldukça düşüktür ve fosforesans ömürleri ise mikrosaniye veya saniye mertebesinde (Turro, 1978; Lakowicz, 1983; Kalyanasundaram, 1987).

Bir elektromanyetik dalga, hem dalga hem de tanecik özellik gösterir. Elektromanyetik dalganın dalga özellikleri; Elektromanyetik spektrum, ışının kırınımı (difraksiyon), dalgaların çakışması; ışının kırılması, ışının yansması, Işının saçılması, Işının polarizasyonu, dalga parametreleri ile incelenir.

Elektromanyetik dalganın tanecik özellikleri ise; Fotoelektrik olay, Işının Emisyonu, Işının Absorpsiyonu, Durulma süreçleri, Belirsizlik ilkesi gibi parametrelerle incelenmektedir.

Floresans spektroskopisi tekniği; biyokimyasal, biyofiziksel, tıbbi ve kimyasal araştırmalarda oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. (Dewey, 1991). Floresans, elektromanyetik radyasyonun moleküldeki elektronlarla etkileşimi sonucu ile oluşan olaylardan biridir. Floresans, singlet uyarılmış halden singlet temel hale spin değişimi olmaksızın gerçekleşen bir elektronik geçişten kaynaklanan ışımali bir geçiştir (Lakowicz, 1983). Aynı zamanda sıvı kristallerle ilgili birçok deneysel çalışmalar da yapılmıştır (Osterman, 2005; Süleyman, 2008).

1.9. Dielektrik Sabiti Ölçümleri

Bu numunelerin sığaları yani kapasitans ölçümleri Resim 2.1.'de gösterilen kapasitör vasıtasıyla Keithley 4200-SCS (Semiconductor Characterization System) cihazında 20 Hz.-1MHz. aralığında alındı.

$$\frac{C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d}}{C = \epsilon \frac{A}{d}} \rightarrow \frac{C_0}{C} = \frac{\epsilon_0}{\epsilon} \rightarrow C = \frac{C_0 \cdot \epsilon}{\epsilon_0}$$

veya,

$$\epsilon = \frac{C \cdot \epsilon_0}{C_0} \quad (1.9.1)$$

denklemine göre dielektrik sabitleri belirlendi. Bu denklemden;

ϵ : Dielektrik sabiti

ϵ_0 : Hava veya vakum ortam için dielektrik sabiti (havanın dielektrik sabiti 1'dir).

C_0 : Kapasitör boşken ölçülen kapasitans

C : Kapasitörde numune varken ölçülen kapasitans

Numunelerin temel hallerinin dipol momentleri denklem (1.7.4)' e göre hesaplandı.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler

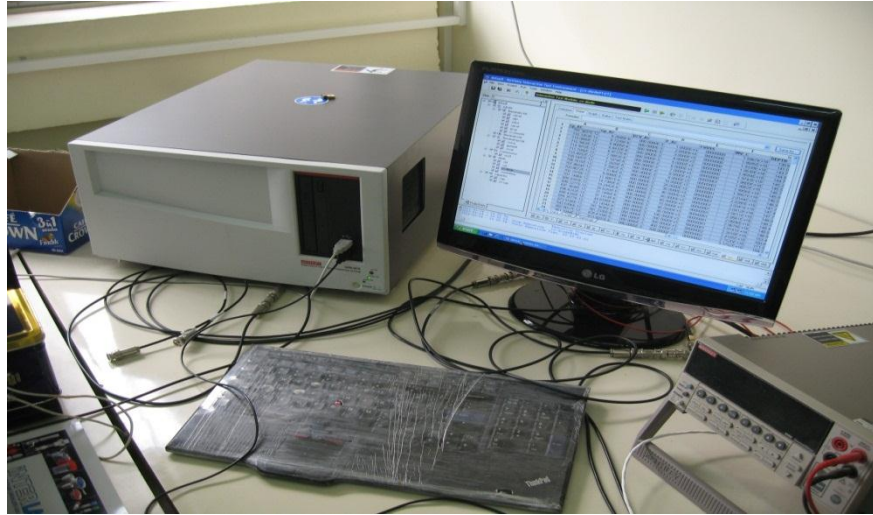
Deneyleerde kullanılan 4'-(hekziloksi)-4-bifenilkarbonitril ve 4-izotiosiyanatofenil 4-pentilbisiklo [2.2.2] oktan-1-karboksilat numuneleri Sigma-Aldrich firmasından temin edildi. Bu numunelerin %'lik derişimlerini elde etmek için Kloroform ve Diklorometan çözücöleri kullanıldı.

2.2. Kullanılan Alet ve Cihazlar

Çalışmalar esnasında aşağıdaki alet ve cihazlardan faydalanılmıştır.

2.2.KEITHLEY 4200-SCS (Semiconductor Characterization System).

Yarı iletken maddelerin karakterizasyon özelliklerini inceleyen Keithley 4200-SCS markalı cihazla ölçüm yapıldı

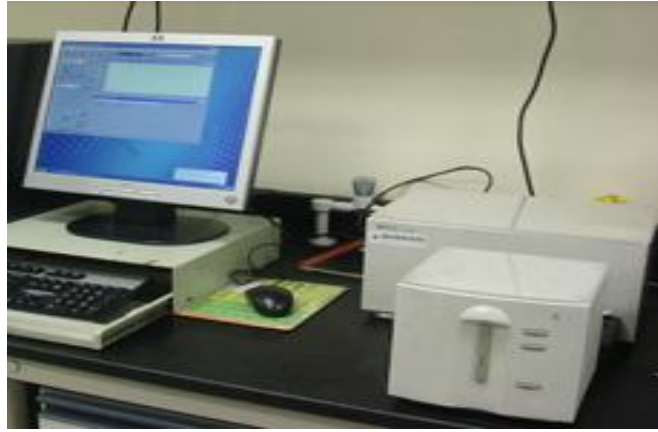


Resim 2.1. Keithley 4200-SCS (Semiconductor Characterization System)

2.4. UV-VIS Spektrofotometre

Çözelti içindeki madde miktarını, çözeltiden geçen veya çözeltinin tuttuğu ışık miktarından faydalanarak ölçme işlemine fotometri, bu tip ölçümde kullanılan cihazlara da fotometre denir. Fotometrik ölçümde, renksiz çözeltilerin konsantrasyonu da ölçülebilir. Analiz edilen örnek üzerine ışık demetinin bir kısmını filtreler kullanarak ayıran ve gönderen aletler fotometre olarak adlandırılırken, yarıklar ya da prizmalar

aracılığı ile bu seçiciliği yapan aletler spektrofotometre olarak adlandırılırlar. Numune, kullanılan dalga boyu bölgesinde ışığı geçiren maddeden yapılmış örnek kaplarına (küvet) konularak ışık yoluna yerleştirilir. UV-VIS Spektrofotometre ile 4-Isothiocyanatophenyl 4-pentylbicyclo [2.2.2] octane-1-carboxylate ve 4'-(Hexyloxy)-4-biphenylcarbonitrile numunelerinin saf hallerinin ve belirli oranlarda % lik derişimlerinin absorbans ölçümleri yapıldı.



Resim 2.2. UV-VIS Spektrofotometre

2.5. Spektroflorofotometre

Hazırlanan numunelerin floresans ölçümlerini pikogram ve nanogram mertebelerine kadar hassasiyetle ölçen bir cihazdır. Hazırlanan 4-Isothiocyanatophenyl 4-pentylbicyclo [2.2.2] octane-1-carboxylate ve 4'-(Hexyloxy)-4-biphenylcarbonitrile numunelerinin saf hallerinin ve belirli oranlarda % lik derişimlerinin floresans ölçümleri Spektroflorofotometre cihazıyla yapıldı.



Resim 2.3. Spektroflorofotometre (RF-5301 PC)

2.6. Refraktometre

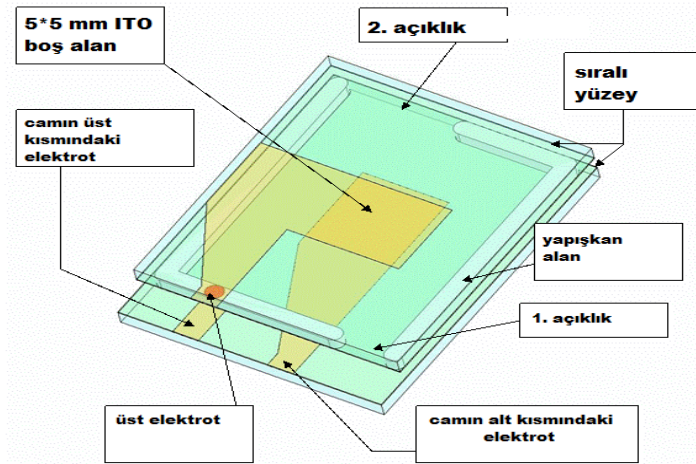
Işık saydam bir ortamdan diğer saydam bir ortama geçerken yolundan sapar, bu olaya ışığın kırınımı olayı denir. Işığın kırınımı ortamların yoğunluğu ile değişir. İşte bu olaydan yararlanılarak yapılan konsantrasyon belirlemelerine refraktometri, bu amaçla kullanılan aletlere de refraktometre denir. Hazırlanan 4-Isothiocyanatophenyl 4-pentylbicyclo [2.2.2] octane-1-carboxylate ve 4'-(Hexyloxy)-4-biphenylcarbonitrile numunelerinin saf hallerinin ve belirli oranlarda % lik derişimlerinin kırılma indisi ölçümleri refraktometre cihazıyla ölçüldü.

2.7. İnsülin Şıngası

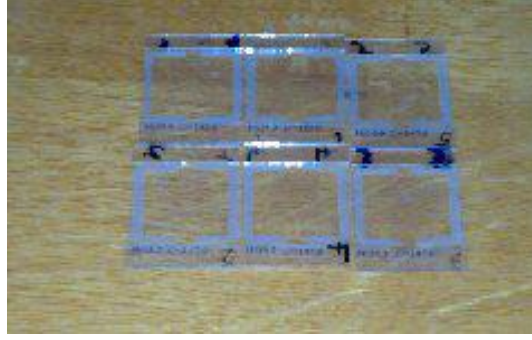
İnsilün şıngası bilindiği gibi çapraz kesik uçlu ve çok ince olan bir şıngaya türüdür. İnsilün şıngası sıvı kristal numuneleri ITO lamellere doldurmada kullanıldı.

2.8. ITO Lameller

Sıvı kristal numuneleri hazırlarken Indium-Tin-Oxide (InTiO3) kaplamalı cam lameller kullanılmıştır. Bunun nedeni, lamellere bir ucu pozitif diğer ucu negatif elektrik potansiyel fark uygulanmasıdır. Sıvı kristal ile doldurulmuş ITO lameller şekil 2.1 ve resim 2.4' te gösterilmektedir. İki ITO lamel arasını ayıran d kalınlığında yalıtkan mayler sheets bulunmaktadır. Numunenin doldurulması için ITO lameller arasındaki iki küçük mayler sheetssiz delik konmuştur. Böylece hazırlanan numune lameller arasına enjekte edilirken içerisindeki havanın boşalmasını sağlamaktadır.



Şekil 2.1. Deneyde kullanılan ITO lamelin şematize edilmiş hali



Resim 2.4. Deneyde kullanmak için sıvı kristal numune ile doldurulan ITO lameller



Resim 2.5. Deneyde kullanılan manyetik karıştırıcı

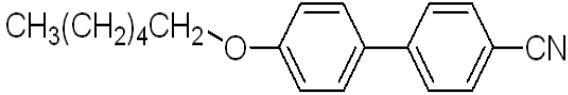
2.9. Kuartz Küvetler

Bu küvetler; numunelerin seyreltik çözeltilerinin konulduğu 1 cm. ışık yollu kare prizma şeklindeki aletlerdir.

2.10. Deneyde Kullanılan Sıvı Kristaller

4'-(Hekziloksi)-4-bibifenilkarbonitril

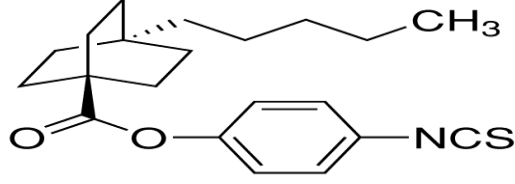
Çizelge 2.1. 4'-(Hekziloksi)-4-bibifenilkarbonitril numunesinin özellikleri

Molekül şekli	
Doğrusal formülü	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{H}_4\text{C}_6\text{H}_4\text{CN}$
Molekül ağırlığı	279,38
Erime noktası	56-58 °C

4-Izotiosiyanoatofenil 4-pentilbisiklo[2.2.2]octan-1-karboksilat

Çizelge 2.2. 4-Izotiosiyanoatofenil 4-pentilbisiklo[2.2.2]octan-1-karboksilat numunesinin özellikleri

Molekül şekli



Doğrusal formülü

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_{10}\text{C}_6\text{H}_4\text{NCS}$

Molekül ağırlığı

357,51

Erime noktası

73-113,5 °C

2.11. Numunelerin Hazırlanması

2.11.1 Kloroform Çözücüsü Kullanılarak Elde Edilen Numuneler;

4'-(Hekziloksi)-4-bibifenilkarbonitril (K1 numunesi)

4-Izotiosiyanoatofenil 4-pentilbisiklo[2.2.2]octan-1-karboksilat (K2 numunesi)

K1 ve K2 Çözeltilerinin değişik oranlarda karışımları;

L1 (%75 K1 + %25 K2),

L2 (% 50 K1 + % 50 K2)

L3 (% 25 K1 + % 75 K2)

şeklinde adlandırıldı.

2.11.2 Diklorometan Çözücüsü Kullanılarak Elde Edilen Numuneler;

4'-(Hekziloksi)-4-bibifenilkarbonitril (Y1 numunesi)

4-Izotiosiyanoatofenil 4-pentilbisiklo[2.2.2]octan-1-karboksilat (Y2 numunesi)

Y1 ve Y2 Çözeltilerinin değişik oranlarda karışımları;

Z1 (% 75 Y1 + % 25 Y2),

Z2 (% 50 Y1 + % 50 Y2),

Z3 (%25Y1+%75Y2)

şeklinde adlandırıldı.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmamızda deneysel olarak yapılan tüm ölçümler için; hazırlanan numunelerin absorbans ölçümleri 200 nm-400 nm aralığında alınırken, floresans ölçümleri ise 260 nm-480 nm aralığında alındı. Ölçümler oda sıcaklığında yapıldı.

3.1. Sıvı kristal Numunelerin Floresans ve Absorpsiyon Spektrumlarının Alınması ve Absorbans Ölçümleri

Çalışmamızda Spektroflorofotometre floresans ölçümü için, UV-VIS spektrofotometre absorpsiyon ölçümü için kullanıldı. Ölçümler numunelerin seyreltik çözeltileri ($10^{-4}M$) hazırlanarak alındı. Bu çözeltiler cam şişelere konarak 60 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırıldı homojen karışımları sağlandı. Ölçümler 1 cm ışık yollu kuartz küvetler kullanılarak oda sıcaklığında ve laboratuvar ortamında gerçekleştirildi.

*Maddenin floresans ve absorpsiyon şiddetleri, kırılma indisi (n) ve dielektrik sabiti (ϵ) nin bir fonksiyonudur.

*Floresans ve absorpsiyon şiddetleri çözünen ve çözücü molekülleri arasındaki spesifik kimyasal etkileşmelere (Hidrojen bağı, Asit-Baz) bağlıdır.

*Çözücü –çözünen etkileşmeleri önemli spektral kaymalara neden olur.

Çizelge 3.1. Numunelerin Floresans, absorpsiyon ve kırılma indisi değerleri

Numune	$\lambda(\max)$ (nm)	Abs	ν_a (cm^{-1}) 1/Abs(cm)	$\lambda(\max)$ nm (floresans)	İntensity	ν_f (cm^{-1}) 1/f(cm)	$\bar{\nu}_a - \bar{\nu}_f$	n
K1	295	2,211	33670,03	359	65,922	27855,15	5814,88	1,4452
K2	277	1,066	36101,08	360	33,244	27777,78	8323,30	1,4445
L1	292	2,000	34129,69	359	80,687	27855,15	6274,54	1,4455
L2	287	1,670	34722,22	358	113,355	27932,96	6789,26	1,4459
L3	282	1,321	35460,99	359	127,637	27855,15	7605,84	1,4461
Y1	277	2,292	35971,22	362	96,692	27624,30	8346,92	1,4258
Y2	277	1,115	36231,88	360	52,788	27777,77	8454,11	1,4270
Z1	286	2,055	34843,20	362	61,124	27624,30	7218,9	1,4247
Z2	284	1,591	35211,26	362	132,741	27624,30	7586,96	1,4257
Z3	279	1,283	35714,28	362	139,039	27624,30	8089,98	1,4262

Referans madde: Hekzan içerisinde disiyanantresen, (DCNA).

Çizelge 3.2. Çözücülerin Fiziksel Sabitleri

Çözücü	n(indis)	ϵ (dielektrik sabiti)	Çözücü polaritesi	d(yoğunluk)	Viskozite
Kloroform	1,4430	4.80	0.259	1.483 g/cm ³	0.542mPa.s
Diklorometan	1,4242	9.08	0.309	1.33 g/cm ³	0.42mPa.s

3.2. K1, Y1 Numuneleri

Saf 4'-(Hexyloxy)-4-biphenylcarbonitrile sıvı kristal numunesinden 2,7939 mg alındı ve 100ml Kloroform içinde çözüldü ve K1 Çözeltisi elde edildi. K1 çözeltisi ile çözücü kloroform ayrı ayrı kuartz küvetlere konularak UV-VIS spektrometresinde 200nm-400nm dalgaboyu aralığında absorbans ölçümleri alındı. Absorpsiyonun maksimum değeri $\lambda_{max}=295$ nm değerinde elde edilmektedir. Bu değer 345 nm değerine doğru azalmaktadır. Bu durum bu noktadan sonra optik geçirgenliğin arttığını göstermektedir.

Aynı sıvı kristalden yine aynı miktar alınarak 100ml Diklorometan içinde çözüldü ve Y1 çözeltisi elde edildi. Y1 çözeltisi ile çözücü Diklorometanın belirtilen aralıklarda absorbans ölçümleri alındı. Dalga boyuna göre absorbans grafiği elde edildi. Absorpsiyonun maksimum değeri $\lambda_{max}=277$ nm değerinde elde edilmektedir. Bu değer 343 nm değerine doğru azalmaktadır. Bu sonuçlar aynı numunenin farklı çözücülerle elde edilen çözeltilerinin farklı absorbans değerlerine sahip olduğunu göstermektedir.

Yukarıdaki K1, Y1 numunelerinin floresans ölçümleri ise yine ayrı ayrı kuartz küvetlere konularak spektrofotometrede emisyonu (260-480) nm iken uyarılma 300nm dalga boyunda gerçekleşti. Dalga boyuna göre floresans grafiği elde edildi. Floresansın maksimum değerleri kloroform çözücüsü ile elde edilen numune için $\lambda_{max}=359$ nm, diklorometan çözücüsü ile elde edilen numune için $\lambda_{max}=362$ nm, dalga boylarında elde edilmektedir. Çözücü polaritesi arttığında absorbans spektrumu daha kısa dalga boylu bölgeye (blue shift) kaymışsa temel hal dipol momentini, uyarılmış hal dipol momentine göre daha kararludur ve temel halin dipol momentini uyarılmış halin dipol momentinden daha büyük olur. Yani; $\mu > \mu^*$ olur. Diğer taraftan çözücü polaritesi artışıyla absorbans spektrumu uzun dalga boylu bölgeye kayma göstermişse (red shift)

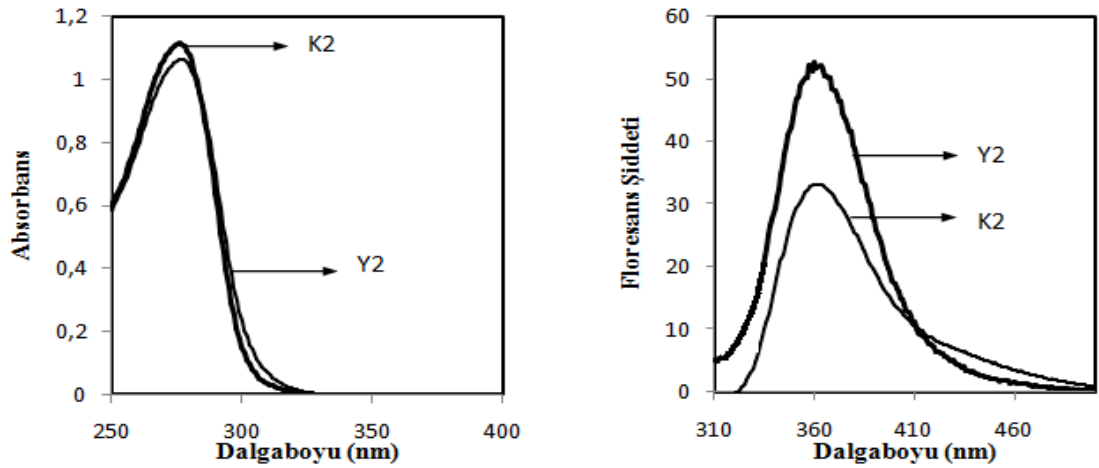
uyarılmış hal dipol momentini temel hal dipol momentine göre daha karardır ve uyarılmış hal dipol momentini temel hal dipol momentinden daha bđyđktđr. Yani; $\mu^* > \mu$ olur (Biswaş ve ark., 1990). Y1-Y2 numunelerinde kullanılan çđzđcđ polaritesinin K1-K2 numunelerinde kullanılan çđzđcđ polaritesinden daha bđyđktđr. Buna gđre yukarıda verilen K1-Y1 numunelerinin absorbans değerleri incelendiğinde çđzđcđ polaritesi artışıyla absorbans spektrumu değerinin daha kısa dalga boylu bđlgeye (blue shift) kaydığı gđrđlmektedir. Buna gđre temel halin dipol momentini uyarılmış halin dipol momentine gđre daha karardlı olup $\mu_{K1} > \mu_{K1}^*$ ve $\mu_{Y1} > \mu_{Y1}^*$ olur. ($\mu_{K1}=8,47D$, $\mu_{K1}^*=6,38D$, $\mu_{Y1}=15,53D$, $\mu_{Y1}^*=6,41D$)

3.3. K2, Y2 Numuneleri

Saf (%100) 4-Isothiocyanatophenyl 4-pentylbicyclo[2.2.2]octane-1-carboxylate sıvı kristal numunesinden 3,5752 mg alındı. Sıvı kristal 100 ml kloroform içinde çđzđldđ K2 belirtilen dalgaboyu aralığında absorbans ölçđmleri alındı. Absorpsiyonun maksimum değeri $\lambda_{max}=277$ nm değerinde elde edilmektedir. Bu değer 323 nm değerine doğru azalmaktadır. Bu durum bu noktadan sonra optik geçirgenliğin arttığını gđstermektedir.

Aynı sıvı kristalden yine aynı miktar alınarak 100ml Diklorometan içinde çđzđldđ ve Y2 çđzeltisi elde edildi. Y2 çđzeltisinin de belirtilen dalgaboyu aralığında absorbans ölçđmleri alındı. Absorpsiyonun maksimum değeri $\lambda_{max}=276$ nm değerinde elde edilmektedir. Bu değer 318 nm değerine doğru azalmaktadır.

Yukarı verilen K2, Y2 numunelerinin floresans ölçđmleri alındı Uyarılma 300nm dalga boyunda gerçekleşti. Dalga boyuna gđre floresans grafiği elde edildi. Floresansın maksimum değerleri kloroform çđzđcđsđ ile elde edilen numune için $\lambda_{max}=362$ nm, diklorometan çđzđcđsđ ile elde edilen numune için $\lambda_{max}=360$ nm, dalga boylarında elde edilmektedir.



Şekil 3.1: 4-İzotiosiyanoatofenil 4-pentilbisiklo[2.2.2]oktan-1-karboksilat sıvı kristal numunenin kloroform (K2) ve diklorometan (Y2) çözücülerindeki absorbans ve floresans şiddetinin dalgaboyuna bağlı değişim grafikleri.

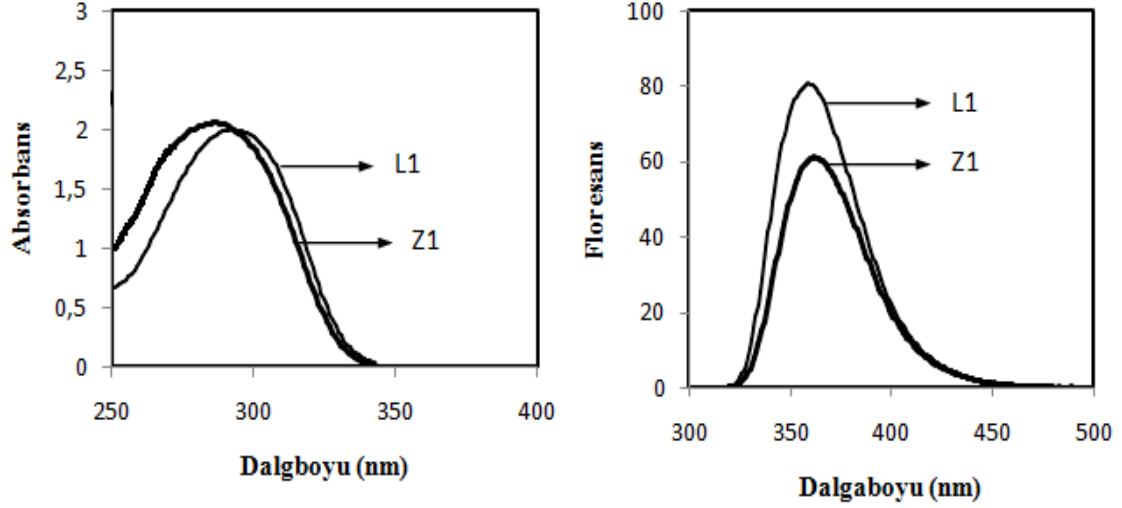
Çizelge 3 (1-2) birlikte incelendiğinde K2-Y2 numunelerinin absorbans değerlerinde ciddi bir fark olmadığı ancak çözücü polaritesi artışıyla floresans spektrumu değerinin daha uzun dalga boylu bölgeye (red shift) kaydığı görülmektedir. Buna göre uyarılmış halin dipol momentini temel halin dipol momentine göre daha kararlı olup $\mu_{K2}^* > \mu_{K2}$ ($\mu_{K2}^* = 35.15D$, $\mu_{K2} = 8.55D$) ve $\mu_{Y2}^* > \mu_{Y2}$ olur ($\mu_{Y2}^* = 35.79D$, $\mu_{Y2} = 13.54D$). K2 ve Y2 numunelerinin absorbans ve floresans şiddetlerinin dalga boyuna bağlı değişim grafikleri şekil 3.1’ de verilmiştir.

3.4. L1, Z1 Numuneleri

%75 K1 ve %25 K2 numunesinden alınarak L1 sıvı kristal karışım numunesi elde edildi. Aynı şekilde %75 Y1 ve %25 Y2 numunesinden alınarak Z1 sıvı kristal karışım numunesi elde edildi. Karışımlar ve çözücüler kuartz küvetlere konularak UV-VIS spektrometresinde 200nm-400nm dalgaboyu aralığında absorbans ölçümleri alındı. Dalga boyuna göre absorbans grafiği elde edildi. Absorpsiyonun maksimum değeri L1 sıvı kristal karışım numunesi için $\lambda_{max} = 292$ nm değerinde, Z1 sıvı kristal karışım numunesi için $\lambda_{max} = 286$ nm değerlerinde elde edilmektedir.

L1 ve Z1 sıvı kristal karışım numunelerinin floresans ölçümleri alındı. Uyarılma 300nm dalga boyunda gerçekleştirildi. Floresansın maksimum değerleri kloroform çözücüsü ile

elde edilen L1 numunesi için $\lambda_{max}=359$ nm, diklorometan çözücüsü ile elde edilen Z1 numunesi için $\lambda_{max}=362$ nm, dalga boylarında elde edilmektedir.



Şekil 3.2. L1 ve Z1 numunelerinin absorbans ve floresans şiddetlerinin dalgaboyuna bağlı değişim grafikleri.

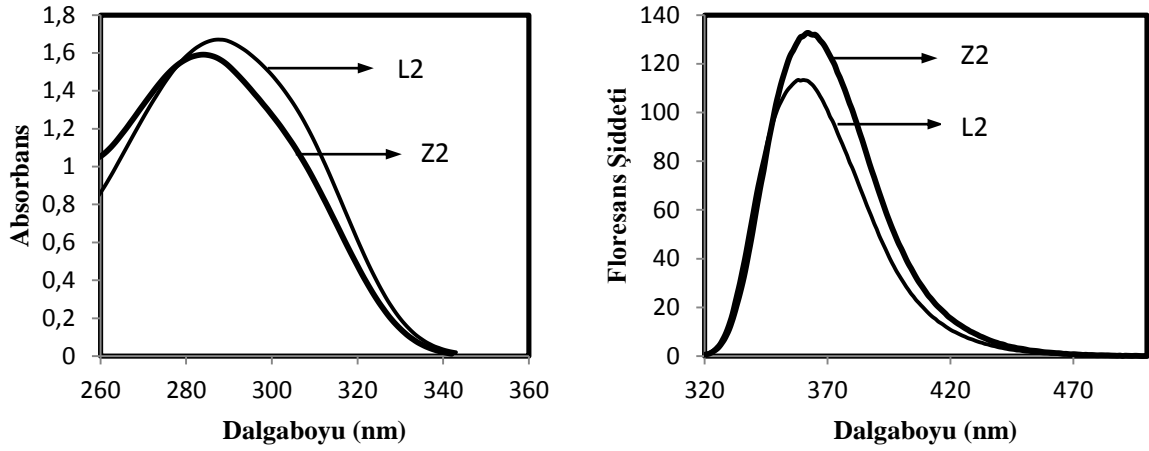
Dalgaboyunun değişiminden dolayı enerjinin kaydığı görülmektedir. L1 ve Z1 numunelerinin floresans şiddetinin ve absorbansın dalga boyuna bağlı değişim grafikleri Şekil 3.2' de verilmiştir.

3.5. L2, Z2 Numuneleri

%50 K1 ve %50 K2 numunesinden alınarak L2, %50 Y1 ve %50 Y2 numunesinden alınarak Z2 sıvı kristal karışım numuneleri elde edildi. Numunelerin belirtilen dalgaboyu aralığında absorbans ölçümleri alındı. Absorpsiyonun maksimum değeri L2 sıvı kristal karışım numunesi için $\lambda_{max}=287$ nm değerinde, Z2 sıvı kristal karışım numunesi için $\lambda_{max}=284$ nm değerlerinde elde edilmektedir. Dalga boyuna göre absorbans grafiği elde edildi.

L2 ve Z2 sıvı kristal karışım numunelerinin floresans ölçümleri alındı Uyarılma 300nm dalga boyunda gerçekleştirildi. Floresansın maksimum değerleri kloroform çözücüsü ile elde edilen L2 numunesi için $\lambda_{max}=358$ nm, diklorometan çözücüsü ile elde edilen Z2 numunesi için $\lambda_{max}=362$ nm, dalga boylarında elde edilmektedir. L2 ve Z2

numunelerinin floresans şiddetinin ve absorbansın dalga boyuna bağlı değişim grafikleri şekil 3.3' de verilmiştir.

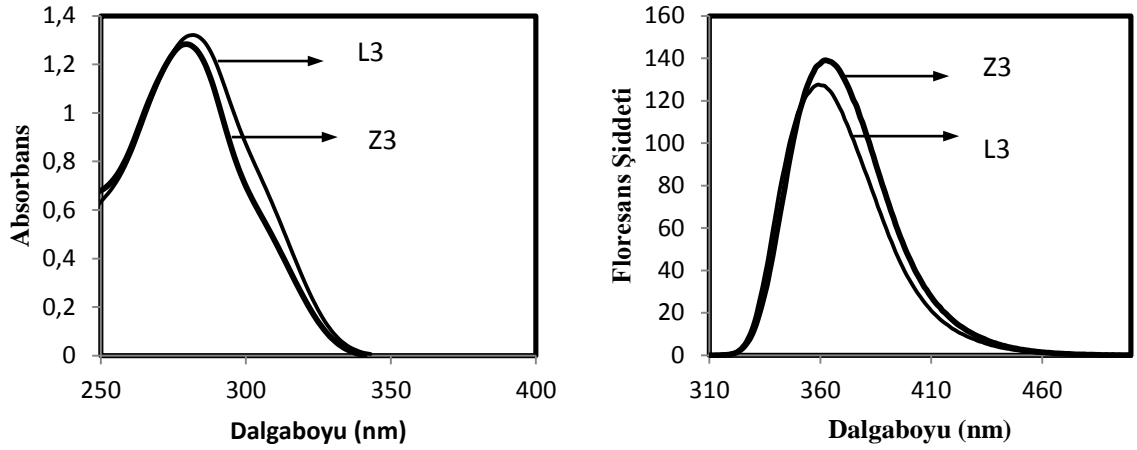


Şekil 3.3. L2 ve Z2 numunelerinin absorbans ve floresans şiddetlerinin dalga boyuna bağlı değişim grafikleri.

3.6. L3, Z3 Numuneleri

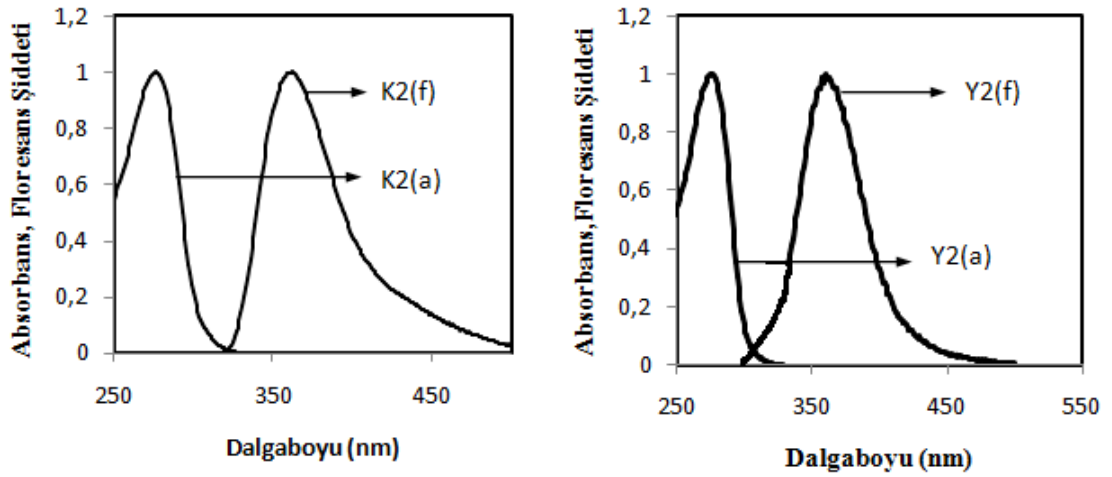
%25 K1 ve %75 K2 numunesinden alınarak L3, %50 Y1 ve %50 Y2 numunesinden alınarak Z3 sıvı kristal karışım numuneleri elde edildi. Karışımlar ve çözücülerin belirtilen dalgaboyu aralığında absorbans ölçümleri alındı. Absorpsiyonun maksimum değeri L3 sıvı kristal karışım numunesi için $\lambda_{max}=282$ nm değerinde, Z3 sıvı kristal karışım numunesi için $\lambda_{max}=279$ nm değerlerinde elde edilmektedir.

L3 ve Z3 sıvı kristal karışım numunelerinin floresans ölçümleri alındı Uyarılma 300nm dalga boyunda gerçekleştirildi. Floresansın maksimum değerleri kloroform çözücüsü ile elde edilen L3 numunesi için $\lambda_{max}=359$ nm, diklorometan çözücüsü ile elde edilen Z3 numunesi için $\lambda_{max}=362$ nm, dalga boylarında elde edilmektedir. L3 ve Z3 numunelerinin floresans şiddetinin ve absorbansın dalga boyuna bağlı değişim grafikleri şekil 3.4'de verilmiştir.

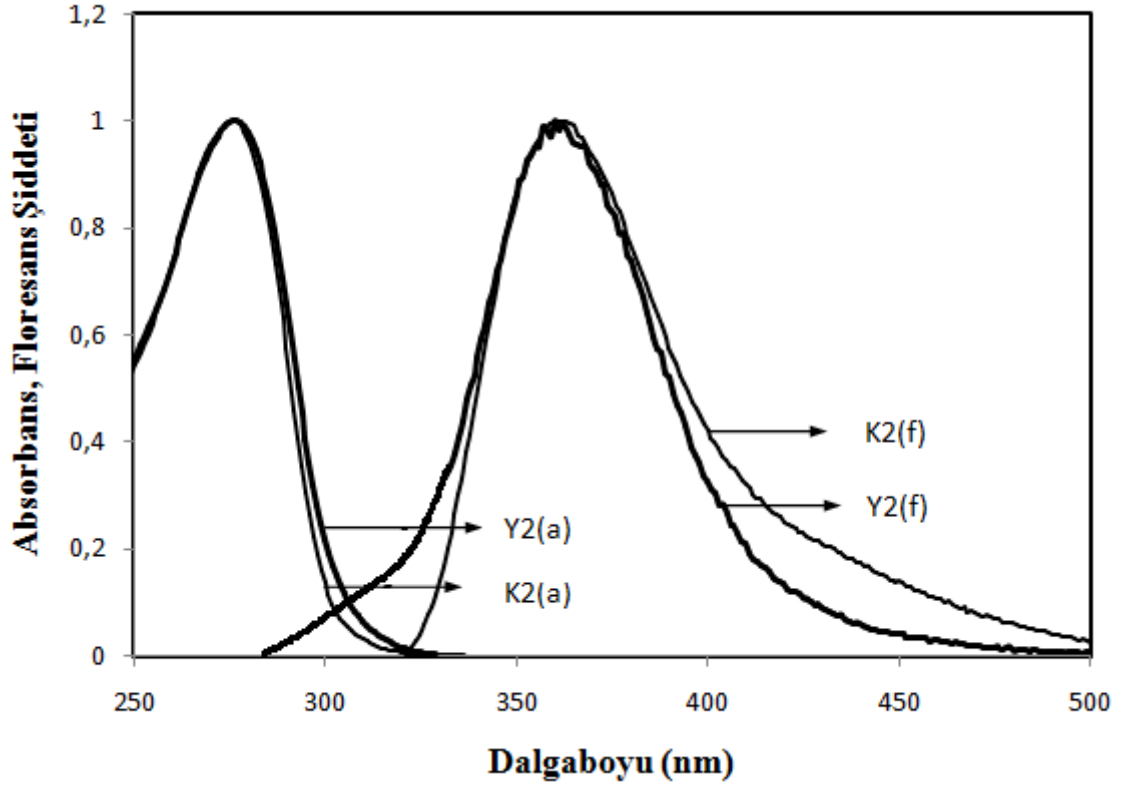


Şekil 3.4. L3 ve Z3 numunelerinin absorbans ve floresans şiddetlerinin dalgaboyuna bağlı değişim grafikleri

K2 ve Y2 sıvı kristal numunelerinin absorbans ve floresans şiddeti değerleri normalize edilerek Şekil 3.5’ te karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Grafiklerden absorbans ve floresans grafiklerinin birbirlerinin ayna görüntüleri olduğu görülmektedir.



Şekil 3.5. K2 ve Y2 numunelerinin normalize edilmiş şekilleriyle K2(a) ve Y2(a) absorbans ve K2(f) ve Y2(f) floresans şiddetlerinin dalga boyuna bağlı değişim grafikleri



Şekil 3.6. K2 ve Y2 numunelerinin normalize edilmiş şekilleriyle K2(a) ve Y2(a) absorbans ve K2(f) ve Y2(f) floresans şiddetlerinin dalga boyuna bağlı değişim grafikleri

Şekil 3.6' da K2 ve Y2 numunelerinin normalize edilmiş şekilleriyle absorbans ve floresans şiddetlerinin dalga boyuna bağlı değişim grafikleri görülmektedir. Çözücü etkisinin spektral yapıya az etkili olduğu görülmektedir.

3.7. Kırılma İndisi Ölçümleri

Çözücü polaritesinin belirlenmesinde kırılma indisinin önemli bir yeri vardır. Kırılma indisinin değişmesi sıvı kristal numunenin çözücü molekülleri ile olan etkileşimini etkiler. Hazırlanan 4-Isothiocyantophenyl 4-pentylbicyclo [2.2.2] octane-1-carboxylate ve 4'-(Hexyloxy)-4-biphenylcarbonitrile numunelerinin saf hallerinin ve belirli oranlarda % lik derişimlerinin kırılma indisi ölçümleri refraktometre cihazıyla yapıldı. Ölçüm sonuçları çizelge 3.1' de verilmiştir.

3.8. Dielektrik Sabiti Ölçümleri

Hazırlanan 4-Isothiocyanatophenyl 4-pentylbicyclo [2.2.2] octane-1-carboxylate ve 4'-(Hexyloxy)-4-biphenylcarbonitrile numunelerinin saf hallerinin ve belirli oranlarda % lik derişimlerinin dielektrik sabiti ölçümleri Keithley 4200-SCS cihazıyla yapıldı.

3.9. Temel ve Uyarılmış Halin Dipol Momentlerinin Hesaplanması

Temel ve uyarılmış halin dipol momentleri Çizelge 3.3' de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Temel ve Uyarılmış Halin Dipol Momentleri

Numune	$\epsilon(f=3\text{kHz})$ $C_0=145\text{pf}$	W (Ağırlık kesri)	Temel hal dipol momenti (debye)	Uyarılmış hal dipol momentini (debye)
K1	5,03	$1,88.10^{-3}$	8.47 D	6.38 D
K2	5,03	$2,41.10^{-3}$	8.55 D	35.15 D
L1	4,97	$2,01.10^{-3}$	8.49 D	19.92 D
L2	5,05	$2,14.10^{-3}$	8.51 D	25 D
L3	4,91	$2,27.10^{-3}$	8.53 D	30.07 D
Y1	10,87	$2,09.10^{-3}$	15.53 D	6.41 D
Y2	10,42	$2,69.10^{-3}$	13.54 D	35.79 D
Z1	12,57	$2,24.10^{-3}$	15.03 D	25.40 D
Z2	10,35	$2,39.10^{-3}$	14.53 D	28.86 D
Z3	10,58	$2,53.10^{-3}$	14.03 D	32.32 D

K1 ve Y1 numunelerinin dışındaki numuneler için uyarılmış halin dipol momentlerinin temel haldekinden daha büyük olduğu görülmektedir. Bu durum bu numuneler için uyarılmış durumda tam bir yük ayırımının meydana geldiğini göstermektedir. (Wasielewski ve ark., 1990).

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çizelge 3. (1-3) birlikte incelendiğinde Y1-Y2 numunelerinde kullanılan çözücü polaritesinin (diklorometan), K1-K2 numunelerinde kullanılan çözücü polaritesinden(kloroform) daha büyük olduğu görülür. Buna göre yukarıda verilen K1-Y1 numunelerinin absorbans değerleri incelendiğinde çözücü polaritesi artışıyla absorbans spektrumu değerinin daha kısa dalga boylu bölgeye (blue shift) kaydığı görülmektedir. Buna göre temel halin dipol momentini uyarılmış halin dipol momentine göre daha kararlı olup $\mu_{K1} > \mu_{Y1}^*$ olur. Ayrıca K2-Y2 numunelerinin absorbans ve floresans değerlerinde bir değişim olmadığı, karışımlarda ise (L1-Z1, L2-Z2, L3-Z3) floresans değerlerinin daha uzun dalga boylu bölgeye kaydığı (red shift) görülmektedir. Bunu sonucu olarak $\mu_{LZ}^* > \mu_{LZ}$ olur.

K1 ve Y1 numunelerinde temel halin dipol momentinin uyarılmış halin dipol momentinden daha büyük olduğu görülmektedir. K2-Y2, L1-Z1, L2-Z2, L3-Z3 numunelerinin ise uyarılmış halde dipol momentlerinin temel haldeki dipol moment değerlerinden daha büyük olduğu bulunmuştur. Bu sonuç bileşiğin uyarılmış halinde tam bir yük ayrımının meydana geldiğini göstermiştir (Wasielewski ve ark., 1990). Bu durum uyarılmış halin temel halden daha polar olduğunu gösterir. Ayrıca elde edilen sonuçlar üzerinde çözünen ve çözücü molekülleri arasındaki spesifik kimyasal etkileşmelerin etkin olduğu da muhtemeldir.

Bu sonuçlara göre farklı sıvı kristaller değişik oranlarda karıştırılarak veya farklı katkı malzemeleri ile modifiye edilerek elektro-optik uygulamalar için kullanılabilirler.

KAYNAKLAR

- Acemioğlu, B., 2000. Ksenten Türevlerinden Pyronin B ve Floresin Bileşiklerinin Çeşitli çözücü Ortamlardaki Fotofiziksel Özellikleri, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Bölümü Doktora Tezi, Erzurum, 171
- Aldanma, T., 2007. Lazerin Polimer, Boya Maddesi ve Karbon Tanecikleri Katkılandırılmış Sıvı Kristallerin Dielektrik Anizotropi Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Yüksek Lisans Tezi.
- Atkins, P. W., 1990. Physical Chemistry, Fourth Edition, W. H. Feeman and Company, New York.
- Bessire, David R., and Quitevis, Edward L., 1994. J. Physical Chemistry, 98, 13083
- Bilen, K., 1994. Isıtılan Düzlem Bir Plakaya Dik ve Eğik Hava Jeti Çarpmasında Isı Transfer Karakteristiklerinin Deneysel İncelenmesi, KTÜ Fen Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 86s.
- Biswaş, S., Subhash, Ch. B., Pratik, K.S., Satya, P.M., 1999. J. Of Photochem. and Photobiol. A : Chemistry, 123, 121-128.
- Colling P. and Hird, M., 2001 "Introduction to Liquid Crystals, Chemistry And Physics", Taylor & Francis Ltd.
- Czekalla, J. Z., 1960. Electrochemistry, 64, 1221.
- Değirmenci, M., 1996. Sıvı Kristal Polimerler, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Bölümü, Yüksek Lisans Semineri, Elazığ 58s.
- Dewey, T. G., 1991. Biophysical and Biochemical Aspects of Fluorescence Spectroscopy, Plenum Press, New York.
- El-Daly, S. A., Al-Hazmy, S. M., Ebeid, E. M., Blasikuttan, A.C., Palit, D. K., Sapre, A. V., and Mitial, J. P., 1996. J. Phys. Chem., 100, 9732-9737.
- Emek, M., 2007. Faz Dönüşümlerinin Nematik Sıvı Kristallerin Elektrooptik Özelliklerine Etkisi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 33s.

- Eser, H, M., 2006. Karbon-Nanotüp Sıvı Kristal Karışımlarının Elektriksel Özellikleri. Gebze İleri teknoloji enstitüsü mühendislik ve fen bilimleri enstitüsü Fizik Anabilim Dalı yüksek lisans tezi.
- Gündüz E., Bilim ve Teknik , Eylül 1992, (43,44)
- Gündüz E. , Karapınar R. , Bilim ve Teknik, Ağustos,17-18, 1992.
- Kalyanasanduram, K., 1987. Photochemistry in Microheterogeneous System, Academic Press, , INC., New York.
- KHOO, I.C., 1995. Liquid Crystals: Physical Properties and Nonlinear Optical Phenomena, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Kopecky, J., 1992. Organic Photochemistry: A Visual Approach, VCH Publishers, Inc., New York.
- Köysal, O., 2007. Azo boya ve fulleren katkılı nematik sıvı kristallerin elektro optik özelliklerinin incelenmesi. Gebze ileri teknoloji enstitüsü mühendislik ve fen bilimleri enstitüsü Fizik Anabilim Dalı doktora tezi.
- Lakowicz, J.R., 1983. Principles of Fluorescence Spectroscopy, Plenum Press, New York.
- Lippert, E. Z., 1957. Electrochemistry, 61, 962.
- Moll, F., and Lippert, E. Z., 1954. Electrochemistry, 58, 853.
- Nesrullazade, A., 2000. Sıvı Kristaller: Yapıları, Özellikleri, Uygulamaları, Ege Üniversitesi Basım Evi, İzmir, 436s.
- Osterman, J., PhD Thesis, Investigations of Optical Properties and Photo-Alignment Bistable Nematic Liquid Crystal Displays, Uppsala University, 2005.
- Özaydın, S, 2007. Bazı karışım Nematik Sıvı Kristallerde Elektrooptik Özelliklerinin Faz Sıcaklığında İncelenmesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Özgan, Ş., Yazıcı, M., 2003. Sıvı Kristaller ve Faz Geçişleri, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(2): 20-26.
- Pershan, P. S., 1988. Structure of liquid crystal phases, World Scientific, New Jersey, 440 s.
- Peter J.Collings and Michael Hird, Introduction to Liquid Crystals ; Chemistry and Physics., 1997

Priestley, E. B., Peter J. Wojtowicz, Ping Sheng, Introduction Liquid Crystals, Plenum Press, New York, ch. 1, 1975.

Refioğlu İ. H., Bilim ve Teknik , Eylül 1992 (11-15)

Sage, I., 1990. Ullmann's Encyclopedia, A 15.

Suppan, P., 1983. Chemical Physical Letters, 3, 94, 272.

Suppan, P., 1990. Journal of Photochemistry and Photobiology, A : Chemistry, 50, 293.

Suppan, P., 1994. Chemistry and Light, Published by The Royal Society of Chemistry, Cambridge.

Turro, N. J., 1978. Modern Moleküler Photochemistry., The Benjamin / Cummings Publishings Company, INC., New York.

Ünal, O. H., Sıvı Kristaller, Tez Çalışması, 2001.

Wasielewski, M. R., Minsek, D. W., Niemezyk, M. P., Seev, W. A., and Yang, N. C., 1990, J. Am. Chem. Soc., 112, 2823-2824.

www.telexshop.com (erişim tarihi: Mayıs.2011)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mazhar AKBAŞ
Doğum Yeri : Bitlis
Doğum Tarihi : 02/02/1980
E posta : makbas13@hotmail.com
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Okul, başlama ve mezuniyet yılı, şehir) :

Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi, 1997-2001, Trabzon
Yüksek Lisans : Kilis 7 Aralık Üniversitesi, 2009-2011, Kilis