

Article Arrival Date

Article Type

Article Published Date

07.09.2022

Research Article

20.12.2022

MÜHENDİSLİK PLASTİKLERİNİN TEMELİNİ OLUŞTURAN SIVI KRİSTAL POLİMER (LCP) YAPILARININ ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF LIQUID CRYSTAL POLYMER (LCP) STRUCTURES, THE BASIS
OF ENGINEERING PLASTICS

Zübeyde TURGUT ^a

Tuba DEMİREL ^{b*}

İsmail KARACAN ^c

^aErciyes Üniversitesi, Nanobilim ve Nanoteknoloji Bölümü, Kayseri, Türkiye.

ORCID ID: 0000-0002-6394-4207

^bErciyes Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye.

ORCID ID: 0000-0002-5760-3705

^cErciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye.

ORCID ID: 0000-0002-9047-1011

^{b*}Sorumlu Yazar: Dr. Tuba DEMİREL

ÖZET

Sıvıların akışkanlık özelliklerini içinde toplayan ve kristal yapıya anizotropik katılara sıvı kristal maddeler denilmektedir. Sıvı kristallerde (LC) katı ve sıvıların sahip olmadığı bazı özellikleri de görmekteyiz. Doğada ve teknolojik uygulamalarda da sıvı kristalleri gözlemlemekteyiz. Günümüzde çoğu modern elektronik göstergeler ve LCD ekranlarında da sıvı kristalleri görmekteyiz. Sıvı kristaller (LC); termotropik, liyotropik, ve metalotropik fazlara ayrılmaktadır. Termotropik ve liyotropik fazlar, organik moleküllerden meydana gelmiştir. Sıvı kristalde faz değişikliği olurken termotropik sıvı kristaller sıcaklık değişimine uğramaktadır. Liyotropik sıvı kristallerinde faz değişikliği oluşturmak istendiğinde LC moleküllerin solventteki konsantrasyonu ve sıcaklığı önemlidir. Canlı sistemlerde liyotropik sıvı kristallere çok fazla rastlanmaktadır. Hücre zarı ve bazı proteinler sıvı kristaldir. Hem organik hem de inorganik maddelerin karışımına Metalotropik sıvı

kristal denilmektedir. Tüm sıvı kristallerin faz değişikliklerinde sıcaklık, inorganik-organik konsantrasyonu önemlidir.

Bu çalışmada; sıvı kristaller, sıvı kristallerin genel özellikleri ve sıvı kristallerin oluşma nedenleri ile uygulama alanları incelenmiştir. Termotropik ve liyotropik fazların, sıvı kristal özelliklerini hangi durumlarda taşıdığı vurgulanmıştır. Sıvı kristallerin sentezi, kimyasal ve fiziksel yapısı ve sıvı kristallerin ekran endüstrisinde sıkça kullanıldığı LCD teknolojisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sıvı Kristal, Termotropik Sıvı Kristal, Liyotropik Sıvı Kristal, LCD, Sıcaklık, Kimyasal Yapı

ABSTRACT

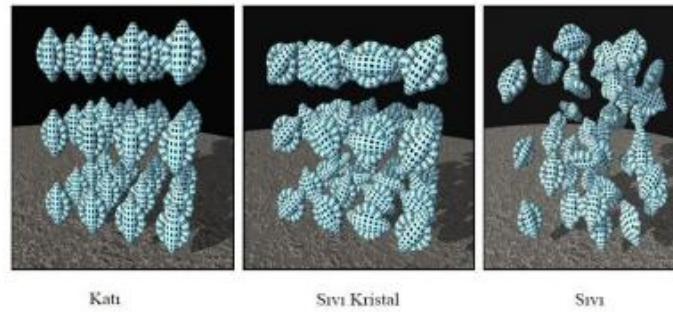
Anisotropic solids that incorporate the fluidity properties of liquids and have a crystalline structure are called liquid crystal substances. In liquid crystals (LC), we also see some properties that solids and liquids do not have. We also observe liquid crystals in nature and technological applications. Today, we also see liquid crystals in most modern electronic displays and LCD screens. liquid crystals (LC); It is divided into thermotropic, lyotropic, and metallotropic phases. Thermotropic and lyotropic phases are composed of organic molecules. While there is a phase change in the liquid crystal, thermotropic liquid crystals undergo a temperature change. The concentration and temperature of the LC molecules in the solvent are important when it is desired to create a phase change in lyotropic liquid crystals. Lyotropic liquid crystals are very common in living systems. The cell membrane and some proteins are liquid crystal. The mixture of both organic and inorganic substances is called Metallotropic liquid crystal. Temperature, inorganic-organic concentration are important in phase changes of all liquid crystals.

In this study; liquid crystals, general properties of liquid crystals and the reasons for the formation of liquid crystals and their application areas were examined. It is emphasized in which situations thermotropic and lyotropic phases have liquid crystal properties. The synthesis, chemical and physical structure of liquid crystals and LCD technology, where liquid crystals are frequently used in the display industry, are examined.

Keywords: Liquid Crystal, Thermotropic Liquid Crystal, Lyotropic Liquid Crystal, LCD, Temperature, Chemical Structure

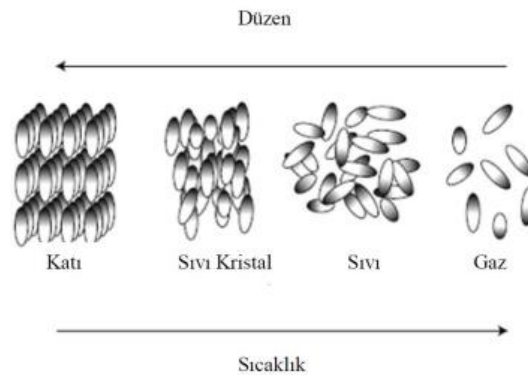
1. GİRİŞ

Bazı organik malzemeler; katı, sıvı, gaz ve dördüncü faz olarak adlandırılan sıvı kristal özelliği gösterirler (Şekil 1). Bu dördüncü faza bakıldığında katı ve sıvı özelliklerinin karışımına sahip olduğundan dolayı bir sıvı gibi akar ama moleküller bir katı kristal gibi yönlüdür. Tıpkı bulamaç şekillere benzemektedir [1,2]. Çözelti içinde veya erimiş şekilde kristal halde sıralanabilen makro moleküllere sıvı kristal (LC) denilmektedir [3].



Şekil 1. Katı, sıvı kristal ve sıvı molekül yapıları [1,2]

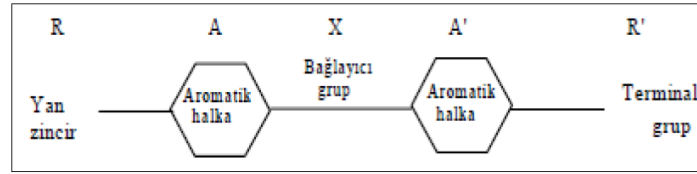
Madde; katı fazda uzun yönelimsel düzenlemelere sahiptir. Sıvı fazda ise hareketliliğe sahip olduğu kısım ise sıvı fazdır (Şekil 2) [4,3,5,6].



Şekil 2. Maddenin molekül halleri [5,6]

Sıvı kristaller, katı kristallerin sahip olduğu düzenli yapıya ve fiziksel anizotropiğe sahip olan sıvıların gösterdiği reolojik özellikleri bir arada tutmaktadır [3]. Sıvı kristaller; uzun çubuksu yapıdaki moleküllerdir [7]. Bir moleküle sıvı kristal denilebilmesi için moleküler anizotropi özelliği gerekmektedir. Mezogen; sıvı kristal polimer yapılarının sert kısımlarıdır. Polimerin yapı şekline göre çeşitli mezogen (çubuk veya disk) şekilleri olabilmektedir. Metal ve seramiklerin yerini alan yüksek performanslı liflerin yapısının temelinde sıvı kristaller bulunmaktadır [8,9]. Sıvı

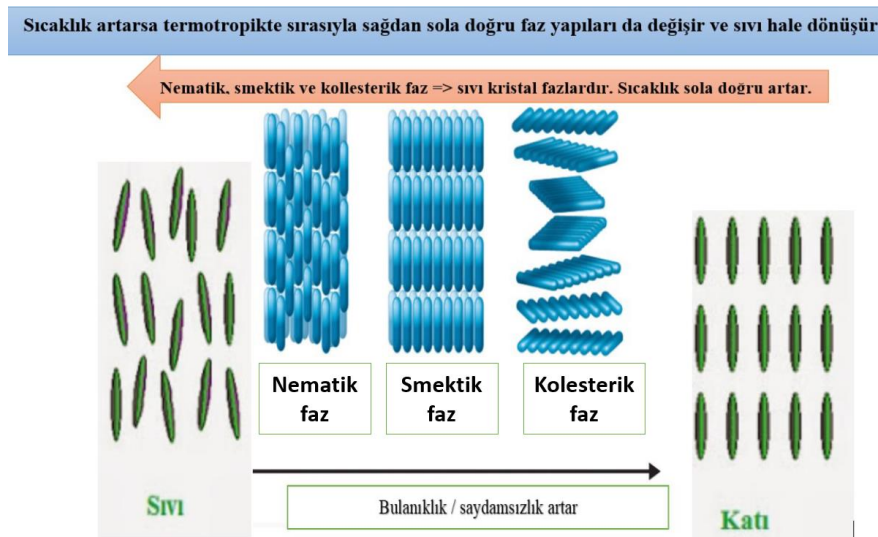
kristal moleküllerini oluşturan temel yapıda aromatikler ve benzen türevleri bulunmaktadır. Bu da Şekil 3'te gösterilmiştir [1].



Şekil 3. Sıvı kristalin temel moleküler yapısı [1]

İzotropik davranış; maddenin özellikleri her yerinde aynıdır. Maddenin özellikleri doğrultuya bağlı olarak değişmez. Örneğin, çelik izotropik bir malzemedir. Anizotropik davranış; izotropinin aksine, farklı yönlerde farklı özelliklere sahip olma durumudur. Maddelerin fiziksel ya da mekanik özelliklerinin, doğrultuya bağlı olarak değişmesi olarak da tanımlanmaktadır [10]. Sıvı kristal fazların tamamında anizotropik yapı mevcuttur. Anizotropide sıvı kristaller moleküler doğrultu boyunca yönelme eğilimi göstermektedirler [11,1]. Sıvı kristalin bulunduğu ortamda sıcaklık arttırıldığında moleküllerin kinetik enerjileri artar. Anizotropiğin de kinetik enerjisi üzerinde etkisi vardır [1,12]. Sıvı kristal fazların sıcaklık etkisiyle hâl değişim şeması Şekil 4'te verilmiştir [1,13].

23

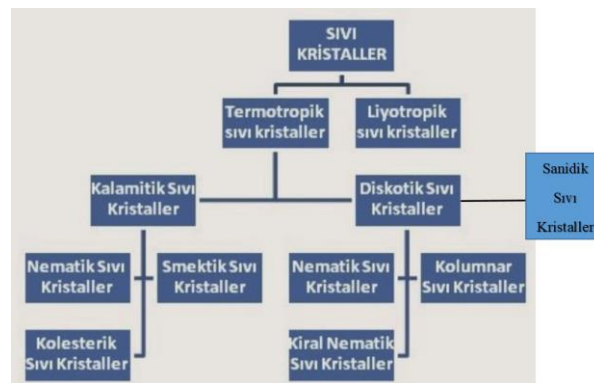


Şekil 4. Sıvı kristal fazların düzeni [1,13]

Sıvı kristallere elektrik verildiğinde moleküllerin elektrik akımının uygulandığı yönde sıralandığı gözlenmiştir. Sıvı kristaller, katı kristaller gibi ışığı kırarak yansımaları sağlamaktadır çünkü sıvı ve katı kristallerin yönelim düzenleri benzerlik göstermektedir. Genelde sıvı kristallerin molekül yapıları çubuksudur [1]. Sıvı kristallerin kendine özgü özellik ve yapılarından dolayı dijital görüntüleme teknolojilerinde sıkça kullanılmaktadır. Bu kristallerden uygulanan elektrik alan ve manyetik alandan etkilenerek uygulanan alan yönüne doğru moleküller yönelme yapar ve farklı davranış şekilleri göstermektedir. Bu kristal grubunda bulunan nematik sıvı kristaller dış etkilere hassas yapısı bulunmaktadır. Sıvı kristallerin tamamı çift kırıcı özelliğe sahiptir [1,14]. Elyaf takviyeli polimer kompozit ile plastik malzemeler anizotropik özellikler göstermektedir [15]. Sıvı kristaller; sıcaklığın artması ile saydamlaşır ve sıvılara benzemektedirler. Sıvı kristal halden izotropik sıvı hale geçiş ise -30 ile 100 °C aralığını kapsamaktadır [1,16]. Genel bir kural olarak, düşük sıcaklık fazları daha yüksek derecede kristalin düzene sahiptir. Bazı bileşikler hem nematik (ya da kolesterik) hem de smektik mezofazlara sahiptir. Nematik mezofaz daima smektik olandan daha yüksek bir sıcaklıkta gerçekleşmektedir [17,18].

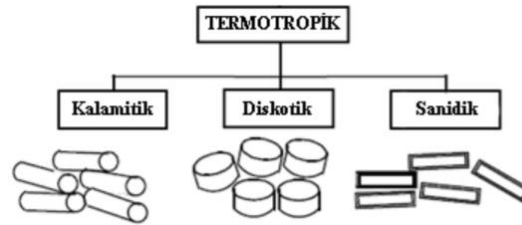
2. SIVI KRİSTALLERİN SINIFLANDIRILMASI

Termotropik ve liyotropik olmak üzere sıvı kristaller faz yapısına göre iki ana gruba ayrılmaktadır [1]. Ara fazların özellikleri önceki durumuna göre değişmektedir. Nedeni ise sıvı kristal fazların birbirlerinin yapılarına geçişte kullanılan yöntemleri etkilemektedir. Termotropik sıvı kristalleri elde etmek için ısı yöntem kullanılırken çözücü yöntemi ise liyotropik sıvı kristalleri elde ederken kullanılır. Şekil 5'te ayrıntılı şekilde sıvı kristallerin sınıflandırılması verilmiştir [1,19,20].



Şekil 5. Sıvı kristallerin sınıflandırılması [20]

Sıvı kristallerin faz değişimi; katı fazdan mezofaza geçiş sıcaklığına “erime noktası” (MP = Melting Point), mezofazdan izotropik sıvıya dönüştüğü sıcaklığa ise “berraklaşma noktası” (CP = Clearing Point) şeklinde isimlendirilmektedir [1,21]. Termotropik sıvı kristaller literatürde katı çubuklar olarak bilinmektedir. Bu çubuklar birbiri ile etkileşime girerek farklı düzenli fazlar oluşturmaktadır [19].



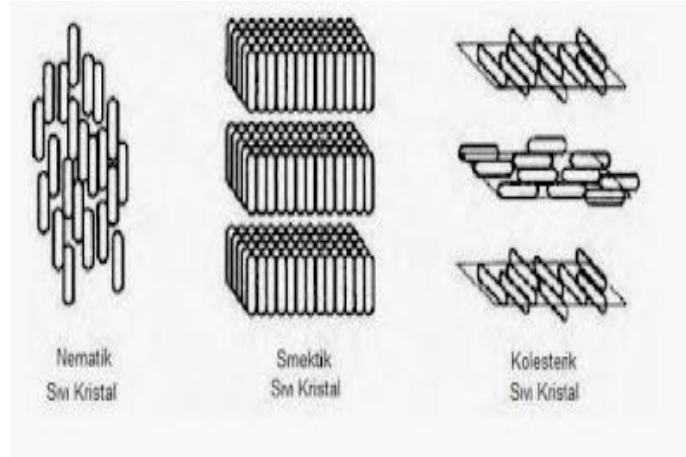
Şekil 6. Termotropik sıvı kristallerin molekül geometrelerine göre şekilleri [5,19]

Termotropik- kalamitik sıvı kristaller sıcaklığa bağlı olarak üç grupta toplanmaktadır. Termotropik sıvı kristaller, molekül geometrilerine göre başlıca üç tip molekül şekli vardır; "kalamitik" (çubuksu), "diskotik" (disk benzeri) ve "Sanidik" (tuğla veya briket gibi) olmak üzere üç alt sınıfa ayrılırlar (Şekil 6) [5,19]. Nematik faz, smektik fazdan daha düzensizdir. Smektik faz moleküler tabakalar şeklinde düzenlenmiştir ve bu tabakaların hareketleri sınırlı olmaktadır [5]. Kalamitik yapıların çubuk şeklindeki konfigürasyonu Şekil 7’de verilmiştir. Bu yapılar, ince uzun, tek eksenli, elipsoid veya silindir şeklinde gösterilmektedir. Bu silindirlerin istiflenmesi sıvı kristal fazları oluşmaktadır. Nematik, smektik ve kolesterik (kiral nematik) fazları olmak üzere kalamitik mesogenlerin sıvı kristal mesofazları üç sınıfa ayrılmaktadır [5].



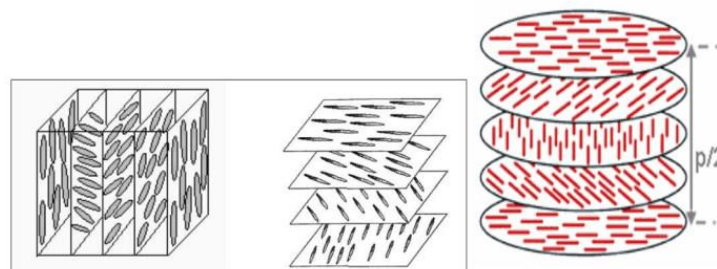
Şekil 7. a) Kalamitik mesogen, **b)** Moleküller sıvı kristal fazındaki şekli [5]

Organik bileşiklerin çoğu mezofaz (ara hal) oluşturmaktadır. Mezofazın kimyasal yapısı ve geometrik şekli özelliklerini belirlemektedir. Şekil 8’de kalamatik sınıfında alan sıvı kristal modelleri verilmiştir [3,22].



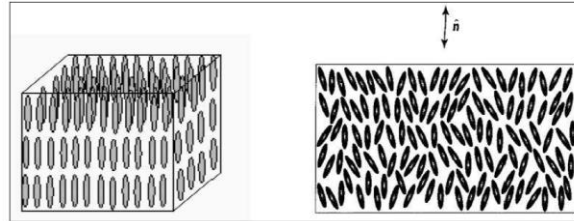
Şekil 8. Kalamatik sıvı kristal çeşitleri [22]

Kalamatik sıvı kristalin alt grubunda kolesterik (veya kiral nematik) sıvı kristal fazı yer almaktadır (Şekil 9). Kolesterik fazda, her biri nematik yapıya sahip tabakalar bulunmaktadır. Moleküllerin tabakaları arasındaki geçişi sırasında yön değişimi madde boyunca helisel burulma (spiral) şeklinde olmaktadır. Helisel burulmalar; sıcaklık, termik ve manyetik alan etkisi ile değişmektedir. Kolesteriğin moleküler yapısına dik yönde manyetik veya elektrik alan şiddeti uygulandığında kolesteriğin kiral yapısını bozarak nematik yapıya sistem meydana gelmektedir. Aynı zamanda kolesterik yapılar üzerine farklı sıcaklıklar uygulandığında ilginç renk değişim desenleri gözlenmektedir [1].



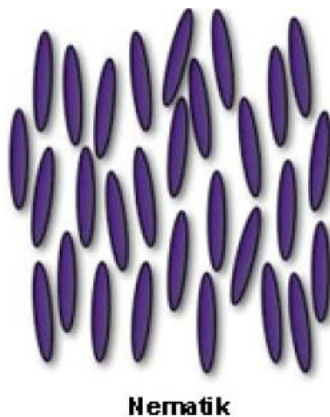
Şekil 9. Kolesterik fazda moleküllerin katmanlar halinde küçük bir açı ile istiflenişi [1,23]

Kolesterik sıvı kristalindeki; sıcaklık farklılığından oluşan helezonik yapının konum değişim sonucu uçağın gövdesindeki hatalı yüzeylerin ve mikro elektronik devrelerindeki problemlerin bulunmasında kullanılmaktadır [1,23]. Kolesterik sıvı kristallerin moleküler simetrisi nematiklere göre daha fazladır [19]. Smektik sıvı kristal fazı düşey tabakalara ayrılır. Smektik fazlar, düşey tabakaların içinde yönelimsel düzeni sağlarken konumsal düzende görülmektedir. Nematiklere göre daha büyük bir düzen sağlarlar çünkü farklı tabaka fazları oluşturmaktadırlar [1,19].



Şekil 10. Smektik fazda moleküllerin katmanlar halinde n direktörü boyunca yönelimi [1]

Nematik fazlı sıvı kristal yapılar konumsal olarak bir düzene sahip olmamakla birlikte sadece yönelme düzenine sahip olduğu gözlenmiştir. Bu fazdaki sıvı kristal moleküllerin şekilleri düz değildir ve uzun moleküler eksen etrafında dönen bir silindir gibi serbestçe dönmektedir. Nematik fazlı kristal yapılar berrak sıvılardır. Manyetik ve elektrik alanda kolay yönlendirme sağlandığı için elektronik cihazlarda kullanım olanağı bulmuştur [24]. Nematik sıvı kristallerinin molekül ağırlık merkez sıralanması rastgeledir (Şekil 11). Nematik kelimesi Yunancada iplik anlamına gelen νήμα (nema) kelimesinden gelir. Nematik sıvı kristal moleküllerine sarmal (heliks) yapıdaki kolesterik yapıyı oluşturmak için optiksel olarak etkin moleküller eklenmektedir [1,19].

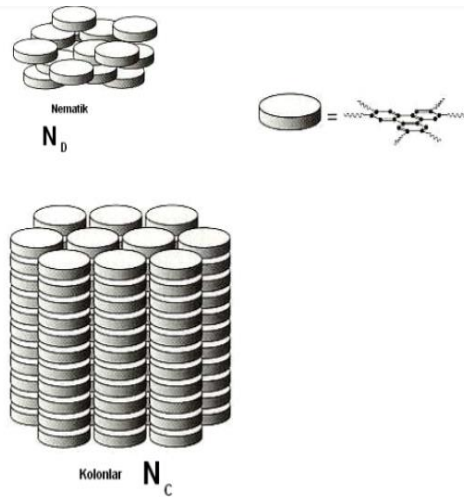


Nematik

Şekil 11. Nematik düzenin şematik görünümü [19]

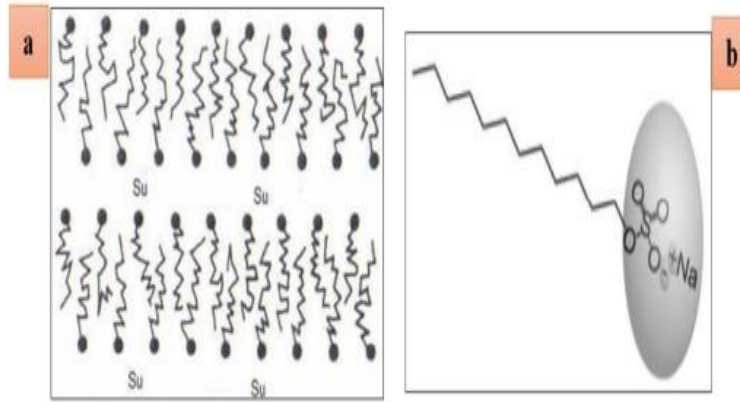
1977 yılında benzen hegzesterler üzerine yapılan çalışmalar sonucunda diskotik fazlı sıvı kristal

molekül yapıları bulunmuştur. Diskotik fazlar, disk şeklinde görünmektedir. Disk şeklinde görünen aslında; benzen, trifenil ve ftalosiyanın gibi poliaromatik moleküllerdir. Kalamatiklerin; nematik, simetik fazlara ayrılması gibi diskotikler de; nematik (ND) ve kolonlar (NC) faza sınıflandırılmaktadır. Disk şeklindeki moleküllerden oluşan en az düzenli (genellikle yüksek sıcaklıkta) mezofaz, nematik fazdır (Şekil 12) [15].



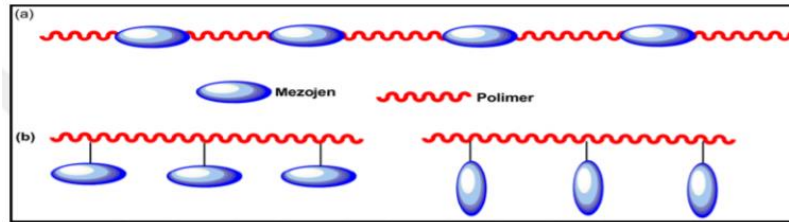
Şekil 12. Diskotik kristal fazı [15]

Liyotropik fazının anlamına bakıldığında lyo- "çözülür" ve -tropic "çözündürülme" anlamlarına sahiptir ikisinin birleşimi ile liyotropik = değişim anlamı olarak karşımıza çıkmaktadır [25]. İki veya daha fazla organik bileşikten oluşan faz yapısına liyotropik sıvı kristal denilmektedir ve belli konsantrasyonlarda bir maddenin uygun çözücülerde çözünmesiyle oluşmaktadır. Termotropik sıvı kristallerin faz geçişleri sıcaklığa bağlıdır. Liyotropik sıvı kristallerin faz geçişleri ise hem sıcaklığa hem de sıvının konsantrasyonuna bağlıdır. Liyotropik fazlar en fazla ilaç sanayisinde ve temizlikte kullanılan kimyasalların içerisinde kullanılmaktadır [1]. Liyotropik sıvı kristalin dayanıklılığını ölçmek için konsantrasyonu belirlemek gereklidir. Liyotropik sıvı kristallerin bileşenlerden biri amfilik moleküler ve diğeri su olmaktadır. Sabun ve su karışımı en basit liyotropik örneğidir (Şekil 13) [1, 26].



Şekil 13. a) Sabunların amfilik moleküler fazı **b)** sodyum dodesil sülfat (sabun) [1].

Sıcaklık, basınç ve uygun konsantrasyonda sıvı kristal mezofaz (düzenli bölge) olarak bulunan (çözelti içindeyken kristal halde dizilebilen) veya erimiş halde kristal düzende sıralanabilen makro moleküllere sıvı kristal polimer denilmektedir. Sıvı kristal polimerlerin; polimer zincirinin bir parçası olarak ve polimer zincirine asılı bir yan grup olmak üzere iki şekilde moleküler yapıları bulunmaktadır (Şekil 14) [8,9].



Şekil 14. Sıvı kristal polimer molekül yapısı; a) Ana zincir b) Yan zincir [8,9]

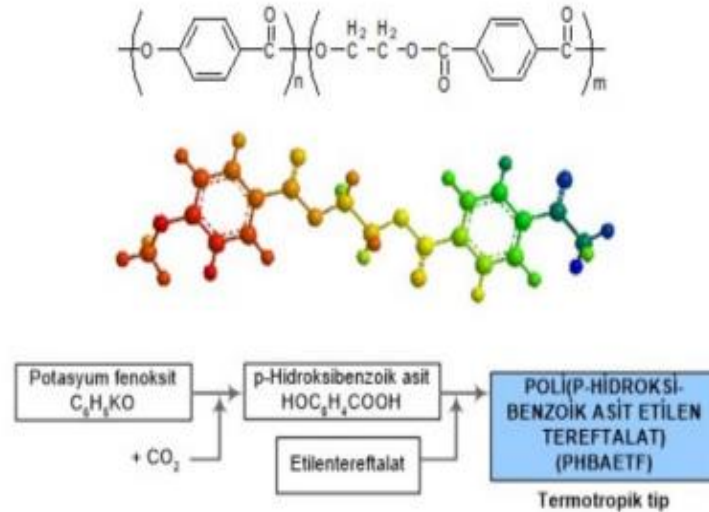
LCP'ler (Sıvı Kristal Polimerler), aromatik polyesterlerdir. LCP'ler, düzenli yapı alanlarını oluşturabilmeleri için sıvı halde bulunmaları gerekmektedir. LCP'lerin sıvı halde oluşturdukları düzenli yapının düzen derecesi düzgün katı maddelerden daha düşüktür. LCP'ler, yüksek sıcaklıklarda ateşe karşı dirençli olmaktadır. Otomotiv ve telekomünikasyon sektörlerinde kullanılmaktadır [4]. Sıvı kristal polimerler Şekil 15'te sınıflandırılmıştır [28].



Şekil 15. Sıvı kristal polimerlerin sınıflandırılması [28]

Termotropik sıvı kristal polimerler, camsı geçiş (veya ergime noktasının) sıcaklığının üzerindeki bir sıcaklığa kadar ısıtılmaktadır ve sonrasında bu polimerde erime gözlenmiştir. Şekil 16'da aromatik bir ko poliester grubunda olan poli (p-hidroksibenzoik asit etilen tereftalat) polimerinin molekül yapısı gösterilmiştir ve bir termotropik sıvı kristal polimerdir [8,29].

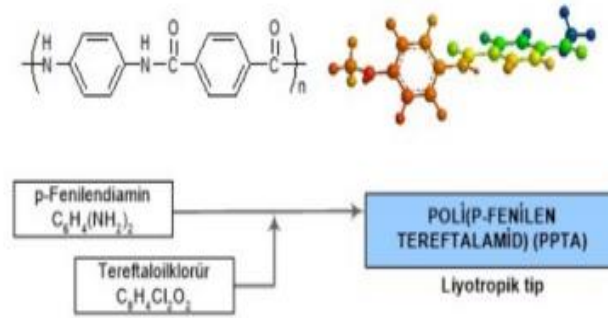
Poli(p-hidroksibenzoik asit etilen tereftalat):



Şekil 16. Termotropik sıvı kristal polimer üretimi [8,29]

Liyotropik polimerler, çözücü ile temas ettiğinde sıvı kristal fazı oluşturmaktadır. Şekil 17’de aromatik poliamid kuvvetli bir asitte (H_2SO_4) esnek bağları olan mezogenler oluşturarak sıvı kristaller oluşturmaktadır. Polimerin sertliği sonucunda smektik bir sıvı kristaldir [8,29]. Solventi uzaklaştırılan liflerin yapısı düzenli olmaktadır. Aynı zamanda bu lifler, yüksek mekanik özelliklere sahiptirler [8,29].

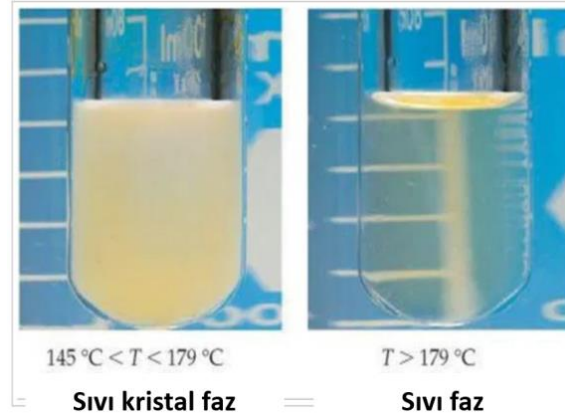
Poli(p-fenilen tereftalamid):



Şekil 17. Liyotropik tip sıvı kristal polimer üretimi [8,29].

3. SIVI KRİSTALLERİN LİTERATÜR TARAMASI

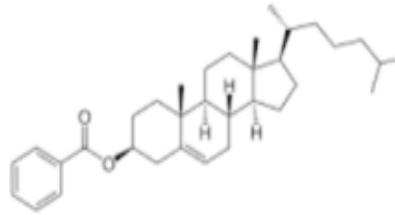
Friendrich Reinitzer, 1888’de kolesteril benzoat maddesinin iki ayrı erime sıcaklığına bağlı olduğunu belirlemiştir. Katı halde bulunan bu maddeye 145-179°C arasındaki sıcaklık arttırımı olduğunda ilk olarak opak renkli bulanık bir sıvıya dönüşmektedir. Sıcaklı 179°C’den yükseğe çıktığında ise berrak sıvıya dönüşmektedir (Şekil 18). Bulanık olan sıvı anizotropik karakterlidir. Numuneye soğutma uygulanırken de olay tam tersine gerçekleşmektedir. Maddenin beşinci hali olarak “sıvı kristal” Lehmann tarafından adlandırılmıştır. (anizotropik => yönelime bağlıdır, sıvılar => izotropik yani rastgele moleküler yönelim var) [16].



Şekil 18. Kolesteril benzoatın sıvı kristal ve sıvı fazı [16]

Renitzer ve Otto Lehman bitki ve hayvanlarda yer alan ve doğal maddeler olan kolesterol esterleri üzerinde sıvı kristal çalışmalarını yürütmüşlerdir. Kolesterol ester olarak kolesteril benzoat maddesi kullanılmıştır. Kolesteril benzoatın yapı formülü Şekil 19’da verilmiştir. Kimyasal formülü $\text{C}_{34}\text{H}_{50}\text{O}_2$ ’ dir. Erime noktası 150°C ve molar kütlesi de 490.76 gr/mol ’dür. Sarmal yapıya sahip kolesterik sıvı kristaller oluşturan sıvı kristal bir malzemedir. 5-kolesten-3-il benzoat olarak da adlandırılan kolesteril benzoat; kolesterol ester ve benzoik asiti olan kimyasal organik bir yapıdır. Sıvı kristal olarak televizyon ekranlarında kullanılmaktadır [30].

32



Şekil 19. Kolesteril benzoatın moleküler yapısı [30]

Hans Kelker (1969) yılında, oda sıcaklığında nematik safhaya sahip Şekil 20’ de N-(4-Methoxybenzylidene)-4-butylaniline (MBBA) molekülünün sentezini sağlamayı başarmıştır. Sıkça sıvı kristal olarak da günümüzde kullanılmaktadır. Kimyasal formülü $\text{C}_{18}\text{H}_{21}\text{NO}$ ’ dır. Molekül ağırlığı, 267.372 gr/mol ’dür. Bulanık sarı sıvı görünümündedir [31].



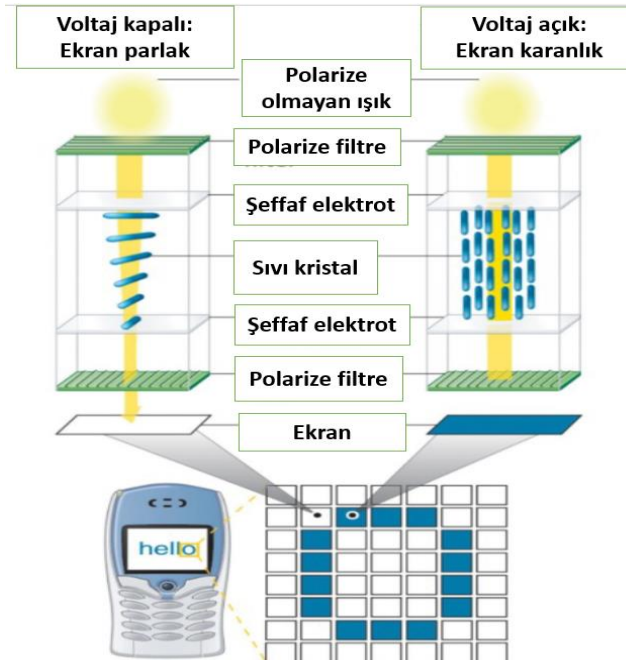
Şekil 20. N-(4-Methoxybenzylidene)-4-butylaniline (MBBA) moleküler yapısı [31]

Sıvı kristaller oluşturan moleküller, polar gruplara sahip katı moleküller olma eğilimindedir. Moleküller arası kuvvetleri oldukça zayıftır ve uygulanan bir elektrik alanı tarafından bozulabilir. Yönlerini hafifçe değiştirmelerine neden olan bir elektrik alanıyla etkileşime girerler [32].

4. SIVI KRİSTALLERİN UYGULAMA ALANLARI

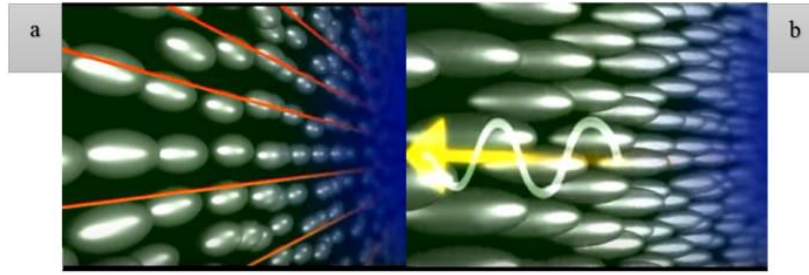
1960'dan sonra sıvı kristal malzemeler popüler olmaya başlamış ve bu kristal polimer yapısı ile çeşitli termometreler üretilmiştir. Özellikle LCD ekranlar, bilgisayar ve televizyon endüstrisinde büyük önem kazanmıştır [5,6]. 2000'li yıllarda Avrupa ve Amerika'da ısı transferi uygulamalarında; kimyasal sıvı kristal (LC) sıvı karışımı, yüzeye ince bir film tabakası şeklinde yüzeye püskürtülerek akımın etkisi ile yüzeyin sıcaklığına göre renk verebilme özelliği kullanılmıştır. Sonuç olarak bu renklere bakılarak yerel sıcaklıklar kalibreli olarak ölçülmüş olmaktadır [17,37]. Teknolojinin gelişmesi ile beraber de mikro devrelerde, multi tabaka devre kartlarında, yarı iletken cihazlarda sıvı kristal kullanımları araştırılmıştır [27,33,39]. Günümüzde polimere verilen önemin artması ile sıvı kristal yapılar önem kazanmıştır. Sıvı kristal polimerler elektronik gösterge sistemlerinde daha net gösterge elde etmek için kullanılmaktadır (örn. Hesap makinası, elektronik aksamı kol ve masa saatleri, LCD ekranlara sahip cihazlar vb.). Sağlık alanında ise tümörlerinin tespitinde kullanılan cihazlarda sıvı kristaller büyük bir kullanım potansiyeline sahiptir. [26]. Cihaz, polarize ışık üretmek için bir polarizör tabakası, şeffaf bir elektrot, sıvı kristalin bir maddenin ince bir tabakası, ikinci bir şeffaf elektrot, ikinci bir polarizörden oluşan (yukarıdan aşağıya) birden fazla ince tabaka içeren sandviç şeklindedir. Bu cihaz, voltaj uygulanması sayılarından herhangi birini üretmektedir. Sıvı kristale elektrik voltajı uygulamak, yönünü hafifçe değiştirir, bu da polarize ışık düzlemini döndürerek alanın karanlık görünmesini sağlamaktadır. Sıvı kristallerin yapısında bulunan aromatik halkalı molekül yapıların

etkisi ile karbon, azot veya oksijen arasındaki çoklu bağlar moleküller arasındaki etkileşimlerin oluşmasını sağlamaktadır. Nematik faz sıvı kristaller LCD endüstrisinde fazla kullanılmaktadır. Nematik sıvı kristaller nispeten yarı saydam olma eğilimindedir ama bir elektrik alanı içerisine girdiği zaman moleküler yönelim değiştiği zaman opak haline gelmektedir. Açık veya parlak bir arka plan üzerinde koyu görüntüler üretmek için idealdir. LCD ekranların çalışma prensibi Şekil 21’de verilmiştir [32].



Şekil 21. Bir LCD aygıtının çalışma prensibi [32]

Likit ekran molekülleri sıvılar gibi hareket halindedir. Aynı zamanda ışığa duyarlıdırlar. Sıvı kristallerin belirli bir dizilme rotaları vardır. Işık (şekil 22b’de ki sarı ok) geldiğinde bu dizilim rotası değişir. Aynı zamanda kristal moleküller ışığın kırılmasının sağlayan küçük lensler gibi çalışarak ışığın miktarının da kontrol ederek LCD ekranlar sıvı kristallerin yardımı ile milyonlarca renk üretmektedir [36]. Sıvı kristaller, güç tüketimini azaltır ve böylece pil ömrünü arttırır [38].



Şekil 22. LCD ekranındaki sıvı kristallerin dizilimi [36]

Sıvı kristal polimerler (LCP'ler), birçok alanda uygulamaları düşünülen yumuşak aktüatörler için tercih edilen bir malzemedir. Tersinir hacim veya boyut değişimi polimer çözeltisinin termal faz geçişi ile ilgili olarak polimer tarafından su moleküllerinin emilmesini sağlamaktadır. LCP aktüatörleri, çapraz bağlı bir ağ şeklinde, sıcaklıktaki değişiklik, nemdeki, ışık ve elektrik gücündeki değişiklik gibi çeşitli uyaranlar tarafından tetiklenebilir [35]. Özetle sıvı kristallerin kullanım alanları Şekil 23'te açıklanmıştır [17].

KULLANIM ALANLARI

• Isı Transferi Uygulamalarında Sıvı Kristal Tekniği

Yüzeyi engebeli, hareketli veya karışan iki akış durumunda yüzeyden oluşan ısı transferini ölçmek için kullanılır.

• Görüntüleme Teknolojileri (Liquid Crystal Display)

Sıvı kristalin oluşumu için belli bir ısı ve sabit ısı aralıklarına ihtiyaç vardır, bu özellik ekranın görüntü vermesinde önemli bir rol oynamaktadır.

• Mühendislik Plastikleri

- Sıvı Kristal Polimer
- Sıvı Kristal Elastomer

• Tekstilde Kullanılan Sıvı Kristal Polyesterler

Nanoteknolojik tekstil uygulamalarında termokromik materyal (dışarıdan ısı etkisiyle renk değiştirebilen) olarak sıvı kristallerden faydalanılır.

Şekil 23. Sıvı kristallerin kullanım alanları [17]

5. SIVI KRİSTALLERİN ANALİZ YÖNTEMLERİ

Sıvı kristal fazlarını incelemek için; Polarize Edici Mikroskop, Diferansiyel Tarama Kalorimetresi (DSC), X Işını Saçma Tekniği (XRD) olmak üzere üç önemli analiz yöntemi kullanılmaktadır. Bu teknikler ile sıvı kristallerin yönelme ve dizilimleri ile ilgili direkt bilgi sağlanılır [17]. En fazla polarize edici mikroskop kullanılmaktadır. Polarize edici mikroskop altında sıvı kristal molekülleri

incelendiğinde farklı kristal doku yüzeyleri tespit edilmiştir (Şekil 24). Farklı doku yüzeyleri sıvı kristal moleküllerinin farklı yönlü bölgeler oldukları anlamına gelmektedir [17,18].



Şekil 24. (a) Yüzey noktası kusurlu Schlieren dokusunun nematik fazı (b) İzotropik bir yüzey üzerinde ince nematik fazı (c) Nematik iplikli dokusunda faz (d) Kolesterik parmak izi doku fazı (e) çapraz polarizörler arasında görülen kısa adımlı kolesterik sıvı kristal fazı (f) Manyetik alanda kolesterik sıvı kristal DNA mezofazların uzun menzilli yönelimi (g, h) Kiral smektik sıvı kristalinin odak konik dokusu (i) Kiral (asimetrik) smektik sıvı kristalinin odak konik dokusu (j) Tipik bir küresel yapıya sahip altıgen sütun aşaması. (k) Diskotik bir sıvı kristalin dikdörtgen fazı (l) Altıgen sütunlu sıvı-kristal faz [18]

Özaydın (2007)'in çalışmasındaki sıvı kristaller, maddenin bulunduğu bölgedeki özelliklerini moleküllerin ortalama yönelimi değiştirmektedir. Bunun sonucunda o alanda karanlık ve aydınlık alanlar oluşmaktadır [1, 40]. Köysal (2007)'in çalışmasında, sıvı kristal malzemelerin dış ortamın etkilerine göre hassasiyeti vardır çünkü moleküller arası bağ kuvvetleri zayıf olduğundan dolayı sıcaklık, basınç, elektrik ve manyetik alan gibi etkileri anlamlandırmak için çeşitli sensörlerde kullanıldığını vurgulamıştır [1, 41]. Difransiyel Tarama Kalorimetresi (DSC) analiz yöntemi, sıvı kristallerin fazlarını ayırt etmek için kullanılmaktadır. Fazlar arası geçiş sıcaklıkları tespit

edilmektedir [17]. X-Işını Kırınım analiz yöntemi, numuneyi tahrip etmemektedir. Sıvı kristalin mezofazların (arafaz) içindeki moleküllerin pozisyonlarını ayrıntılı olarak belirlemektedir [1].

6. SONUÇ

Teknolojinin gelişmesi ile sıvı kristal fazların düzenli yapıları ile polimerik malzemeler sentezlenebilmektedir. Özellikle mühendislik plastiklerinin ana apısında sıvı kristal bulunmaktadır. Bu derleme çalışmasında maddenin üç fazının (katı, sıvı ve gaz) dışında sıvı kristal faz olarak bilinen ara fazın çeşitleri ve uygulama alanları araştırılmıştır. Sınıflandırılan termotropik ve lyotropik sıvı kristallerin özelliklerini temsil ettiği koşulları vurgulanmıştır. Sıvı kristal faz, katı kristal ile izotropik sıvı arasında ikisinin özelliklerini göstermektedir. Sıvı kristal fazı farklı şekillerdeki moleküller oluşturabilmektedir ve hepsinde ortak olan ise yapının anizotropik olmasıdır. Sıvı kristallerin daha fazla kullanılma nedeni; nematik fazın optik özelliklerinden dolayı elektro-optik etkisi ile fiziksel ve yapısal değişim oluşturmasıdır. Yüksek çözünürlüklü renkli görüntü cihazlarının yapımında sıvı kristallerin elektro-optik, manyeto-optik özellikleri önemini arttırmıştır. Sıvı kristal yapılar, karmaşık devre elemanları ile uyumlu çalışma özelliğine sahiptir. Aynı zamanda bu kristal boyutları mikro ve nano boyutludurlar.

7. BİLGİLENDİRME

Suni ve sentetik esaslı öncül liflerden karbon lif üretme sırasındaki polimerlerin temel molekül yapısını tanıyıp karbon lif polimerlerinin sıvı kristal moleküler faz yapılarının önemini gündeme getirmek için sıvı kristaller üzerinde literatürde araştırma yapılmıştır.

8. KAYNAKLAR

[1] Ekici, Z., 2014. Sıvı Kristaller, Genel Özellikleri, Sıvı Kristallerin Sentezi ve Uygulama Alanları, Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adıyaman, 44s.

[2] Sıvı kristallerin tanımı (Wikipedia), Erişim Tarihi: 12.06.2022.

https://tr.wikipedia.org/wiki/S%C4%B1v%C4%B1_kristal

[3] Öztürk, E. 2014. 4-Desiloksibifenil-4-Karboksilik Asit Sıvı Kristalinin Termodinamik Özelliklerinin İncelenmesi ve Polimerde Dağıtılmış Sıvı Kristal Kompozitinin Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 87 s.

[4] Sıvı Kristal Polimerler (LCP) (PAGEV), Erişim Tarihi: 13.06.2022

<https://pagev.org/lcp> , 2018

- [5] Kahveci, Ç., 2011. Termotropik Sıvı Kristal Sistemlerin Dizaynı Sentezi ve Mesofaz Geçişlerinin İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 200s.
- [6] Denniston, C., Yeomans, J.M., 2002. Flexoelectric Switching in A Bistable Nematic Device, Physical Review Letters, 65(5): 1-4.
- [7] Kemiklioğlu E., Atik E., Çivi C., 2018. Mavi Faz Kolesterik Sıvı Kristalinin Termal Kararlılığı ve Mekanik Davranışları Üzerine Polimer Çeşitliliğinin Etkisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18(1): 403 – 411.
- [8] Kayabaşı, F., 2019. Yan Grubunda Steroid İçeren Sıvı Kristal Polimerlerin Sentezi ve Elektriksel Özelliklerinin İncelenmesi, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gebze, 55s.
- [9] Yıldız, S., 2004. Sıvı Kristal Polimerlerde Faz geçişleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 119 s.
- [10] Kılık R., 2004. Malzeme Bilgisi-1 Ders Notu, Erciyes Üniversitesi Makina Mühendisliği, Kayseri, 350 s.
- [11] Para-Azoxyanisole tanımı, Wikipedia, Erişim tarihi: 07.03.2020
<https://en.wikipedia.org/wiki/Para-Azoxyanisole>
- [12] Bahadur, B., 1990. Liquid Crystals-Applications And Uses, Vol.1, World Scientific, Hong Kong. 604 pp. ISBN: 978-981-4507-09-7.
- [13] Sıvı Kristal Fazları, Erişim tarihi: 08.03.2020
[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Book%3A_Chemistry_\(Av_erill_and_Eldredge\)/11%3A_Liquids/11.8%3A_Liquid_Crystals](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Book%3A_Chemistry_(Av_erill_and_Eldredge)/11%3A_Liquids/11.8%3A_Liquid_Crystals)
- [14] Coşkun, B., 2007. Sıvı Kristallerin Elektro-optik ve Faz Geçiş Özellikleri, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 31 s.
- [15] Koçyiğit Ö., 2009. Diskotik Makromoleküllerin Sentezi ve Metal Komplekslerinin İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Doktora tezi, 194 s.
- [16] Maddenin Hali sıvı kristaller, Erişim tarihi: 08.03.2020
<https://torchwell.wordpress.com/2017/06/17/sivi-kristaller-maddenin-5-hali-mi/>
- [17] Sıvı Kristallerin Karakterizasyonu, Erişim tarihi: 08.03.2020

<https://prezi.com/02lpbhvg7izo/sivi-kristal-molekullerin-kimyasi/>

[18] Andrienko, D., 2018. Introduction to Liquid Crystals, Journal of Molecular Liquids, 267(1): 520–541.

[19] Yıldırım, A., 2011. Tek ve Çift Eksenli Sıvı Kristallerde Isı İletim Katsayısı, Enerji ve Yoğunluğun Moleküler Dinamik Simülasyonu ile Hesaplanması, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Şanlıurfa, 85s.

[20] Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması, Aktuelkimya, Erişim tarihi: 08.03.2020

<http://aktuelkimya.blogspot.com/2013/12/svkristallerin-snflandrlmas-sv-kristal.html>

[21] Donino, B., Guillion, D., Deschenaux, Bruce, D.W., 2003. Comprehensive Coordination Chemistry II, Eds. McCleverty, J.A., Meyer, T.J., Pergamon, Oxford.

[22] Davarcı D., 2013. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması, Erişim tarihi: 08.03.2020

<http://aktuelkimya.blogspot.com/2013/12/svkristallerin-snflandrlmas-sv-kristal.html>

[23] Kolesterik Sıvı Kristalin Tanımı, Wikipedia, Erişim tarihi: 08.03.2020

https://tr.wikipedia.org/wiki/Kolesterik_s%C4%B1v%C4%B1_kristal

[24] Collings P. J., Hird M., 1997. Introduction to Liquid Crystals: Chemistry and Physics (Liquid Crystals Book Series) 1st Edition, Taylor and Francis Publishing, ISBN-13: 978-0748404834.

[25] Liyotropik sıvı kristal, Erişim tarihi: 09.03.2022.

<https://stringfixer.com/tr/Lyotropic>

[26] Özgan, Ş., Yazıcı, M., 2003. Sıvı Kristaller ve Faz Geçişleri, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 6(2): 20-27.

[27] Mizell, L., 1970. Liquid Crystals A New Technique for Thermal Mapping of Electronic Components, Microelectronics 44th Int. Congr., Munich, Germany, 9-11 November, 450-475 pp.

[28] Sıvı Kristal Polimerlerin sınıflandırılması, Erişim tarihi: 09.03.2022

http://bilsenbesergil.blogspot.com/p/blog-page_796.html

[29] Beşergil, B., Mühendislik Plastikleri; Sıvı Kristaller (liquid crystals), Erişim Tarihi: 13.06.2022

http://bilsenbesergil.blogspot.com/p/blog-page_796.html

[30] Kolesteril benzoatın tanımı, Wikipedia, Erişim Tarihi: 13.06.2022

https://en.wikipedia.org/wiki/Cholesteryl_benzoate#cite_note-1

[31] MBBA'nın tanımı, Wikipedia, Erişim Tarihi: 10.06.2022

<https://en.wikipedia.org/wiki/MBBA>

[32] Sıvı kristallerin kullanım alanları, Erişim tarihi: 08.03.2022

[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Book%3A_Chemistry_\(Av_erill_and_Eldredge\)/11%3A_Liquids/11.8%3A_Liquid_Crystals](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Book%3A_Chemistry_(Av_erill_and_Eldredge)/11%3A_Liquids/11.8%3A_Liquid_Crystals)

[33] Yaylacı, E., Sıvı Kristallerin tanımı, Eyup Yaylaci, Erişim tarihi: 07.03.2022

<http://eyupyaylaci.com/sivi-kristaller/>

[34] Brown, G.H., 1973. Structure Properties and Some Applications of Liquid Crystals, Journal of the Optical Society of America, 63(12):1505-1514.

[35] Dong L., Zhao Y., 2018. Photothermally driven liquid crystal polymer actuators, Royal Society of Chemistry, 2(11): 1932-1943.

[36] LCD ekranın parçaları, Erişim tarihi: 07.03.2022

https://www.youtube.com/watch?time_continue=82&v=Ss9mdzbOC7U&feature=emb_title

[37]LCD'nin yapısı ve çalışma prensibi, Robotik Sistem, Erişim tarihi: 08.03.2022

http://www.robotiksistem.com/lcd_yapisi_calismasi.html

[38] Sıvı Kristal Ekranlar, Kuark, Erişim tarihi: 07.03.2022

<https://www.kuark.org/2011/06/lcd-ekranlar/>

[39] Kelker, H. and Hatz, R. 1973. Technical Applications of Liquid Crystals, ChemIng. Tech.,Germany, 45(16): 1005-1013.

[40] Özaydın, S., 2007. Bazı Karışım Nematik Sıvı Kristallerde Elektrooptik Özelliklerinin Faz Sıcaklığında incelenmesi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Entütüsü Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 96 s.

[41] Köysal, O., 2007. Azo boya ve fulleren katkılı nematik sıvı kristallerin elektro optik özelliklerinin incelenmesi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı Doktora Tezi, Kocaeli, 72 s.