

**T.C.  
UŞAK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜŐÜ**

**MALZEME BİLİMİ VE NANOTEKNOLOJİ ANA BİLİM DALI**

**LANGMUIR-BLODGETT YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN ORGANİK İNCE  
FİMLERİNİN KARAKTERİZASYONU VE GAZ SENSÖR ÖZELLİKLERİNİN  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ZİYA ÇOBAN**

**MAYIS UŞAK  
2019**

**T.C.  
UŞAK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜŐÜ**

**MALZEME BİLİMİ VE NANOTEKNOLOJİ ANA BİLİM DALI**

**LANGMUIR-BLODGETT YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN ORGANİK İNCE  
FİMLERİNİN KARAKTERİZASYONU VE GAZ SENSÖR ÖZELLİKLERİNİN  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ZİYA ÇOBAN**

**MAYIS UŞAK  
2019**

## KABUL VE ONAY

ZİYA ÇOBAN tarafından hazırlanan **Langmuir-Blodgett Yöntemi İle Üretilen Organik İnce Filmlerinin Karakterizasyonu Ve Gaz Sensör Özelliklerinin İncelenmesi** adlı bu tezin Yüksek Lisans / Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Yaser AÇIKBAŞ .....

Tez Danışmanı, Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Yaser AÇIKBAŞ .....

Malzeme Bil. ve Nanoteknoloji Ana Bilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Kadir GÜNDOĞAN .....

Malzeme Bil. ve Nanoteknoloji Ana Bilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Doç. Dr. Zikriye ÖZBEK .....

Biyomühendislik Ana Bilim Dalı, Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi

Tarih: 30/05/2019

Bu tez ile U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Murat Kemal KARACAN .....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

**Ziya ÇOBAN**



**LANGMUIR-BLODGETT YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN ORGANİK İNCE  
FİMLERİNİN KARAKTERİZASYONU VE GAZ SENSÖR ÖZELLİKLERİNİN  
İNCELENMESİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Ziya ÇOBAN**

**UŞAK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mayıs, 2019**

**ÖZET**

Bu çalışmada Langmuir- Blodgett (LB) ince film kaplama tekniğinin esasları, bu yöntemin kullanım alanları, avantajları konu edinilmiştir. Bunun yanı sıra, 2-[(2R)-2-hidroksi-3-indolin-1-il-propil]isoindolin-1,3-dion (SB-54)maddesi LB ince film sensör elementi seçilmiştir. SB-54 LB ince filmleri farklı tabakalarda kuartz cam ve altın kaplı cam yüzeylere başarılı bir şekilde üretilmiştir. Aynı zamanda, bütün SB-54 LB filmler UV-görünür bölge spektrofotometresi ve Yüzey Plazmon Rezonans ölçüm sistemleri kullanılarak karakterize edilmiştir. Altın kaplı cam yüzey üzerine kaplanan SB-54 LB ince filmler YPR sistemi kullanılarak altı farklı zararlı organik buhara maruz bırakılmıştır ve tüm sonuçlar kaydedilmiştir. SB-54 LB ince filmlerin benzen, toluen, ksilen, kloroform, diklorometan ve karbon tetraklorür organik bileşiklere karşı tepkileri tartışılmıştır.

**Bilim Kodu:**

**Anahtar kelimeler:** Langmuir-Blodgett ince film, gaz sensörü, yüzey plazmon rezonans (YPR).

**Sayfa Adedi:** 84

**Tez Yöneticisi:** Doç. Dr. Yaser AÇIKBAŞ

**CHARACTERIZATION OF ORGANIC THIN FILMS PRODUCED BY  
LANGMUIR-BLODGETT METHOD AND INVESTIGATION OF GAS SENSOR  
PROPERTIES**

**(M.Sc.Thesis)**

**Ziya OBAN**

**USAK UNIVERSITY**

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**May, 2019**

**ABSTRACT**

In this study, the fundamentals of Langmuir-Blodgett (LB) thin film coating technique, usage areas and advantages of this method are discussed. In addition, 2 - [(2R) -2-hydroxy-3-indolin-1-yl-propyl] isoindoline-1,3-dione (SB-54) materials was chosen as LB thin film sensor element. SB-54 LB thin films were fabricated on quartz glass and gold-coated glass at different layers. Also, all LB films were characterized using UV-visible spectrophotometry and Surface Plasmon Resonance (SPR) measurement systems. SB-54 LB thin film coated onto gold-coated glass was exposed to six different harmful organic vapors using SPR system. The responses of SB-54 LB thin film sensor against to benzene, toluene, xylene, chloroform, dichloromethane and carbontetrachlorideorganic compounds were discussed.

**Science Code:**

**Keywords :**Langmuir-Blodgett, gas sensor, surface plasmon resonance (SPR)

**Page Number:** 84

**Supervisor:** Assoc. Dr. Yaser AIKBAŞ

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca katkı, eleştiri, maddi ve manevi destekleri için Danışmanım Doç. Dr. Yaser AÇIKBAŞ' a, İnce film maddesinin sentezlenmesini yapan ve temin edilmesini sağlayan Uşak Üniversitesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Selahattin BOZKURT'a deney araç ve malzemelerinin temin edilmesinde yardımcı olan Balıkesir Üniversitesi ve öğretim üyeleri Prof. Dr. Rıfat ÇAPAN ve Prof. Dr. Matem ERDOĞAN'a deney yapım aşamasındaki teknik konularda yardımı için Balıkesir Üniversitesi Doktora öğrencisi Cansu ÖZKAYA' ya, maddi ve manevi desteklerinden dolayı Uşak'ta bulunan arkadaşlarıma ve AİLE' me TEŞEKKÜR ederim..

Ziya ÇOBAN  
Mayıs, 2019

# İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ .....	vi
KISALTMALAR VE SİMGELER .....	x
1. GİRİŞ.....	1
1. MATERYALVE METOD.....	5
2.1. Deneyde Kullanılan İnce Film Maddesi .....	5
2.2. Zararlı Uçucu Organik Bileşikler (UOB) .....	6
2.2.1. Benzen.....	8
2.2.2. Ksilen .....	9
2.2.3. Toluen.....	10
2.2.4. Kloroform.....	11
2.2.5. Diklorometan.....	12
2.2.6. Karbontetraklorür .....	13
2.3. Langmuir-Blodgett İnce Film Üretim Tekniği .....	14
2.3.1. Langmuir-Blodgett İnce Film Üretiminin Tarihçesi.....	14
2.3.2. Langmuir-Blodgett İnce Filmlerinde Kullanılan Malzemeler Ve Özellikleri....	15
2.3.3. Amfifilik Molekül Yapısına Sahip Maddelerin Kimyasal Yapısı.....	15
2.3.4. Langmuir-Blodgett İnce Film Üretim Tekneleri .....	17
2.3.5. LB Sisteminde Yüzey Basıncı Ve İzoterm Grafiği .....	19
2.3.5.1. Yüzey Basıncı.....	19
2.3.5.2. İzoterm Grafiği .....	21
2.3.6. Langmuir-Blodgett İnce Film Üretim Aşaması .....	22
2.3.7. Langmuir- Blodgett İnce Film Oluşturma Türleri.....	25
2.3.7.1. X- Tipi İnce Film Oluşturma .....	25
2.3.7.2. Y- Tipi İnce Film Oluşturma .....	26



2.3.7.3. Z- Tipi İnce Film Oluşturma .....	26
2.3.7.4. Al- Tipi İnce Film Oluşturma.....	27
2.3.8. Langmuir- Blodgett Tekniği İle İnce Film Oluşturma Avantajları .....	28
2.3.9. Langmuir – Blodgett İnce Film Tekniğinin Uygulama Alanları.....	28
2.4. Karakterizasyon Analizinde Kullanılan Yöntemler .....	29
2.4.1. UV- Görünür Bölge Spektrofotometre Analiz Yöntemi .....	29
2.4.1.1. Elektromanyetik Spektrum .....	29
2.4.1.2. Beer- Lambert Yasası .....	30
2.4.1.3. UV- Görünür Bölge Spektrofotometresinin Çalışma Prensipleri .....	31
2.4.2. YPR (Yüzey Plazmon Rezonans) Teorisi.....	32
2.4.2.1. Yüzey Plazmon Rezonans Analiz Yöntemi .....	33
2.5. Sensörler .....	34
2.5.1. Gaz Sensörleri .....	37
2.5.2. Gaz Sensörlerinde Langmuir-Blodgett İnce Film Metodunun Uygulamaları.....	39
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	42
3.1. Langmuir-Blodgett İnce Film Üretimi İçin Elde Edilen İzoterm Grafiği Değerlendirmeleri .....	43
3.2. Langmuir-Blodgett İnce Film Üretimi.....	46
3.3. UV-Görünür Bölge Spektrofotometre Ölçümleri .....	48
3.4. Yüzey Plazmon Rezonans (YPR) Ölçümleri .....	50
3.4.1.1. Konsantrasyon Ölçümleri .....	53
3.4.1.2. Tekrarlanabilirlik ve Tepki Süresi Ölçümü .....	56
4. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	61
KAYNAKÇA .....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	68

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1.1. SB-54 maddesinin kimyasal yapısı.....	5
Şekil 2.2.1. Benzen molekül yapısı.....	8
Şekil 2.2.2. Ksilen molekül yapısı.....	9
Şekil 2.2.3. Toluen molekül yapısı.....	10
Şekil 2.2.4. Kloroform molekül yapısı.....	11
Şekil 2.2.5. Diklorometan molekül yapısı.....	12
Şekil 2.2.6. Karbontetraklorür molekül yapısı.....	13
Şekil 2.3.1. Amfifilik moleküllerin genel yapısı.....	16
Şekil 2.3.2. Amfifilik molekül yapısına sahip olan yağ molekülü.....	16
Şekil 2.3.3. Çift vagonlu Nima 622 model alternate layer LB teknesi.....	18
Şekil 2.3.4. Çift ve tek vagon olarak kullanılabilen LB teknesinin şematik görünümü.....	18
Şekil 2.3.5. Wilhelmy plaka yöntemiyle yüzey basıncı ölçümü a) plakanın önden görünümü b) plakanın yandan görünümü .....	20
Şekil 2.3.6: İdeal bir izoterm grafiğinden elde edilen molekül başına düşen alan grafiği.....	22
Şekil 2.3.7. Alttaş hidrofilik özellikte olduğu durumda hareket yönü.....	24
Şekil 2.3.8. Alttaş hidrofobik özellikte olduğu durumda hareket yönü.....	25
Şekil .2.3.9. İdeal bir X-tipinde LB ince film oluşum.....	25
Şekil .2.3.10. İdeal bir Y-tipinde LB ince film oluşumu.....	26
Şekil .2.3.11. İdeal bir Z-tipi LB ince film oluşumu.....	27
Şekil 2.3.12. İdeal bir AL- tipi LB ince film oluşumu.....	27
Şekil 2.4.1. Elektromanyetik Spektrum.....	29
Şekil2.4.2. UV-Görünür Bölge Spektrofotometresinin çalışma prensibi.....	32
Şekil 2.4.3. Yüzey Plazmon rezonans Oluşumu.....	33
Şekil 2.5.1. Tipik Şematik sensör sistemleri.....	35
Şekil 2.5.2. Piyasada bulunan bazı gaz sensörü örnekleri.....	38

Şekil 2.5.3. Porfirin Türevlerinden Oluşturulan LB ince filmlerin kullanılan UOB'lere verdikleri tepkilerin karşılaştırması.....	39
Şekil 3.1.1. 3000µL ve 0,5g/L derişimli çözelti hacminde oluşan İzoterm grafikleri.....	43
Şekil 3.1.2. SB-54 çözeltisinin 3000µL hacminde hesaplanan molekül başına düşen alan-yüzey basına.....	44
Şekil3.1.3. 1g/L ve 1000µL SB-54 çözeltisi izoterm grafiği.....	45
Şekil 3.1.4. 1g/L derişimli 1000 µL SB-54 çözeltisinin hesaplanan molekül başına düşen alan-yüzey basıncı.....	46
Şekil 3.2.1. Kuartz kaplı cam yüzeye transfer.....	47
Şekil 3.2.2. Altın kaplı cam yüzeye transfer.....	47
Şekil 3.3.1 0,5g/L SB-54 çözeltisinin UV- Görünür Bölge spektrofotometre analizi.....	48
Şekil 3.3.2. 211nm'de tabakaların absorpsanları.....	49
Şekil3.3.3. 211 nm'de Tabaka sayısına bağlı absorpsan değişimi.....	49
Şekil 3.4.1. Boş altın kaplı yüzeyin YPR ölçümü.....	50
Şekil 3.4.2. Altın kaplı yüzeye kaplanan tabakaların YPR ölçümü.....	51
Şekil 3.4.3. Tabaka sayısına bağlı YPR açısındaki değişim.....	52
Şekil 3.4.4. 10 tabaka SB-54 LB ince filmi ile benzen buharının farklı Konsantrasyonlarda etkileşmesi.....	53
Şekil 3.4.5. 10 tabaka SB-54 LB ince film ile diklorometan buharının farklı konsantrasyonlarda etkileşmesi.....	54
Şekil 3.4.6. 10 tabaka SB-54 LB ince film ile kloroform buharının farklı Konsantrasyonlarda etkileşmesi.....	54
Şekil 3.4.7. 10 tabaka SB-54 LB ince filmi ile karbondioksit buharının farklı konsantrasyonlarda etkileşmesi.....	55
Şekil 3.4.8. 10 tabaka SB-54 LB ince filmi ile 500µL Ksilol buharının farklı konsantrasyonlar ile etkileşmesi.....	55
Şekil 3.4.9. 10 tabaka SB-54 LB ince filmi ile toluen buharının farklı konsantrasyonlarda etkileşmesi.....	56
Şekil 3.4.10. 10 tabaka SB-54 LB ince filmin doymuş benzen buharı	

ile etkileşimi.....	56
Şekil 3.4.11. 10 tabaka SB-54 LB ince filmin doymuş diklorometan buharı ile etkileşimi.....	52
Şekil 3.4.12. 10 tabaka SB-54 LB ince filmin doymuş karbontetraklorür buharı ile etkileşimi.....	57
Şekil 3.4.13. 10 tabaka SB-54 LB ince filmin doymuş kloroform buharı ile etkileşimi.....	58
Şekil 3.4.14. 10 tabaka SB-54 LB ince filmin doymuş toluen buharı ile etkileşimi.....	58
Şekil 3.4.15. 10 tabaka SB-54 LB ince filmin doymuş ksilen buharı ile etkileşimi.....	59
Şekil3.4.16. YPR cihazından elde edilen şematik kinetik grafiği.....	59

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
Tablo 1.1. LB filmlerin özelliğine göre uygulama alanları.....	3
Tablo 1.2. Kullanılan UOB' lerin fiziksel özellikleri.....	4
Tablo 2.1. SB-54 maddesine ait gerekli bilgiler.....	5
Tablo 2.2. Deney için hazırlanan SB-54 maddesi çözelti bilgileri.....	6
Tablo 2.3. Çevre ve dünya atmosferine zarar veren uçucu organik bileşikler ve kaynakları.....	7
Tablo 2.4. LB ince filmleri için çözücü olarak kullanılan bazı kimyasallar ve Fiziksel özellikleri.....	23
Tablo 2.5. Elektromanyetik spektrumda yer alan farklı dalga tipleri dalga boyu aralıkları.....	30
Tablo 2.6. Sensörlerin fiziksel veya kimyasal özelliğine göre ölçtüğü büyüklükler.....	35
Tablo 2.7. Sensör tiplerinin üretildiği maddeler ve tepki gösterdikleri değişimler.....	38
Tablo 3.1. 0,5 g/L derişimli ve 3000µL çözelti hacmindeki faz geçişlerinde yüzey basıncı değerleri.....	44
Tablo 3.2. 1g/L derişimli SB-54 çözeltisinin 1000µL hacmindeki faz geçişlerinde yüzey basıncı değerleri.....	45
Tablo 3.3. Tabaka sayısına bağlı rezonans açısı değişim tablosu.....	51
Tablo 3.4. YPRkinetik ölçüm veri analizleri.....	60

## KISALTMALAR VE SİMGELER

### KISALTMALAR

LB

OLED

UOB

mg

mmol

ml

$\mu$ L

kPa

DCM

KTK

PTFE

UTUKB

UV

m

mm

$\mu$ m

nm

mN

sn

YPR

QCM

TEM

AKM

IR

### ACIKLAMA

Langmuir-Blodgett

Organik LED

Uçucu Organik Bileşikler

miligram

milimol

mililitre

mikrolitre

Kilopaskal

Diklorometan

KarbonTetraKlorür

poliTetraFloroEtilen

Uluslararası Temel ve Uygulamalı  
Kimya Birliği

Ultra Viole

metre

milimetre

mikrometre

Nanometre

mili Newton

saniye

Yüzey Plazmon Rezonans

Kuartz Kristal Mikrobalans

Taramalı Elektron Mikroskobu

Atomik Kuvvet Mikroskobu

Kızıl Ötesi

## SİMGELER

L

W

t

h

$\theta$

$\rho_w$

F

$\Delta F$

g

$\rho$

$\gamma$

$\gamma'$

$\Delta\gamma$

$\Pi$

$\tau$

$A_L$

$A_s$

$I_0$

$I_1$

b

C

$\epsilon$

l

%T

## ACIKLAMA

Kromotografi kağıdının boyu

Kromotografi kağıdının eni

Kromotografi kağıdının kalınlığı

kromotografi kağıdının ara fazda kalan kısmı

Kağıdın ara faz ile yaptığı açı

Kağıdın yoğunluğu

Net kuvvet

Kuvvet değişimi

Yer çekimi ivmesi

Sıvının yoğunluğu

Ara faz sıvısının yüzey gerilimi

Çözelti ile ara faz karışımının yüzey gerilimi

Yüzey gerilimindeki değişim

Yüzey basıncı

transfer oranı

Tek tabaka alanındaki azalma

Alttaş malzemesinin yüzey alanı

Monokromatik ışığın ilk şiddeti

Monokromatik ışığın madde ile etkileşiminden sonraki şiddeti

Monokromatik ışığın dalga boyuna bağlı sabit

Çözelti derişimi(molarite)

Molar sönüm katsayısı( $\text{mol}^{-1}\text{dm}^3\text{cm}^{-1}$ )

Işığın çözelti içerisinde kat ettiği mesafe

Yüzde transmittans

<b>Y</b>	sabit değer
<b>a</b>	moleköl bařına dűřen alan
<b>A</b>	Yüzey alanındaki azalma
<b>N<sub>A</sub></b>	Avogadro sayısı
<b>V</b>	Çözelti hacmi
<b>M<sub>w</sub></b>	Moleköl ağırlığı





# 1. GİRİŞ

Nanoteknoloji, maddeleri atomik boyutta araştıran, belirli koşullar altında atomik boyuttaki etkileşimlerini ve davranışlarını inceleyen yeni gelişmekte olan bir bilim ve bilimsel uygulama alanıdır. Son yıllarda atom ve atom altı parçacıklar hakkında yeni bilgiler edinildikçe nanoteknolojinin, araştırma alanı da edinilen bu bilgiler doğrultusunda artmaktadır.

Nanoteknolojinin uygulama alanlarına kısaca değinecek olursak;

Tekstil alanında; bir kumaşın kullanım performansını geliştirmek için kumaşı meydana getiren moleküllerin takviyelendirilmesinde [1], su geçirgenliği, ısı kaybının azaltılmasında, dayanıklılığın artırılmasında [2], anti mikrobiyal özellikte elbise ve kıyafetlerin geliştirilmesinde, kendi kendini temizleyebilen kir tutmayan, zararlı ışınları engelleyen ve kırılmayan kumaşların geliştirilip üretilmesinde nanoteknoloji ve nanoteknolojik yöntemler kullanılmaktadır [3].

Enerji üretimi ve uygulama alanlarında; Nanoteknolojinin gelişmesi sayesinde, enerji tasarrufu, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabilir duruma getirilmesi, çevre ve doğa yaşamına zarar vermeyen materyallerin geliştirilip üretilmesi mümkün hale gelmiştir. Ulaşım ve seyahat araçlarında yakıt tasarrufu sağlayan ve sürtünmeyi minimum seviyeye düşüren nanopartikül içeren yağlar, az enerji kullanarak yüksek ışık verimi elde edebilmek için geliştirilen LED teknolojisi, iletişim ve enerji aktarımında kullanılan maksimum dış yalıtım ve minimum iç dirence sahip kablolar üretilmesi örnek gösterilebilir. Bunların yanı sıra enerji üretiminde tamamen nanoteknolojinin gelişimiyle ilintili olan güneş enerji pillerinin üretilmesi, gaz tribünleri, termoelektrik ve hidrojen jeneratörlerinin elemanlarında; intermetalik nano kaplamalar, nano katalizörler ve nano yapılı kompozitler kullanılmaktadır [3]. Enerji depolamak için kullanılan kondansatörlerde, bataryalar ve yakıt tanklarında kullanılan, nanoporoz, nanokompozit ve nanokatalist gibi malzemelerin gelişmesi birer nanoteknoloji ürünüdür [4-5].

Sağlık alanında; tıbbi ilaçlar, kanser tedavileri, genetik araştırmalar, diş bakım ve tedavilerinde, ortopedik uygulamalarda, bazı hastalıkların tanısında nanoteknolojik uygulamaların büyük rolü bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak; görüntüleme ajanları, ilaç taşıyıcıları, termal terapi ajanları, sensörler ve X-ışını tüpleri, örnek verilebilir. Bunun yanında vücuda manyetik ve paramanyetik nanopartiküller enjekte edilerek manyetik rezonans görüntüleme ile tıbbi görüntüleme sistemleri[6-8], nanopartikül içerikli diş dolguları, antibakteriyel ve diş çürüklerinin önlenmesinde gümüş nano parçacıkları içeren diş macunlarının geliştirilmesi [9] nanoteknolojinin sağlık ve tıptaki önemli uygulamalarıdır.

İnşaat ve yapı malzemelerinde nanoteknoloji uygulamaları ise; nanoteknolojik yöntemlerle işlenmiş betonlar, plastik özelliklere sahip nanokompozit çelikler, suya dayanıklı nanokompozit alçı duvarlar, kendini temizleyen ve kir tutmayan özelliklere sahip yüzey malzemeleri, binalarda yangınlara karşı önlem olarak yanmayı geciktiren nanopartikül katkılı malzemeler, ısı, ses ve ışık yalıtımı daha güçlü yapı malzemelerinin geliştirilmesi nanoteknolojinin inşaat alanındaki önemli uygulamalarındandır [10].

Tarım ve gıda alanında; akıllı gübreleme teknikleri, temel vitamin ve mineraller içeren besinlerin faydalarını artırma, besinlerin raf ömrünü uzatma ve patojen kontrolünü sağlama gibi uygulamaları vardır[6,7]. İçme sularındaki kirletici ve ağır metallerin nanoteknolojik yöntemlerle tespit edilip arındırılması, membran sistemlerinde seçiciliğın artırılması gibi uygulamalar da nanoteknolojinin birer uygulamasıdır [4,5,8].

Son zamanlarda nanoteknolojinin ilgilendiğı önemli konulardan bir diğeri ise nano ince filmlerdir. Nano ince filmler özel olarak hazırlanmış kimyasalların çözelti haline getirilip, daha sonra hazırlanan çözelti pürüzsüz katı bir yüzey (cam, metal, kuartz,...vb.) üzerine transfer edilip çözücünün buharlaşp kimyasalın katı yüzey üzerinde homojen ve çok ince bir tabaka halinde dağılmış olarak katı yüzeyinin kaplanmasıyla oluşturulur. Nano ince film üretiminin birçok farklı metodu vardır. Bilimsel araştırmalarda en çok kullanılan teknikler; döndürerek (spin) kaplama, termal buharlaştırma, manyetik alan yayma, kendiliğinden toplanma, püskürtme ve Langmuir-Blodgett teknikleri olduğunu söyleyebiliriz. Bu teknikler, kullanılan kimyasalın özelliklerine göre veya oluşturmak istediğimiz ince filmin yapısal özelliğine göre belirlenebilir.

Bu yüksek lisans tezi çalışmasında, sensör uygulamaları için sıkça kullanılan Langmuir -Blodgett (LB) ince film üretim tekniği tercih edilmiştir. LB ince filmleri, su-hava arayüzündeki hidrofilik özelliğe sahip organik moleküllerin katı yüzeylere transfer edilerek oluşturulan ince filmlerdir. LB filmlerinin oluşturulması için kullanılan tekniğe de Langmuir-Blodgett ince film üretim tekniği denir. LB ince film üretme tekniği sayesinde simetrik veya asimetrik yapıya sahip organik ince filmlerin üretimi mümkündür. Bu teknik ile üretilen ince filmlerin kalınlıkları nanometre mertebesindedir ve moleküler dizilimi daha kolay kontrol edilebilmektedir [11,12]. LB ince film üretim tekniğinin başlıca uygulama alanları Tablo 1.1’de verilmiş olup bunların yanı sıra; optoelektronik uygulamalarda sıkça kullanılan CdS, ZnS gibi II-VI bileşik yarı iletken nano parçacıkların araştırılmasında kullanılabilir [13-15]. LB tekniği ile nano parçacıkların, oda sıcaklığında kuantum etkilerini gözlemleyebilmek için 15Å mertebesinde parçacıklar üretilmiştir [16].

Tablo 1.1. LB filmlerin özelliğine göre uygulama alanları [17].

Üretilen LB filmin özelliği	Uygulama alanı
Pyro elektrik	Isı algılama ve kızıl ötesi dedektörleri
Piezo elektrik	Titreşim algılama ve dönüştürücü devreler, biyolojik sensörler
Dalga kılavuzları	Telekomünikasyon
Yağlama	Sürtünmeyi azaltmak için moleküler tek katman
Fotoluminesans	Sıvı kristal göstergeler
Elektrolüminesans	Organik LED’ler (OLED)
İletkenlik	Mikro elektronik devreler arasında bağlantı
Işığa duyarlılık	Optik hafızalar
Molekül algılama	Gaz sensörleri

Son yüzyılda sanayi ve endüstrinin gelişmesi, çevre ve atmosfer kirliliği sorununu da beraberinde getirmiştir. Bu sorun, küresel ısınma, iklim değişikliği ozon tabakasının incelmesinin yanında insan ve canlı yaşamını da önemli derece etkilemektedir. Bu sorunların temelinde, atmosfere ve doğaya bırakılan zararlı gaz ve organik uçucuların olduğu tespit edilmiş ve bu sorunun önüne geçmek için 1990’ da Dünya Çevre ve Çevreyi Koruma kuruluşları tarafından temiz hava sözleşmesi hazırlanıp birçok ülke tarafından bu sözleşme imzalanmıştır. Temiz hava sözleşmesi’ nin kabul ettiği hava kirleticilerinin sayısını 31’ i organik uçucu olmak üzere 189 hava kirletici belirlemiş ve bu hava

kirleticiler için Temiz hava sözleşmesi' ni imzalayan ülkelerin belirlenen hava kirleticilerinin tespit edilip kontrol altına alınması gerektiğini vurgulamıştır [18].

Bugün bilimsel araştırmalarda hava kirleticilerinin tespit edilmesi hususunda gaz sensörlerin geliştirilmesine yönelik büyük ağırlık verilmektedir.

Bu tez çalışmasında, Uçucu Organik Bileşikler (UOB) olarak adlandırılan doğaya ve canlı sağlığını önemli derecede olumsuz etkileyen organik uçucular arasından, kloroform, karbontetraklorür, benzen, toluen, ksilen, diklorometan buharları seçilmiştir. LB ince film metoduyla ilk kez üretilen 2-[(2R)-2-hidroksi-3-indolin-1-il-propil]isoindolin-1,3-dion maddesini LB ince filmlerinin bu zararlı buharlara verdiği tepkiler SPR cihazı ile incelenerek UOB sensörü olarak kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmıştır. Bu tez çalışmasında kullanılan UOB'lerin fiziksel özellikleri aşağıdaki Tablo 1.2' de verilmiştir.

Tablo 1.1. Kullanılan UOB'lerin fiziksel özellikleri

Organik bileşik	Molekül formülü	Molekül ağırlığı (g/mol)	Yoğunluğu (sıvı halde) ( $g/cm^3$ )	Erime noktası ( $^{\circ}C$ )	Kaynama noktası ( $^{\circ}C$ )
Kloroform	$CHCl_3$	119,38	1,48	-63,50	61,2
Benzen	$C_6H_6$	78,11	0,87	5,50	80,1
Toluen	$C_6H_5CH_3$	92,14	0,86	-93	110,6
Diklorometan	$CH_2Cl_2$	84,33	1,33	-96,7	39,6
Karbon tetraklorür	$CCl_4$	153,84	1,585	23	77
ksilen	$C_6H_4(CH_3)_2$	116,17	0,865	-47,4	138,15

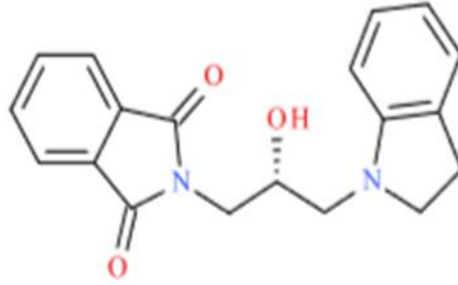
## 2. MATERYALVE METOD

### 2.1. Deneyde Kullanılan İnce Film Maddesi

Deneyde LB ince film üretim materyali olarak kullanılan 2-[(2R)-2-hidroksi-3-indolin-1-il-propil]isoindolin-1,3-dion maddesi, yapısında primer ve sekonder amin taşıyan kiral  $\beta$ -hidroksi amin gruplarını barındırmaktadır [19]. Bu madde, LB ince film malzemesi olarak ilk kez bu tez kapsamı içerisinde kullanılmıştır.

Tablo 2.1. SB-54 maddesine ait gerekli bilgiler

Kullanılan maddenin adı	Kod adı	Molekül ağırlığı	Molekül formülü
2-[(2R)-2-hidroksi-3-indolin-1-il-propil]isoindolin-1,3-dion	SB-54	322,31	C <sub>19</sub> H <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>



Şekil 2.1.1. SB-54 maddesinin kimyasal yapısı

Bu malzemenin literatür taraması sonuçlarında LB ince film ve gaz sensör özelliklerine dair herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu malzemenin sentezi için, (R)-(-)-N-(2,3-epoksi-propil)ftalimid (102 mg, 0.50 mmol) bileşiği azot altında soğutulmuş bir balon jodede 0 °C 'deki bir buz banyosunda 2-propanolde (10 mL) çözülür ve bu sıcaklıkta, çözelti 30 dakika süreyle karıştırılmıştır. Amin bileşiği (0.60 mmol, 1.2 eq) 'nin 2propanoldeki (10 mL) çözeltisi azot altında soğutulmuş bir başka balonda hazırlanarak

ana reaksiyon balonuna damla damla ilave edilir ve karışımın bu sıcaklıkta 30 dakika karıştırılması sağlanmıştır. Daha sonra reaksiyon balonu buz banyosundan çıkartılarak oda sıcaklığına gelmesi sağlanır ve tekrar reaksiyon karışımı geri soğutucu altında 7 saat kaynatılıp 2-[(2R)-2-hidroksi-3-indolin-1-il-propil]isoindolin-1,3-dion bileşiği %64 verimle elde edilmiştir [19].

Tablo 2.2. SB-54 maddesi çözelti bilgileri

Kaplanılan yüzey	Kullanılan çözücü	Madde miktarı (mg)	Çözelti hacmi (ml)	Konsantrasyon (mg/ml)	Yüzeye serpiyen hacim miktarı (µL)
Kuartz kaplı cam	Kloroform	~5	~10	~0,5	~3000
Altın kaplı cam	Kloroform	~10	~10	~1	~1000

## 2.2. Zararlı Uçucu Organik Bileşikler (UOB)

Yüksek buhar basıncına ve suda düşük çözünürlüğe sahip, kaynama sıcaklığı 260 C°'ye kadar olan alifatik veya aromatik yapıdaki hidrokarbonlar uçucu organik bileşikler olarak adlandırılır [20]. Bu bileşiklerin kapalı ortamlarda ve düşük konsantrasyonlarda kısa süreli solunumu halinde; uyuşukluk, baş ağrısı, yorgunluk ve sinir sistemiyle ilgili şikayetlere sebep olabilmektedir, düşük konsantrasyonlarda ve sürekli solunum halinde; kronik solunum yolu hastalıkları, astım veya kanser gibi etkileri görülmektedir. Maruz kalınan konsantrasyon miktarı yükseldikçe olumsuz yaşamsal etkilerin arttığı, koma ve ölümle sonuçlanabildiği görülmüştür. Günümüzde endüstri, sanayi ve kozmetik ürünlerinde bu bileşiklerin kullanımındaki artış sonucu bu bileşiklerin sadece kapalı ortamlardaki hava kalitesinin değil açık ortamlardaki hava kalitesini de düşürdükleri ve atmosfere de büyük ölçüde zarar verdiği anlaşılmıştır. Aşağıdaki Tablo 2.3'te bazı uçucu organik bileşiklerin doğaya ve çevreye salınımında kaynak rol oynayan alanlar verilmiştir.

Tablo 2.3. Çevre ve dünya atmosferine zarar veren uçucu organik bileşikler ve kaynakları [21].

<b>Kaynaklar</b>	<b>Ortaya çıkan uçucu organik bileşikler</b>
Ticari ürünler	Alifatik hidrokarbonlar (n-dekan, dallanmış alkanlar, aromatik hidrokarbonlar (toluen, ksilen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (metil klorür), alkoller, ketonlar (aseton, metil etil keton), aldehydler (formaldehit), esterler (glikoleterler), terpenler, (limonen, alfa-pinen)
Boyalar	Alifatik hidrokarbonlar (n-hekzan, n-heptan), aromatik hidrokarbonlar (toluen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (metil klorür, propilen diklorür), alkoller, ketonlar (metil etil keton), esterler (etil asetat), eterler (metil eter, etil eter, butil eter)
Yapıştırıcı malzemeler	Alifatik hidrokarbonlar (hekzan, heptan), aromatik hidrokarbonlar, halojenlenmiş hidrokarbonlar, alkoller, aminler, ketonlar (aseton, metil etil keton), esterler (vinil asetat)
Döşeme ve kumaşlar	Aromatik hidrokarbonlar (stiren, bromlaşmış aromatikler), halojenlenmiş hidrokarbonlar (vinil klorür), aldehydler (formaldehit), eterler, esterler.
Yapı malzemeleri	Alifatik hidrokarbonlar (n-dekan, n-dodekan, aromatik hidrokarbonlar (toluen, etil benzen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (vinil klorür), aldehydler (formaldehit), ketonlar (aseton), eterler, esterler.

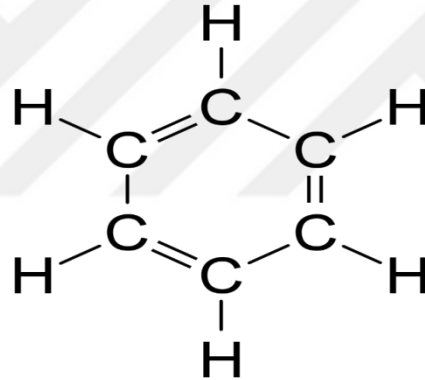
Kapalı ortamlarda bulunan veya kullanılan uçucu organik bileşiklerin kokuyla duyulan sınırın altında ve dış ortamda bulunan uçucu organik bileşiklere göre 5 kat daha fazla olduğu ölçülmüştür [22,23]. Bu sebeple kapalı ortamlarda uçucu organik bileşiklere karşı önlem alınabilmesi için bu bileşiklerin tespit edilmesi önemlidir. Literatürde, son yıllarda yapılan ince film çalışmalarının, kapalı ortamlarda koku yoluyla algılayamayacağımız miktarda bulunan gaz veya organik uçucuların tespit edilmesine yardımcı olacak malzemelerin sensör özelliğini araştırmak için deneysel çalışma ve projeler mevcuttur.

Bu tez kapsamında, benzen, ksilen, toluen, diklorometan, karbontetraklorür, kloroform uçucu organik bileşiklerinin, SB-54 maddesiyle oluşturulan LB ince filmi ile etkileşimleri ve sensör özelliği incelenmiştir.

Tez kapsamında kullanılan UOB'lere ilişkin fiziksel özellikler 1.bölümde Tablo 1.2'de verilmiştir. Bu bölümde kullanılan bu bileşiklerin kullanım alanları ve zararlı yan etkileri kimyasal yapılarına kısaca değinilecektir.

### 2.2.1. Benzen

Benzen, aromatik hidrokarbon bileşik türü olan, hoş kokulu, renksiz, normal koşullar altında sıvı halde bulunan ve oda koşullarındaki buhar basıncı(20C°) 9,95kPa gibi yüksek bir değere sahip olduğundan çok hızlı buharlaşabilen, su ve bazı diğer organik bileşiklerle çözelti oluşturabilen bir organik bileşik türüdür. Benzin, aseton, eter gibi birçok farklı türevi bulunmaktadır. Benzen ve türevleri; kömür katranı distilasyonu, alifatik hidrokarbonları yüksek basınç ve ısı altında aromitize ederek veya petrolden sentez yoluyla elde edilebilir [24]. Molekül yapısı aşağıda Şekil 2.2.1'de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.2.1. Benzen molekül yapısı.

Benzen, fiziksel özellikleri açısından daha kullanışlı ve maliyetinin diğer türevlerine göre daha düşük olduğundan sanayinin birçok alanında kullanılmaktadır. Kullanım alanlarından başlıcaları; deri eşyaları ve karton kutu imalatlarında yapıştırıcı olarak, kuru temizleme, madeni aletleri temizleme, oto ve yıldız boya eritme, seyreltme işlerinde, kauçuk ve film sanayisinde sıkça kullanılan bir malzemedir.

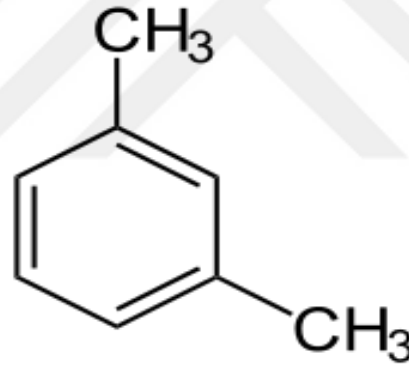
Benzen, insan veya canlı vücuduna daha ziyade solunumla alındığı takdirde zarar verici etkileri görülmüştür. Sindirim yoluyla vücuda alınan benzen miktarı çok az düzeydedir ve deri yoluyla insan vücuduna alınan benzen ise canlıya ciddi zararlar verecek kan konsantrasyonlarına ulaşamaz. Solunum yoluyla vücuda alınan benzenin yaklaşık %50' absorbe olurken kalan kısmı yine solunum yoluyla dışarı atılır [25].



Benzen buharına kısa süreli maruz kalınması halinde, baş dönmesi, ter boşanması, yüz kızarması, soluğun benzen kokması, çarpıntı, kusma ve bulantı gibi etkileri görülürken kısa süreli yüksek dozlarda solunumu ölümcül sonuçlara sebep olabilmektedir. Benzen kullanılan çalışma alanlarında düşük dozlarda sürekli maruziyet söz konusu olduğundan zamanla kronik solunum hastalıklarına veya sinir sistemi bozukluklarına yol açabilmektedir. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı 8 Ağustos 2013 tarihli resmi gazetede 8 saatlik çalışma süresi boyunca günlük benzene maruz kalma üst sınır değerini 1ppm veya  $3,25\text{mg}/\text{m}^3$  olarak yayınlamıştır [26].

### 2.2.2. Ksilen

Ksilen, kimyasal olarak şekil 2.2.2'de görüldüğü üzere benzene iki adet metil grubunun bağlanmasıyla oluşur. Oda sıcaklığındaki buhar basıncı benzene nazaran düşük olup  $20\text{C}^\circ$ 'de  $1,2\text{kPa}$ 'dır, parlak, renksiz ve benzin kokusuna yakın bir kokuya sahiptir. Kolayca alevlenebilen toksik ve zehirli bir üründür.



Şekil 2.2.2. Ksilen molekül yapısı.

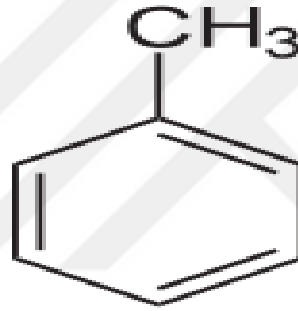
Başlıca ksilen kaynağı kömür katranı ve petroldür. Bunların yanında, uçak yakıtı bileşenlerinde, boya, elyaf, lak, kauçuk ve bebek bezlerinde kullanılır. Baskı sektörü, deri ve kauçuk imalatında çözücü olarak sıkça kullanılır. İyi bir organik bileşik çözücü olması nedeniyle boya ve vernik inceltmede kullanılır, petrokimya sanayisinde plastikleşme ve polyesterleştirilmede kullanılır.

Ksilenin insan sağlığına zararları; Yüksek dozda ve kısa süreli toksik maruziyette ciddi solunum yetersizliği ile karakterize erişkinin sıkıntılı solunum sendromu oluşabilir. Düşük dozda maruziyette ise baş ağrısı, yorgunluk, koordinasyon bozuklukları, iştah azalması, vücut sıcaklığında artış anoreksi, tremor, konfüzyon, tükürük salgılanmasında

artış sıkça gözlenebilir. Kronik maruziyette ise konjunktivit, burunda kuruluk hissi, öncelikle ön planda burun kanaması olmak üzere mukozal kanamalar, dermatit, santral sinir sistemi depresyonları, anemi, kemik iliğinde sellülarite artışı, karaciğerde büyüme, karaciğer ve böbrek fonksiyonlarında bozulmalar görülebilir. Çarpıntı, lökopeni, davranış bozukluğu, hematolojik maligniteler, göğüs ağrısı, üremi, karaciğer fonksiyon testlerinde bozulmalar saptanmıştır. Ksilenin bir diğer zararlı etkisi de ototoksik oluşudur [27,28].

### 2.2.3. Toluen

Toluol olarak da bilinen toluen tinerin karakteristik kokusuna sahip renksiz, suda çözünmeyen bir sıvıdır. Toluen, Şekil 2.2.3’de görüldüğü gibi bir fenil grubuna bağlı CH<sub>3</sub> grubundan oluşan mono-substituent benzen türevidir. Bundan dolayı toluenin UTUKB tarafından konulan sistematik adı metil benzendir.



Şekil 2.2.3. Toluen molekül yapısı.

Toluenin 25C°’de buhar basıncı 3,8 kPa olarak belirtilmiştir. Toluen genellikle çözücü olarak kullanılmaktadır. Ayrıca boyaları da inceltmede de kullanılabilir. En yaygın kullanım alanı benzen ve kesilen organik bileşiklerinin elde edilmesinde, kimyasal tepkimelerde reaktif olarak, patlayıcı madde yapımında (TNT’ nin ana maddesidir), plastik (kauçuk) yapımında yakıtlar da oktan artırıcı ve önemli bir karbon kaynağı olarak da bilinmektedir. Tolueni oksitlediğiniz takdirde ortamda benzaldehit ve benzoik asit gibi önemli ara maddeler ortaya çıkmaktadır ve böylece, boya ve petrokimya endüstrisinde de kullanılmaktadır.

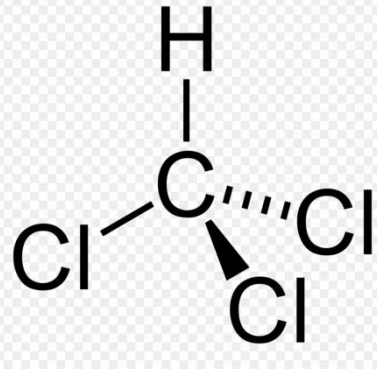
Toluenin lokal ve sistemik zararlı etkileri vardır. Toluenin solunum yoluyla alınan ve akciğerlerden hızlı bir şekilde emilerek sistemik dolaşıma geçen bir aromatik hidrokarbondur. Sistemik etkileri kandaki konsantrasyonu ile ilişkilidir. Gözlerde, solunum

sisteminde ve deride iritatif etkileri bulunmaktadır. Akut ya da kronik olarak düşük dozda maruz kalındığında santral sinir sisteminde baskılanma ve bellek azalmasına neden olmaktadır. Belirtileri genellikle baş ağrısı, baş dönmesi, yorgunluk, kaslarda zayıflık, güçsüzlük, yürüme bozuklukları, parestezi, hematemez, karın ağrısı, distal renal tübüler asidoz, kollaps ve koma şeklindedir.

Çalışma alanlarında toluen miktarının belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması son derece önemlidir. Uçucu organik bileşik ölçümü yapılarak konsantrasyon yoğunluğuna göre tespitler yapılmalıdır. Gerekli görüldüğü yerlerde lokal havalandırma veya havalandırma sisteminin kurulması gerekebilir [27,28].

#### 2.2.4. Kloroform

$\text{CHCl}_3$  (bkz. Şekil 2.2.4) formülü ile kloroform renksiz bir sıvıdır. Oldukça uçucu ve hoş kokulu olan kloroform aynı zamanda klorometan olarak da bilinir.  $20\text{C}^\circ$ 'de buhar basıncı 21,2 kPa değerinde olup suda düşük çözünürlüğe sahip bir bileşiktir.



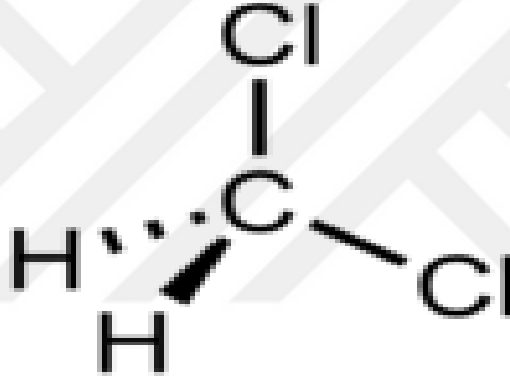
Şekil 2.2.4. Kloroform molekül yapısı.

Kloroformun bugünkü esas kullanım alanı, tetrafloroetilen için önemli bir öncü madde olan klorodiflorometan üretiminde ve laboratuvarlarda kullanılan yaygın bir çözücüdür. Çünkü nispeten tepkisiz, çoğu organik sıvı ile karışabilir, uçucu ve yanıcı değildir. İlaç endüstrisinde, boya üretiminde ve pestisitlerde çözücü olarak kullanılmaktadır, Bir reaktif olarak kloroform diklorokarbon ( $\text{CCl}_2$ ) grubu sağladığı gibi, organik ayırma ve saflaştırma işlemlerinde, plastik üretiminde birleştirme işleminde, teflon (yapışmayan) üretiminin ana malzemesi olarak tercih edilmektedir, Anestezik özelliğinden dolayı ilk keşfedildiği zamanlar cerrahi işlemlerde ve dişçilikte anestetik olarak, ayrıca birinci dünya savaşında kloroform kimyasal bir silah olarak kullanılmıştır.

Genellikle solunum yoluyla vücuda giren kloroform, sersemletici bir etki yapar, seyrek olarak bulantı ya da kusmaya da rastlanır. Kloroformun kullanımındaki güvenilirlik sınırları oldukça dardır. Başta kalp, kan damarları, karaciğer, pankreas ve böbrekler olmak üzere çoğu organ üzerinde baskılayıcı bir etki gösterdiği gibi yüksek dozlarda solunması durumunda ölüme de yol açabilir [27,28].

### 2.2.5. Diklorometan

Diklorometan (DCM veya metilen klorür),  $CH_2Cl_2$  (bkz. Şekil 2.2.5) formülüne sahip organik bir bileşiktir. Orta derecede tatlı bir aromaya sahip bu renksiz, uçucu sıvı, yaygın olarak bir çözücü olarak kullanılır. Su ile çözelti oluşturmaz, birçok organik çözücü ile karışabilir ve  $20C^{\circ}$ 'de buhar basıncı 46,6 kPa'dır.



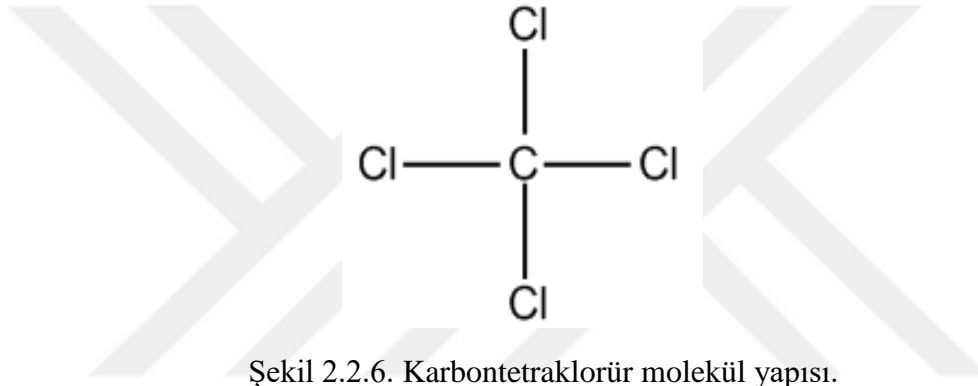
Şekil 2.2.5. Diklorometan molekül yapısı.

Doğal DCM kaynakları arasında okyanus kaynakları, makro algler, sulak alanlar ve yanardağlar yer almakla birlikte çevredeki diklorometanın çoğunluğu endüstriyel emisyonların bir sonucudur. Kullanım alanları; Boya sıyırıcı ve yağ giderici olarak yaygın olarak kullanılır. Gıda endüstrisinde, kahve ve çikolatayı kafeinsiz hale getirmenin yanı sıra şerbetçiotu özleri ve diğer aroma maddeleri hazırlamak için kullanılmaktadır. DCM kimyasal olarak bazı plastikleri kaynakla birleştirir. Örneğin, elektrik sayaçlarının muhafazasını kapatmak için kullanılır. Genellikle plastik kaynak yapıştırıcılarının ana bileşeni olarak satılır. Ayrıca, plastik bileşenlerle bir araya getirmek için model yapıcı hobi uzmanları tarafından yaygın şekilde kullanılır. Giysi baskı endüstrisinde ısıyla sızdırmaz hale getirilmiş konfeksiyon transferlerini kaldırmak için kullanılır. DCM, inşaat mühendisliği malzeme test alanında kullanılır. Özellikle, bitümlü malzemelerin bir çözücü olarak test edilmesi gibi kullanım alanları mevcuttur.

Solunum yoluyla vücuda alındığı takdirde solunum sistemi tahrişine neden olabilir. Çözücülerle uzun süreli ve tekrarlanan temas, uzun dönemde, kalıcı sağlık sorunlarına neden olabilir. Yüksek konsantrasyonlarda ki buharlara uzun süreli veya tekrarlanan maruziyet, bulantı, kusma, baş ağrısı gibi olumsuz etkilere sebep olabilmektedir [27,28].

### 2.2.6. Karbontetraklorür

Karbontetraklorür (KTK), UTUKB tarafından adıyla tanınan tetraklorometan, klorinatlı bir hidrokarbon bileşimidir. Düşük seviyelerde koku yoluyla fark edilebilecek hoş bir kokuya sahip renksiz ve suda çözünmeyen bir maddedir ve 20C°'de buhar basıncı 11,94kPa'dır [1]. Molekül yapısı Şekil 2.2.6'da verilmiştir.



Hoş kokusundan dolayı tütsü yapımında, kuru temizleme, yangın söndürücü, polar olmayan bileşik ve yağları çözmek için, soğutucu floroklorokarbonların üretiminde ara bileşik olarak kullanılmaktadır. Ancak 1980'lerden beri çevresel kaygılar sebebiyle ve ozon tabakasına büyük zarar verdiği anlaşılan, karbontetraklorür üretimi ve karbonklorürden elde edilen kloroflorokarbon kullanımı hızla azaltılmaya başlanmıştır ve daha da azaltılmaya çalışılmaktadır [28].

KTK, insanlarda ağız yoluyla 3-5 ml alınması durumunda ölümcül olabilir. Vücuda sindirim, deri ve solunum yoluyla alınabilir. Vücuda alındıktan sonra bütün organ ve dokulara dağılır. En çok yağ dokularında birikir. KTK zehirlenmesi, merkezi sinir sisteminin baskılanmasına neden olur. Buna bağlı olarak; baş ağrısı, baş dönmesi, halsizlik, ataksi, titreme, bilinçsizce konuşma, hafıza kaybı, uyuma hali, bilinç kaybı, optik sinir hasarı ve işitme kaybı gibi belirtileri görülür [29].

## 2.3. Langmuir-Blodgett İnce Film Üretim Tekniği

### 2.3.1. Langmuir-Blodgett İnce Film Üretiminin Tarihçesi

LB tekniğinin temelleri ilk olarak 1774 yılında Benjamin Franklin tarafından, rüzgarlı bir günde Chapalm gölüne yaklaşık bir çay kaşığına yakın (yaklaşık 2ml) bir miktar yağı göle döktükten sonra, bu kadar az miktardaki yağın çok kısa bir zaman aralığında birkaç metrekairelik bir alana yayıldığını, belli bir zaman sonra gölün yaklaşık dörtte biri kadarlık bir alanı (yaklaşık yarım hektar) kapladığını gözlemlemiştir. Daha sonra yaklaşık 2ml yağın yarım hektarlık hava-su ara yüzeyinde düzenli ince bir yağ tabakası oluştuğunu ve bu yağ tabakasının kalınlığının 2nm civarında olabileceğini hesaplamıştır. Bu sayede LB ince filmlerinin temeli oluşmuştur [30].

19. yy' da Alman asıllı kimyacı ve ev hanımı olan Agnes Pockels evinin mutfağındaki lavaboyu kullanarak, su-hava ara yüzeyine tek katmanların yayılması ve yabancı maddelerin suyun yüzey gerilimine etkisini yüzey basınç-alan (izoterm) grafiklerini tespit etti ve yayınladı [30].

Agnes Pockels'in çalışmalarından yaklaşık 25 yıl sonra John William Strutt Rayleigh su yüzeyin de oluşan tek katmanların(monolayer) doğasını incelemiştir ve ardından amfifilik yapıların monolayer filmler oluşturabildiği sonucuna ulaşmıştır [31].

Buraya kadar yapılan tüm çalışmalar amfifilik yapıların su-hava ara yüzeyinde oluşturduğu yapıların davranış özelliklerine dair inceleme ve gözlemler olmuştur. Bundan sonra yapılan en önemli çalışma su yüzeyindeki amfifilik malzemenin katı yüzeyler üzerine transfer edilebileceğini öne süren İrving Langmuir ve çalışma arkadaşı Katherine Blodgett tarafından yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda Langmuir-Blodgett ultra ince filmleri adı ile anılan ultra ince film üretimleri başlamıştır ve günümüzde birçok alanda bu yöntem kullanılmaktadır [31].

İrving Langmuir su yüzeyinde amfifilik moleküllerin izoterm grafikleri üzerinde detaylı araştırmalar yapmış ve cam, mika, vb. gibi alt taşlar üzerine yüzey basınç-alan (izoterm) değişimlerinden faydalanılarak istenilen nanometre mertebesindeki kalınlıklarda kolayca ve düşük maliyetli ince filmlerin üretilebileceğini göstermiştir [32]. Bu çalışmasıyla 1932 yılı Nobel ödülü almıştır. Katherine Blodgett'in bu çalışmaya olan katkısı ise katı yüzeyler üzerinde uzun karboksili gruplarının depozisyonunu incelemiştir ve

sıvı yüzeyinde yönlendirilmiş olan moleküllerden Langmuir modeline göre oluşmuş olan filmleri katı yüzeylere gerçekleştirmiş olmasıdır [31].

### **2.3.2. Langmuir-Blodgett İnce Filmlerinde Kullanılan Malzemeler Ve Özellikleri**

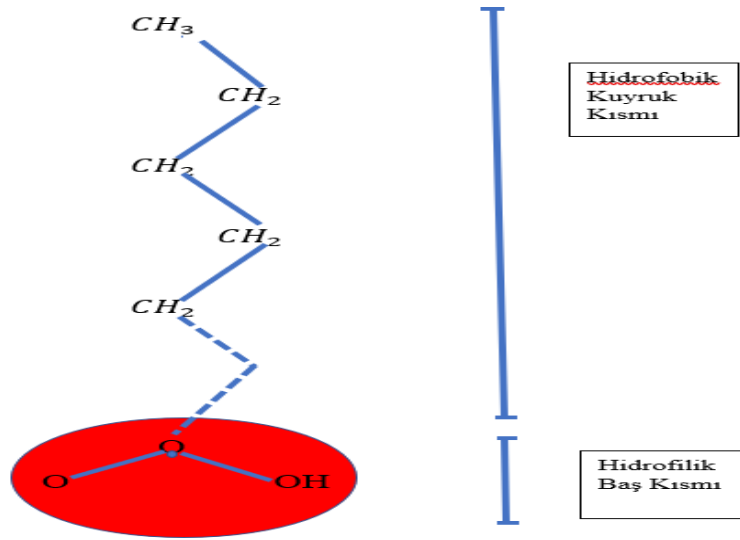
LB ince filmleri sıvı-sıvı veya sıvı- gaz ara yüzeyinde organize olmuş moleküllerin katı bir yüzeye transferi işlemine dayandığı için, LB filmi üretimi için kullanılan malzemelerin molekülleri sıvı yüzeyinde ve sıvı içerisinde çözünmeden ve kararlı bir yapıda kalabilmesi önemlidir [33].

LB ince film üretimi için kullanılan kaplama malzemeleri amfifilik yapıya sahip moleküllerdir. Amfifilik yapı, yapısında hem hidrofilik gruplar hemde hidrofobik grupları bir bütün olarak bulunduran moleküllere denir. Bu tür yapıya sahip moleküller su içerisinde çözünmezler. Hidrofilik polar grup su molekülleri ile çekici bir etkileşim içindeyken, moleküllerin diğer ucu olan hidrofobik polar olmayan gruplar su ile itici bir etkileşim içindedirler. Bu sebeplerle amfifilik yapıya sahip moleküller su yüzeyinde yüzebilmekte ve katı yüzeye ince film transferi gerçekleştirilebilmektedir.

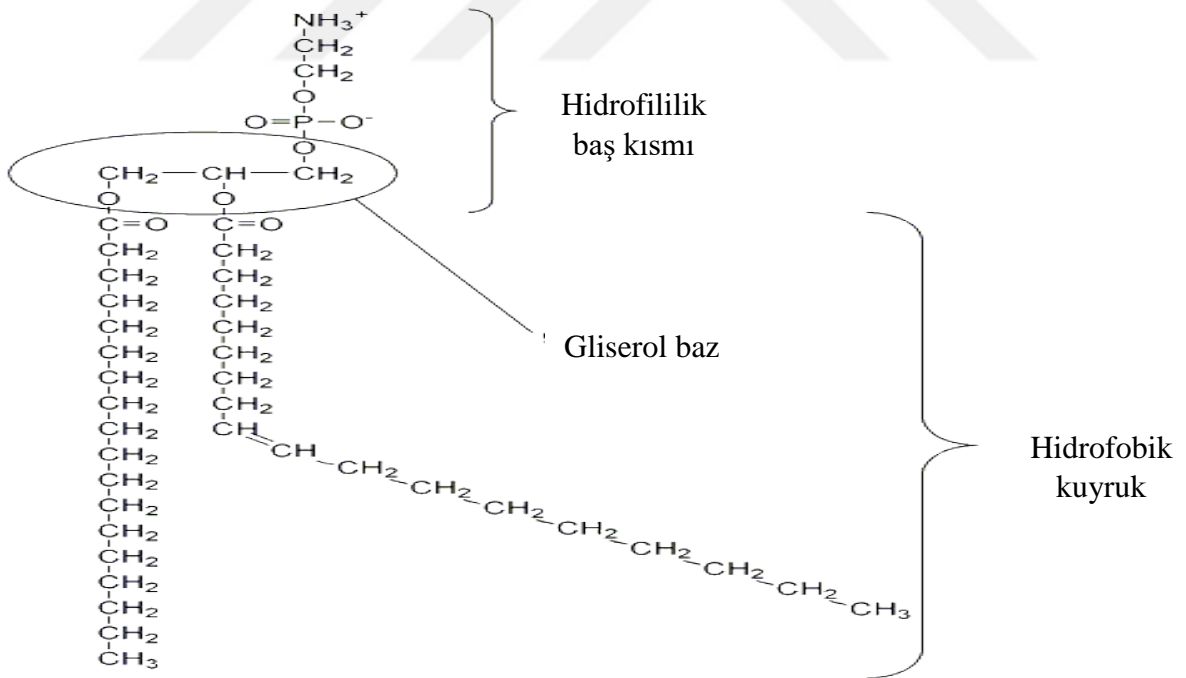
LB yönteminde tek katman film oluşturmak için kullanılan sıvı saf su değildir, bazı durumlarda saf içerisine farklı iyonlar ilave edilerek istenilen monolayer özelliklerine sahip olacak şekilde modifiye edilebilir. Bunun dışında yüzey gerilimi yüksek olan sıvılar, örneğin; etilen, gliserol, civa gibi sıvılarda kullanılmaktadır. İstenilen özelliklere sahip ince film üretebilmek için kullanılan bu sıvılar ara faz olarak adlandırılır [34].

### **2.3.3. Amfifilik Molekül Yapısına Sahip Maddelerin Kimyasal Yapısı**

İdeal bir LB film üretimi için kullanılabilen malzemeler  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$  genel kimyasal formülüne sahiptir bu genel formülde  $-\text{COOH}$  kısmı amfifilik moleküllerin polar kısmını yani hidrofilik (suyu seven kısım) kafa grubunu oluşturur. Diğer  $-\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n$  hidrokarbon zinciri olan bu kısım apolar yani hidrofobik (suyu sevmeyen) kısmı oluşturur.



Şekil 2.3.1. Amfifilik moleküllerin genel yapısı



Şekil 2.3.2. Amfifilik molekül yapısına sahip olan yağ molekülü

LB ince film maddesi olarak kullanılan en yaygın örnekler; yağ asitleri, benzen ve türevleri bunların yanında aromatik bileşikler LB ince film maddesi olarak iyi birer örnektir [35].



Aşağıdaki şekil 2.3.2’de amfifilik maddeye örnek olarak bir yağ molekülünün açık formülü ile gösterilmiştir.

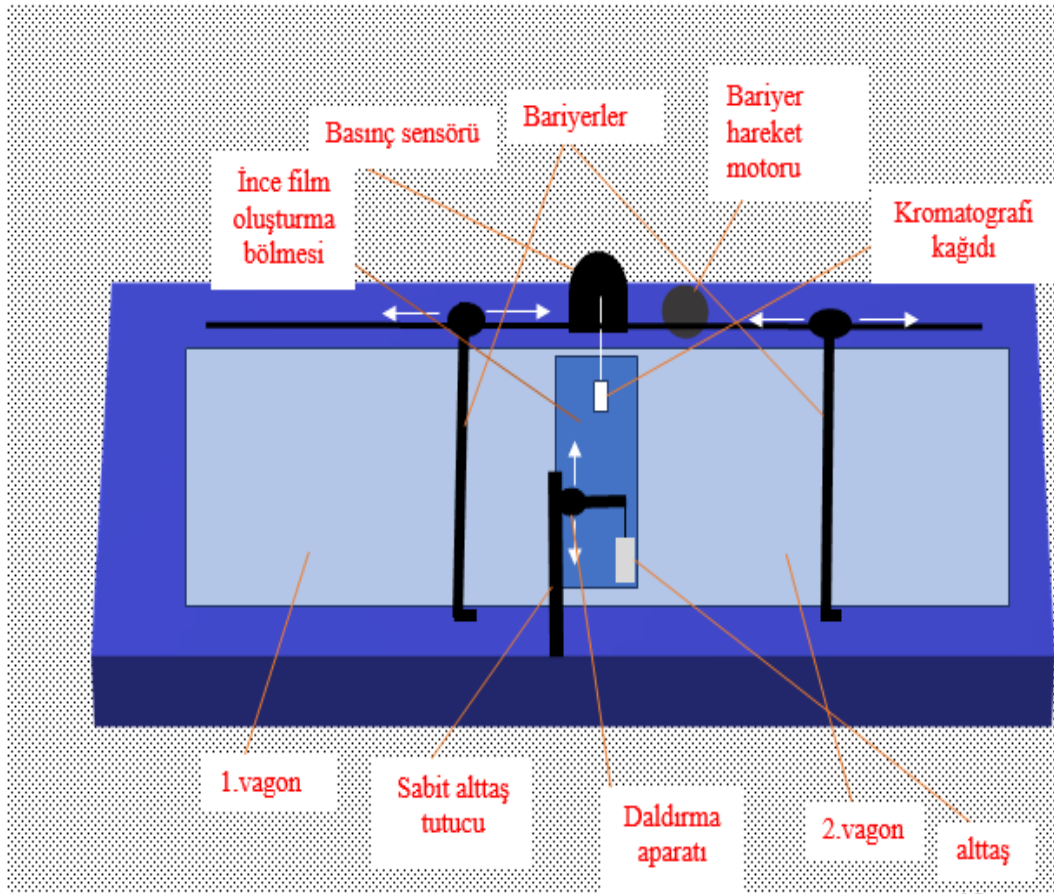
#### **2.3.4. Langmuir-Blodgett İnce Film Üretim Teknikleri**

LB ince filmlerini üretmek için sıvı yüzeyindeki amfifilik maddelerin homojen olarak katı yüzeylere transferini gerçekleştirebilmek için LB ince film hazırlama tekniklerine gerek duyulmaktadır.

Su- hava ara yüzeyinde tek katmanların kontrol etmek için ihtiyaç duyulan ilk bariyerli tekniklerin dizaynı Agnes Pockels tarafından yapılmıştır. Bu tekniklerin ilk dizaynında bariyerler tekniklerin kenarlarına yerleştirilmiş ve kontrolü elle yapılıyordu, günümüzde ise LB tekniklerinin kontrolü bilgisayarla yapılmaktadır. Teknenin kenarlarında bulunan bariyerler sayesinde hava-sıvı arasındaki tek katmanların yüzey basıncı ayarlanabilmekte ve istenilen kalınlıkta ince filmler üretilebilmektedir. Ayrıca tekne üzerinde bulunan ince filmlerin kaplandığı katı yüzeyi aşağı ve yukarı yönlü daldırma işlemini yapması için alt taş motoru mevcuttur bu motor sayesinde filmlerin alt taş üzerine transferi gerçekleştirilebilmektedir. Günümüzde kullanılan tek katmanlardaki yüzey gerilim değişimlerini yüzey basınç değişimine bilgisayar destekli LB tekniklerinde basınç sensörü bulunmaktadır ve bu basınç sensörü sayesinde sıvı yüzeyindeki dönüştürerek bilgisayara aktarır bu sayede yüzey gerilimini kontrol etmemizi sağlar. Monolayer (tek katman) tabakanın olası kirliliğine karşı LB tekniklerinin yapımında kullanılan malzeme kir tutmayan bir yapısı olmalıdır. Son yıllarda kullanılan LB teknesi yapımında kullanılan malzeme politetrafloroetilen olarak bilinen (PTFE) malzemedir [34].



Şekil 2.3.3. Çift vagonlu Nima 622 model alternatör layer LB teknesi



Şekil 2.3.4. Çift ve tek vagon olarak kullanılabilen LB teknesinin şematik görünümü

Su-hava ara yüzeyinde yüzey aktif maddelerin tek katmanlı moleküllerin davranışlarını incelemek için ilk olarak tek vagonlu LB tekneleri Agnes pockels tarafından geliştirilmiştir[33].Çift vagonlu LB tekneleri bariyerlerden biri sabit tutularak tek vagonlu LB teknesi olarak ta kullanılabilmektedir.

Çift vagonlu LB tekneleri bazı elektronik devrelerinde ve optik alanındaki kullanılan pyroelektrik, piezoelektrik ve doğrusal olmayan optik malzemelerinin anti simetrik yapıda olması gereklidir. Bu tip ince filmler tek vagonlu teknelerde uğraş ve fazla zaman aldığı için, ayrıca farklı molekülleri bir arada kullanıp düzenli bir ince film üretebilmek için çift vagonlu LB tekneleri geliştirilmiştir. Bu çift vagonlu tekneler sayesinde daha kısa zamanda ve farklı molekülleri kullanarak ince filmler üretmek mümkündür.

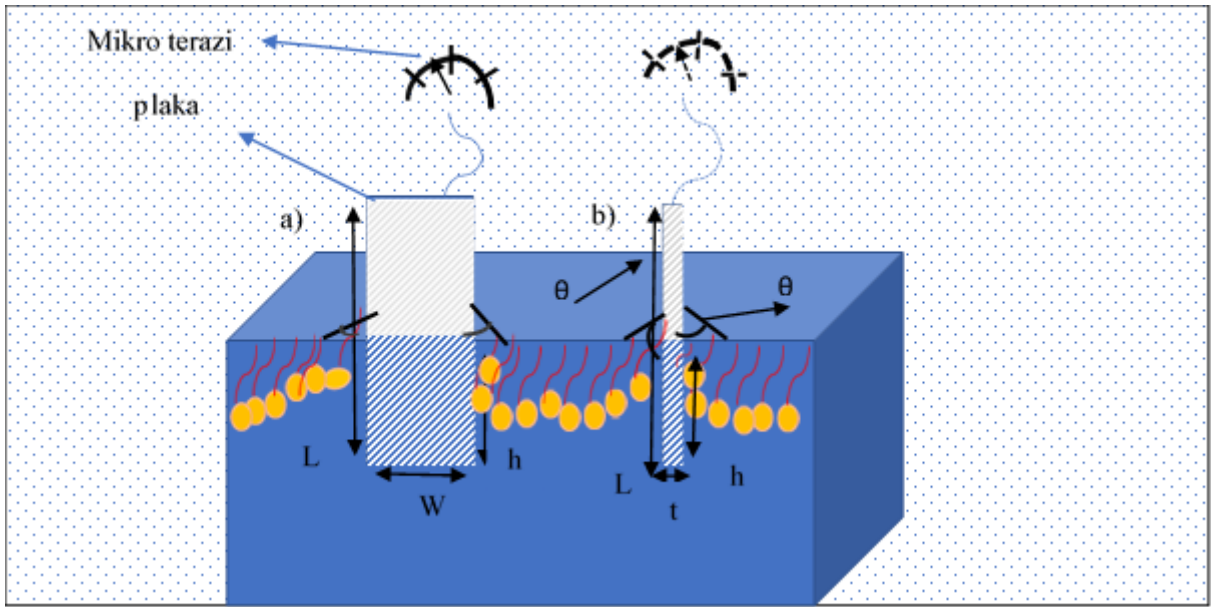
Bu sistem bir sabit bariyer ile ikiye bölünmüş tekne, iki ayrı molekül serpiştirilmiş bölmelerdeki moleküllerin birbirine karışması engellenir. Sabit bariyerin üzerinde bulunan ve 360° dönebilen alttaş tutucu yerleştirilerek oluşturulmuştur. Alttaş tutucuyu istediğimiz yönde döndürebilir ve gereken hıza ayarlayabiliriz. İkiye ayrılmış vagonun her bir bölmesindeki bariyer hızlarını ve yüzey basınçlarını üretmek istediğimiz ince filmin özelliklerine göre veya herhangi bir yüzey basıncıyla üretilen ince filmin özelliklerini inceleyebilmek için her iki bölmedeki yüzey basıncını birbirinden bağımsız ve molekül dizilimi (eğer bölmelerden birinde A diğesinde B molekülü olduğu varsayılsa) ABABABA... olacak şekilde alttaş üzerine transferi gerçekleştirilebilir [36].

### **2.3.5. LB Sisteminde Yüzey Basıncı Ve İzoterm Grafiği**

#### **2.3.5.1. Yüzey Basıncı**

LB filmlerinde, monolayer katmanların dizilimi (film kalınlığı) ve homojenliği açısından yüzey basıncının kontrolü çok önemlidir. Yüzey basıncı, bariyerlerin arasındaki mesafe arttıkça yüzey aktif moleküllerin birbirleriyle etkileşimleri azdır ve dolayısıyla düşüktür. Bariyerler arasındaki mesafeyi daralttıkça moleküller daha çok etkileşirler ve aralarındaki çekim kuvveti artar bundan dolayı da yüzey basıncı yükselir. Yüzey basıncının artış gösterdiği duruma sıvı faz evresi yani yüzeydeki moleküllerin yarı düzenli olduğu durumdur. Bariyerler kapatılırken bir yere kadar yüzey alanıyla yüzey basıncı ters orantılı olacak şekilde ilerlerken, belli bir yerden sonra yüzey basıncının hızlı bir şekilde artıp

yüzey alanının sabit kalması durumu bize sıvı- hava ara yüzeyinde düzgün tek tabakanın oluştuğunu gösterir [37]. Bu metotların her ikisinde de yaklaşık hassasiyet  $10^{-3} \text{mN/m}$ ' dir [36]. LB teknelerinde yüzey basıncı ölçümü için Wilhelmy tekniği kullanılmaktadır (Şekil 2.3.1). Wilhelmy tekniği, LB teknesinin üzerinde ince film tabakasına değecek şekilde asılı plakanın üzerine etkiyen yüzey gerilimi kuvvetinin plaka boyutlarının da yardımıyla yüzey gerilimindeki değişiklik hesaplanır [34]. LB teknelerinde plakaya etkiyen kuvvetler bir mikro terazi yardımıyla ölçülür ve ölçülen değer bir bilgisayar programı yardımıyla değişen yüzey basıncına karşılık yüzey alanı grafiği şeklinde bilgisayar ekranında görüntülenir.



Şekil 2.3.5. Wilhelmy plaka yöntemiyle yüzey basıncı ölçümü a) plakanın önden görünümü b) plakanın yandan görünümü.

Wilhelmy metodunda plaka yerine kromatografi kağıdı kullanılır. Kromatografi kağıdı üzerine etkiyen kuvvetler sayesinde yüzey basıncı hesaplanabilir. Kromatografi kağıdının boyutları L, W, t ve yoğunluğu  $\rho_w$  olan dikdörtgen bir şekle sahiptir. Yüzey basıncı ölçülecek sıvının yoğunluğu  $\rho$ , kağıdı suya batırıldığımız derinlik h ve aşağı yönde uygulanan net kuvvet F olmak üzere; Ara faz yüzeyine ince film malzemesini ilave ettiğimizde yani ara fazın yüzey gerilimini değiştirdiğimizde, Mikro terazinin kullanımı için kromatografi kağıdı tamamen ara faz sıvısı ile ıslanmış ve h sabit olacak şekilde kromatografi kağıdı üzerindeki kuvvet (F) değişiminden veya kuvvetin (F) sabit tutulup h derinliğini değiştirerek ölçümün yapılması gerekir, Genel olarak kullanılan ise kuvvet değişimi ( $\Delta F$ ) ve yüzey gerilimindeki değişim ( $\Delta\gamma$ ) arasında bir ilişki kurulur. Yüzey

gerilimindeki değişim, ara faz yüzey gerilimi ve ara faza ince film malzemesi eklendikten sonraki yüzey gerilimi olmak üzere, yüzey gerilimi değişimi hesaplanır. Yüzey gerilimindeki değişim, yüzey basıncı değişimine eşit olduğu düşünülerek;

$$\Pi = \Delta F / W \quad (2.1)$$

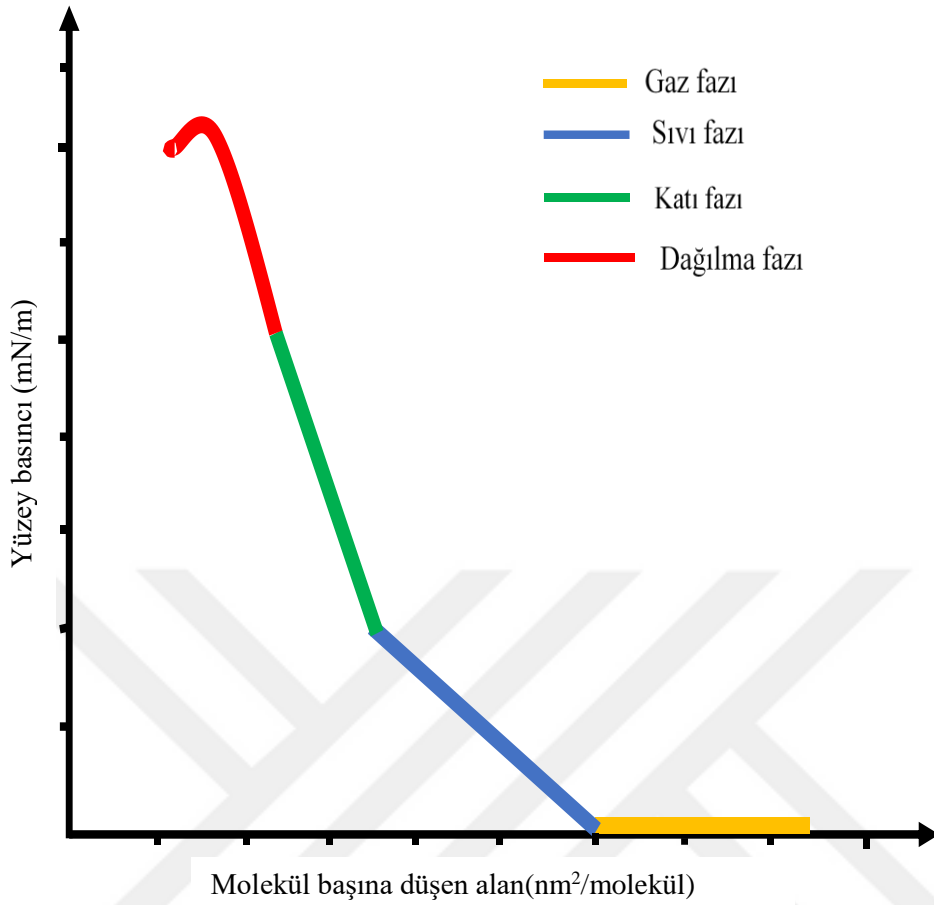
Şeklinde hesaplanır [38].

Yüzey basıncı için plaka olarak kullanılan kromatografi kağıdının ara faz sıvısı ile yaptığı açının bilinmesi ve değişmemesine dikkat edilmelidir. Ayrıca ince film malzemesi olarak ara faza serpiyen moleküllerinde kromatografi kağıdı tarafından emilmemelidir [32].

### 2.3.5.2. İzoterm Grafiği

Tek tabakaların su-hava ara yüzeyindeki dağılımları, ince film oluşturulacak moleküllerin su yüzeyinde kapladığı alanla ilişkilidir. Su-hava ara yüzeyinde birim alan başına düşen molekül sayısı ise yüzey basıncını belirler. Yüzey basıncının, yüzey alanı ile değişimini irdeleyen grafiklere izoterm grafikleri denir [36]. LB teknesinde bulunan bariyerler arasındaki mesafenin daraltılmasıyla değişen yüzey alanına karşılık yüzey basıncı grafiği (izoterm grafiği) oluşturulur. Oluşturulan bu grafik sayesinde, su-hava ara yüzeyindeki moleküllerin katı yüzeye transfer edilmesi için en uygun yüzey basınç değeri elde edilir.

İzoterm grafiği elde edilirken; bariyer tamamen açık olduğu durumda yüzey basıncı neredeyse sıfırdır, bu durumda su yüzeyindeki moleküller arasındaki etkileşim çok az olduğu için gaz fazı olarak adlandırılır. Bariyerler yavaşça hareket ettirilip aralarındaki mesafe daraltılmaya başlatıldığında belli bir yerden sonra yüzey basıncının artmasına rağmen yüzey alanı sabit kalır. Moleküller arası etkileşim maksimum olduğu bu durum katı faz olarak adlandırılır ve katı yüzeyine transfer işlemi için uygun yüzey basınç değeri bu fazdan belirlenir. Gaz fazı ile katı faz arasındaki geçiş süreci ise sıvı fazdır. Eğer bariyerler daha fazla sıkıştırılırsa moleküller birbiri üzerine biner ve yığılma olur bu durum oluşturulacak ince film homojen bir kalınlıkta olmaz dolayısıyla bu durumda LB ince filminin üretimi söz konusu değildir. Bu duruma dağılma durumu denir. Aşağıdaki şekilde ideal bir izoterm grafiği ve grafik üzerinde ince film üretimi için en uygun aralık (katı faz) ve diğer durumlar gösterilmiştir.



Şekil 2.3.6. İdeal bir izoterm grafiğinden elde edilen molekül başına düşen alan grafiği.

### 2.3.6. Langmuir-Blodgett İnce Film Üretim Aşaması

LB ince film üretiminde, ince film maddesine ait molekül yapının bozulmaması ve yüzey yapısının düzgün olması açısından ortamın toz, kir ve titreşimlerden arındırılmış olmasına dikkat edilmelidir. LB film tekneleri titreşimin engellenmesi açısından yumuşak ve titreşimi emen malzeme yapısına sahiplerdir. Teknelerin temizliği için ise hem kiri çözmesi açısından hem de saf su içerisinde çözünmeyip, su yüzeyinden çabuk buharlaştığı için genellikle kloroform tercih edilmektedir. Tekneye saf su ilave edilmeden önce doğrudan kloroformla yüzey temizliği yapıp, temiz peçeteye veya basınçlı azot gazı ile tekne yüzeyinde hiçbir zerre kir bırakmayacak şekilde kurulanır. Tekne suyu her değiştirildiğinde temizleme işlemi yeniden yapılmalıdır. Tekneye saf su ilave edildikten sonra su yüzeyindeki kir ve tozları temizlemek için vakum pompası kullanılır. Su yüzeyinin temizliğinden emin olmak için, yüzey basınç değişimi kontrolü takip edilir. Eğer

yüzey basıncında bir değişim gözleniyorsa temizleme işlemi tekrar yapılmalıdır. İnce film aktarımı yapılacak alt taşın temizliği de yine teknelerin temizlenmesinde olduğu gibi önce çözücü içerisinde temizlenip sonra peçete veya basınçlı azot gazıyla iyice kurulanmalıdır [38].

Temizleme işleminin ardından düzgün tek tabakayı oluşturacak olan amfifilik malzeme, ultra saf suda çözünmeyen ve kolayca buharlaşıp uçan bir çözelti içerisinde çözülür Bir mikro şırınga yardımıyla amfifilik molekülleri üst üste gelmeyecek şekilde su yüzeyine serpilme işlemi yapılır[33]. Çözücü olarak kullanılabilen malzemelerin bazıları ve özellikleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Tablo 2.4. LB ince filmleri için çözücü olarak kullanılan bazı kimyasallar ve fiziksel özellikleri

Çözücü sıvı	Erime Noktası(°C)	Kaynama Noktası(°C)	Su İçerisinde Çözünürlüğü
n hexane	-94	69	0,01
Cyclohexane	6,5	81	0,07
kloroform	-64	61	8
Dietil eter	-116	35	75
Aseton	93,4	56	-
Diklorometan	-98	40	1,3

Amfifilik yüzey aktif moleküllerinin su yüzeyine serpilme işlemi tamamlandıktan sonra çözücü olarak kullanılan malzeme, su yüzeyinde gelişi güzel yayılmış molekül tabakası bırakarak buharlaşır. Bu durum, moleküller arası mesafe oldukça fazla olduğu için daha öncede belirttiğimiz gaz fazı durumudur.

LB ince filmlerinin alt taş üzerine aktarımı yüzey basınç-yüzey alan grafiğinden yani izoterm grafiğinden faydalanılarak yapılır. Bu işlem LB teknesinde bulunan bariyerler yavaşça kapatılırken izoterm grafiği katı faz olarak tanımladığımız duruma ulaştığında yapılır. Yüzeye serpilmiş moleküllere hiçbir etki uygulanmadığı durumdaki molekül tabakası yarı kararlı veya termodinamik dengeye ulaşmamışlardır. Bu durum; bariyerlerin sıkıştırma hızı, pH değeri, sıcaklık ve ince film üretimi için kullanılan moleküller gibi deneysel parametrelere bağlıdır [39].

LB ince film moleküllerinin katı yüzeye transfer işleminin gerçekleştirileceği alt taş malzemesi olarak cam, kuartz kristal, quartz cam, altın kaplı cam, plastik gibi sert, su ile

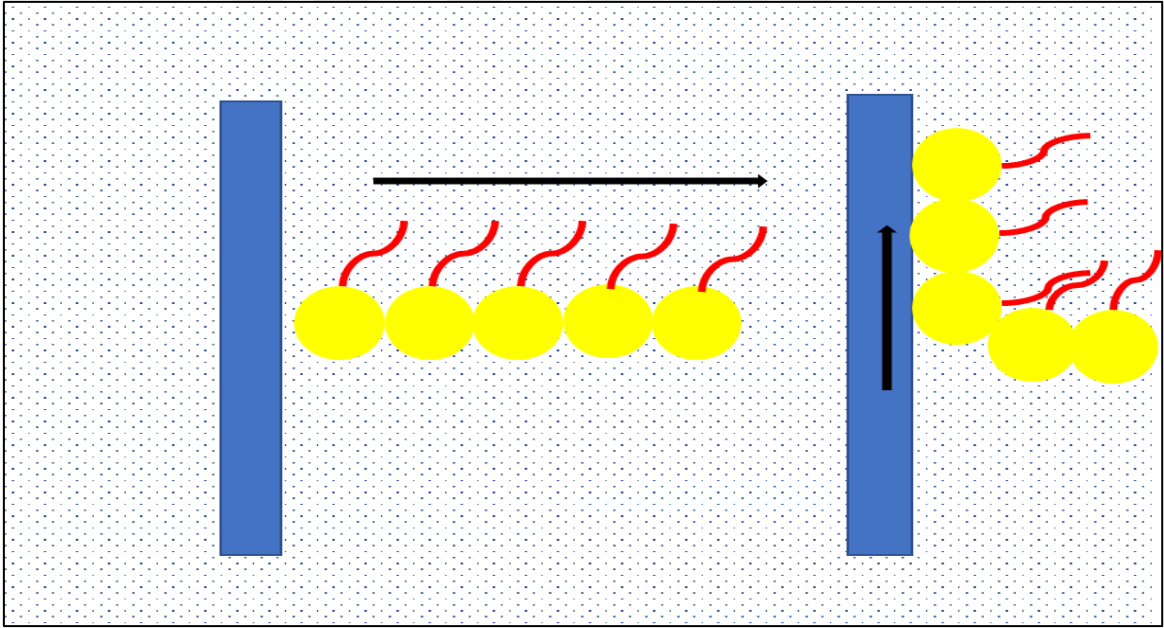
tepkimeye girmeyen ve suda çözünmeyen sert malzemeler kullanılır[35]. Alt taş tutucuya veya daldırma aparatına alt taş yerleştirilip yaklaşık 10µm/sn' lik hızla dikey olarak sıvı içerisine daldırılır. Eğer daldırma işlemi hızlı gerçekleştirilirse, moleküller ve katı yüzey arasındaki adhezyon kuvvetinden dolayı filmin katı yüzey üzerine transferi düzgün gerçekleşmez. Moleküllerin alt taş üzerine transfer oranı;

$$\tau = \frac{A_L}{A_S}$$

(2.2)

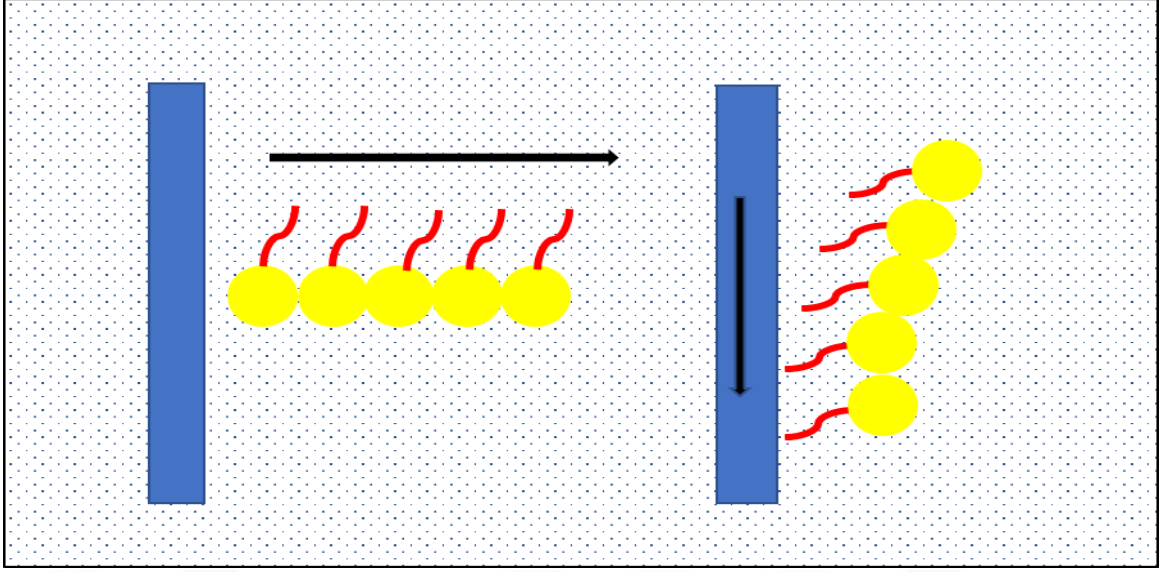
Formülü ile hesaplanır. En ideal transfer işlemi  $\tau=1$  olduğu durumdur.

Moleküllerin alt taşta transfer işlemi, eğer ara faz olarak saf su kullanılıyorsa; katı yüzeyin hidrofobik (suyu sevmeyen) veya hidrofolik(suyu seven) olması durumunda daldırma işleminin hareket yönleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 2.3.7. Alt taş hidrofilik özellikte olduğu durumda hareket yönü





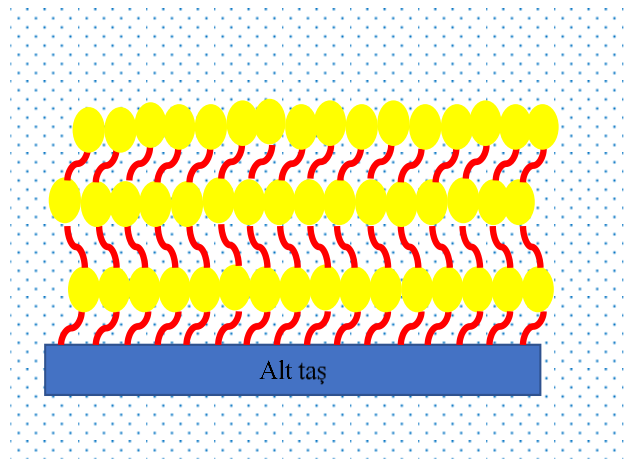
Şekil 2.3.8. Alt taş hidrofor özellikte olduğu durumda hareket yönü

### 2.3.7. Langmuir- Blodgett İnce Film Oluşturma Türleri

LB ince film oluşturmada, ince film kaplanacak yüzeyin (alt taşın) hidrofilik, hidroforik ve çok katlı kaplanabilmesi için farklı yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler aşağıda alt başlıklar altında gösterilmiştir.

#### 2.3.7.1. X- Tipi İnce Film Oluşturma

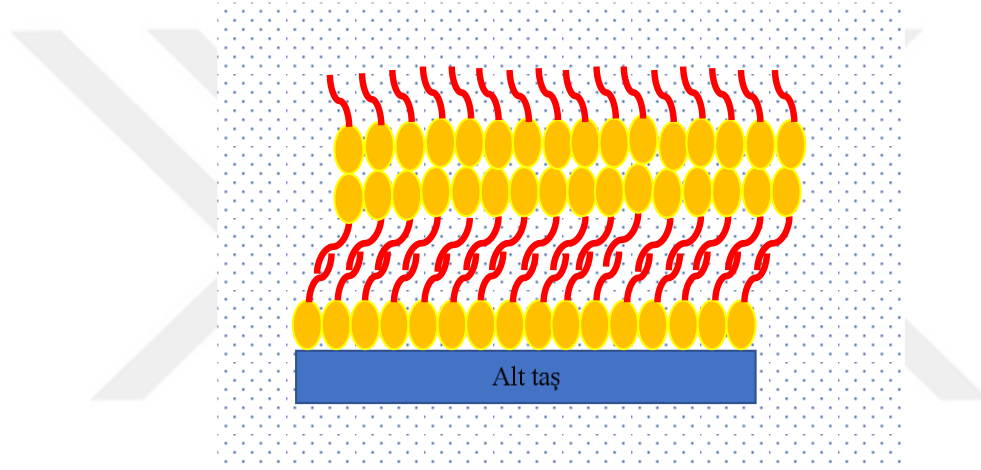
X-tipi LB ince film oluşturma tipinde alt taş hidroforik olmalıdır ve alt taşın hareket yönü hava ortamında sıvı ortamına doğru olmalıdır [40].



Şekil 2.3.9 İdeal bir X-tipinde LB ince film oluşumu

### 2.3.7.2. Y- Tipi İnce Film Oluşturma

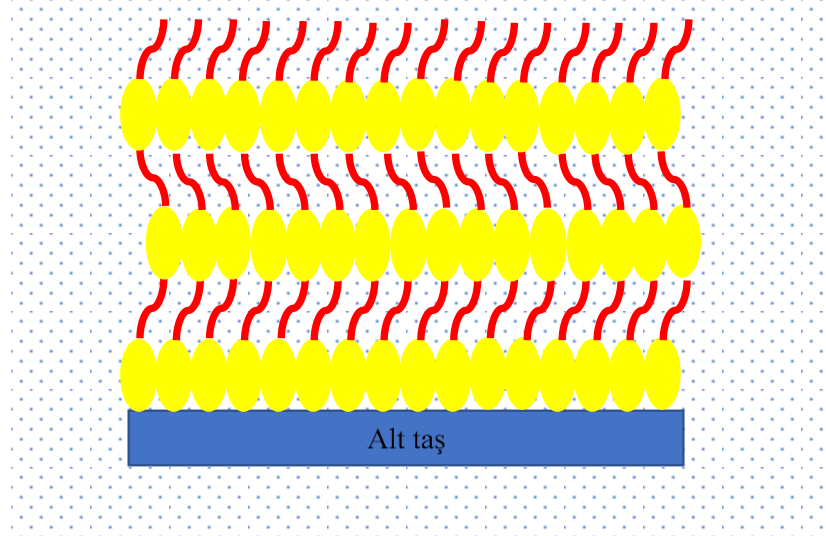
Y- Tipi LB ince film kaplama yönteminde, eğer hidrofobik özellik gösteren alt taşın suya birkaç defa daldırılıp çıkartılması durumunda, suya daldırılırken alt taş hidrofilik özellik kazanır. Alt taş sudan çıkarken yeniden hidrofobik özelliğe döner. Böylelikle su yüzeyinden her daldırılıp çıkarılışında çift katmanlı hidrofobik ince film üretimi gerçekleştirilmiş olur. Bu yöntemde molekülleri alt taş yüzeyine baş başa ve kuyruk kuyruğa gelecek şekilde dizilirler [34]. Aynı zamanda Y- tipi LB filmleri üretilmesi açısından en kolay olan üretim tipidir [35].



Şekil 2.3.10. İdeal bir Y-tipinde LB ince film oluşumu

### 2.3.7.3. Z- Tipi İnce Film Oluşturma

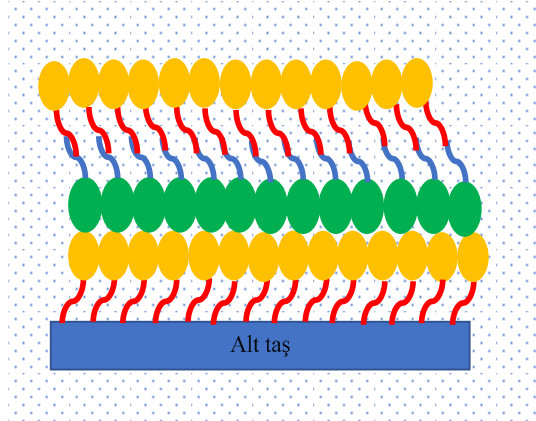
Z- tipi LB ince film oluşturulurken molekül dizilimi X- tipi LB ince filmlerdekine tersi bir dizilim oluşur, yani yüzey aktif moleküllerinin kuyruk kısımları yukarı gelecek şekilde oluşurlar. Z- tipi ince film için alt taş hidrofilik özellikte ve alt taş su – ince katman – hava yönünde olmalıdır [40].



Şekil 2.3.11. İdeal bir Z-tipi LB ince film oluşumu

#### 2.3.7.4. Al- Tipi İnce Film Oluşturma

AL- tipi LB ince film oluşturmak için çift vagonlu LB tekneleri kullanılır, Çünkü bu tip filmler X,Y,Z tiplerinden farklı olarak iki farklı molekül kullanılır. Bu vagonlardan birine molekül-1 diğerine molekül-2 serpiştirilerek, alttaş yüzeyine transfer işlemi aşağı (hava- ince katman- su) ve yukarı (su- ince katman- hava) yönde hareket ettirilerek sağlanır. Alttaş yüzeyindeki molekül dizilimi molekül-1, molekül-2, molekül-1,molekül-2... şeklinde olur.



Şekil 2.3.12. İdeal bir AL- tipi LB ince film oluşumu

### **2.3.8. Langmuir- Blodgett Tekniği İle İnce Film Oluşturma Avantajları**

LB ince film üretme tekniğini diğer ince film üretme tekniklerinden daha avantajlı kılan özellikleri;

- Kalınlığını kontrol edilebilir olması ve nano boyutlarda üretilebilmesi
- İnce film malzemesinin moleküler yapısının kontrol edilebilir olması
- Değişik uygulamalar için simetrik ve asimetrik yapılarının üretilebilmesi
- Üretimi basit ve düşük maliyetli olması
- Bilim, teknoloji, sağlık ve endüstri gibi birçok alanda uygulanabilir olması

gibi sıralanabilir.

### **2.3.9. Langmuir – Blodgett İnce Film Tekniğinin Uygulama Alanları**

LB ince film tekniği, son yüzyılda sanayinin gelişmesiyle birlikte dünya atmosferinin kirliliği bütün dünya ülkelerinin gündeminde yer almaya başlamıştır. Bu yönde birçok bilimsel projeler desteklenmiş ve desteklenmesi için yasalar çıkarılmaya başlanmıştır. LB ince film tekniği ile üretilen ince film sensörlerinin maliyetinin düşük olması sebebiyle, zararlı gazların tespit edilmesinde yaygın olarak tercih edilmektedir. LB metoduyla üretilen gaz sensörleri oldukça duyarlı, seçici ve geri dönüşümlü olabilmektedir. Üretilen sensörün hangi gazı algılayacağı ise, ince film malzemesinin yapısına bağlı olarak değişir.

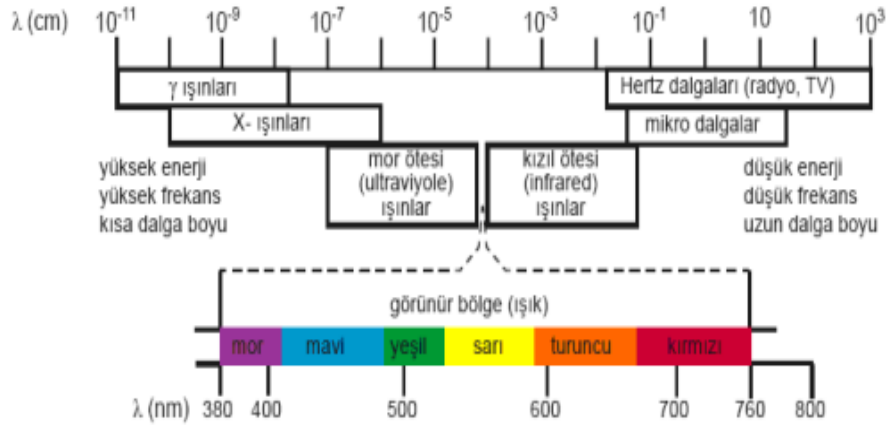
Asimetrik yapıdaki LB ince filmleri pyroelektrik özellikte malzemeler üretilebilir. Bu malzemeler sıcaklık değişimlerine duyarlı olması sebebi ile; askeri, sanayi ve uzay araştırmaları için termal kameralar, yangın alarmları ve gece görüş kameralarında sensör olarak üretilebilir.

LB ince filmleri dielektrik sabitinin genellikle düşük olması nedeniyle bazı elektronik devrelerde kapasitör olarak kullanılabilir. İletişim ve telekomünikasyon endüstrisinde yüksek aralıklı band yapısına sahip LB filmleri, optik anahtar ve bilgi depolama devre sistemlerinde kullanılabilir.

## 2.4. Karakterizasyon Analizinde Kullanılan Yöntemler

### 2.4.1. UV- Görünür Bölge Spektrofotometre Analiz Yöntemi

UV-görünür bölge spektrofotometre analiz yöntemi atom veya moleküllere gönderilen ışık ile elektronların bir enerji seviyesinden diğerine geçişi sırasında yayımlanan ışımının ölçülmesi ile yapılan bir analizdir. Elektronların enerji seviyeleri arasında geçişi sırasında oluşan spektrumlara, elektronik spektrum veya absorpsiyon spektrumu adı verilir. Absorpsiyon spektrumu 100nm ile 700 nm aralığındaki kısmı kapsar. Bu aralık elektromanyetik spektrumda aşağıdaki şekilde de görüleceği üzere X- ışınları ile görünür bölge aralığına denk gelmektedir [41]. Bu aralıkta 10-400 nm arasındaki kısım mor ötesi aralığa 400-700nm arası görünür bölgeye tekabül etmektedir. UV-görünür bölge spektrofotometresi 100-200nm dalga boyu arası vakum bölgesi veya uzak morötesi bölge olarak bilinir ve bu bölgede havadaki su, azot, oksijen, karbondioksit gibi moleküllerin analizinde kullanılır. Diğer analizler için 200-1000nm arası kullanılır [37].



Şekil 2.4.1. Elektromanyetik Spektrum

#### 2.4.1.1. Elektromanyetik Spektrum

1800'lü yılların sonuna doğru J.C. Maxwell ivmeli elektrik yüklerinin sonsuz uzayda elektrik ve manyetik alanlarının birbirlerini ikisini birbirine dik olarak

doğurduklarını ve yine bu iki alana dik olarak hareket ettiklerini keşfetmiş ve bu sistemi elektromanyetik dalga olarak açıklamış ve ışığında bir elektromanyetik dalga olduğunu keşfetmiştir [37]. Daha sonra yapılan keşifler elektromanyetik dalgaların çok büyük bir alana yayıldığını ve farklı tiplerde elektromanyetik dalgaların olduğunu göstermiştir. Bunların tümünün yer aldığı spektruma elektromanyetik dalga spektrumu adı verilmiş ve Şekil 2.4.1’ de gösterilmiştir. Elektromanyetik spektrumda yer alan farklı dalga tipleri ve değer aralıkları aşağıdaki Tablo 2.5’ te verilmiştir [42].

Tablo 2.5. Elektromanyetik spektrumda yer alan farklı dalga tipleri ve dalga boyu aralıkları

Dalga tipi	Dalga boyu aralığı(nm)
Radyo dalgaları	$> 1 \times 10^{-1}$
Mikro dalga	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-1}$
Kızıl ötesi dalga	$7 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-3}$
Görünür dalga	$4 \times 10^{-7} - 7 \times 10^{-7}$
Mor ötesi dalga	$1 \times 10^{-8} - 4 \times 10^{-7}$
X- ışınları	$1 \times 10^{-11} - 1 \times 10^{-8}$
$\gamma$ -ışınları	$< 1 \times 10^{-11}$

#### 2.4.1.2. Beer- Lambert Yasası

UV-görünür bölge spektrofotometresinin çalışması ölçüm yapılacak malzemenin atom veya moleküllerinin gönderilen ışığı absorblama miktarıyla orantılıdır. Işığın madde yada ortamın absorblanması iki temel bağıntıyla bağlıdır.

Birinci bağıntı olan Beer yasası; ortama ya da maddeye gönderilen ışığın soğurulan miktarı maddenin miktarı ile doğru orantılıdır.

İkinci bağıntı olan Lambert yasası ise; madde üzerine gönderilen ışığın soğurulma miktarı ışığın şiddetinden bağımsızdır.

Eğer ışığın gönderildiği ortam bir çözelti ise ışığın soğurulma miktarı çözeltinin derişimine ve ışığı çözelti içinde kat ettiği yola bağlıdır. Çünkü ışık daha çok atom veya molekülle etkileşir ve ne kadar çok atom veya molekülle etkileşirse o kadar çok soğurulur [43].

Lambert yasasına göre, bir çözelti veya madde gönderilen  $I_0$  şiddetindeki tek dalgaboylu (monokromatik) bir ışık demetinin çözeltiyi terk ettiği  $I_1$  ışık şiddeti arasında, çözeltinin derinliğiyle denklem 2.3’ te gösterildiği gibi logaritmik üstel olarak azalır.

$$I_1 = I_0 \cdot 10^{-bl}$$

(2.3)

Işık şiddetinin çözelti derişimine bağlı değişimi ise, çözelti derişimiyle logaritmik üstel olarak azalır.

$$I_1 = I_0 \cdot e^{-bC} \quad (2.4)$$

veya

$$I_1 = I_0 \cdot 10^{\epsilon l C} \quad (2.5)$$

şeklinde ifade edilir. Eğer bu eşitliğin logaritması alınırsa;

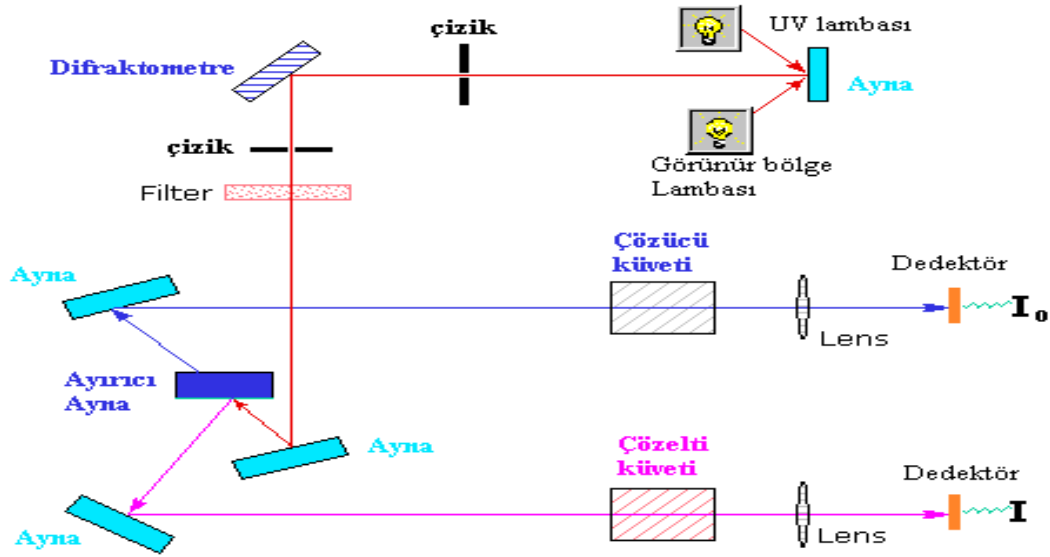
$$\log\left(\frac{I_0}{I_1}\right) = \epsilon \cdot l \cdot C = Y \quad (2.6)$$

şeklinde olur.

Çözeltinin ışık geçirgenliği veya absorbensliği, çözeltiye gönderilen ışığın şiddetinin, çözeltiden çıkan ışığın şiddetine oranıdır ( $I_1/I_0$ ). Bu oran 100 ile çarpılarak yüzde transmitans(%T) olarak tanımlanır [44].

#### **2.4.1.3. UV- Görünür Bölge Spektrofotometresinin Çalışma Prensibi**

UV-Görünür bölge spektrofotometresinin çalışması atom veya moleküllerin elektronlarının ışık ile etkileşmesi sonucunda elektronların enerji seviyelerinin ışığın dalga boyuna bağlı olarak değişmesi ile maddeye gönderilen tek dalga boylu ışığın şiddetindeki değişimin ölçülmesi esasıyla çalışan bir cihazdır. Kısacası bir madde ya da çözeltinin ışığı absorblaması temeline dayanır.



Şekil 2.4.2. UV-Görünür Bölge Spektrofotometresinin çalışma prensibi

Bu sistemde öncelikle çözücü veya referans numunenin absorptans değerleri Beer - Lambert yasasını baz alan bir program aracılığı ile belirlenir. Bu işlemde, cihaza çözelti yerleştirilerek çözücü veya referans numune arasındaki farktan çözeltinin absorptanslığı belirlenir. Bu yöntem ile malzemenin saflığı ve cam gibi görünür bölge ışığı geçiren kaplama yüzeylerde katman kalınlığı belirlenebilir.

#### 2.4.2. YPR (Yüzey Plazmon Rezonans) Teorisi

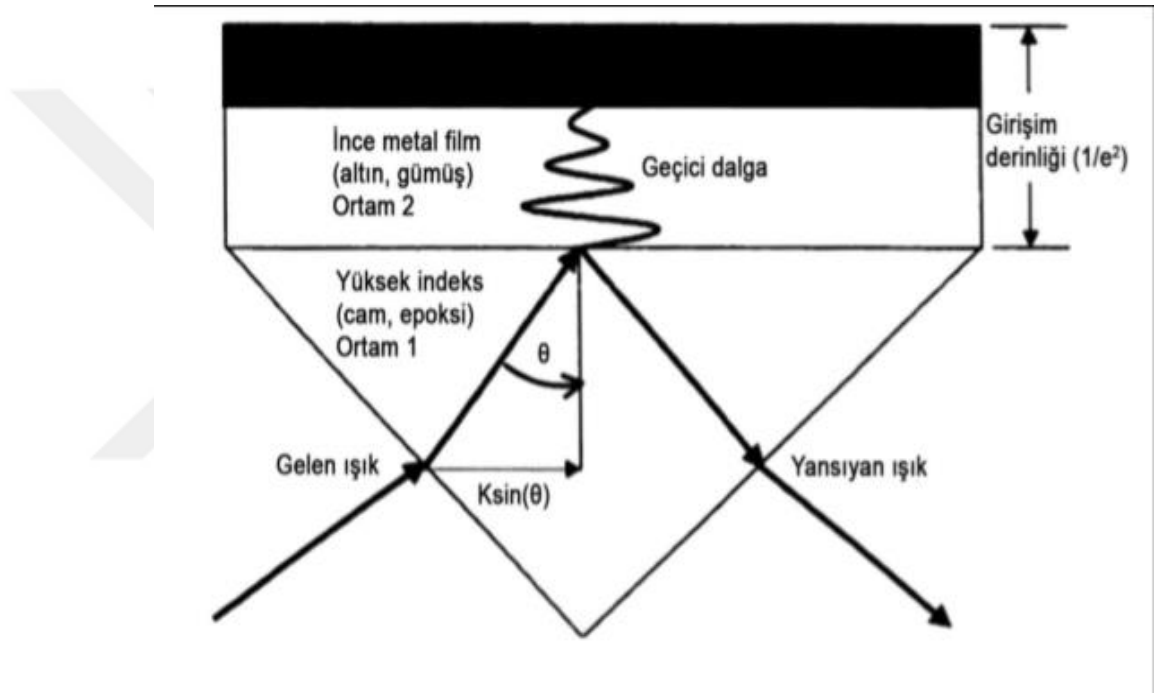
Yüzey plazmon teorisi ince metal kaplı yüzeydeki metal elektronları ile ışık fotonunun birleşmesi veya ışık fotonları ile metal elektronları arasındaki enerji transferi ilkesine dayanır. Metal veya metal yüzeyin çevresindeki farklılık enerji transferi için ışığın geliş açısı farklılık gösterir. Metal yüzeyi ile ışık fotonları arasında bir enerji transferi gerçekleştiğinde metal yüzeyin alt kısmından yansıyan ışığın şiddetinde bir değişim meydana gelir. Işığın şiddetindeki bu değişimin ölçümüyle yüzey plazmon rezonans ölçümü gerçekleşir [45]. Farklı açılarda gönderilen ışık yansırken belli bir açıda gönderilen ışık absorblanır bu açıya rezonans açısı denir.

Yüzey plazmon rezonans yönteminde, ışığı geçirgen iki farklı kırılma indisine sahip iki farklı ortam arasında (cam prizma ve çözelti) ince metal bir film kullanılarak ölçüm yapılır. Kullanılan metal film genellikle altın veya gümüştür. Yüzey plazmon rezonans için kullanılacak olan metal, uygun açılı ışıkla rezonansa girebilecek iletkenlik bandı elektronlarına ve sensör olarak kullanılabilme için gerekli kimyasal modifikasyonlar için



uygun özelliklere sahip olmalıdır. Altın belirtilen iki temel özelliğe birden sahip olan nadir metallere biridir. Bu özelliklere sahip olan diğer metallere göre uygulaması oldukça kolaydır. Örnek olarak, indiyum gibi bazı elementler çok pahalıdır; sodyum gibi elementler oldukça reaktiftir; bakır, alüminyum gibi bazılarının yüzey plazmon cevapları çok genişir veya gümüş gibi bazı elementler oksitlenmektedir[46]. YPR sistemlerinde en çok kullanılan prizma yapısı Kretschmann prizma yapısıdır[47].

#### 2.4.2.1. Yüzey Plazmon Rezonans Analiz Yöntemi



Şekil 2.4.3. Yüzey plazmon rezonans oluşumu

Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere metal yüzeye uygun p-polarize ışık metal elektronları ile birleşmesi için bir prizmadan geçirilir. P- polarize ışık metal film normaline uygun elektrik alan salınımına sahip olmasından dolayı plazmon oluşumuna sebep olur. Bu durum metal yüzeyindeki elektron plazmalarının transvers manyetik dalgası olarak adlandırılır [48]. S-polarize ışık veya transvers elektrik polarizasyonu metal filme paralel olduğundan yüzey plazmonu oluşturamaz. Metal film yüzeyinde oluşan yüzey plazmonları p- polarize ışığı absorbe eder ve toplam iç kırınımına uğrayan ışığın parlaklığında veya şiddetinde bir değişim meydana gelir. Bu değişime karşılık gelen ışığın kırınım açısında da bir fark

oluşur ve bu iki parametre grafiğe geçirildiğinde açısız parlaklık grafiği elde edilir. Yüzey plazmon rezonansın (YPR) analitik bir cihaz olarak kullanılması, plazmon alanı aralığındaki çevrenin kimyasal bileşimindeki değişimin sebep olduğu ışığın rezonans açısındaki kaymanın ölçülmesine dayanmaktadır. Kimyasal bileşenlerdeki değişim, absorblanan ışığın geliş açısında kaymaya neden olmaktadır. Açık kaymasının büyüklüğü, nicel olarak kimyasal değişimle ilgilidir. Bir sensörde, ince metal film üzerine substrat bağlanmış bir prizma (genel olarak cam ve plastik) üzerine uygulanır. Daha sonra özel bir analite (organik bileşik) özgül moleküller metal film üzerine spesifik olmayan bir şekilde adsorblanır. Sensöre analit içeren örnek uygulandığında gerçekleşen etkileşim gelen ışığın rezonans açısındaki kaymanın ölçüldüğü metal yüzeyindeki kimyasal bileşen değişimine neden olur. Rezonans açısındaki kaymanın boyutu, örnek içerisindeki analitin miktarı ile orantılıdır. Moleküller arasındaki ilişki oldukça özgül olduğundan dolayı diğer moleküller sensör tarafından ölçülememekte ve çapraz-reaktivite gözlenmemektedir [47].

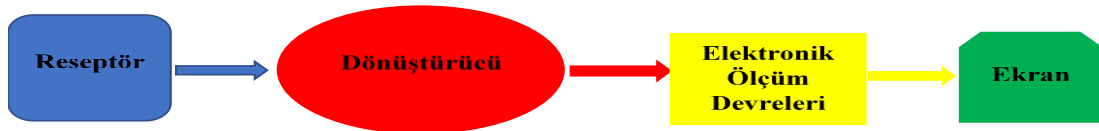
## **2.5. Sensörler**

Genel olarak, herhangi bir fiziksel veya kimyasal özelliğin miktarı ve durumu ölçülebilir veya gözlenebilir elektrik sinyallerine dönüştüren araçları sensör olarak adlandırabiliriz. Günümüzde insan hayatını kolaylaştırmak, çevre kirliliğini önlemek, canlı sağlığını korumak, bilimsel araştırma yapmak gibi birçok alanda kullanılan sensörlerin çalışmaları için dayandığı fiziksel ve kimyasal özellikleri ve ölçtüğü veya algıladığı büyüklükler aşığıdaki Tablo 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2.6. Sensörlerin fiziksel veya kimyasal özelliğine göre ölçtüğü büyüklükler[49-51].

<b>Fiziksel veya Kimyasal Özellik</b>	<b>Ölçtüğü Büyüklükler</b>
Mekanik	Uzunluk, alan, hacim, hız, ivme, kuvvet, tork, basınç, ses dalga boyu, şiddet
Termal	Sıcaklık, ısı, entropi, ısı akışı vs.
Elektriksel	Voltaj, akım, direnç, yük, indüktans, kapasite, dielektrik sabiti, polarizasyon, elektrik alanı, frekans, dipol momenti
Manyetik	Alan şiddeti, akı yoğunluğu, manyetik moment, manyetik geçirgenlik
Optik	Yoğunluk, faz farkı, dalga boyu, polarizasyon, yansıtma indeksi
Kimyasal	Konsantrasyon, reaksiyon hızı, pH, oksidasyon/indirgeme potansiyelleri
Biyolojik	Biyolojik örnek içinde kimyasal bir maddenin miktarı ve/veya aktivitesine seçici ve tersinir olarak tepki gösteren ayrıca biyolojik aktivitelerde hedef analitler

Sensör sistemleri tipik olarak aşağıdaki Şekil2.5.1’de görüldüğü gibi dört ana unsurdan oluşur.



Şekil 2.5.1: Tipik Şematik sensör sistemleri

Bu sistemde reseptör, algılama mekanizmasının başladığı kısımdır. Reseptör, ölçümü alınacak numune veya ortamlarla temas eder ve bu temas sonucu, ortam veya numune reseptördeki moleküllerle kısa süreli etkileşime geçerek, reseptör moleküllerinin yapılarında veya hareketlerinde değişime neden olur. Bu değişim sensör sisteminin ikinci kısmı olan dönüştürücüde bir elektrik sinyaline dönüştürülür ve bu sinyalin büyüklüğü elektronik ölçüm devreleri aracılığı ile belirlenerek bilgisayar ekranına veya uyarıcıya iletilir. Sensör sisteminde reseptör olarak kullanılan materyal, çeşitli kaplama yöntemleriyle oluşturulmuş organik veya inorganik hassas malzemelerdir.

İdeal bir sensörde bulunması gereken özellikler aşağıda sıralanmıştır;

- Doğruluk: Bir sensör ortamdaki ölçümü olabildiğince hassas ve doğru olarak yapabilmelidir. Sensörün doğru ölçüm yaptığını, değeri bilinen numune veya ortamlar kullanıp kalibre ederek anlaşılabilir.
- Kararlılık veya Tekrarlanabilirlik: Aynı ortamın şartlarını değiştirmeden farklı zamanlarda alınan ölçüm değerlerinin birbirine yakın olması o sensörün kararlı olduğu anlamına gelir.
- Duyarlılık: Sensöre etki eden fiziksel veya kimyasal değişim oranıdır. Örneğin; herhangi bir gaz sensörünün bulunduğu ortamdaki gazın konsantrasyonu 1000ppm arttığında sensörün çıkış voltajı 1 V artıyorsa sensörün duyarlılığı 1mV' tur. Sensördeki duyarlılık değerinin düşük olması sensörün kullanıma daha uygun olduğunu gösterir.
- Seçicilik: Sensör sadece istenilen niceliği ayırt ederek ölçüm yapması o sensörün seçici ve ideal bir sensör olduğunu gösteren bir diğer özelliktir.
- Gürültü: Sensör çıkışındaki sinyallerde rasgele değişimlerin olmasıdır. Gürültünün az olması sensörün iyi çalıştığı anlamına gelir.
- Doğrusallık: Ortamdaki ölçülen niceliğin büyüklüğü ile sensörün çıkış sinyali arasındaki ilişkidir. Niceliğin büyüklüğü ile sensörün çıkış sinyali doğru orantılı olarak değişiyorsa sensör doğrusal bir özellik gösteriyor demektir.
- Doygunluk: İdeal bir sensörün ölçülen niceliğin büyüklüğüyle orantılı olarak çıkış sinyalleri üretmesi beklenirken belli bir değerden sonra sensörün çıkış sinyali ile ölçülen niceliğin büyüklüğü doğrusal olarak değişmez. Bu belli değere sensörün

doyunluk değeri denir ve doyunluk değeri nekadar yüksekse okadar yüksek değerlerde ölümler alınabilir.

- **Tepki Süresi:** Sensörün llen niceliğe ne kadar sürede tepki verdiği önemlidir ve genellikle tepki süresinin kısa olması ideal sensörlerde olması gereken bir özelliktir.
- **Histerizis:** Sensörün, sıfır seviyesinden yarı konsantrasyon seviyesine kalibre edilmesine ile tam konsantrasyondan yarı konsantrasyon oranına kalibre edilmesi arasındaki farka histerizis denir. Bir rnek ile açıklanacak olursa; 0-100 ppm arası ölüm yapabilen bir cihaz, 50 ppm gaza maruz kaldığında 0 dan 50 ppm'e kalibre edildiğinde, cihaz monitöründe 50 ppm olarak okunur. Fakat cihaz 50 ppm gaz ortamında 100 ppm'e kalibre edilirse sensör 55 ppm gibi bir değer gösterebilir ve arada oluşan bu farka histerisis denir. İdeal bir sensörden beklenen, alınan ölüm sonuçlarında histerizis oluşmamasıdır.

### 2.5.1. Gaz Sensörleri

Son yıllarda küresel ısınma ve iklimsel değişikliklerin nedeni olarak, dünya atmosfer tabakasının incilmesi ile atmosfer tabakası altında sera gazları ve organik bileşik gazlarının birikmesi gösterilmektedir. Bunun yanında atmosfer tabakasında biriken bu gazlar, canlı sağlığı ve hayatını da tehdit etmektedir. Bu duruma önlem olarak dünya evre ve sağlık örgütlerinin öncülüğünde bu zararlı gazların tespit edilip kullanımını minimum seviyeye düşürmek veya kullanımını kontrol altına almak için uluslararası anlaşmalar imzalamış ve projeler geliştirmiştir. İnsanları bu yönde bilinçlendirmek için önemli kampanyalar başlatılmıştır. Doğaya salınan bu gazların tespit edilmesi hususunda gaz sensörlerinin yapımı ve geliştirilmesinin büyük önemi vardır.

Piyasada birçok farklı yöntemlerle üretilmiş ve farklı fiziksel değişimlere dayanarak üretilmiş gaz sensör tipi bulunmaktadır. Bu sensör tiplerinden bazılarının üretildiği malzeme ve tepki gösterdikleri fiziksel, kimyasal veya yapısal değişimler Tablo 2.7' de verilmiştir.

Tablo 2.7. Sensör tiplerinin üretildiği maddeler ve tepki gösterdikleri değişimler[37,52,53].

Sensör Tipleri	Üretildiği madde	Tepki Gösterdiği Fiziksel, Kimyasal veya Yapısal Değişim
Yarı iletken metal oksit	Yarı iletken metal Oksitleri ( $SnO_2, TiO_2, In_2O_3, WO_3, NiO, vb.$ )	Direnç veya elektriksel iletkenlik değişimi
Piezoelektrik Sensörler (QCM)	Organik ve inorganik ince film tabakaları	Kütle değişimi sonucu frekansın değişimi
Optik Gaz Sensörleri	Organik ve inorganik ince film tabakaları	YPR, yansıma, interferometri, emilim, floresans, kırılma indeksi, optik yol uzunluğu gibi değerlerin değişimleri
İletken polimerler	Modife edilmiş .iletken polimerler	Direnç veya iletkenlik değişim
Katalitik alan etkili sensörler	Katalitik metaller	Çalışma fonksiyonunun değişimi (elektriksel polarizasyon)
Kızılötesi sensörler	IR yarı-iletken maddeler	Isısal değişim
Elektrokimyasal hücreler	Katı veya sıvı elektrolitler	Akım veya gerilim

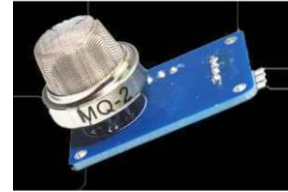
Örnek olarak kullanılan gaz sensörlerinden bazıları Şekil 2.5.2’de gösterilmiştir.



Alkol, Toluen,  
Ksilen, organik  
sensörü



Karbonmonoksit  
sensörü



Duman, Bütan,  
Hidrojen, LPG,  
gaz sensörü

Şekil 2.5.2. Piyasada bulunan bazı gaz sensörü örnekleri

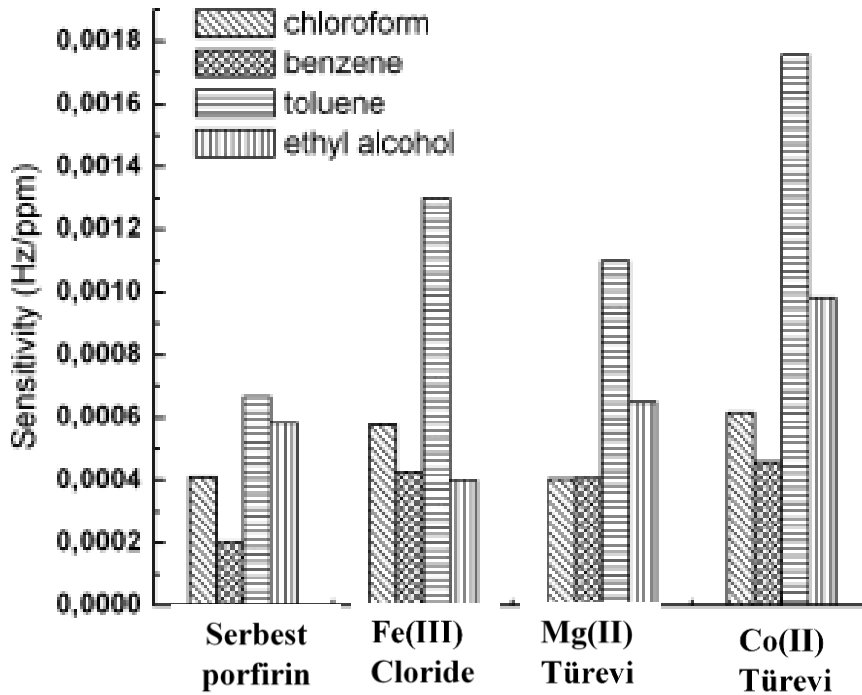
Bu tez kapsamında LB ince film üretim metodu kullanılarak SB-54 maddesiyle üretilen organik ince filmin Yüzeysel Plazmon Rezonans(YPR)temelli gaz sensör özellikleri incelenmiştir.

## 2.5.2. Gaz Sensörlerinde Langmuir-Blodgett İnce Film Metodunun Uygulamaları

Bu başlık altında LB ince filmlerin gaz sensör uygulamaları ile ilgili literatüre girmiş bazı çalışmalarda elde edilmiş sonuçlara değinilmiştir.

Polyaniline maddesi ile kuartz kristal yüzey üzerine kaplanmış LB ince filmler,  $NO_2, H_2S, SO_2$  gazlarına ayrı ayrı maruz bırakılarak LB ince filminin üzerine uygulanan elektriksel akımdaki değişimler gözlenmiştir [54].

Diğer bir uygulama ise; biri metal içermeyen diğer üçünün farklı metaller (Co, Fe ve Mg) içeren porfirin türevi, kloroformla konsantrasyonu 0,2 mg/ml değerlerinde ayrı ayrı çözeltiler hazırlanmış ve her bir çözeltiden ayrı zaman diliminde 500 $\mu$ L su ara fazına serpilmiştir. Organik buharlara karşı hassasiyetleri incelenmek üzere, Kuartz kristal yüzey üzerine 10'ar tabaka4 farklı Y-tipi LB ince film üretilmiştir. LB ince filmleri kloroform, benzen, etil alkol ve toluen buharlarına ayrı ayrı maruz bırakılmış ve Şekil2.5.3' teki sonuçlar elde edilmiştir [55].



Şekil 2.5.3. Porfirin Türevlerinden Oluşturulan LB ince filmlerinde kullanılan UOB'lere verdikleri tepkilerin karşılaştırması [55].

Benzen, toluen, izopropil alkol, etil alkol ve kloroform uçucu organik bileşik buharlarıyla yapılan  $Pc_2$  LuLB ince film sensör çalışmasında; kuartz kristal yüzey üzerine 12 tabaka Y-tipi kaplama yapılmış ve üretilen ince filmin bu zararlı organik buharlara QCM tekniği kullanılarak maruz bırakılmıştır. Zamana bağlı frekans değişimleri kontrol edildiğinde  $Pc_2$  LuLB ince film sensörü, kloroform ve izopropil alkol buharlarına verdiği tepkinin daha yüksek ve hızlı, tekrarlanabilir aynı zamanda geri dönüşümlü olduğu sonucuna varılmıştır [56].

Çapan,R. ve ekibinin arakhidik asidin( $C_{20}H_{40}O_2$ ) 0,2mg/ml konsantrasyonlu kloroform ile hazırlanmış çözeltisi ile kuartz kristal yüzey üzerine oda sıcaklığında 20 tabaka Y-tipi kaplama yapılarak benzen, kloroform, toluen, izopropil alkol ve etil alkol buharlarına maruz bırakılmıştır. QCM ölçümlerinden elde edilen kütleyle bağlı frekans değişimlerinden en yüksek frekans değişiminin, oluşturulan LB ince filminin kloroform buharına maruz kaldığında olduğu gözlenmiştir [57].

Kloroform ile 0,2mg/ml konsantrasyonlu piren içerikli polistiren çözeltisi hazırlanıp ultra saf su üzerine 100 $\mu$ L serpilerek 16mN/m sabit yüzey basıncı ile altın kaplı cam yüzey üzerine X-tipi 20 tabaka LB filmi; kloroform, etilen, benzen ve etil alkol buharlarına ayrı ayrı maruz bırakılırken YPR ölçümleri alınmış ve oluşturulan ince filmin kloroform buharına en yüksek tepki verdiği ölçülmüştür [58].

Perilenediimid türevleri olan N,N'-(L-alanin t-butilester)-3,4:9,10-perilenediimid (C1) ve N,N'-(L-glutamikasit t-butilester)-3,4:9,10-perilenediimid (C2) sırasıyla; 0,52mg/ml ve 0,50mg/ml konsantrasyonlarına sahip kloroformla hazırlanmış çözeltileri 100'er  $\mu$ L ultra saf su ara yüzeyine serpilerek altın kaplı cam yüzey üzerine 15mN/m sabit yüzey basıncında Y- tipi 20 tabaka iki ayrı LB filmi oluşturup, aseton, benzen, diklorometan, etanol, kloroform, karbon tetraklorür, metanol ve toluen buharlarına maruz bırakılırken SPR ölçümleri alınmıştır. C1 maddesinin diklorometan, benzen, kloroform buharlarına yüksek tepkiler, etanol ve metanol buharlarına ise düşük tepkiler verdiği gözlenmiştir. Aynı zamanda geri dönüşümlü ve seçici özellik gösterdiği sonucuna varılmıştır. C2 maddesi için; 4 ml ve üzeri konsantrasyonlardaki aseton buharına karşı iyi tepki verdiği oda sıcaklığında kullanılan gaz sensör çalışmalarında veya uygulamalarında kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu sonucuna varılmıştır [30].



Kopolimer türü olan poli [(Stiren (ST) -co-Glisidil Metakrilat (GMA)]maddesi ile 2,4 mg/ml konsantrasyonunda kloroform ile hazırlanan çözelti, 500µL ultra saf su ara fazına serpilerek 18 mN/m sabit yüzey basıncında kuartz kristal ve altın kaplı yüzeyler üzerine 12' şer tabaka Y-tipi kaplanarak elde edilen LB filmler; diklorometan, benzen, toluen, etanol ve kloroform buharlarına maruz bırakılmıştır. QCM ve YPR kinetik gaz ölçümleri karşılaştırıldığında poli [(Stiren (ST) -co-Glisidil Metakrilat (GMA)] LB ince filminin her iki ölçüm sonucunda da diklorometan buharına daha yüksek tepki verdiği görülmüştür [59].

Mezo-octaethylcalix [4] pirol maddesinin  $5 \cdot 10^{-4}$  M kloroformlu çözeltisinden ultra saf su ara fazına serpilerek 20C°'de ve 29 mN/m sabit yüzey basıncı ile 50 nm gümüş kaplı yüzey üzerine farklı tabakalarda transfer işlemi gerçekleştirilmiştir. Pirol LB ince filmleri, etanol, metanol ve izopropanol buharlarına maruz bırakılıp SPR ölçümleri incelenmiştir [60].

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar öncesi gerekli temizlik işlemleri büyük bir hassasiyetle gerçekleştirilmiştir. LB ince film üretme teknesi, deneyde kullanılacak çözeltinin hazırlanacağı kap ve transferin gerçekleştirileceği katı yüzeyler; ultrasonik temizleyici ve kloroform ile temizlenmiştir. İyice temizlendiğinden emin olunduktan sonra kuartz kaplı cam yüzeye transfer için 10ml'lik balon jodede ~ 5mg SB-54 kodlu malzeme, kloroform ile ultrasonik karıştırıcı ile 15 dakika boyunca karıştırılıp çözünmesi sağlanmıştır. Hazırlanan ~0,5 g/L konsantrasyonlu çözeltinin UV-görünür bölge spektrofotometresinde ölçümü yapılmıştır. Hazırlanan çözeltilerden mikro şırınga yardımı ultra saf su dolu olan LB teknesinin yüzeyine önce 50 µL çözelti homojen olarak dağılacak şekilde serpilmiştir. 15 dakika kloroformun buharlaşması için beklendikten sonra izoterm grafiği alınmış ve yüzeye serpilerek moleküllerin az olması sebebi ile uygun izoterm grafiğinin elde edilmediği düşünülmüştür. Daha sonra yüzey iyice temizlenip aynı işlemler tekrarlanarak, 100 µL, 150 µL, 500 µL, 1000 µL, 2500 µL ve 3000 µL çözelti miktarları için tekrar edilmiş ve transfer için uygun yüzey basınç değeri, yüzeye 3000 µL hacim değerinde serpilerek alınan izoterm grafiğinden elde edilmiştir.

Tamamen bilgisayar kontrollü LB ince film üretim sürecinde, yüzey basınç değeri ~15mN/m hedef değerine sabitlenerek kuartz kaplı cam yüzey üzerine 14 tabaka Y-tipi kaplama yapılmış ve her iki tabaka için UV-görünür bölge spektrofotometre ölçümü alınmıştır.

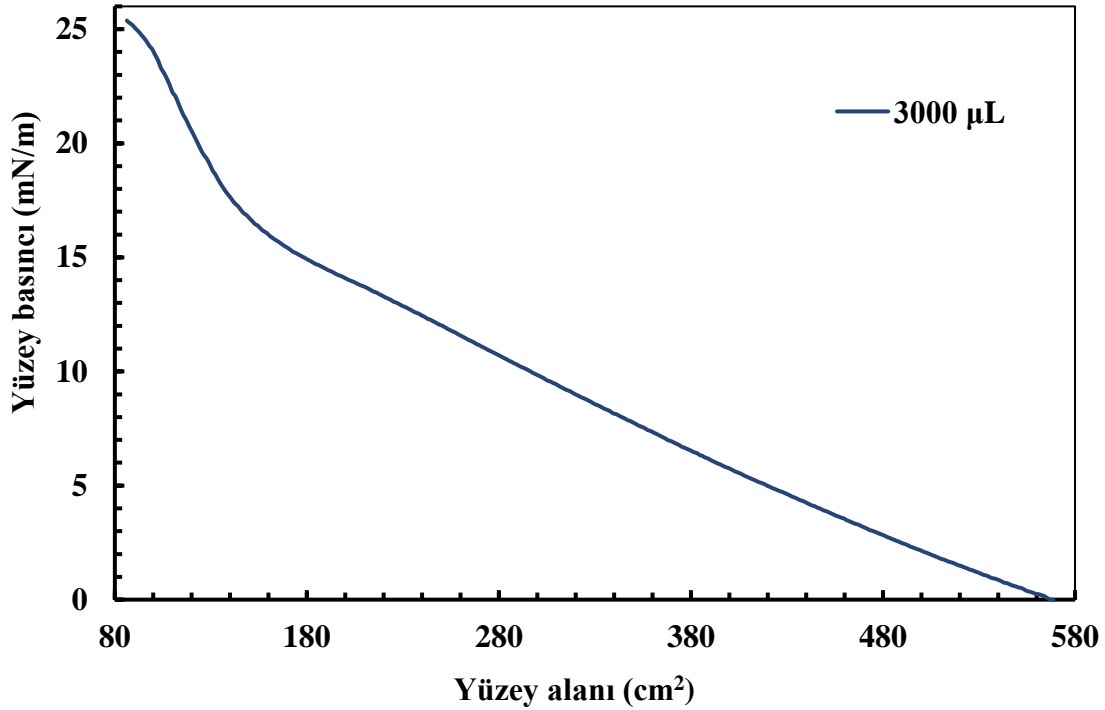
Yukarıdaki işlemlerden sonra 10ml'lik balon jodede 10 mg SB-54 maddesi çözülerek 1 g/L konsantrasyonlu çözelti hazırlanmış ve bu çözelti için 1000 µL LB teknesine homojen olarak serpilip transfer için hedef basınç 15 mN/m'ye ayarlanarak altın kaplı cam yüzey üzerine 10 tabaka kaplanmış ve her iki tabaka kaplamanın ardından 10.tabaka kaplamaya kadar YPR ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Altın kaplı cam yüzey üzerine 10 tabaka SB-54 maddesi ile LB ince filmi 500 mikro litrelik şırınga yardımı ile kloroform, benzen, DCM, KTK, toluen ve ksilen organik

buharlarına maruz bırakılmıştır. SB-54 LB ince filmi, her bir organik buhardan %20, %40, %60, %80 ve %100 (doymuş konsantrasyonda) konsantrasyonlarında etkileşime bırakılarak, ince film sensörünün bu organik buharlara değişen konsantrasyonlarda ya da doymuş konsantrasyonlarda verdiği tepki YPR cihazı yardımı ile takip edilmiştir.

### 3.1. Langmuir-Blodgett İnce Film Üretimi İçin Elde Edilen İzoterm Grafiği Değerlendirmeleri

Bu bölümde, SB-54 maddesine ait izoterm grafiklerinin elde edilmesi ve bu grafiklerin yorumlanması yer almaktadır. Şekil 3.1.1' de 0,5 g/L konsantrasyonunda hazırlanan kloroform çözeltisine ait izoterm grafiği verilmiştir.



Şekil 3.1.1.3000 µL ve 0,5 g/L derişimli çözelti hacminde oluşan izoterm grafiği

Yukarıdaki grafikten görüldüğü üzere transfer için uygun (katı faz) yüzey basıncı değeri Şekil 3.1.1' den elde edilmiştir. Saf su yüzeyine serpilerek 3000µLçözelti hacmi için elde edilen izoterm grafiğinden yararlanılarak; gaz, sıvı, katı ve dağılma fazları(gaz-sıvı ve sıvı-katı arası geçişlerin net olarak belirli olmamakla birlikte)yaklaşık yüzey basıncı aralık değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

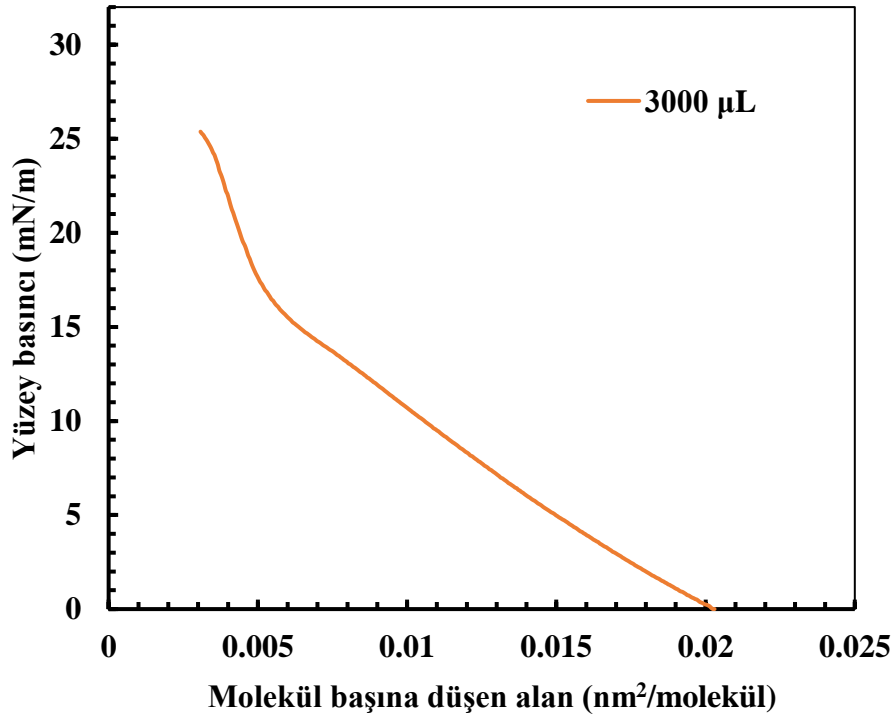
Tablo 3.1. 0,5 g/L derişimli ve 3000 µL çözelti hacimlerindeki faz geçişlerinde yüzey basıncı değerleri

Çözelti hacmi	Gaz	Sıvı	Katı	Dağılma
3000µL	~0-1 mN/m	~1-12 mN/m	~12-24 mN/m	~24-26 mN/m

İzoterm grafik verilerini ve

$$a = \frac{AM_w}{CN_A V} \quad (3.1)$$

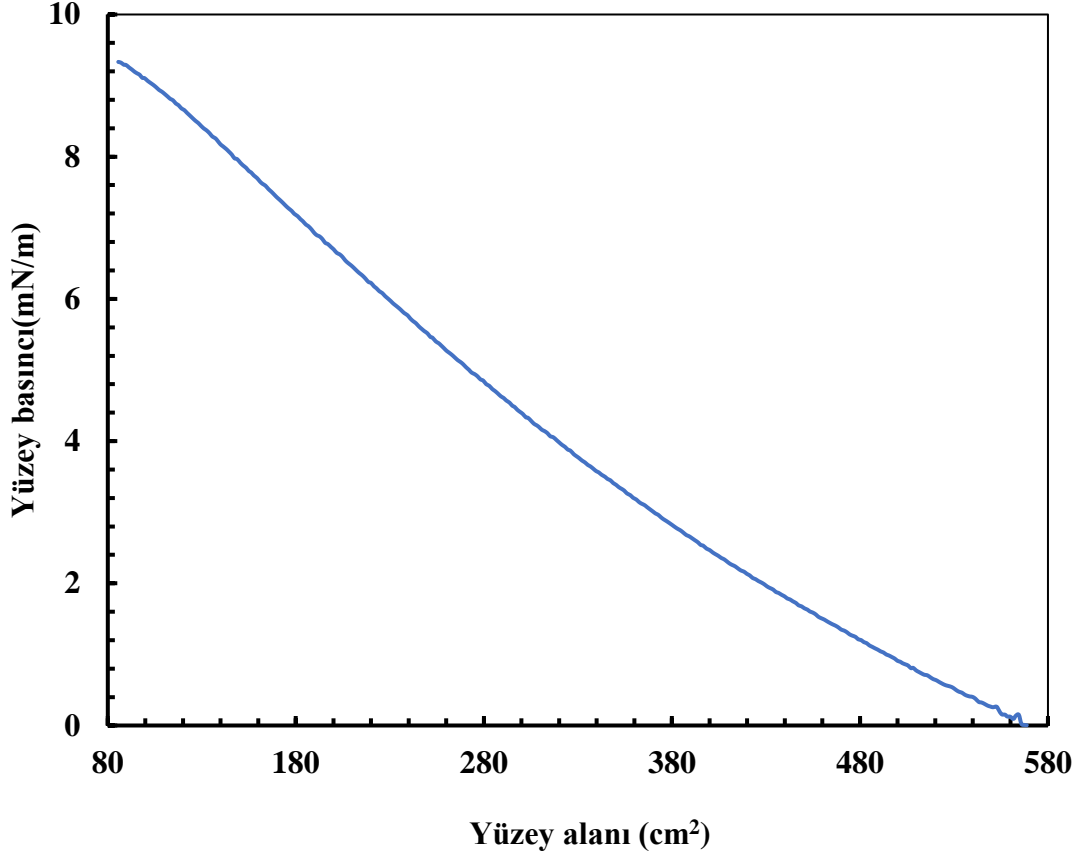
formülü kullanılarak molekül başına düşen alan-yüzey basıncı grafiği aşğıdaki şekilde elde edilmiştir.



Şekil 3.1.2. SB-54maddesine ait hesaplanan molekül başına düşen alan-yüzey basıncı.

Şekil 3.1.2 grafiğinden anlaşılacağı gibi, gaz fazında molekül başına düşen alan en yüksek değere sahiptir. Bariyerler kapandıkça ve katı faza doğru molekül başına düşen alanın azaldığı görülmektedir. Yukarıdaki grafikten şu sonuç da çıkarılabilir; yüzey basıncı ve molekül başına düşen alan ile ters orantılı olarak bir değişim göstermektedir. Altın kaplı cam yüzeye transfer için hazırlanan 1g/L konsantrasyonlu SB-54kloroform

çözeltilisinden 1000  $\mu\text{L}$  saf su bulunan LB teknelerinin üzerine serpilip izoterm ve molekül başına düşen alan grafikleri elde edilmiştir.

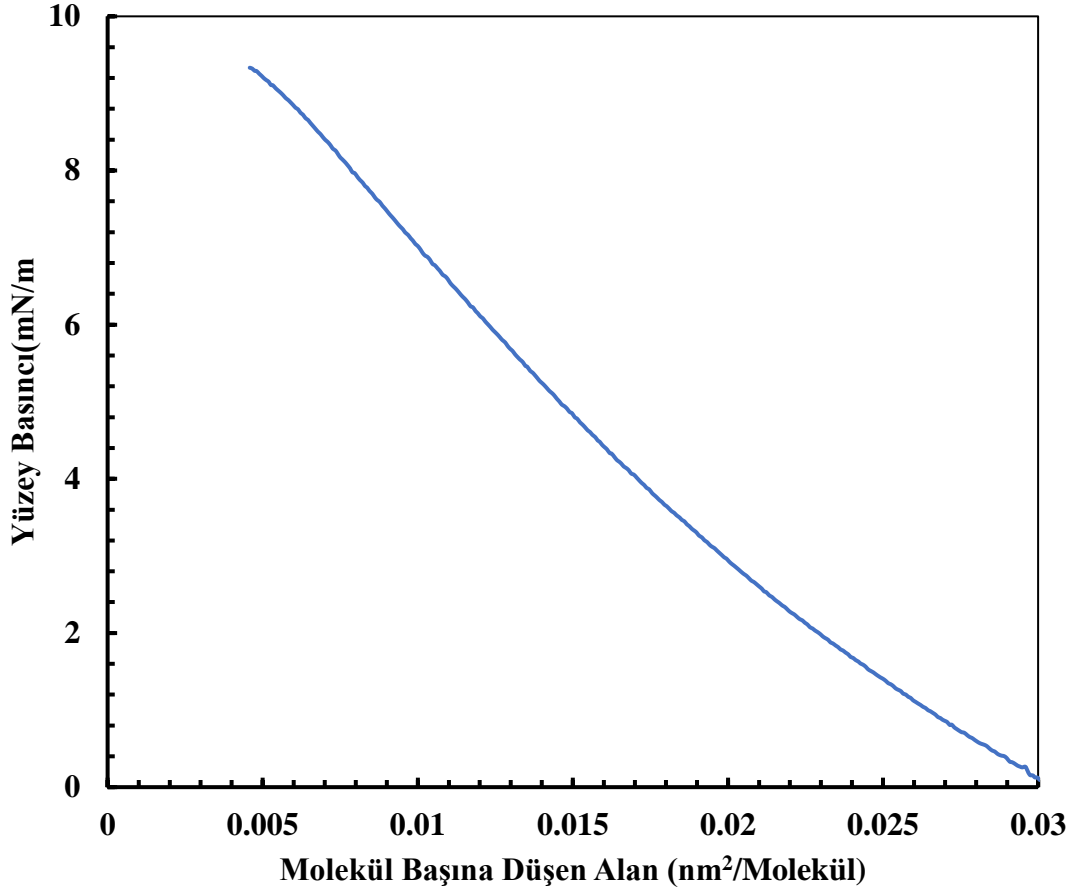


Şekil 3.1.3. 1g/L ve 1000  $\mu\text{L}$  SB-54 çözeltisi izoterm grafiği.

Tablo 3.2. 1g/l derişimli SB-54 çözeltisinin 1000  $\mu\text{L}$  hacmindeki faz geçişlerinde yüzey basıncı değerleri.

Çözelti hacmi	Gaz	Sıvı	Katı	Dağılma
1000 $\mu\text{L}$	~0-1 mN/m	~1-5mN/m	~5-8 mN/m	~8-10 mN/m

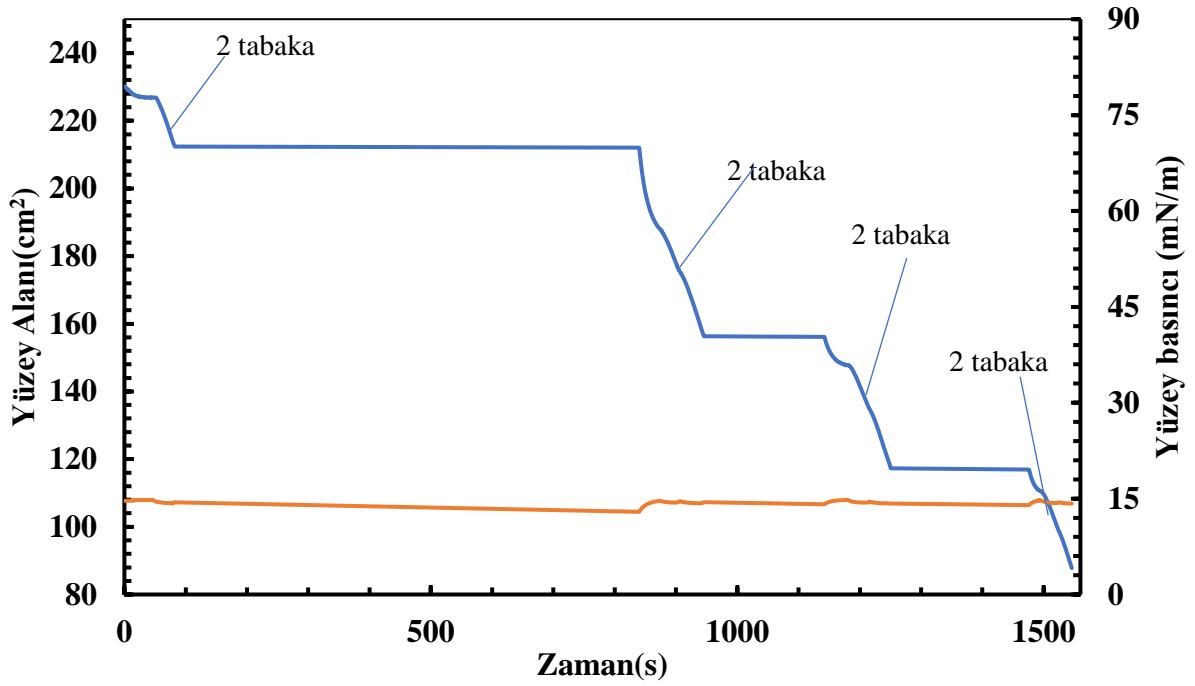
1000  $\mu\text{L}$  için gaz, sıvı, katı ve dağılma yaklaşık faz değerleri tabloda verilmiştir. Maksimum yüzey basıncı ~10mN/m olduğu görülmektedir. Molekül başına düşen alan ise aşağıdaki şekilde görüldüğü gibidir.



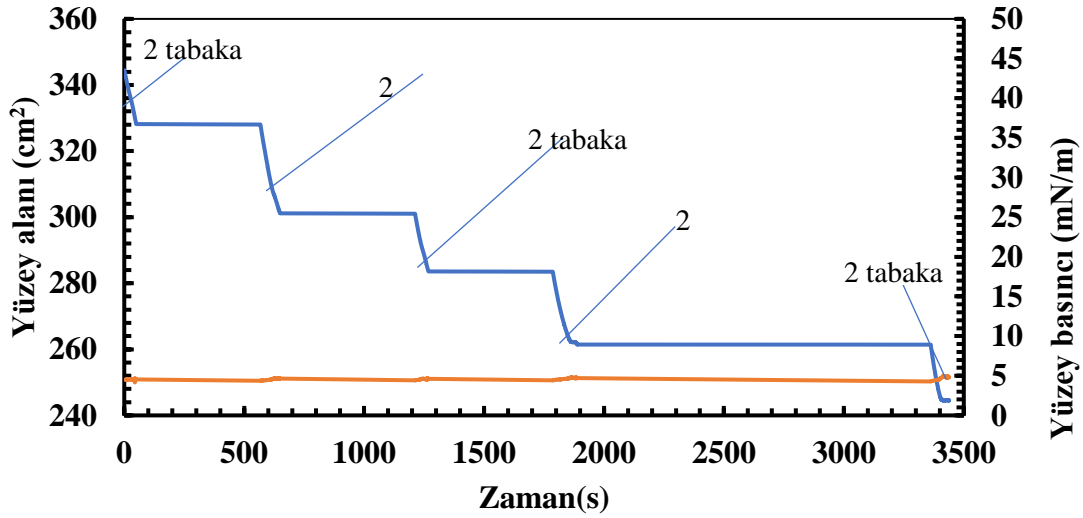
Şekil 3.1.4. 1g/L değişimli 1000 µL hacimli SB-54 çözeltisinin hesaplanan molekül başına düşen alan-yüzey basıncı.

### 3.2.Langmuir-Blodgett İnce Film Üretimi

Kuartz kaplı cam yüzeye transfer işleminden önce, deney araç ve ortamında gerekli temizlik işlemleri yapılmıştır. LB teknesi tekrar saf su ile doldurulduktan sonra yüzeye SB-54 çözeltisinden 3000 µL homojen olacak şekilde serpilmiş ve transfer için uygun hedef basınç 15mN/m'ye sabitlenmiştir. Kuartz cam, katı yüzey tutucuya yerleştirip ilk katman yukarıdan aşağıya doğru daldırma hareketi ile ikinci katman ise aşağıdan yukarıya doğru olacak şekilde kaplamaya devam edilmiştir.



Şekil 3.2.1. Kuartz cam yüzeye SB54 molekül transfer grafiği.

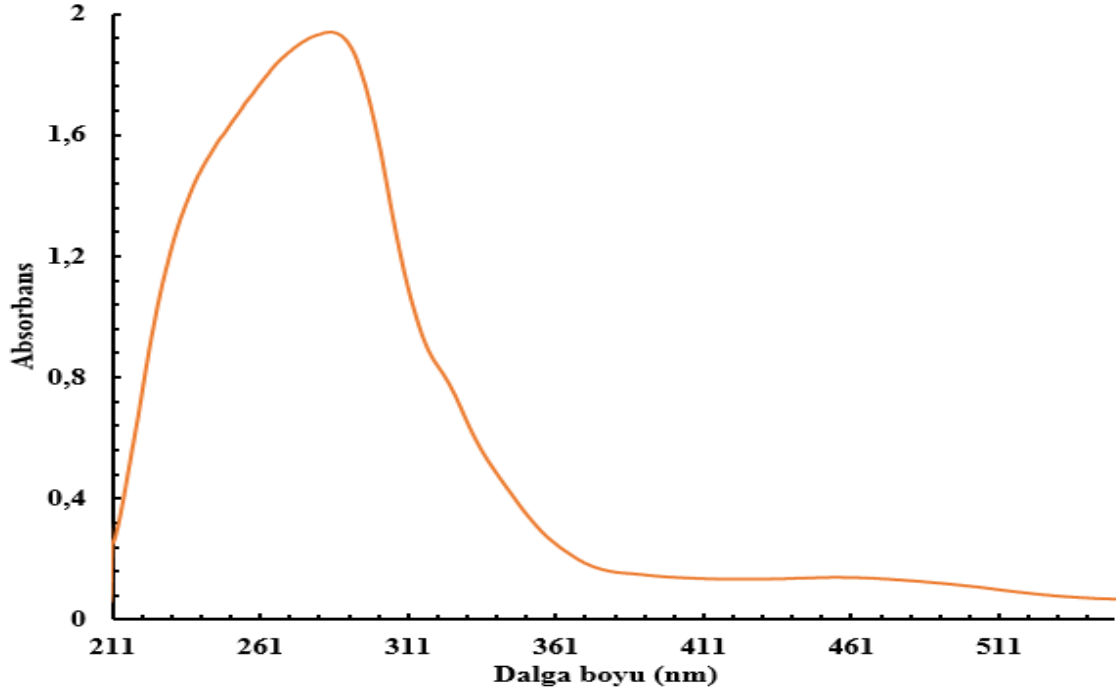


Şekil 3.2.2: Altın kaplı cam yüzeye transfer grafiği.

Kuartz kaplı cam yüzeye kaplama sırasında yüzey basınçları sabit kalırken, yüzey alanında azalma gözlenmesi transferin gerçekleştiğini göstermektedir. Yüzey alanındaki azalma miktarlarının yaklaşık olarak birbirine eşit olması, tabaka kalınlıklarının da birbirine eşit olduğunu gösterir. Bu açıklama doğrultusunda kaplanan ilk 8 tabakanın ilk 2 tabakasına ait transfer oranının, diğer 2tabakaların transfer oranına göre daha düşük olduğu görülmektedir. Altın kaplı cam yüzey üzerine 10 tabaka transfer işlemi hedef basınç

~5mN/m seçilip gerçekleştirilmiştir. Transfer işleminin gerçekleştiği ve her çift tabakaya ait transfer oranının birbirine yakın olduğu Şekil 3.2.2’ de görülmektedir.

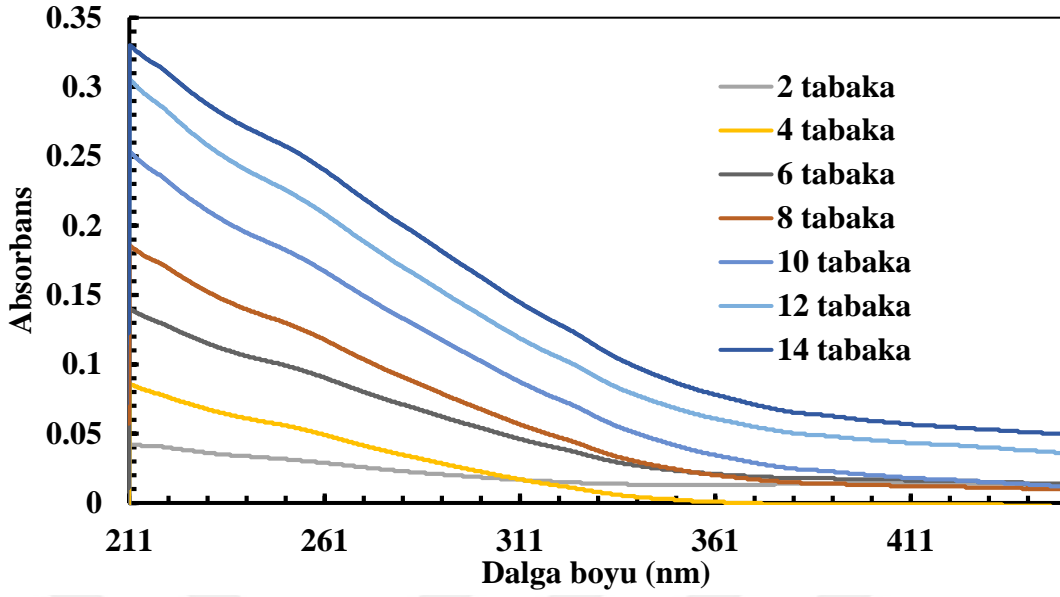
### 3.3. UV-Görünür Bölge Spektrofotometre Ölçümleri



Şekil 3.3.1. 0,5g/L derişimli SB-54 çözeltisinin UV- görünür bölge spektrofotometre analizi

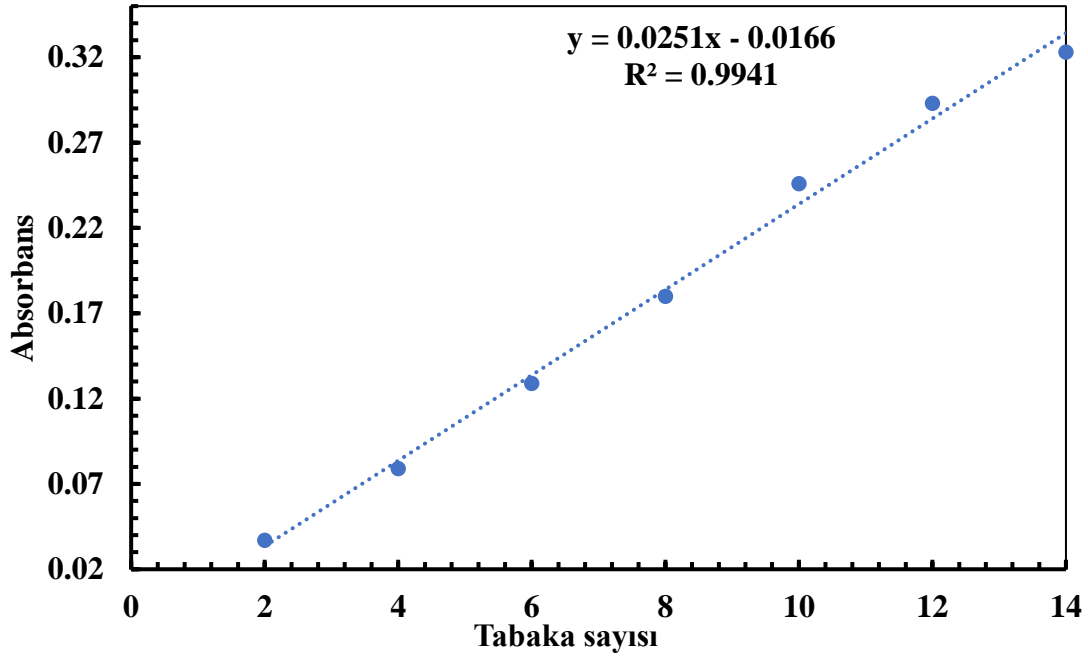
UV-görünür bölge ölçümü için 0,5g/LSB-54 çözeltisinin UV- görünür bölge spektrofotometre ölçümü alınmış 289 nm’de pik verdiği görülmüştür. Kuartz cam yüzey üzerine kaplama işleminde 2, 4, 6, 8, 10, 12 ve 14’üncü tabakalarda UV görünür bölge ölçümü alınmış ve bütün tabakalar için Şekil 3.3.2’ de 211 nm dalga boyu değerinde tabaka sayısı-absorbans değişimi irdelenmiştir.





Şekil 3.3.2. 211 nm’de tabaka sayısına bağlı absorbanans değişimi.

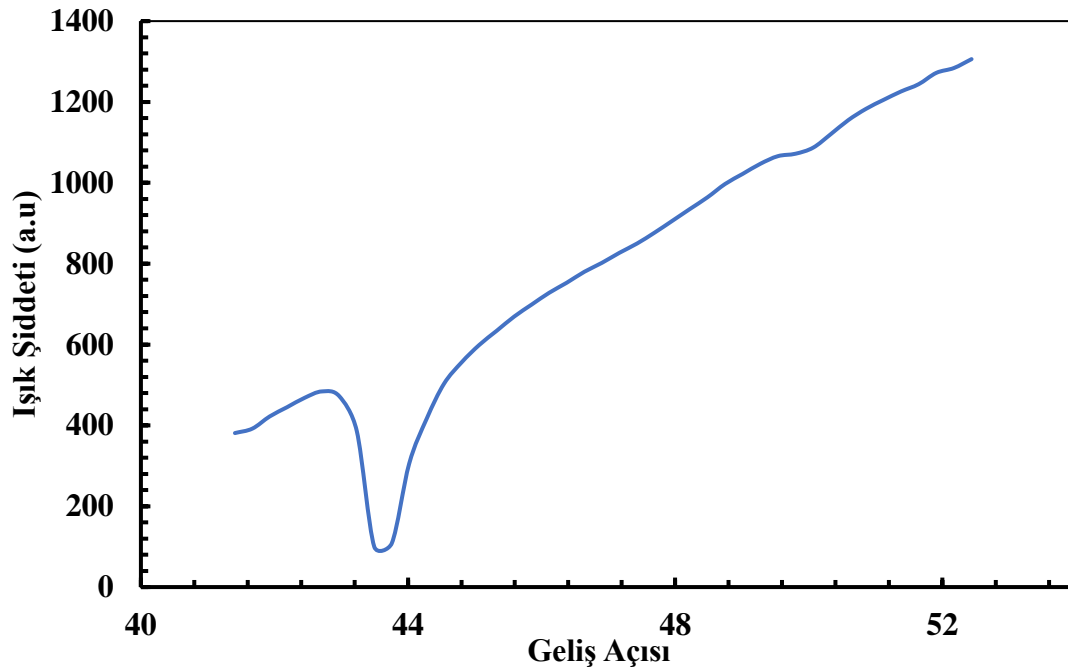
Tabaka sayısına bağlı olarak absorbanlığın artması bize kaplama işleminin gerçekleştiğini ve SB-54 maddesinin LB film maddesi olarak kullanılabileceğini gösterir. Şekil 3.3.3’ te tabaka sayısına bağlı absorbanans değeri lineer bir değişim göstermiştir. Değişimin lineer olarak değişmesi ise bize tabaka kalınlıklarının birbirine yakın olduğunu gösterir.



Şekil 3.3.3. 211 nm’de Tabaka sayısına bağlı absorbanans değişimi

### 3.4. Yüzey Plazmon Rezonans (YPR) Ölçümleri

Yüzey plazmon rezonans ölçümünde rezonans açısındaki kaymaları gözlemleyebilmemiz için alt taş olarak altın kaplı cam kullanılmıştır. Altın kaplı cam yüzeye transfer için 1g/L SB-54 çözeltisi hazırlanıp LB teknesinde bulunan saf su yüzeyine 1000 µL hacminde serpilmiştir. Kloroformun buharlaşması için yaklaşık 15 dakika bekledikten sonra, transfer işlemine başlanmıştır.

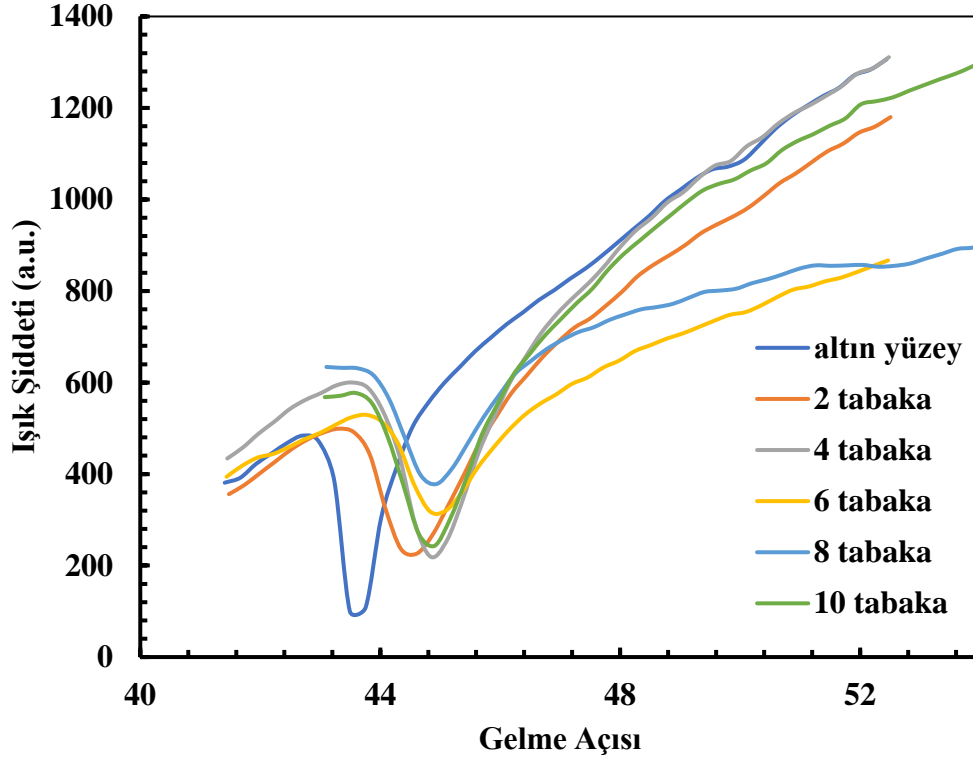


Şekil 3.4.1. Boş altın kaplı cam yüzeyin YPR ölçümü

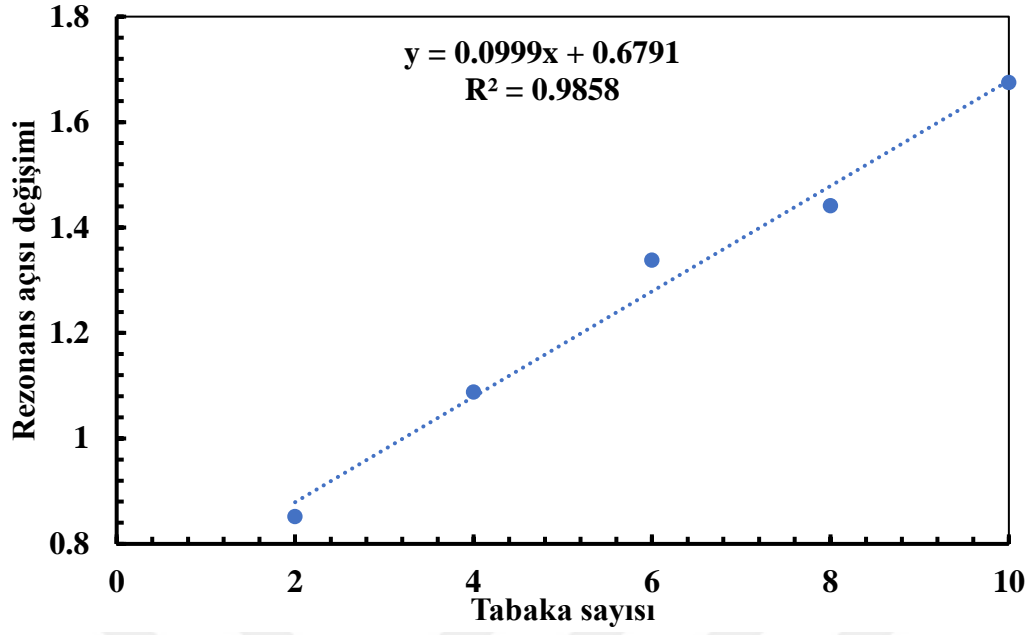
LB ince film kaplama işlemine başlamadan önce boş altın kaplı cam yüzeyin SPR ölçümü alınmıştır. YPR cihazına ait prizma üzerine bir damla index eşleştirici sıvı sürülüp altın kaplı cam prizma üzerine yerleştirilmiştir. YPR ölçümü sonucunda rezonans açısı  $43,756^\circ$  olarak ölçülmüştür. Altın kaplı yüzey üzerine 2 tabaka SB54 kaplandıktan sonra prizma üzerine yine bir damla index eşleştirici sıvı sürüldükten sonra ölçüm yapılmıştır. Her 2 tabaka için aynı işlemler tekrarlanarak toplam 10 tabaka SB54 LB ince film kaplanmış ve YPR ölçümleri kaydedilmiştir (Şekil 3.4.2). Beklenildiği gibi yüzey üzerinde katman sayısı arttıkça rezonans açısında da Minimum  $0,852^\circ$ , maksimum  $1,675^\circ$  lik bir aç kayması gözlenmiştir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3. Tabaka sayısına bağı rezonans açısı değişimi.

Tabaka sayısı (N)	$\theta_{film} - \theta_{altın}$	Rezonans açısı değişimi ( $\Delta\theta$ )
2	44,608-43,756	0,852
4	44,844-43,756	1,088
6	45,094-43,756	1,338
8	45,197-43,756	1,441
10	45,431-43,756	1,675



şekil 3.4.2. Altın kaplı cam yüzeye kaplanan tabakaların YPR ölçümü



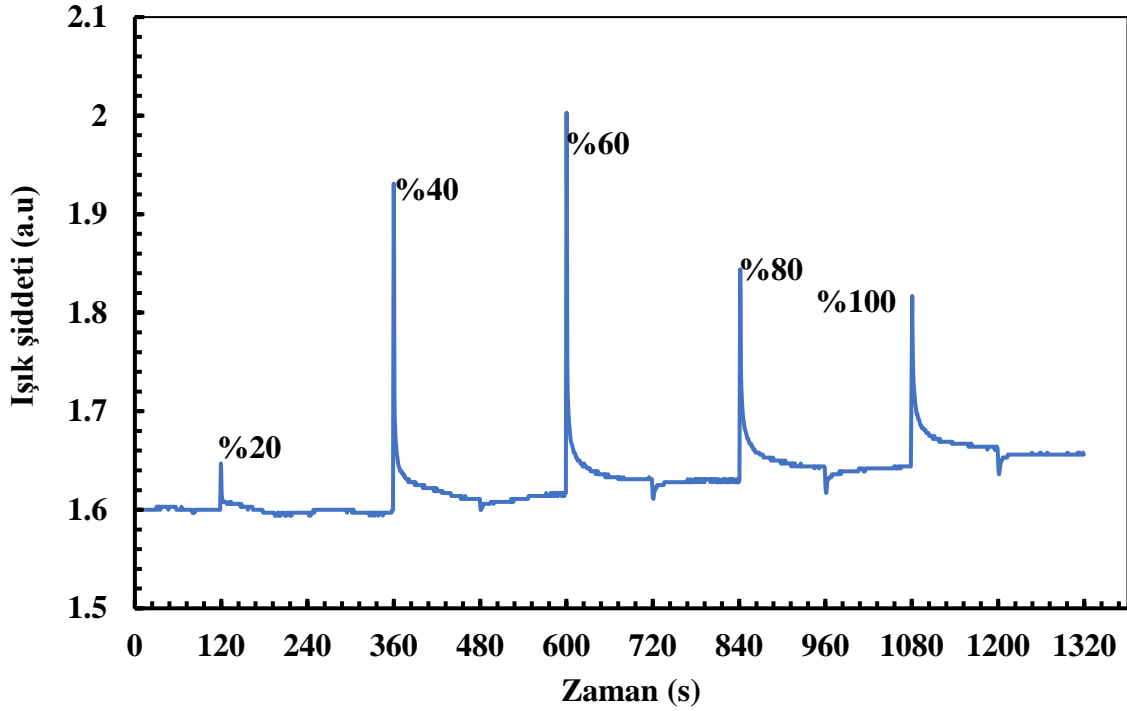
Şekil 3.4.3. Tabaka sayısına bağlı YPR açısındaki değişim

YPR verileri kullanılarak rezonans açısındaki değişimler elde edilmiş ve elde edilen verilerin lineer bir artış gösterdiği görülmüştür. Tabaka sayısına bağlı olarak rezonans açısındaki kaymanın lineer olarak değişmesi tabaka kalıklarının birbirine yakın değerde olduğunu gösterir.

### 3.4.1. Kinetik Ölçümler

Kinetik ölçümler, üzeri 10 tabaka SB54 LB ince film ile kaplanmış altın kaplı cam yüzey kullanılarak yapılmıştır. SB54 LB ince filmler, Tablo 1.2' de fiziksel özellikleri verilen organik buharlara doymuş ve farklı konsantrasyonlarda maruz bırakılarak, ince film sensörlerinin bu zararlı organik buharlara verdiği tepki ve tepki süreleri ölçülmüştür.

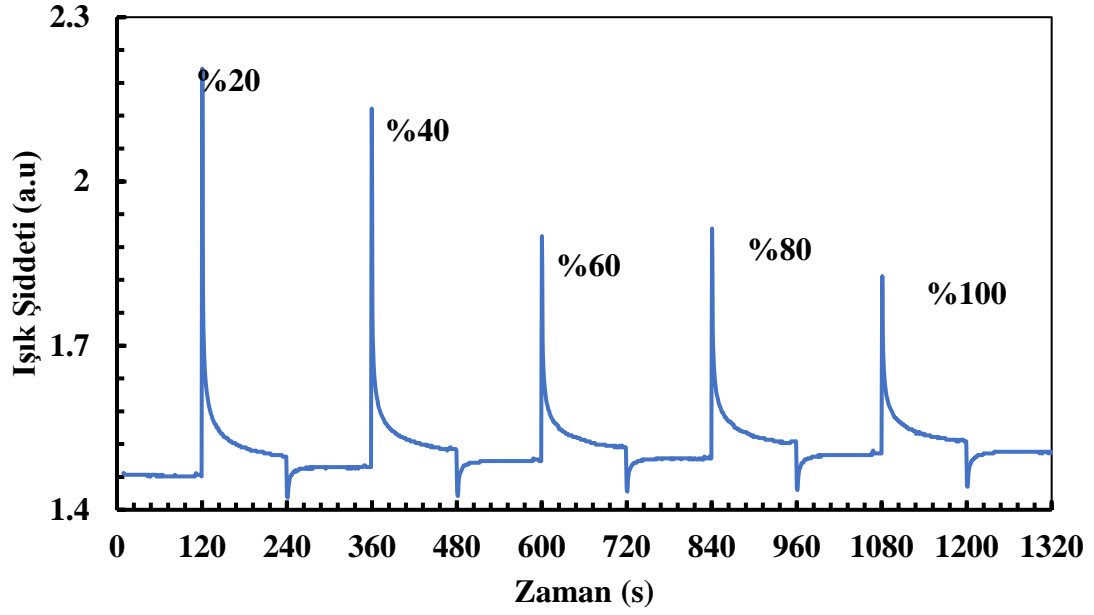
### 3.4.1.1. Konsantrasyon Ölçümleri



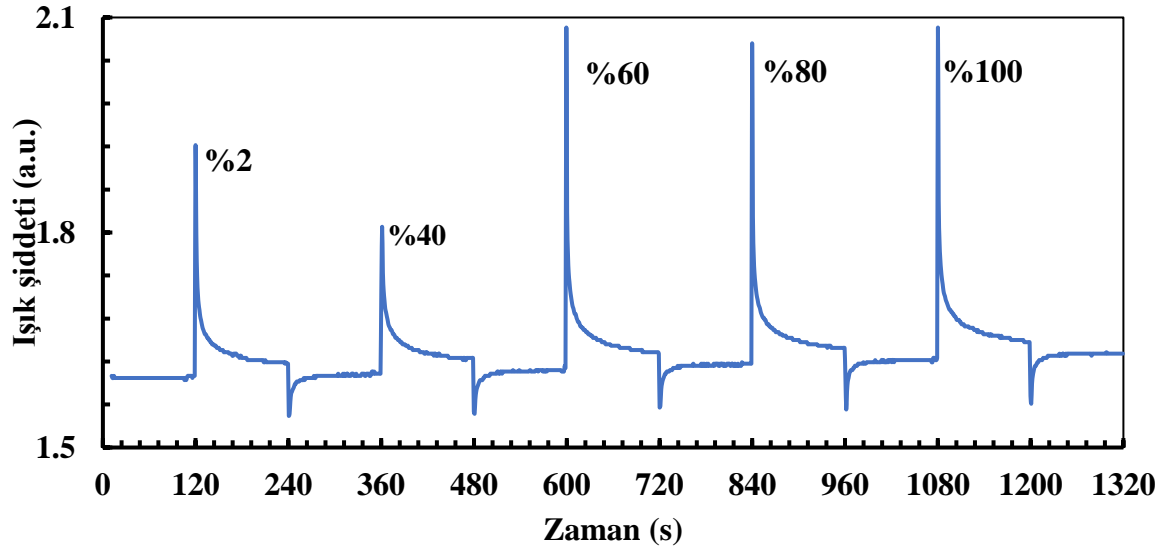
Şekil 3.4.4. 10 tabaka SB-54 LB ince filmi ile benzen buharının farklı konsantrasyonlarda etkileşmesi.

SB-54 maddesinden oluşturulan 10 tabaka LB ince filme ait kinetik ölçümlerin hepsi oda sıcaklığında mikro şırınga yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Başlangıçta SB54 LB ince film sensörü 120saniye kuru hava ortamına maruz bırakılmış, 120' inci saniyede ise %20'si organik buhar olan kuru hava pompalanmış ve organik buhar-SB54 LB ince film sensörü 120 saniye boyunca etkileşmeye bırakılmıştır. 240'ıncı saniyede ortamın temizlenmesi için gaz hücresine tekrar kuru hava pompalanmıştır. 360'ıncı saniyede organik buhar oranı %40'a çıkarılıp gaz hücresine gönderilmiş ve tekrar 120 saniye etkileşmeye bırakılmıştır. 480. saniyede kuru hava pompalanarak gaz hücresi temizlenmeye bırakılmıştır. Aynı işlemler tekrarlanarak 600' üncü saniyede ortama organik buhar oranı %60 olan organik buhar-kuru hava karışımı, 720' inci saniyede ortama sadece kuru hava, 840' inci saniyede ortama organik buhar oranı %80 olan organik buhar-kuru hava karışımı, 960.saniyede ortama sadece kuru hava, 1080' inci saniyede ortama %100 (doymuş konsantrasyon) organik buhar ve son olarak 1200' üncü saniyede ortama kuru hava verilmiştir. Bu işlemler, deneyde kullanılan 6 farklı organik buhar (benzen,

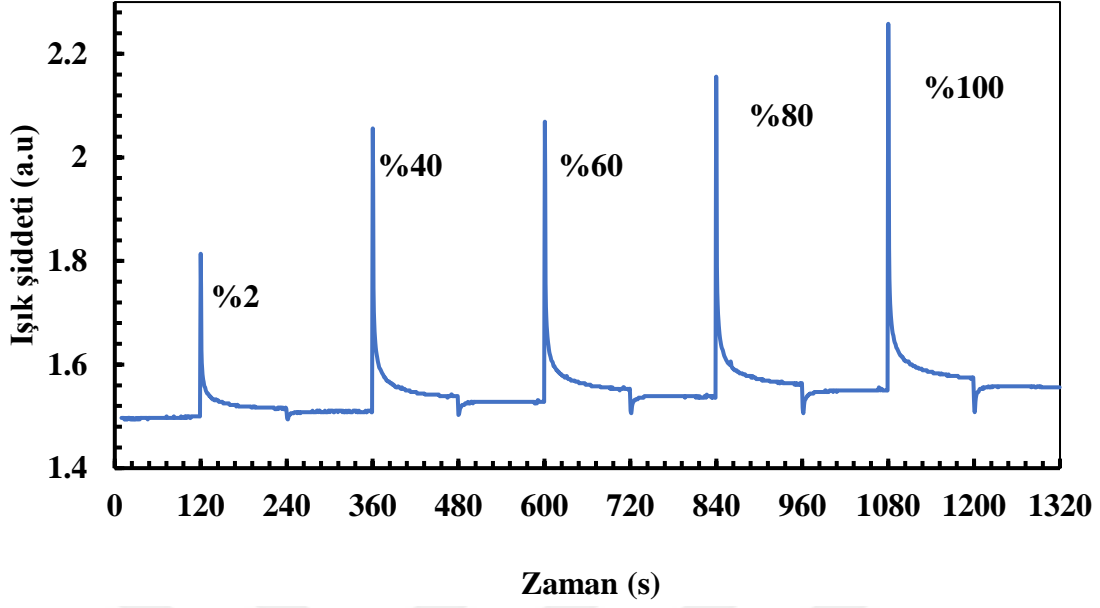
KTK, DCM, Ksilen, toluen, kloroform) için ayrı ayrı tekrarlanarak SB54 LB ince film sensörüne ait kinetik ölçümler tamamlanmıştır.



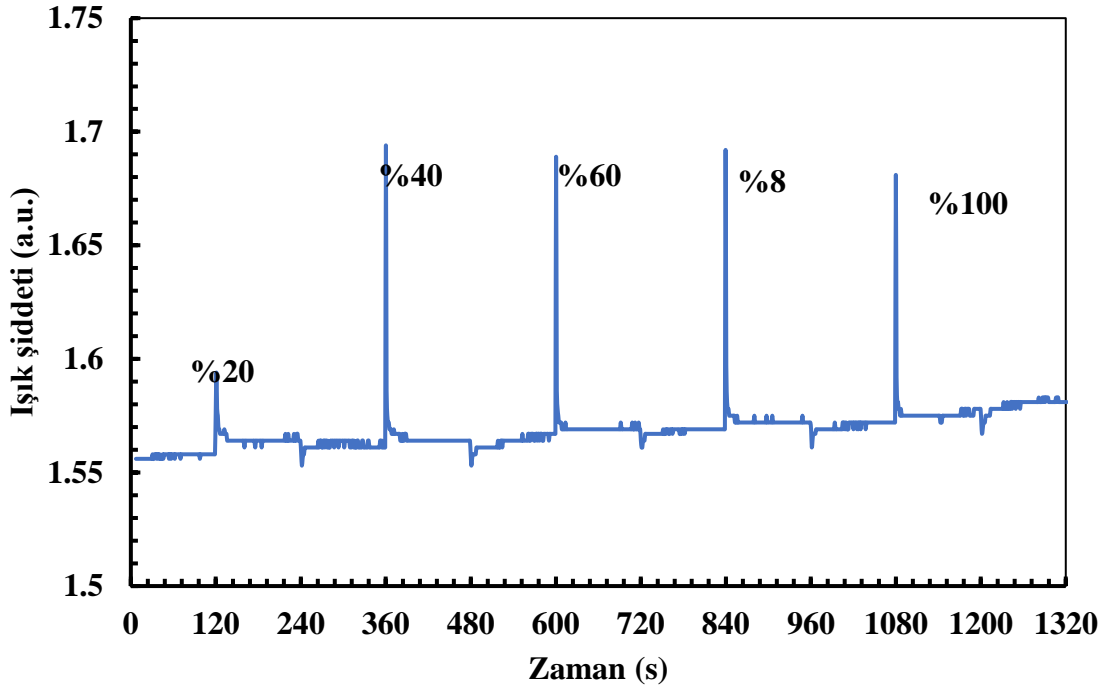
Şekil 3.4.5. 10 tabaka SB-54 LB ince film ile diklorometan buharının farklı konsantrasyonlarda etkileşmesi.



Şekil 3.4.6 10 tabaka SB-54 LB ince film ile kloroform buharının farklı konsantrasyonlarda etkileşmesi.

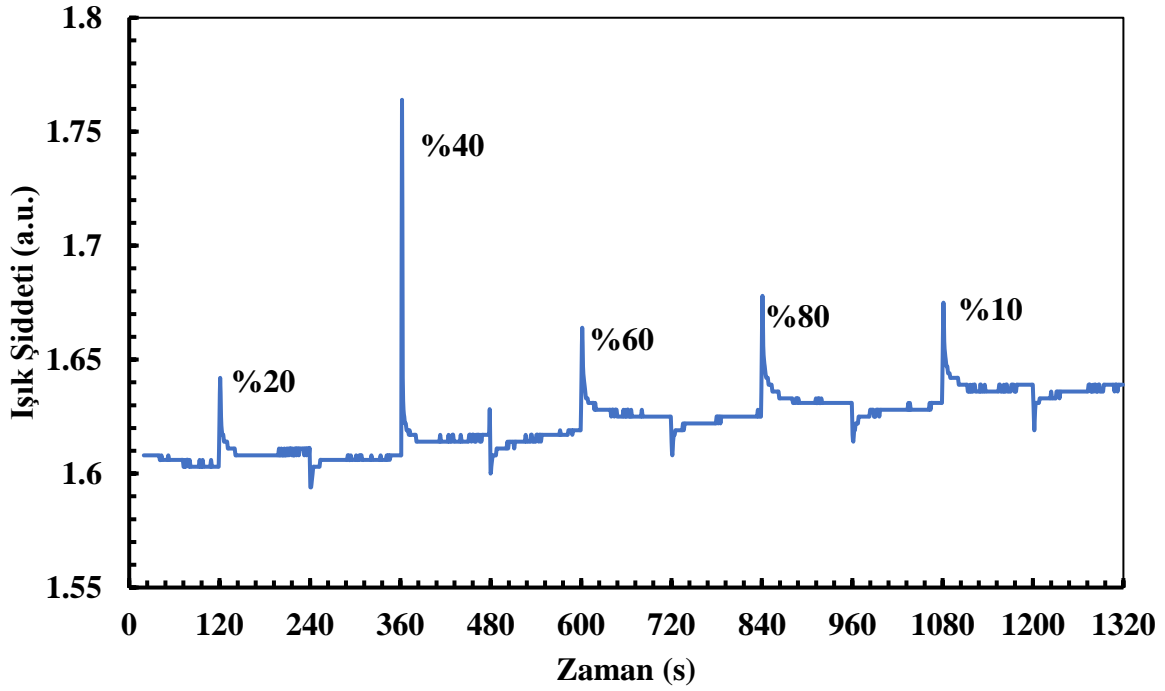


Şekil 3.4.7. 10 tabaka SB-54 LB ince filmi ile karbontetraklorür buharının farklı konsantrasyonlarda etkileşmesi.



Şekil 3.4.8. 10 tabaka SB-54 LB ince filmi ile ksilen buharının farklı konsantrasyonlarda etkileşmesi.

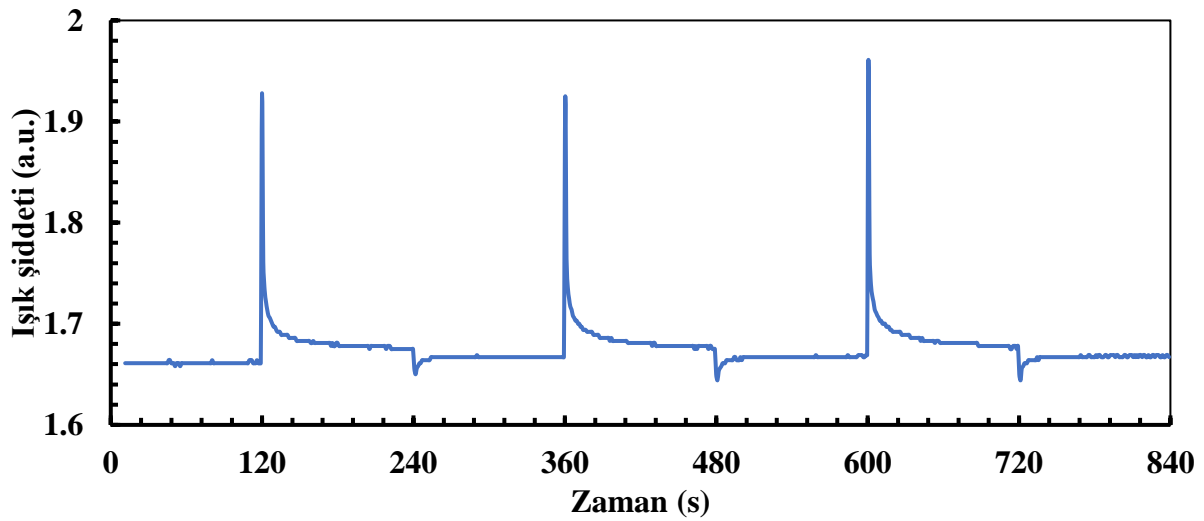
Konsantrasyon ölçümleri sonucunda SB-54 LB ince filminin kullanılan organik buharların hepsine hızlı ve geri dönüşümlü tepkiler verdiği gözlenmiştir.



Şekil 3.4.9. 10 tabaka SB-54 LB ince filmi ile toluen buharının farklı konsantrasyonlarda etkileşmesi.

### 3.4.1.2. Tekrarlanabilirlik ve Tepki Süresi Ölçümü

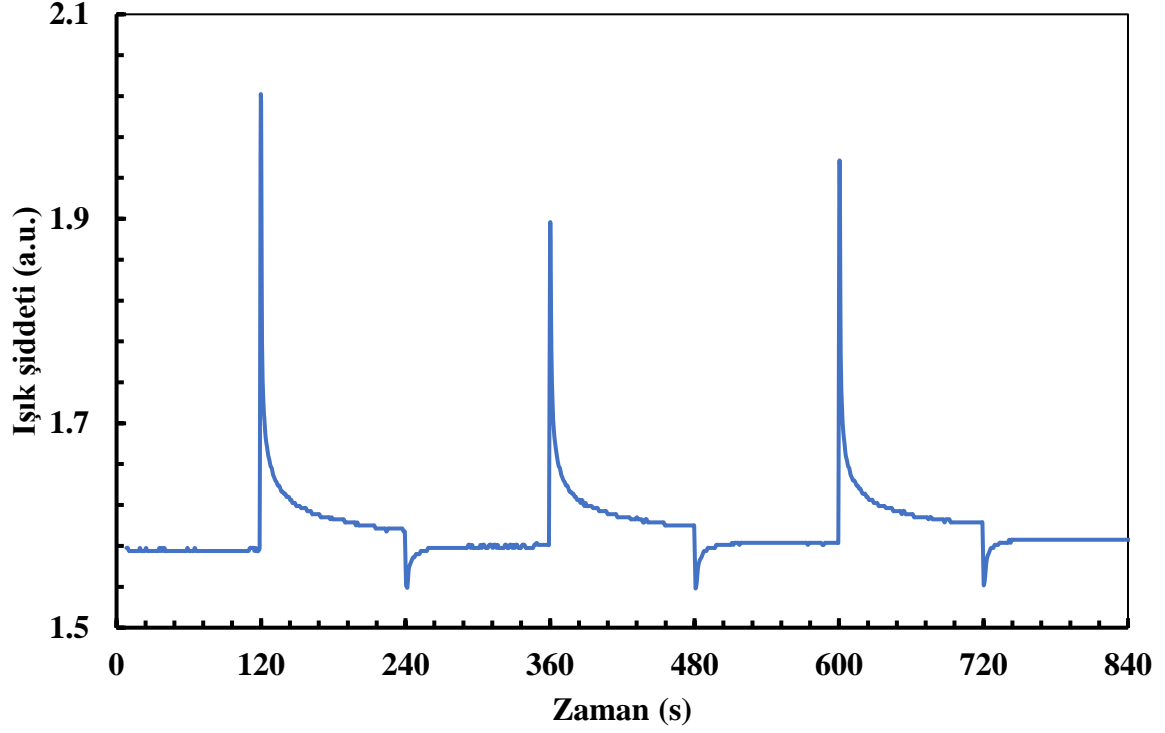
Tepki süresi ölçümü için altın kaplı cam yüzey üzerine kaplanmış 10 tabaka SB-54 LB ince film sensörü hazırlanmıştır. SB-54 LB ince filmi 6 farklı zararlı organik buharlara doymuş konsantrasyonda maruz bırakılmıştır.



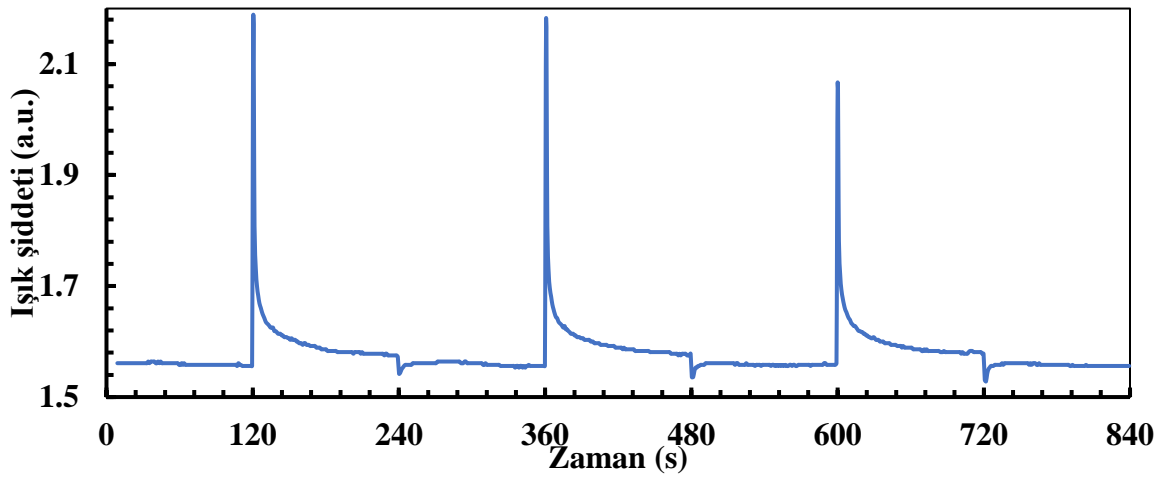
Şekil 3.4.10. 10 tabaka SB-54 LB ince filmin doymuş benzen buharı ile etkileşimi.



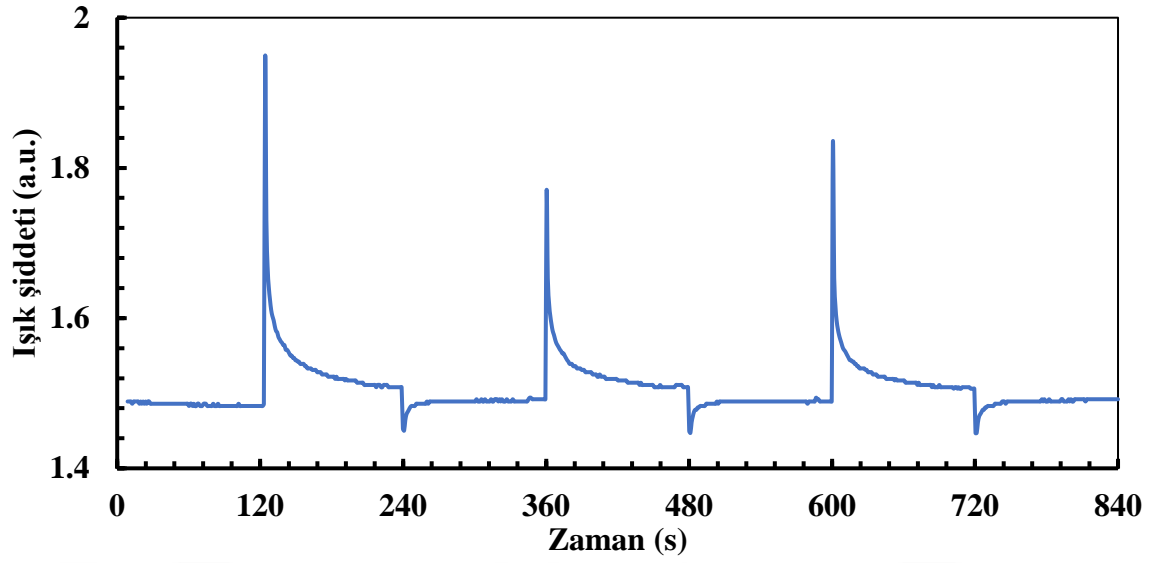
Kinetik ölçümlerin yapılma nedeni organik buharlarla etkileşime giren SB-54 LB ince filminin geri dönüşümlü olarak kullanılıp kullanılmayacağı ve bu zararlı buharlara karşı verdiği tepkinin verimliliğini incelemektir. Elde edilen veriler doğrultusunda aşağıdaki grafikler oluşturulmuştur.



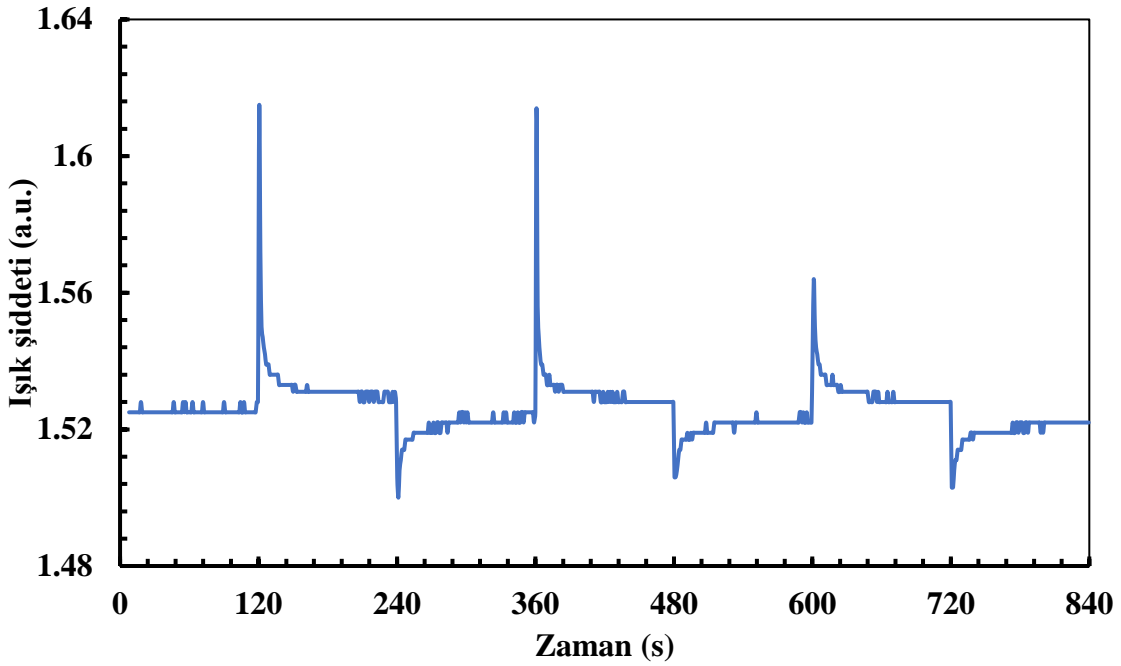
Şekil 3.4.11.10 tabaka SB-54 LB ince filmin doymuş diklorometan buharı ile etkileşimi.



Şekil 3.4.12. 10 tabaka SB-54 LB ince filmin doymuş karbontetraklorür buharı ile etkileşimi.

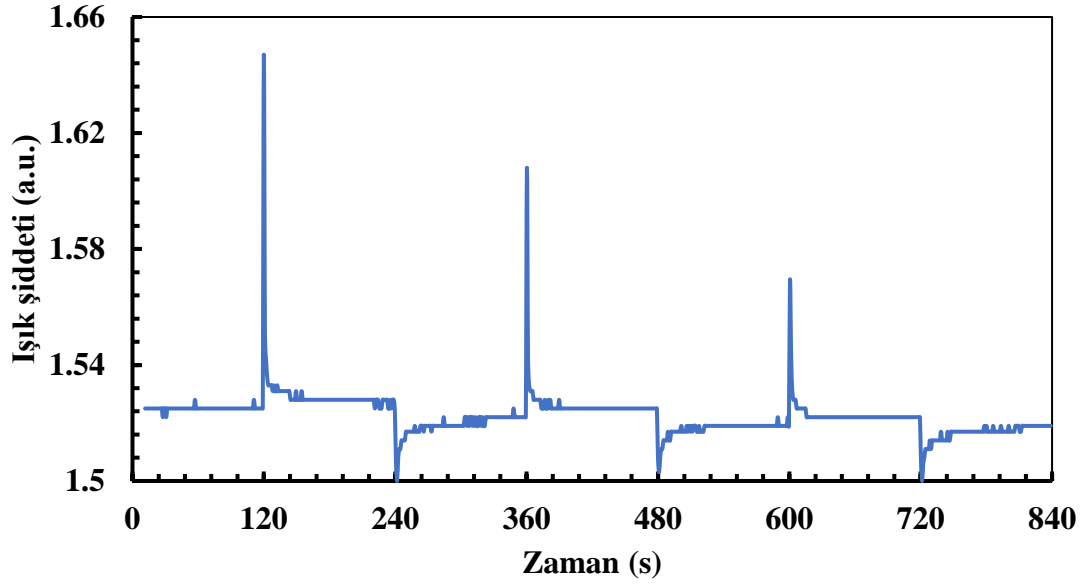


Şekil 3.4.13. 10 tabaka SB-54 LB ince filmin doymuş kloroform buharı ile etkileşimi.

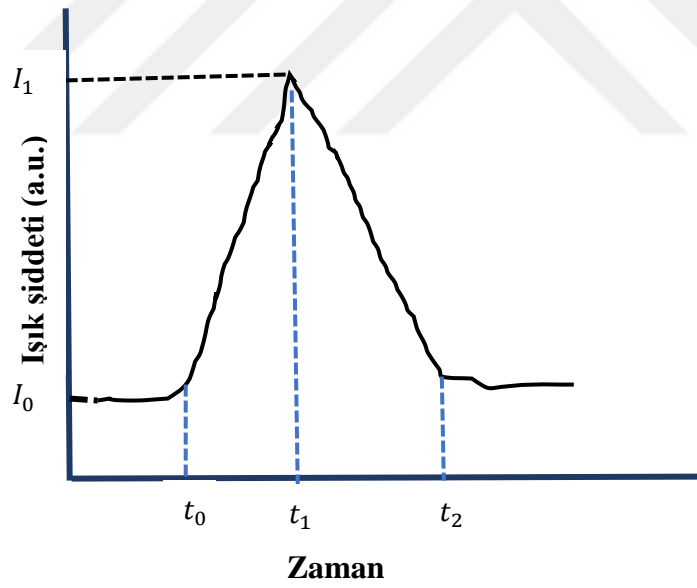


Şekil 3.4.14. 10 tabaka SB-54 LB ince filmin doymuş toluen buharı ile etkileşimi.

SB-54 LB ince filminin zararlı organik buharlara tepki süreleri, geri dönüşüm ve tepki miktarları ölçülmüştür. Elde edilen grafik verileri kullanılarak tepki miktarının aritmetik ortalaması ve standart sapmaları hesaplanmıştır.



Şekil 3.4.15. 10 tabaka SB-54 LB ince filmin doymuş ksilen buharı ile etkileşimi.



Şekil 3.4.16. YPR cihazından elde edilen şematik kinetik grafiği

Yukarıdaki şemaya göre ince filmin organik buhara verdiği tepki ( $\Delta I$ ) ;

$$\Delta I = I_1 - I_0 \quad (3.2)$$

Tepki süresi;

$$\Delta t_t = t_1 - t_0 \quad (3.3)$$

Geri dönüşüm süresi;

$$\Delta t_g = t_2 - t_1 \quad (3.4)$$

şeklinde hesaplanır. Bu bağıntılar doğrultusunda ve YPR kinetik ölçüm verileri kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 3.4' te verilmiştir.

Tablo 3.4: YPR kinetik ölçüm veri analizleri.

Uçucu organik buhar (UOB)	Çevrim	Tepki zamanı (s)	Geri dönüşüm süresi (s)	$I_0$ (a.u.)	$I_1$ (a.u.)	$\Delta I$ [ $I_1 - I_0$ ] (a.u.)	$\bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta I_i}{n}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta I - \bar{I})^2}{(n-1)}}$
Benzen	1	1	12,2	1,661	1,928	0,267	0,272	0,017
	2	1,1	13,2	1,667	1,925	0,258		
	3	1	13,2	1,669	1,961	0,292		
Dikloro metan	1	1,1	9,1	1,486	1,944	0,458	0,359	0,092
	2	1	13,2	1,492	1,767	0,275		
	3	1	14,2	1,489	1,833	0,344		
Karbon tetraklorür	1	1	4,1	1,556	2,189	0,633	0,588	0,071
	2	1	5	1,556	2,183	0,627		
	3	1	6,1	1,561	2,067	0,506		
Kloroform	1	1	8,2	1,578	2,022	0,444	0,375	0,066
	2	1	10,1	1,581	1,892	0,311		
	3	1	9,1	1,583	1,953	0,370		
Toluen	1	1,1	5,2	1,528	1,614	0,086	0,065	0,038
	2	1	6,1	1,525	1,614	0,089		
	3	1	8,2	1,543	1,564	0,021		
ksilen	1	1	5	1,525	1,647	0,122	0,086	0,036
	2	1	5	1,522	1,608	0,086		
	3	1	8,1	1,519	1,569	0,050		

SB-54 ile oluşturulan 10 tabaka LB ince filmin kinetik ölçüm tablosu incelendiğinde kullanılan UOB'lerin hepsine tepki verdiği ve en yüksek tepkiyi karbon tetraklorür buharına gösterdiği görülmektedir. Ayrıca UOB'lerin hepsine farklı tepki göstermesi SB-54 ince filminin seçici özellikte olduğunu göstermektedir. Tepki sürelerine bakıldığında çok büyük farklılığın olmadığı görülmektedir bu bize ince filmin UOB'lerle etkileşiminde tekrar sayısının ince film verimini değiştirmeyeceğini göstermektedir.

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Tez kapsamında Uşak Üniversitesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Selahattin Bozkurt tarafından ilk kez sentezlenen 2-[(2R)-2-hidroksi-3-indolin-1-il-propil]isoindolin-1,3-dion(SB-54) organik maddesine ait 0,5mg/ml konsantrasyonunda klorofom ile hazırlanan çözeltisinin UV- görünür bölge spektrofotometre ölçümü sonucunda absorbans değerinin 289 nm olduğu ölçülmüştür.

Saf su yüzeyine SB-54 kloroform çözeltisinden serpilerek 3000 µL serpilmiş ve izoterm grafiği elde edilmiştir. Kuartz cam yüzeye SB-54 molekül transfer için uygun yüzey basıncı, izoterm grafiğine ait katı faz aralığından (12-24 mN/m) 15 mN/m olarak tespit edilmiştir. Altın kaplı cam yüzeye transfer 1mg/ml konsantrasyonlu SB-54 kloroform çözeltisi hazırlanıp 1000µL su yüzeyine serpilmiş ve 5mN/m transfer için uygun yüzey basıncı değeri seçilmiştir. İzoterm grafiklerinden molekül başına düşen alan miktarı hesaplanıp, LB film üretimi için ultra saf yüzeyinde düzenli tabaka oluşturduğu ve yüzey aktif bir molekül yapısına sahip olduğu anlaşılmıştır.

Kuartz ve altın kaplı cam yüzeylere transfer işleminde elde edilen grafiklerden yüzey alanı azalırken yüzey basınçlarının sabit kalmasından transfer işlemi gerçekleştiği görülmektedir. Kuartz cam yüzey için her iki tabakada bir UV- görünür bölge spektrofotometre ölçümü alınmış ve tabaka sayısına bağlı olarak absorbans değerlerinin doğrusal olarak değiştiği gözlenmiştir. Bu sonuçtan, kuartz cam yüzey üzerine kaplanan her bir tabaka kalınlığının birbirine yakın değerde olduğu sonucuna ulaşılabilir. Altın kaplı cam yüzey üzerine kaplama işleminde ise her iki tabakada bir YPR ölçümü alınmış ve rezonans açılarındaki kaymaların doğrusal olarak değiştiği gözlenmiştir.

Altın kaplı cam yüzeye oluşturulan SB-54 LB ince filmlerin seçilen UOB'lere belli konsantrasyonlarda maruz bırakılırken, YPR ölçümleri alınmış ve bunun sonucunda SB-54 LB ince filmin KTK buharına karşı tepki değişiminin düzenli olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, SB-54 LB ince film sensörü bu tez kapsamında kullanılan bütün UOB'lere karşı tepki gösterdiği kinetik ölçümlerden görülebilmektedir. İnce film

sensörünün klor içeren organik buharlara karşı gösterdiği tepki, benzen ve türevlerine gösterdiği tepkiden daha fazla olduğu görülmüştür.

Aynı UOB'ler ve YPR yöntemi kullanılarak yapılan tekrarlanabilirlik ölçümünde doymuş konsantrasyonda her organik buhar için üç tekrar yapılmıştır. Sonuçlar irdelendiğinde; SB-54 LB ince film sensörünün zararlı organik buharlara yaklaşık 1 saniye gibi kısa bir sürede tepki verdiği, ancak geri dönüşüm sürelerinde küçükte olsa artışlar olduğu ve tepki miktarlarında azalma olduğu saptanmıştır. Tekrarlanabilirlik ölçümlerinde de yine en kararlı tepkiyi KTK ve benzen buharlarına verdiği görülmüştür. Fakat geri dönüşüm süreleri kıyaslandığında KTK buharında geri dönüşüm süresinin daha kısa olması bu bileşik için seçici bir özellik göstereceği sonucuna varılabilir.



## KAYNAKÇA

- [1] Kut, D., Güneşoğlu, C., “*Nanoteknoloji Ve Tekstil Sektöründeki Uygulamaları*”, Tekstil & Teknik, 2015.
- [2] Göcek, İ., Kurşun, S., Küçük, G., “*Tekstil Endüstrisinde Nanoteknoloji Uygulamaları, Tekstil Ve Teknoloji*”, 2006.
- [3] Çakmak, T., “*Bakır/Gümüş/Çinkooksit Partiküllerinin Ultrasonik Sprey Piroliz Yöntemiyle Üretimi*”, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji Malzeme Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2016.
- [4] Luther, W., “*Application Of Nanotechnologies In The Energy Sector*”, Dusseldorf, 2008.
- [5] Johnston, R.L., Wilcoxon, J., “*Metal Nanoparticles And Nano Alloys*”, Oxford, Elsevier, 2012.
- [6] Biac Expert Group On Nanotechnology, “*Responsible Development Of Nanotechnonology: Turning Vision In To Realty*”, 2009.
- [7] Larui, H., Rakhya, P., Xiao, B., Viennois, E., Merlin, D., “*Nanotechnology In Diagnostics And Therapeutics For Gastroin Testinal Disorders*”, Digestive And Liver Disease, 2013.
- [8] Salamanca Buentello, F.L., Persad, D., Court, E., Douglas, K.M., Daar, A.S., Singer, P.A., “*Nanotechnology And The Developing World*”, Plos, Medicine, 2005.
- [9] Subramani, K., Waqar, A., “*Emerging Nanotechnologies In Dentistry*”, Elsevier, 2011.
- [10] Url-4<http://www.Prefab.org.tr>, 2018.
- [11] Jones, W., “*Organic Molecular Solids, Crc Press*”, New York, 1997.
- [12] Petty, M.C., “*Langmuir- Blodgett Films: An İntroduction*”, Isbn 0521 413 966, 1996.
- [13] Nabok, A.V., Wantono, B.I., Hassan, A.K., Ray, A.K., Wilkop, T., “*Material Science And Engineering*”, 2002.
- [14] Li, L.S., Qu, L., Lu, R., Peng, X., Zhao, Y., Li, T.J., “*Thin Solid Films*”, 1998.
- [15] Yang, X.M., Wang, G.M., Lu, Z.H., “*supramolecular science*”, 1998.
- [16] Nabok, A.V., Richardson, T., McCartney, C., Cowlam, N., Davis, F., Stirling, J.M., Ray, A.K., Gacem, T., Gibaud, A., “*Thin Solid Films*”, 1998.
- [17] Civan, M., “*Bazı Trimetrik Fosfazen Türevlerinin Hazırlanması, Kristalografik, Spektroskopik Yöntemler İle İncelenmesi Ve Lanmuir- Blodgett Tekniği Kullanılarak Ultra İnce Filmlerinin Hazırlanması*”, Hacettepe Üniversitesi Fizik Anabilim Dalı Doktora Tezi,

- [18] Baytöre, C., “*Değişik Fonksiyonel Gruplara Sahip Kaliksaren Molekülleri Kullanılarak Organik Uçucu Gaz Sensörlerinin Geliştirilmesi*”, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2013.
- [19] Bozkurt, S., “*Yeni Kiral B-Hidroksiamin Ve Kaliks[4]Aren Türevlerinin Sentezi, Enantiyomerlerin Tanınmasında Kullanılması*”, Selçuk Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 2011.
- [20] Acar, I., “*Uçucu Organik Bileşikler*”, İstanbul Üni. Kimya Müh., Derleme, www.turkchem.net, 2018.
- [21] Maroni, M., Seifert, B., Lindvall, T., “*Indoor air quality – A comprehensive*” Reference Book., Elsevier, Amsterdam, 1995.
- [22] Wallace, L.A., “*Personel Exposure to 25 Volatile Organic Compounds*”, Toxicology and Industrial Health, 1991.
- [23] Alyüz, B., Veli, S., “*İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler ve Sağlık Üzerine Etkileri*”, Kocaeli Üni. Müh. Fak., Çevre müh. Bölümü, <http://dergipark.gov.tr/>, 2006
- [24] Bilir, N., Yıldız, A.N., “*İş Sağlığı Güvenliği*”, Ankara, Hacettepe Üni. Yay., 2004.
- [25] Tözün, M., Ünsal, A., “*Benzen Ve Sağlık Etkileri*”, Derleme, <https://www.Ejmanager.Com/>, 2008.
- [26] www.Resmigazete.Gov.Tr. “*Anonim*” 2018.
- [27] <https://Prosafety.com.tr/>. “*Anonim*” 2018.
- [28] www.Wikipedia.Org. “*Anonim*” 2018.
- [29] Kitziz, B., “*Karbontetraklorür Verilen Rat Böbrek Dokularında Oksidan/Antioksidan Sistemlerin Araştırılması*”, Gazi Üni., Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Kimya Ana Bilim Dalı, 2011.
- [30] Özkaya, C., “*Perilendiimid Türevi Moleküllerin Langmuir-Blodgett İnce Film Özelliklerinin İncelenmesi*”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2014.
- [31] Oğuzhan, Ö., “*Langmuir-Blodgett Metodu Kullanılarak Triazin Türevi İle Ito Yüzeyinin Modifikasyonu*”, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2011.
- [32] Özbek, Z., “*Kaliksaren Maddelerinin İnce Film Ve Elektrik Özellikleri*”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [33] Gürfidan, L., “*Farklı Uzunlukta Alkil Zinciri Bulunduran İnorganik Ligandların Langmuir- Blodgett İnce Filmlerinin Hazırlanması Ve Uygulamaları*”, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2011.



- [34] Civan, M., “*Bazı Organik Moleküller İle Üretilen Langmuir-Blodgett Filmlerin Moleküler Yapılarının Fourier Transform Kırmızı -Altı Spektrometresi Kullanılarak İncelenmesi*”, Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [35] Evyapan, M., “*Organik Gaz Sensör Maddelerinin Langmuir- Blodgett İnce Film Tekniğiyle İncelenmesi*”, Balıkesir Üniversitesi Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2005.
- [36] Uzunoglu, T., “*II-VI Yarı İletken Nano Parçacık İçeren Organik Langmuir-Bodgett İnce Filmlerin Özelliklerinin İncelenmesi*”, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Müh. Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi,2008. .
- [37] Açıkbaş, Y., “*1,3-Bis-(4- İmino -3 Hidroksi-Benzoikasit) İndan Maddesinin Langmuir-Blodgett İnce Film Özelliklerinin İncelenmesi*”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- [38] Yıldırım, G., “*Benzoik Asit Türevi Langmuir- Blodgett İnce Filmlerin Elektrik Özelliklerinin İncelenmesi*”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2014.
- [39] Arslan, M., “*Langmuir -Blodgett Yöntemi İle Elde Edilen Cds Ve Pb İnce Filmlerinin Fiziksel Özelliklerinin Elektrik Kuvvet Mikroskopu İle İncelenmesi*”, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Müh. Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2011.
- [40] Çaycı, D., “*Porfirin Langmuir- Blodgett İnce Filmlerin Gaz Etkileşme Ve Yüzey Özellikleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi*”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [41] Açıkgoz, Ş., “*Su Örneklerinde Organik Reaktifler Ve Uv-Vis Spektrofotometre Kullanarak Metal Tayini İçin Bir Dağıtıcı Sıvı-Sıvı Mikroekstraksiyon Yöntemi Geliştirme*”, Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2014.
- [42] Genç, B., “*Elektromanyetik Spektrumun X- Işını Ve Görünür Bölgesinde Ortamlardan Yayılan Fotonları Kaydetmek İçin Spektrometre Ve Görüntüleme Sistemlerinin Tasarımı*”, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- [43] Akyüz, A., “*Suda Çözünen Kopolimerlerin Reaktiflik Oranlarının Lineer Ve Nonlineer Yöntemlerle Belirlenmesi*”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2003.
- [44] Bilsen, S., “*Aromatik Halka İçeren Aminoasitlerden Dl-Triptofan Ve L-Fenilalaninin Bazı B Grubu Metalleri İle Vermiş Oldukları Reaksiyonların Kinetiğinin İncelenmesi Ve Elde Edilen Ürünlerin Yapılarının Aydınlatılması*”, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Ens.
- [45] Güler, K., “*Diklofenak Baskılanmış Yüzey Plazmon Rezonans Temelli Biyosensörün Hazırlanması*”, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nanoteknoloji Ve Nanotıp Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 2014.

- [46] Earp, R.L., Dessy, R.E., “*Commercial Biosensors: Applications To Clinical Bioprocess And Enviromental Samples*”. John Wiley And Sons: New York, Chapter 4, 1996.
- [47] Türkoğlu, E., “*Preparation Surface Plazmon Resonance Sensors With Estradiol Recognition*” Sites, Hacettepe Üniversitesi Nanoteknoloji Ve Nanotıp Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 2014.
- [48] Szentirmay, Z., “*Surface plasmon spectroscopy of metal/dielectric structures*”. Spectrochimica Acta, 1991.
- [49] Temel, F., “*Farklı Yapıdaki Kaliksaren Türevlerinin Gaz Algılama Özelliklerinin İncelenmesi*”, Selçuk Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Müh. Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2013.
- [50] Sümer, F., “*Quartz Kristal Mikrobalans Tekniği İle Farklı Kaliksaren Molekülleri İle Modifiye Olmuş Karbon Nanotüp Yapılarının Karbon Monoksit Gaz Sensörü Olarak Geliştirilmesi*”, Ege Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik- Elektronik Müh., Elektronik Ana Bilim Dalı, 2011.
- [51] Hulanicki, A., Glab, S. & Ingman, F., “*Chemical Sensors Definitions And Classification*”. Pure And Applied Chemistry, 63(9), 1247-1250, (1991).
- [52] Karlık, B., “*Tehlikeli Ve Zararlı Kokuları Gerçek-Zamanlı Tanıma Ve Koku Bilgisinin İletimi, Havacılık İleri Teknolojiler Ve Uygulamaları Sempozyumu*”, Hava Harp Okulu, İstanbul, (2004).
- [53] Türe, A.G., “*Sulu Ortamlardaki Bazı Uçucu Organik Bileşiklerin Kaliksarenler Kullanılarak Algılanma Özelliklerinin İncelenmesi*”, Selçuk Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2015.
- [54] Agbor, N.E., Petty, M.C., Monkman, A.P., “*Polyaniline Thin Films For Gas Sensing*”, Sensors And Actuators B, Elsevier, 1995. [55] Çapan, İ., Tarımcı, Ç., Çapan, R., “*Fabrication Of Langmuir–Blodgett Thin Films Of Porphyrins And Investigation On Their Gas Sensing Properties*”, Sensors And Actuators B: Chemical, Elsevier, Sciencedirect, 2010.
- [56] Açıkbaş, Y., Evyapan, M., Ceyhan, T., Çapan, R., Bekaroğlu, Ö., “*Characterization And Organic Vapor Sensing Properties Of Langmuir–Blodgett Filmusing A New Three Oxygen-Linked Phthalocyanine Incorporating Lutetium*”, Sensors And Actuators B: Chemical, Elsevi.
- [57] Çapan, R., Açıkbaş, Y., Evyapan, M., “*A Study Of Langmuir–Blodgett Thin Film For Organic Vapor Detection*”, Materials Letters, Elsevier, Science Direct, 2007.
- [58] Özbek, Z., Erdoğan, M., Çapan, R., “*Swelling Behavior Of Pyrene-Labelled Polystyrene Lb Thin Film Exposed To Various Volatile Organic Vapors*”, Sensors And Actuators B: Chemical, Elsevier, 2014.

[59] Açıkbaş, Y., Çapan, R., Erdoğan, M., Bulut, L., Soykan, C., “*Optical Characterization And Swelling Behaviour Of Langmuir–Blodgett Thin films Of A Novel Poly[(Styrene (St)-Co-Glycidyl Methacrylate (GMA))*”, *Sensors And Actuators B: Chemical*, Elsevier, 2017.

[60] Manera, G.M., Valli, L., Conoci, S. & Rella, R., “*Thin Layer Porphyrinogen For Alcohol-Vapor Optical Sensors*”, *Journal Of Porphyrins And Phthalocyanines J. Porphyrins Phthalocyanines*; 13: 1140–1147, 2009.



## ÖZGEÇMİŞ

Soyadı, Adı: Çoban, Ziya

Uyruğu: T.C

Doğum Yeri Ve Tarihi: Sındırgı, 01.03.1985

Medeni Hali: Bekar

Telefon: 05549277657

E-Mail: [ziyacoban@hotmail.com](mailto:ziyacoban@hotmail.com)

Lise: Balıkesir Zühtü Özkardaşlar Lisesi, 2003

Lisans: Çanakkale 18 Mart Üni/ Fizik, 2014

Lisans Bitirme Ödevi: Ultrasonik kimyasal püskürtme tekniği ile CoO çözeltilerinden oluşturulmuş ince filmlerin yüzey karakterizasyonları ve elektriksel özelliklerinin incelenmesi

İş Deneyimi: 3 Yıl TÜPRAG/Eldorado gold altın madeni Laboratuar teknikerliği

Kullandığı Bilgisayar Programları: MS Office programları, LİMS (Laboratuar işlem takip programı), Auto-Cad (proje çizim programı düşük seviyede)

Yabancı Dil: İngilizce(Başlangıç seviyesinde)

Hobiler: Okuma, yazma, araştırma, balık tutma, yürüyüş yapma, müzik dinleme, eğlence, seyehat