



MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYIN NO: 482
TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ YAYIN NO: 2

BOYARMADDE KİMYASI

Doç.Dr. İnci Başer
Y.Doç.Dr. Yusuf İnanıcı

Kıymetli Meslektaşım
Şebnem

başarı ve mutluluk dilekeleriyle

16/05/2007

Y. Doç. Dr. Yusuf İnanıcı

BOYARMADDE KİMYASI

Doç. Dr. İnci Başer

Y. Doç. Dr. Yusuf İnanıcı

Marmara Üniversitesi
Teknik Eğitim Fakültesi
Tekstil Eğitimi Bölümü

1990

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ
DÖNER SERMAYE İŞLETMESİ
MATBAA BİRİMİNDE BASILMIŞTIR

Önsöz

Beş yıldan beri vermekte olduğumuz Boyarmadde Kimyası ders notlarımızı biraraya toplayarak bir kitap haline getirmeye karar vermiş bulunuyoruz.

Yabancı literatür incelendiğinde bu konunun oldukça geniş kapsamlı olduğu görülür. Bu nedenle, bu geniş konunun, genellikle tekstil boyarmaddeleri ile ilgili kısmını derlemeye çalıştık. Kitapta boyarmaddeler, kimyasal yapılarına göre gözönüne alınmış, bunların pratikte uygulama prensipleri açıklanmış ve her boyarmadde sınıfına örnek verilmeye çalışılmıştır.

Bu kitabın, tekstil endüstrisi ile ilgili eğitim veren yüksek öğretim kurumlarının lisans ve yüksek lisans düzeyindeki öğrencileri ile bu endüstri dalında hizmet veren konu ile ilgili meslekdaşlarımıza yardımcı olacağını umuyoruz.

Ders notlarımızın kitap haline getirilmesinde teşviklerini gördüğümüz M.Ü. Tekstil Eğitimi Bölüm Başkanı Sayın Prof.Dr. İnci Tezcan'a, kitabın basılması için yardımlarını esirgemeyen M.Ü.Teknik Eğitim Fakültesi Dekanı Sayın Prof.Dr. Sait Sevgener'e teşekkürü bir borç biliriz.

Ayrıca Fakültemiz Matbaa Eğitimi Bölümünden Y.Doç.Dr.Aşkın ÇELİK, Arş.Gör. Timur SOYSAL ve Sekreter Yıldız ÇELİK'e sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

İstanbul, Ocak 1990,

Doç.Dr. İnci Başer

Y.Doç.Dr. Yusuf İnanıcı



İÇİNDEKİLER

I.	Genel Bilgiler	
I.1.	Boya ve Boyarmadde.....	7
I.2.	Tarihçe.....	8
II.	Renk ve Işık.....	13
II.1.	Renk Nedir?.....	13
II.2.	Işık Nedir?.....	15
II.3.	Rengin Anlamı.....	17
II.4.	Renk Karışımlarının Temel Prensipleri.....	20
II.5.	Absorbsiyon Yasaları ve Absorbsiyon Eğrileri.....	24
II.5.1.	Absorbsiyon Spektrumu.....	28
II.5.2.	Kolorimetri.....	29
II.6.	Renk ve Konstitüsyon İlişkisi.....	34
III.	Boyarmaddelerin Sınıflandırılması	
III.1.	Boyarmaddelerin Çözünürlüklerine göre Sınıflandırılması	47
III.2.	Boyarmaddelerin Boyama Özelliklerine Göre Sınıflandırılması.....	49
III.3.	Boyarmaddelerin Kimyasal yapılarına Göre Sınıflandırılması.....	52
IV.	Azo Boyarmaddeleri	
IV.1.	Azo Boyarmaddelerinin Elde Edilmesi.....	53
IV.1.1.	Azo Kenetlenmesi.....	56
IV.1.2.	Aminlere Nitro Bileşiklerinin Katılması.....	65
IV.1.3.	Nitro Bileşiklerinin İndirgenmesi.....	66
IV.1.4.	Amin Bileşiklerinin İndirgenmesi.....	66
IV.2.	Azo Boyarmaddelerinin İsimlendirilmeleri ve Sınıflandırılmaları.....	67
IV.2.1.	Monoazo Boyarmaddeleri.....	68
IV.2.2.	Disazo Boyarmaddeleri.....	68
IV.2.3.	Trisazo Boyarmaddeleri.....	70
IV.2.4.	Tetrakis Azo Boyarmaddeleri.....	72

IV.3.	Uygulama Alanına Göre Azo Boyarmaddelerinin Sınıflandırılması.....	73
IV.3.1.	Anyonik Azo Boyarmaddeleri.....	73
IV.3.1.1.	Asid Boyarmaddeleri.....	74
IV.3.1.2.	Kromlamalı Azo Boyarmaddeleri.....	84
IV.3.1.3.	Metal-Kompleks Boyarmaddeler.....	87
IV.3.1.4.	Direkt Azo Boyarmaddeler.....	90
IV.3.1.5.	Reaktif Boyarmaddeler.....	102
IV.3.2.	Katyonik Azo Boyarmaddeler.....	114
IV.3.3.	Azoik Boyarmaddeler.....	117
IV.3.4.	Dispersiyon Azo Boyarmaddeleri.....	123
IV.3.5.	Azo Pigmentleri.....	125
IV.3.6.	Solvent Boyarmaddeleri.....	126
V.	Nitro ve Nitrozo Boyarmaddeleri	127
VI.	Polimetin Boyarmaddeleri	139
VI.1.	Polimetin Boyarmaddelerinin Fotoğrafçılıkta Kullanılması	146
VII.	Arilmetin Boyarmaddeleri ve Aza Anologları	155
VII.1.	Trifenilmetan Boyarmaddeleri.....	156
VII.2.	Difenilmetan Boyarmaddeleri.....	164
VII.3.	Akridin, Ksanten, Fluoren Boyarmaddeleri.....	164
VII.4.	Kinonimin Boyarmaddeleri.....	166
VII.5.	Azin, Oksazin, Tiyazin Boyarmaddeleri.....	167
VIII.	Aza [18] Annulen Boyarmaddeleri.....	169
IX.	Karbonil Boyarmaddeleri	179
IX.1.	İndigo Boyarmaddeleri.....	179
IX.2.	Antrakinin Boyarmaddeleri.....	183
IX.3.	Karbonil Boyarmaddelerinin Uygulamada Kullanılması.....	186
IX.3.1.	İyonik Yapıda Karbonil Boyarmaddeleri.....	186
IX.3.2.	Dispersiyon Karbonil Boyarmaddeleri.....	187
IX.3.3.	Kompleks Oluşturan Karbonil Boyarmaddeler.....	187
IX.3.4.	Reaktif Boyarmaddeler.....	188
IX.3.5.	Küpe Boyarmaddeleri.....	189
IX.3.6.	Çözünür Küpe Boyarmaddeleri.....	196
X.	Kükürt Boyarmaddeleri.....	199
XI.	Boyarmaddelerin Eşdeğerleri ve Color İndek'sin Kul.	205

BÖLÜM I

I. GENEL BİLGİLER

I.1. BOYA VE BOYARMADDE

Cisimlerin renklendirilmesi boyamak kelimesiyle ifade edilir. Cisimlerin yüzeyinin ya dış tesirlerden korunması ya da güzel bir görünüm sağlanması için renkli hale getirilmesinde kullanılan maddelere "BOYA" denir. (Alm. Farbenkörper, İng. pigment, paint, Fr. colorant.) Konuşma dilinde çoğu kez boya ve boyarmadde kelimelerini birbiri yerine kullanırız. Bu iki sözcük eşanlamlı değildir. Boyalar bir bağlayıcı ile karışmış fakat çözünmemiş karışımlardır. Boya bir yüzeye kuruyan yağ ile birlikte fırça veya boyama tabancaları ile uygulanır. Boyanan yüzey, yağın kurumması ile oldukça kalın yeni bir tabaka ile kaplanır. Bu işlem gerçekte bir boyama değil bir örtmedir. Boya kelimesinden sanatkar, ressam, badanaçı v.b. ler faydalanır. Genellikle boyalar anorganik yapıdadır.(örneğin: sülyen, ultramin, v.b.) Ancak organik yapıda da olabilirler. (örneğin ftalosiyanimler v.b.) Uygulandıkları yüzeyde hiçbir değişiklik yapmazlar. Kazımakla yüzeyden büyük parçalar halinde uzaklaştırılabilirler.

Cisimlerin (kumaş, elyaf v.b.) kendilerini renkli hale getirmede uygulanan maddelere ise "BOYARMADDE" denir. (Alm. Farbstoff, İng. Dye, Dyestuff F. Teinture.) Ancak her renk veren veya renkli olan madde boyarmadde değildir. Boyarmaddelerle yapılan renklendirme boyalarla yapılan renklendirme işlemine benzemez. Genellikle çözümler veya süspansiyonlar halinde çeşitli boyama yöntemleriyle uygulanırlar. Bütün boyarmaddeler organik bileşiklerdir. Boyanacak cisimler boyarmadde ile devamlı ve dayanıklı bir şekilde birleşerek cismin yüzeyini yapı bakımından

değiştirirler. Genellikle boyarmadde, cismin yüzeyi ile kimyasal veya fizikokimyasal bir ilişkiye girerek birleşmiştir. Boyanan yüzey kazıma, silme, yıkama gibi fiziksel işlemlerle başlangıçtaki renksiz durumunu alamaz.

1.2. TARİHÇE

İnsan, ilk çağlardan beri çevresinden faydalanmış, onu güzelleştirmeye ve korumaya çalışmıştır. Süslenme içgüdüğü nedeniyle doğadan birçok boya ve boyarmadde elde etmiştir. Bunu taş devri zamanlarında bile görmek mümkündür. İsa'dan yüzlerce yıl öncesine ait Dordogne (Fransa) ve Altamiria (İspanya)'da bulunan mağara duvarlarındaki resimler ve eşyalar bunların kanıtıdır. Buralarda bulunan ölü kemiklerinin kırmızı renkli olması çok ilgi çekicidir. Bu rengin dini bir gelenek olarak cesed üzerine sürülen demiroksitten ileri geldiği sanılmaktadır. Böylece boyaların o zamanlar bile kullanılmış olduğunu düşünebiliriz. Ancak boyaların ilk kullanım şekilleri, resimde nerede kullanıldıkları hakkında henüz kesin bir bilgi edinilememiştir.

İlk kullanılan boyalar metaloksit karışımı, killi toprak ve bazı bitki özularıdır. Bunların su ile karıştırılarak boyanacak yere sürüldüğü sanılmaktadır. Eski Mısırlılar boyalara sağlamlık ve parlaklık vermek için zambak karıştırmışlardır. Bu tip boyalara Mısır mumyalarında rastlanmıştır. Boyaların hava tesirinden ve nemden korunması için de üzerlerini mum tabakasıyla kaplamışlardır.

Genellikle boya olarak isimlendirdiğimiz maddeler anorganik, tekstilde kullanılan boyarmaddeler ise organik yapıdadır. Anorganik doğal boyalara örnek olarak Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , Pb_3O_4 , HgS, grafit v.b. maddeleri gösterebiliriz. Boyarmaddeler ise doğal kökenli olanların yanında büyük çoğunlukla sentetiktir. Doğal boyarmaddeler genellikle hayvanların deri ve salgı bezlerinden, bitkilerin kök, kabuk, tohum, meyva gibi kısımlarından ve maya bakterileri gibi mikroorganizmalardan basit kimyasal işlemler sonucu elde edilirler. Bunların tarihsel önemleri nedeniyle birkaç üyesini sağladıkları renklere göre sıralayalım.

Erguvan, mor renk

Eski çağların en aranan renklerinden biri erguvandı (purpur). Bu renk, boyarmaddesinin nadir bulunması bu yüzden pahalı olması nedeniyle toplum tarafından gücün ve yüksek mevkiin simgesi

olarak kabul edilmişti. Jül Sezar mor tolgayı kendisinden başkasının taşımasını yasaklamışdı. Neron zamanında ise bu rengi hak etmeden taşımak veya purpura başka bir rengi ilave etmek krala hakaret sayılır ve ölümle cezalandırılırdı.

Erguvan renginin İsa'dan 1600 yıl önce Giritte Purpura ve Murex adı verilen iki kabuklu deniz hayvanından uzun bir çalışma sonucu elde edildiği tesbit edilmiştir. Hatta birkaç araştırmacının fikri bu boyarmaddenin tarih öncesi zamanlarda İndoermenler tarafından da bilindiğidir. Bu boyarmadde hayvanın bağırsak kanalındaki bir salgı bezinden salgılanır. Doğal halde sarımsı yeşildir. Güneş ışığının etkisiyle çeşitli renkler üzerinden erguvana dönüşür. Erguvan rengine boyama sanatı 12. yy. sonlarına doğru bilinmeyen bir şekilde ortadan kalkmıştır.

Kırmızı

Çok eskiden beri faydalanılan renkli boyarmadde bir bitkisel kök boyasıdır. (Lat. *Rubia tinctorum* Alm. Krapprot, İ. Madder red) Akdeniz çevresi ülkelerinde yetişir. Eskiden Anadolunun çeşitli bölgelerinde de yetişen bu bitkinin boyarmaddesi Avrupa'da "TÜRK KIRMIZISI" adıyla ün kazanmıştı. 19 yy. sonlarına doğru Osmanlı Devleti'nin dış ticaretinde tahıl ve ipekten sonra üçüncü önemli ihraç maddesiydi. İzmir'den sevk edilen bu maddenin en önemli alıcısı İngiltere'ydi. Boyarmadde bitkinin kökünde bulunur. Kök boya bitkisinin ihtiva ettiği boyarmaddelerden biri ve en önemlisi olan alizarin, sonradan sentetik olarak elde edilmiştir. Haslık derecesi yüksek olan bu boyarmadde, halıcılıkta yünü, kırmızı reнге boyamada kullanılmıştır.

Kırmızı renkli boyarmaddenin elde edildiği bir başka kaynak da kırmızı (*Coccus ilicis* Alm. Kermes) adı ile tanınan bir hayvandır. Bu böcek kırmızı meşesi (*Quercus coccifera*) üzerinde yetişir. Böceğin dışından kırmızı rengi veren kermes asidi izole edilir. 70000 kurutulmuş böcekten yarım kilo boyarmadde elde edilir.

Mavi

Turpgiller familyasından bir bitki türü olan çivit otunda (Lat. *Isatis tinctoria* Alm. Waid, İ. Woad) mavi rengin elde edildiği indigo boyarmaddesi bulunur. Mavi rengin çeşitli tonlarını sağlayan boyarmadde, fermantasyon yolu ile izole edilir. Çivit otu Ortaçağ bo-

yunca Avrupa'da kullanılmıştır. Sentetik indigonun 1897 yılında piyasaya sunulmasıyla doğal indigo önemini yitirmiştir.

Sarı

Önemli renklerden biri olan sarı da, boyacı resedası veya muhabbet çiçeği (reseda luteola, Alm. Wau) bitkisinden elde edilir. Bu arsız bitki yol kenarı, moloz yığınları veya evlerde saksıda yetişir. Tüm yeşil kısımları ve çiçekler luteolin boyarmaddesini ihtiva eder. Boyarmadde kurutulmuş bitkinin çay gibi kaynatılmasından elde edilir. Romalılar tarafından derişik özsuğu seyreltilerek sarı renge boyamada kullanılmıştır. Soğanlı ve güzel bir bitki olan safran da (lat.Cracus) Yunanlılar tarafından sarı renk elde edilmesinde kullanılıyordu.

Dünya üzerinde yeni yerlerin keşfinden sonra renk veren yeni bileşiklerin bulunmasıyla renk dizisine daha birçok boyarmadde katılmıştır. Ancak sentetik boyarmaddelerin keşfiyle çok daha çeşitli renk olanağına ve ucuz boyarmaddelere kavuşulmuştur.

Doğal kökenli boyarmaddelerin elde edilmesi zor ve pahalıydı. Ancak zengin kimseler tarafından kullanılabilirdi. Örneğin mor renk elde edilmesi için kullanılan Purpura adlı deniz hayvanının 8000 kadarından 1 gram boyarmadde çıkartılabiliyordu. Bu durum 19. yy. başında anilin esaslı boyarmaddelerin sentetik olarak elde edilmesiyle değıştı.

Sentetik boyarmaddelerin elde edilmesine doğru ilk adım, hem kimyasal yapılarına hem de sentez olanaklarına göre sistematik olmayan araştırmalara dayanır. Teorik organik kimyaya ait bilgiler, o zamanlar henüz yeterli olmadığından bu konudaki ilk başarılar tamamen rastgeledir.

1771 yılında P.WOULFE, indigo ile nitrik asidin reaksiyonundan pikrik asidi elde etmiştir. Bu bileşik sonradan ipeğin boyanmasında kullanılmıştır. Ancak büyük bir öneme sahip olmamıştır.

1854 yılında F.F.RUNGE taşkömürü katranından anilini izole etti. Oksidasyonu esnasında da anilin siyahının meydana gelişini gözledi. Bu buluş da, o zaman hiç bir pratik öneme sahip olmadı.

1849 yılında da GUINON tarafından ipek boyanmasında pikrik asidi kullanıldı.

1856 yılında W.H. PERKIN daha 17 yaşında üniversite öğrencisi olduğu sıralarda kinin elde etmek için çalışmalar yaparken, toluidin ihtiva eden anilinden Mauvein'i (anilin moru) elde etti. Bu madde ilk sentetik ve teknik öneme sahip olan boyarmadde olarak kabul edilir. Ertesi yıl Perkin, babası ve erkek kardeşiyle birlikte Londra yakınlarında Greenford Green'de benzenden başlayarak nitrobenzen, anilin ve anilinin oksitlenmesiyle mauvein'in elde edildiği boyarmadde fabrikasını kurdu.

Gerçekte ilk sentetik organik boyarmaddeyi Woulfe'un elde etmesine rağmen, W.H. Perkin'in mauvein'i sentezi, organik boyarmadde endüstrisinin ilk başlangıcı kabul edilir. Bu durum hem o zamanlarda ilkel maddelerle teknik açıdan ilgi çekici bir ürünün saf elde edilebilmesi ve hem de işletme olgunluğuna kadar geliştirilebilmesi açısından doğrudur.

1856-1859 yıllarında J.NATANSON, A.W.HOFFMANN, E.VERGUIN fuksin üzerinde çalışmalar yaptılar. Natanson bu maddeyi anilin ve vinilklorürden elde etti. Diğer iki araştırmacı da fuksin için iki ayrı sentez yolu buldular. Sonraları bu çalışmalar başka araştırmacılar tarafından pratiğe uygulandı.

1862 yılı P.GRIESS'in azo boyarmaddelerinin sentezine başlangıç yılıdır.

1863 yılında H.CARO ve J.DALE indülin'i buldular.

Organik boyarmadde kimyasının başlangıç zamanlarında azo boyarmaddelerin önemli temsilcileri de keşfedildi. İlk azo boyarmaddelerden biri olan ve bugün de hâla kullanılan Bismarc braun C.MATIUS tarafından aynı yıl sentez edildi.

1867 yılında COUPIER tarafından nigrosin bulundu.

1868 de C.GRAEBE ve C.LIEBERMANN 1,2 Dibromoantrakinon'dan sentetik alizarini elde ettiler. Bu madde, yapısı hakkında belli bir öneri ileri sürülen ilk organik boyarmadde dir.

1873 yılında kükürtlü boyarmaddeler de elde edildi.

1878 yılında A.V.BAEYER indigo'nun sentezini yaptı. KEKULE, M. BULLEROW, E.ERLENMEYER ve diğer araştırmacılar tarafından 1857 yılından beri çalışılan kimyasal yapıların gerçek bilimsel izahının sonuçlarının alınmasının başlamasıyla, sentetik

boyarmaddelerin bilimsel olarak oluşturulması da imkan dahiline girdi.

1876 da O.N.WITT gözlemlerine dayanarak, kromofor ve oksokrom gruplara ait ilk renk teorisini ileri sürdü.

Aynı yıl H.CARO sentezini yaptığı metilen mavisinin, patentini aldı.

1911 senesi indigosollerin elde edildiği yıldır.

1927 yılında tamamen yeni bir boyarmadde sınıfı olan ftalo-siyaninler keşfedildi.

1956, reaktif boyarmaddelerin bulunduğu yıldır.

Boyarmaddelerin elyafa kimyasal bağlanması deneyleri geçen yüzyıldan beri başlamıştı. Fakat ilk olarak 2.Dünya savaşından sonra reaktif boyarmaddeleriyle bu konu önem kazandı.

Sentetik elyaf türlerinin elde edilmesiyle de tamamen yeni problemler ortaya çıktı. Dispers boyarmaddeleri zaman zaman ani sıçramalarla gelişti. Bu sınıf boyarmaddeler poliamidlerin ve bil-hassa poliester elyafın boyanmasında kullanıldı. Diğer taraftan da poliakrilonitril elyaf için gerekli bazik boyarmaddeler yeniden canlandırıldı.

Daha sonraki yıllarda boyarmadde endüstrisi hızla ilerliyerek sayısız madde sentez edildi. Bunların içinde ticari önemi olan ancak 1500-2000 kadar organik boyarmadde vardır. Başlangıçta boyarmadde fabrikaları olarak kurulan ve hepsi, bugün de mevcut olan kimya fabrikaları, bu yüzyılın başında kurulmaya başlanmıştır. Boyarmadde yarışına A.B.D. 1918'lerde katıldı. 2. Dünya Harbinden sonra başta A.B.D. olmak üzere yeni bir atılıma geçen bu endüstri dalı, bugün sınır tanımayacak kadar gelişmiş durumdadır.

BÖLÜM II

II. RENK ve IŞIK

II. 1. RENK NEDİR?

Acı, tatlı, ekşi, soğuk gibi sübjektif kavramlardan biri olan renk, bir cismin veya ışık kaynağının gözümüzde sebep olduğu etki olarak tanımlanabilir. Ancak bu tanım oldukça sınırlıdır ve bazı fiziksel ve psikolojik olaylara bağlıdır. Örneğin beyaz bir cismin rengi aydınlıkta da, gece mum ışığında da beyaz görülür. Fakat gerçekte fiziksel ölçümlerle kıyaslandığında mum ışığındaki cismin rengi beyaz değil, mum alevinin sarımsı rengini taşır. Bu bakımdan renk kavramı bu değişik anlamlar altında incelenecektir.

1) Psikolojik renk

Beynimizde uyandırılan bir duygudur. Gözleri ve beyinleri normal iki insan aynı cins ışık tarafından uyandırılan duygularını aynı sözcükle ifade eder. Örneğin bir cismin rengini mavi sözcüğü ile belirtirler. Ancak bu insanların mavi sözcüğü ile tanımladıkları duygular acaba birbirinin aynı mıdır? Duyguların eşitliği hakkında bilimsel kesin bir açıklama yapılamaz.

2) Fizyolojik Renk

Farklı ışık türlerinin (örneğin güneş ışığı, elektrik lambası v.s.) gözümüzün retinasında ve görme sinirlerinde oluşturduğu fizyolojik olaylar topluluğudur. Bu olaylar beyinde psikolojik renk duygusunu uyandırır. Örneğin odada bulunan bir cismin rengine bakıldığında gerçekte güneş ışığında veya floresans bir lamba altında biraz değişik gözükür. Bir cismin güneş ışığındaki rengine sübjektif olarak onun değişmez bir özelliği gözüyle bakılır. Beyin mümkünse ve icap ediyorsa gerekli düzeltmeyi yapar. Renk duygusu açısından insan gözü, mükemmel bir optik alettir. Buna karşın

görünür dalga bandının her bölgesinde aynı hassasiyete sahip değildir. Hassasiyet morötesi ve kırmızı ötesinde sıfır, sarımsı yeşile tekabül eden 5560 Å de maksimumdur. Ayrıca gözümüz bazen renk duyularında bizi yanıltabilmektedir. Örneğin kırmızı elmaya mavi ışıkta baktığımızda hemen hemen siyah görürüz. Bundan başka bazı insanlar, doğuştan kırmızı ve yeşil renkleri karıştırırlar.

3) Fiziksel renk

Belli bir ışığın fiziksel boyutlarının ölçü ve rakamlarla kesin olarak tanımlanmasına denir. Söz konusu olan ışık spektroskopik yöntemlerle ölçülerek incelenir.

Renk sözcüğünün yukarıda kısaca açıkladığımız üç anlamı arasındaki ilişki hiç de basit değildir. Uyandırdığı psikolojik etki (renk) aynı olan iki ışığın fiziksel ölçümleri birbirinden farklı olabilir. Yani psikolojik renk, fiziksel renk hakkında bir fikir veremez. Bunun sonucu olarak verilerin objektifliğini sağlamak amacıyla bilimsel alanda yalnız fiziksel renk gözönüne alınır.

İster fiziksel, ister fizyolojik veya psikolojik bakımdan ele alınsın bir cismin rengi, ortamdaki ışığın bir sonucu olarak ortaya çıkar. Karanlıkta her cisim siyahtır; herhangi bir renk söz konusu olamaz. Bunun yanında kırmızı bir elmaya mavi ışık altında bakarsak hemen hemen siyah görürüz. Gün ışığında yeşil olarak görülen yaprak, kırmızı veya turuncu ışık altında siyaha yakın renkte görünür. Böyle bir gözlemden şu sonuç çıkarılabilir: renk, cismin kendisini aydınlatan ışığa bağlı olan bir özelliktir ve ışığın bir fonksiyonudur.

Renkli bileşiklerin tarih öncesi devirlerden beri kullanılır olmasına rağmen, renkliliğin, buna bağlı olarak ışığın sistematik ve bilimsel incelenmesi Sir Isaac Newton'un güneş ışığının karmaşık bir yapıda olduğunu fark etmesi ile başlar. Newton güneş ışığını karanlık bir odaya küçük bir delikten ve küçük bir cam prizma içinden geçirerek renklerine ayırmış (mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu, kırmızı) ve spektrumu elde etmiştir. Ayırma işlemi daha önce de yapılmıştı. Ancak Newton prizmadan yayılan bu renkli ışıkları bir mercekle toplayarak yeniden güneş ışığını (beyaz ışık) elde etmiştir. Böylece tüm spektrum renklerinin beyaz ışığın içinde olduğunu göstermiştir. Spektrum oluşumunun bilimsel açıklaması daha sonraları kırılma olayı ile de yapılmıştır. Renk ve ışık ilişkilerini açıklayabilmek için ışığın mahiyeti hakkında bilgi edinmek gereklidir. Aşağıda ışık ve ona bağlı olarak renk ve renkliliği açıklamaya çalışalım.

II.2. IŞIK NEDİR?

Işığın Yapısı ve Yayılması:

17.yüzyılın ortalarına kadar ışığın küçük partiküllerden ve bu partiküllerin akımından ibaret olduğuna inanılıyordu. Bu zerrecikler güneş veya mum gibi bir ışık kaynağı tarafından yayınlanır ve kaynaktan dışarıya doğru düz bir çizgi boyunca giderler. Saydam materyallerden geçerler, donuk veya geçirgen olmayan metaryellerden ise yansır.

17.yüzyılın ortalarına kadar optik alandaki araştırmaların çoğu bu teoriyi kabul ediyorlardı. Bu sıralarda ışığın bir dalga hareketi olduğu fikri ortaya atıldı. 1670 de Christian Huygens yansıma ve kırılma yasalarının dalga teorisine dayandırılarak açıklanabileceğini gösterdi. Bu teori, son yıllarda keşfedilen çift kırılma olayını basit bir şekilde açıklamıştır. Ancak bu dalga teorisi o yıllarda hemen kabul görmemiştir. Sebebine gelince, öncelikle eğer ışık bir dalga hareketi ise köşelerden dönebilmesi gerekirdi. Çünkü dalgalar yolları üzerindeki engellerin etrafından dönebilirler. Ancak şimdiki bilgilerimize göre ışık dalgalarının dalga boyu o kadar kısadır ki gerçekte vukubulan bükülme çok küçük olduğundan gözlenemez. Günümüzde difraksiyon adı ile de bilinen ışık dalgalarının bir cismin kenarlarından bükülmesi olayı, 1665 in başlarında Grimaldi tarafından ortaya konmuş; fakat yaptığı gözlemlerin ne anlama geldiği o zamanlar anlaşılammıştı.

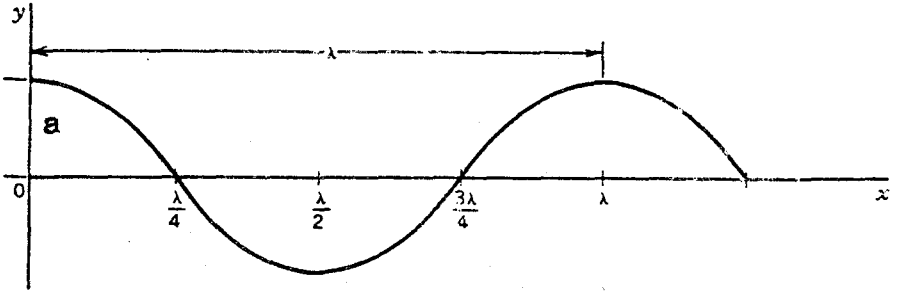
1827 de T.Young ve A.Fresnel'in interferens (girişim) hakkındaki deneyleri ve daha sonraki yıllarda Leon Foucault'nun sıvılar içindeki hız ölçümleri ışığın partikül teorisi ile açıklanmasının yeterli olmayacağını gösterdi.

Işık teorisinde daha ileri giden bir aşama, İskoç bilim adamı J.C. Maxwell tarafından kaydedildi. 1873 de Maxwell bir elektrik devresindeki titreşimlerin elektromanyetik dalgalar yayınladığını gösterdi. Bu dalgaların yayılma hızı, bir seri elektrik ve manyetik ölçümlerden sonra hesaplanarak 3×10^8 m/s gibi bir değer bulundu. Bu değer aynı zamanda ışığın yayılma hızına eşittir. Bu olay ışığın elektromanyetik dalgalardan ibaret olduğunu göstermiştir. Maxwell'in keşfinden onbeş yıl sonra Henrich Hertz küçük boyutlu bir osilatör (titreşim devresi) kullanarak kısa dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgaları elde etmeyi başardı. Elektromanyetik olduğu şüphe götürmeyen bugün mikrodalga adını verdiğimiz bu dalgalar, ışığın tüm özelliklerine sahiptir; tıpkı ışık gibi yansır, kırılır, mer-

cek tarafından toplanır ve polarizlenir.

Ancak daha ileriki yıllarda klasik elektromanyetik teori ile fotoelektrik olayı açıklamak mümkün olamadı. Bunun üzerine yapılan araştırmalarda ışık enerjisinin çok küçük taneciklerde veya *fotonlarda* toplandığı ortaya kondu. Fotonlar veya ışık atomlarının dalga hareketine benzer şekilde bir frekansları olduğu ve bir fotonun enerjisinin frekansı ile doğru orantılı olduğu belirlendi: $E = h\nu$ (Planck ve Einstein)

Günümüzde ışığın yayılma olayı en iyi şekilde dalga teorisi ile anlatılabilmekte; buna karşılık ışığın madde ile karşılıklı etkileşimi de tanecikli yapı ile (foton teorisi) açıklanabilmektedir. Bu iki teori birlikte gözönüne alındığında ışığın hem tanecikli hem de dalga karakterli bir yapıya sahip olduğu kabul edilmektedir. Dalga mekaniği kurallarına göre belli bir enerjiye sahip her bir fotona bir elektromanyetik dalga eşlik etmektedir. Tüm elektromanyetik dalgalar gibi ışığın hızı da belirlidir ve yaklaşık 3×10^{10} m/s lik bir hızla yayılmaktadır. Yine bütün elektromanyetik dalgalarda olduğu gibi ışık da frekans ve dalga boyu ile karakterize edilir.



Şekil II.1

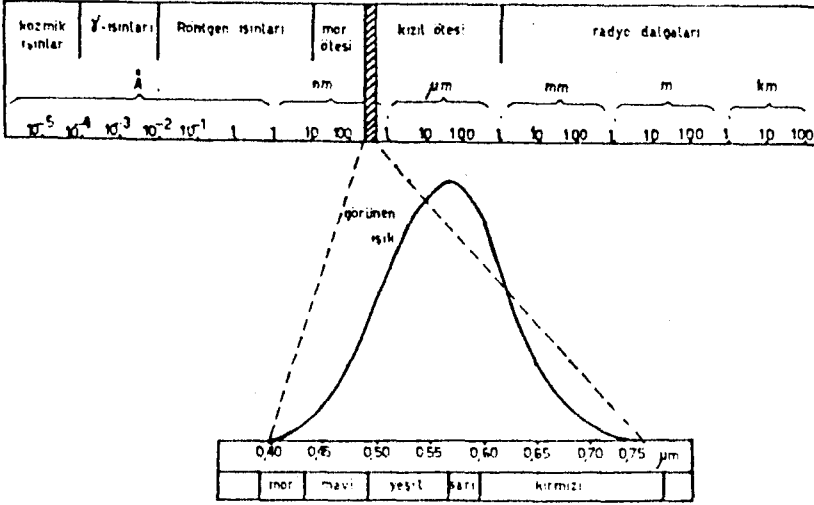
a = amplitüd (genlik)

λ = birbirini izleyen dalgalarda iki maksimum arasındaki uzaklık

ν = belirli bir noktadan bir saniyede geçen dalga sayısı

c = ışık hızı

Işık hızı (c), dalga boyu ve frekans arasında $\lambda = \frac{c}{\nu}$ bağıntısı vardır. Her elektromanyetik dalganın belli bir enerjisi vardır. Bu enerji dalga hareketinin frekansı ile doğru orantılıdır. Ve $E = h \cdot \nu$ ile ifade edilir. Bu formülde h, Planck sabiti olarak bilinir ve $6,67 \times 10^{27}$ dir. Yukarıdaki dalga boyu ve frekans arasındaki bağıntı ile, enerji denklemi birlikte düşünüldüğünde enerjinin dalga hareketinin dalga boyu ile de ters orantılı olduğu bulunur: $E = \frac{hc}{\lambda}$



Şekil II. 2

II.3. RENGİN ANLAMAMI

Çevremizdeki elektromagnetik dalgalar 10^{-15} m dalga boyundaki kozmik ışıklardan 10^4 m dalga boyu radyo dalgalarına kadar değişik boyutlarda bulunur.

Yukarıda Şekil II.2 de görüldüğü gibi ışık denilen gözümüzle algıladığımız elektromagnetik dalga bölgesi çok dar bir alandır. Gözümüzün duyarlı olduğu bu bölge, 400-750 nm lik dalga boyuna sahiptir. Bunların dışındaki 800 nm ile 10^3 nm arasındaki bölgeye ise morötesi denir. Güneşten gelen ışınlar, görünen ışınlar yanında morötesi ışınları da kapsar.

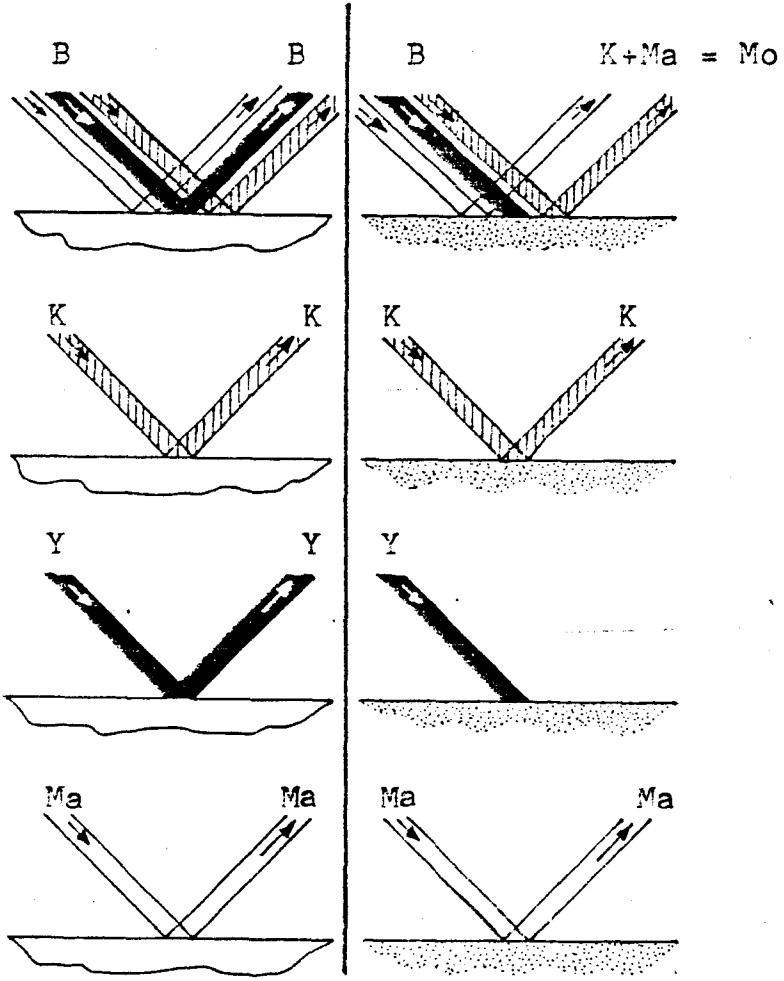
Doğadaki gökkuşağından ve diğer optik deneylerden bildiğimiz gibi güneş ışığı (beyaz ışık) değişik renklere ayrılabilir. Beyaz ışığı bir cam prizma içerisinden geçirerek beyaz bir ekran üzerine düşürdüğümüzde kolayca spektrumu elde etmek mümkündür. Aynı deneme ile spektrum renklerini bir prizma ile birleştirip beyaz rengi elde etmek de mümkündür.

Gözümüzün duyarlılığı, spektrumdaki sarımsı yeşil renge te-
kabül eden 556 nm dalga boyulu ışıklara karşı en yüksek değerdedir. Buna karşılık morötesi ve kızıldaki ışıklarda duyarlık sıfırdır. Gözümüzün, etrafımızdaki değişik cisimleri farklı renklerde görmesinin sebebine gelince; cisimlerin üstlerine düşen beyaz ışığın belli bir kısmını absorplayıp diğerini yansıtmasıdır. Beyaz ışıktan absorplandıktan sonra yansıyarak göze gelen ışığın dalga boyu, cismin rengini belirler.

Eğer bir cisim, üzerine düşen ışığın tamamını yansıtıyorsa göze beyaz olarak görünür. Buna karşılık cisim, gelen ışığın tamamını absorplayıp hiç yansıma yapmıyorsa siyah renklidir. Cisim, üzerine düşen beyaz ışıktan, belli dalga boyundaki bazı ışık veya ışıkları absorplıyorsa, beyaz ışıktan geri kalanları yansır ve bu yansıyan ışıkların dalga boyuna bağlı olan bir renkte görülür. Spektrumda belli dalga boyuna sahip öyle renkler vardır ki bu dalga boyundaki ışıkları birbiri ile karıştırdığımızda beyaz ışık elde edilir. Bu renklere "komplementer (= tamamlayıcı) renk adı verilir. Örneğin mavi ışık ile sarı ışık komplementerdir. Beyaz ışıktan sarı absorplanırsa mavi renk görülür. Cismin beyaz ışıktan absorpladığı ışığın dalga boyu ile cismin görünen rengi aşağıdaki Tablo II.1 de verilmiştir.

Absorpladığı ışığın dalga boyu (nm)	Absorplanan renk	Cismin rengi
400 - 435 nm	mor	yeşilimsi sarı
435 - 480	mavi	sarı
480 - 490	yeşilimsi mavi	turuncu
490 - 500	mavimsi yeşil	kırmızı
500 - 560	yeşil	magenta
560 - 580	sarımsı yeşil	mor
580 - 595	sarı	mavi
595 - 605	turuncu	yeşilimsi mavi
605 - 750	kırmızı	mavimsi yeşil ve yeşil

Tablo II.1



Şekil II. 3

Renk ve Işık Absorpsiyonu: Yukarıdaki şekil ışığın, solda beyaz ve sağda renkli bir yüzeyden yansımalarını göstermektedir.

B: beyaz, K: kırmızı, Ma: mavi, Mo: mor, Y: yeşil

II. 4. RENK KARIŞIMLARININ TEMEL PRENSİPLERİ

Boyanmış tekstil ürünlerinde gerekli olan renk tonlarının tamamı üç ayrı rengin (boyanın) karışımı ile meydana getirilir. Bunun nedenini anlayabilmek için primer renkler adını verdiğimiz ve göz retinasının hassas olduğu üç ayrı rengin özelliklerini yakından tanımak gereklidir.

Beyaz Işık ve Spektrum Renkleri

Güneş ışığı bir prizmadan geçirilerek, bir beyaz ekran üzerine düşürülürse gök kuşağında görülen ve birbirini izleyen şu renk tonlarına ayrılır: Kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, mor. Elde edilen bu renk serisine *spektrum* veya *tayf* adı verilir. Bu renk serisi bir prizma yardımıyla yeniden toplanırsa beyaz ışık elde edilebilir. Bunun yanında beyaz ışık, yalnızca kırmızı mavi ve yeşil renkli ışınların birleştirilmesiyle de elde edilebilir. Çünkü bu üç rengin herbiri spektrumun takriben 1/3 ini oluşturur. Bunların arasındaki diğer spektrum renkleri bu renklerin girişimiyle oluşmuştur. Doğada gördüğümüz diğer renkler spektrum oluşturan renklerin birbirleriyle karışımı sonucunda meydana gelir. Renk karışımlarını belirleyen iki ayrı yöntem vardır.

- 1) Renklerin eklenmesi (aditif yöntem)
- 2) Renklerin çıkarılması (substraktif yöntem)

A) Renklerin eklenmesi

Beyaz ışığın elde edilmesinde kullanılan üç renk (kırmızı, yeşil, mavi) temel renk olup, bunlara *primer (birincil) renk* adı da verilir. Kırmızı, yeşil ve mavi ışığın dalga boyuna sahip üç ayrı renktedir. Bu üç ışını üç ayrı projeksiyondan elde edip, bir beyaz ekran üzerinde aynı noktaya düşürdüğümüzde hiçbir renk görünmez. Çünkü bu üç renk karışımından beyaz renk oluşmuştur. Bu renk karıştırma yöntemine aditif yöntem adı verilir. Bu yöntem genellikle belli dalga boylu ışınların karıştırılmasında kullanılır. (Renkli TV ve renkli fotoğrafçılık teknikleri) Aditif yöntemde bu karıştırma işlemleri, üç renk karıştırılması yerine ikişer ikişer yapıldığında farklı sonuçlar ortaya çıkar. (Tablo II. 2) Kırmızı ve yeşil renkli ışınlar beyaz ekran üzerinde üst üste getirildiğinde sarı renk elde edilir. Aynı şekilde kırmızı ve maviden magenta (morumsu kırmızı),

mavi ve yeşilden de türkuaz (siyan) renkleri elde edilir.

Kırmızı + mavi = magenta
Kırmızı + yeşil = sarı
Mavi + yeşil = turkuaz (siyan)

Tablo II. 2

Elde edilen bu üç renge sekonder (*ikincil*) renkler adı verilir.

Primer renklerin ikişer ikişer karıştırılması ile elde edilen sekonder renkler bir cismin rengi olarak düşünüldüğünde cisim tarafından hangi ışınların absorplanıp hangilerinin yansıtıldığı aşağıdaki tabloda verilmiştir. (Tablo II. 3)

Cismin rengi	Yansıtılan Işık	Absorblanan ışık
Magenta	Mavi + kırmızı	Yeşil
Sarı	Kırmızı + yeşil	Mavi
Türkuvaz	Mavi + yeşil	Kırmızı

Tablo II. 3

B) Renklerin Çıkarılması:

Bu yöntem belli dalga boyuna sahip renkli ışınların karıştırılmasında geçerli değildir. Bu yöntemi boya, boyarmadde ve pigmentlerin karıştırılması ile yapılan boyama işlemlerinde kullanabiliriz. Çünkü kırmızı cisim veya boyanın bu renkte görünmesinin nedeni üzerine düşen beyaz ışıktan yalnızca kırmızı dalga boylu ışığı geçirmesi veya yansıtması geri kalan renkleri ise absorplamasıdır.

Aynı kural yeşil ve mavi renkli boyalar için de geçerlidir. Örneğin, kırmızı ve yeşil boyarmaddelerle hazırlanmış iki çözeltiyi ele alalım. Kırmızı yalnız kırmızı rengi, yeşil de yalnız yeşil rengi yansır. Bu iki renkli çözeltiyi bir ışık kaynağının önüne ardarda koyup baktığımızda hiçbir renk görünmez. Çünkü primer renkler birbirlerini ait renkleri; yani kırmızı, kırmızıdan başka tüm renkleri,

yeşil ise, yeşilden başka tüm renkleri absorplar. Bu nedenle spektrumun tüm renkleri absorplandığından gözde bir renk duygusu uyandırmaz. Bu yüzden renkli cisimlerin (boya) karıştırılmalarında primer renkler yerine sekonder renkler kullanılır. Substraktif yöntemle sekonder renklerin ikili karışımlarından primer renkler elde edilir.

Magenta + sarı	= kırmızı
Magenta + turkuaz	= mavi
Turkuaz + sarı	= yeşil

Tablo II. 4

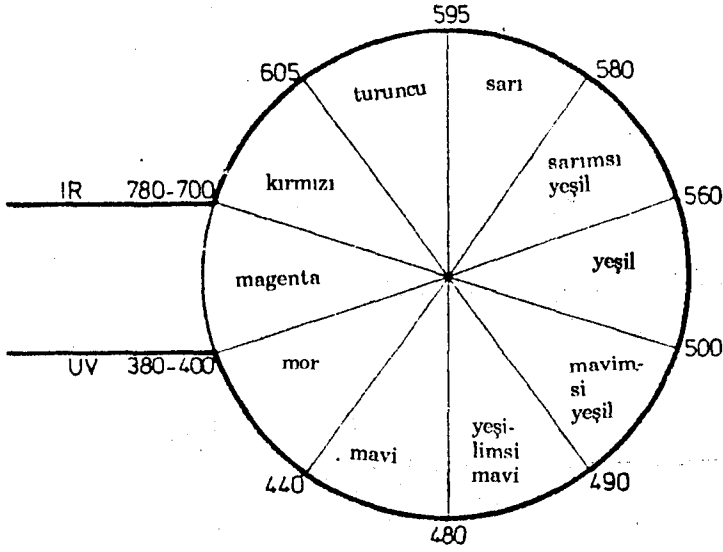
Tablo II 4. de görüldüğü gibi magenta ve sarı renkli boya­ların karıştırılması ile kırmızı renk, magenta ve turkuvazın karıştırılmasıyla mavi renk, turkuvaz ve sarının karıştırılmasıyla yeşil renk elde edilir. Çünkü sekonder renklerin primer renklerden elde edilmesinde gördüğümüz ve Tablo II. 2 ve 4 de belirtilen renk karışımlarında magenta ve sarının her ikisinde de kırmızı ortak bileşendir. Magenta ve turkuvaz karışımında mavi bileşen, turkuvaz ve sarı karışımında yeşil ortak bileşendir. Tablo II.5 de ise sekonder renklerin ikişer ikişer karıştırılmasıyla oluşan renkler gösterilmiştir.

Renk karışımı	Yansıyan ışık (cismin rengi)	Absorblanan ışık
Magenta + sarı	kırmızı	yeşil + mavi
sarı + turkuvaz	yeşil	mavi + kırmızı
Turkuvaz + magenta	mavi	kırmızı + yeşil
magenta+sarı+turkuvaz	yok (siyah)	kırmızı +yeşil+mavi

Tablo II. 5

Sekonder renklerin değişik miktarlarda karıştırılması, yukarıda tabloda görülen (Tablo II. 5) üç temel rengin dışında diğer ara renklerin oluşmasını da sağlar. Şöyleki çok az miktarda magenta ile sarı karıştırıldığında turuncu, bir miktar turkuvaz ile magenta karıştırılırsa ise purpur dediğimiz kırmızı-mor renk oluşur. Değişik

miktarlarda çiftler çiftler kullanılan sekonder renkler ile tam bir renk tonu çemberi elde edilir.



Şekil II. 4

Bu çember spektrumun tüm renklerini içerir. Elde edilen bu renklere, uygun bir miktar siyah katılarak donuklaştırmakla yeni bir renk serisi elde edilir ki bunlara tersiyer renkler denir. Yukarıdaki tablodan üç sekonder rengin karıştırıldığında siyah renk meydana geldiği göz önüne alınırsa renk çemberindeki renklere donukluk vermek için iki sekonder rengin karışımına üçüncünün küçük bir miktar ilavesi yeterlidir.

Sekunder renk karışımı	Cismin rengi	Donuklaştırıcı sekunder renk	Tersiyer renk
Magenta + sarı sarı + turkuvaz turkuvaz + magenta	kırmızı yeşil mavi	turkuvaz magenta sarı	kızıl-kahverengi zeytin yeşili lacivert

Tablo II. 6

Tablo II. 6 da yer almayan tersiyer renkler bu üç sekunder rengin farklı oranlarda karıştırılmasıyla elde edilebilirler. Bu rengin daha zayıf veya soluk olarak elde edilmesi için bileşenlerin miktarları azaltılmalıdır. Beyaz ilavesine eşdeğer olan bu işlemde istenilen renk tonunun elde edilmesi için karışımdaki sekunder renklerin oranı sabit tutulmalıdır.

Bu temel prensiplerin anlaşılmasında yani sekunder renklerin boya olarak kullanılmasında bazı zorluklar ortaya çıkar. Çünkü bu boyarmadde veya pigmentler yanlış olarak primer renklemiş gibi kabul edilir. Örneğin bir boya karışımında kullanılan kırmızı ve mavi boyarmadde aslında magenta ve turkuvazdır.

Sekunder renklerin karıştırılması:

Boyacı substraktif karışırtırmalarda sarı, turkuvaz ve magenta yerine sarı kırmızı ve maviyi de kullanır. Yani magenta yerine kırmızı, turkuvaz yerine maviyi kullanır. Böylece sarı, mavi ve kırmızıdan başka, sarı ve maviyi karıştırarak yeşili, yeşil ve maviden turkuvazı, mavi ve kırmızıdan da magentayı oluşturarak spektrumdaki tüm renklerle diğer tersiyer renkleri elde edebilir. Bu durumda boyacının temel renkleri mavi, kırmızı ve sarı olarak belirlenir.

II. 5 ABSORBSİYON YASALARI VE ABSORBSİYON EĞRİLERİ

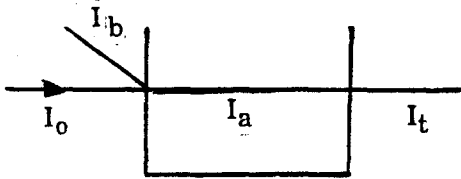
Maddeler, üstlerine gönderilen ışıklardan yapılarına uygun olan dalgaları absorplar. Bir maddenin ışığı absorbe etme yeteneği maddeden maddeye göre değişir. Su, görünür ışık ışınlarını çok az absorbe ettiğinden renksizdir. Buna karşılık herhangi bir boyarmaddenin molekülleri ise görünür ışığı kuvvetle absorbe ettiğinden renk-

li görünür. Çözünebilen bir maddenin analizi ve kantitatif tayini maddenin ışığı absorplama yeteneği ile yapılabilir. Işığın dalga boyu ve absorplanma yeteneği arasında çizilen eğriler maddenin *absorpsiyon spektrumlarını* verir.

Analizde kullanılan ışık ışınlarının belli dalga boyunda olması gerekir. Dalga boyu belli, saf diyebileceğimiz bu ışık ışınlarına *monokromatik ışık* denir. Fotometrik yöntemlerde bu şekildeki ışınlar kullanılır. Işık ışınları ve madde arasındaki ilişkiler, birçok araştırmacı tarafından 17. ve 18. yüzyılda yapılmıştır. Bunlardan üç araştırmacı (Lambert, Beer ve Bougvier) araştırma sonuçlarını temelde üç yasa halinde tanımlanmışlardır.

Temel yasa:

Işık şiddeti I_0 olan monokromatik bir ışın demeti homojen bir faza çarptığında demetin bir kısmı yansır (I_s), bir kısmı absorblanır. (I_a) bir kısmı da fazı geçer (I_t). Gelen ışığın şiddeti $I_0 = I_s + I_a + I_t$ dir. Deneylerde I_a 'nın tayini için iki ayrı ölçme yapılır. Birinci ölçmede saydam bir kapdaki saf çözücünün, diğerinde ise konsantrasyonu tayin edilecek maddenin saf çözücüdeki çözeltisinin absorpsiyonu tesbit edilir. Her iki ölçmede yansıyan ışık şiddeti aynıdır. Dolayısı ile yukarıdaki eşitlik yerine absorpsiyometri de $I_0 = I_a + I_t$ eşitliği kullanılır.



(Çizim 1)

Lambert-Bouquier Yasası:

Bir çözeltiden geçen monokromatik bir ışın demetinin şiddeti, çözeltilinin geçiş yönündeki ekseninde derinliği arttıkça logaritmik, üssel veya geometrik olarak azalır.

$$I_t = I_0 e^{-kd} \quad \text{veya} \quad \ln \frac{I_0}{I_t} = k.d$$

k = absorpsiyon katsayısı d = kalınlık.

Beer Yasası:

Derinlik sabit tutulduğunda çözeltiden geçen ışık şiddeti $\frac{I_0}{I_t}$, ışığı absorbe eden maddenin konsantrasyonu arttıkça logaritmik ve üssel olarak azalır.

$$I_t = I_0 e^{-kc} \quad \text{veya} \quad \ln \frac{I_0}{I_t} = k.c \quad a = \frac{k}{2,303}$$

Lambert - Bouquier - Beer Yasası:

Yukarıdaki iki yasanın birlikte ifadesidir. Bir monokromatik ışığı absorblayan maddenin absorpsiyon yapmayan bir çözücü içindeki çözeltisi, geçiş ekseninin derinliği (çözelti derinliği) ve konsantrasyon arttıkça üssel olarak daha çok absorpsiyon yapar yani ışığı daha az geçirir.

$$\log \frac{I_0}{I_t} = A_s \cdot c \cdot d$$

A_s = Molar absorbans indeksi ya da molar ekstinksiyon katsayısı

c = Molarite

d = Işığın geçtiği fazın kalınlığı

$A_s \cdot c \cdot d = D =$ Optik yoğunluk, absorbans (A) veya
ekstinksiyon (E)

$\frac{\text{geçen ışığın şiddeti } I_t}{\text{gelen ışığın şiddeti } I_0} = T$ (Transmittans = geçirgenlik)

Yüzde geçirgenlik % T = $100 \times \frac{I_t}{I_0}$ dir.

ve $-\log T = D = \log \frac{I_0}{I_t}$ As. c. d = Absorbans bağıntısı yazılabilir.

Geçirgenlik değeri en fazla 1, yani % 100 olabilir. Bunun anlamı gelen ışığın % 100'ünün geçmesidir, Bu oran % 0'a kadar küçülebilir. % T = 0-100 arasında doğrusal değişen bir değişken olarak alınır. Absorbans (D) ise ters yönde logaritmik olarak değişir. Kullanılan başka terim ve semboller aşağıda verilmiştir.

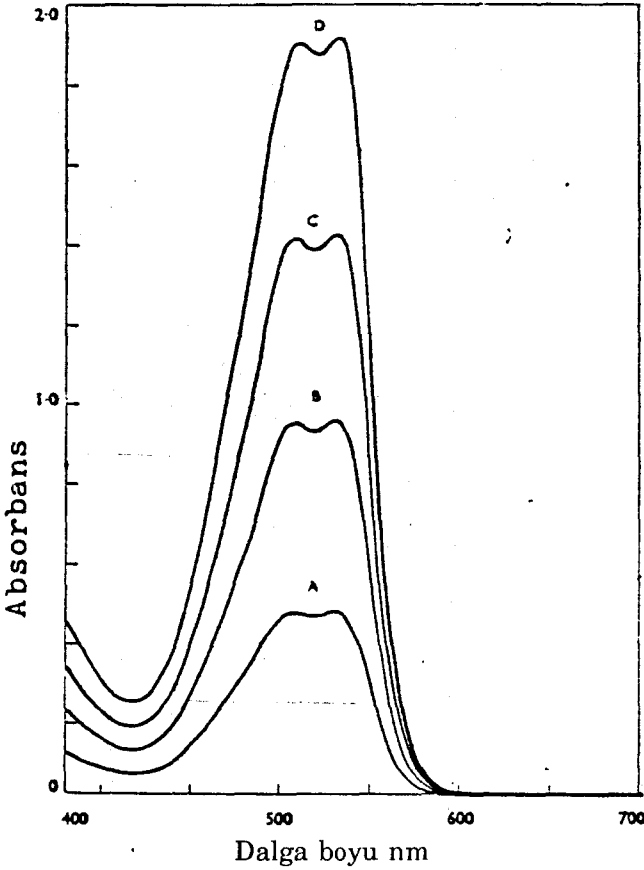
c'nin birimi g/l, M'nin mol/l, d'nin ise cm dir.

Sembol	Formül	İsmi	
T	I_t/I_0	geçirgenlik (transmittance)	Transmission
D, A, E	$\log I_0/I_t$	optik yoğunluk densite (optical density)	Absorbans, Sönüm (Extinction)
d, l		geçiş yolu (Length of path)	-
ϵ, A_s, aM	D/dM	Molar sönüm kat- sayısı	Molar absorptivite Molar absorbans indisi

Tablo II. 7

II. 5.1 ABSORPSİYON SPEKTRUMU

Her madde farklı dalga boylarındaki monokromatik ışık ışınlarını değişen oranlarda absorplar. Yani renkli veya renksiz bütün bileşenlerin sabit bir d ve c için ışık absorpsiyon spektrumları vardır. Işığın absorplanması olayı maddenin kimyasal ve fiziko-kimyasal özelliklerine bağlıdır. Bu özelliklere bağlı olarak, her bileşik, ışığın absorpsiyon yasalarına uyarak maksimum bir absorpsiyon noktasına sahip olur. Absorpsiyon eğrileri boyarmaddelerin karakteristikleri olduğundan onların identifikasyonu için kullanılır. Bkz. Şekil II. 5.



Şekil II. 5

Farklı konsantrasyonlardaki Lissamine Red 2 G boyarmaddesinin sulu çözeltilerinin spektrofotometrik ışık absorpsiyonu eğrileri.

Çözelti konsantrasyonları g/l olarak A: 0,02; B: 0,04; C: 0,06; D: 0,08 dir.

II. 5.2 KOLORİMETRİ: (Renk Ölçümü)

Herhangi bir rengin sayısal değerlerden yararlanarak yapılan ölçümü ve değerlerin başka yer ve zamanda karşılaştırılması işlemi *kolorimetri* olarak tanımlanabilir. Renklerin sayısal olarak ölçülmesi için 1931 de toplanan Commision Internationale'de (Internationolen Beleuchtingskinission l'Eclairage) (CIE) standart bir yöntem kabul edilmiştir. Bu yöntem bilgisayar ile renk belirleme konusu ortaya çıkınca büyük önem kazanmıştır.

Herhangi bir rengin tanımlanabilmesi için en azından beş yöntem kullanılabilir:

1) Spektrofotometrik Yöntem

Spektrumun belirli dalga boyları için ışığın yansıma ve geçirme yüzdelerini gösteren absorpsiyon spektrumları çizilir. Bu spektrumlarda herhangi bir renk doğru ve tek olarak gösterilir. Bu yöntemin diğer yöntemlerden farkı verilen renk tonunun net bir görüntüsünün olmamasıdır. Buna rağmen bu yöntem renkli baskıcılıkta, renkli fotoğrafçılıkta ve renkli televizyonda uygulama alanı bulur.

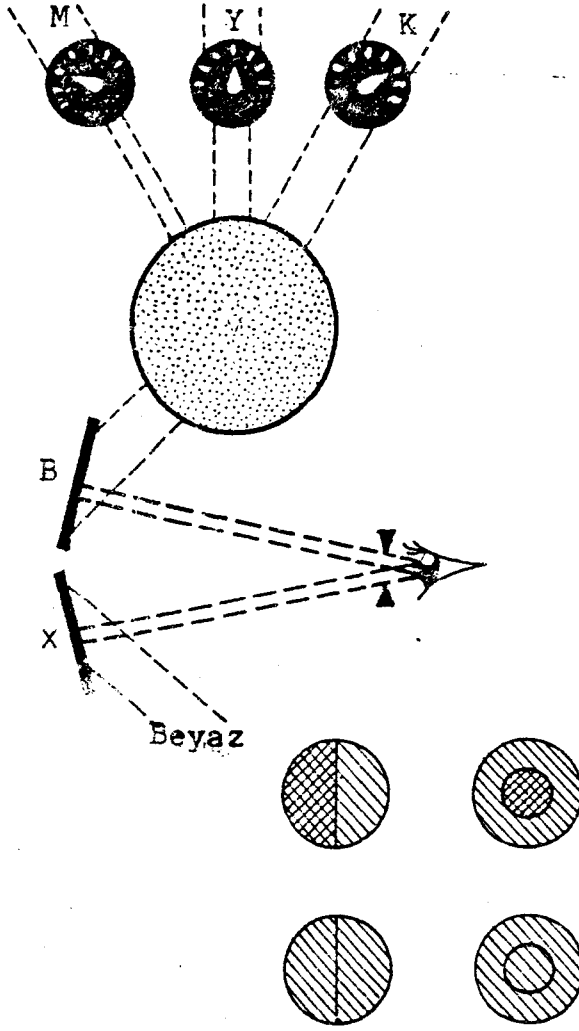
Bir boyarmadde çözeltisi tarafından oluşturulan ışık absorpsiyon eğrileri Şekil II.5 de gösterilmiştir.

Bu grafik $A = \frac{I_0}{I_t} = A_s \cdot c \cdot d$ formülü yardımıyla çizilir.

Eğriden görüldüğü gibi, konsantrasyon (c) ve ışığın yolu (d), dalga boyu ile bağıntılı değildir. Bu nedenle A_s 'in (molar sönüm katsayısı), her boyarmadde için belli bir dalga boyunda sabit bir değeri vardır. Bu değer ancak d ve c belli oranda değiştiğinde aynı oranda tüm dalga boyları için değişir.

2) Trikromatik Kolorimetri

Herhangi bir rengin, üç primer rengin (kırmızı, yeşil, mavi) karıştırılması ile meydana geldiğini daha önce görmüştük. Belirli bir renk, bu üç rengin karışımlarının ölçümlenmesi yolu ile standardize edilebilir. Bu yöntem *trikromatik kolorimetri* denir. Trikromatik kolorimetri, bir beyaz yüzey ile (B), ölçümü yapılacak renkli cisim yüzeyi (X)'in aydınlatılmaları sonucu yüzeylerden gelen



Şekil. II. 6

B: beyaz, M: mavi, K: kırmızı, Y: yeşil

ışınların birbiriyle karşılaştırılması şeklinde yapılır. Beyaz yüzeye üç ayrı renk kaynağından gelen ışığın beyaz yüzeyden yansıyan kısmı ile beyaz ışıkla aydınlatılmış renkli cisimden yansıyan ışınlar, görüntüleri yanyana gelecek şekilde göze yollanır. Burada kırmızı, yeşil ve mavinin miktarları cismin rengini verecek şekilde ayarlanır. Görüntüde her iki bölgede de aynı renk elde edildiğinde renk miktarları belirlenir. Cihazdaki skala birimleri bu üç primer

renğin eşit miktarlarının karıştırılması ile beyaz renk elde edilecek şekilde ayarlanmıştır. Bu yolla bir rengin hem miktarını hem de kalitesini üç boyutlu olarak tanımlayabiliriz. Bir C karışım rengi $C = R + G + B$ şeklinde gösterilir. R, G ve B'ye *tristimulus değerleri* denir. Bunlar CIE tarafından 700 nm dalga boylu kırmızı; 546,1 nm dalga boylu yeşil ve 435,8 nm dalga boylu mavi olarak standardize edilmiştir. Kolorimetreden okunan R,G ve B değerlerini cebirsel olarak ifade etmek gereklidir. Renkteki kırmızı, yeşil ve mavi bileşenlerinin miktarlarını edinsel olarak ifade edebilmek için bunların karışımdaki oranları hesaplayalım.

$$r = \frac{R}{R+G+B} \quad g = \frac{G}{R+G+B} \quad b = \frac{B}{R+G+B}$$

Bu oranları gösteren r, g ve b ye *kromatisite koordinatları* (renklilik boyutları) adı verilir.

Saf kırmızı için $g = 0$ $b = 0$ ve $r = 1$ dir. Aynı şekilde yeşil için $g = 1$ ve mavi için de $b = 1$ dir. Beyaz cisimde $r = g = b = 0,333$ değerine eşittir.

Kolorimetreden okunan r, g ve b değerleri, okuma hatalarını ortadan kaldırmak üzere, uluslararası kuruluşlar tarafından standardize ve modifiye edilir. x, y ve z koordinatlarındaki üç rengin modifiye edilmiş değerleri X, Y ve Z ile gösterilir.

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} ; \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} ; \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

Değerler 0 – 1 arası olarak verilir. Bu koordinatlardan yalnız x ve y seçilerek bir grafik çizilir. Şekil II. 7

Bu yöntemle tüm spektrum renkleri grafiklendirilirse *spektrum yüzeyi* (*spectrum locus*) denilen bir eğri elde edilir.

Spektrumdaki gerçek renkler bu yüzeyin içinde veya çizgi üzerinde bulunur. Kırmızı ve morun karıştırılması ile meydana gelen renkler AB doğrusu üzerinde yer alır ve purpur olarak isimlendirilir, bunlar spektrumda yoktur.

Böyle bir diyagram hem renklerin gösterilmesi, hem de sayısal (kantitatif) değerlerin verilebilmesi bakımından en uygun bir gra-