

95041

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EBRU SANATI'NIN FİZİKSEL OLARAK
İNCELENMESİ

Çiğdem ORUÇ

F.B.E.Fizik Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Durul ÖREN

İSTANBUL, 2000

T. Arçhan
T. Arçhan
E. Oruç

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ	i
ÇİZELGE LİSTESİ	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
1. GİRİŞ	1
2. YÜZEY GERİLİMİ	2
2.1 Yüzey Geriliminin Meydana Gelişi.....	2
2.2 Islatan ve Islatmayan Sıvılar.....	6
2.3 Minimal Yüzeyler	7
3 YÜZEY GERİLİMİ SABİTİNİ ÖLÇME YÖNTEMLERİ	10
3.1 Tate Yasası (Damla Sayma Yöntemi)	10
3.2 Burulma Terazisi	11
3.3 Kapiler Yükselme Metodu ve Jurin Kanunu.....	13
4 SIVILARDA KARIŞMA.....	15
4.1 Sıvılarda Karışma ve Erime.....	15
4.2 Yüzey Eriyikleri.	16
4.3 Kolloidal Eriyikler.	17
4.4 Sıvı İçinde Molekül Düzeni.	18
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	19
5.1 Kullanılan Malzemelerin Özellikleri.....	19
5.1.1 Kitre.....	19
5.1.2 Boyalar.....	21
5.1.3 Öd suyu	22
5.1.4 Malzemelerin XRF analizi	23
5.2 Boya Eriyiği-Kitre Etkileşimi	23
5.2.1 Boya eriyiklerinin kitre yüzeyi üzerinde meydana getirdiği alan.	23
5.2.2 Boya eriyiğinin kitre yüzeyi üzerinde meydana getirdiği filmin kalınlığı.....	24
5.2.3 Boya eriyiğinin kitre yüzeyi üzerinde yayılma hızı	26

5.2.4	Boya eriyiğinin kitre yüzeyi üzerinde yayılmasında damlanın bırakılma yüksekliğinin etkisi	27
5.3	İki Boya Eriyiği ve Kitre Etkileşimi.....	29
5.3.1	Yan yana etkileşim.....	29
5.3.2	Üst üste etkileşim.....	30
5.4	Film Kalınlığının Absorbsiyon Yöntemi ile Ölçümü.....	37
5.4.1	Kitrenin absorpsiyonu.....	40
5.4.2	Boya eriyiğinin absorpsiyonu.....	41
5.4.3	Absorbsiyon sabitlerinden yararlanılarak boya eriyiklerinin film kalınlığı hesabı.....	44
5.4.3.1	Aynı boyanın çeşitli eriyikleri için film kalınlıklarının üç durumda incelenmesi.....	44
5.4.3.2	Farklı boyaaların çeşitli eriyikleri için film kalınlıklarının üç durumda incelenmesi.....	46
6.	SONUÇLAR	48
7.	KAYNAKLAR.....	51
8.	ÖZGEÇMİŞ	52



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Sıvı moleküllerine etkileyen kuvvetler.....2
Şekil 2.2	Yüzey gerilimi kuvvetleri.....3
Şekil 2.3	Yüzey gerilimi kuvvetinin su dolu kaptaki etkisi.....4
Şekil 2.4	Farklı sıvılar arasındaki yüzey gerilimi etkileşimi.....4
Şekil 2.5	Sınır yüzeylerinin moleküler kuvvetlerinin etkisi.....6
Şekil 2.6	Islatan ve ıslatmayan sıvılar.....7
Şekil 2.7	Damla salınımları.....7
Şekil 2.8	Bir süt damlasının oluşum aşamaları.....8
Şekil 2.9	Bir sıvı üzerindeki yağ damlasına etkileyen yüzey gerilimi kuvvetleri.....9
Şekil 3.1	Damla oluşumu.....10
Şekil 3.2	Burulma Terazisi.....12
Şekil 3.3	Jurin kanunu.....14
Şekil 4.1	Yüzey eriyikleri.....16
Şekil 5.1	Kitrenin yüzey gerilimi sabitinin tuzsuz örneklerde zamanla değişimi20
Şekil 5.2	Kitrenin yüzey gerilimi sabitinin tuzlu örneklerde zamanla değişimi.....20
Şekil 5.3	Boya eriyiğinin ve kitrenin yüzey gerilimi sabitinin zamanla değişimi22
Şekil 5.4	Boya eriyiğinin kitle yüzeyi üzerinde meydana getirdiği dairenin yarıçapı....22
Şekil 5.5	Boya eriyiklerinin kitle yüzeyi üzerindeki şematik gösterimi.....24
Şekil 5.6	Boya eriyiklerinin kitle yüzeyi üzerindeki yayılma hızları26
Şekil 5.7	Pigment mavi ile hazırlanan iki ayrı konsantrasyonlu boya eriyiğinin kitle yüzeyi üzerinde yayılmasında yüksekliğin etkisi27
Şekil 5.8	Oksit kırmızı ile hazırlanan iki ayrı konsantrasyonlu boya eriyiğinin kitle yüzeyi üzerinde yayılmasında yüksekliğin etkisi.....28
Şekil 5.9	İki boya eriyiğinin yan yana etkileşimi.....29
Şekil 5.10	İki boya eriyiğinin üst üste etkileşimi30
Şekil 5.11	Kitre yüzeyi üzerine atılan boya eriyiğinin kendine yer açması ve üst üste tabaka meydana getirmemesi.....31
Şekil 5.12	Boya eriyiklerinin üst üste damlatılması durumunda etkileşimi32
Şekil 5.13	Boya eriyiği katlarının çökme durumuna kadar kalınlıkları34
Şekil 5.14	Boya eriyiklerinin kitle yüzeyi üzerinde meydana getirdikleri f.lmin alan ve kalınlığı35
Şekil 5.15	Boya eriyiklerinin kitle yüzeyi üzerinde meydana getirdikleri filmin yarıçapı ve kalınlığı.35
Şekil 5.16	Boya eriyiklerinin kitle yüzeyi üzerinde meydana getirdikleri şekil.36
Şekil 5.17	Boya eriyiğinin sadece ortadaki katları için yarıçap ve film kalınlığı37
Şekil 5.18	Absorbsiyon ölçümünde kullanılan düzenek.....38

Şekil 5.19	Yüzey gerilimi sabiti 82 dyn/cm olan bir kitrenin spektrometrede ışığın dalga boyuna bağlı absorpsiyonu.....	39
Şekil 5.20	Yüzey gerilimi sabiti 82 dyn/cm olan bir kitrenin spektrometrede ışığın dalga boyuna bağlı geçirgenliği.....	40
Şekil 5.21	Bir kitre için ölçülen ışık şiddeti.....	40
Şekil 5.22	Farklı konsantrasyonlu kitrelerin ışık şiddeti.....	41
Şekil 5.23	Farklı konsantrasyonlu kitrelerin absorpsiyon katsayılar.....	42
Şekil 5.24	Pigment mavi boya eriyiklerinin, çeşitli konsantrasyonlu kitreler üzerindeki absorpsiyon katsayıları.....	42
Şekil 5.25	Pigment kırmızı boya eriyiklerinin, çeşitli konsantrasyonlu kitreler üzerindeki absorpsiyon katsayıları.. ..	43
Şekil 5.26	Oksit sarı boya eriyiklerinin, çeşitli konsantrasyonlu kitreler üzerindeki absorpsiyon katsayıları.....	43
Şekil 5.27	Oksit kırmızı boya eriyiklerinin, çeşitli konsantrasyonlu kitreler üzerindeki absorpsiyon katsayıları.....	43
Şekil 5.28	Çeşitli boya eriyiklerinin film kalınlıklarının üç durumda incelenmesi.....	44



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1	Bazı sıvıların yüzey gerilimi sabitleri5
Çizelge 5.1	Boya eriyiğinin hazırlanmasında boya-öd suyu- su oranları.....21
Çizelge 5.2	Kullanılan malzemelerin XRF analizi23
Çizelge 5.3	Çeşitli konsantrasyonlardaki boya eriyiklerinin film kalınlığı 25
Çizelge5.4	Boya eriyiklerinin katlarının çökme durumuna kadar çeşitli verileri.....33
Çizelge 5.5	Silindir kabulü ve absorpsiyon yöntemi ile boya eriyiği film kalınlıkları ...47



ÖNSÖZ

Günümüze kadar, Ebru Sanatı hakkında bilimsel araştırmalara rastlanmamıştır. Bana bu konuda bir tez çalışması yapma fırsatı tanıyıp, fikirleriyle tezime yön çizen sayın Dekanımız Prof.Dr.Durul ÖREN'e, çalışmalarında sabır ve yardımlarını esirgemeyen sanatçı hocam sayın Fuat BAŞAR'a, tezimle yakından ilgilenip farklı bakış ağıları sağılayan sayın Prof.Dr. Tayyar CAFEROV'a, çok değerli katkılarında dolayđ tüm Katıhal Grubuna ve emeği geçen tüm arkadaşlarıma, ayrıca desteklerini her zaman yanımda hissettiğim aileme sonsuz teőekkürleri borç bilirim.

Çiğdem ORUÇ

Ocak , 2000

ÖZET

600 yıllık bir geçmişi olan 'Ebru Sanatı' usta-çırak ilişkisi içinde günümüze kadar sürmüştür. Ebru yapımında kullanılan malzemelerin oranları ustaların yaptığı, deneme yanılmalarla geliştirilmeye çalışılmış fakat bilimsel verilere oturtulamamıştır.

Ebru yapımında geven bitkisinden elde edilen kitrenin suda eritilmesi ile taban sıvısı oluşturulur. Boya, su ve öd karışımı (boya eriyiği), taban sıvısı üzerine damlatılır. Boya eriyiği taban sıvısı üzerinde kendine yer açar. Sonra atılan boya eriyikleri de kendinden önce atılanları iterek, kitreye ulaşır yüzeyde yayılır. Yüzey üzerinde meydana gelen üç boyutlu boya tabakası şekillendirildikten sonra kağıt üzerine iki boyuta alınır. Bu olaya 'Ebru' adı verilir (Sayfa 53).

Bu çalışmanın amacı, Ebru olayında gerçekleşen fiziksel süreçlerin incelenmesi ve Ebru'da kullanılan malzemelerin parametrelerinin ölçümüdür.

Yapılan çalışmalarda; kitre, boya eriyiği ve öd suyunun yoğunlukları, yüzey gerilimi sabitleri ve malzeme hazırlanmasındaki oranlar belirlendi. Bu maddelerin XRF analizi yapıldı.

Boya eriyiği-kitre etkileşmesinde; boya eriyiğinin kitre yüzeyi üzerindeki yayılımı, yüzeyde meydana getirdiği filmin kalınlığı belirlendi. Boya eriyiğinin, kitre yüzeyine damlatılmasında yüksekliğin etkisi gözlemlendi.

Boya eriyiklerinin, yan yana ve üst üste etkileşimleri, kitre yüzeyi üzerinde meydana getirdikleri filmin ulaşabileceği maksimum kalınlık ve bu kalınlığın aşımı durumundaki çökmeler incelendi.

ABSTRACT

The Art of Marbling (Ebru Sanatı), dating back to a 600-year history has hitherto been living with master-apprentice relationship. The ratios of the materials used have been tried to be developed by the trial and error method by masters, rather than through scientific data, which led sometimes to unsuccessful results.

For the manufacture of the marbling paper, one forms the basis liquid (used a substrate) dissolving the gumtragacant obtained from the astragalus plant in the water. The dye solutions prepared from dye, water and bile mixed at different ratios are dropped on the basis liquid beginning with the one having the greatest surface tension coefficient. The solution dropped finds for itself some place on the basis liquid and those dropped later diffuse by displacing the previous one, radially outward. The three dimensional dye layer formed on the surface is taken away to a two dimensional configuration, after having been formed which is called 'The Art of Marbling' (Page 53).

The aim of this work is to examine the physical processes taking place in this "Marbling" event and to measure the various paramaters of the materials used therein.

In the study, the densities of the basis liquid, dye solution and the bile water, their surface tension coefficients and the ratios of preparations are specified and the XRF analysis is carried out.

In the dye solutions-basis liquid interaction, the area of the dye solution diffused over the basis liquid and the thickness of the film that it formed are specified. The effect of the height from which the dye solution is dropped onto the surface of the basis liquid is observed.

The horizontal and vertical interactions of the dye solutions, the maximum thickness of the film that they form on the basis liquid and the precipitation in the case of the exceeding the limit are investigated.

GİRİŞ

Kelime anlamı 'bulutumsu' olan Ebru, Klasik Türk sanatlarından biridir. Başlangıç tarihi ve ortaya çıkışı hakkında kesin bilgiler bulunmamaktadır. Osmanlı'larda 1600-1700 yılları arasında en parlak dönemini yaşamıştır. Kağıda mermer gibi bir görüntü verdiği için batıda Ebru'ya, 'Mermer kağıdı' (Marbling Paper) denmiştir.

Tarih boyunca Ebru'ya genellikle kitap kültüründe ve yazı sanatında rastlanmıştır. Ciltlerde yan kağıdı, yazı sanatında pervaz ve zemin olarak kullanılmıştır. Günümüzde kağıttan başka; ağaca, metale, cama, kumaşa ve seramik gibi malzemeler üzerine uygulanabilmektedir. Mobilya sanayiinden, duvar kağıdına kadar da pekçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. İlk kullanılan boya toprak olmuştur. Günümüzde toprak boya kullanılmaya devam etmekle birlikte sentetik, pigment, organik içerikli daha pekçok çeşit boya kullanılmaktadır.

Ebru'da temel malzemeler; kitre, boyalar ve öd suyudur. Kitre, suda eritilerek taban sıvısı oluşturulur. Taban sıvısı bir kap içine konulur. Boya, su ve öd suyu karıştırılarak çeşitli konsantrasyonlarda boya eriyikleri hazırlanır. Boya eriyikleri, kitre yüzeyi üzerine damlatılır ve film halinde yayılır. Yüzeye şekil verilir ve üzerine kağıt yatırılır. Boya eriyikleri kağıda yapışır, böylelikle Ebru yapılmış olur.

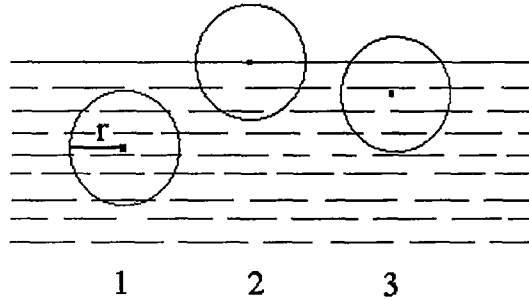
Ebru çalışmaları yaklaşık 12-25 °C sıcaklıkları arasında gerçekleştirilebilir. Bu sıcaklık aralığında malzemelerin yüzey gerilimi sabitlerinde büyük değişim gözlenmez. Yüzey gerilimi sabiti, zamanla değişim gösterir. Kitrenin, boya eriyiklerinin ve öd suyunun yüzey gerilimi sabitleri, yoğunlukları ve malzeme hazırlanmasındaki oranları belirlenmiştir. Bu maddelerin XRF analizleri yapılmıştır. Yapılan literatür çalışmalarında sanatsal incelenmesi dışında, hiçbir bilimsel çalışmaya rastlanmamıştır.

Yapılan çalışmalar, Ebru olayında temel fiziksel etkenin, malzemelerin yüzey gerilimi sabiti ile ilgili olduğunu göstermiştir. Boya eriyiklerinin kitre yüzeyi üzerine atılma sıraları, yüzeydeki yayılmaları ve yayılma hızları, boya eriyikleri arasındaki etkileşimler gibi pekçok olay da yüzey gerilimi ile ilgilidir. Bu nedenle incelemelerimize yüzey gerilimi olayı ile başlayacağız.

2 YÜZEY GERİLİMİ

2.1 Yüzey Geriliminin Meydana Gelişi

Sıvılar, konulduğu kabın şeklini alır. Sıvı moleküllerini birbirine yakın tutan kohezyon kuvvetleridir. Yani, moleküller arasındaki çekme kuvvetleridir. Bir sıvıda aynı cins moleküller arasındaki çekim kuvvetlerine; kohezyon kuvvetleri, farklı cins moleküller arasındaki çekim kuvvetlerine; adhezyon kuvvetleri denir. Sıvıların, (kohezyonun da gösterdiği gibi) her bir sıvı parçacığın yakınında, küre şeklinde bir etki bölgesinin olduğu (mertebesi $r = 10^{-6}$ cm) ve iç tarafta bulunan her parçacığa da bir etkide bulunduğu kabul edilir. Sıvının iç tarafında bulunan; bir sıvı molekülü (Şekil 2.1.1), aynı zamanda her doğrultuda eşit büyüklükte çekim kuvvetlerinin etkisindedir. Buradan çekim kuvvetlerinin birbirlerini dengeledikleri anlaşılır. Yüzeyde bulunan bir molekül (Şekil 2.1.2), sadece bu molekülün alt tarafında r yarıçapında bir yarımküre içinde bulunan moleküllerin çekim etkisinde kalır. Bu çekim kuvvetlerinin bileşkesi aşağıya, sıvının iç tarafına doğru yönelmiş bir kuvvettir. Sıvının yüzeyinde r 'den küçük bir uzaklıkta bulunan bir molekül de (Şekil 2.1.3), moleküler çekim kuvvetleri etkisiyle yine sıvının iç tarafına doğru çekilir. Fakat bu kuvvet yüzeyde bulunan bir molekülün etkilendiği kuvvetten daha küçüktür. Çünkü gözönüne alınan bu molekülün etki bölgesi içinde, üst tarafında da birkaç molekül bulunmaktadır. Adı geçen bu moleküler kuvvetler kabul edilmek şartıyla, yüzeyde ve hemen onun altında bulunan kısımda, sıvının içine doğru yönelmiş bir kuvvet etkisinde kalır. Bu kuvvet yüzeyden itibaren içeriye doğru azalır ve kalınlığı, etki bölgesinin yarıçapına eşit olan ince bir yüzey tabakasına etki eder.



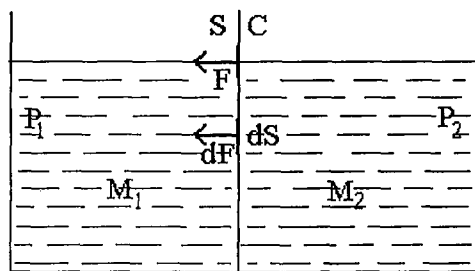
Şekil 2.1 Sıvı moleküllerine etkiyen kuvvetler.

Demek ki bir sıvı molekülünü, iç taraftan sıvının yüzeyine çıkarmak için içeriye doğru çeken kuvvetlere karşı bir iş yapılması gerekir. Sonuç olarak; bir sıvının yüzeyinde bulunan bütün moleküllerin bir miktar serbest potansiyel enerjisi vardır. Yüzeyde bulunan moleküllerin hep birlikte sahip oldukları serbest enerji, sıvının yüzeyinin büyüklüğü ile orantılıdır ki, bu enerjiye yüzey enerjisi denir. Herhangi bir sistemin kararlı (stable) denge durumu, sistemin potansiyel enerjisinin minimum olduğu durumdur. Yani sıvı yüzeyi mümkün olan en küçük değeri almaya çalışır.

Sıvı yüzeyi, kendi düzlemine paralel bir çekme ile büyütülmek istenirse yüzey artmasına karşılık gelen bir iş yapmak gerekir. Yüzey geriliminin tanımı için, S serbest yüzeyi ile sınırlanmış bir M kütlesi gözönüne alınır. Bu kütle, S yüzeyini kesen bir C eğrisi yardımıyla M_1 ve M_2 kısımlarına ayrılır (Şekil 2.2). M_2 kütlesi, M_1 kütlesinin meydana getirdiği kuvvetlerin etkisi ile dengededir. Bu kuvvetler, toplam yüzeyin elemanları üzerinde etki eden baskı kuvvetleri ve C eğrisinin elemanları üzerine etki eden F yüzey gerilimi kuvvetleridir. C eğrisinin dS elemanı üzerine etki eden dF kuvvetinin, sıvının yüzey düzlemi içinde dS'ye dik olduğu, M_2 'nin dışına yönelmiş bulunduğu ve dS ile orantılı;

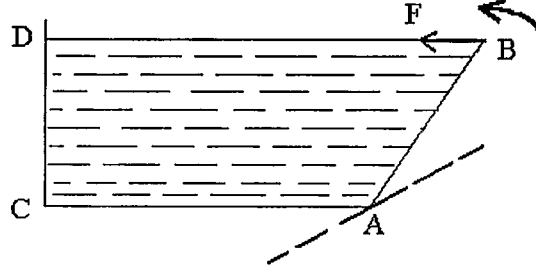
$$dF = \alpha \cdot dS \quad (2.1)$$

olduğu kabul edilir. α sabiti, sıvının ve temasta bulunduğu gazın cinsine ve bulunduğu ortamın sıcaklığına bağlıdır. α ; S yüzeyinin yüzey gerilimi sabiti olarak adlandırılır.



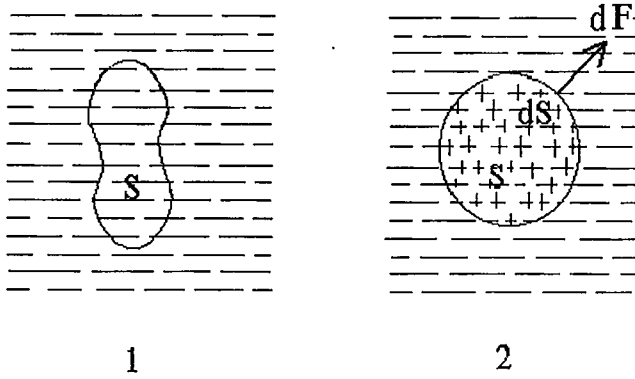
Şekil 2.2 Yüzey gerilimi kuvvetleri.

M_2 kısmının, P_2 yüzünü kaplayan ince bir tabakadan meydana geldiği düşünülürse, bu yüzeyin de F kuvvetleri tarafından sıvıya doğru çekildiği açıktır. Şekil 2.3 'de şeması görülen durum bunu göstermektedir. Birkaç milimetre yüksekliğinde bulunan ABCD kabı, A yatay eksenini etrafında hareket edebilen, AB ince yüzeyi ile sınırlanmıştır. Kap suyla dolu ise, ve yüzey kendi haline bırakılacak olursa, ağırlığına ve sıvının baskı kuvvetlerine rağmen, AB yüzeyi, okun gösterdiği yönde döner.



Şekil 2.3 Yüzey gerilimi kuvvetinin su dolu kaptaki etkisi.

α yüzey gerilimi sabiti, sıvının cinsine bağlıdır. Örneğin, saf suyun yüzey gerilimi sabiti, sabunlu suyunkinden büyüktür. Pamuk ipliğinden bir bukleye yapılarak bir cam kap içinde bulunan temiz su üzerine konulursa, bukleye suyun yüzeyinde genişgüzel bir S yüzeyi oluşturur (Şekil 2.4.1). Bu su yüzeyinin içine, sabun eriyiğinden bir damla damlatılırsa; iplik gerilir ve bukleye tamamıyla çembersel bir şekil alır (Şekil 2.4.2). Bu durum buklenin her dS elemanının dışarıya yönelmiş, bir dik kuvvet etkisi altında kaldığını gösterir. Saf suyun yüzey gerilimi sabitini α ile, sabunlu suyun yüzey gerilimi sabitini de α' ile gösterirsek, bu kuvvet; tanımımıza göre $(\alpha - \alpha') \cdot dS$ 'ye eşittir.



Şekil 2.4 Farklı sıvılar arasındaki yüzey gerilimi etkileşimi.

İnce bir dikiş iğnesi önceden biraz yağlandıktan sonra, batmaksızın su yüzeyine konulabilir. İğne su yüzeyi üzerinde; ince bir zar üzerinde gibi durur. İnce aralıklı (yaklaşık 1dm^2 büyüklüğünde) bir tel kafes, biraz yağlandıktan sonra, yani su tarafından ıslatılmadığı zaman, suda yüzebilir. Su yüzeyinde dikiş iğnesinin bir ucu, suyun yüzeyi içine girecek şekilde itilirse, iğne bu noktada sanki suyun yüzeyinde açılan delikten girer gibi, eğik olarak içeriye dalar. Yüzen cisimlerin, yüzey delindikten sonra ağırlığa bağlı olarak batmalarından, bu olayın yalnızca su yüzeyinde olduğu ortaya çıkar.

Yüzey gerilimi sabitinin birimi; $(\text{erg}/\text{cm}^2) = (\text{dyn}/\text{cm}) = (\text{g}/\text{s}^2)$ 'dir. Sabun eriyiği için ortalama değer, $\alpha = 29 \text{ dyn}/\text{cm}$ 'dir. α 'ya formal olarak sıvının 1cm genişliğinde bir şeridini büzmeye çalışan dyn cinsinden kuvvet olarak da bakılabilir. Bazı sıvıların yüzey gerilimi sabitleri çizelge 2.1 'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Bazı sıvıların yüzey gerilimi sabitleri.

Sıvı - Temastaki madde	dyn / cm
Benzen - hava	29
Cıva - hava	470
Cıva - su	392
Gliserin - hava	63
Su - hava	73
Zeytinyağı - hava	35
Zeytinyağı -su	19

2.2 Islatan ve Islatmayan Sıvılar

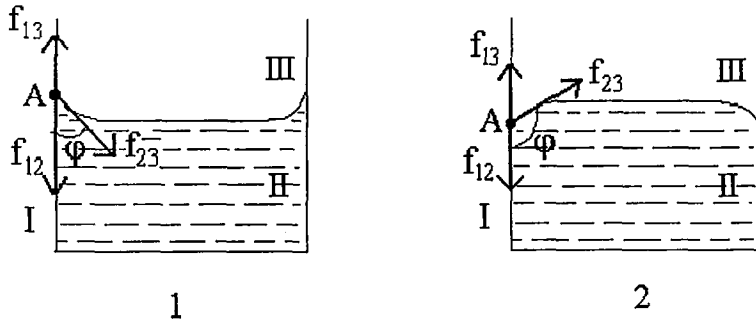
Bazı sıvılar örneğin cam içinde su, kabın çeperinde ortasından daha yüksektedirler. Diğerleri ise örneğin cam içinde civa, serbest yüzeylerinde kabın çeperinde aşağıya doğru bir bükülme gösterirler. Düz yüzeyden olan ayrılma, kap çeperiyle sıvı arasında moleküler çekim kuvvetlerinin etkisi ile açıklanır.

I katı kap, II sıvı ve III hava olmak üzere; f_{12} kap ile sıvı arasındaki, f_{23} sıvı ile hava arasındaki, f_{13} kap ile hava arasındaki kuvvetler olup; A noktasında bulunan moleküle etkiler. Bu kuvvetlerden f_{23} sıvının yüzeyine çizilen teğetin doğrultusunda φ açısında ve sıvının içine doğrudur (Şekil 2.5.1). Molekülün dengede kalabilmesi için;

$$f_{12} + f_{23} \cos \varphi = f_{13} \quad (2.2)$$

$$\cos \varphi = \frac{f_{13} - f_{12}}{f_{23}} \quad (2.3)$$

elde edilir. Bu denklem, sıvı yüzeyi ile kabın çeperi arasındaki φ kenar açısını belirtir. Kenar açısı burada olduğu gibi dar açı ise sıvı ıslatandır. Bu denklem aynı zamanda Şekil 2.5.2 'de gösterilen hali de içine alır. Burada $f_{12} > f_{13}$ olduğundan yukarıdaki oran negatif bir değer alır. Bu sonuca göre, φ açısı geniş açı olacağından sıvı ıslatmayandır.



Şekil 2.5 Sınır yüzeylerinin moleküler kuvvetlerinin etkisi.

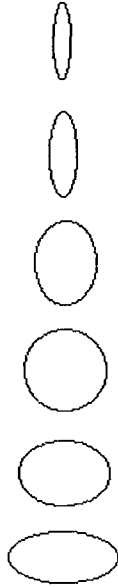
Düz bir yüzey üzerinde duran bir damla da bu konuda fikir verebilir. Sıvı eğer ıslatıyorsa Şekil 2.6.1, eğer ıslatmıyorsa Şekil 2.6.2 halini alır.



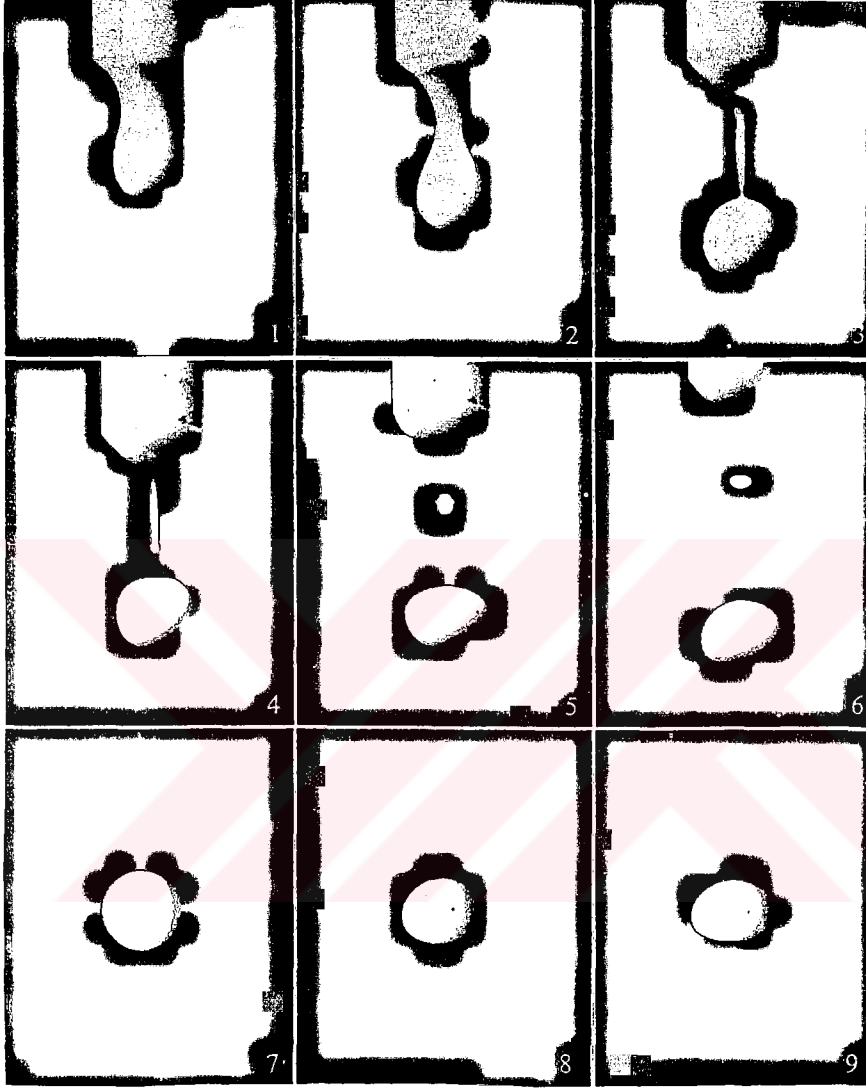
Şekil 2.6 İslatan ve ıslatmayan sıvılar.

2.3 Minimal Yüzeyle

Bir damla su, bir damlalığın ucundan sanki bir torba içinde kapalıymış gibi sarkar. Delikten ayrıldıktan sonra serbest yüzeyinin büzüleceğini gösteren salınımlar yapar (Şekil 2.7). Benzer şekilde düşey bir tübün ucundan düşen süt damlasının aşamaları Şekil 2.8 de gösterilmiştir. Damla düşerken bazı salınımlar yapar ve küresel şekil alır. Fakat hava direnci etkisiyle damlanın şekli yeniden değişebilir.



Şekil 2.7 Damla salınımları.

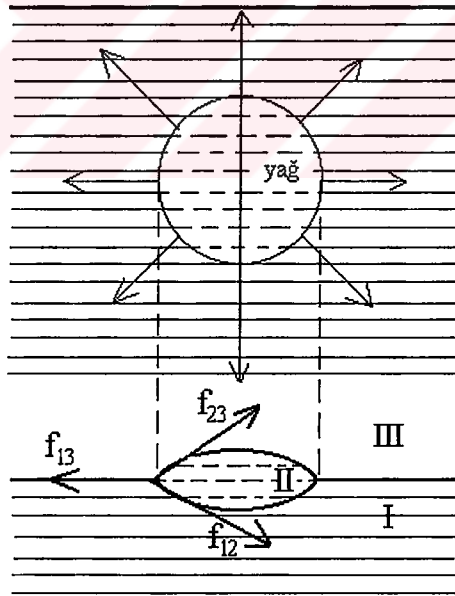


Şekil 2.8 Bir süt damlasının oluşum aşamaları (Sears ve Zemansky,1963)

Su üzerine bir yağ damlasının bırakılmasında, damlanın çevresinin dairesel denge durumunda bulunduğu kabul edilir. Damlanın çaptan geçen bir düzlemde kesiti Şekil 2.9 daki gibidir. I. ortam bir sıvı, II. ortam yağ damlası, III. ortam da hava ise; f_{12} sıvı ile yağ damlası arasındaki, f_{13} sıvı ile hava arasındaki, f_{23} yağ damlası ile hava arasındaki yüzey gerilimi kuvvetleridir. f_{12} , f_{13} , f_{23} yüzey gerilimi kuvvetleri bir bileşkede toplanır. Bu bileşke; eğer gerilimlerin hiçbiri diğer ikisinin toplamından büyük değilse, sıfıra eşittir. Eğer,

$$f_{13} > f_{12} + f_{23} \quad (2.4)$$

ise yağ damlasının A kenarında bulunan moleküller, f_{13} yönünde hareket ederler ve I. ortamda (sıvısı yüzeyinde) yayılırlar. Yüzey büyük ise ve yeterince alan da varsa yağ damlası moleküler tabakaya kadar yayılır ve parçalanır. Bu parçalanma, yağ tabakasının yaklaşık 10^{-8} cm'lik bir kalınlığa inmesi ile gerçekleşir.



Şekil 2.9 Bir sıvı üzerindeki yağ damlasına etkiyen yüzey gerilimi kuvvetleri.

3 YÜZEY GERİLİMİ SABİTİNİ ÖLÇME YÖNTEMLERİ

3.1 Tate Yasası (Damla Sayma Yöntemi)

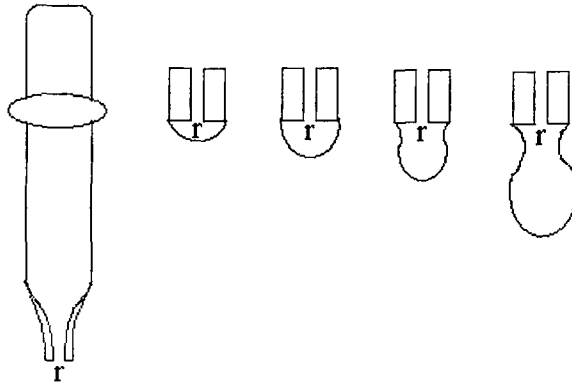
Bu yöntem silindirik ve düşey bir borunun alt ucundan kopan, bir damlanın ağırlığı ile sıvının yüzey gerilimi sabiti arasındaki Tate yasasına dayanır. Dik tutulan ince bir borunun alt ucunda oluşan sıvı damlasını bölgede tutan yüzey gerilimi kuvveti;

$$F = 2 \Pi r \alpha \quad (3.1)$$

(r = ince borunun yarıçapı, α = yüzey gerilimi sabiti, $\Pi = 3,14$) dir. Borunun ucundaki damlanın düşebilmesi için, damla ağırlığının F kuvvetinden büyük olması gerekir. Bu damlaya etki eden yüzey gerilimi kuvveti, o damlanın kütlesi ile orantılıdır.

$$F = Mg = 2 \Pi r \alpha \quad (3.2)$$

Böylece damla ağırlığını ölçmekle, o sıvının yüzey gerilimi sabiti bulunabilir. Ancak burada damla; borunun ucundan yapıştığı yerden kopmayıp, biraz altından da kopabilir. (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Damla oluşumu.

Bu nedenle r yarıçapını hesaplamalara katmamak için, α yüzey gerilimi sabiti bilinen bir sıvıyla karşılaştırılarak bulunur.

$$M'g = 2 \Pi r \alpha' \quad (3.3)$$

Her iki hesaplamada aynı cam boru kullanılacağından r yarıçapı sabit kalır. Sadece damla ağırlıkları ile yüzey gerilimi sabitleri değişiktir. Bu eşitlik oranlanırsa;

$$\frac{Mg}{M'g} = \frac{2\pi r \alpha}{2\pi r \alpha'} \quad (3.4)$$

$$\frac{M}{M'} = \frac{\alpha}{\alpha'} \quad (3.5)$$

elde edilir. Aranılan yüzey gerilimi sabiti α olduğundan;

$$\alpha = \frac{M}{M'} \alpha' \quad (3.6)$$

bağıntısından α bulunur.

3.2 Burulma Terazisi

Yüzey gerilimi kuvvetleri sıvı levhanın büyüklüğüne bağlı değildirler. Yüzey gerilimi sabiti α olan bir sıvı, bir kap içine konur. Çevresi ℓ olan, ince bir platin telden yapılmış (bir terazinin koluna takıldığı zaman daima yatay kalacak şekilde asılı), çember biçimindeki bir halka bu sıvı içine daldırılır. Halka, sıvı ile tam ıslatıldıktan sonra yavaşça dışarı çekilirse, halka ile sıvının serbest yüzeyi arasında silindirik şeklinde bir sıvı levhası meydana gelir. Bunu tutmak için;

$$F=2\alpha \ell \quad (3.7)$$

kuvveti gerekir. Bu ölçüm için burulma terazisi kullanılabilir (Şekil 3.2).

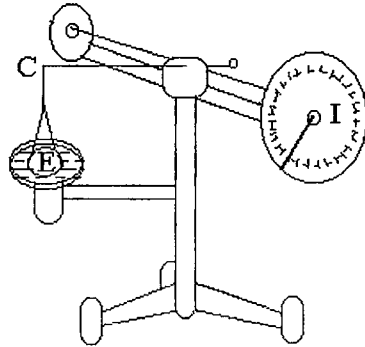
Şekil 3.2 'deki I tablasının 1 radyan dönmesini sağlamak için C üzerine etkiyen kuvvet; f olarak kabul edilip, burulma kolları sıfıra getirilir. E halkası sıvıya dalıncaya kadar tabla yükseltilir. Sonra tabla yavaş yavaş alçaltılınca E'nin aşağıya doğru çekildiği görülür. Bunu önlemek için burulma kollarını φ kadar döndürmek, yani halkaya

$$F = \varphi f \quad (3.7)$$

kuvveti uygulamak gerekir. Belirli bir anda sıvı levhası birden bire kopar ve terazi karakteristik bir tıkrıtı ile gelip, üst durma yerine çarpar. Bu anda döndürmeye son verilir ve φ okunur. İki kuvvetin eşitliğinden;

$$\alpha = \frac{\varphi f}{2\ell} \quad (3.8)$$

yüzey gerilimi sabiti elde edilir.



Şekil 3.2 Burulma Terazisi.

3.3 Kapiler Yükseltme Metodu ve Jurin Kanunu

İç yarıçapı küçük olan ($r < 3\text{mm}$) bir cam boru (kapiler boru), geniş bir kap içinde bulunan ve camı ıslatan bir sıvı içine batırılacak olursa, boru içindeki sıvının dış seviyeden fazla yükseldiği görülür (Şekil 3.3). h boru içinde yükselen sıvının, kap içindeki serbest yüzeye olan uzaklığıdır. Yarıçapı r olan bir kapiler boru, yoğunluğu ρ olan bir sıvı içine daldırılırsa, α ; yüzey gerilimi sabiti olmak üzere, borunun ucuna etkiyen kuvvet $2 \Pi r \alpha$ dır. Bu kuvvet, hacmi $\Pi r^2 h$ ve kütlesi $\Pi r^2 h \rho$ olan bir sıvı sütununu taşır. Bu kuvvet dengesinden yararlanılarak;

$$2 \Pi r \alpha = \Pi r^2 h \rho g \quad (3.10)$$

$$h = \alpha \frac{2}{r \rho g} \quad (3.11)$$

bulunur. Burada kılcal borunun yarıçapı önemsenmeyecek kadar küçük olduğundan;

$$r = R \sin \beta \quad (3.12)$$

kabul edilmiştir (Şekil 3.3).

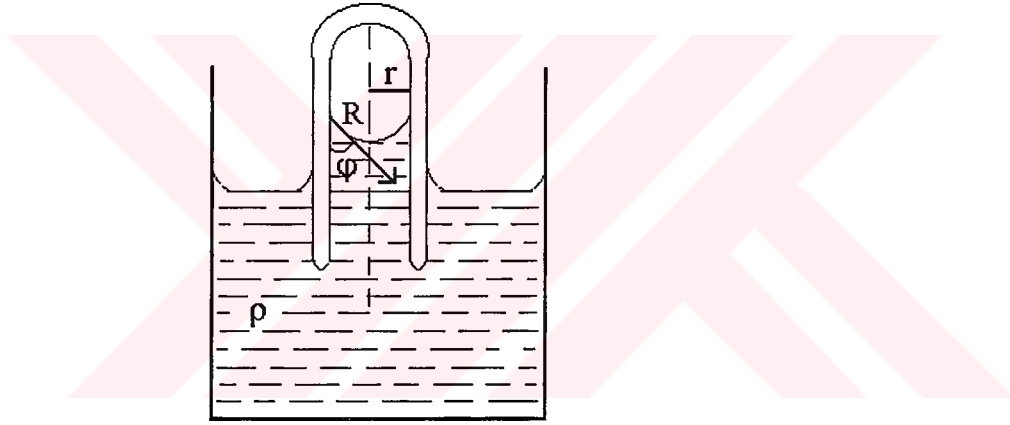
(3.11) formülünden de anlaşılacağı üzere; silindirik boru içinde sıvının yükselen miktarı yani h , borunun yarıçapı ile ters orantılıdır. Buna Jurin kanunu denir. Buradan yüzey gerilimi sabiti çekilirse;

$$\alpha = \frac{h r \rho g}{2} \quad (3.13)$$

olur. Eğer r , ρ , g bilirse h 'ı ölçmekle α yüzey gerilimi sabiti belirlenmiş olur. Fakat r 'nin ölçülmesi pek kolay olmadığından aynı yarıçaplı kapiler borular kullanılabilir. Yüzey gerilimi sabiti (belli bir sıcaklık aralığında) bilinen bir sıvının h_1 yüksekliği ile yüzey gerilimi sabiti bilinmeyen bir sıvının h_2 yüksekliği karşılaştırılarak; yüzey gerilimi sabiti bilinmeyen sıvının bu değeri (α_2) bulunabilir.

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\alpha_1 \rho_1}{\alpha_2 \rho_2} \quad (3.14)$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 \frac{h_2 \rho_1}{h_1 \rho_2} \quad (3.15)$$



Şekil 3.3 Jurin kanunu.

4 SIVILARDA KARIŞMA

4.1 Sıvılarda Karışma ve Erime

Gazlarda moleküllerin karşılıklı çekim kuvvetleri küçüktür. Gazlar birbirleriyle kolaylıkla karışabilirler ama sıvılarda bu böyle değildir. Bir kap yarısına kadar su ve öteki yarısı da yağ ile doldurularak kuvvetle çalkalanırsa; süt gibi bulanık bir karışım meydana gelir. Burada su ve yağ parçacıkları sadece gözle veya mikroskopla damlacıklar halinde, birbirinden ayırt edilebilirler. Karışım bir süre hareketsiz bırakılırsa genellikle iki sıvı tekrar tamamıyla birbirinden ayrılırlar. Su ile civa, yağ ile civa da böyledir. Böyle daimi olarak karışmayan, fakat damlaları oldukça uzun bir süre birarada kalabilen cisimlerin karışımına; emülsiyon denir. Süt bir emülsiyondur.

Böyle emülsiyonlarda her iki sıvıdan biri damla şeklinde, diğeri ise bu damlaları saran zarf (petek) şeklinde bulunur. Bu nedenle yine bu iki sıvı, bu iki rolü değişerek çeşitli emülsiyonlar oluşturabilirler (süt ve tereyağı). Birçok emülsiyon sürekli değildir. Örneğin makina yağı ile su emülsiyonu, küçük yağ damlaları birbirlerine çarptığında tekrar birleşirler ve emülsiyon çabucak tekrar ayrılır. Fakat emülsiyonlar uygun maddeler karıştırılarak kararlı hale getirilebilirler. Bunun sonucunda damlacıklar monomoleküler bir tabakayla örtülerek birleşmeye karşı korunurlar.

Bir kap yarıya kadar suyla doldurulup üzerine dikkatle ispirto dökülürse, özgül ağırlığı daha küçük olan ispirto suyun üzerinde yüzer ve açıkça görünen bir sıvı tabakası meydana getirir. Sonra her iki sıvı çalkalanıp, uzunca bir zaman kendi halinde bırakılırsa; bir karışım oluşur. Karışım artık hiçbir farklılık göstermez. Uzun zaman dursa da tekrar bu iki maddeye ayrılmaz. Su ile ispirto sürekli olarak karışabilirler.

Su ile ispirtonun karışması basit bir karışma değildir. Eğer 1m'lik bir cam boru, yarıya kadar su ve öteki yarısı da ispirto ile tamamıyla doldurulup çalkalanırsa, iki sıvının bütün boruyu doldurmadıkları görülür.

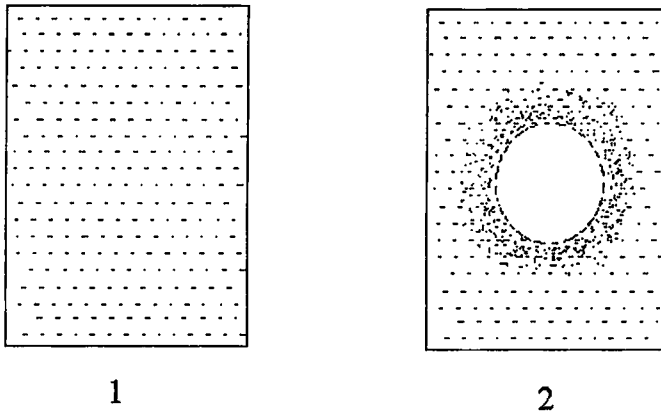
Bir kap yarıyarıya su ve etileterle doldurulursa, karışmadan sonra iki sıvı tekrar ayrılabilirler. Fakat su eter almıştır ve etileter içinde de su erimiştir. Çok miktar suya sadece birkaç damla eter dökülürse, eter suda tamamıyla erir. Su ile eter belli bir oranda karışabilirler.

Suya atılan yemek tuzu, çok fazla miktarda olmamak koşuluyla suda tamamen kaybolur, tuz erir. Bu sırada bir soğuma meydana gelir.

Bir madde, bir sıvı içinde erir ve eriyebilirlik, belli bir değere ulaştıktan sonra durur. Bu haldeki bir sıvıya, doymuş sıvı denir. Sıvıyı doyurucu miktar, sıcaklığa bağlıdır ve genellikle sıcaklığın yükselmesi ile eriyebilirlik artar.

4.2 Yüzey Eriyikleri

Suyun üzerine sabun suyu gibi yabancı madde konulduğunda, suyun yüzey gerilimi düşer. Böyle bir yüzey elde etmek için su, bir küvet içine konur. Suyun yüzeyi bir kağıt yatırılarak temizlenir. Sonra yüzeye talk serpilir (Şekil 4.1.1). Tanecikler ıslanmadan yüzer. Cam küvetin ortasına eser miktarda yağ damlatılır. Yağ yayılır ve talk tanelerini iter (Şekil 4.1.2).



Şekil 4.1 Yüzey eriyikleri.

Yağ yüzeye homojen yayılmış olsa, tabaka kalınlığı birkaç angström olurdu. Ama bu olayın meydana gelebilmesi için yüzey yeteri kadar büyük olmalıdır. Böylelikle su, bir yağ yüzey eriyiği ile örtülmüş olur.

Yüzey eriyiğinin bir yüzey baskısı vardır. Örneğin yukarıda bahsedildiği gibi suyun yüzey gerilimi, yüzeyine yağ moleküllerinin yayılmasıyla değişir. Yüzeydeki talk taneleri itildiğinde, suyun bir yüzey elemanı için birbirini dengeleyen yüzey gerilimi kuvvetlerine, eriyiğin yüzey baskı kuvvetleri eklenir. Yüzey baskısı yüzey gerilimini düşürür.

4.3 Kolloidal Eriyikler

Kolloidal eriyikler, gerçek eriyikler ile emülsiyonlar arasında bir geçit meydana getirirler. Bunlar sıvı içinde doğrudan doğruya moleküler olarak erimeyen, çok küçük parçalara ayrılmış maddelerin dibe çökmemesiyle meydana gelirler. Bu çok küçük parçacıklar sıvı içinde yüzerler (süspansiyon) veya kendiliğinden ağırlığın etkisi ile sıvıya geçerler. Bunun için gerekli olan enerji yüzey gerilimi tarafından verilir.

Genellikle madenler kolloidal olarak eritilebilirler. Bundan başka, kimyasal bakımdan karışık cisimler de kolloidal olarak erirler. Kolloidal eriyikler, süspansiyon haldeki cisme ve parçacıkların büyüklüğüne göre renk gösterirler. Böylece örneğin kolloidal bir altın eriyiği, bazı şartlar altında kırmızı renktedir. Kolloidal bir eriyik donunca da, yüzen parçacıklar birbirinden ayrı kalırlar ve katı haldeki cisme genellikle kuvvetli bir renk verirler.

Kolloidal eriyikler, prensip itibariyle gerçek eriyiklerden farklı değildirler. Sonuç olarak, moleküllerin eritici sıvı içinde ortalama olarak dağılmış olduklarının kabul edilmesi gereklidir. Kolloidal eriyiklerde aynı cins moleküllerin oluşturdukları topluluklar (molekül kompleksi) sıvı içinde dağılmışlardır. Bu haldeki kolloidal parçacıkların büyüklüğü, 10^{-3} - 10^{-5} cm aralığında değişim gösterir.

Bu parçacıklara mikronlar da denir. Gerçek eriyiklerdeki parçacıkların büyüklüğü 10^{-7} cm civarındadır. Bu iki aradaki parçacıklara submikronlar denir.

Gerçek eriyiklere göre karakteristik bir fark, kolloidal eriyiklerin çok daha silik özellikler göstermeleridir. Bunlarda her sıcaklık derecesi için belirli bir eriyebilirlik yoktur. Erimiş cisim, aşırı doyma halinde gerçek bir eriyikten genellikle kristal şeklinde ayrılır.

Kolloidal eriyiklerin artıkları ise genellikle cam görünüşündeki kütlelerdir (jeller). Bunlar eriticinin oldukça büyük bir miktarını da içerirler ve eritici bunlardan güçlükle ayrılabilir. Eriticinin ilavesiyle, tekrar eski eriyik meydana gelir.

4.4 Sıvı İçinde Molekül Düzeni

Bir sıvının içinde, kristallerin aksine atom veya moleküllerin sabit bir yeri olmayıp, moleküller birbirinin arasında hareket edebilirler. Bununla birlikte, moleküllerin durumları; yerlerinin sürekli değişmesine karşın bütün durum ve doğrultular aynı olacak şekildedir, sırasız değildir. Karşılıklı sıralanış bakımından kristal haldekine benzemektedir. Moleküller, örneğin ağaç çubukları gibi bir demet halinde toplanmaktadır. Fakat bunlar, kristalde olduğu gibi birbirine yapışık olmayıp, eksenleri doğrultusunda kolaylıkla hareket edebilirler. Gerçek kristale çok benzeyen sıvılar da vardır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1 Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

5.1.1 Kitre

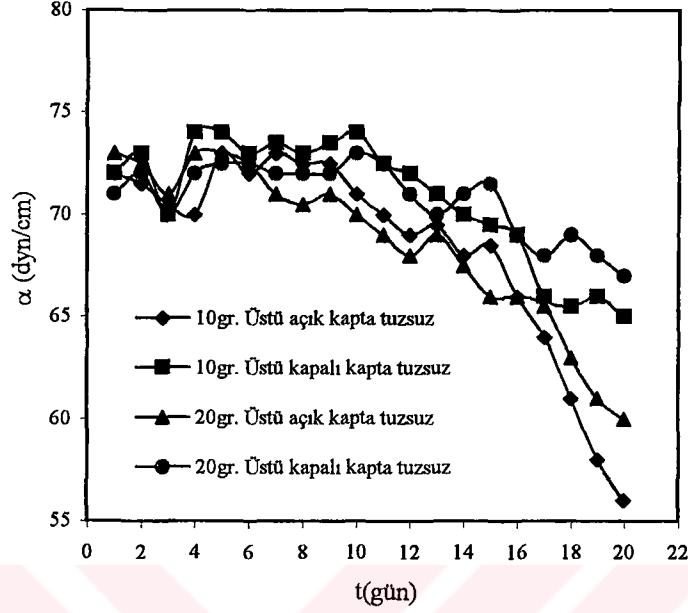
Ebru Sanatı'na hep bir sır gibi bakılmıştır. Bunun nedenlerinden biri de malzemenin doğru hazırlanması ile ilgilidir. Malzeme uygun şekilde hazırlanmazsa, bir sonuç alınamaz. Bu çalışmada hazırlanması gereken ilk malzeme kitredir. Kitre, yüksek dağlarda büyüyen geven bitkisinin özünde bulunan bir polisakkarittir. Bu bitkiler üzerine küçük yarıklar açılır. Dışarıya çıkan kitre, hava ile temasında katılaştır. Kitrenin, çalışmada kullanılabilmesi için suda eritilmesi gereklidir. Kitrenin, gram olarak değerinin 110 ± 20 katı kadar (ml cinsinden) su eklenerek uygun kıvama geldiği belirlenmiştir. Yapısı iki kısımdan oluşur: i) tragakantin (suda çözünen kısım), ii) bassorin (suda çözünmeyip sadece şişen kısım).

Kitre, su ile bileşik oluşturmaz; suda asılı kalır. Ebru çalışmak için tek seçenek kitre değildir. Kitre yerine; keten tohumu, salep, ayva çekirdeği, deniz kadayıfı, hilbe (çemen tohumu) de kullanılabilir. Bu maddelerin en büyük ortak özelliği yapışkan olmalarıdır.

Kitre organik bir maddedir, zamanla içinde mantar üreyebilir ve bozulabilir. Fuat BAŞAR bunu önlemek için kitreye tuz katılmasını önermiştir. Tuz, karışımda mantar üremesini geciktirir. Kitrenin yüzey gerilimi sabiti zamanla değişim gösterir. Başlangıçta 70 dyn/cm civarında olan yüzey gerilimi sabiti zamanla değişir (gün bazında) ve bu değer 50 dyn/cm civarına düştüğünde kitre bozulur. Tuz, bu değişimi geciktirir. Deneylerde yüzey gerilimi sabitini belirlemek için teorik kısımda açıklanan Tate Yasası kullanılmıştır.

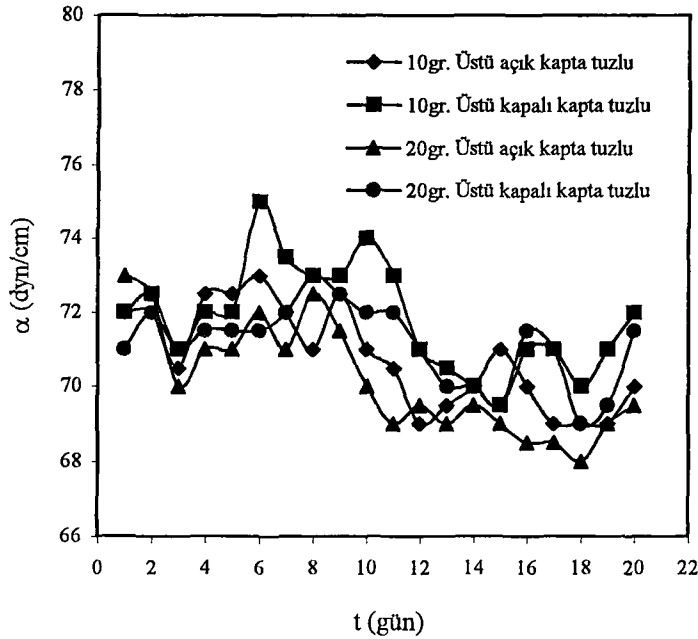
Kitrenin, yüzey gerilimi sabitine bir etken de kullanılan kabın ağzının hava ile temasta olmasıdır. Tüm bu nedenlerden dolayı; tuzlu, tuzsuz, üstü açık ve kapalı kaplardaki farklı konsantrasyonlu kitrelerin yüzey gerilimi sabitlerinin değişimleri gözlemlendi

Üstü açık kaptaki tuzsuz örnekler, 20 günün sonunda bozuldu. Üstü açık kaptaki tuzsuz örnekler, üstü kapalı kaptaki örneklere göre suda daha kısa sürede çözünüp homojen hale geldiler (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Kitrenin yüzey gerilimi sabitinin tuzsuz örneklerde zamanla değişimi.

Hazırlanılan tuzlu örneklerin hiçbiri 20 günün sonunda bozulmadı. Tuzlu örnekler, tuzsuz örneklere göre suda daha kısa sürede çözünerek homojen hale geldiler (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Kitrenin yüzey gerilimi sabitinin tuzlu örneklerde zamanla değişimi.

Kitrenin başlangıçtaki yoğunluğu, yaklaşık 1.1 g/cm^3 dür. Yüzey geriliminin değişim göstermesi gibi kitrenin yoğunluğu da değişim gösterir. Fakat bu değişim küçük olduğu için ölçüm zordur. Yüzey gerilimindeki fark daha kolay izlenebildiğinden, bu tercih edildi.

Gözlemlenen başka bir hal ise kitreye su eklendikçe, yüzey gerilimi sabitinin yükselmesidir. Daha önce de belirtildiği gibi, kitrenin yüzey gerilimi sabitinin düşmesi, çalışmayı engeller. Ebrucular da deneme-yanılma yolu ile her çalışmaya su ekleyerek başlamayı keşfetmişlerdir.

Ebru yapımında çeşitli boyutlardaki 'tekne' adı verilen kaplardan yararlanır. Genellikle $50\text{cm} \times 30\text{cm} \times 6\text{cm}$ boyutundaki tekne standart boyut olarak kabul edilir. Ebruda kullanılan kabın boyutu önemlidir. Çok küçük alanda boya eriyiğinin yayılması zorlaşır ve dibe çökmeler meydana gelir.

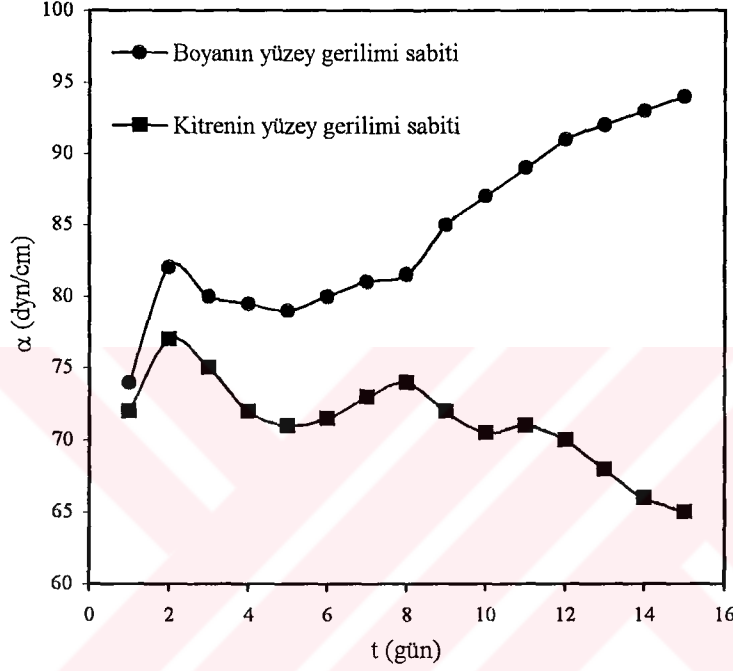
5.1.2 Boyalar

Ebru'nun ikinci aşaması boyaların hazırlanmasıdır. Bu boyaların ortak özelliği, suda erimemeleri ve yağ içermemeleridir. Bu boyalar genellikle toz halinde bulunurlar, kitre üzerine atılmaya hazır hale gelebilmeleri için; içlerine su (içme suyu) ve öd suyu katılarak bir boya eriyiği haline getirilirler. Her cins boyanın su ve öd alma kapasitesi farklıdır. Ancak temel boya eriyiği denilen ilk kat eriyik (1) bulunduktan sonra diğer katlar (farklı konsantrasyonlu boyalar) için oranlar belirlenmiştir (çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 Boya eriyiğinin hazırlanmasında boya-öd suyu-su oranları.

Boya Katları	1	2	3	4	5
Öd Miktarı (cm^3)	×	1x2,75	1x4,5	1x6	1x9
Su Miktarı (cm^3)	×	1x2	1x2	1x2	1x2
Yüzey Gerilimi Sabiti (dyn/cm)	86	80	73	66	61

Boya eriyiği yüzeye atıldığında, dibe çökmemeli ve kitreye karışmamalıdır. Bu olay kitreyi bozar. Çizelge 5.1 de görüldüğü gibi boya eriyiğine eklenen öd miktarı, yüzey gerilimi sabitini küçültür. Ancak bir boya eriyiği hazırlandıktan sonra hiç müdahale edilmeden günlerce bekletilirse, yüzey gerilimi sabitinin buharlaşma nedeniyle yükseldiği gözlenir. Kitrenin yüzey gerilimi sabiti zamanla düşerken; boya eriyiğinin bu değeri zamanla yükselir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Boya eriyiğinin ve kitrenin yüzey gerilimi sabitinin zamanla değişimi.

5.1.3 Öd Suyu

Genellikle mezbahaneden elde edilen, öd suyunun içinde; primerkolik ve kenodeoksikolik asit, seconder olan deoksikloik asit ve litolik asit bulunur. Öd suyunun elde edildiği safra kesesinde; solidler, su, mucin ve pigment bulunur. Öd suyunun; yoğunluğu $1,2 \text{ g/cm}^3$ ve yüzey gerilimi sabiti 50 dyn/cm civarındadır. Öd suyu, boya eriyiklerinin yüzey gerilimi sabitini düşürerek, kitre yüzeyinde kolayca yayılmayı sağlar.

5.1.4 Malzemelerin XRF Analizi

Malzemelerin XRF analizi çizelge 5.2 de görüldüğü gibidir. Genellikle boyalarda kullanılan elementlerin atom numaraları 28-58 arasındadır.

Çizelge 5.2 Kullanılan malzemelerin XRF analizi.

Cinsi	Elementler
Kitre	K(çok miktarda), Ca
Pigment Mavi	Sn, Ba, Rb, Sr, Y, Zr, Fe, Ce
Pigment Kırmızı	'Sn, Ba'(çok), Se, Cu, Fe, Zn, 'Sr, Cr'(az)
Oksit Kırmızı	Fe, Ca, Cu, Sn
Oksit Sarı	Fe, Sn, 'Cu, Y' (az)
Oksit Siyah	Ca, Sr, Sn, 'Fe, Cu' (az)
Çivit Mavi	Ca, Sr, Ba, Rb, Sn, Fe, Cu

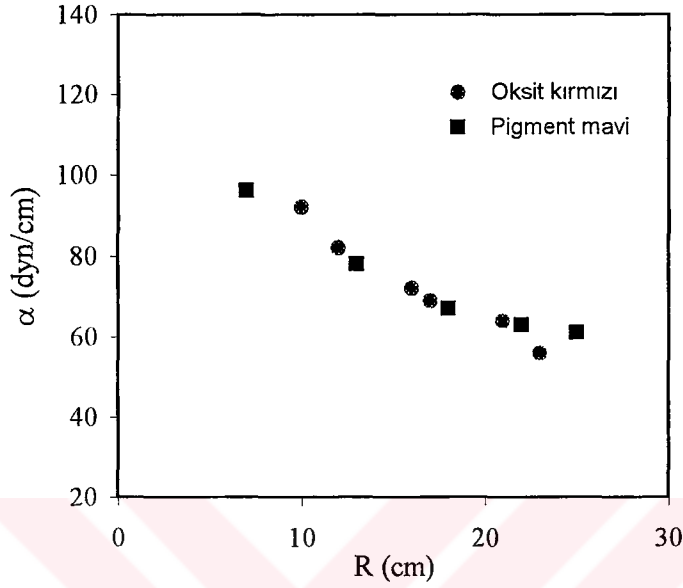
5.2 Boya Eriyiği-Kitre Etkileşimi

5.2.1 Boya eriyiklerinin kitre yüzeyi üzerinde meydana getirdiği alan

Boya, su ve öd suyunun karışımı ile elde edilen boya eriyiğinin daha önceden de adı geçen ilk katı; azar azar su ve sonra da öd suyu katılarak kitre yüzeyinde denenir. Otomatik pipetle hazırlanan karışımdan (boya eriyiğinden) $2\mu\ell$ sıvı, kitre yüzeyi üzerine bırakıldığında 5cm çaplı bir daire şeklinde yayılabiliyorsa eriyik doğru hazırlanmış demektir.

Atılan boya eriyiklerinin kitre yüzeyinde meydana getirdikleri filmlerin alanları ve kalınlıkları, yine yüzey gerilimi sabiti ile değişim gösterir. Şekil 5.4'de de görüldüğü gibi boya eriyiklerinin yüzey gerilimi sabitleri, yüzeyde meydana gelen filmin alanı ile ters orantılıdır.

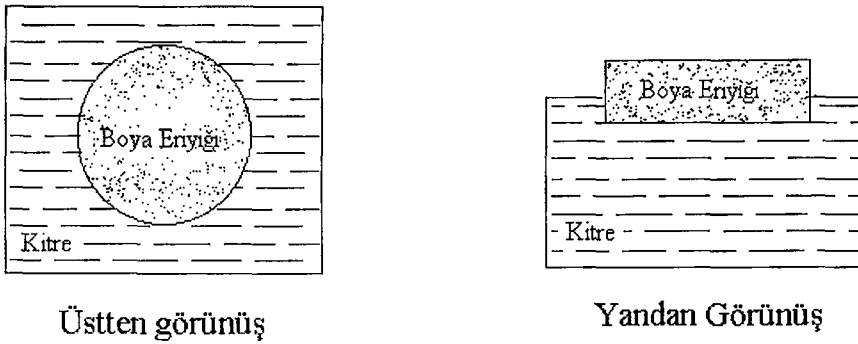
Yapılan deneylerde, boya eriyiklerinin ölçülebilen yüzey gerilimi sabitleri 50-90 dyn/cm arasındadır. Yine Şekil 5.4'den ekstrapolasyon yapılırsa boya eriyiklerinin yüzey gerilimi sabiti 120 dyn/cm olduğunda kitre yüzeyinde yayılma gözlenemeyeceği ve kitre içine doğru çökme olacağı açıktır.



Şekil 5.4 Boya eriyiklerinin kitre yüzeyi üzerinde meydana getirdiği dairenin yarıçapı.

5.2.2 Boya eriyiğinin kitre yüzeyi üzerinde meydana getirdiği filmin kalınlığı

Boya eriyiklerinin kitre sıvısı üzerinde meydana getirdikleri filmin kalınlığı öncelikle, yüzeyde oluşan şeklin silindir olduğu kabul edilerek hesaplanmıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Boya eriyiklerinin kitre yüzeyi üzerindeki şematik gösterimi.

Deneyde otomatik pipet kullanılmıştır. Bu nedenle atılan damlanın hacmi bellidir. Filmin yüzeyde oluşturduğu alan da kolaylıkla ölçülebilir. Eğer yüzeyde oluşan şekil silindir kabul edilirse, boya eriyiğinin film kalınlığı; V damlanın hacmini, A filmin yüzeyde meydana getirdiği filmin alanını ve h de filmin kalınlığını göstermek üzere;

$$V = A \cdot h \quad (5.1)$$

formülünden kolaylıkla hesaplanabilir. Gerçekte, daha sonra da açıklanacağı gibi kitre yüzeyinde boya eriyiğinin meydana getirdiği şekil, tam olarak bir silindir değildir. Ama bu varsayım, hesaplamalarda merteye açısından büyük bir fark meydana getirmez. Kitre yüzeyi üzerinde, boya eriyiklerinin meydana getirdiği filmin kalınlığı 10^{-5} cm mertebesindedir.

Boya eriyiklerinin film kalınlıkları da yine boya eriyiklerinin yüzey gerilimi sabitleri ile doğru orantılı değişim gösterir. Yani yüzey gerilimi sabiti büyük olan boya eriyiğinin film kalınlığı da büyük olur (Çizelge 5.3). Çizelgedeki katlar üst üste atılan boya eriyiklerini göstermektedir.

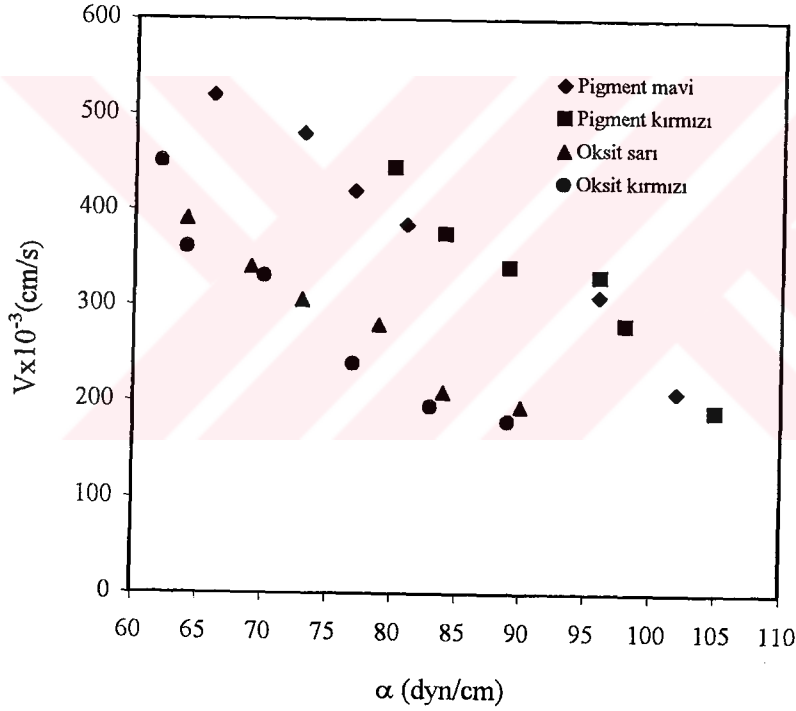
Çizelge 5.3 Çeşitli konsantrasyonlardaki boya eriyiklerinin film kalınlıkları.

Boya Eriyiği Katları		1	2	3	4	5
Pigment Mavi	Film Kalınlığı(cm)	7×10^{-5}	4×10^{-5}	3×10^{-5}	2×10^{-5}	$1,2 \times 10^{-5}$
	Yüz.Ger.Sbt(dyn/cm)	86	80	73	66	63
Pigment Kırmızı	Film Kalınlığı(cm)	7×10^{-5}	$3,7 \times 10^{-5}$	$2,2 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-5}$
	Yüz.Ger.Sbt(dyn/cm)	87	84	76	73	68
Oksit Kırmızı	Film Kalınlığı(cm)	5×10^{-5}	$2,6 \times 10^{-5}$	2×10^{-5}	$1,7 \times 10^{-5}$	$1,1 \times 10^{-5}$
	Yüz.Ger.Sbt(dyn/cm)	84	80	76	69	66

5.2.3 Boya eriyiğinin kitre yüzeyi üzerindeki yayılma hızı

Boya eriyiklerinin kitre yüzeyi üzerindeki yayılma hızları da yine boya eriyiklerinin yüzey gerilimi sabitleri ile değişim gösterir. Yayılma hızı yüzey gerilimi sabiti ile ters orantılıdır. Aynı boyanın farklı eriyiklerinde; yüzey gerilimi sabiti küçük olanlar, kitre yüzeyi üzerinde daha hızlı yayılırlar (Şekil 5.6).

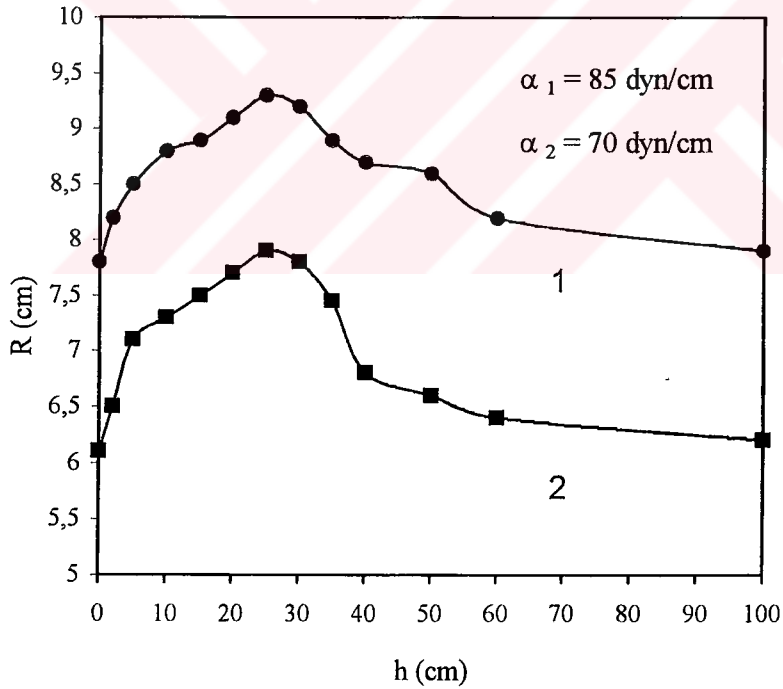
Ancak farklı boyaların eriyiklerinin kitre yüzeyi üzerindeki yayılma hızları, birbirleri ile karşılaştırıldığında pigment boyaların, oksit boyalara göre yayılma hızlarının daha büyük oldukları gözlenmiştir.



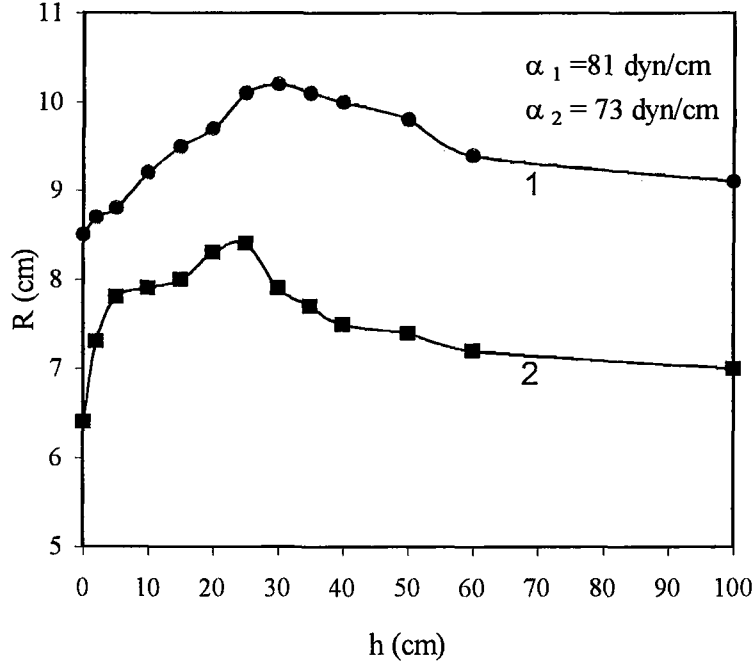
Şekil 5.6 Boya eriyiklerinin kitre yüzeyi üzerindeki yayılma hızları.

5.2.4 Boya eriyiğinin kitre yüzeyi üzerinde yayılmasında damlanın bırakılma yüksekliğinin etkisi

Damlanın kitre yüzeyine bırakılma yüksekliği, boya eriyiğinin yüzeyde yayılmasında ve film meydana getirebilmesinde etkindir. Yapılan çalışmalarda damlalar 0-100 cm 'den bırakılmıştır. 0-25 cm aralığında damlaların (boya eriyiklerinin), yüzeyde meydana getirdikleri filmin alanı büyüme gösterir. Yüzeyde oluşan dairenin alanı 25 cm civarında en büyük değere ulaşır. Dairenin yarıçapı ile damlanın bırakıldığı yükseklik arasında bir grafik göz önüne alınır; 25 cm civarında yarıçap bir pik yapar ve yükseklik arttırıldıkça yarıçapta küçülme gözlenir. Bu değişim çeşitli boyaların eriyiklerinde ve aynı boyanın çeşitli konsantrasyonlarında gözlemlenir (Şekil 5.7 ve 5.8).



Şekil 5.7 Pigment mavi ile hazırlanan iki boya eriyiğinin kitre yüzeyi üzerinde yayılmasında yüksekliğin etkisi.



Şekil 5.8 Oksit kırmızından hazırlanan iki boya eriyiğinin kitle yüzeyi üzerindeki yayılmasında yüksekliğin etkisi.

Bölüm 2.3’de bir damlanın düşerken yaptığı salınımlar anlatılmıştı. Damla düşerken her yükseklikte tam bir küre şeklinde değildir (Şekil 2.7). Ama bazı aralıklarda tam küre şeklini de alabilir. Bizim deneyimizde boya eriyikleri kitle yüzeyine damlatılırken 25 cm civarında tam küre şeklini alırlar ve yüzeye düştüklerinde kolaylıkla yayılabilirler. Bu nedenle boya eriyikleri 25 cm civarından kitle yüzeyine bırakıldığında, filmin alanı en büyük daire olur.

Yakından damlatılan boya eriyiği potansiyel enerjisini yüzeye vererek yayılır (0-20 cm). Uzaklık arttıkça damlanın potansiyel enerjisi de artar. 25 cm civarından bırakıldığında enerjisinin tamamını yüzeye vererek en fazla yayılmayı gerçekleştirir (20-30 cm). Uzaklık daha da arttıkça (30-100 cm), potansiyel enerji de artar. Bu aralıktan yüzeye bırakılan damla, enerjisinin bir kısmını yüzey gerilimini bozarak kitrenin içine doğru bir miktar girmeye harcar yani enerjisini sadece yüzey molekülleri ile değil içteki moleküller ile de paylaşır. Sonuç olarak yüzeydeki yayılımı azalır.

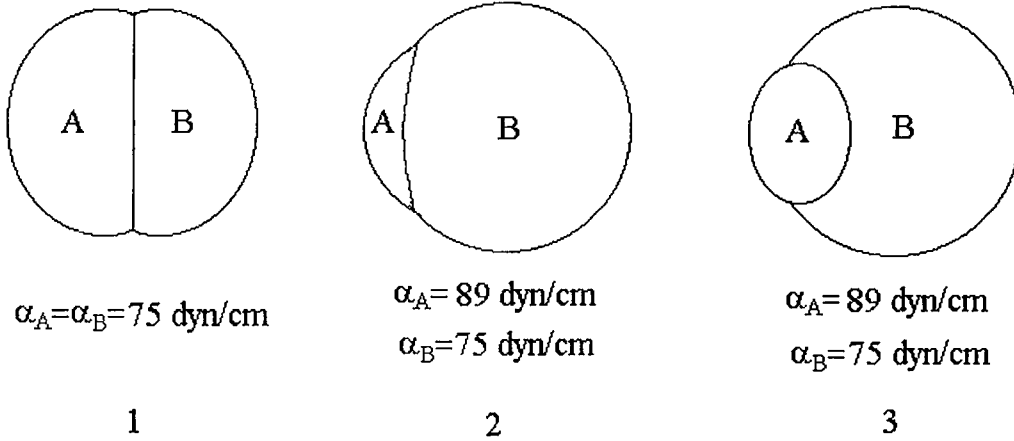
Gerçekten de Ebrucular, boya eriyiklerini 25 cm civarında bir yükseklikten yüzeye atarlar. Onlar yıllar boyunca yaptıkları denemeler sonucunda en uygun yüksekliğin bu yükseklik olduğunu keşfetmişlerdir.

5.3 İki Boya Eriyiği ve Kitre etkileşimi

5.3.1 Yanyana etkileşim

Yüzey gerilimi sabitleri farklı boya eriyiklerinin etkileşimlerini inceleyebilmek için, bu eriyiklerden iki damla yanyana bırakıldı.

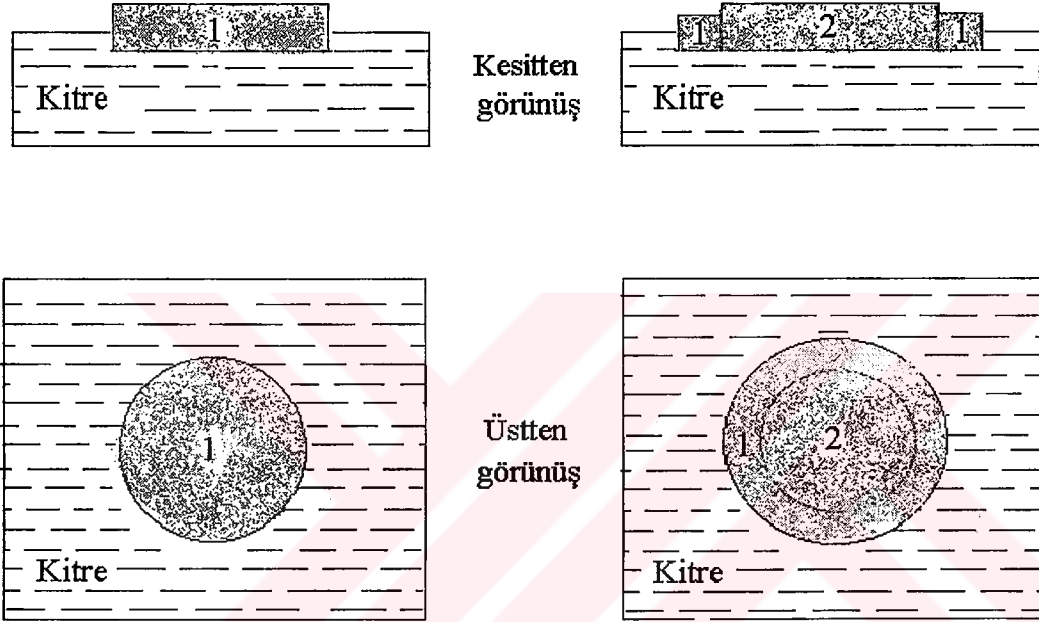
- a) Yüzey gerilimi sabitleri eşit iki boya eriyiği (A,B); aynı hacimde, aynı anda yanyana birer damla halinde bırakıldığında, birbirlerini eşit kuvvetlerle iterler (Şekil 5.9.1).
- b) Yüzey gerilimi sabitleri farklı iki boya eriyiğinden, yüzeye önce yüzey gerilimi sabiti büyük olan (A) bırakılıp, sonra yüzey gerilimi sabiti küçük olan (B), onun yanına bırakılırsa; sonra atılan damla ilk atılan damlayı kuvvetlice iter (Şekil 5.9.2).
- c) Yüzey gerilimi sabitleri farklı iki boya eriyiğinden, yüzeye önce yüzey gerilimi sabiti küçük olan (B) bırakılıp, sonra yüzey gerilimi sabiti büyük olan (A) onun yanına bırakılırsa; sonra atılan damla ilk damlayı küçük bir kuvvetle itebilir (Şekil 5.9.3).



Şekil 5.9 İki boya eriyiğinin yanyana etkileşimi.

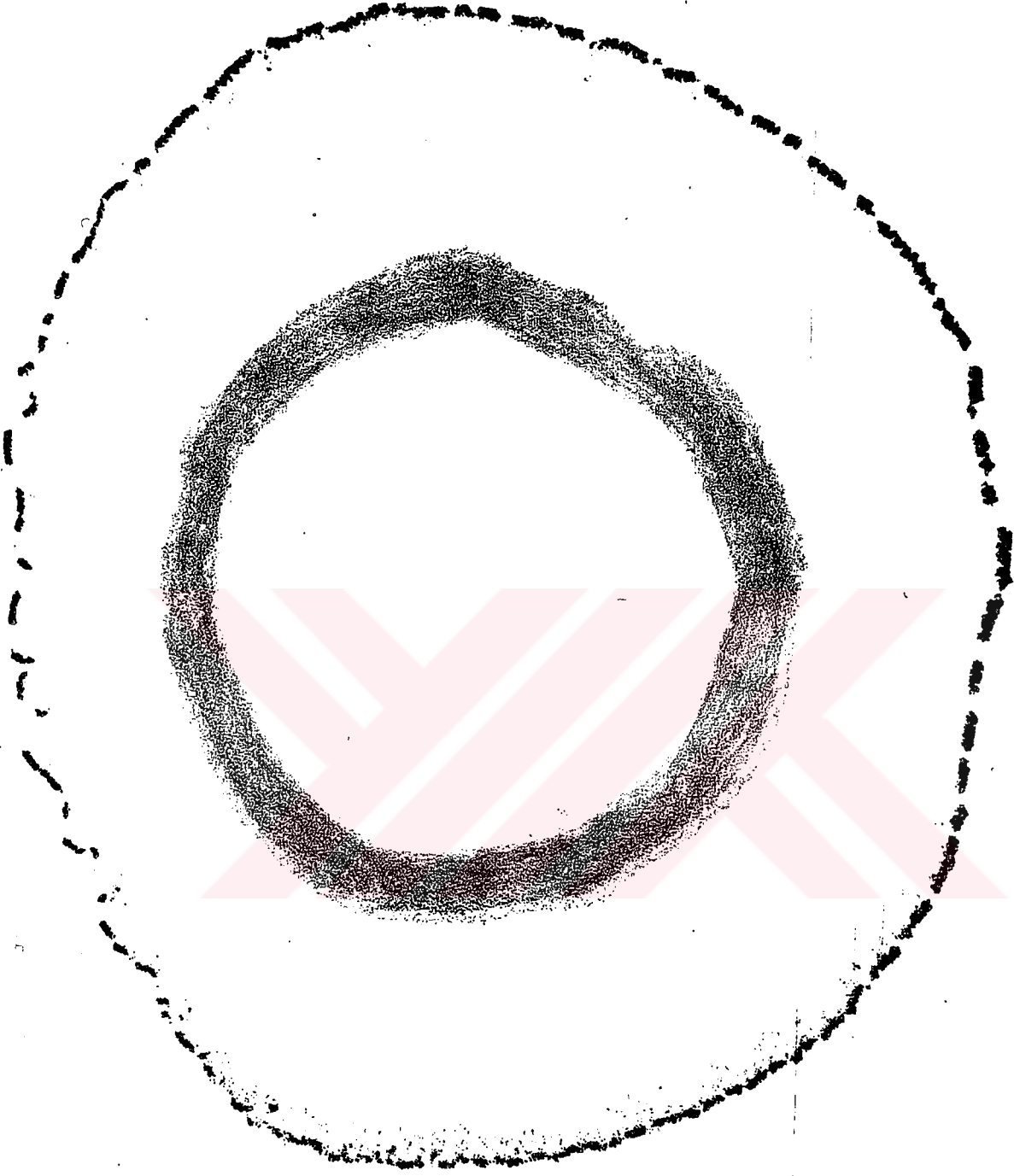
5.3.2 Üst üste etkileşim

Yanyana etkileşimde görüldüğü üzere, boya eriyiklerinin (yüzey gerilimi sabitlerine göre) kitre yüzeyine atılma sıraları önemlidir. Boya eriyikleri üst üste damlatıldığında, kitre yüzeyinde üst üste tabaka oluşturmazlar. Kitre yüzeyine bir damla boya eriyiği bırakılıp, üzerine başka bir damla boya eriyiği bırakıldığında; sonra atılan damla ilk damlayı delip kitreye ulaşır ve kendine kitre yüzeyinde yer açmaya çalışır (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 İki boya eriyiğinin üst üste etkileşimi.

Bu olayı kanıtlamak için bir deney yapıldı. İki ayrı karışım hazırlandı. İlk karışım; boya + su + öd suyundan oluşan bir boya eriyiği, ikinci karışım; su + öd suyundan oluşan renksiz bir karışımdır. Kitre üzerine önce boya eriyiği atıldı. Boya eriyiği kitre yüzeyi üzerinde dairesel olarak bir miktar yayıldı. Onun ortasına ikinci renksiz karışım damlatıldı. Sonra bu işlemler birer kez daha tekrar edildi. Görüntü kağıda alındı. İkinci renksiz karışımın yayıldığı bölgede hiçbir renk farkı olmadığı gözlemlendi. Eğer eriyikler üst üste tabakalar oluştursalardı, sonra atılan ikinci renksiz karışım bölgesinde, ilk boya eriyiğinden izler bulunması gerekirdi. Bu da bize kitre yüzeyine atılan boya eriyiklerinin üst üste tabakalar meydana getirmeyip, her kat boya eriyiğinin kitre yüzeyi üzerinde kendine yer açtığını gösterdi (Şekil 5.11).

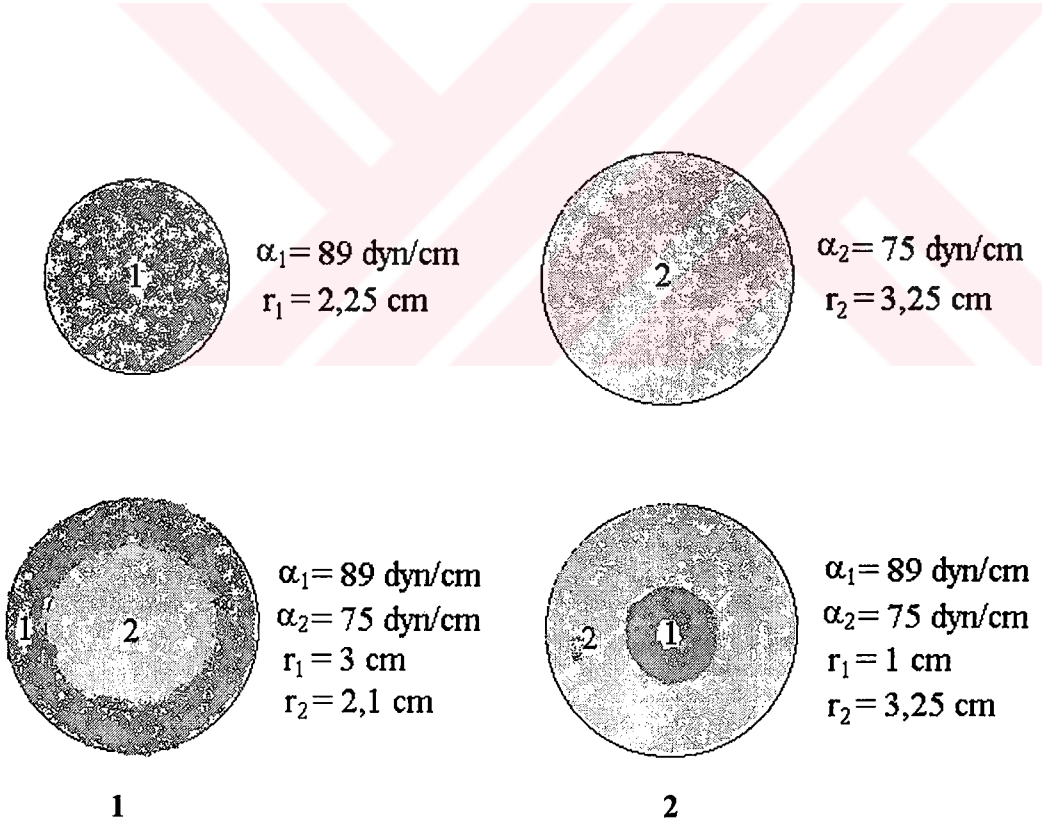


Şekil 5.11 Kitre yüzeyi üzerine atılan boya eriyiğinin kendine yer açması ve üst üste tabaka meydana getirmemesi.

Boya eriyiklerinin yüzey gerilimi sabitleri birbirinden farklı olup, 90-50 dyn/cm aralığında değişim gösterirler. Yüzey gerilimi sabiti küçüldükçe, yüzeyde yayılma artar. Daha önce de belirtildiği gibi boya eriyiklerinin kitre yüzeyi üzerine belli bir sırada atılması gereklidir. Bu sıra yüzey gerilimi sabiti büyükten başlayıp, küçüğe doğru devam eder.

Kitre yüzeyine önce yüzey gerilimi sabiti büyük, onun üzerine ise yüzey gerilimi sabiti küçük olan boya eriyiği damlatılır. Sonra damlatılan boya eriyiği kitre yüzeyi üzerinde kendine yer açabilir (Şekil 5.12.1).

Eğer bu işlemin tersi yapılırsa, yani kitre yüzeyine önce yüzey gerilimi sabiti küçük olan boya eriyiği atılıp, sonra üzerine büyük olan boya eriyiği damlatılırsa olay gerçekleşmez. Bir başka deyişle, sonra atılan boya eriyiği kitre yüzeyi üzerinde kendine yer açamaz ve kitrenin içine doğru çökme gözlemlenir (Şekil 5.12.2).



Şekil 5.12 Boya eriyiklerinin üst üste damlatılması durumunda etkileşim.

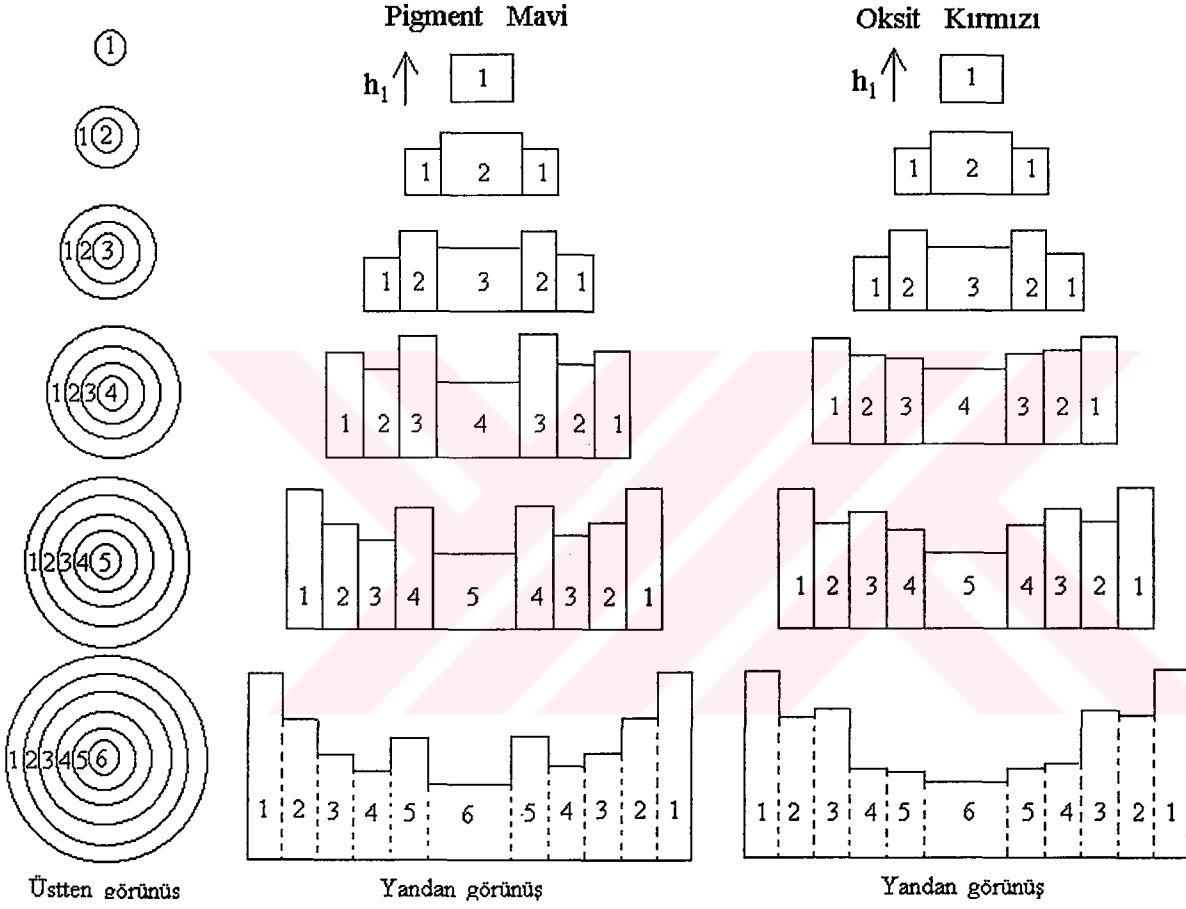
Boya eriyikleri, üst üste atılmaya devam edildiğinde film kalınlıkları belirli bir yüksekliğe çıkana kadar yüzeyde yayılmaya devam ederler. Boya eriyiklerinin çeşitli katları arasındaki sınırlar bu yüksekliğe kadar yine korunurlar. Kitre yüzeyinde meydana gelen filmin yüksekliği belirli bir değeri aştığında; boya eriyiklerinde hem kitre içine doğru çökmeler hem de yanındaki diğer kat boya eriyikleri ile karışmalar (difüzyon) meydana gelir. Örneğin, pigment mavi ve oksit kırmızının 6 ayrı konsantrasyonlu boya eriyiği hazırlanıp üst üste damlatıldığında meydana gelen film kalınlıkları ve 6. kat boya eriyiği damlatıldığında oluşan çökme Çizelge 5.4 ve Şekil 5.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.4 Boya eriyiği katlarının çökme durumuna kadar çeşitli verileri.

Pigment Mavi						
Boya katları	1. Kat	2. Kat	3.Kat	4. Kat	5. Kat	6. Kat
Serbest alanda tabaka kalınlıkları $V = 20 \mu l$	$7 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$4 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$3 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$2 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$1,2 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$0,9 \times 10^{-5} \text{ cm}$
Yıkılma anında tabaka kalınlıkları $V = 20 \mu l$	$27,5 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$18,9 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$15,6 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$15,1 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$16,4 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$15,1 \times 10^{-5} \text{ cm}$
Yüzey gerilmeleri (dyn/cm)	86	80	73	66	63	61
Serbest alanda çap $V = 5 \mu l$	9,5 cm	13 cm	15 cm	18,2 cm	22,5 cm	25 cm

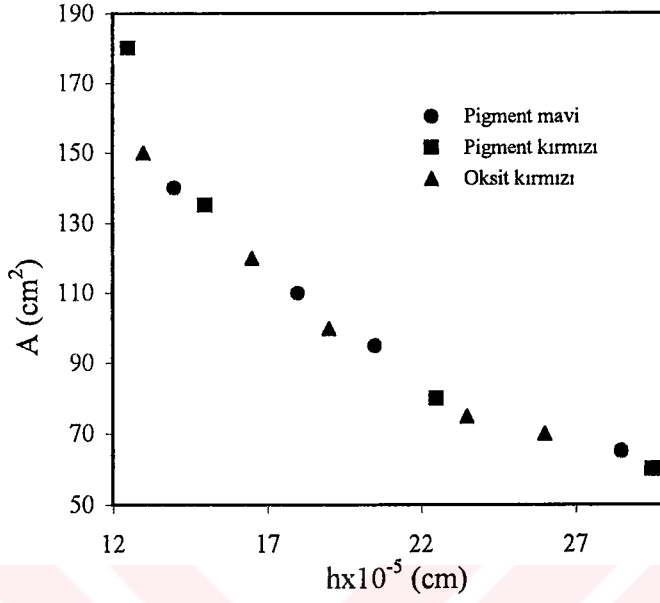
Oksit Kırmızı						
Boya katları	1. Kat	2. Kat	3.Kat	4. Kat	5. Kat	6. Kat
Serbest alanda tabaka kalınlıkları $V = 20 \mu l$	$7 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$3,7 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$2,2 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$1,8 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$1,5 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$1,2 \times 10^{-5} \text{ cm}$
Yıkılma anında tabaka kalınlıkları $V = 20 \mu l$	$33,2 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$30,7 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$32,5 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$29,7 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$27,4 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$19,2 \times 10^{-5} \text{ cm}$
Yüzey gerilmeleri (dyn/cm)	87	84	76	73	68	58
Serbest alanda çap $V = 5 \mu l$	10 cm	13 cm	17 cm	18,5 cm	20,5 cm	23 cm

Çalışma yapıldığı gün kitrenin yüzey gerilimi sabiti = 53 dyn/cm



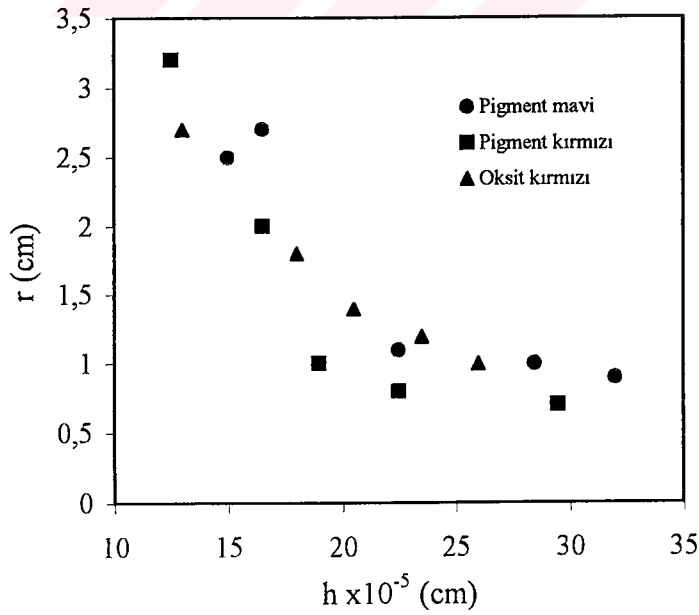
Şekil 5.13 Boya eriyiği katlarının çökme durumuna kadar kalınlıkları.

Şekil 5.13'deki verilere göre Alan-Film kalınlığı grafiği çizilirse bir uyum gözlenir (Şekil 5.14).



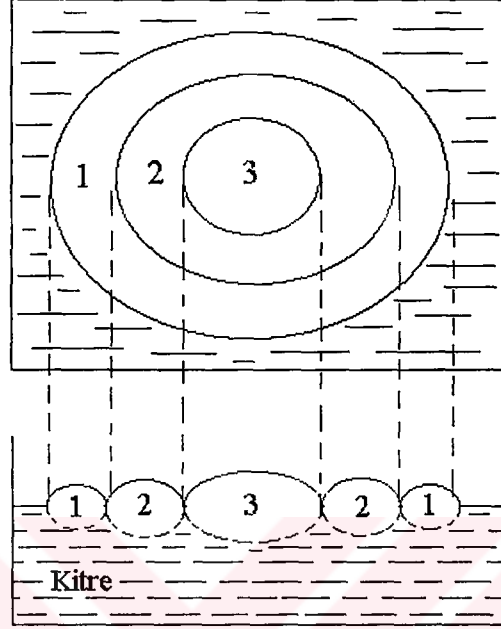
Şekil 5.14 Boya eriyiklerinin kitre yüzeyi üzerinde meydana getirdikleri filmin alan ve kalınlığı.

Ancak bu grafikte alan yerine yarıçap değeri kullanıldığında; Şekil 5.15 elde edilir.



Şekil 5.15 Boya eriyiklerinin kitre yüzeyi üzerinde meydana getirdikleri filmin yarıçapı ve kalınlığı.

Boya eriyiklerinin kitre yüzeyinde meydana getirdikleri şekil gerçekte silindir değildir. Kitre yüzeyinde, boya eriyiklerinin meydana getirdikleri şekil; ortada küre kapağı ve yanlarda toroid'dir (Şekil 5.16).



Şekil 5.16 Boya eriyiğinin kitre yüzeyi üzerinde meydana getirdiği şekil.

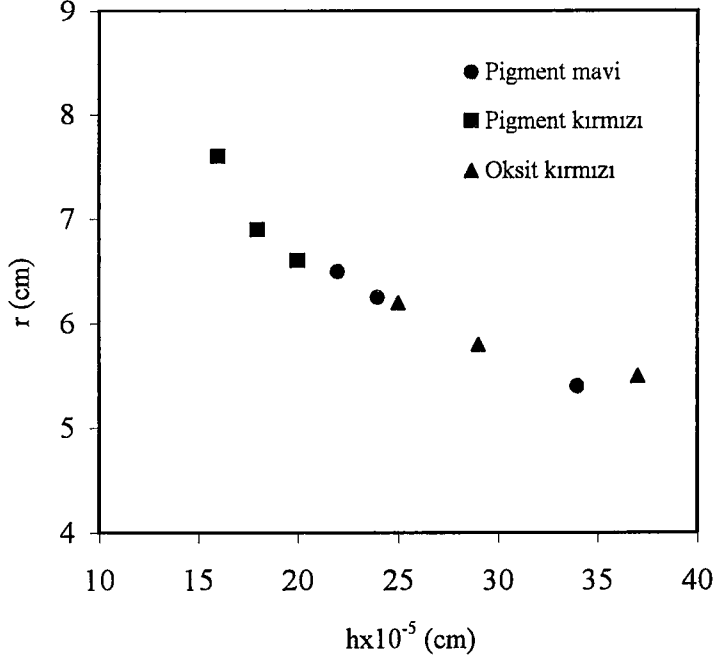
Ortadaki katlar küre kapağı kabul edilerek hesaplar tekrarlanır. V atılan damlanın hacmi, r yukarıdan ölçülebilen dairenin yarıçapı ve h küre kapağının yüksekliği olmak üzere;

$$V = (\Pi h / 6) \cdot (3 r^2 + h) \quad (5.2)$$

$$h^2 + 3 r^2 h - (6 V / \Pi) = 0 \quad (5.3)$$

$$h_{1,2} = (-3 r^2 \pm (9 r^4 - 24 V / \Pi)^{1/2}) / 2 \quad (5.4)$$

olarak bulunur. Bu değerler esas alınarak yarıçap-film kalınlığı yani, $r = r (h)$ grafiği çizilirse uyum gözlenir (Şekil 5.17). Burada film kalınlığının mertebesi yine 10^{-5} cm'dir.



Şekil 5.17 Boya eriyiğinin sadece ortadaki katları için yarıçap-film kalınlığı.

5.4 Film Kalınlığının Absorbsiyon Yöntemi İle Ölçümü

Şekil 5.18'deki düzenek kuruldu. Işık kaynağından çıkan ışığın, örneğe girmeden önceki (örnek kabı boşken) ışık şiddeti lüksmetre kullanılarak ölçüldü (I_0). Örnek kaba konduktan sonra geçebilen ışık şiddeti ölçüldü (I_1). Örneğin, kap içindeki x kalınlığı belirlendi. Bu verilerden yararlanılarak a absorpsiyon katsayısı belirlendi.

$$I_1 = I_0 e^{-ax} \quad (5.5)$$

Formülünden yararlanıldı.

Bu formülde;

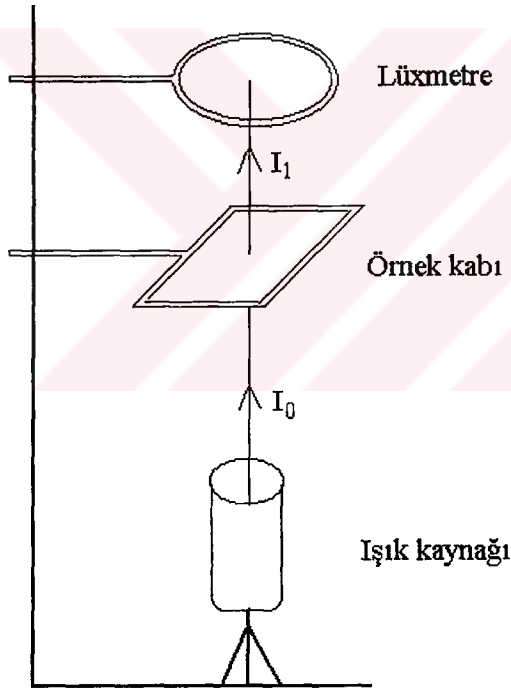
I_0 = örneğe gelen ışık şiddeti

I_1 = örnekten çıkan ışık şiddeti

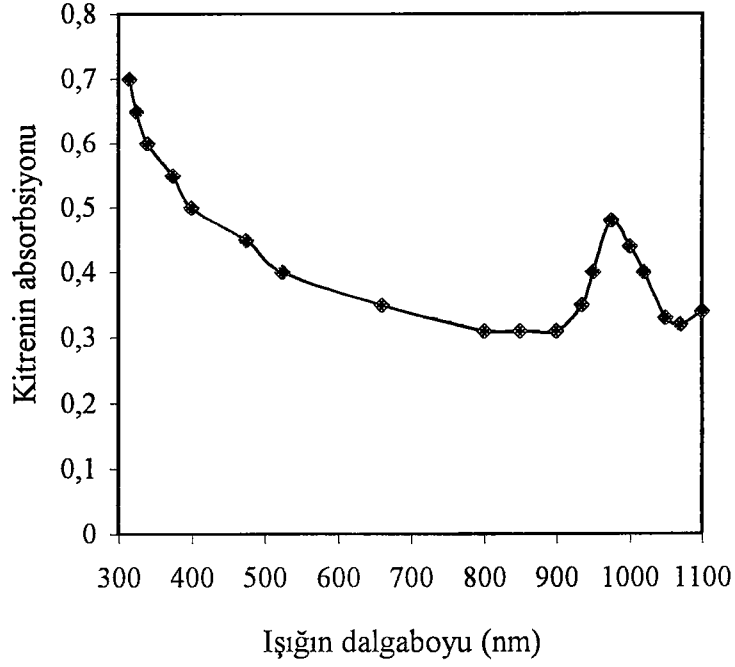
a = örneğin absorpsiyon katsayısı

x = örneğin kalınlığı

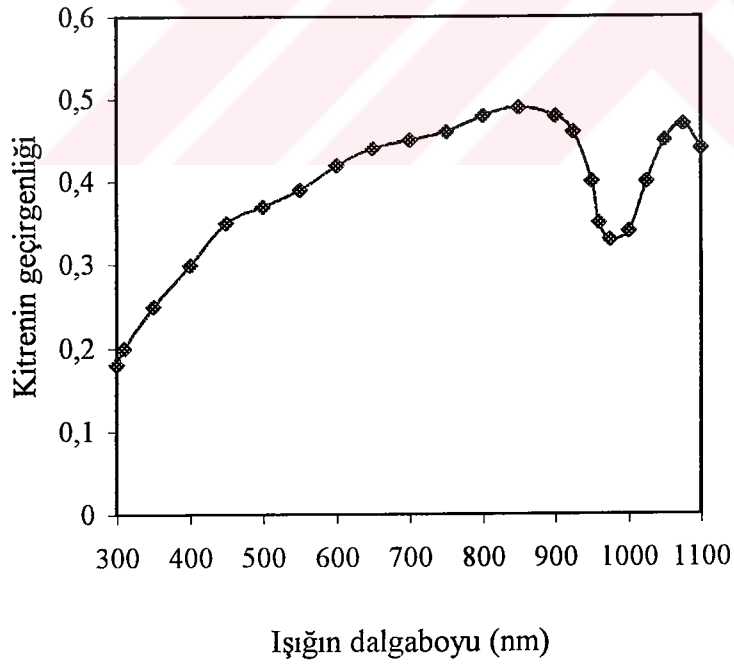
olarak tanımlanır.



Şekil 5.18 Absorpsiyon ölçümünde kullanılan düzenek.



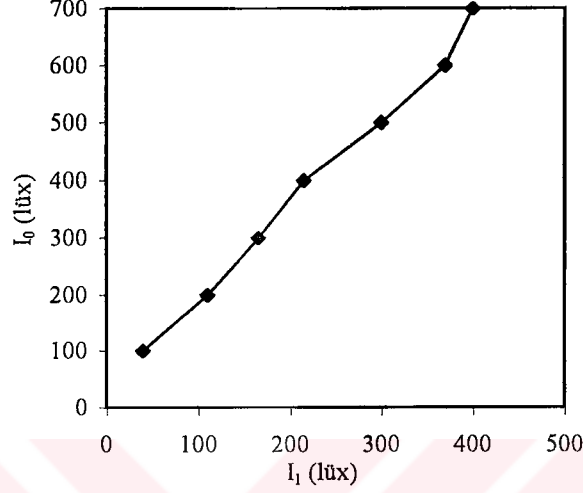
Şekil 5.19 Yüzey gerilimi sabiti 82 dyn/cm olan bir kitrenin spektrometrede ışığın dalga boyuna bağlı absorpsiyonu.



Şekil 5.20 Yüzey gerilimi sabiti 82 dyn/cm olan bir kitrenin spektrometrede ışığın dalga boyuna bağlı geçirgenliği.

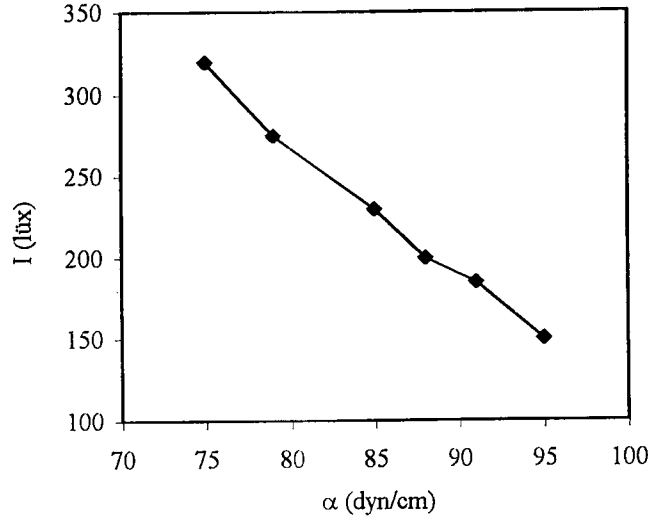
5.4.1 Kitrenin absorpsiyonu

a) Kitre örnek kabına 1cm kalınlığında tabaka oluşturacak şekilde konuldu. I_0 ışık şiddeti değiştirilerek I_1 ışık şiddeti değerleri belirlendi. Bu verilerden yararlanılarak a absorpsiyon katsayısı hesaplandı (Şekil 5.21).

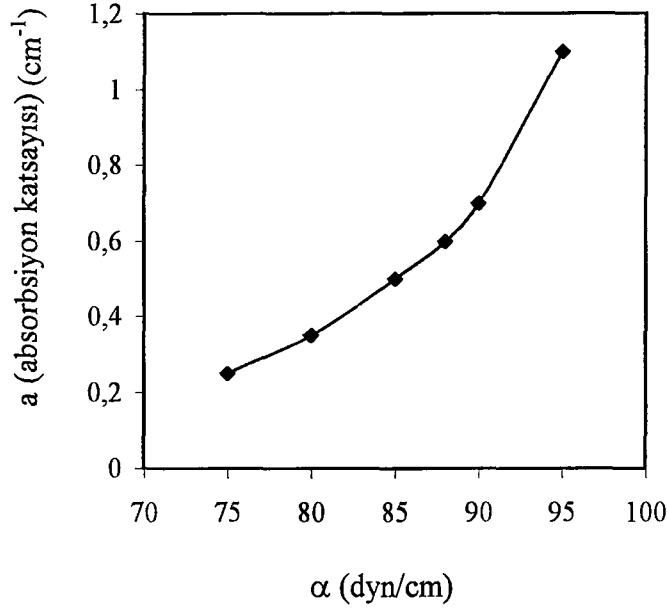


Şekil 5.21 Bir kitre için ölçülen ışık şiddeti.

b) Farklı konsantrasyonlu kitreler hazırlandı. Yine 1cm kalınlığında tabaka oluşturacak şekilde örnek kabına kondu ve ölçümler alındı. Farklı konsantrasyonlu kitrelerin I_1 değerleri, yüzey gerilimi sabiti değerleri ile karşılaştırıldı (Şekil 5.22). Sonra farklı konsantrasyonlu kitrelerin absorpsiyon katsayıları hesaplanarak, yüzey gerilimi sabiti değerleri ile karşılaştırıldı (Şekil 5.23).



Şekil 5.22 Farklı konsantrasyonlu kitrelerin ışık şiddeti.



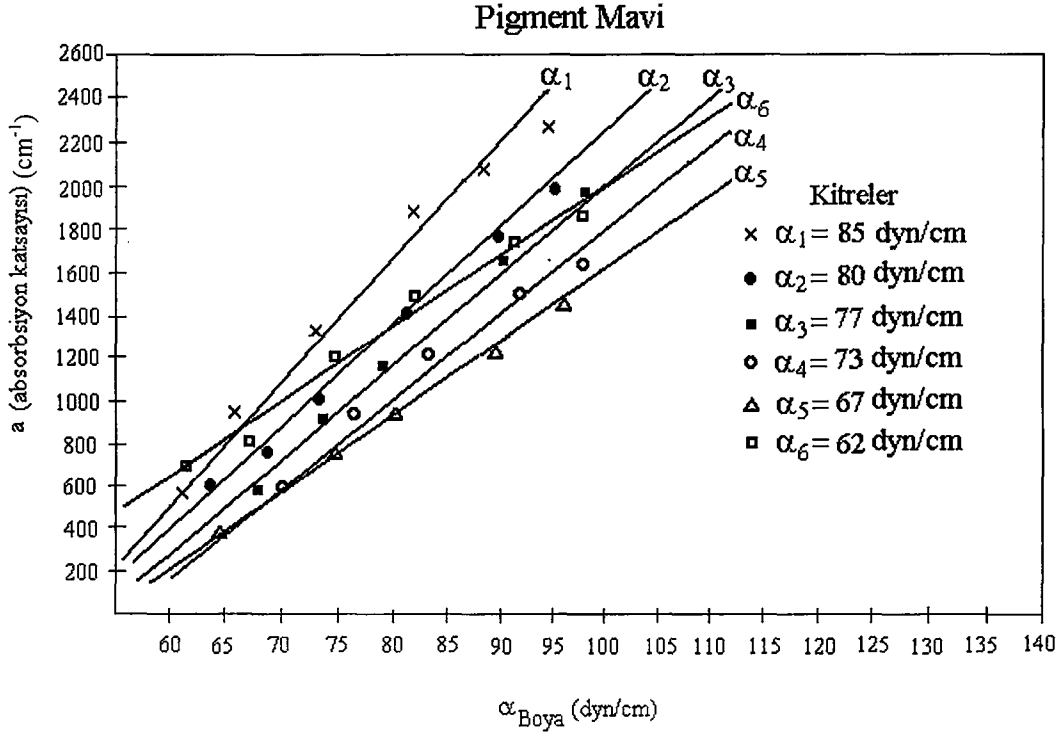
Şekil 5.23 Farklı konsantrasyonlu kitrelerin absorpsiyon katsayıları.

5.4.2 Boya eriyiklerinin absorpsiyonu

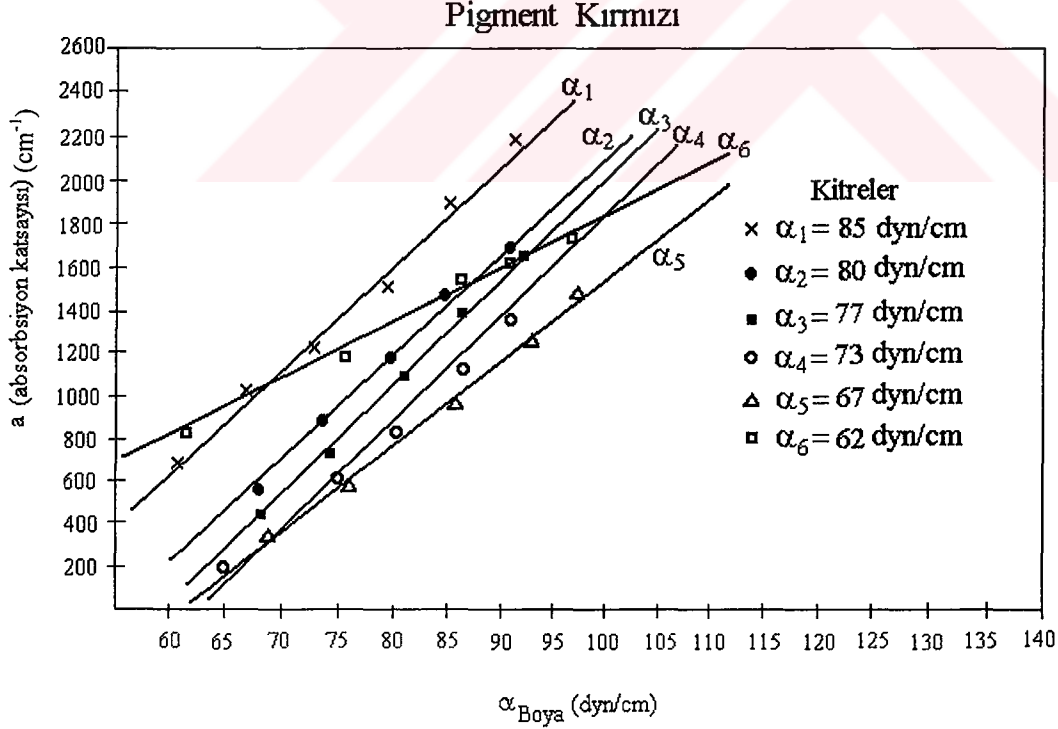
Dört ayrı boya eriyiğinin (pigment kırmızı, pigment mavi, oksit kırmızı, oksit sarı), çeşitli konsantrasyonları için benzer ölçümler alındı. Bu boya eriyiklerinin absorpsiyon katsayıları belirlendi. Absorpsiyon katsayılarının belirlenmesi için 16cm^2 'lik küçük bir örnek kabı kullanıldı. Belirli hacimdeki boya eriyiği, bu kabın yüzeyini tamamen kaplayacak şekilde damlatıldı ve X kalınlığı bu şekilde belirlendi. Yine aynı;

$$I_1 = I_0 e^{-ax} \quad (5.6)$$

formülü kullanılarak bu boya eriyiklerinin, çeşitli konsantrasyolu kitreler üzerindeki absorpsiyon katsayıları belirlendi (Şekil 5.24 , 25 , 26 , 27).

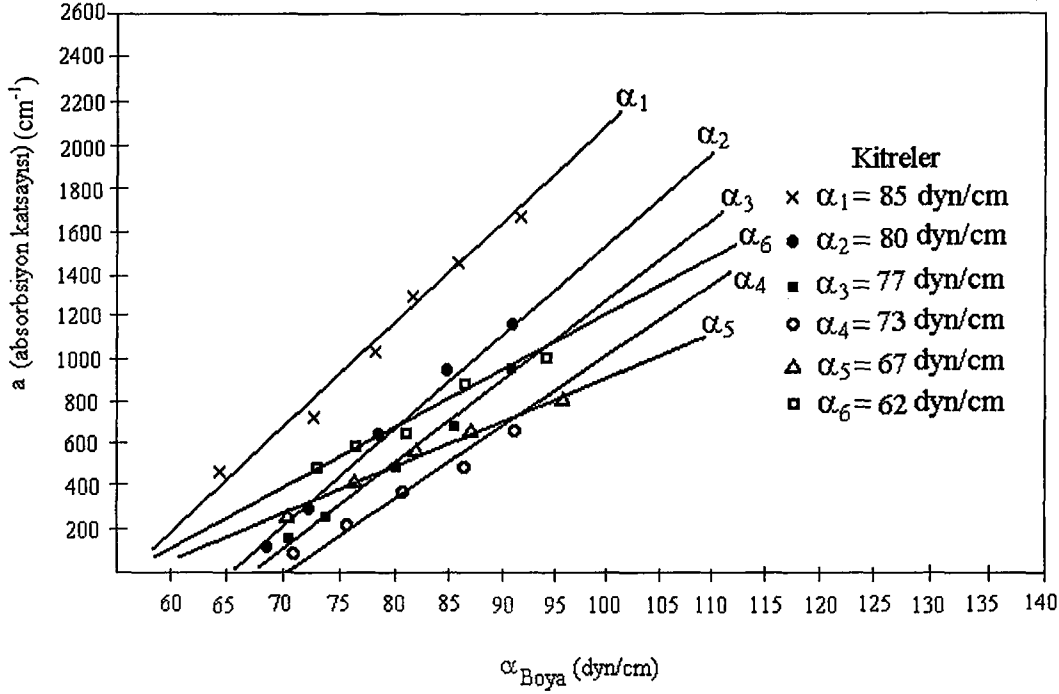


Şekil5.24 Pigment mavinin boya eriyiklerinin, çeşitli konsantrasyonlu kitreler üzerindeki absorpsiyon katsayıları.



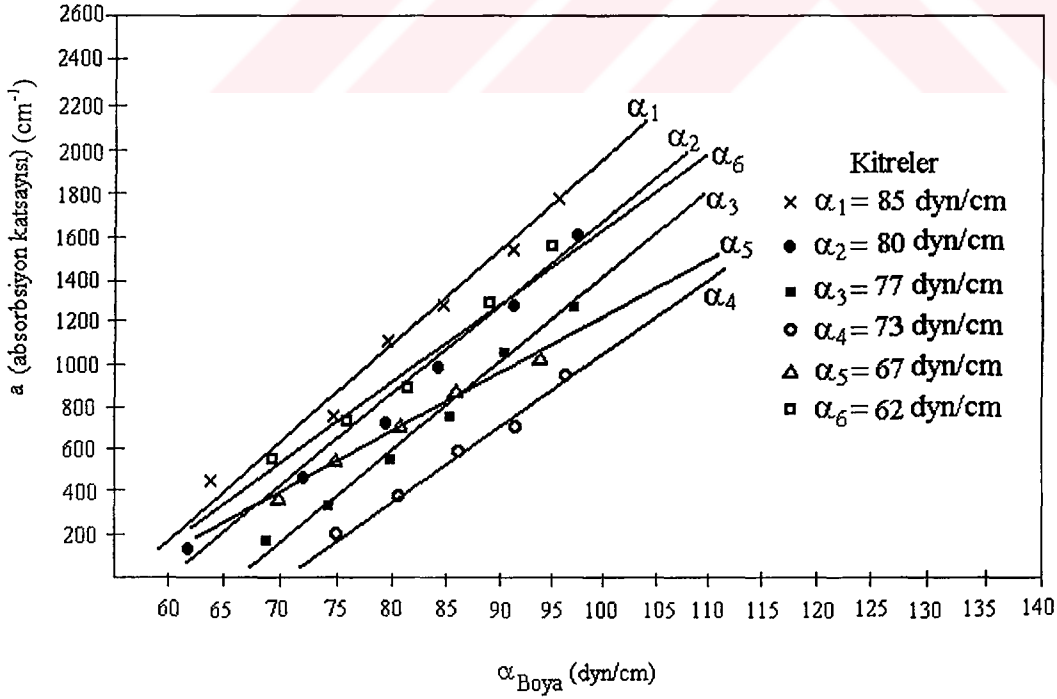
Şekil5.25 Pigment kırmızının boya eriyiklerinin, çeşitli konsantrasyonlu kitreler üzerindeki absorpsiyon katsayıları.

Oksit Sarı



Şekil5.26 Oksit sarının boya eriyiklerinin, çeşitli konsantrasyonlu kitreler üzerindeki absorpsiyon katsayıları.

Oksit Kırmızı



Şekil5.27 Oksit kırmızının boya eriyiklerinin, çeşitli konsantrasyonlu kitreler üzerindeki absorpsiyon katsayıları.

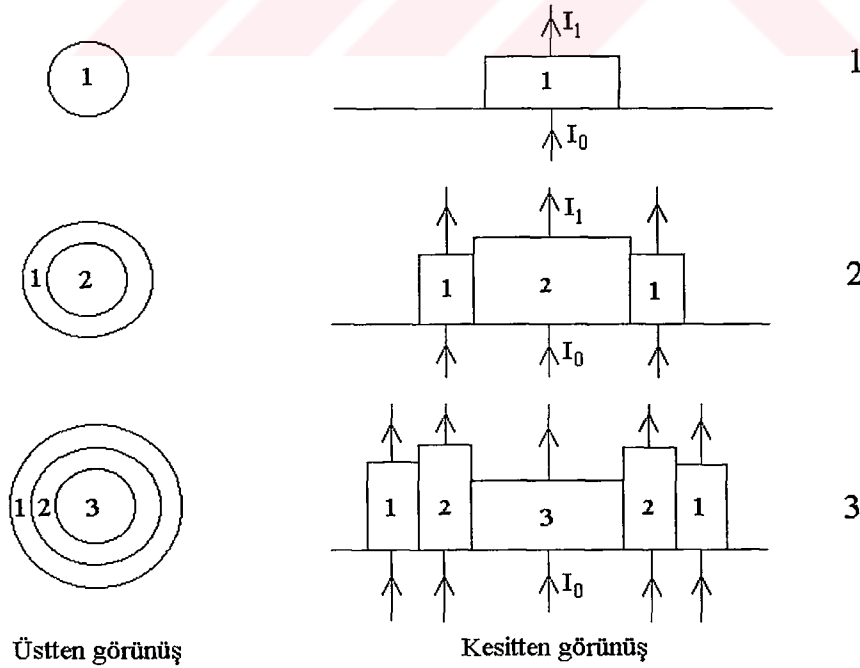
5.4.3 Absorbsiyon sabitlerinden yararlanarak boya eriyiklerinin film kalınlığı hesabı

5.4.3.1 Aynı boyanın çeşitli eriyikleri için film kalınlıklarının üç durumda incelenmesi

a) İlk kat boya eriyiği kitre yüzeyine damlatılır. Boya eriyiği serbest alanda yayılır. Alan boya eriyiğinin serbestçe yayılabileceği kadar büyük seçilir (50cm^2). Kitreyi geçen ışığın şiddeti I_0 , boya eriyiğini geçen ışığın şiddeti I_1 okunur. Daha önceden bulunan absorpsiyon katsayıları da kullanılarak boya eriyiğinin kitre yüzeyi üzerinde meydana getirdiği filmin kalınlığı hesaplanır (Şekil 5.28.1).

b) İkinci kat boya eriyiği, ilk kat boya eriyiğinin üzerine (ortasına) damlatılır. Yayılma dengeye ulaştığında, ilk kat boya eriyiğinin değişen film kalınlığı ve ikinci kat boya eriyiğinin film kalınlığı yine aynı yöntemle belirlenir (Şekil 5.28.2).

c) Üçüncü kat boya eriyiği, ikinci kat boya eriyiğinin üzerine (ortasına) damlatılır. Yayılma dengeye ulaştığında, ilk ve ikinci kat boya eriyiklerinin değişen film kalınlıkları ve üçüncü kat boya eriyiğinin film kalınlığı yine aynı yöntemle belirlenir (Şekil 5.28.3).



Şekil 5.28 Çeşitli boya eriyiklerinin film kalınlıklarının üç durumda incelenmesi.

Pigment mavi

a durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 6,5 \cdot 10^{-5}$ cm

b durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 7,9 \cdot 10^{-5}$ cm

ikinci kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_2 = 14,1 \cdot 10^{-5}$ cm

c durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 16 \cdot 10^{-5}$ cm

ikinci kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_2 = 17 \cdot 10^{-5}$ cm

üçüncü kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_3 = 9,6 \cdot 10^{-5}$ cm

Pigment kırmızı

a durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 8,5 \cdot 10^{-5}$ cm

b durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 13 \cdot 10^{-5}$ cm

ikinci kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_2 = 19 \cdot 10^{-5}$ cm

c durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 21,8 \cdot 10^{-5}$ cm

ikinci kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_2 = 22 \cdot 10^{-5}$ cm

üçüncü kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_3 = 9,5 \cdot 10^{-5}$ cm

Oksit kırmızı

a durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 8 \cdot 10^{-5}$ cm

b durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 9,5 \cdot 10^{-5}$ cm

ikinci kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_2 = 12 \cdot 10^{-5}$ cm

c durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 23 \cdot 10^{-5}$ cm

ikinci kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_2 = 22 \cdot 10^{-5}$ cm

üçüncü kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_3 = 15,5 \cdot 10^{-5}$ cm

Oksit sarı

a durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 4 \cdot 10^{-5}$ cm

b durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 5,9 \cdot 10^{-5}$ cm

ikinci kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_2 = 12,3 \cdot 10^{-5}$ cm

c durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 14 \cdot 10^{-5}$ cm

ikinci kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_2 = 14,3 \cdot 10^{-5}$ cm

üçüncü kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_3 = 11 \cdot 10^{-5}$ cm

2.3.3.2 Farklı boya renklerinin çeşitli eriyikleri için film kalınlıkları üç durumda incelenmesi

Yukarıda anlatılan üç durum burada da geçerlidir. Ancak bu kez ilk, ikinci, üçüncü kat boya eriyikleri farklı boyalardan seçilmiştir.

İlk kat boya eriyiği pigment kırmızı, ikinci kat boya eriyiği pigment mavi, üçüncü kat boya eriyiği oksit kırmızı

a durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 7 \cdot 10^{-5}$ cm

b durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 8,5 \cdot 10^{-5}$ cm

ikinci kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_2 = 13 \cdot 10^{-5}$ cm

c durumunda: ilk kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_1 = 21,1 \cdot 10^{-5}$ cm

ikinci kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_2 = 17,1 \cdot 10^{-5}$ cm

üçüncü kat boya eriyiğinin film kalınlığı ; $X_3 = 10,2 \cdot 10^{-5}$ cm

Çizelge 5.5 Silindir kabulü ve absorpsiyon yöntemi ile boya eriyiği film kalınlıkları.

	Silindir Kabulü		Absorpsiyon Yöntemi
	Oksit Sarı	a durumu	$X_1 = 7,44 \times 10^{-5} \text{ cm}$
b durumu		$X_1 = 14,1 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$X_1 = 9,5 \times 10^{-5} \text{ cm}$
		$X_2 = 17,7 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$X_2 = 12 \times 10^{-5} \text{ cm}$
c durumu	$X_1 = 18,8 \times 10^{-5} \text{ cm}$ $X_2 = 22,2 \times 10^{-5} \text{ cm}$ $X_3 = 16,8 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$X_1 = 23 \times 10^{-5} \text{ cm}$ $X_2 = 22 \times 10^{-5} \text{ cm}$ $X_3 = 15,5 \times 10^{-5} \text{ cm}$	
Pigment Mavi	a durumu	$X_1 = 7,8 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$X_1 = 6,5 \times 10^{-5} \text{ cm}$
	b durumu	$X_1 = 13,5 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$X_1 = 7,9 \times 10^{-5} \text{ cm}$
		$X_2 = 17,7 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$X_2 = 14,1 \times 10^{-5} \text{ cm}$
c durumu	$X_1 = 13,8 \times 10^{-5} \text{ cm}$ $X_2 = 23,8 \times 10^{-5} \text{ cm}$ $X_3 = 21 \times 10^{-5} \text{ cm}$	$X_1 = 14 \times 10^{-5} \text{ cm}$ $X_2 = 17 \times 10^{-5} \text{ cm}$ $X_3 = 12,6 \times 10^{-5} \text{ cm}$	

Boya eriyiklerinin kitle yüzeyi üzerinde meydana getirdiği filmin kalınlığı, absorpsiyon yöntemiyle hesaplandığında elde edilen sonuçlar, silindir kabulü yöntemi ile elde edilen sonuçlarla benzerdir.

SONUÇLAR

Deneysel çalışmalar sonucunda ulaştığımız sonuçlar şunlardır:

- 1) Kitrenin yüzey gerilimi sabiti zamanla değişmektedir. Bunun nedeni kitrede mantar üremesidir. Başlangıçta 70 dyn/cm civarında olan yüzey gerilimi sabiti 50 dyn/cm 'ye düştüğünde kitre bozulmaktadır. Bunu önlemek için kitre hazırlanırken içine bir miktar tuz konulur. Tuz kitrede mantar üremesini engelleyerek bozulmayı önlemektedir. Tuzlu örneklerde kitrenin yüzey gerilimi sabitinde önemli bir düşme gözlenmemiş, bu değer malzeme kullanımı bitene kadar bozulmamıştır.
- 2) Kitre yüzeyi üzerine atılan boya eriyiklerinin yüzey gerilimi sabitleri 90-50 dyn/cm aralığında değişim gösterir. Bu değerlere grafik üzerinde extrapolasyon uygulanırsa, bir boya eriyiğinin yüzey gerilimi sabiti değerinin 120 dyn/cm ulaştığında; yüzeyde yayılamayacağı ve kitre içine çökeceği görülür.
- 3) Boya eriyiklerinin yüzey gerilimi sabitini değiştirebilmek için öd suyu kullanılır. Öd suyunun içinde kolik asit bulunur. Bu asit, boya tanecikleri arasındaki moleküler bağı gevşeterek eriyiğin yüzey gerilimi sabitini düşürür.
- 4) Boya eriyikleri, kitre yüzeyi üzerine üst üste damlatılırsalar da yüzeyde üst üste tabaka oluşturmazlar. Sonra düşen damla ilk damlayı iterek kitreye ulaşır ve kendine yüzeyde bir yer açar. Olayın gerçekleşebilmesi için; boya eriyiklerinin yüzeye atılmasında bir sıra izlemek gereklidir. Bu sıranın yüzey gerilimi sabiti büyük olandan başlayıp, küçüğe doğru olması gerekir. Tersisi durumda ise sonra atılan boya eriyiği kitre yüzeyi üzerinde kendine yer açamaz ve dibe doğru çökme olabilir.

- 5) Boya eriyiklerinin kitre yüzeyi üzerinde meydana getirdikleri filmin kalınlığını belirlemek için iki yöntem denenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda filmin kalınlığının 10^{-5} cm mertebesinde olduğu belirlenmiştir. Boya eriyiği film kalınlığı belirli bir değeri aştığında eriyikler arasındaki sınırlar yıkılır, boya eriyikleri arasında difüzyon başlar ve kitre içine doğru çökmeler gözlemlenir.
- 6) Boya eriyiklerinin yayılma hızları yine boya eriyiklerinin yüzey gerilimi sabitleri ile değişim gösterir. Yayılma hızı yüzey gerilimi sabiti ile ters orantılıdır. Aynı boyanın farklı eriyiklerinde; yüzey gerilimi sabiti küçük olanlar kitre yüzeyi üzerinde daha hızlı yayılırlar. Farklı boyaların eriyiklerinin yayılma hızları karşılaştırıldığında pigment boyaların, oksit boyalara göre yayılma hızlarının daha büyük olduğu gözlenmiştir.
- 7) Boya eriyiğinin kitre yüzeyi üzerinde yayılmasında, damlanın bırakılma yüksekliği önemlidir. Yapılan çalışmalarda damlanın 25 cm civarından bırakıldığında yüzeyde en büyük yayılmayı gösterdiği belirlenmiştir. Damla düşerken her yükseklikte tam bir küre şeklinde değildir. Bu olayda 25 cm civarında tam küre şekini alır ve kitre yüzeyi üzerinde kolaylıkla yayılabilir. Yakından damlatılan boya eriyiği potansiyel enerjisini yüzeye vererek yayılır (0-20 cm). Uzaklık arttıkça, 25 cm civarından bırakıldığında enerjisinin tamamını yüzeye vererek en fazla yayılmayı gerçekleştirir. Uzaklık daha da arttıkça (30-100 cm), potansiyel enerji de artar. Bu aralıktan bırakılan damla, enerjisinin bir kısmını yüzey gerilimini bozarak kitrenin içine doğru bir miktar girmeye harcar, yani enerjisini sadece yüzey molekülleri ile değil içteki moleküllerle de paylaşır. Sonuç olarak yüzeydeki yayılımı azalır.
- 8) Kullanılan malzemelerin XRF analizi yapılmış, genellikle boya yapımında kullanılan elementlerin atom numaralarının 28-58 aralığında olduğu görülmüştür.

- 9) Boya eriyiğinin kitre yüzeyi üzerinde meydana getirdiği şeklin bir yaklaşımla silindir olduğu varsayılmıştır. Gerçekte şekil, ortada küre kapağı, kenarlarda da toroid'dir. Tüm bu veriler ışığında Ebru tanım olarak; kitre yüzeyi üzerinde meydana gelen üç boyutlu şeklin iki boyuta (kağıta veya başka bir yüzeye) alınma işlemidir.



KAYNAKLAR

Bruhat, G., (1948), “Fizik Mekanik Dersleri”, Çeviri: Yeniçay, F., Şirketi Mürebbiye Basımevi, İstanbul

Ching, B., Golay, M.W., Johnson, T.J., (1984), “Droplet impacts upon liquid surface”, Science V 226 November

Derman, M.U., (1977), “Türk Sanatında Ebru”, Akbank Yayınları, İstanbul

Homda, A.M., Israelachuli, J.K., Gee, M.L., McGuiggan, P.M., (1989), “Measurements of and relation between the adhesion and friction of two surfaces seperated by molecularly thin liquid films”, Journal of Tribology VII October

Planck, M., (1946), “Genel Fiziğe Giriş”, Çeviri: Tunalan, S., Kenan Matbaası, istanbul

Ronalt, V.G., (1980), “Schaum’s Outline Series Fluid Mechanics”, Çeviri: Örencik, K., Güven Kitapevi Yayınları, Ankara

Sears, F. W., Zemansky, M. W.,(1963), "University Physics Third Edition Part 1, City University of Newyork

Soysüren, H., (1974), “ İstatistikte Korelasyon”, Yeterlik Çalışması, D.M.M.A., Elazığ

Sungur, N., (1994), Bilim Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları, Mart

Ürgüplü, A.S., (1994), Carnucopia, issue-6, Kayık Yayıncılık, İstanbul

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	24.11.1974	
Doğum yeri	Almanya	
Lise	1988-1990	Bulancak Lisesi
Lise	1990-1991	Eyüp Lisesi
Lisans	1992-1996	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü
Yüksek Lisans	1996-2000	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Bölümü
Çalıştığı kurum	1998-Devam ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü Araştırma Görevlisi

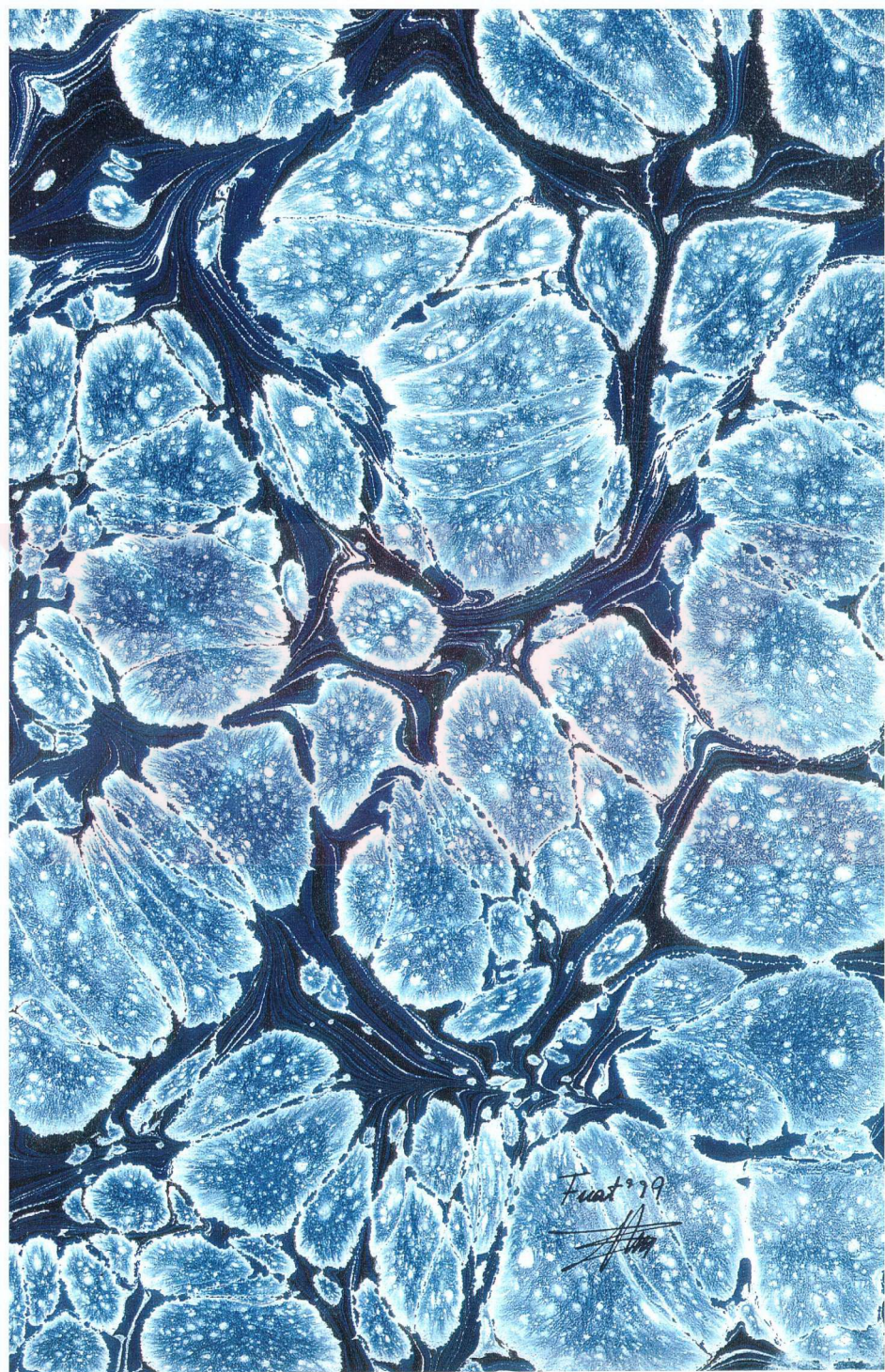


Final '98

John



Gipdem
Ct 198



Fuat '99
[Signature]