



**THE LIGHT AND THE WAVELENGTH
OF THE LIGHT**

**Sema KURTARAN
M. Sc. Thesis**

Physics Department

June 1999

84507

IŞIK VE IŞIĞIN DALGA BOYU

SEMA KURTARAN

Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü YönetmeliĐi Uyarınca

Fizik Anabilim Dalı

Genel Fizik Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Prof. Ertunç ARAL

TC YÜKSEK ÖĐRETİM KURULU
DOKÜMAN TARS

1999


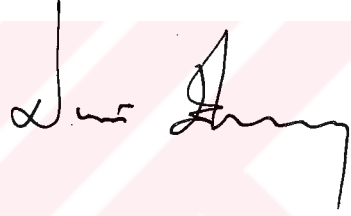
Sema KURTARAN'ın YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırladığı "IŞIK VE IŞIĞIN DALGA BOYU" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

...../...../.....

Üye : Prof. Ertunç ARAL

Üye : Prof. M. Selami KILIÇKAYA

Üye : Prof. Dr. Naci EKEM


M. Selami KILIÇKAYA


Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 27.11.1999. gün ve 99-11/2 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. M. Selami KILIÇKAYA



Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada Na, Cd, Hg ve flüoresans ışık kaynakları kullanılarak prizma ve kırınım ağıyla oluşturulan spektrumlar gözlemlendi. Bu spektrumlardaki her bir renge göre prizmanın kırılma indisi ve rengin dalga boyu hesaplandı.

Daha sonra Na, Cd, Hg ve flüoresans ışık kaynakları kullanılarak prizma ve kırınım ağıyla oluşturulan spektrumların önüne mavi, sarı, yeşil ve kırmızı filtreler konularak hangi ışığı geçirdiği hangisini soğurduğu gözlemlendi. Her bir ışık kaynağının kendine has bir rengi olduğu gözlemlendi.

Sonuçta, ışık renklerinin karıştırılması ile oluşan yeni renklerin ve boya pigmentlerinin karıştırılması ile oluşan yeni renklerin birbirinden farklı olduğu görüldü.

SUMMARY

In this work, the spectra, formed by the diffraction grating and the prism by using Na, Cd, Hg and fluorescence light sources, was observed. The refraction index of the prism and wavelength were calculated according to each colour in this spectra.

Blue, yellow, green and red filters were placed front of the spectra, formed by diffraction grating and prism by using Na, Cd, Hg and fluorescence light sources and observed which colors were transmitted or absorbed. It was seen that each light source has its own color.

Finally, it was observed that the new colours, formed by mixturing the light colours and by mixturing the pigment colours, were different from each other.



TEŞEKKÜR

Bu çalıŐmaya izin veren T.C.Osmangazi Üniuersitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yöneticilerine, tez çalıŐmam esnasında yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen saygı değer hocam Prof. Ertunç ARAL'a, değerli asistan arkadaşlarım Ferhunde ATAY, Gökhan KILIÇ ve Vildan BİLGİN'e bana sağladıkları her türlü destek için, tezimin dizgisini büyük titizlikle yapan ÖZGÜR MATBAA çalıŐanlarına ve tabiki bütün yaşamım boyunca beni destekleyen AİLEME sonsuz teşekkürler ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
SUMMARY	iv
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Işığın Kısa Tarihçesi	1
2. IŞIK NEDİR?	7
2.1. Işığın Doğası	12
2.1.1. Işığın Parçacık Modeli	12
2.1.2. Işığın Dalga Modeli	15
2.1.3. Işığın Parçacık-Dalga İkilemi	17
2.2. Işık Ölçümü	19
2.2.1. Işığın Ölçümünde Temel İlkeler	19
2.2.2. Işık Ölçüm Geometrisi	23
2.2.3. Radyometri ve Fotometri	27
2.3. Işık Kaynakları ve Spektrumları	30
2.3.1. Işık Kaynaklarının Sınıflandırılması	31
2.3.1.1. Akkor Lambalar	31
2.3.1.2. Gazışıl Lambalar	33
2.3.1.3. Özel Işın Lambaları ve Kaynakları	42
2.3.2. Işık Spektrumlarının Sınıflandırılması	45
3. RENK	56
3.1. Bir Prizmada Dispersiyon	57
3.2. Işığın Rengi	59
3.3. Cisimlerin Rengi	60

İÇİNDEKİLER (Devam)

3.4.	Rengi Algılama Faktörleri	65
3.4.1.	Psikolojik Faktörler	65
3.4.2.	Fiziksel Faktörler	66
3.4.3.	Çevresel Faktörler	71
3.4.4.	İkinci Derece Önemli Faktörler	71
3.5.	İlave Renk Teorisi	73
3.6.	Çıkarıcı Renk Teorisi	77
3.6.1.	Boyalı Geçirgen Mürekkepler.....	80
3.7.	Renk Ölçümü	83
3.8.	Renksel Sapma	87
4.	DENEYSEL ÇALIŞMA	88
4.1.	Spektrometre	94
4.2.	Işık Prizması ile Kırılma İndisi Tayini	97
4.2.1.	Na Lambasının Spektrumuna Göre Prizmanın Kırılma İndisi Tayini	100
4.2.2.	Cd Lambasının Spektrumuna Göre Prizmanın Kırılma İndisi Tayini	101
4.2.3.	Hg Lambasının Spektrumuna Göre Prizmanın Kırılma İndisi Tayini	103
4.2.4.	Flüoresans Lambasının Spektrumuna Göre Prizmanın Kırılma İndisi Tayini.....	104
4.3.	Kırınım Ağı ile Dalga Boyu Tayini	107
4.3.1.	Na Lambasının Spektrumuna Göre Kırınım Ağı ile Dalga Boyu Tayini	109
4.3.2.	Cd Lambasının Spektrumuna Göre Kırınım Ağı ile Dalga Boyu Tayini	110
4.3.3.	Hg Lambasının Spektrumuna Göre Kırınım Ağı ile Dalga Boyu Tayini	111
4.3.4.	Flüoresans Lambasının Spektrumuna Göre Kırınım Ağı ile Dalga Boyu Tayini	113
5.	SONUÇ VE TARTIŞMA	115
	KAYNAKLAR	117

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>		<u>Sayfa</u>
2.1	Elektromagnetik enerji spektrumu	7
2.2	Görünür spektrum	8
2.3	UV-Işık bantları	9
2.4	Kızılötesi (IR) ışık bantları	10
2.5	CIE tarafından oluşturulan spektral üçlü uyarıcılar	10
2.6	CIE'nin gündüz görüş ve gece görüş duyarlılık eğrileri	11
2.7	Dalga boyuna karşı foton enerjisinin gösterimi	12
2.8	Parçacığın kırılması	14
2.9	Elektromanyetik dalgaların oluşumu ve üretimi için Hertz deneyinin şeması.	16
2.10	b genişliğindeki uzun dar bir yarıktan ışık ışınının difraksiyonu	18
2.11	Ters kare yasası	19
2.12	Ters kare yasasının tahmini hatası	20
2.13	Kaynağın alıcıya uzaklığının hesaplanması	21
2.14	Fototerapi	21
2.15	Lambert'in cosinüs yasası	22
2.16	Lambert yüzeyi	22
2.17	Lambert yüzeyi	23
2.18	Katı açısı	23
2.19	Katı açısı	24
2.20	Toplam akı çıkışı.....	24
2.21	Aydınlık	25
2.22	Işınımlılık	25
2.23	Işık şiddeti	26
2.24	Ortalama küresel candela ve ışın candelasının gösterimi	27
2.25	CIE aydınlanma etki eğrisi	29
2.26	Standart akkor lambaların yaşam süresi	31
2.27	Akkor lambaların ışık verimleri	31

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

2.28	5 kW'lık bir Bol ışık-Halojen lambası	32
2.29	Bir gazışıl lamba devresi	33
2.30.	Çarpma iyonizasyonu	34
2.31	Bir flüoresans lambada gaz iyonizasyonu ile ışık oluşumu	35
2.32	Flüoresans lambanın soketi ve elektrodu	36
2.33	Flüoresans lamba devresi	37
2.34	Civa buharlı lamba	38
2.35	Civa buharla lamba devresi	38
2.36	Sodyumbuharlı lambanın devresi	39
2.37	1600 W'lık yüksek basınçlı Ksenon lambası	39
2.38	Reklam amacı ile kullanılan bir flüoresans tüp devresi	40
2.39	Bir karbon-ark lambasının şematik çalışması	41
2.40	Fizik tedavisinde kullanılan kızılötesi bloku	42
2.41	Bir yapay yanma lambası	43
2.42	Modern bir röntgen lambasının kesiti	44
2.43	Işık saçan bir diyotun kesiti	45
2.44	Elektronik saat	45
2.45	Siyah cismin ışınma eğrileri	46
2.46	Sürekli spektrum.	48
2.47	Doğru spektrumu.....	49
2.48	Na'nın D doğrularının absorpsiyonunda gösterilen deneysel düzenleme ve ışınmanın Kirchhoff Yasasının resimlenmesi	52
2.49	Bant spektrumu	54
3.1	Renklerin prizmadan görüntümü	57
3.2	Bir prizmada ışığın dispersiyonu	58
3.3	İdeal yayılmada yayılan enerji değişimi	60
3.4	Elma'nın yeşil gözükmesi	61
3.5	Şarabın kırmızı gözükmesi	62
3.6	Young-Helmholtz'a göre temel renkler için renkli görme mekanizmasının duyarlılık eğrileri	62

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

3.7	Kromatiklik diyagramı	63
3.8	Gözün şeması	66
3.9	Rod ve konilerin gösterimi	67
3.10	Dalga uzunlukları farklı iki radyasyonun gözdeki etkisi	68
3.11	IBK (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) göre gündüz ve gece görmede standart göze ait spektral duyarlılık eğrisi	69
3.12	Renkli karelerin gösterimi	72
3.13	Altı temel rengin tamamlayıcıları	74
3.14	Temel renkler	75
3.15	Kırmızı, yeşil ve mavi mürekkeplerinin basımda kullanılması	76
3.16	Temel pigmentler	78
3.17	Çıkarıcı renk karşısındaki kavramların eşitlikler şeklinde gösterimi	79
3.18	Geçirgen baskı mürekkeplerinin oluşumu	80
3.19	Absorbe edilen ve yansıtılan renklerin gösterimi	81
3.20	Geçirgen baskı mürekkeplerinin oluşumu	81
3.21	Pozitif dağıtım filmlerin gösterimi	82
3.22	Renk tonu, doyurma ve ışığın parlaklığının 3 boyutlu ekseninde gösterimi ..	84
3.23	Renk tonu, doyurma ve ışık parlaklığının bir başka gösterimi	84
3.24	CIE'nin geniş renk dağılımının RGB ve CMYK göre karşılaştırılması	86
3.25	Renksel sapma farklı renklerin eşit olmayan kırılmasından oluşur	87
4.1	Bir prizmada beyaz ışığın renklere ayrılması	88)
4.2	Spektrumdaki renklerin biraraya getirilerek beyaz ışık elde edilmesi	88
4.3	Beyaz ışık fotonlarının dalga boyuna göre dağılımı.....	89
4.4	Prizma yardımı ile monokromatik ışık elde etme	89
4.5	Prizma ile elde edilen monokromatik ışığın dağılım eğrisi	89
4.6	Gelen ışımının bir soğurucu üzerindeki etkisi	90
4.7	Beyaz ve siyah cisimler	91
4.8	Kırmızı renkli bir cismin beyaz ve yeşil ışıkta aydınlatılması	91
4.9	Beyaz ışığın filtrelerden geçişi ve soğurulması	92
4.10	Renkli bir filtreden geçen ve soğurulan renkli ışıklar	93

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

4.11	Renkli filtrelerle elde edilen tek renkli ışıkların dağılım eğrisi	93
4.12	Değişik yöntemlerle elde edilen renkli ışıkların dağılım eğrilerinin karşılaştırılması	94
4.13	Laser ışığında dağılım	94
4.14	Prizmalı spektrometre	95
4.15	Yarığın yerleştirilmesi	96
4.16	Bir prizmanın bir yüzeyine gelen ışığın doğrultusu	97
4.17	Bir prizmanın minimum sapma açısı	98
4.18	Minimum sapma açısının bulunması	100
4.19	Kırınım ağındaki bir ışığın kesiti	107
4.20	Kırınım ağı	108



TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Radyometrik ve Fotometrik Birimler	28
2.2 Emisyon spektrumundaki doğruların dalga boylarının gösterimi	50
2.3 Fraunhofer doğruları çoğunluk şiddeti	51
3.1 Kırılma indisinin değişimi	59
3.2 Gündüz ve gece görmeye standart göze ait spektral duyarlılık değerleri	70
4.1 (a) Na lambasına filtrelerin etkisi	101
4.1 (b) Na lambasının ışık prizmasıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi ..	101
4.2 (a) Cd lambasına filtrelerin etkisi	102
4.2 (b) Cd lambasının ışık prizmasıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi ..	102
4.3 (a) Hg lambasına filtrelerin etkisi	104
4.3 (b) Hg lambasının ışık prizmasıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi ..	104
4.4 (a) Flüoresans lambasına filtrelerin etkisi	106
4.4 (b) Flüoresans lambasının ışık prizmasıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi	106
4.5 (a) Na lambasına filtrelerin etkisi	109
4.5 (b) Na lambasının kırınım ağıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi	110
4.6 (a) Cd lambasına filtrelerin etkisi	111
4.6 (b) Cd lambasının kırınım ağıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi	111
4.7 (a) Hg lambasına filtrelerin etkisi	112
4.7 (b) Hg lambasının kırınım ağıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi	113
4.8 (a) Flüoresans lambasına filtrelerin etkisi	114
4.8 (b) Flüoresans lambasının kırınım ağıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi	114

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİN

λ	Dalga boyu
n	Kırılma indisi
Q	Foton enerjisi
P	Momentum
c	Işığın boşlukta yayılma hızı
h	Planck sabiti
ν_c	Kritik frekans
ν	Frekans
E	Aydınlanma
I	Işık şiddeti
L	Işınımlılık
M	Akı yoğunluğu
W_B	Işıma enerjisi
σ	Stefan Boltzmann sabiti
Ψ_{min}	Minumum sapma açısı
Φ	Kıran açısı
d	Yarıklık sayısı
θ	Sapma miktarı
α	Absorpsiyon katsayısı
T_i	İç geçirgenlik
X	Absorbe eden ortam kalınlığı
T	Dış geçirgenlik
c	Materyalin yoğunluğu
Å	Angstrom
nm	Nanometre
T	Mutlak sıcaklık (K)
t	Sıcaklık ($^{\circ}C$)

1. GİRİŞ

Bilim tarihindeki en önemli gelişmelerden biri ışığın fiziksel yapısının açıklanmasıdır. 16. ve 17. yüzyıllarda modern fiziğin başlangıcından beri bilimsel topluluklar arasında ışık, ya parçacık ya da dalga modelleri ile açıklanırdı. 20. yüzyılda bu görüş her nasılsa silindi ve ışığın hem parçacık hem de dalga özelliğine sahip olduğu bulundu. Kesinlikle ışık bir olayda her iki özelliğe birden sahip değildir. Bazı olaylarda karıştırılan parçacık-dalga ikilemini bu yüzyıldaki büyük bilim adamları çözmeye çalışmışlardır. Bu çözüm fizik tarihindeki en başarılı teorik yapılardan biri olan kuantum elektrodinamiğinin oluşturulmasıyla elde edildi.

17. yüzyılda ışığın mekaniğini ve gravitasyonunu temel alan parçacık teorisini bulan büyük fizik devi Isaac Newton'dur. Newton, bir doğru boyunca hareket eden ve ışık kaynağından yayılan çok küçük parçacıkların hareketini inceledi. Buradan hareketle Newton parçacık teorisinin varlığını oluşturdu. Buna rağmen Newton deney ve gözlemlerden elde edilemeyen yerdeğiştirme varsayımını inceledi. Newton'un temel aldığı gözlemlerden biri su ve ses dalgalarınınkine zıt olarak, ışık yoldaki engeller çevresinde eğilip nesnelerin keskin görünüşlerini oluşturabildiğidir. Bir nehirde doğru çizgiler boyunca hareket eden parçacıkların hareketine bakarak ışığın hareketinin açıklanması kolay değildir. Newton temel parçacık teorisini korudu ve parçacıklara atfedilen olayın materyal engeller tarafından oluşturulan itici ve çekici kuvvetler yüzünden bir çeşit periyodik hareketin geçişi ve yansıması uygundur, diye açıkladı. Büyük bir bilim adamı olan Newton'un şöhreti yüzyıla egemen olan bu çalışmalarındandır [Pedrotti, et al.,1993].

1.1. Işığın Kısa Tarihçesi

Newton ile çağdaşı olan Hollandalı bilim adamı Christian Huygens esir diye adlandırılan bütün her tarafı kaplayan, elastik ortam içinde üretilen ve bir ışık kaynağından bütün yönlerde yayılan ışık bir dalga hareketi gösterir görüşü ile ünlüdür. İki su veya ses dalgasındaki deneysel gerçekten dolayı birbirini üzerinden geçen iki ışık ışınının yolunu değiştirmemesi Huygens'i etkiledi. Huygens kırılma, yansıma ve çift kırılmayı açıkladığı dalga teorisine uyan yasaları çıkardı.

Newton optiğinin yayınlandığı yüzyılın ikinci yarısında ışığın dalga teorisine dayanan akıma dönen İngiliz Thomas Young'ın istediği dalga yorumu olduğundan deneyini kesinleştirdi. Opak bir ekran üzerinde iki küçük deliğe sahip olan çift yarık deney düzeneğinde bir küçük kaynaktan monokromatik ışık yayınladı. Karanlık ve aydınlık bölgeler, su dalgalarıyla oluşturulanlara benzer özellikte kompleks girişim görünüşü sergiledi. Dalga teorisindeki başarılar 19. yüzyıla kadar devam etti.

1821'de Augustin Fresnel ışığın enine bir dalga olduğunu gerektiren deneylerin ve analizlerin sonuçlarını yayınlattı. Bu, temelde çift yarık kırınımında polarize olmuş ışığı içeren bir olay gibi anlaşıldı. Şöyle ki, ışık dalgaları esir içinde, enine titreşimleri içermeyen akışkan içindeki ses dalgaları gibi mutlaka boyunadır. Polarize olmuş ışığın iki bileşeninden herbiri optiksel ortamdan ayrılan arayüzey düzlemden geçirilen ve yansıyan ışığın genliğini kendi adıyla anılan denklemleriyle Fresnel geliştirdi.

Işık teorisindeki en büyük ilerleme elektrik ve manyetik alanda çalışan İskoçyalı bilgin James Clark Maxwell'in çalışması oldu. 1873'de Maxwell'e göre bir elektrik devresi elektromanyetik dalgalar salmalıydı. Esir ortamında elektromanyetik dalgaların hızı, elektrik ve manyetik ölçümlerden yaklaşık olarak $3 \cdot 10^8$ m/sn olarak hesaplandı. Denel hata limitleri içinde bu değer ışığın ölçülen yayılma hızına eşittir. Böylece ışığın kısa dalga boylu elektromanyetik dalgardan oluştuğu kaçınılmaz bir gerçek olarak görünüyordu. 1887'de Albert Michelson ve Edward Morley esir içinde dünyanın hareketini optiksel olarak ortaya çıkardı. 1905'de Albert Einstein'ın özel relativite teorisi fizik tarihinin en önemli çalışmasıdır.

19. yüzyılda sağlam temel üzerine kurulan ışığın dalga teorisi bu yüzyılın sonuna gelindiğinde çöktü. Dalga-parçacık ikilemi güçlkle açıklandı. Dalga teorisindeki güçlüklerin madde ile ışığın etkileşimini içeren konularda ortaya çıktığı görüldü. 20. yüzyılda bu daha çok açığa çıktı. Max Planck, Alman fizik derneğinin bir toplantısındaki bildiride, atomların parçacıklardan enerji yayınladığını sundu ve siyah cisim ışımaya spektrumunu elde etti. Böylece kuantum mekaniği doğdu. Planck'a göre elektromagnetik ışımının kuantum enerjisi E, ışımının frekansı ν ile orantılıdır.

$$E = h\nu \quad (1.1)$$

Burada h , Planck sabiti olup $6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s'dir. Bundan sonra özel relativite teorisi yayınlandı. Albert Einstein bir metal yüzeyinden elektronların koparılması ile oluşan fotoelektrik etkinin açıklanmasını yaptı. Einstein'ın açıklamasındaki temel Planck'ın Denklem 1.1'deki enerjinin frekansla ilişkisi fotonların akışı gibi ışığın farklı bir davranışdır. Bundan sonra 1913'te Danimarkalı fizikçi Neils Bohr hidrojen spektrumunu anlatabilmek için hidrojen atomunun absorpsiyon ve emisyon oluşumlarını açıkladı. Işığın foton tabiatının başka bir doğrulaması Compton olayıdır. 1921'de A.H. Compton bir fotonla bir tek elektronun hareketinin ikisi arasındaki bir çarpışmadan hem önce hem de sonraki durumunu buldu ve bunların kinetik enerji ve momentuma sahip maddesel cisimler gibi davrandıklarını, her ikisinin de korunduklarını buldu. 1922'de tekrar ışığın dalga modeli, enerji ve momentumun her ikisinin korunduğu elektronlar ve fotonlar arasındaki çarpışmalara benzer parçacıklar gibi elektronlardan x-ışınlarının dağılımını açıklayan Arthur Compton için kurtuluş oldu.

Louis de Broglie 1924'de atomik parçacıkları dalga özellikleriyle birleştirerek kuramını yayınlattı. Gerçekten bir parçacığın P momentumu ile λ dalga boyu arasında

$$\lambda = \frac{h}{P} \quad (1.2)$$

şeklinde bir ilişki olduğunu ileri sürdü. Clinton Davisson Lester Germer Amerika'da ve Sir George Thomson İngiltere'de ışığın kırınımı deneylerini yaptıkları zaman de Broglie hipotezinin deneysel onaylaması ortaya çıktı. Böylece dalga-parçacık ikilemi döngü haline geldi. Işık dalga gibi davrandığında girişim ve kırınım olayları, parçacık gibi davrandığında fotoelektrik gibi maddeyle etkileşmesi olayları açıklanır.

Parçacıklar ve dalgalar çok farklı şeylerdir. Fotonlar ve elektronlar, parçacık ve taneciklerin her ikisinin davranışı başlangıçta olanaksız bir çelişki gibi gelir. Şöyle ki elektronlar ve fotonlar ne parçacık ne de dalgadır.

Parçacıklara ve dalgalara benzer tanınmış fiziksel modellere başvurulabilir. Böylece fiziksel olayı açıklamak çok doğaldır. Bununla beraber fiziksel olay olduğu halde elektron veya fotonun tamamı anlaşılır herhangi bir modelde biri tarafından

oluşturulamaz. Belirli durumlarda dalga özellikleri ağır basabilir. Diğer durumlarda da parçacık özellikleri kendini gösterir.

Kuantum mekaniği veya dalga mekaniği sık sık tanımlanır. Uzayda az veya çok lokalize olmuş parçacıklar ile alışverişler ışık ve maddenin etkileşmesi her ikisinde böyle tanımlanır. Sadece madde parçacıkları değil fotonlar için de hız (v), dalga boyu (λ), momentum (P) özel relativite ile birleştirilmiş aynı denklemlerle verilir:

$$P = \frac{\sqrt{E^2 - m^2 c^4}}{c} \quad (1.3)$$

$$\lambda = \frac{hc}{\sqrt{E^2 - m^2 c^4}} \quad (1.4)$$

$$v = c \sqrt{1 - \frac{m^2 c^4}{E^2}} \quad (1.5)$$

Denklemlerde m durgun kütle, E toplam enerji ve mc^2 durgun kütleinin toplam enerjisidir. Durgun parçacık hızlandırıldığında hızı ölçülmüş iş kinetik enerjidir. Relativistik kütle γm olarak verilir. Burada,

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad (1.6)$$

dir. Kinetik enerji için, $mc^2(\gamma-1)$ dir. Fakat bu denklem $v \ll c^2$ olduğu durumda, kinetik enerji $\frac{1}{2}mv^2$ şekline dönüşür.

Fotonlara benzer parçacıklar, elektron ve nötronlara benzer parçacıklar arasındaki kesin ayrımında durgun kütle sıfırdır. (1.3), (1.4) ve (1.5) denklemleri fotonlar için,

$$P = \frac{E}{c} \quad (1.7)$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} \quad (1.8)$$

$$v = \frac{pc^2}{E} \quad (1.9)$$

ile verilir. Böylece elektrona benzer parçacıkların durgun kütlesi sıfır değilse Denklem 1.9'da gösterilen ışık hızı limit değerini alır. Fotonlar gibi parçacıkların durgun kütlesi sıfır ise ışık hızı (c) ile hareket eder. Bir fotonun enerjisi Denklem 1.1 veya Denklem 1.7 ve Denklem 1.8'de verildiği gibi hızın bir fonksiyonu gibi frekansın da bir fonksiyonudur. Bir foton için durgun kütle sıfır olduğunda toplam enerji ile kinetik enerji arasında fark yoktur.

Elektronlar ve fotonlar arasındaki önemli diğer bir ayrım, elektronlar Fermi istatistiğine, fotonlar da Bose istatistiğine uyar. Fermi istatistiği sonucu aynı birbiriyle etkileşen iki sistemde elektron yoksa sınırlama aynı durumda olur, aynı fiziksel özelliklere kesin sahiptir. Bose istatistiği böyle yasaklara dayanmaz. Böylece aynı enerji ve momentum ile benzer fotonlar büyük sayılarda beraber yer bulabilir. Çünkü ışık ışınları yaklaşık olarak fotonlara benzer yapıda olabilir, ışının parçacık yapısı gerçek olmayan varsayımdır ve ışık sürekli elektromagnetik dalga tarafından uygun olarak temsil edilir. Görünümün bu noktasında, elektromagnetik alanlar fotonların özel bir alanıdır.

Parçacığın dalga doğasının etkili sonucu Heisenberg belirsizlik ilkesinde birleşmiştir. Bu ilkenin sonucu ise parçacıkların hareketinin sınırlandığı yasalara uymaz. Daha doğrusu teori bazı ihtimalleri önceden bildirir. Dalga fonksiyonu kuantum optiğinin temel dalga denklemi içindeki parçacıklar ile birleştirilir. Dalga genliği veya dalga genliğinin karesi bu parçacıklar için seçilir. Bir parçacığın zamanın bir parçası durumunda uzayın bir bölgesi içerisinde bulunma olasılığı gösterilerek aynı durum sağlanır. Böylece dalgaların önüne konulan yüzeyde karanlıklar bu olasılığın bir ölçümünde oluşur. Buna rağmen dalga genliğinin karesiyle orantılıdır. Parçacıkların büyük sayılarıyla uğraşıldığında olasılıklar yaklaşır. Böylece bir yerde ışığın E_e aydınlığı bir yerden birim saniyede geçen fotonların sayısı ile orantılıdır.

$$n = \frac{E_e}{hv} \quad (1.10)$$

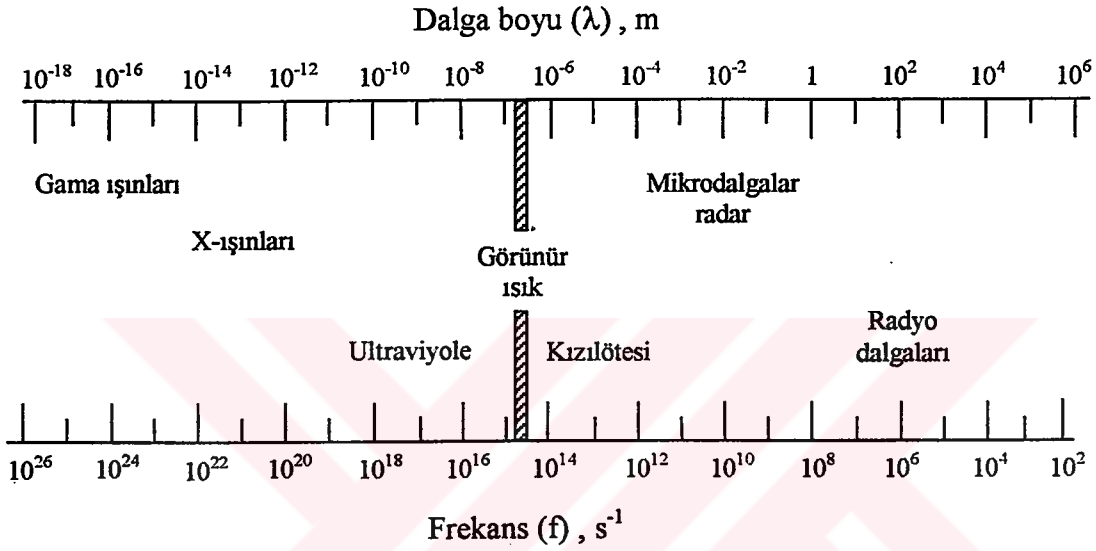
Kuantum mekaniğinin ve özel relativitenin ilkeleri ile birleştirilen teoriye Kuantum Elektrodinamiği denir. Fotonların yükler ile birbirini etkilediği varsayıldı. Örneğin bir elektron bir yükün karesiyle orantılı ise bir foton emisyonu veya absorpsiyonundan biri oluşur. Bu teori dalga-parçacık ikilemi ile birleştirilir. Fotonlar ile elektronlar arasındaki temel ayrımlar çıkarıldı. Her ikisinin aynı temel ilkelere sahip olduğu bulundu. Bununla birlikte ışığın parçacık veya dalga tanımlarının birinin doğruluğu kesin kabul edilerek diğeri açıklandı.

Fizikçilerin görünüşte aykırı olan deneyler karşısında, bugünkü görüşleri ışığın ikili bir tabiata sahip olduğudur. Işığın yayılması en iyi olarak elektromagnetik dalga teorisiyle, emisyon ve absorpsiyon işlemlerinde ışıkla madde arasındaki etki parçacık teorisiyle açıklanır [Pedrotti, et al.,1993].



2. IŞIK NEDİR?

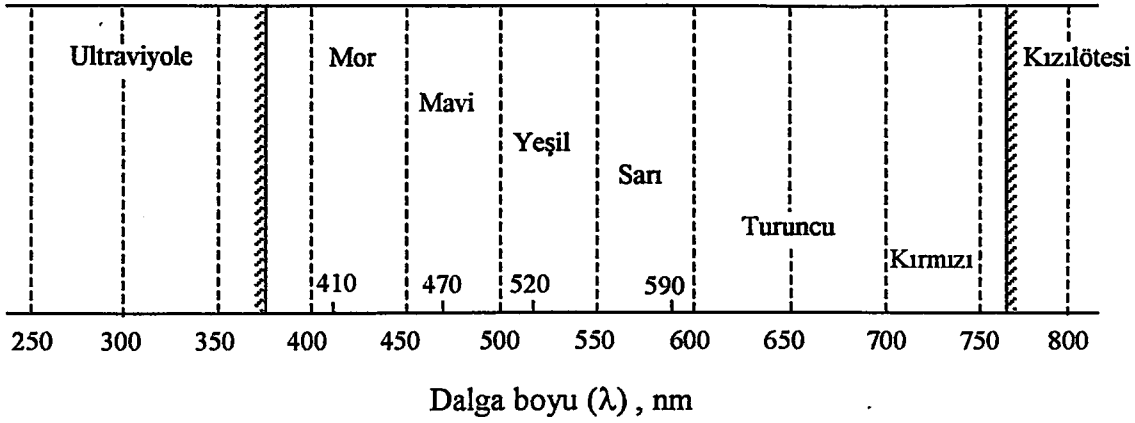
Işık, ışınma enerjisi diye adlandırılan enerjinin bir türüdür. Şöyle ki bir havuza bir taş parçası atıldığında dairesel dalgalar oluşur. Işıktaki da, değişik uzunluktaki dalgalar meydana gelir ve bunlar ışınma enerjisinin bir çeşididir. Küçük dalgalar bir inçin milyonda birinden daha kısa, büyük dalgalar ise bir milin üstündedir. Bu dalgaların dizilimine “elektromagnetik enerji spektrumu” denir.



Şekil 2.1 Elektromagnetik enerji spektrumu.

Elektromagnetik radyasyon x-ışınları ve daha küçük dalga boylarında yaklaşık olarak parçacık özelliğini, buradan spektrumun sonlarına doğru daha uzun dalga boylarında daha çok dalga özelliğini gösterir. Görünür kısım, çeşitli derecelerde hem dalga hem de parçacık özelliklerinin sergilendiği ara bir bölgeyi işgal eder.

İnsan gözü bütün ışınma enerji dalgalarını göremez. Örneğin x-ışınlarını göremez. Burada gözün görebildiği bir alanda ışınan enerji dalgalarının alanı “görünür spektrum” diye adlandırılır [Özkaya, 1957].



Şekil 2.2 Görünür spektrum.

Işık dalgaları dalga boyu ile ölçülür. Bir ışık dalgasının çoğu renkle sınırlandırılır. 1666 da İsaac Newton görünür spektrumu ileri sürdü ve bir prizma içinden ışığın bir ışını geçirdi sonuçta gerçek spektrum oluşturuldu.

Görünür spektrum doğada güneş ışığının yağmur damlaları içinden geçmesiyle oluşan gökkuşağındaki gibi dalga boylarının ayrılmasıyla meydana gelir.

Bütün elektromagnetik dalgalarda olduğu gibi ışık dalgaları birbirleri ile girişim yapabilir, yönsel olarak polarize olabilir ve bir aralığı geçerken kırılabilir. Bütün bu özellikler, ışığın dalga boyuna göre filtrelenmesine olanak sağlar [Gettys, et al., 1989].

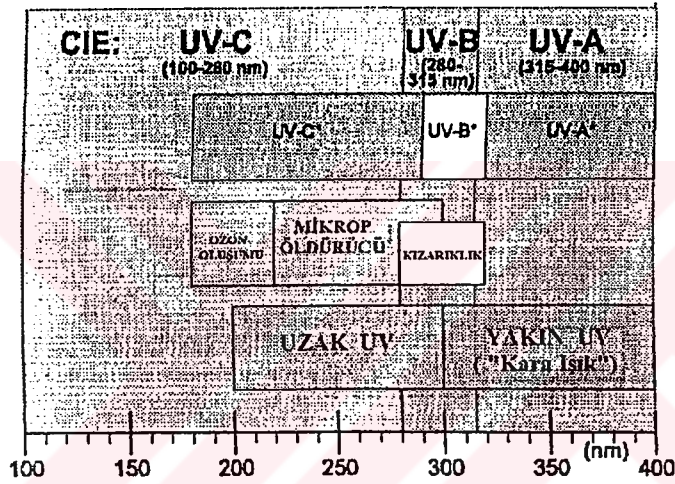
Kısa dalga boyuna sahip ultraviyole ışığı görünür ve kızıl ötesi bölgeye karşılık gelen ışığa göre daha fazla parçacık özelliği sergiler. Ultraviyole (UV) ışık, çeşitli olaylarda gösterdiği özelliklere göre kendi içinde üç banda ayrılır.

UV-A en az zararlı ve UV ışığın en fazla bulunan tipidir. Çünkü UV ler içerisinde en az enerjiye sahiptir. UV-A ışığı çoğunlukla kara ışık olarak anılır, zararsızlığından ve flüoresans materyallerinin görünür ışık yaymasına neden olmasından ötürü kullanılır. Çoğu fototedavi ve bronzlaşma işlemlerinde UV-A lambaları kullanılır.

UV-B, UV ışığın tipik olarak en zararlı formudur. Çünkü atmosferde de tamamen soğurulmadığından, biyolojik dokulara zarar verebilecek derecede enerjiye sahiptir. UV-B

nin deri kanserine yol açtığı bilinir. Şimdiye kadar dünya dışından gelen UV-B ışınlarının çoğunluğu atmosfer tabakalarında bloke edilmiştir, ozon tabakasındaki çok küçük bir değişimin ciddi olarak cilt kanserini artıracığı söylenebilir.

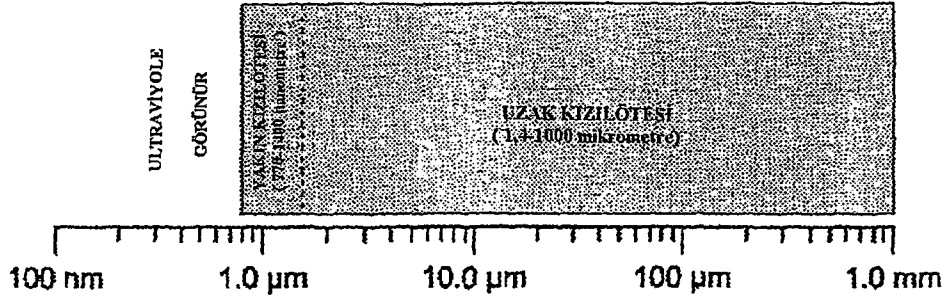
Kısa dalga boylu UV-C havada birkaç yüz metrede tamamen soğurulur. UV-C fotonları oksijen ile çarpışmalar gerçekleştiğinde, enerji alışverişi ozonun oluşmasına neden olur. UV-C çok çabuk soğurulduğundan doğada hiçbir zaman tesbit edilemez. Mikrop öldürücü UV-C lambaları bakterileri öldürme yatkınlığından ötürü çoğunlukla hava ve suyu saflaştırmada kullanılır.



Şekil 2.3 UV-Işık bantları

Kızılötesi ışık diğer bantlara oranla foton başına daha az enerji kapsar. Bu yüzden kızılötesi fotonu çoğunlukla eşik değerini geçmesi için gerekli olan enerjiden mahrumdur. Kızılötesi genellikle soğurulan enerjiden ötürü değişen sıcaklığı ölçen termopil gibi termal dedektörler yardımı ile ölçülür.

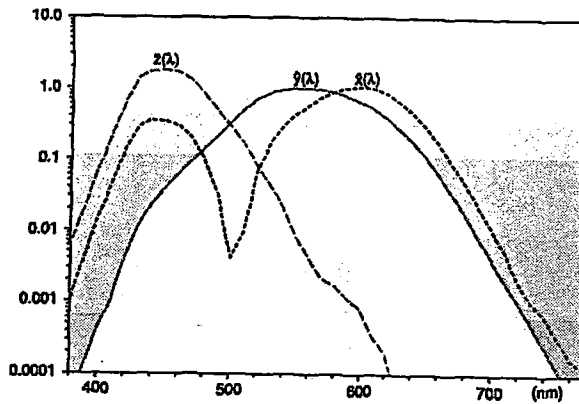
Kuantum tipi dedektörler genellikle 1100 nm nin altındaki yakın kızılötesinde sıkça kullanılmaktadır. In Ga As gibi özel dedektörler 850 nm den 1700 nm ye kadar olan bölgede mükemmel uyumluluk gösterirler. Tipik silikon fotodiyotları ise 1100 nm nin üstünde duyarlı değildirler. Bu tip dedektörler genellikle uzun dalga boylu ortamı bulunmayan, bilinen yakın, kızılötesini ölçmekte kullanılır.



Şekil 2.4 Kızılötesi (IR) ışık bantları

IR-ışığı ısının bir şekli olduğundan uzak - IR dedektörler bir insanın bir bölgede yürütmesinde olduğu gibi çevresel değişikliklere duyarlıdır. Gece görüş araçları bu olayın avantajları kullanılarak, karanlıkta saklanmış insanların ve makinaların belirlenmesinden dolayı eşsizdir. Bu özellikten ötürü onu idare etmek UV ve görünür ışıktan daha zordur. IR yi merceklerle odaklamak zor, kırınımı az, saçılması çok ve yayması güçtür. Çoğu radyometrik IR-ölçerler, mercek filtre ve dağıtıcılar kullanılmadan yapılırlar.

Fotometri insan gözü tarafından görülen optiksel ışınmanın ölçümü ile ilgilidir. CIE 1991'de iki derecelik bir görüş açısı ile normal aydınlanma altında insan gözünün tepkisine dayanan bir standart oluşturmuştur. Grafikleştirilmiş üçlü uyarıcı değerleri üç duyarlılık eğrisi kullanarak rengi tanımlamak için gösterilir. Şekil 2.5'deki üçlü uyarıcı ölçümleri kullanarak bazı renkler tamamen tanımlanabilir.



Şekil 2.5 CIE tarafından oluşturulan spektral üçlü uyarıcılar

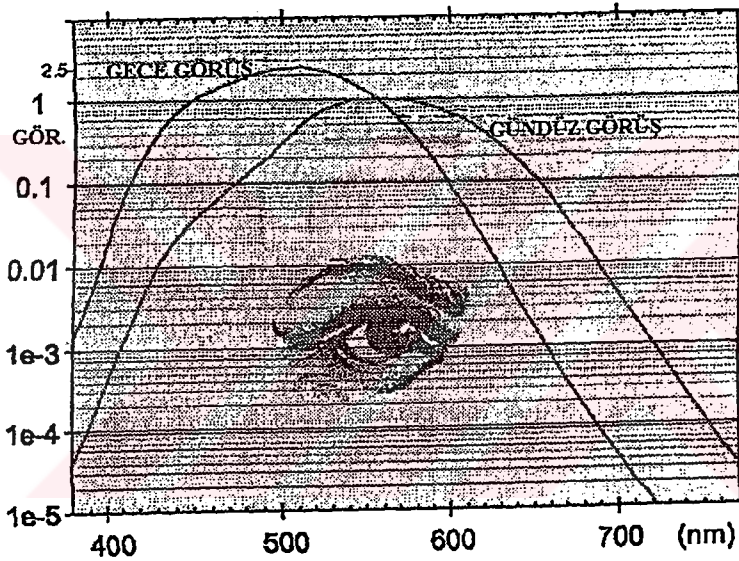
Bir lümen (lm) standart gözleyicinin gözünün tepkisine uyacak şekilde geliştirilen watt'ın fotometrik eşdeğeridir. Sarımsı-yeşil ışık en büyük değerdedir.

İnsan gözü 555 nm dalga boyunda birim saniyede 10 fotonluk bir akı dedekte edebilir (Şekil 2.6).

Gündüz görüş düzeltme filtrelerinin kullanımı bir insana bir kaynağın algılanan parlaklığı ölçüldüğü zaman önemlidir.

Filtre insan gözünde oluşturduğu etki oranında giren ışığı değerlendirir.

Kaynağın dağılımını veya rengini önemsemeden gündüz görüş dedektörleri tek bir araştırmada ışıklılık ve ışıksal aydınlık ölçümlerini tam olarak söyleyebilir.

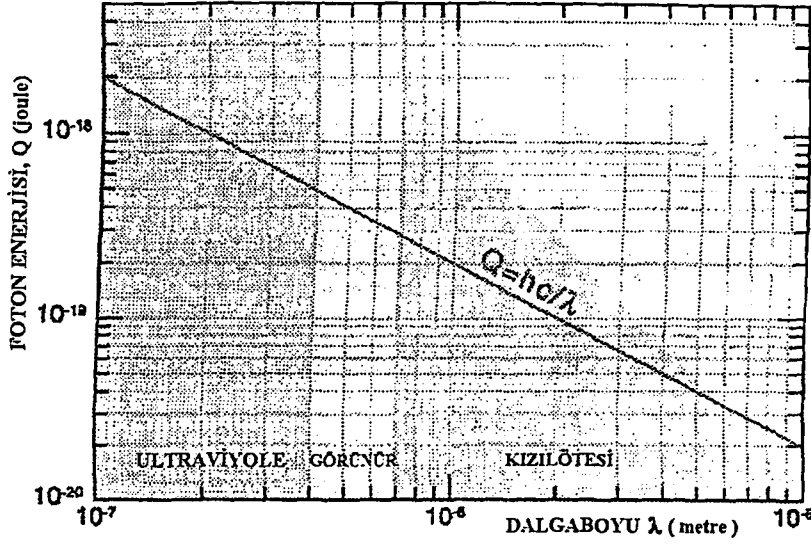


Şekil 2.6 CIE'nin gündüz görüş ve gece görüş duyarlılık eğrileri.

Optiksel gücün temel birimi watt, 1 Joule'un 1 saniyeye oranı olarak tanımlanır. Optiksel güç foton sayısının ve dalga boyunun fonksiyonu olarak tanımlanır. Her foton Planck eşitliği ile verilen bir enerji taşır.

$$Q = h \frac{c}{\lambda}$$

Burada Q joule olarak foton enerjisi, h ($6,623 \cdot 10^{-34}$ J.s) Planck sabiti, c ($2,998 \cdot 10^8$ m/s) ışık hızı ve λ da ışınının metre cinsinden dalga boyudur. Tüm ışık ölçüm birimleri optiksel enerjinin spektral uzaysal ve zamansal dağılımlardır. Şekil 2.7'ye göre kısa dalga boylu UV foton başına, görünür ışık veya uzun dalga boylu IR'ye oranla daha fazla enerjiye sahiptir [Ryer, 1997].



Şekil 2.7 Dalga boyuna karşı foton enerjisinin gösterimi.

2.1. Işığın Doğası

Bilim adamları çok eski yıllardan beri ışığın yapısı hakkında teoriler ileri sürmüşlerdir. Günümüzde ise ışığın yapısını açıklamak için iki teori üzerinde durulmaktadır. Bunlardan biri tanecik, diğeri ise dalga teorisidir. Böyle olunca da ışığın bazı özellikleri tanecik teorisiyle bazıları da dalga teorisiyle açıkladı. Dolayısıyla ışık için ne bir parça ne de bir dalgadır tanımı en uygundur [Williams, et al., 1960].

2.1.1. Işığın Parçacık Modeli

Birçok bilim adamı tarafından destek gören düşünce, ışıkla ilgili bazı olayları açıklamada oldukça başarılı olmuştur. Bu modele göre ışık, parçacıklardan oluşmaktadır ve bu parçacıklara foton denir.

Parçacık modeline ilişkin ilk dönem inançlarına neden olan en önemli deneysel gerçek vakum aracılığı ile ışığın yayılmasıydı. Herhangi bir dalga olayının dalga yayılmasından sorumlu olabilen materyal ortamın gerektiği düşünülmektedir. Işığın parçacık modeline dayanılarak tatmin edici bir şekilde ışığın lineer doğrular halinde hareket ettiğine inanılmaktadır. Bir cisim yatay olarak atılınca parabolik eğri çizerek yere düşer. Cismin atış

hızı arttıkça yörüngesi de gitgide doğruya yaklaşır. Eğer bu hızı ışık hızına yakın olursa tamamen düz olur. Buna göre doğrular boyunca yayılan ışık parçacık modeliyle açıklanır.

Işık geliş açısıyla eşit bir açıda yansır. O halde ışık için parçacık modeli, ışıkta yansıma olayını açıklayabilir.

Bir ışık kaynağından uzaklaştıkça aydınlanma azalır. Hatta bir yüzey üzerindeki aydınlanma, uzaklığın karesiyle ters orantılı olduğu bulunmuştur. Bu aydınlanma kanununun ışığın parçacık modeliyle şöyle açıklanır: Bir nokta kaynaktan çıkan ışık parçacıkları r uzaklıktaki birim yüzeye n parçacık düşürüyorsa, $2r$ uzaklığındaki aynı yüzeye $\frac{n}{4}$, $3r$ uzaklığında ise $\frac{n}{9}$ parçacık düşer. Buradan aydınlanmadaki bu azalmanın uzaklığın karesiyle ters orantılı olduğunu gösterir. Bu da parçacık modeli ile aydınlanmanın açıklanmasında yeterli olmaktadır.

Güneşli bir havada açık renk bir elbisenin az, koyu renk elbisenin çok ısınması, koyu renk elbisede ışığın daha çok tutulduğunu gösterir. Bu olay ışığın soğurulması olayıdır. Demek ki ışık, ısısını bulunduğu ortama vermiştir. Açık renkli elbisede ise yansıma olayı daha fazladır. Onun için daha az ısınır. Böylece parçacık teorisi soğurulma olayını da açıklar.

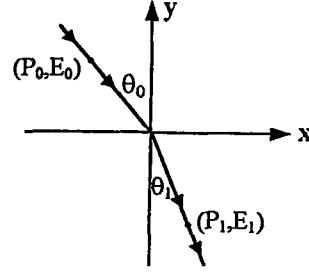
Popüler inancın aksine, ışığın parçacık modeli temelde Newton'dan ziyade Descartes tarafından sunulduğuna değinilir. Burada parçacık modeline dayanan Snell yasasının türetimi verilir.

Şekil 2.8'de bir düzlem yüzeyinde ($y=0$) bir parçacığın kırılımı verilmiştir. Hareketin x - y düzlemi ile sınırlandırıldığı şekilde görülmektedir.

Parçacığın yörüngesi P_x ($P \cdot \sin \theta$) momentumun x bileşeni ve E enerji korunum yasalarına başvurularak sınırlandırılır. θ , y eksenine ile yayılımın doğrultusu arasındaki açıdır.

$$P_0 \sin \theta_0 = P_1 \sin \theta_1 \quad (2.1)$$

$$E_0 = E_1 \quad (2.2)$$



Şekil 2.8 Parçacığın kırılması

Denklem 2.1 Snell Yasası olarak adlandırılır.

$$\frac{\sin \theta_0}{\sin \theta_1} = \frac{P_1}{P_0} \quad (2.3)$$

θ_0 ve θ_1 Şekil 2.7 de gösterilmiştir. Joyce tarafından 1976'da P , ϑ ve diğerleri arasında ilişkiler verilerek Denklem 2.3 değişik şekillerde oluşturuldu. Örneğin eğer hacmi (P/ϑ) olan parçacık - ortam sistemlerinde düşünürsek değer sabittir, böylece Denklem 2.3

$$\frac{\sin \theta_0}{\sin \theta_1} = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_0} \text{ ile } E_0 = E_1 \quad (2.4)$$

şekline gelir. Diğer yandan eğer dağılgan olmayan sistemlerde grup hızı

$$\vartheta \left(= \frac{\partial E}{\partial P} = \frac{\partial \omega}{\partial k} \right) \text{ ise faz hızı } c \left(= \frac{E}{P} = \frac{\omega}{k} \right) 'ye$$

eşittir. Böylece Denklem (2.3)

$$\frac{\sin \theta_0}{\sin \theta_1} = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_0} \text{ ile } E_0 = E_1 \quad (2.5)$$

şekline indirgenir. Denklem 2.4, Denklem 2.5'in özel bir durumudur.

Denklem 2.5 Huygens tarafından tahmin edilenle aynıdır. Dağılgan kabul edilen ortam için deneysel gözlemler kabul edilir. Bununla beraber denklemler genel olarak eşit değildir. Kırılmadan dolayı ışık için doğrudur.

1887’de Hertz eğer yayınının frekansı kritik bir değerden biraz fazla ise bir metal yüzeyine bir ışık ışını tarafından yayılmayan elektronlar bir üste geçebilir. Bu olaylar fotoelektrik etki olarak bilinir. 1905’de Einstein bir ışık ışınının $h\nu$ enerjisinin bir parçacıkta bir yerde toplanan ν frekansına uygun olan ünlü foton teorisinden ileriye işaret edilen fotoelektrik etkinin anlamını çıkardı. Burada tanecikler foton olarak bilinir. Einstein foton teorisi, eğer gelen ışığın frekansı ν kritik frekans ν_c den çok büyük ise geçirilen elektronun kinetik enerjisi $h(\nu - \nu_c)$ ile verilir. Görünen ışık Milikan tarafından, X-ışınları de Broglie, γ ışınları da Thilbaud ve Ellio tarafından oluşturuldu. Einstein’ın ileri sürdüğü $h\nu/c$ momentumuna ve $h\nu$ enerjisine sahip fotonların varlığı 1923’de Compton tarafından deneysel olarak kanıtlanmıştır [Ghatak, 1977].

2.1.2. Işığın Dalga Modeli

Bir parçacık teorisinde, ışığın yayınıını serbest uzay içerisinde yansıma ve kırılma yasalarının doğru formlarında önceden açıklandığı gibi yapılabilir. Işığın klasik bir parçacık gibi tanımlanamayabilen, üzerine almayı açıklamayan deneysel gözlemler oldukça fazladır.

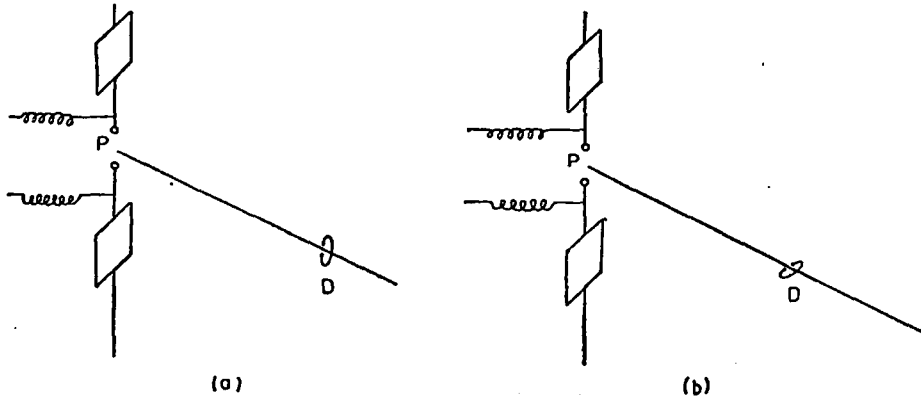
Tarihsel olarak, ışığın dalga gösterisi olan “Newton Halkası” Boyle (1627 - 1691) ve Hooke (1653-1703) tarafından gözlemlendi. Bu halkalar daha sonra Newton adıyla anıldı. Çünkü tamamen yatay olmayan parçacık modelinin anlamı olarak halkaların açıklaması Newton tarafından verildi.

Işığın kırınığını ilk önce Grimaldi (1618-1663), sonra Hooke gözlemledi. Işık dalga modeli olarak düşünüldüğünde Newton halkalarının ve kırınım olaylarının açıklaması yapılabilir. Dalga modeli ilk önce Huygens tarafından 17. yüzyılın başında oluşturuldu. Dalga modelini kullanarak Huygens kırınım ve yansıma yasalarını açıkladı ve Bartholinus (1625-1698) tarafından keşfedilen çift kırınım olayları açıkladı. 1802 de Newton halkalarının açıklaması yapıldı. 1808’de Malus ışığın polarizasyonunu gözlemledi fakat bu olayların açıklamasını yapamadı. 1816’da Fresnel (1788-1827) dalga teorisinin anlamıyla difraksiyon olaylarının açıklamasını verdi ve deliklerin çeşitli türde difraksiyon örneklerini oluşturdu. 1816’da Fresnel ile Arago, ışık dalgalarının enine karakterli olduklarını kabul eden Young tarafından açıklanan doğrusal polarize ışık dalgalarının süperpozisyonu üzerine ünlü deneyini yaptı.

19. yüzyılın ikinci çeyreğinde, bir dalga bir ortamda yayılır düşüncesinden sonra dalga teorisinin çok iyi kurulabildiği gözlemlendi. 1823 de Fresnel, ortam titreşimleri tarafından kullanılan yansıma ve geçirme olayları için ifadeler çıkardı. Poisson (1781-1840), Navier (1785-1836), Cauchy (1789-1857) ve diğer bazı fizikçiler elastisite teorisinin gerektirdiği ortam teorisini geliştirmek için çalıştılar.

19. yüzyılda elektrik ve magnetizmanın gelişimi görüldü. 1820'de Oersted (1777-1851) magnetik etkilerden meydana gelen akımları keşfetti. Kısa zaman sonra Ampere (1775-1836) iki paralel iletken tarafından çekilen akımları buldu. 1831'de Faraday (1791-1867) elektromagnetik kuvvete neden olan magnetik alan değişimini gösteren deneyleri yaptı. Kısa zaman sonra Maxwell bir magnetik alanda elektrik alan değişimini belirterek Amper yasalarını genelleştirdi. Elektromagnetik dalgaların hızını buldu. Buradaki ölçümler Kohlrausch (1809-1858) ve Weber (1804-1896) da ölçümlerine uyan $3,14858 \cdot 10^8$ m/s olarak bilinen bu değerler ışığın hızının ölçümleri için çok yakın değerlerdir. Şu gerçektir ki bu iki değer, elektromagnetik dalga olan ışık dalgalarına uyan ışığın ünlü elektromagnetik teorisine kılavuzluk eden Maxwell'le birbirlerine çok yakındır.

1888'de Hertz (1857-1894) ışığınkinden daha küçük frekanslı elektromagnetik dalgaları dedekte eden deneyleri oluşturdu. Elektromagnetik dalgalar bir kıvılcım aralığı içindeki düzlemlere elektriksel olarak çıkarılarak meydana getirildi.



Şekil 2.9 Elektromanyetik dalgaların oluşumu ve üretimi için Hertz deneyinin şeması.

(a)'da gösterildiği gibi her dedektördeki aralık P kıvılcım aralığını birleştiren doğruya paralel ise sinyal oluşur. (b)'de gösterildiği gibi eğer aralık belli bir açıdaysa sinyal oluşmaz.

Geçirilen elektromagnetik dalgaların frekansı devrenin kapasitansı ve indüktansına bağlıdır. Elektromagnetik dalgalar bir dedektör olarak kullanılabilir ve dedektör kaynağa paralel olduğu zaman bir sinyal almaz (Şekil 2.9). Hertz buna rağmen bir metal levhadan yansıyan elektromagnetik dalgaları oluşturdu ve frekansı bilinen dalganın dalgaboyunu hesapladı. Işıyla aynı anlamda elektromagnetik dalgalar bir kolimatör olarak kullanılır ve bir metal levhadan yansıtılır. Böylece yansıma kanunları ispatlanır. Hertz deneyi sonuçları Maxwell teorisinin dramatik kanıtı oldu. Sonuç olarak 19. yüzyılın sonlarında fizikçiler ışığın ne olduğu sonucunu Maxwell'in teorisi ve diğer bazı deneylerin sonuçlarını kullanarak açıkladılar [Ghatak, 1977].

2.1.3. Dalga - Parçacık İkilemi

Işğın varolan dalga karakteri ile parçacık karakterinin uzlaşması modern kuantum teorisi aracılığıyladır ve belki de dalga-parçacık ikileminin en iyi bilinen sonucu Heisenberg Belirsizlik İlkesidir. Eğer bir parçacığın pozisyonunun x koordinatı Δx hassasiyeti ile biliniyorsa bu durumda momentumun x bileşeni $\Delta P_x \sim h/\Delta x$ daha az hassasiyetle belirlenemez. Alternatif olarak eğer x koordinatının ve momentumun x bileşeninin belirlenebileceği hassasiyetleri temsil ediyorsa eşitsizlikle karşılaşılır.

$$\Delta x \cdot \Delta P_x \geq h \quad (2.15)$$

Bir ışık ışınının difraksiyonunun belirsizlik prensibine ve ışımının parçacık doğasına dayanarak açıklanması Şekil 2.10'da görüldüğü gibi b genişliğinde uzun bir yarık kabul edilerek ve ışık kaynağının yarıktan çok uzakta olduğu farzedilerek yapılmıştır. Böylece yarığa ulaşan fotonlar sadece y yönünde bir momentuma sahiptir. Bu arada ışımının klasik parçacık teorisine göre P noktasına ulaşan parçacık sayısı son derece az olacaktır. Eğer yarığın genişliğini azaltırsak şiddet azalacaktır. Bu durum deneysel sonuçlara oldukça karşıdır. Çünkü ışımın difraksiyonu tabii olduğunu ve P gibi bir noktada şiddet eğer yarığın genişliği küçültülürse normalde artar. Bununla birlikte eğer parçacık modeli ile bağlantılı olarak belirsizlik prensibini kullanarak difraksiyon olayı şu şekilde açıklanır. Bir foton bir yarıktan geçtiği zaman

$$\Delta x \sim b \quad (2.16)$$

olacaktır. Bu durumda b doğruluğu ile fotonun pozisyonu belirlenir. Eğer bu aşamada belirsizlik prensibini kullanırsak,

$$\Delta P_x \sim h/b \quad (2.17)$$

ifadesine ulaşılır. Bir başka anlatımla foton sadece b genişliğindeki bir yarıktan geçirilerek $\sim h/b$ olan x yönünde bir momentuma bölünür. Foton yarığa girmeden önce $P_x = 0$ olduğundan dolayı

$$|P_x| \sim \Delta P_x \sim \frac{h}{b} \quad (2.18)$$

ifadesine ulaşılır. Fakat $P_x = P \sin \theta$ dir. Burada θ yarıktan dışarı çıkan fotonun y eksenine yaptığı açıdır. Bu nedenle,

$$P \sin \theta \sim \frac{h}{b} \quad (2.19)$$

veya

$$\sin \theta \sim \frac{h}{p} \cdot \frac{1}{b}$$

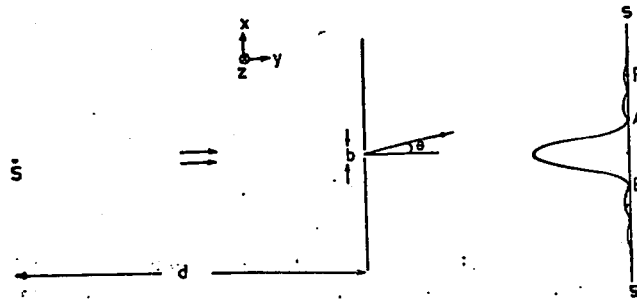
veya

$$\sin \theta \sim \frac{\lambda}{b} \quad (2.20)$$

dir. Burada da Broglie denklemi kullanılırsa

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (2.21)$$

bulunur. Denklem 2.20 y yönünde θ açısı ile hareket eden bir fotonun olasılığının yarığın genişliği ile ters orantılı olduğunu öngörmektedir. Bir başka anlatım, b ne kadar küçükse geometrik gölgenin iç derinliklerinde ulaşmak için fotonun olasılığı o kadar büyüktür. Bu durum gerçek difraksiyon olayı ile tutarlıdır.



Şekil 2.10 b genişliğindeki uzun dar bir yarıktan ışık ışınının difraksiyonu

Alternatif olarak difraksiyon olayı ve belirsizlik prensibini belirlemek için ışığın doğası kullanılır. Bu nedenle dalga-parçacık ikilemi belirsizlik ilkesinin bir sonucudur [Gettys, et al., 1989].

2.2. Işık Ölçümü

2.2.1. Işık Ölçümünde Temel İlkeler

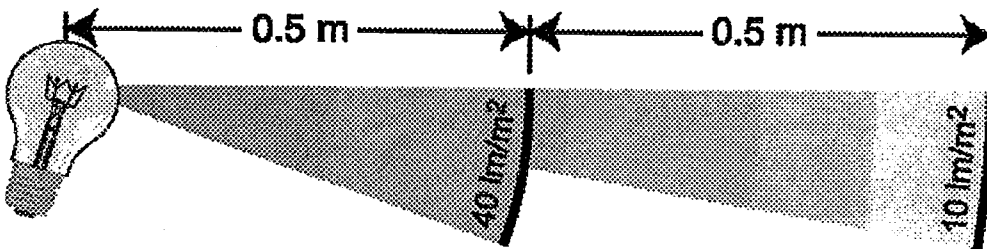
Şekil 2.11’de gösterildiği gibi ters kare yasası, bir nokta kaynaktan d uzaktaki aydınlığı ölçmek içindir. Buna göre, birim alandaki şiddet uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak değişir

$$E = \frac{I}{d^2} \quad (2.22)$$

Diğer bir deyişle eğer 1 m ölçümü 16 W / m^2 ise 2 m de 4 W/m^2 olur ve diğer uzunluktaki aydınlanma hesaplanabilir. Daha düzgün bir şekilde,

$$E_1 d_1^2 = E_2 d_2^2 \quad (2.23)$$

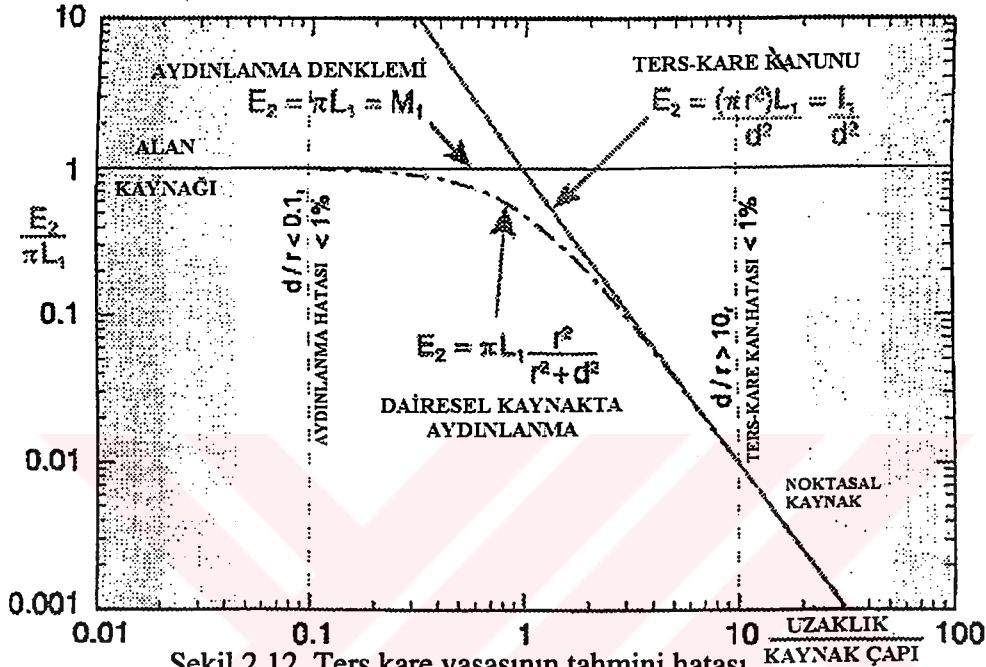
dır. Bir aydınlatma kaynağına uzaklık, temiz bir lambanın telinden veya buzlu lambanın cam kenarından hesaplanır.



Şekil 2.11 Ters Kare Yasası

Ters kare yasası, ışık kaynağı bir nokta kaynak durumunda kullanılır. Genel kural aydınlık ölçümlerinde kullanılan 5 kuralıdır. Bir ışık kaynağına uzaklık kaynağın

boyutundan beşkez daha büyüktür. Sarılmış temiz bir cam telin boyu olabilir. Buzlu ışık lambasının çapı boyutundan büyüktür. Şekil 2.12’de gösterildiği gibi aydınlanma ve uzaklık oranı arasında bir bağıntı vardır. Uzaklık, kaynağın yarıçapının 10 katıysa ters kare kullanımı hatası %1 dir.



Şekil 2.12 Ters kare yasasının tahmini hatası.

Kaynak yarıçapına uzaklığın oranı 0,1 den aşağı azaldığında uzaklıkta değişimler aydınlanmayı hızlı olarak etkiler. Bu gerçek nedeniyle kaynaklanan uzaklık azaltılır, ters kare yasası önlenerek dedektör daha az alanı görür. Işıma dedektörleri görüntüş alanını sınırlar. Bundan dolayı uzaklığın bağımsız ölçümlerini sağlayan d/r oranı her zaman düşüktür.

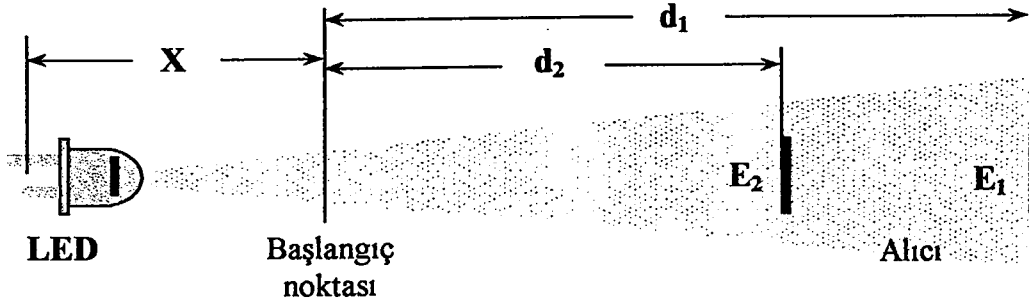
Kaynak mesafesinin hesaplanmasında, mercekler nokta kaynağın yerini bozar. İki noktadaki aydınlığı ölçerek, kaynağın X uzaklığını ters alan kanununu kullanarak bulabiliriz:

$$E_1 (d_1 + X)^2 = E_2 (d_2 + X)^2$$

$$X = \frac{[d_1 (E_1 / E_2)^{1/2} - d_2]}{[1 - (E_1 / E_2)^{1/2}]} \quad (2.24)$$

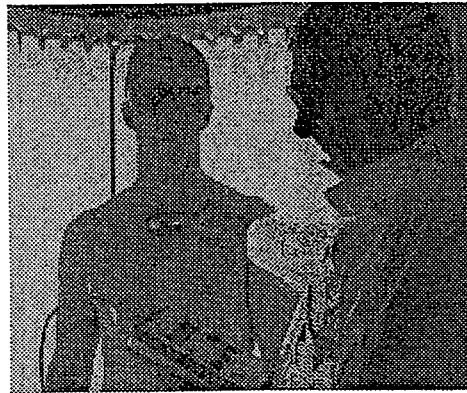
Şekil 2.13’de LED’in gerçekte nokta kaynağını belirten tipik bir düzlemini içermektedir ki bu da iç mercekler yüzünden LED arkasındadır. Referans noktasından bilinen

bir uzaklıktaki iki aydınlık ölçümlerin hepsinin gerçek nokta kaynağındaki X uzaklığının hesaplanmasını gerektirmektedir.



Şekil 2.13 Kaynağın alıcıya uzaklığının hesaplanması.

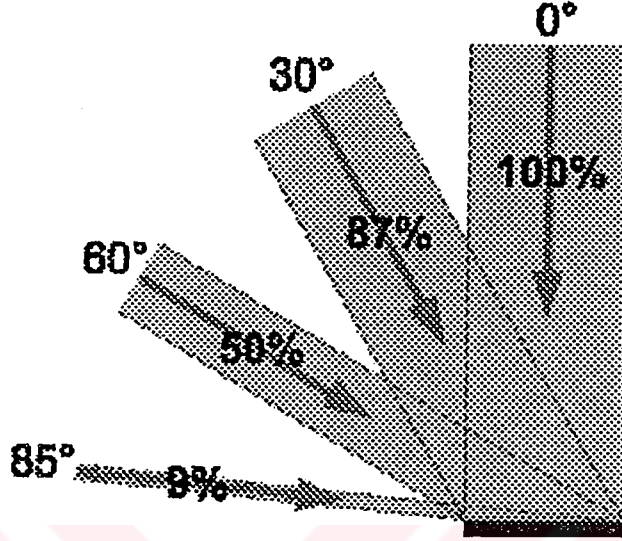
Lambert'ın cosinüs yasası, yüzey üzerine düşen aydınlanma gelen açı θ nın cosinüsüyle değişir. Gelen akıya dik algılanmış ölçüm alanı dik olmayan açılara indirgenir, bu da ışığın ölçüm alanına dik olduğu durumda daha geniş bir alana yayılmasına neden olur.



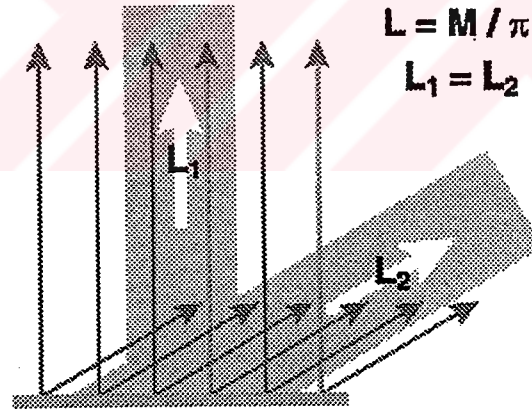
Şekil 2.14 Fototerapi

İnsan vücudu üzerine düşürülen ışığın miktarını ölçmek için vücut cosinüs cevabını cevaplamaya ihtiyaç duyar. Bundan dolayı filtre halkaları açısız ışığı sınırlar, bir cosinüs

yayıcıda uzaysal doğru uyumluluğu kullanabilir. Doğru cosinüs düzeltme optiklerini kabul ederek pekçok tutulmada yukarıdaki fototerapideki gibi uygulanır.



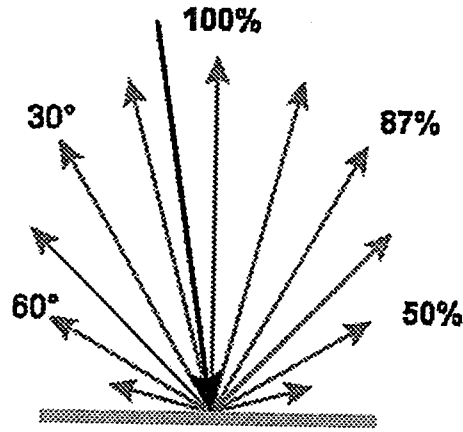
Şekil 2.15 Lambert'in cosinüs yasası.



Şekil 2.16 Lambert yüzeyi.

Bir Lambert yüzeyi ile ölçülebilen bütün doğrultuları aynı olan ışınımılıktan dolayı gelen ışımının düzgün yayılması sağlanır. Gerçekte Lambert birçok yayınma yüzeyidir. Işık ölçümleri kitaba dik olmayan açıdaysa, bu görüşün doğrusuna dik tutulduğunda olduğu gibi parlak görülür. Karanlıkta veya ideal ışıklılıkta dedektör olan insan gözü katı açıyla sınırlanır.

Şekil 2.17’de 0° ve 60° de bir yüzeye aynı derecede ışık saçılması gösterilir. Bundan dolayı cosinüs yasası bir ışınım ölçüm dedektörü 60° de aynı katı açıda yüzey alandan iki kere büyük, ortalama yansıma artışı 0° de yansımanın büyüklüğünün yarısı olabilir.

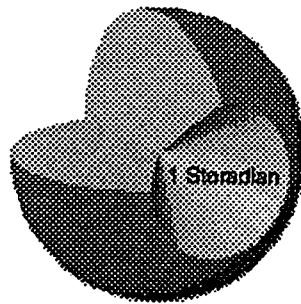


Şekil 2.17 Lambert yüzeyi.

Şekil 2.17’de bir yayılda Lambert yüzeyinden yansıma yansıyan açının cosinüsüne oranla yansımış enerjiye bölünerek cosinüs yasasına uyar [Ryer, 1997].

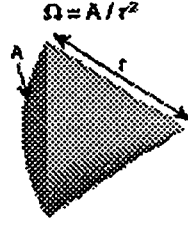
2.2.2. Işık Ölçümünün Geometrisi

Ölçme geometrileri arasındaki ilişkiyi anlamak için gerekli kavramlardan birisi de katı açı ya da steradyandır. Bir noktadan çıkan bir çizgiler takımının, bu noktada bir katı açı oluşturdukları söylenir. Bu nokta merkez olmak üzere ve herhangi bir r uzunluğu yarıçap olarak bir küresel yüzey çizildiği düşünülmüştür. Bu kürenin merkezinden çıkan çizgiler takımı, kürenin yüzeyi üzerinde bir A yüzölçümü keser. Bir Ω katı açısının steradyan olarak ölçümü Şekil 2.18’de gösterilmiştir.



Şekil 2.18 Katı açı

Eğer A yüzölçümü r^2 ye eşitse katı açı Şekil 2.19'da gösterildiği gibi, bir steradyandır. Bir kürenin toplam yüzölçümü $4\pi r^2$ olduğundan, bir noktadaki toplam katı açı 4π steradyandır [Sears, et al., 1982].

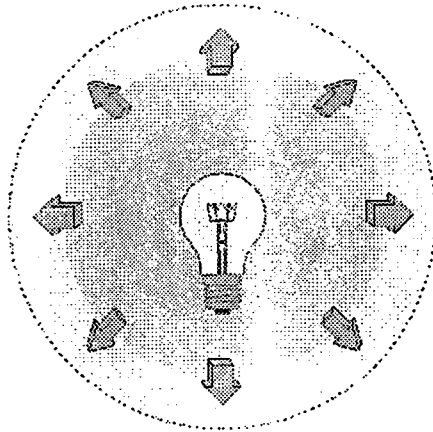


Şekil 2.19 Katı açı

Radyometrik gücün bir ölçüsü olan watt ile tanımlanan akı saniyedeki Joule'luk enerji akışının oranının bir ölçümüdür. Foton enerjisi dalga boyuyla ters orantılı olduğundan ultraviyole fotonları görünür bölge ve kızılötesinden daha kuvvetlidir.

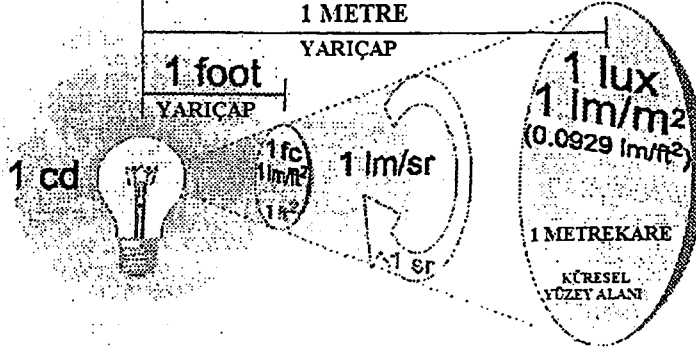
Fotometrik gücün bir ölçüsü olan lümen ile tanımlanan gündüz görüş akısı, sarı - yeşilde çok hassas olan insan gözünün hassasiyetini karşılaştırmak için, gece görüş akısı da karanlığa ayarlanmış durumlarda insan gözünün hassasiyetini karşılaştırmak için anlatılır.

Radyometrik akının birim alan başına ölçümü ya da akı yoğunluğu olan aydınlık W/cm^2 ya da W/m^2 olarak ölçülür. Bu aydınlık ölçümleri mümkün olduğunca kaynağa doğru çevrilerek yapılmalıdır. Optik eksenle dedektörün normali arasındaki açının cosinüsüne göre aydınlık değişecektir.



Şekil 2.20 Toplam akı çıkışı.

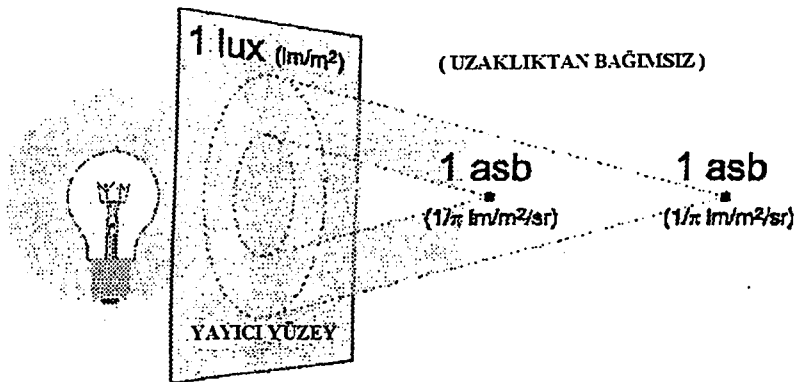
Işıksal aydınlık, birim alanındaki fotometrik akının ölçümü ya da görünür akı yoğunluğudur. Işıksal aydınlık genel olarak lüx olarak tanımlanır.



Şekil 2.21 Aydınlık

Şekil 2.21’de, ampul bir candela üretmektedir. Candela ışık ölçümündeki temel birimdir ve şu şekilde tanımlanır: Bir candelalık ışık kaynağı bütün doğrultularda steradyan başına bir lümen yayar.

Işınımlılık, $W/cm^2/sr$ ile ifade edilen birim katı görüş açısı başına düşen akı yoğunluğunun ölçümüdür. Işınımlılık, geniş alan kaynağı olduğu için uzaklıktan bağımsızdır, çünkü örneklenen bölge ters kare kayıplarını iptal ederek, uzaklıkla artar.



Şekil 2.22 Işınımlılık

L Lambert yüzeyindeki ışınımlılık,

$$L = M / \Pi$$

(2.25)

ile verilir.

Burada L Lambert yüzeyindeki ışınımlılık, M de akı yoğunluğudur. Bazı ışıklılık birimleri, paydadaki yansıma birimlerini daha basit çevrimine izin verecek Π 'yi içerir.

Genişletilmiş alandaki bir kaynağın E , aydınlığı

$$E = \Pi L \sin^2 (\theta/2) \quad (2.26)$$

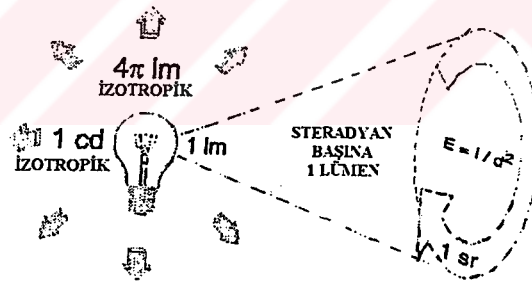
ile verilir ve kaynağın L ışınımlılığı ile bağıntılıdır. Işınımlılık sadece dedektörün θ merkezci görüş açısına bağlıdır. $1 \text{ W/cm}^2/\text{sr}$ lik ışınımlılığa sahip genişletilmiş bir kaynak için 3° lik görüş açısına sahip dedektörün herhangi bir aralıktaki aydınlığı $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ W/cm}^2$ olur.

Birim katı açı başına düşen radyometrik gücün ölçüsü olan şiddet birimi watt/steradyandır.

Birim katı açı başına düşen görünür gücün ölçüsü olan ışık şiddeti birimi candeladır.

Şiddet, ters kare kanunuyla ifade edilen aydınlık arasındaki bağıntı

$$I = E \times d^2 \quad (2.27)$$



Şekil 2.23 Işık şiddeti

şeklinde verilir. Akı/alan'dan akı/sr'ye birim dönüşümüne geçiş ise steradyanın boyutsuz bir nitelik olmasından kaynaklanır. Katı açı, yarıçapın karesiyle bölünmüş alana eşittir.

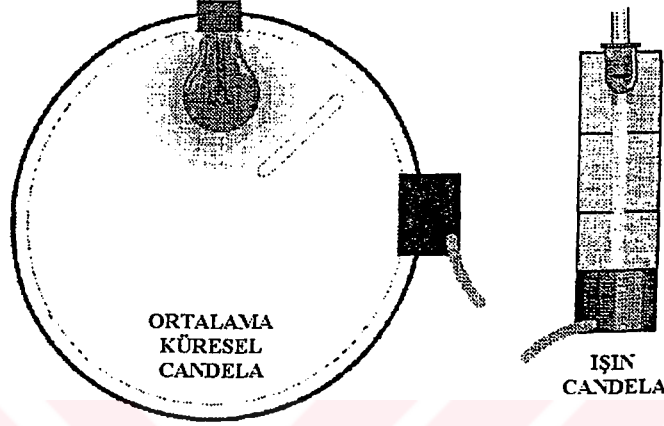
$$d^2 = \frac{A}{\Omega} \quad (2.28)$$

ve

$$I = \frac{EA}{\Omega} \quad (2.29)$$

ile verilir.

Şiddet ölçümlerinde kullanılan iki farklı ölçüm aleti vardır ve her ikisinin birimi de candeladır. Ortalama küresel candela ve ışın candelası her ikisi de küresel bir yüzeyde yapılır ve lümendeki toplam çıkış küredeki 4π sr ile ayrılmıştır. Böylece bir candela'lık izotropik lamba steradyan başına bir lümen üretir.



Şekil 2.24 Ortalama Küresel Candela ve Işın Candelasının gösterimi

Işın candelası oldukça dar bir açıyı görür ve sadece ışık demetinin pik yoğunluğundaki steradyan başına düşen lümen ifadesidir. Bir dar ışık demeti içinde herbiri toplam 0,1 lümen olan iki LED varsayalım. Biri 10° lik katı açılı, diğeri 5° lik katı açıdır. 10° lik LED 4,2 cd lık şiddete, 5° lik LED 16,7 cd lık şiddete sahiptir. Oysa her ikisinde aynı toplam ışık miktarını çıkarır.

Bir milyon candela'lık el feneri, oldukça parlak görünür, ancak onun ışığı sadece laser ışığı kadar yaygın o zaman fazla kullanmaya gerek kalmayacaktır. Lambanın toplam çıkış gücünü yanlış verdikleri için ışın candela'sında verilen özellikler değişir [Ryer, 1997].

2.2.3. Radyometri ve Fotometri

Radyometri, elektromanyetik radyasyonun ölçülmesi bilimidir. Anlatımda radyasyonun enerji içeriğini belirlemek için kullanılan radyometrik nicelikler veya fiziksel terimler ortaya konulur. Daha sonra radyasyonu ölçmek için dizayn edilmiş cihazlarda kullanılan daha genel ilkelerin birazından kısaca bahsedilir. Birçok radyometrik terim tanımlanmış ve kullanılmıştır. Bununla beraber burada sadece onaylanmış uluslararası sistem (SI) birimlerine yer verildi. Bu terimler ve birimleri Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Radyometrik ve Fotometrik Birimler

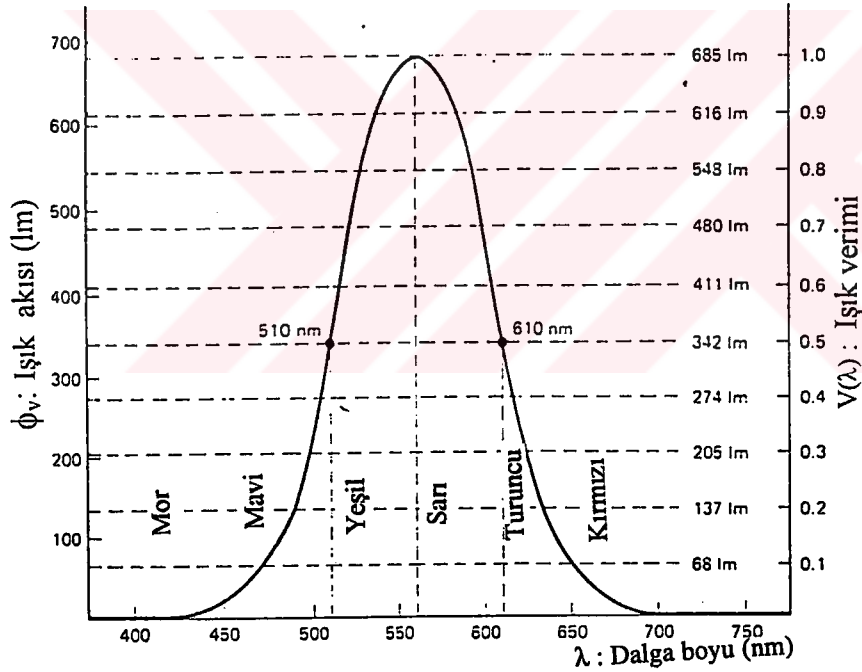
<u>Terim</u>	<u>Birim</u>	<u>Terim</u>	<u>Birim</u>	<u>Denklem Bağıntıları</u>
Işıyan enerji	Q_e (J = W.s)	Işıksal Enerji	Q_v (lm-s) Talbot	—
Işıyan enerji yoğunluğu	W_e (J/m ³)	Işıksal enerji yoğunluğu	W_v (lm-s/m ³)	$W_{e,v} = dQ_e/dv$
Işıyan akı	Φ_e (W)	Işık akısı	Φ_v (lm)	$\Phi_{e,v} = dQ_e/dt$
Işıyan akı yoğunluğu	M_e (W/m ²)	Işıksal akı yoğunluğu	M_v (lm/m ²)	$M_{e,v} = d\Phi_e/dA$
Aydınlık	E_e (W/m ²)	Işıksal aydınlık	E_v (lm/m ²) Lüx	$E_{e,v} = d\Phi_e/dA$
Işıma şiddeti	I_e (W/sr)	Işık şiddeti	I_v (lm/sr) candela	$I_{e,v} = d\Phi_e/dW$
Işınımlılık	L_e (W/sr-m ²)	Işıklılık	L_v (cd/m ²)	$L_{e,v} = dI_e/dA \cos\theta$

Radyometrik nicelikler ya indissiz ya da daha sonra bahsedilecek olan fotometrik terimlerden ayırtetmek için e indisiyle verilirler. Enerji Q_e (J = Joule), enerji yoğunluğu W_e (J/m³) ve akı Φ_e (watt = W = J/s) şeklinde verilir.

Radyometri tüm ışıma enerji ölçümlerine uygulanır. Diğer taraftan fotometri optik spektrumun sadece görülebilir bölümüne uygulanmaktadır. Radyometri sadece fiziksel ölçüm içerirken, fotometri farklı dalga boylarında insan gözünün ışıma enerjisine tepkisini değerlendirir ve bundan dolayı fiziksel ölçümler içerir. Ayırım, bir dedektör olarak insan gözünün “düz” bir spektral tepkisi olmadığı gerçeğine dayanır. Bir başka deyişle tüm dalga boylarına eşit duyarlılık ile tepki vermez. Eşit ışıma güçlü üç tane ışık kaynağı (mavi, sarı ve kırmızı ışık yayan) gözlemlenirse sarı kaynak diğerlerine nazaran çok daha parlak görünecektir. Fotometrik miktarlar kullanıldığı zaman görülebilen radyasyonun özelliklerini bir geribeslemeli dedektöre göründükleri biçimden ziyade normal göze göründükleri biçimde ölçülür. Bütün insan gözleri aynı olmadığından dolayı CIE (Internation Commission on Illumination) tarafından bir standart belirlenmiştir. Göz için nispi tepki ya da parlaklık duyumu dalga boyuna karşı gösterilmiştir ve en yüksek duyarlılığın 555 nm sarı-yeşil dalga boyunda meydana geldiği görülmektedir. Gerçekte gösterilen eğri gündüz görüş için ışık etkinliğidir (yani gündüz görüşüne uyarlandığı zaman) yanlısamanın daha alt düzeyleri açısından, gece görüş uyarlandığı zaman, eğri 510 nm de tepe noktasına ulaşarak yeşile

doğru kayar. İnsan renk duyumunun yanılması bir fonksiyonu olması ve yanılmanın daha alt düzeylerinde neredeyse tamamı ile yok olması ilginçtir. Çok güçlü radyasyon CIE eğrisinin sınırları dışında görülebilir. Bir yakut laserden 694,3 nm dalga boyunda bir güçlü laser ışınının yansıması kolaylıkla görülebilir. Hatta bir galyum-arsenik yarıiletken laserden 900 nm civarında bir kızılötesi ışık derin bir kırmızı olarak görülebilir.

Radyometrik miktarlar bu aşamada Şekil 2.25'in ışık etkinlik eğrisi aracılığı ile fotometrik miktarlar aşağıdaki biçimde ilişkilidir: Işık etkinliğinin maksimum olduğu 555 nm tepe dalga boyutunda bir akı'ya karşılık gelerek ışık akısıyla 685 lm olarak bulunur. Bu durumda örneğin bir $\lambda = 610$ nm de ışık etkinliğinin 0,5 ya da %50 olduğu aralıkta 1W lık akı sadece $0,5 \times 685$ ya da 342 lm. ışık akısı üretecektir. Eğri bir kez daha $\lambda = 510$ nm de mavi yeşilde parlaklığın % 50'ye düştüğünü gösterir.



Şekil 2.25 CIE ışık etki eğrisi.

Tanımları açısından fotometrik birimler radyometrik birimlere benzerdir. Bu durum Tablo 2.1'de verilen karşılaştırmada özetle kanıtlanmıştır. Genel olarak benzer birimler aşağıdaki denklemlerle bağlanır.

$$\text{fotometrik birim} = K(\lambda) \times \text{radyometrik birim} \quad (2.30)$$

Burada $K(\lambda)$ ışık etkinliği olarak adlandırılır. Eğer $V(\lambda)$, CIE eğrisinde verildiği gibi ışık verimliliği ise bu durumda

$$K(\lambda) = 685 V(\lambda) \quad (2.31)$$

şeklinde bulunur.

Işık sözcüğünü izleyen fotometrik terimler ve karşılık gelen birimler Φ harfi ile indislenmiştir. Aksi takdirde semboller aynıdır. Işık enerjisinin SI birimdeki değerleri talbot (T), ışık aydınlığının lux (lx) ve ışık yoğunluğunun candela (cd) olduğuna dikkat edilmelidir.

Radyasyon ayrı dalga boyları içerirken, radyometrik ve fotometrik terimler dalga boyunun fonksiyonu olabilir. Bu bağımlılık spektral sözcüğünün öncesinde kullanılması ve λ indisinin kullanılması ya da parantez içinde λ nın eklenmesi ile vurgulanır. Örneğin spektral akı $\Phi_{e\lambda}$ ya da $\Phi_e(\lambda)$ ile gösterilir. Toplam akı bu durumda ilgilenilen dalga boyutu bölgesi üzerinden integral alınarak belirlenir [Wilson, 1983].

$$\Phi_e = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \Phi_e(\lambda) d\lambda \quad (2.32)$$

2.3. Işık Kaynakları ve Spektrumları

Işık, elektromagnetik radyasyon olduğundan ışığın emisyonunun herhangi bir kaynaktan elektrik yüklerinin ivmesinden sonuçlanması beklenir. Şöyle ki, ultraviyole ve görünür ışığın emisyonunda girişen elektrik yükleri atomun diğer bölümündeki negatif elektronlardır. Bu elektronların orbital veya titreşim durumlarının ışımaya neden olduğu farzedilerek ışık kaynaklarının karakteristiklerinin pekçoğu açıklanabilir [Pedrotti, et al., 1968].

2.3.1. Işık Kaynaklarının Sınıflandırılması

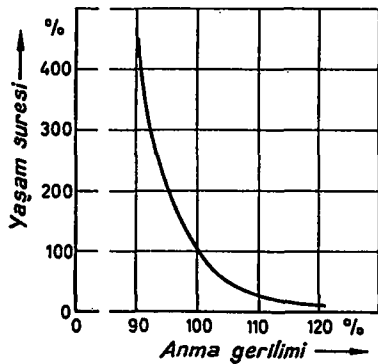
Elektrik enerjisinden ışık üretimi flemanlı lambalar ve gazışıl lambalar kullanılmak suretiyle iki şekilde olmaktadır. Flenanlı ya da akkor lambalarda, elektrik akımı ince bir telden (fleman) geçerken yüksek ısı oluşturmakta ve bunun sonucu tel akkor hale gelip ışıdamaktadır. Bunlara “sıcak ışıklı lambalar” da denir.

Gazışıl lambalarda ise ışığın oluşması elektrik akımının gazlar ve metal buharlarını iyonize etme ve flüoresans maddeleri ışılatma özelliğine dayanır. Bu lambalarda ışık oluşurken çok az ısı ortaya çıkar. Bu nedenle bunlara “soğuk ışıklı lambalar” da denir.

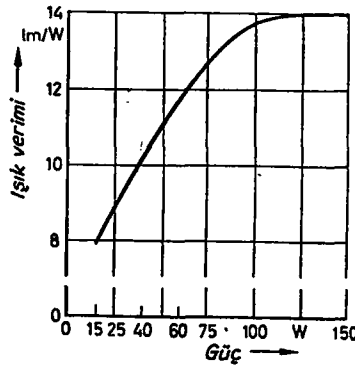
Özel ışın lambaları ve kaynakları adı altında toplanmış olanların ise akkor lambalar ya da gazışıl lambalardan çalışma ve ışın üretme açısından büyük farkları yoktur. Ancak kullanılma amaçları aydınlatma amacı dışında olduğundan ayrıca sınıflandırılmalıdır.

2.3.1.1. Akkor Lambalar

Normal akkor lambada; üzerinden akım geçen bir iletkenin ışık verimi, oluşan sıcaklık ne kadar yüksek olursa o kadar büyük olur. Doğada çok yüksek sıcaklığa dayanan bir kaç element sayılabilir. Bunlardan en önemlisi Wolfram (Tungesten) metalidir. Wolfram'ın ergime derecesi 3400°C kadardır.



Şekil 2.26 Standart akkor lambaların yaşam süresi

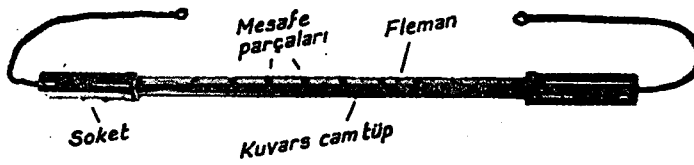


Şekil 2.27 Akkor lambaların ışık verimleri

Akkor flemanlı bir lambanın ortalama yaşam süresi 1000 çalışma saattir. Akkor lambalar gerilim yükselmelerine karşı duyarlıdır. %5'lik gerilim artması ışık verimini %20 artırır, ancak yaşam süresini yarı yarıya azaltır. %5'lik gerilim düşmesi ise yaşam süresini iki misli uzatmaktadır (Şekil 2.26). Işık verimi lambanın güç çekişinin artmasıyla yükselir (Şekil 2.27). Akkor lambaların en büyük dezavantajı toplam verimlerinin düşük olmasıdır. Bunlarda çekilen gücün %90'ı ısı, %10'u ışık gücüne çevrilir.

Normal akkor lambalarda zamanla yüksek ısıdan dolayı Wolfram metali buharlaşmakta ve lamba soğuduktan sonra ampulün iç çeperinde yoğunlaşarak camı karartmaktadır. Bu durum özellikle yüksek güçlü lambaların ışık şiddetlerinde oldukça yüksek bir azalma ortaya çıkarır.

Halojen-akkor lambaların içindeki gazda bir miktar iyot ya da brom gibi bir halojen bulunur. Lambanın yanması anında oluşan Wolfram buharı $250^{\circ} - 1450^{\circ}\text{C}$ arasında iyot ile gaz halindeki Wolframiodür şeklinde birleşir. Lambanın içerisindeki çok yüksek ısıdan dolayı flemandan çevreye doğru devamlı bir gaz akımı kapalı devre dolaşmaktadır. Bu dolaşım anında gaz halindeki Wolframiodür sıcak Wolfram flemana değdiğinde, 1450°C üzerindeki ısı nedeniyle tekrar Wolfram ve İyoda ayrışır. Böylece buhar halinde uzaklaşmış olan Wolfram tekrar flemana taşınmış olur. Açığa çıkan iyod yeniden Wolfram buharı yakalamak üzere gaz akımıyla çepere doğru itilerek bu oluşum süregider.



Şeki 2.28 5 kW'lık bir Bol ışık - Halojen lambası

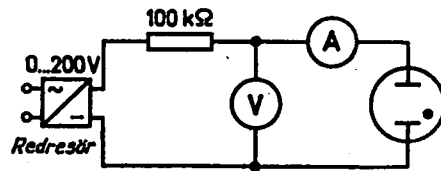
Halojen-akkor lambalarda cam kararması olmadığından, yaşam süresi boyunca ışık şiddetleri kararlı kalmaktadır. Ancak bu lambalarda camın ısı 250°C nin altına düşmemelidir. Çünkü düştüğü takdirde İyod Wolfram ile birleşmemektedir. Bu nedenle

halojen-akkor lambalarında kuvars camı kullanılmaktadır. Kuvars camından yararlanarak lambanın boyutları küçültülmüş ve içindeki gaz basıncı yükseltilerek flemana daha çok yüklenilebilmiştir. Kuvars camı adi cama göre ısı ve basınca daha çok dayanıklıdır. Halojen lambaların adi lambalara oranla ışık verimleri yüksektir. Örneğin 1000 W'lık bir halojen lambanın ışık verimi 22 lm/W iken adi akkor lambada 18,8 lm/W'dır. Halojen lambalar en çok oto farlarında, projeksiyon ve 8 mm - sinema makinalarında kullanılmaktadır. Şekil 2.28'de görülen tipleri hava alanları, spor alanları ve binaların aydınlatılmasında bol ışık kaynağı olarak yararlanılır. Bu lambalar TV ve sinema gece çekimleri için son derece uygun olmaktadır [Erna, 1977].

2.3.1.2. Gazışıl Lambalar

Elektrik akımı gaz içerisinde geçerken gazı iyonize eder ve gaz ışınması oluşur. Gazışıl lambalarda asal gazlar ya da metal buharları kullanılır. Işımanın spektrumu, yani ışığın rengi doldurulan gaza ya da metal buharına bağlıdır. Örneğin neon gazı kırmızı ışık, sodyum buharı sarı ışık, civa buharı mavimsi ışık verir.

Bir gazışıl lambanın çalışma şeklini anlamak için Şekil 2.29'daki devreyi incelemek gerekir. Bu devrede gerilim 0 V'dan 220 V'a doğru yavaş yavaş artırılmak suretiyle, voltmetre ve ampermetre izlenmektedir.

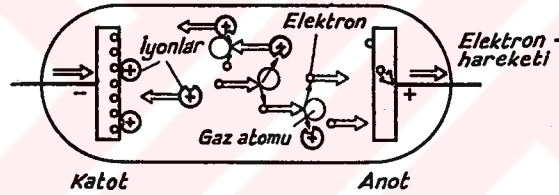


Şekil 2.29 Bir gazışıl lamba devresi

Gerilim 100 V'a geldiğinde birden bire ampermetre sapmakta, lamba ışıldamakta ve voltmetre 60-80 V arası bir değer göstermektedir. 100 kΩ'luk seri direnç küçültülmek suretiyle akım yükseltile bile bu gerilimin değişmediği anlaşılmaktadır. Kaynak gerilimi 100 V'dan 85 V'a düşürüldüğünde lambanın söndüğü görülmüştür.

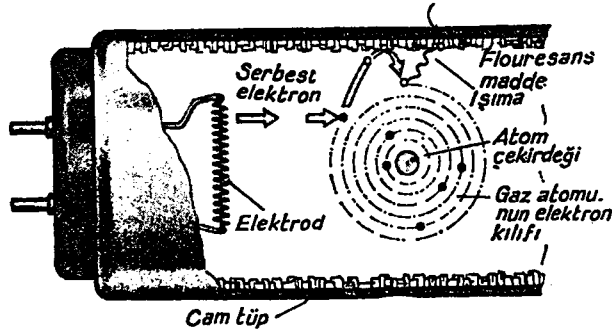
Buradan çıkarılacak sonuçlar ise şöyle sıralanabilir: Bir gazlı lamba ancak belirli bir gerilim uygulandığında ışıldar. Bu gerilim “ateşleme gerilimi” olarak anılır. Gazlı lamba ışıldadıktan sonra gerilimi kararlı kalır. Buna “ışıldama gerilimi” denir. Gerilim belirli bir değerin altına düşürüldüğünde gazlı lamba söner. Bu gerilim “sönme gerilimi” olarak tanımlanır.

Gazlı lamba, içinde alçak basınç altında genellikle Neon gibi asal bir gaz ve iki elektrod bulunan cam tüptür. Elektrodulara bir gerilim uygulandığında gaz içinde bulunan serbest elektronlar anoda doğru hareket ederler. Bu hareketleri sırasında devamlı gaz atomlarıyla çarpışma halindedirler. Gerilim yeteri büyüklükte ve gaz basıncı düşük olduğunda, serbest elektronların hareket enerjileri oldukça büyük olur. Büyük hareket enerjisi kazanmış elektronlar gaz atomlarıyla çarpıştıklarında, bir ya da daha çok elektron koparırlar. Bu oluşum “çarpma iyonizasyonu” olarak tanımlanır (Şekil 2.30).



Şekil 2.30 Çarpma iyonizasyonu

Çarpma iyonizasyonu nedeniyle yeni ortaya çıkan elektronlar hızlanarak başka atomlara çarpıp ve yeni serbest elektronlar oluşturarak zincirleme halinde bir çarpma iyonizasyonu ortaya çıkarırlar. Ortaya çıkan serbest elektronlar anoda doğru, elektron kaybetmiş gaz atomları katoda doğru çekilirler. Çarpma iyonizasyonu 1.10^{-4} s. de zincirleme halinde büyür. Bu artış engellenmezse, lamba kısa sürede tahrip olur. Bu nedenle gazlı lambalarda dirençler yardımıyla akımın kısıtlanması zorunludur.

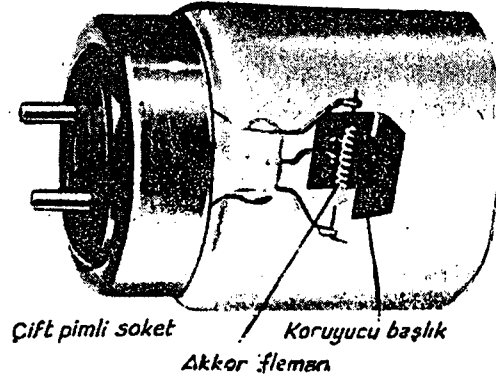


Şekil 2.31 Bir flüoresans lambada gaz iyonizasyonu ile ışık oluşumu

Panolara takılan neon lambalarında ohmik direnç kullanılmaktadır. Alternatif akımda kullanılan diğer bütün gazlı lambalarda ohmik dirençler yerine, güç kaybını düşük tutabilmek için bobin ya da balast trafolarından yararlanılmaktadır. Bir gaz atomu ile çarpışan elektronun hareket enerjisi çarpma iyonizasyonu için yetersiz kalır ve bu enerji gazın cinsine bağlı olarak belli bir değeri aşar ise, çarpışma anında gaz atomunun yörüngesinde dönen elektron kısa bir süre için yörünge dışına atılır (Şekil 2.31). Bu elektron eski yörüngesine dönerken bir titreşim hareketi yapar ve çarpışma anında aldığı enerjiyi elektromagnetik ışımaya enerjisi halinde dışarıya verir. Bu oluşum bütün gaz atomlarında aynı zamanda ve aynı miktarlarda ortaya çıkmaktadır.

Görülen ışığın dışında birçok gaz ve civa buharlı ışıllambalarda UV ışınları da birlikte oluşur. UV ışınları göz tarafından algılanmadığından görülemezler, ancak bunlar bir flüoresans madde üzerine düştüklerinde maddeyi parıltarak görünür hale geçerler (Şekil 2.31).

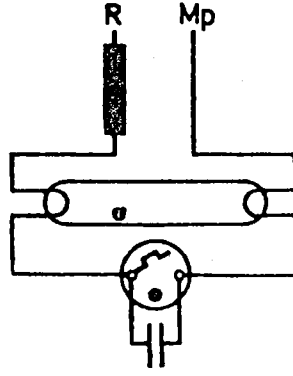
Flüoresans lambalarda cam tübün içi flüoresans madde ile sıvanmıştır. Flüoresans madde, lamba içinde oluşan UV ışınlarını görünür ışığa çevirebilmektedir. Flüoresans madde olarak silikatlar, fosfatlar ve Wolfram bileşikleri kullanılmaktadır. Flüoresans lambanın iki ucunda elektrodları taşıyan metal soketler bulunur. Bu soketler aynı zamanda kapak görevi yapmaktadır. Elektrod olarak çift katlı spirallı Wolfram teli kullanılmıştır (Şekil 2.32).



Şekil 2.32 Flüoresans lambanın soketi ve elektrodu

Elektron çıkışını kolaylaştırmak için Wolfram telin üzeri Baryumoksit gibi bir metal oksiti ile kaplanmıştır. Wolfram elektrodun soğukta direnci $1,5-10 \Omega$ arasındadır, ancak ısındıktan sonra direnci 7 misli artar. Lambanın içi civa buharı ve argon gazı ile doldurulmuştur.

Lambanın ateşlenmesi için kent geriliminden (220 V) daha büyük gerilimler gereklidir. Ateşleme gerilimi "starter" diye bilinen bir ateşleyici yardımıyla bir bobin üzerinden sağlanır (Şekil 2.33). Bobin ya da balast trafosu işletme anında ayrıca akım kısıtlayıcı olarak görev yapar. Flüoresans lambaya akım verildiğinde, önce her iki elektrod ve starter üzerinden akım geçer. Starter neon gazı doldurulmuş küçük bir gazışıl lambasıdır. Bunun elektrodlarından biri ya da her ikisi bir bimetal elemandır. Starter 160 V civarında ışıldar ve elektrodu ısıtır. Isınan bimetal elektrod kıvrılarak akım devresini kapatır. Bu durumda akım bobin üzerinden lamba flamanlarından geçerek flamanları ısıtır. Bimetal elektrod bu arada soğuyarak eski durumuna döner ve akım devresini açar. Bu açma anında balast trafosunun özindüksiyonu nedeni ile 1000 V'luk bir gerilim oluşarak flüoresans lamba ateşlenir. Lamba ateşlendiğinde, 1000 V'luk gerilim balast trafonun endüktif direnci nedeni ile 100 V'luk ışıldama direncine düşer. Bu gerilimde starter lambası artık ışıldıyamaz. Parazit giderici olarak starter lambasına paralel bir kondansatör konulmuştur. Balast trafonun endüktansı nedeni ile işletme anında bir faz kayması vardır. Ancak flüoresans lambalarının güç faktörleri kompozasyon yoluyla düzeltilebilmektedir.



Şekil 2.33 Flüoresans lamba devresi

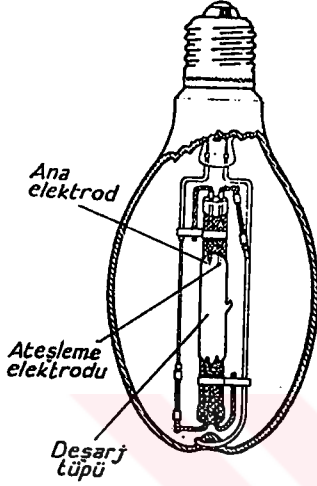
Flüoresans lambalar gerilim oynamalarına karşı duyarsızdır. Bu lambalarda oluşan sıcaklık düşüktür. Aynı güçteki akkor lambalara nazaran ışık verimleri 3 ila 6 kat fazladır. Akkor lambalarda yaşam süresi ortalama 1000 saat iken flüoresans lambalarda normal koşullar altında 7500 saat kadardır. Flüoresans lambaların ışık akımı oda sıcaklığında en yüksek düzeye ulaşır. Bunun altındaki sıcaklıklarda bu tür lambaların ışık akımları oldukça düşmektedir. Bu nedenle dışarıda kullanılacak lambalarda kapalı sistem aydınlatma yapılması gerekir.

Flüoresans lambaların sık sık açılıp kapatılması yaşam süresini kısaltır. Lambanın yaşam süresi elektrodlar üzerine kaplanmış baryumoksit tabakası ile sınırlanmıştır. Bir flüoresans lamba yaşam süresinin sonuna geldiğinde ışığı titreşmeye başlar. Açma anında, ancak starterin bir kaç kere ateşlemesinden sonra lamba ışıldarsa, bu sürenin sonuna geldiğinin bir kanıtıdır.

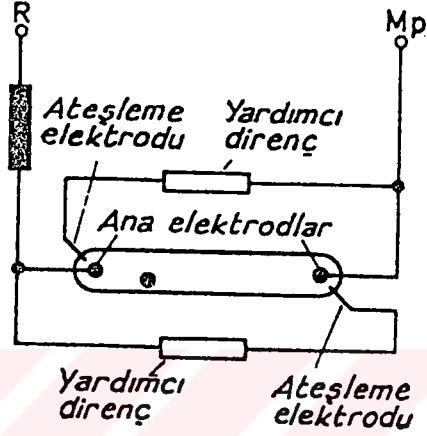
Flüoresans maddenin kimyasal bileşimine uygun olarak çeşitli tondaki ışıklar elde edilebilmektedir. Arzu edilen aydınlatma verimine göre parlak beyaz ve gün ışığı tonundaki flüoresans lambalar sık sık kullanılmaktadır.

Civa buharlı-yüksek basınç lambalarının elips şeklinde bir ampülü vardır (Şekil 2.34). Ampulün içinde kuvars camından ve çift elektrodlu bir deşarj tüpü bulunur. Deşarj tüpünün içi civa buharı ile doldurulmuştur. Lambanın ateşlenmesi direkt 220 V kent akımından iki ateşleme elektrodu yardımıyla olmaktadır. Akım kısıtlaması için bir balast (dengeleyici) kullanılmıştır (Şekil 2.35). Bu nedenle güç faktörü 0,5'e kadar düşer. Civa buharlı lambanın ışık verimi 30-60 lm/W olup, aynı güçteki akkor lambaya göre üç misli fazla ışık verir.

Bu lambaların yaşam süresi ortalama 6000 saat kadardır. Yalnızca deşarj tüpünün yaydığı ışık mavimsi olup bol miktarda UV ışını da saçar. Bu nedenle ampulün iç çeperi UV ışınlarını görünür ışına çeviren bir flüoresans madde ile kaplanmıştır. Özellikle beyaz giysilerin bu lambalar altında parlak bir görünüşünün olması UV ışımastandır.



Şekil 2.34 Civa buharlı lamba.



Şekil 2.35 Civa buharlı lamba devresi

Flüoresans maddenin özelliğine göre kırmızı ya da başka renklerde ışıkların elde edilmesi olanaklıdır. Civa buharlı lambalar açıldıktan sonra hemen yanmaz. 3 ile 5 dakikalık bir ısınmadan sonra tam ışık verirler. Sıcak lamba hiçbir halde tekrar soğumadan ateşleme yapmaz.

Civa buharlı lambalar yüksek ışık verimleri, daha uzun yaşam süreleri ve daha ekonomik tüketimlerinden dolayı fabrikalarda, caddelerde, hangarlarda ve stadyumlarda bol miktarda kullanılmaktadır.

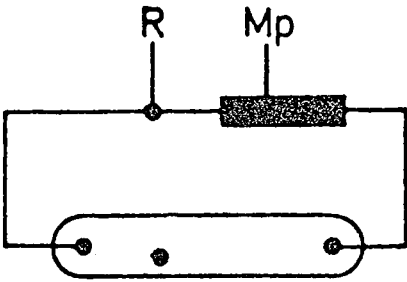
Civa buharlı-akkor lambalar iki tür lambanın birleştirilmiş bir şeklidir. Civa buharlı lambadaki deşarj tüpü yanına Wolframdan bir fleman takılmış olup her iki ışık kaynağı seri olarak bağlanmıştır. Fleman hem ışık kaynağı hem de deşarj tüpüne bir öndirenç görevi yapar. Bu nedenle bu lambaların dışardan bir balasta ihtiyacı yoktur. Civa buharlı akkor lambaların ortalama yaşam süresi 6000 saat olan ışık verimleri 18-28 lm/W arasındadır. Bu

lambalarda isteğe göre çeşitli flüoresans maddeler ile kaplanmakta ve aydınlatma amacı için caddelerde ve stadyumlarda kullanılmaktadır.

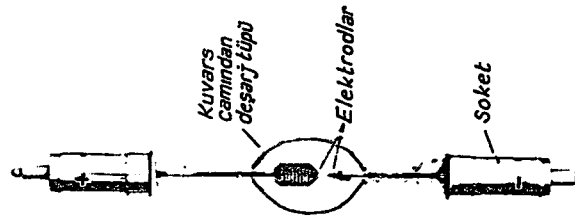
Halojen-metal buharlı lambalar ise civa buharlı lambalara bir miktar metal iyodürü katılmak suretiyle renk tonları ve ışık verimleri düzeltilmiştir. Bu türde oluşan lambalarda ışık verimleri 92 lm/W olup, beyaz tonda ışık verirler. Halojen metal buharlı lambalar alternatif akımda bir balast üzerinden işletilirler. Isınma süreleri 3-8 dakika arasında olup soğuma süresi 5 dakika kadardır. Bu lambalarda caddelerin, hangarların ve fabrikaların aydınlatılmasında kullanılmaktadır.

Sodyum buharlı lambalar, içinde sodyum buharı bulunan ve genellikle U şeklinde kıvrılmış bir deşarj tüpünden oluşmuştur. Oldukça yüksek ışık verimi elde edebilmek için ısı kayıplarının küçük tutulması gerekmektedir. Bu nedenle deşarj tüpünün havası boşaltılmış ve çift çeperli bir cins termos-ampul içerisine yerleştirilmiştir (Şekil 2.36). Sodyum buharlı lambaların ateşleme gerilimi 220 V'dan büyüktür. Sodyum buharlı lambaların ışık verimleri çok yüksektir. Ortalama yaşam süreleri 7500 saat olup, ısınma süreleri 10-15 dakika arasındadır. Üretilen ışığın rengi sarıdır. Bu ışık altında çeşitli renklerdeki cisimlerin kırmızı, mavi ve yeşil renkleri tanınmaz, ancak sarı renkler görülür. Bu nedenle sodyum buharlı lambalar yaya geçitleri, liman giriş ağızları ve dalga kıran gibi dikkat çekmesi gereken özel dış aydınlatmada kullanılmaktadır.

Yüksek basınçlı-Ksenon lambası da bir gazışıl lambadır. Kuvars camından yapılmış deşarj tüpüne bir kaç atmosfer basınç altında Ksenon gazı doldurulmuştur (Şekil 2.37)



Şekil 2.36 Sodyum buharlı lambanın devresi

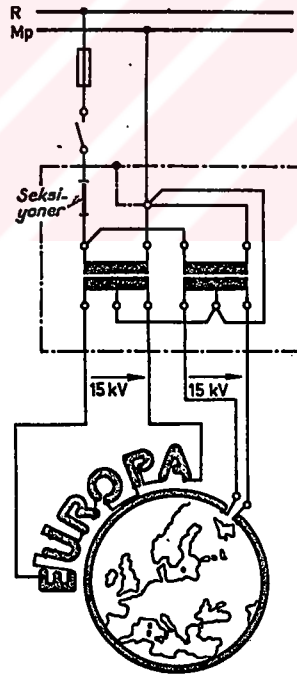


Şekil 2.37 1600 W'lık yüksek basınçlı-Ksenon lambası

Yüksek gaz basıncı ve kuvvetli kısa dalga ışımından dolayı, lamba koruyucu bir yuva içerisine yerleştirilmiştir. Ksenon kısa ark lambaları genellikle doğru gerilimle çalıştırılırlar. Ateşleme için özel bir yüksek frekanslı starter aygıtı kullanılmaktadır. Bu lambalar kapatıldıktan hemen sonra tekrar ateşlenebilmektedir.

Ksenon lambaları gün ışığına çok yakın bir ışık vermekte ve ışık verimleri 20-25 lm/W arasındadır. Aydınlatma yoğunluğu oldukça yüksektir. Ksenon lambalar sinema makinalarında, projektörlerde ve ikaz farlarında sıkça kullanılmaktadır. Ksenon uzun ark lambalarının 6,10 ve 20 kW gibi çok yüksek güçleri vardır. Bunlardan bol ışık kaynağı olarak çeşitli yerlerde kullanılmaktadır.

Soğuk flüoresans lambalarda gazışıl lambalardır. Ancak bunların elektrodları bir flemanla ısıtılmaz. Bu nedenle soğuk flüoresans lambalar ya da tüpleri denilmektedir. Bu tüpler ateşleme ve çalışma için yüksek gerilime ihtiyaçları vardır (Şekil 2.38)

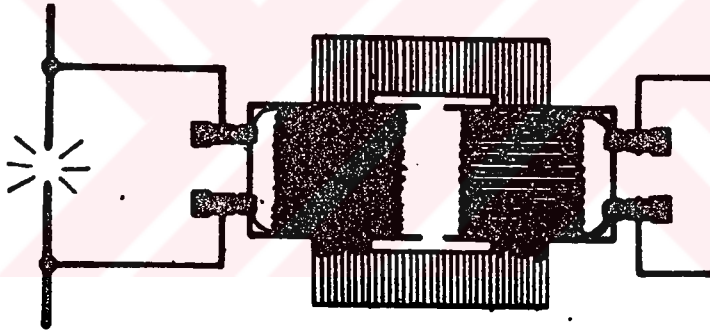


Şekil 2.38 Reklam amacı ile kullanılan bir flüoresans tüp devresi

Bir transformatör yüksek ateşleme gerilimi üretir ve işletme anında bilinen flüoresans lambalarda olduğu gibi akım kısıtlamasına yarar. İşletme anında geçen akım 25-125 mA, gerilimi 7,5 ile 15 kV arasında bulunduğundan, bu tüplerle çalışırken çok dikkatli

olunmalıdır. Genellikle reklam amaçlarında Şekil 2.38’de görüldüğü gibi kullanılan flüoresans tüplerin yaşam süreleri 10.000 - 15.000 saattir. Flüoresans tüplerin ışık rengi içine doldurulan gazın cinsine, kullanılan flüoresans maddeye ve camın rengine bağlıdır.

Karbon ark lambaları artık modern teknolojide yerleşimi yavaş yavaş ksenon lambalara bırakılmaktadır. Karbon ark lambalarında açıkta duran karbon elektrod bulunur. Bu elektrodları yüksek güçlü alternatif ya da doğru gerilim uygulanmaktadır (Şekil 2.39). Bunlar her ne kadar lamba şeklinde değilseler de ışık üretmesi nedeniyle lamba deyimi yakıştırılmıştır. Bir karbon ark lambasının çalıştırılması için önce karbon elektrodlar birbirine değecek kadar yaklaştırılır. Elektrodlar arası yüksek gerilim nedeni elektrik arkı oluşur oluşmaz, elektrodlar belirli bir mesafeye kadar uzaklaştırılır. Akım komutalı bir mekanizma elektrik arkı nedeni ile sürekli tüketilen elektrodları birbirine yaklaştırarak ara mesafeyi daima aynı ölçüde tutar.



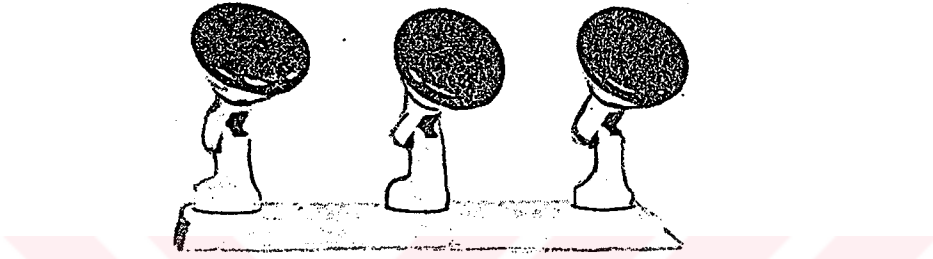
Şekil 2.39 Bir karbon - ark lambasının şematik çalışması

İki elektrod arasında oluşan elektrik arkı, gerçekte gaz halinde bir iletkendir. Yüksek gerilim nedeni ile elektrodlar arasındaki havanın dielektrik dayanımı aşılmış ve hava iyonize olarak iletken duruma geçmiştir. Arkı çabuk oluşturmak amacı ile önce elektrodlar birbirine yaklaştırılmakta sonra uzaklaştırılıp ark boyu büyütülerek ışık şiddeti yükseltilmektedir.

Aydınlatma yoğunluğu çok büyük olan ark lambaları ışıldaklarda ve sinema projektörlerinde kullanılır. Ancak elektrod tüketimleri yüksektir, sesli çalışırlar ve çalışırken karbonmonoksit gibi zehirli gaz çıkarırlar. Bu nedenle kapalı sistem havalandırmaya kesinlikle gereksinim duyar [Erna, 1977].

2.3.1.3. Özel Işın Lambaları ve Kaynakları

Kızılötesi lambalar akkor lamba prensibine göre çalışırlar, ancak güçleri 500-1000 W'tır. Wolfram metalinden çift katlı spiral fleman kor haline geçerek bir ısıtma direnci gibi kızılötesi ışını üretir. Lambanın içinde bulunan reflektör flemanın ürettiği kızılötesi ışınları yansıtır. Lambanın tepe kısmı koyu kırmızı renkli camdandır ve yalnızca kırmızı renkli ışık ile kızılötesi ışınlarının geçmesine olanak tanır.

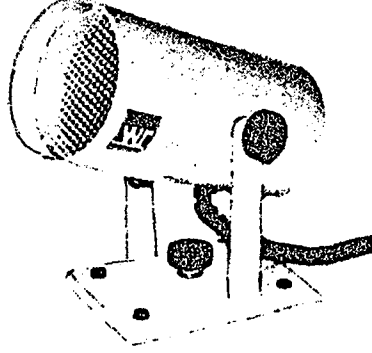


Şekil 2.40 Fizik tedavisinde kullanılan kızılötesi bloku

Kızılötesi ışınlar yüksek ısıtıcı güçleriyle cisimlerin içine geçebilme yeteneğine sahiptirler. Bu nedenle romatizma, siyatik ve ağrılı hastalıklarda tedavi amacı ile kullanılır (Şekil 2.40)

Ultraviyole lambası içinde kuvars camından ve çift elektrodlu bir deşarj tüpü bulunur. Deşarj tüpünün içi civa buharı ya da ksenon gazı ile doldurulmuştur. Çalışma ya da ışın üretme bakımından civa buharlı bir lambadan farkı yoktur. Ancak elektrodları özel bir metal alaşım olduğundan, daha yoğun bir şekilde ultraviyole ışınları üretir. Bu lambaların ampullerinde flüoresans madde kullanılmaz. Tüp spot şeklinde yapılırlar. Ultraviyole lambası 3 ile 5 dakikalık ısınma süresinden sonra tam ışık verir. Sıcak lamba tekrar soğumadan hiç bir halde ateşleme yapmaz. Çalışan ultraviyole lambalarına kesinlikle çıplak gözle bakılmama-lıdır, aksi takdirde gözün retina tabakasında yaralar açılarak körlük tehlikesi ortaya çıkar. Ultraviyole ışınları cisimlerin içinden geçemezler. Hatta belirli mesafeden sonra havada yuturular. Bu ışınların bulunduğu yerde hava oksijeni (O_2) ozongazı (O_3) haline gelir. Ultraviyole lambaları yapay yanma ve dezenfeksiyon amaçları ile kullanılır. İnsan

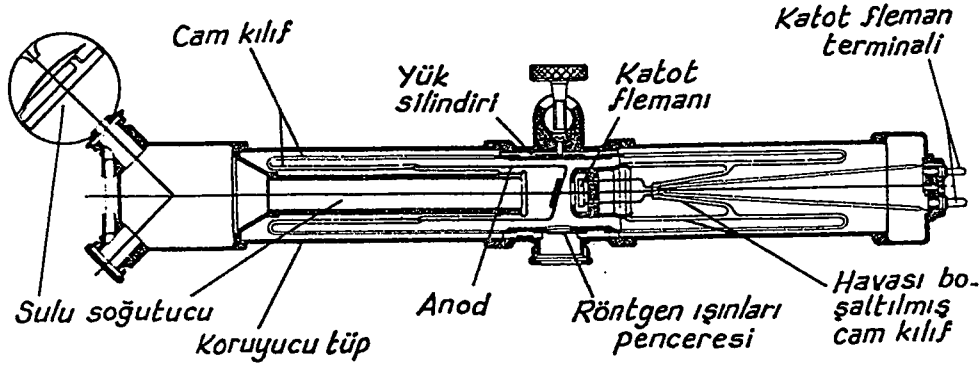
derisine renk veren pigment maddeleri ultraviyole ışınları altında koyulaştıklarından güneş yanığı oluşturan yapay yanma lambaları geliştirilmiştir (Şekil 2.41)



Şekil 2.41 Bir yapay yanma lambası

Ancak bu lambalardan yararlanırken kesinlikle koruyucu gözlük takılmalıdır. Ultraviyole ışınları şiddetli dezenfektan yani mikrop öldürücüdür. Işıdığı alan içinde bir lamba 10 cm uzaklıktan 5 s de su içinde olan mikropların %40'ını, 30 sn'de de %100'ünü öldürür. Bu nedenle kent içme sularının dezenfeksiyonunda kullanılır.

Röntgen lambaları şimdiye kadar çalışması anlatılan lambaların hiçbirine benzemez. Gerçekte sıcak katotlu bir elektron lambasıdır. Ancak ışın üretmesi nedeni ile özel ışın lambaları grubuna içerilmiştir. Lamba iki elektrodu bulunan havası boşaltılmış bir cam tüp şeklindedir. Röntgen ya da X-ışınlarının çıkabilmesi için küçük bir pencerenin dışında her tarafı kapalıdır. Yalnızca yüksek gerilimli (20-200 kV) doğru akımla çalışır. Katot ayrı bir gerilim kaynağı tarafından beslenen bir fleman ile ısıtılır. Isınan katot üzerindeki elektronlar anod-katot yüksek gerilimi nedeni ile hızla anoda çekilirler. Büyük bir hızla anoda çarpan elektronlar aldıkları enerjiyi kısmen ısı kısmen X-ışınları halinde verirler. Açılı duran anod, oluşan bu X-ışınlarını aynadan yansıtır gibi pencereden dışarı ışınlar. Röntgen lambaları çalışırken çok ısınır ve bu nedenle anodları su akımı ile soğutulur (Şekil 2.42).

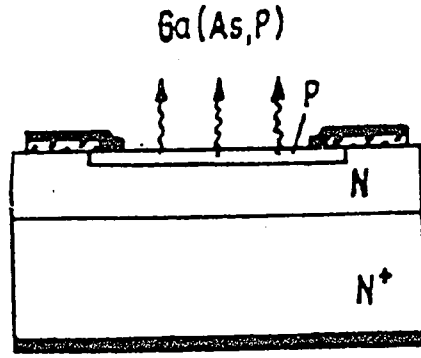


Şekil 2.42 Modern bir röntgen lambasının kesiti

X-ışınlarının frekansı anodda kullanılan metalin cinsine ve lambanın anod-katot gerilimine bağlıdır. X-ışınları gözle görülmezler ancak fotoğraf kağıdını karartır. Bu ışınların çok küçük dalga boylarından dolayı cisimlerin içine girme yetenekleri vardır. Ancak kurşun gibi ağır metallere etki etmezler. X-ışınları yüksek dozda uzun süre alındığında, yaşayan hücrelerin yapılarını değiştirerek kanser ve kısırlık gibi sonuçlar doğurur. Röntgen lambaları bugünkü uygulamaya göre tıpta ve teknikte (örneğin metal çatlakların saptanması) teşhis aracı olarak ve radyoterapide tedavi amacı ile kullanılmaktadır.

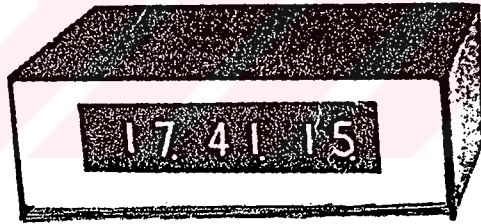
Işık saçan diyotlar çağdaş uygarlığın en son buluşlarından biridir ve bir çok aygıtın bir cebe girecek kadar minyatürleştirilmesine olanak tanımışlardır. Nitekim bu diyotlar çok küçük akımlarla (2-10 mA) çalışabilmekte ve yeteri parlaklıkta ışık verebilmektedir. Bugün bu diyotlar gözle görülür ve görülmez olarak iki tür ışın saçarlar. Görünür ışınlar genellikle kırmızı, yeşil ve sarı renklidir. Görülmeyen ışınlardan en çok kızılötesi ışınları saçan diyotlar uygulama alanı bulurlar.

Kırmızı ışık saçan bir diyotun kesiti Şekil 2.43'de gösterilmiştir. Işık yalnızca 4 μm kalınlığında olan P tabakası ile N tabakası arasında elektrik akımının geçmesi sonucu oluşur ve P tabakasından geçerek saçılır. P ve N tabakaları Gallium metalinin Arsenik ve Fosfor metalleri ile kirletilmesi sonucu özel yöntemlerle elde edilmiş yarıiletken malzemelerdir.



Şekil 2.43 Işık saçan bir diyotun kesiti.

LED diye de anılan ışık saçan diyotlar oldukça az ısı oluşturdıklarından çok küçük şekillerde yapılabilmektedir. Minyatür uyarı lambaları şeklinde yapılmış olanları modern bir çok elektronik aygıtın üzerinde görmek olasıdır. Şekil 2.44'de LED'lerle donatılmış elektronik bir zaman saati görülmektedir [Erna, 1977].



Şekil 2.44 Elektronik saat

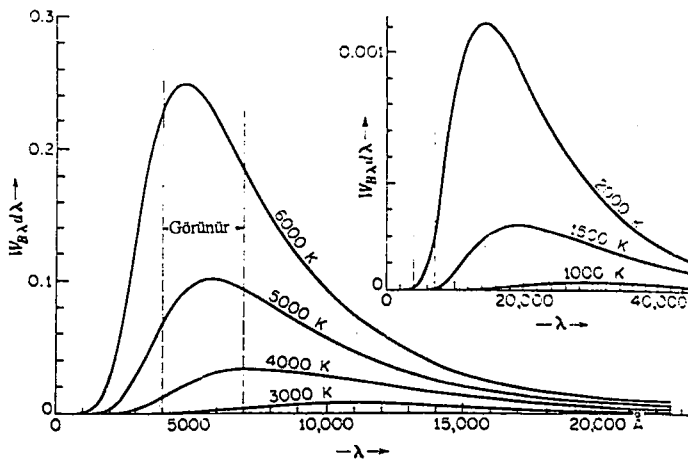
2.3.2. Işık Spektrumlarının Sınıflandırılması

Spektrumların iki temel sınıfı sözkonusudur. Bunlar, emisyon ve absorpsiyon spektrumudur. Emisyon spektrumu, doğrudan gelen ışık bir spektroskop ile incelendiğinde elde edilen spektrumdur. Absorpsiyon spektrumu, ışık bir kaynaktan çıktıktan sonra birtakım soğurucu ortamlardan geçmesi sonucu bazı renklerin soğurulması şeklinde görülen spektrumdur.

Her iki gruptaki spektrumda sürekli, çizgisel ve bant spektrumu olmak üzere üçer şekli vardır. Şekil 2.46, Şekil 2.47 ve Şekil 2.49 üç tipi gösteren fotoğraflanmış spektrumları göstermektedir. Hem emisyonda hem de absorpsiyonda çok az istisna ile katılar ve sıvılarda çok keskin kopukluklar olmaksızın geniş ölçüde dalga boylarının içerildiği sürekli emisyon ve absorpsiyon spektrumlarını verirler. Kesikli spektrumlar gazlarda elde edilir. Gazlar bazı durumlarda aynı zamanda bir gerçek spektrumu çıkartabilir ve absorbe edebilir. Emisyon spektrumlarının 3 tipi bir karbon arki ile kolaylıkla gözlemlenebilir. Eğer spektroskop arkın beyaz sıcak kutbunda gösterilirse spektrum mükemmel bir biçimde sürekli dir. Eğer kutuplar arasındaki mor gaz boşaltımında gösterilirse yeşil ve morda bantlar görülür ve her zaman Nadoğrularına benzeyen bir kaç doğru karbondaki karışıklıktan dolayı mevcuttur.

Sürekli emisyon spektrumunun en yaygın kaynakları yüksek sıcaklıktaki katılardır. Sürekli spektrumdaki enerjinin farklı dalga boylarındaki yayılımı yüzeyin farklı dalga boylarındaki ışığı absorbe etmek becerisine bağlıdır. Bu nedenle üzerine kırmızı bir tasarım bulunan bez parçasında kırmızı bölüm mavi ve mor ışığı kırmızıdan daha güçlü biçimde absorbe etmektedir. Parça bir fırında yüksek bir sıcaklığa kadar ısıtılıp çıkarıldığı zaman tasarımın çıkan ışık ile mavimsi görüneceği gözlemlenecektir. Çünkü bu bölümler mavi için en iyi absorberler ve emitterlerdir. Genelde bu nedenle böylesi bir katının yansıma spektrumu onun emisyon spektrumuna ipucu sağlar.

Şekil 2.45’de gösterildiği gibi tüm dalga boylarını tamamıyla absorbe eden bir siyah kütle standart olarak alınmaktadır. Çünkü özellikle diğer maddelerden gelen radyasyon karşılaştırılabildiği bir durumu içermektedir.



Şekil 2.45 Siyah cismin ışıma eğrileri

Şekil 2.46 (a) bu eğrilere karşı gelen gerçek spektrumun fotoğraflarını göstermektedir. 2000 K için eğri bir tungsten teli için oldukça iyi biçimde gösteriyor iken 6000 K için eğri güneşinkine yakındır. Absorbansın dar bölgeleri elde edilen eğriyi altındaki alan tüm dalga boylarında çıkarılan toplam enerjiyi temsil etmektedir ve mutlak sıcaklıkla hız artar. Her bir saniye her bir cm^2 için bir siyah kütle için yüzeyinden çıkan erg olarak toplam enerji W_B ve mutlak sıcaklık T hatırlanarak Stefan Boltzmann yasası

$$W_B = \sigma T^4 \quad (2.33)$$

şeklinde yazılabilir. σ sabiti $5,669 \times 10^{-5} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-4}$ değerine sahiptir.

Her bir eğrinin maksimum dalga boyu λ_{max}

$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = \text{sabit} = 0,2898 \text{ cm} \cdot \text{deg}. \quad (2.34)$$

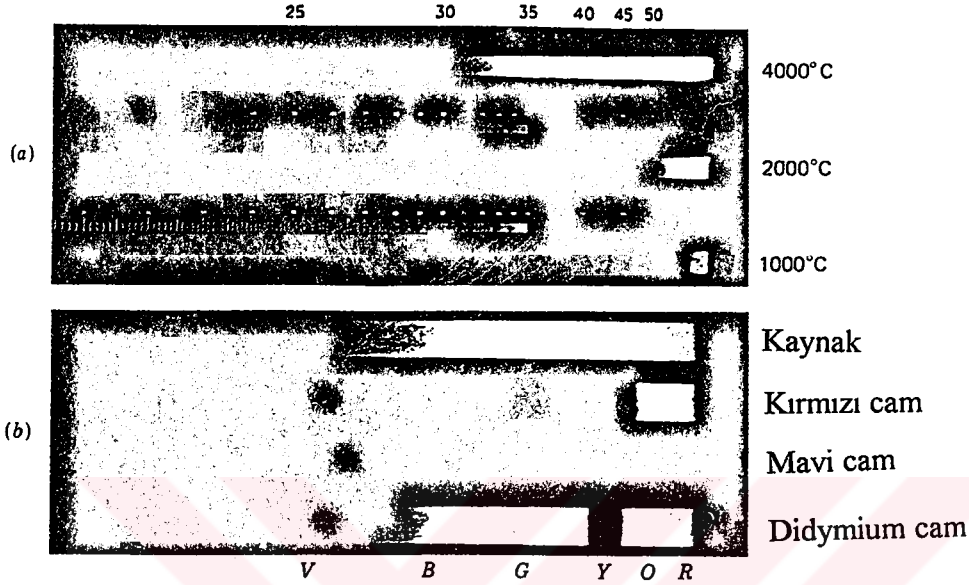
sıcaklığa bağlı olan Wien - kayma yasası Denklem 2.34 biçimindedir. Burada λ_{max} cm birimidir, eğrinin kendisinin biçimi Denklem 2.35 biçiminde yazılabilen Planck Yasası ile verilmektedir.

$$W_{B\lambda} d\lambda = \frac{C_1}{\lambda^5} (e^{C_2/\lambda T} - 1)^{-1} d\lambda \quad (2.35)$$

Burada e logaritma tabanı 2,718 iken C_1 ve C_2 değerleri λ birimine bağlı sabitlerdir. $C_1 = 3,7413 \cdot 10^{-5} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ve $C_2 = 1,4388 \text{ cm-deg}$. Bu sabitler şüphesiz ki, Stefan - Boltzmann ve Wien Yasasındaki sabitlerle ilişkilidir. Çünkü Denklem 2.33 $\lambda=0$ olan $\lambda = \infty$ kadar onun integrali alınarak Denklem 2.35'den elde edilebilir. Bu nedenle Denklem 2.34 deki sabit $C_2 / 4,965$ dir. Bu denklemler şüphesiz ki sadece bir ideal siyah kütle gelen radyasyona uygulanmaktadır. Bu durum hiçbir zaman deneysel olarak keskin surette farkedilmez. Fakat siyah bir kütle ya da küçük bir deliği olan çukur oyuk ile yaklaştırılabilir. $W_{B\lambda}$ da miktarı bir $d\lambda$ aralığında tüm yönlerde her bir saniyede cm^2 için polarize olmamış radyasyon emisyonu gösterir.

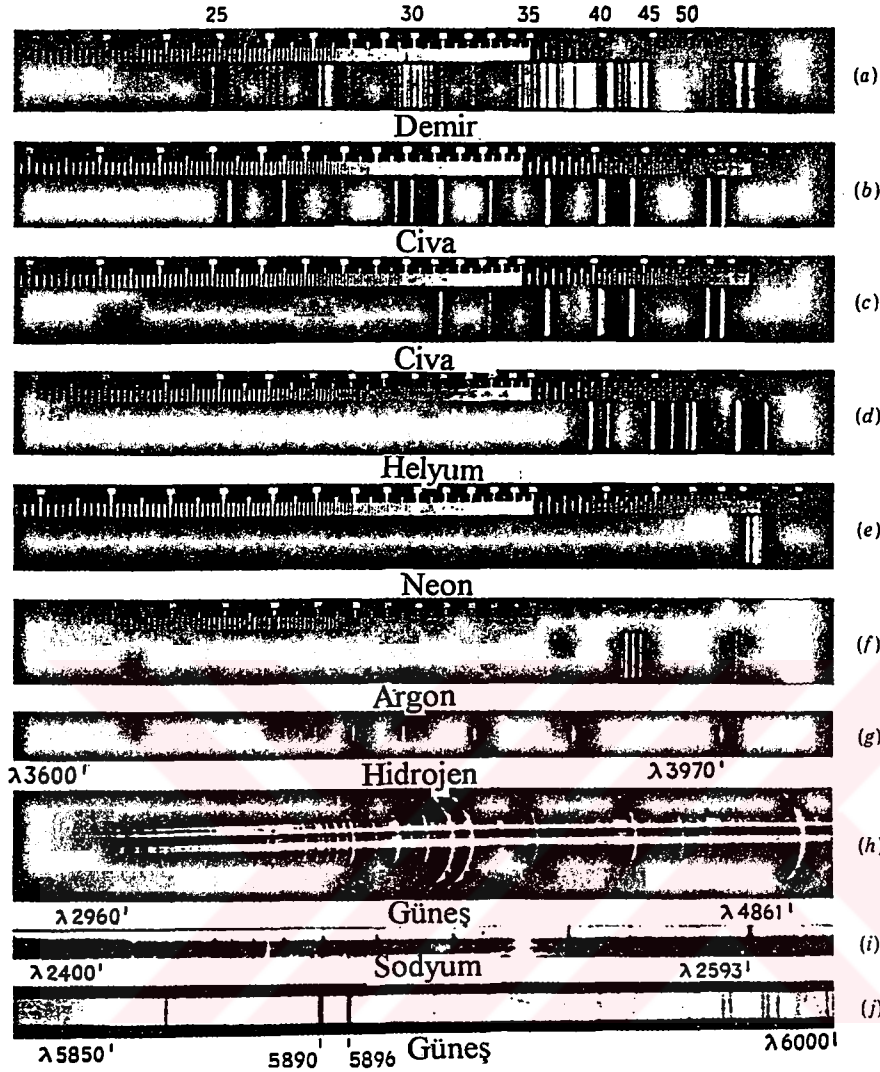
Ultraviyole bölgesindeki sürekli bir spektrum kaynağı bazen bu bölgesindeki absorpsiyon spektrumun incelenmesi için istenir. Sıcak katılar yüksek sıcaklıklarda bile çıkardıkları ultraviyole ışının nispeten küçük miktarından dolayı bu amaç için uygun değildirler. Bu amaç için 5 ila 10 mm basınçtaki H gazından geçen bir vakum tüp

boşaltımının çok tahmin olduğu bulunmuştur. Eğer bir amperin 1/10, 2/10, 3/10'u gibi bir akım 2000V ta oldukça geniş bir ısı (5 mm çapında) bir tüpten geçerse bu spektrumun maksimum şiddeti morda bulunmaktadır. Fakat yaklaşık 1700 Å kadar ultraviyoleye doğru uzanır.



Şekil 2.46 Sürekli spektrum. (a) Üç farklı sıcaklıktaki bir katının kuvars spektroskopisi yöntemiyle sürekli emisyon spektrumu gösterimi. (b) Sürekli absorpsiyon spektrumu. Üstteki spektrum kaynak boyunca 4000 ile 6000 Å da aşağı yukarı genişletilir. Diğerleri de koloroid camın üç çeşidi araya girerek bu spektrum üzerinde görüntü çizilir.

Doğru Spektrumu, bir prizmanın kesiti ya da derecelendirmeli spektrumu Hg- arkından gelen ışıkla aydınlatıldığı zaman farklı renkte birkaç doğru gözde görülür. Yaygın doğru spektrumunun fotoğrafları Şekil 2.47 (a) ile (j) arasında gösterilmektedir. Bu doğruların herbiri özel bir doğru ışığı ile teleskop lenslerden oluşan kesitin bir görüntüsüdür. Farklı dalga boyları prizma ya da derecelendirmeli tarafından oluşan farklı açılar aracılığı ile sapar. Bu nedenle doğru görüntüleri ayrı ayrıdır. Doğru spektrumunun adını bir kesitin geleneksel olarak kullanımından (görüntüsü bir doğru oluşturan) aldığından farkedilmesi önemlidir. Eğer bir nokta disk ya da herhangi bir formda açıklık kolimatörde kullanılırsa spektrum doğruları noktalara disklere vb.'ine dönüşür. Genellikle astronomik kaynaklardan spektrumun fotoğrafının çekilmesinden kolimatörden tamamıyla vazgeçilir ve teleskop lenslerinin önüne yerleştirilen prizma veya dereceli bir spektroskopa dönüştürür. Şekil 2.47 (h) bilinen karanlık doğru absorpsiyon spektrumu solar atmosfer gazlarından gelen bir emisyon spektrumu ile yer değiştirdiğinde bir toplam karartma anındaki güneş spektrumunu gösterir.



Şekil 2.47 Doğru spektrumu

Doğru spektrumunun en güçlü kaynakları metalik arklar ve buji kıvılcımları olup kıvılcımlar sıklıkla kullanılmaktadır. Çünkü verdikleri doğru spektrumları çok zengin olmayıp genelde daha basittir. Doğru emisyon veya doğru absorpsiyon spektrumunun kaynakları gazlardır. Bunun yanısıra günümüzde sadece bireysel atomların gerçek doğru spektrumu verdikleri bilinmektedir. Bir başka anlatımla bir moleküler bileşik tüpündeki CH_4 gazı C-arkındaki NaCl gibi kaynaktan kullanıldığı gibi doğrular molekülerden dolayı değil elementlerden dolayı gözlenmektedir. Örneğin metan H'den dolayı oldukça güçlü bir doğru spektrumu vermektedir ve NaCl'ün sarı-Na doğruları verdiği bilinmektedir. C ve Cl den kaynaklanan doğrular önemli kuvvete sahip gibi görünmezler. Çünkü bu elemanların

emisyon haline getirilmeleri çok zordur ve onların en güçlü doğruları ultraviyole'de bulunmaktadır ve spektrumun görülebilir bölümünde bulunmaktadır. Tablo 2.2'de güçlü (g), orta (o) ya da zayıf (z) olup olmadıkları açısından bir gösterimle belirli yaygın kullanılan emisyon spektrumdaki doğruların dalga boyları verilmiştir.

Tablo 2.2 Emisyon spektrumundaki doğruların dalga boylarının gösterimi

Sodyum	Civa	Helyum	Kadmiyum	Hidrojen
5889,95 (g)	4046,56 (o)	4387,93 (z)	4678,16 (o)	6562,82 (g)
5895,92 (o)	4077,81 (o)	4437,55 (z)	4799,92 (g)	4861,33 (o)
	4358,35 (g)	4471,48 (g)	5085,82 (g)	4340,46 (z)
	4916,04 (z)	4713,14 (o)	6438,47 (g)	4101,74 (z)
	5460,74 (g)	4921,93 (o)		
	5769,59 (g)	5015,67 (g)		
	5790,65 (g)	5047,74 (z)		
		5875,62 (g)		
		6678,15 (o)		

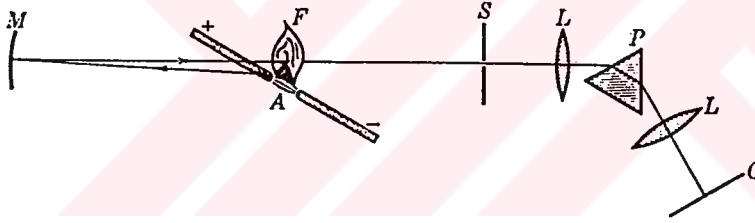
Doğru absorpsiyon spektrumu sadece bireysel atomlardan (monoatomik gazlar) rastgele oluşan gazlarla elde edilir. Solar spektrumdaki absorpsiyon doğruları moleküler olarak birleşmekten ziyade varolan atomlardan dolayı mevcuttur. Bunun tek nedeni güneşin atmosferi geri dönen tabakadaki düşük basınç ve yüksek sıcaklıktadır (Şekil 2.47(h) den (j) ye kadar). Fraunhofer tarafından bu doğruların incelenmesindeki ilk dönemlerde daha önemli olanlar harflerle gösterilmiştir. Fraunhofer doğruları spektrumda çok yararlıdır. Örneğin kırılma indislerinin belirlenmesi ve ölçümünde, bu nedenle burada Tablo 2.3'de meydana geldikleri kimyasal atomları ya da molekülleri ya da onların dalga boyları verilmiştir. A, B “doğruları” ve α gerçek bantlardır. Atmosferdeki O_2 tarafından absorbe edilirler. b_4 ve G nin rastgele çözülmeyen fakat farklı elemanlardan kaynaklanan iki doğru karışımı olduğu görülecektir.

Tablo 2.3 Fraunhofer doğruları çoğunluk şiddeti

İsim	Kaynak	Dalgaboyu °A	İsim	Kaynak	Dalgaboyu °A
A	O ₂	7594 - 7621	b ₄	Mg	5167,843
B	O ₂	6867 - 6884	C	Fe	4975,609
C	H	6562,816	F	H	4361,327
α	O ₂	6276 - 6287	d	Fe	4668,140
D ₁	Na	5895,923	e	Fe	4383,547
D ₂	Na	5889,953	f	H	4340,465
D ₃	Hc	5878,618	G	Fe	4307,906
E ₂	Fe	5269,541	G	Ca	4307,741
b ₁	Mg	5182,618	g	Ca	4226,928
b ₂	Mg	5172,699	h	H	4101,935
b ₃	Fe	5168,901	H	Ca ⁺	3968,468
b ₄	Fe	5167,491	K	Ca ⁺	3933,666

Laboratuvarda doğru absorpsiyon spektrumunu gözlemlemek için çok uygun olan sadece birkaç madde mevcuttur. Çünkü pek çok monoatomik gazın absorpsiyon doğruları ultraviyole de bulunmaktadır. Alkali metalleri bir istisnasıdır ve eğer Na, uçlardan cam pencereler ile pyrex-cam ya da çelikten arındırılmış tüp ısıtılırsa tüp boyunca gözlemlenen bir tungsten kaynağından ışık spektrumu absorpsiyondaki Na doğrularını gösterecektir. Şekil 2.47 (i) sıradan sürekli emisyon spektrumuna karşı karanlık doğrular olarak görünecektir.

karşılık gelen özel frekansları absorbe edilebilmektedir. Bu koşullar altında alevin pozitif kutbu'ndan daha alt bir sıcaklıkta bulunmasından dolayı doğrular spektrumunda karanlık gözükmemektedir. Bu durum Denklem 2.33 açılımı Kirchhoff Yasasının bir sonucudur. Bunu göstermek için D doğrularının dalga boyu için alevin α_λ absorbansının $1/4 W_{B\lambda}$ dır. Bir başka anlatımla sarı doğrular alev sıcaklığında bir siyah kütleden karşılık gelen radyasyonun $1/4$ şiddetiyle çıkartılır. Bundan dolayı eğer arkın kutbu alev aynı sıcaklıkta olur ise absorbe edilen miktar emisyon tarafından telafi edilir ve spektrumda hiçbir doğru görülmez. Bununla birlikte alev önemli ölçüde düşük sıcaklıktadır ve bu nedenle ortaya çıkan miktar absorbe edilen miktarı oluşturmaya yeterli değildir ve karanlık doğrular gerçekte pozisyonundaki ayna ile gözlemlenebilir. Aynayı kaydırarak böylelikle kutbun daha soğuk bölümünün gösterimi yarık üzerine düşecektir. Doğruların yok olması sağlanabilir ya da kutbun seçilen bölümün sıcaklığı alevin sıcaklığından daha az olduğu zaman pek çok doğrulara dönüştürülmesi sağlanacaktır.



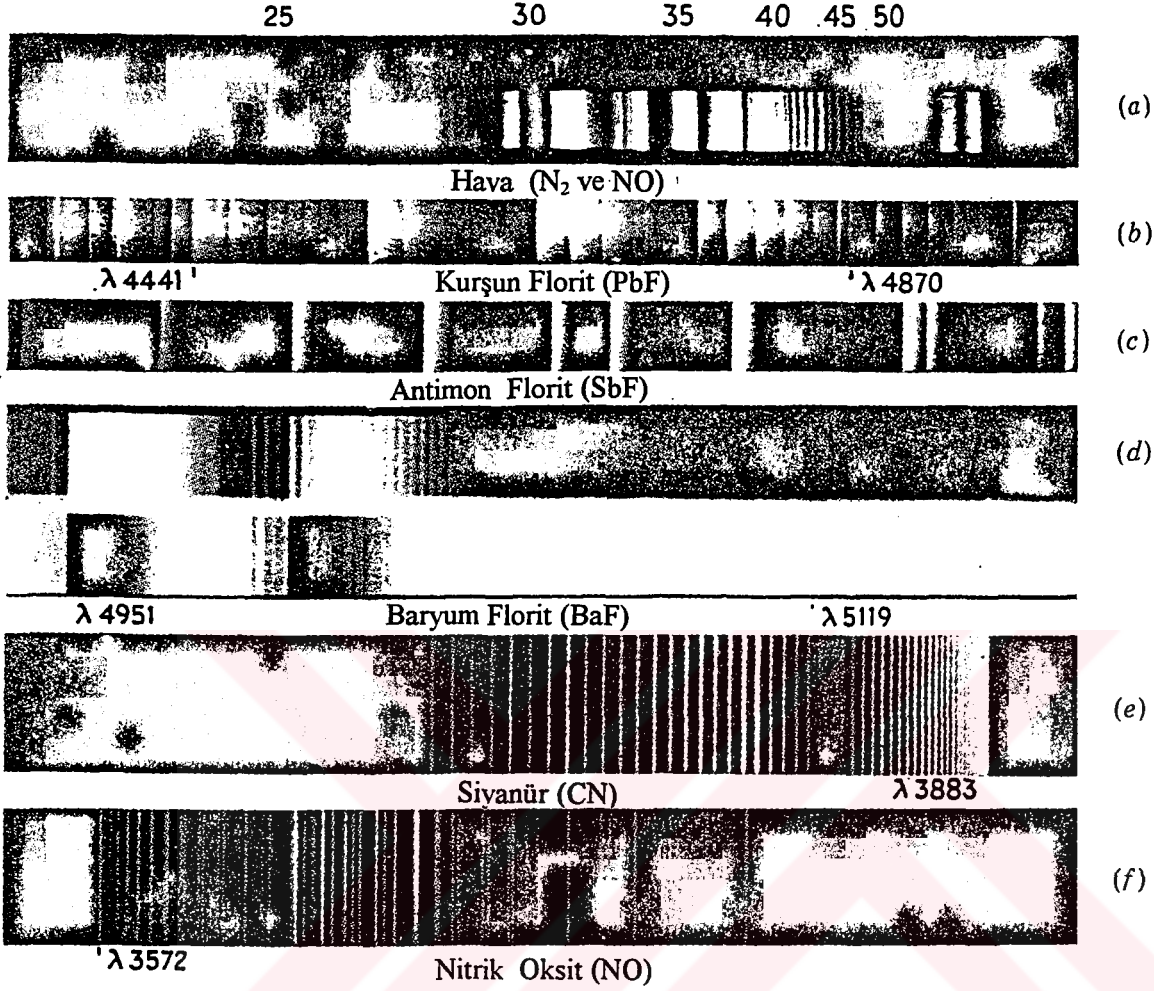
Şekil 2.48 Na'nın D doğrularının absorpsiyonunda gösterilen deneysel düzenleme ve ısımının Kirchhoff Yasasının resimlenmesi.

Laboratuvar gözlemi için en uygun bant spektrum kaynakları alev, vakum tüp ve metalik tuzla kaplanmış C arkı Ca ya da Ba tuzları arkdır. Daha küçük yayılım spektroskopu ile gözlemlendiği gibi bu spektrum onları doğru spektrumundan ayıran tipik bir görünüm sergilenmektedir (Şekil 2.49 (a) dan (d) ye kadar). Herbiri ilk olarak adlandırılan bir taraftaki keskin bir kenara sahip pekçok bant genellikle gözlenebilir. İlk bant diğer tarafa doğru aşama aşama kayar. Bazı bant spektrumunda birkaç tane birbirine yakın bantlar, (sıralar oluşturmak için içiçe geçmiş) görülecektir (Şekil 2.49 (b ve d)). Diğerlerinde ise bantlar Şekil 2.49 (c) de görüldüğü gibi oldukça yayık bir biçimde konulacak. Yüksek bir yayılım ve

büyük bir derecelendirmeli çözücü gücü kullanıldığı zaman herbir bantın gerçekte ince doğrudan oluştuğu bulunur. Bu doğrular belirli bir düzenle bantın dalları adı verilen dizilerle düzenlenmişlerdir. Şekil 2.49 (e) de iki dal herbir doğrunun görülmediği bir daha önce bahsedilmiş açıklıktan zıt yönlerde başladığı görülmektedir. (f) de bant çifttir ve sol taraftaki üyenin iki dalı yanyana uzanıyormuş gibi görünür.

Farklı kanıtlar bant spektrumunun moleküllerden meydana geldiğini işaret ederler. Yani iki ya da daha fazla atom kombinasyonudur. Bu nedenle Ca'un atomik ya da doğru spektrumu arka koyduğumuz tuzdan bağımsız iken CaF_2 , CaCl_2 ya da CaBr_2 kullanılarak farklı bantlar elde ettiğimiz bulunmuştur. Aynı zamanda gazın daha düşük şiddetle bir müdahale gerektirdiği kaynak tiplerinde bantlar görülebilirler. Sıradan bir yoğun olmayan boşaltma tabii olan bir vakum tüpteki nitrojen sadece bant spektrumunu gösterirken eğer bir yoğun boşaltım kullanılmışsa doğru spektrumu meydana gelir. En açık kanıt, tek moleküllü olduğu bilinen bir gazın absorpsiyon spektrumun atomlardaki herhangi bir kopukluğun olmayışından dolayı doğruları değil bantlarını gösterdiği gerçeğinde yatmaktadır. Bunun yanısıra yukarıda tanımlanan ve gösterilenler gibi herhangi basit bant spektrumu diatomik molekülden oluşur. CaF_2 arka konulduğu zaman gözlemlenen bantlar CaF den kaynaklanmaktadır. Kaplanmamış C daki mor bantlar CN, havadan gelen nitrojenden kaynaklanmaktadır (Şekil 2.49 (e)). Bir vakum tüpteki CO_2 CO spektrumu vermektedir. Diatomik moleküllerde daha karmaşık moleküllerin bu tip ayrılmasına ilişkin pekçok diğer örnek vardır.

Bir doğru spektrumunu üretirken bir gazın atomları tarafından çıkartılan çeşitli sınırlı frekansları yorumlama çabası bu yüzyılın başlarında fizikte pekçok zeki beyni işgal etti. Ve sonunda en önemli sorulara ulaştı. Tıpkı bir keman telinin titreşim frekanslarının frekansları tüm sayıların temel basit oranını gösteren ses dalgalarını verdiği çeşitli spektral doğrulardaki ışık frekanslarının birbirleriyle bazı belirli ilişki göstermesi gerektiği farzedildi. Bu durum atomun titreşim modlarına ve yapısına anlamaya yönelik ipucu verecektir. Gerçek olan durumda buydu.



Şekil 2.49 Bant spektrumu

Tabii ilk kez tahmin edildiğinden farklı bir biçimde frekansların belirli bir ilişkisi gerçekte spektral dizilerde bulundu. Bununla birlikte atomik frekanslarının bir keman telinkiler gibi davranmadığı görülecekti. Atomik frekanslarda aşırı tonlarda sınırsız bir frekansa (0 dalga boyu) doğru istikrarlı bir biçimde artarken bir spektral dizide frekanslar belirli bir sınırlayıcı değere yaklaşırlar. Doğru spektrumun tam açıklaması bu aşamada Kuantum Teorisi olarak açıklanan yeni bir teorinin geliştirilmesinden elde edilmiştir. Bu teori pekçok açıdan elektromagnetik teoriyle birebir karşıt olmasına rağmen elektromagnetik spektral doğruların polarizasyonu ve şiddet gibi problemleri ele almada başarısız kalmıştır. Aynı zamanda kaynak bir magnetik alana yaklaştırıldığında doğruların davranışına yönelik ilk ipuçları

verilmiştir. Bununla birlikte doğru spektrumunun tam bir açıklaması için kuantum teorisi mutlak biçimde gereklidir.

Bant spektrumu aynı zamanda tam bir açıklama için kuantum teorisini gerektirmektedir. Bununla birlikte moleküller spektrumun elektromagnetik değerlendirilmesi bir şekilde daha başarılıydı. Bantların belirli dizileri bir temel ve aşırı tonlarda birbirleriyle yakın ilişkili şiddetlere ve frekanslara sahip infrared de gözlenmiştir. Bunların onları birleştiren doğru boyunca diatomik moleküldeki iki çekirdeğin titreşiminden kaynaklandığı bilinmektedir. Bir bireysel bantın iki dalı (Şekil 2.49 (e)) yukarıdaki doğruya dik olan bir yönde molekülün rotasyonundan kaynaklanıyor biçimde açıklanabilir. Bu nedenle elektromagnetik teorisinin rotasyon ve titreşiminin frekanslarının toplamı ve farklı olan iki frekans kombinasyonunu verir. Bununla birlikte bu teori herbir dalga frekansının sürekli dağılımını gösterir ve bu kesikli doğruları açıklamada yetersizdir.

Sürekli bir spektrumun sıvılardan ve katılardan elde edilmesi burada atomların bir gazdaki duruma nazaran birbirlerine daha yakın oldukları ve birbirleri üzerinde güce sahip oldukları gerçeğinden anlaşılır. Bir gazda atomlar birbirlerine uzak iken belirli frekanslar çıkartabilirken, bunlar bir katıdaki atomların karşılıklı iç etkileri ile öylesine belirlenmişlerdir ki sürekli bir spektrumda yayılırlar. Bu etkinin başlangıcı oldukça yüksek basınçta gaz spektrumunda görülmektedir. Doğrular daha sık çarpışmalardan ve aşağıda verilen diğer etkilerden dolayı oldukça geniştirler. Bu genişleme basınçla artar, böylelikle sonuçta gaz sıvı duruma yaklaşırken doğrular sürekli bir spektrumda görülürler. Elektromagnetik teoride de sıcaklığın artışı ile bir katıdan gelen radyasyondaki artış niteliksel olarak anlaşılabilir. Yüklü parçacıkların hareketleri madde daha sıcak hale geldiği zaman boyut olarak artar. Sonuç olarak çıkartılan dalgaların boyutuda artmaktadır. Daha hızlı artışlar ortalama dalga boyunun sıcaklık artkça daha yüksek frekanslara doğru kaymasına neden olacaktır. Bir kez daha bununla birlikte kuantum teorisi farklı dalga boylarındaki gerçek enerji dağılımının açıklanması için gereklidir. Gerçekte önce Planck'ın bu teorisinin esaslarını oluşturan devrimsel varsayımları yapmasını sağlayan Denklem 2.35'nin türetilmesi çabasıydı [Jenkins, et al., 1977].

3. RENK

Renkli resimler ile modern bir dergi, amatör ve profesyonel renkli fotoğraflar, renkli tablolar, renkli ambalajlardaki mallar, günlük hayatımızda rengin artan önemini gösterir. Renk artık sadece artisti ilgilendirmiyor aynı zamanda fizikçiyi, kimyageri ve mühendisi de ilgilendiriyor.

Lord Kelvin, “kendisinden bahsettiğiniz şeyi ölçebildiğiniz ve onu bir sayı ile ifade edebildiğiniz vakit, onun hakkında birşey bildiğinizi söylerim; fakat onu bir sayı ile ifade edemediğiniz takdirde, bilginiz zayıf ve tatmin etmeyici cinstendir; bir bilginin başlangıcı olabilir, fakat ne olursa olsun, düşüncelerinizde bir bilim basamağına ancak yeni varmış bulunursunuz” demiştir.

Bugün renk bilimi doğmuştur. Çünkü artık renk, ölçülebilir ve sayı ile ifade edilebilir.

Renk kelimesi genel olarak birçok farklı anlamlarda kullanılır. Psikolog bu kelimeyi, bir gözleyicinin gözünün retinasında ışıyan enerji vasıtasıyla bir uyarım olduğu vakit bilincinde oluşan duyguya atf eder. Aynı terim, bir kitabın kırmızı olduğu söylenildiği vakit gibi, bir cismin bir özelliğini belirtmek için kullanıldığı vakit tamamen farklı bir anlamda kullanılır.

Amerikan Optik Derneğinin Kolorimetri Komitesi tarafından renk, mekân ve zamandaki homojensizliklerden ziyade ışığın karakteristiklerinden oluşur, renk gözün retinasının uyarımlarından doğan görme duyuları vasıtasıyla bir gözleyici haberdar eden bir ışıyan enerji olayıdır şeklinde tanımlanmıştır [Sears, et al., 1982].

Renk, göz ile anlaşılan bir ışık tesiridir. Işığın eşya üzerine çarpması ile yansıyan ışıklardan gözümüzde meydana gelen duyuların herbiri rengi oluşturur. Renk kişiseldir. İnsan gözü ve beyni obje oluşumunu incelediği gibi renkler ışığı oluşturan görsel uyarıcıdır. Herhangi bir kişi özel ve hassas durumda rengi farklı algılayabilir [Çağlarca, 1993].

3.1. Bir Prizma Tarafından Dispersiyon

1642-1727 yıllarında yaşamış olan İngiliz fizikçisi Isaac Newton 1670'de güneş ışığını elmas bir prizmadan geçirerek renkleri ayırmayı başarmıştır. Bir odayı kararttıktan sonra güneş ışığının bir ince delikten odaya geçmesini sağladı. Bu ışığın önüne bir prizma koyarak parçalanmış halini tıpkı gökkuşağında olduğu gibi, yedi rengi yukarıdan aşağı doğru perdeye aksettirdi. Güneş ışığını meydana getiren yedi rengi bulan Newton bu suretle renk teorisinin ve renk bilgisinin temelini ortaya atmış oldu.

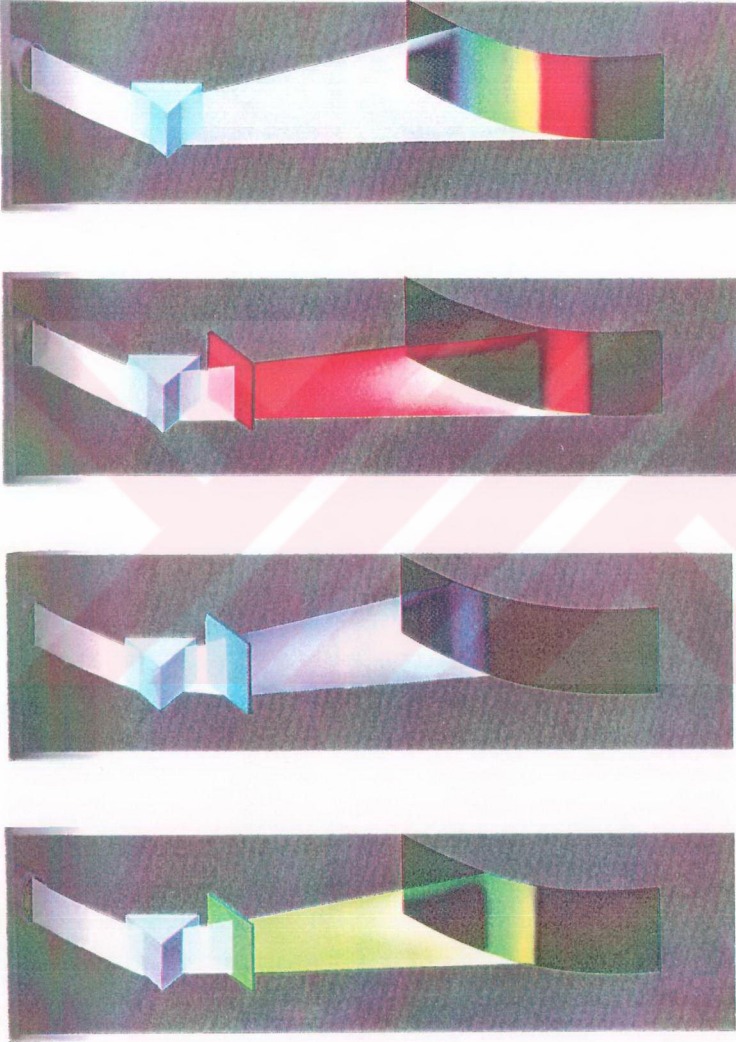
Newton'dan sonra Chevreul, Helmholtz, Young gibi fizikçi ve kimyagerler renk üzerinde çalışarak renk teorisinin bugünkü bilimini meydana getirdiler.

Güneş ışığının dispersiyonu, altı farklı rengi gözlemleyen Newton tarafından tanımlandı. Bu renkler kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve morudur. Birkaç farklı rengin karışımı olan ışık; çok renkli ışık, tek renkten meydana gelen ışık, tek renkli ışık diye adlandırılır. Spektrumdaki renklerin kırılma açısına göre sırası Şekil 3.1'deki gibi kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, lacivert ve mor şeklindedir. Bunların toplamı beyaz ışığı meydana getirir. Güneş tayfında göz ancak altı rengi seçer.



Şekil 3.1 Renklerin prizmadan görüntüsü.

Bir prizma tarafından ışığın dispersiyonu Şekil 3.2'de gösterilir.



Şekil 3.2 Bir prizmada ışığın dispersiyonu.

Mora çalan mavi rengi ise esas renkten ziyade bir boya nüansıdır. Prizma tarafından kırmızı ışığın kırınımı mor ışığın kırınımı kadar büyük değildir. Diğer renklerin kırınımı bu iki renk arasında uzanır. Böylece bir maddenin kırılma indisi farklı renkli ışıkla aynı değildir. Eğer bir maddenin kırılma indisini ölçmede çok dikkatli olmayı başarırırsak, monokromatik ışığı kullanabiliriz. Tek renkli ışık elde edilir. Camın kırılma indisindeki bazı değişiklikler Tablo 3.1'de verilmiştir [Williams et al., 1960].

Tablo 3.1 Kırılma İndisinin Değişimi

RENK	Crown Cam	Flint Cam
Kırmızı	1.515	1.622
Sarı	1.517	1.627
Mavi	1.523	1.639
Mor	1.533	1.663

3.2. Işığın Rengi

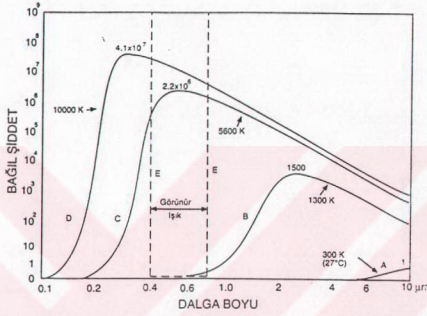
Işığın rengi göze ulaşan ışımanın frekansına veya dalga boyuna bağlıdır ve sesteki alçalıp yükselme durumu ışıkla aynı ilişkiye bağlıdır. Çok renkli ışık kaynağından yayımlanan enerji tam görünür spektrum içinde yayılabilen frekansın bir değeri üzerinde dağılır.

Sıcak katıda yükseltilen sıcaklık kadar enerjinin kayda değer bir kısmı yayılır. Nispeten düşük sıcaklıklarda sadece infrared bölgede yayılır. Sıcak kırmızı kısmına geldiği gibi görünür spektrumun kırmızı bölgesi içinde sıralanan katının sıcaklığı kadar artırılan enerjinin bir kısmı yüksek frekanslarda yayımlanır. Katı yüksek sıcaklıklar durumunda sıcak beyaz olabilir.

Temiz bir camda telin sıcaklığı ve lambaya bağlı olan tungsten telindeki akım kontrol edilebilir. Telde renk koyu kırmızı ile akkor olmaya başladığında telde küçük elektrik akımı görünüşte değişmez ama akım derece derece artırılır. Bu rengi oluşturmak için; tungsten atomundaki elektriksel yüklü parçacıklar 7600 Å dalga boyulu enerjiyle yayıldığı için

yeterince hızlı titreşir. Lamba teli görünür olarak akkor olduğundan dolayı düşük sıcaklıklarda infrared bölgede yayılır. Akım daha da artırılarak lamba teli turuncu ışıktan itibaren sarı ışık ve son olarak beyaz ışık verir.

İdeal yayılmada, birkaç farklı sıcaklıklarda enerjinin dağılımı Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 İdeal yayılmada yayılan enerji dağılımı

Bir octav civarındaki frekanslarda gözümüz duyarlıdır. Görünümün en üst limitinde ışığın dalga boyu, en alt limitindeki ışığın dalga boyundan iki kat daha büyüktür. Renk ışığın frekansına bağlı olan bir özelliktir [Williams, et al., 1960].

3.3. Cisimlerin Rengi

Renk, gözümüze ulaşan ışığın bir özelliğidir. Bizim gördüğümüz objelerin bir özelliği değildir. Cisimlerin üzerine gelen ışıktan belirli dalga boyları absorplanır, diğerleri yansır. Örneğin güneş ışığında mavi görünen bir bez parçası karanlık odada renk spektrumunun kırmızı bölgesinde siyah gözüktür. Aynı şekilde kırmızı bez parçası renk spektrumunun mavi bölgesinde siyah gözüktür. Işık geçirmez objelerin rengi, gözümüzden yansıyan ışığın frekansına bağlıdır. Eğer bütün renkler objelerden yansırsa beyaz görülür, obje üzerine düşen ışık ışınları absorplanırsa cisim siyahtır denir. Objeye üzerine düşen ışık ışınları

absorplanıp sadece kırmızı yansırsa obje kırmızıdır. Mavi bez renk spektrumunun kırmızı bölgesinde siyah gözüktür. Çünkü mavi ışık yoktur ve maviyi yansıtmaz. Kırmızı bezin renk spektrumunun mavi bölgesinde siyah gözükmesi de aynı nedendir. Işık geçirmez objenin rengi, obje üzerine gelen ışığın rengine bağlıdır.

Bütün renklerin geçtiği adi cam bardak renksizdir. Kırmızı bardak, bütün renkleri absorplar, sadece kırmızıyı geçirir. Birleşmiş Milletler bayrağından hareketle; eğer kırmızı cam içerisinden bakılırsa siyah alan üzerinde kırmızı görünür. Geçirgen objelerin rengi geçirilen ışığın rengine bağlıdır [Williams, et al., 1960].

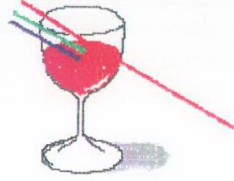
Işık dalgalarının hareket yönü objelere bağlıdır. Işık dalgaları objelerle temas halindedir. Işık dalgaları yansıtılabilir, absorbe edilebilir veya geçirilebilir. Işık dalgalarının nasıl tepki göstereceği hedefteki objelerle sınırlandırılır. Hangi dalga boyunda yansıtılır, absorbe edilir veya geçirilirse objenin rengi sınırlandırılır.

Şekil 3.4'de görüldüğü gibi bir elma üzerine beyaz ışık gönderildiğinde yeşil ışığı yansıtır, diğerlerini absorplar. Böylece elma yeşil görünür.



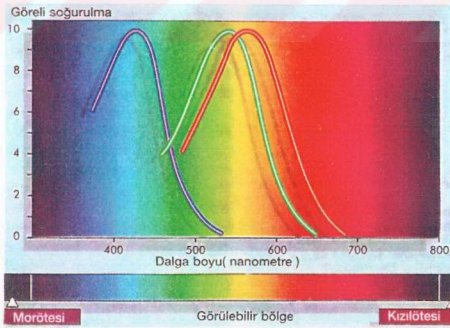
Şekil 3.4 Elma'nın yeşil gözükmesi

Şekil 3.5'te görüldüğü gibi kırmızı şarap bir cam bardaktır. Cam saydam olduğundan üzerine düşen beyaz ışığın hepsini geçirir. Kırmızı şarap ise geçirgen olduğundan kırmızı şaraptan geçen beyaz ışık sadece kırmızıyı yansıtır. Diğerlerini absorbe eder. Bu nedenle gözümüz kırmızı olarak görür. Bu şekilde kırmızı şarap bir filtre gibi davranır. [Rae, 1995].



Şekil 3.5 Şarabın kırmızı gözükmesi

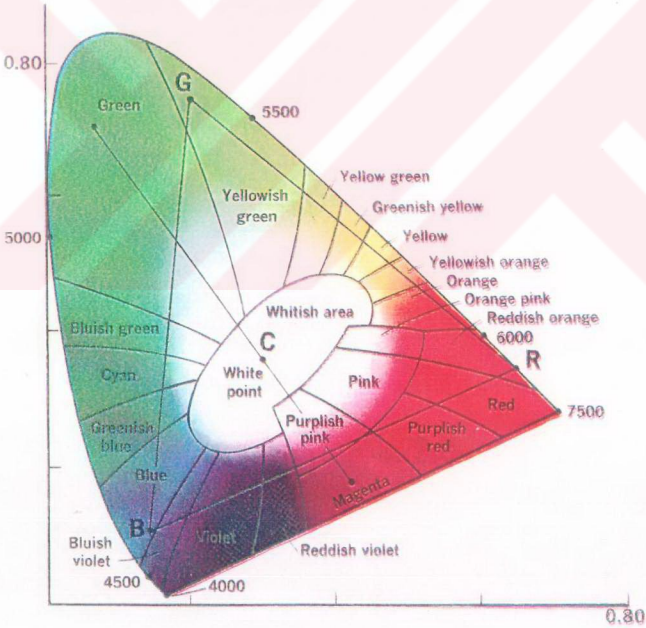
Bilim adamları hala gözlerimizin renkleri görmemize imkan tanımak için farklı uzunluktaki ışık dalgalarına nasıl tepki gösterdiklerini tam olarak bilememektedirler. Renk görmenin genellikle çok kabul edilen teorisi İngiliz fizikçisi ve bilim adamı olan Thomas Young (1773-1829) tarafından ileri sürülmüştür. Daha sonra Alman fizikçisi Herman Helmholtz tarafından ayrıntılı olarak oluşturulmuştur. Young-Helmholtz görme teorisine göre; gözün retinası görünür spektrum aralığı üzerinde eşit olmayan duyarlılıkta üç çeşit sınır reseptörüne sahiptir. Her bir çeşit reseptörün maksimum duyarlılığı spektrumda farklı bir bölgede bulunmaktadır. Şekil 3.6'da gösterildiği gibi ana renklerin her biri için bir çeşit vardır.



Şekil 3.6 Young-Helmholtz'a göre temel renkler için renkli görme mekanizmasının duyarlılık eğrileri

Eğer üç tip reseptör eşit olarak uyarılırsa beyin beyaz olarak yorumladığı duyusu alınır. Uyarının olmaması durumunda da karanlık veya siyah duyusu alınır. Kırmızı dalgalar göze girdiği zaman bunlar daha çok kırmızı duyusunu meydana getiren reseptörleri uyarırlar. Eğer sadece yeşile duyarlı olan reseptörler uyarılırsa beyinde yeşil duyusu meydana getirilir. Sarı ışık göze girdiği zaman hem kırmızı hem de yeşil reseptörler uyarılır ve biz sarı görürüz. Böylece bütün renkler, nüanslar ve tonlar renk reseptörlerinin bir, iki veya üç tipinin değişen uyarılmaları nedeniyle görülebilir.

Kromatiklik diyagramı olarak adlandırılan renkleri karıştırmak için diyagram Şekil 3.7'de gösterilmektedir.



Şekil 3.7 Kromatiklik diyagramı.

Spektral renklerin dalga boyları Å cinsinden uzunluklar etrafında sıralanmıştır. Diyagram içinde olupta, kesiksiz eğri çizgi üzerinde olmayan herhangi bir nokta basit bir spektral rengi değilde renklerin ilave bir karışımını gösterir. Böyle bir karışım olan beyaz ışık C deki sınır alanı içindedir. Ana renkler eğrinin üç ucuna yerleştirilmiştir. Eğer içindeki herhangi iki noktayı bağlayan düz bir çizgi, değişen şiddetlerdeki bu iki renk ışığın birleştirilmesiyle elde edilen bütün renk değişimlerini gösterecektir. RG çizgisi buna bir örnektir. C noktasından geçen düz çizgilerin tamamlayıcı olan renkleri birleştirdiği gözlemlenir. Renkli televizyonda görülebilen renkler, nüanslar ve tonlar BGR küçük üçgenin içindedir.

Renkli görmedeki son deneyler gözün üç renk teorisiyle belirlenenden çok daha fazla çok yönlü bir araç olduğunu göstermektedir. Bu deneyler ışık ışınlarının kendilerinin renk yapıcı olmayabileceğini, fakat bunların gözün bir görüntünün çeşitli kısımlarına uygun renkleri tayin ettiği bilginin taşıyıcıları olabileceğini ileri sürmektedir.

Bu deneylerde, çok renkli bir nesnenin iki farklı fotoğrafı iki filtre sayesinde özel bir ikiz kamera ile siyah-beyaz film üzerine aynı anda çekilmektedir. İki negatiften daha sonra pozitif slaytlar yapılmaktadır. Bu slaytlar bir renge sahip değildirlerdir. Her ne kadar aynı sahnenin fotoğrafı olsalarda özdeş değildirlerdir. İki filmin ilgi alanlarının şeffaflık derecesi farklıdır. Çünkü iki görüntüyü oluşturmak için orjinal olarak ışığın farklı dalga boyları kullanılmıştır. İki slaytın görüntüleri bir ekran üzerine düşürüldüğü ve üst üste bindirildiği zaman; uzun dalga boylu slayt kırmızı filtreyle aydınlatılmış, kısa dalga boylu slayt filtersiz beyaz ışıkla aydınlatılmıştır. Bileşke görüntü orjinal olarak fotoğraflanan nesnenin bütün renk aralığını yeniden meydana getirir.

Elbette bir ekran üzerinde karıştırılan beyaz ve kırmızı ışık pembeyi meydana getirir. Öyleyse bu fotoğrafik görüntünün bütün renk aralığı nasıl açıklanabilir? sorusunun cevabı belki de görüntünün rengi ışık dalga boylarının seçiminden değilde, uzun ve kısa dalga boylarının bütün sahne üzerindeki bağıl dengesinden kaynaklanmaktadır. Bu gözün renkli görmesi ile herhangi belirli bir dalga boyunu dikkate almaksızın uzun ve kısa dalga boyları hakkında bilgiye ihtiyacı olduğunu ortaya atar. Göz-beyin mekanizması gelen uzun ve kısa dalga boylu görüntüleri ayırır. Uzun ve kısa tarafta olanların ortalaması alınır ve daha sonra ortalaması alınmış iki görüntü renk duyumunu geliştirmek üzere karşılaştırılır [Williams, et al., 1960].

3.4. Rengi Algılama Faktörleri

Tat alma veya duyma gibi renkli görmede bir duyudur. Duyular her kişi tarafından aynı hissedilmez. Yiyecekler herbir kişi için farklı tattadır. Renk için bu kesin değildir, doğal olarak herbir kişi tarafından aynı görülür.

Bütün insanlar olgun bir domatesi kırmızı kabul eder. Bununla beraber insanların bir grubu kırmızı domatesi kabul etmez veya bir grubu kırmızılıklarına göre sıraya koyabilir. Şöyle ki renk kişiseldir. Bu tek bir kişisel deneydir. Dört kategoriye gruplandırılan faktörler rengi algılamayı etkiler. Psikolojik, fiziksel çevresel ve ikinci derece önemli faktörler:

- Psikolojik faktörler, zihinsel ve duygusal etkiler.
- Fiziksel faktörler, görünüm mekaniğiyle ilgilidir.
- Çevresel faktörler, rengi algılama üzerine çevredeki ışığın davranışını anlatır.
- II. derece önemli faktörler, bazı renklerin diğer renklerle birleşmesini anlatır [Rae, 1995].

3.4.1. Psikolojik Faktörler

Renk; davet edici, hassas ve ilham vericidir. Düşünceler, fikirler ve hissetmeler hemen hemen renklerin ailesi görünerek yalnız zihinde oluşur. Amerikalılar için kırmızı, beyaz ve mavi; bayrağı ve yurt sevgisini ifade eder.

Burada ilginç örneklerle bazı renklerin psikolojik etkileri açıklanır. Kırmızı renk ateş ve sıcaklık ile ilişkilendirilir ve saldırgan bir renk diye tanımlanır. Halbuki mavi, sakinliktir ve su veya soğukluk ile ilişkilendirilir. Su musluklarında sık sık sıcak için kırmızı etiket, soğuk için mavi etiket yapıştırılır. Bunun gibi resimler kırmızı, turuncularla yapılırsa sıcak diye adlandırılır; yeşil, mavi ve morlarla yapılırsa soğuk diye adlandırılır.

Trafik akışını düzeltmek için sıra halinde sürücülere mesajlar anlattığı için trafik ışıklarında kırmızı, sarı ve yeşil renkleri bulunur. Çünkü kırmızı saldırgan renktir, insan

kırmızı ile arabaları oldukça hızlı sürmeye niyetlenir. Polis arabaları kırmızıda durdurur. Sürücüler hızlı sürer ve bundan dolayı kırmızı rengi görmediğini söyler.

Pembe kadınımsı bir renk olarak düşünülür. Kız bebekleri için pastel pembe ve erkek bebekleri için pastel mavidir. Pasteller yumuşak renklendir .

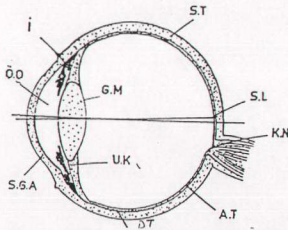
Renkler dilde çağırışılara neden olur: Sarı ile neşeli, heyecan verici ve yüceltilmiş gibi hissedilir, yeşil verimliliğin, doğanın sembolü, mor renk mülkiyetçiliğin sembolüdür.

Son olarak konunun herbiri renk veya renklerin bir favorisidir ve renklere doğru yönelir. Sık sık favori renkleri çocukluk deneyleri ile bağlantı kurmaya çalışılır [Rae, 1995].

3.4.2. Fiziksel Faktörler

Rengi algılama faktörlerinden fiziksel faktörler genellikle renkli görme eksikliklerinden olan renk körlüğünden söz eder. Renkli görme eksikliği toplumun %9'unda vardır... %8'i erkek ve yaklaşık %0.5'i kadındır [Rae, 1995].

Işık gözümüze objeden geri yansıdığında renk hissedilir. Gözümüze ışık geldiği zaman iris retinadan merceğe geçen ışığın bir miktarını süzer. Mercekler retina üzerine gelen belli dalga boyundaki ışığı odaklar (Şekil 3.8).



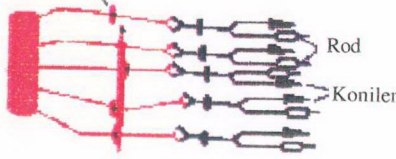
S.G.A: Saydam göz akı tabakası	İ: İris
Ö.O: Ön oda	S.T: Sert tabaka
DT: Damar tabaka	K.N: Kör nokta
A.T: Ağ tabaka	S.L: Sarı leke
G.M: Göz merceği	U.K: Uyum kasları

Şekil 3.8 Gözün şeması

Beynin bir bölümünde olduğu düşünülen retina sinir impulslarına gelen ışık çeviriminden sorumlu ışık-duyu reseptörlerinin milyonlarcasını içeren kompleks sinir

yapıdır. Bundan dolayı reseptörlerin fiziksel görünüşü çomak (rod) ve koni olarak bilinir.

Çomakların çalışması loş veya düşük ışıkta ve gece görüşü veya düşük ışıkta cevap verir. Retinada çomaklar ışığın şiddetinin geniş bir alanında duyarlıdır ama renk hissedilmez. (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Rod ve konilerin gösterimi

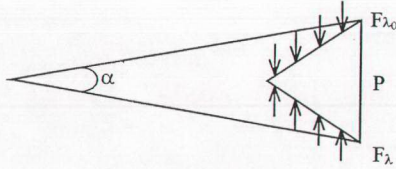
Konilerin çalışması gün ışığında ve ışık-duyumu içeren kimyasalları fotopigmentler diye adlandırılır. Fotopigmentler renk duyumuna katkıda bulunurlar. Her bir koni, genel olmayan kırmızı, yeşil ve mavi fotopigmentlerin üç tipinden biridir. Bunlar duyarlı oldukları dalga boyuna göre isimlendirilir.

Retinadan çomak ve konilerden bilgi beyne optik sinir boyunca taşınır. Beyin retina üzerindeki çomak ve konilerin durumunu ve gözlemcinin deneyimini görür. Eğer bazıları hastaysa renk körlüğü ortaya çıkabilir. Gözlemci asıl rengin yorumunu düşünebilecektir. Eğer çomaklar hastalıklıysa gece körlüğü olur [Guyton, 1986].

Bazı kişilerde renk görünüm anormallikleri doğuştandır. Renk görünümü hemen hemen yaşla, yorgunlukla, genel olarak sağlıklı bağlantılıdır. Buna rağmen bazı insanlar diğerlerine göre renk ayırımı yapamazlar. Renk ayırımı iyi gören göz grafik resimlerinde kesin renk değerini daha iyi verir. İyi eğitime meselesi değildir. Bir kişinin gözü görüntünün rengine katkıda bulunan bazı faktörler tarafından kolay olarak yenilebilir. Ama önce rengi algılamada iki temel faktörün etkisi anlaşılır.

- Işığın miktarı ve niteliğini görüntü oluşumu,
- Zeminin rengine karşı görüntünün görünümü [Rae, 1995].

Göz bütün radyasyonlara aynı derece duyarlı değildir. Gözün çeşitli radyasyonlara karşı duyarlık derecesi spektral duyarlılık veya görülebilme faktörü ile belirtilir. Dalga boyları farklı iki radyasyonun göz üzerindeki etkilerini karşılaştırmak amacı ile Şekil 3.10'daki düzenek kurulur.



Şekil 3.10 Dalga boyları farklı iki radyasyonun gözdeki etkisi.

Beyaz ve ideal dağıtıcı P prizmasının iki yüzü, dalga boyları λ_0 ve λ olan iki radyasyonla aydınlatılsın. Yüzlerin gördükleri açı 2° den küçük ise, yüzlerin farklı renklerde olmasına rağmen aydınlık etkilerinin aynı olup olmadığı çıkarılır. Böylece aydınlık etkilerinin aynı olduğu andaki F_{λ_0} ve F_λ enerji akılarının ölçülmesiyle bu iki radyasyona ait spektral duyarlıklar arasında bir bağlantı kurulabilir.

Tanım olarak λ_0 ve λ gibi iki ışının görülebilme faktörleri, bu ışınların gözde aynı aydınlık izlenimlerini uyandırdıkları zamanki enerji akıları ile ters orantılıdır. Yani,

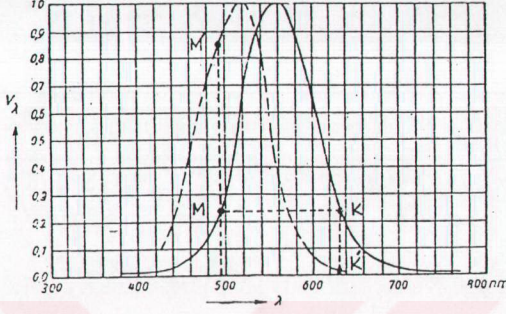
$$\frac{V_\lambda}{V_{\lambda_0}} = \frac{F_{\lambda_0}}{F_\lambda} \quad (3.1)$$

dir. V_{λ_0} veya V_λ duyarlıklarından biri, örneğin V_{λ_0} keyfi olarak sabit bir α değerine eşit alınırsa,

$$\frac{V_\lambda}{V_{\lambda_0}} = \frac{V_\lambda}{\alpha} = \frac{F_{\lambda_0}}{F_\lambda} \quad (3.2)$$

şekline girer. Burada aynı parlıtıya haiz F_{λ_0}/F_λ oranları deneyle bulunarak $V_{\lambda_0} = \alpha$ için değişken λ uzunluklarına ait V_λ görülebilme faktörleri Şekil 3.11'deki gibidir. Genel olarak gözün en büyük spektral duyarlılığı sarı-yeşil renkte yani $\lambda = 555$ nm lik ışınlama halinde erişildiğinden bunun görülebilme faktörü $V_\lambda = \alpha = \lambda$ kabul edilir ve böylece F_{λ_0}/F_λ oranları doğrudan doğruya gözün spektral duyarlılığını verir.

Esas itibariyle koni ve çomaklar için iki çeşit spektral duyarlılık vardır.



Şekil 3.11 IBK (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) göre gündüz ve gece görmeye standart göze ait spektral duyarlılık eğrisi.

----- Gece görmesi (Çomak)

———— Gündüz görmesi (Koni)

Konilere ait V_λ eğrisi gündüz görmesinde; çomaklara ait V_λ' eğrisi de gece görmesinde geçerlidir. Her ikisi pratik olarak sıfırdan başlar ve çan eğrisi şeklinde yükselerek koni eğrisi, aşağı yukarı 555 nm de (sarı-yeşil renkte) çomak eğrisinde 510 nm de (yeşil-mavi renkte) en büyük değerine ulaşılır. Demek ki çomak eğrisi kısa dalga boylu spektral bölgeye kaymış ve dikleşmiştir. Tablo 3.2'de koni ve çomaklara ait spektral duyarlılık değerleri standart veya normal göz için verilmiştir.

Çomaklar renk izlenimlerini almamakla birlikte, kısa dalga boylu ışıkları (yeşil ve mavi), konilere nazaran daha kuvvetli ve uzun dalga boylu ışıkları da (sarı ve kırmızı) daha zayıf değerlendirdiklerinden muhtelif renkleri muhtelif aydınlıklarda alırlar. Bu olaya Purkinje Olayı denir.

Örneğin gün ışığında aynı aydınlık düzeye ve parlılığa haiz mavi ve kırmızı renkli iki alana bakılırsa, aydınlık düzeyinin yavaş azaltılması ile kırmızı alan aydınlığı çok çabuk

kaybeder ve nihayet karanlık görünür. Buna karşılık mavi alan rengini kaybetmesine rağmen aydınlığını kaybetmez ve daha uzun zaman renksiz açık veya koyu gri renkte görünmesine devam eder. Purkinje olayını yukarıdaki şekilde V_λ eğrisi ile açıklamak daha kolaydır.

Tablo 3.2: Gündüz ve gece görmeye standart göze ait spektral duyarlılık değerleri

λ	V_λ	$V_{\lambda'}$	λ	V_λ	$V_{\lambda'}$	λ	V_λ
400	0,0004	0,0185	555	1,000		710	0,0021
410	0,0012	0,0400	560	0,995	0,350	720	0,00105
420	0,0040	0,076	570	0,952	0,228	730	0,00052
430	0,0116	0,132	580	0,870	0,140	740	0,00025
440	0,023	0,212	590	0,757	0,083	750	0,00012
450	0,038	0,302	600	0,631	0,049	760	0,00006
460	0,060	0,406	610	0,503	0,030		
470	0,091	0,520	620	0,381	0,0175		
480	0,139	0,650	630	0,265	0,0100		
490	0,203	0,770	640	0,175	0,00575		
500	0,323	0,900	650	0,107	0,00315		
510	0,503	0,985	660	0,081	0,00170		
520	0,710	0,960	670	0,032	0,00087		
530	0,862	0,840	680	0,017	0,00044		
540	0,954	0,680	690	0,0082	0,00021		
550	0,995	0,500	700	0,0041	0,000105		

Gündüz aydınlığında (koni görmesi) göz önüne alınan mavi ve kırmızı alanlar eşit spektral duyarlılıkla alınmaktadır (Koni eğrisinde M ve K noktaları). Fakat karanlıkta (çomak görmesi) mavi rengin spektral duyarlılığı çok artmış buna karşılık kırmızı rengin spektral duyarlılığı çok azalmıştır (Çomak eğrisinde M' ve K' noktaları).

Eğer karma görme (koni ve çomak görmesi) söz konusu ise mutlaka Purkinje olayını hesaba katmak gerekir. Örneğin aydınlık düzeyi düşük olan sokak aydınlatılmasında ışığı sarımtırak olan akkor telli lambalar yerine ışığı yeşilimtırak olan hava gazı lambaların kullanılması düşünülebilir.

Gene aynı olayın sonucu olarak görme bakımından yüksek aydınlık düzeylerindeki etkiler, alçak aydınlık düzeylerinde de uyandırılmak istenirse bu takdirde kırmızı ışıkları bol kaynaklar kullanılması gerekir. Doğal ışık kompozisyonuna haiz olan kaynakları düşük aydınlık düzeylerin üretiminde kullanılırsa, yarattıkları ışık tesiri çığ gibi soğuk olur.

Kompozisyonu güneşinkine çok yakın olan ay ışığının mavi hissini uyandırması da Purkinje olayının bir sonucudur [Özkaya, 1957].

3.4.3. Çevresel Faktörler

Yansımının görünümünde kullanılan rengin ışığı genellikle onun görünüşünü etkileyen önemli bir faktördür. Eğer madeni eşyadaki boya çentiği ile tenekedeki asıl boya ve duvardaki aynı boya karşılaştırılırsa farklı oldukları görülür. Bunları etkileyen en önemli faktör farklı ışık kaynaklarıdır. Tipik dükkan ışığı soğuk fluoresansken, ev ışığı ılık akkordur ve günün her saatinde pencereden gelen dalgalarla değişebilir.

Renkli sıcaklıklar ışığın kaynağının aydınlatılmasını tanımlayan bir yoldur. En iyi şekilde geniş ocakların bir yandan küçük bir şekilde açılmaları ile tanımlanabilir. Eğer ocak yüksek ısıya ulaşabiliyorsa, küçük açılmaların rengi ilk önce kırmızı, sonra sarı, daha sonra ısı yükseldikçe beyaz olacaktır. Işığın kaynağının renk sıcaklıkları ışığın rengini ve deliğin rengini görsel olarak eşlediğinde ocağın sıcaklığı tam noktaya ulaşır.

Işığın yansımasının parlaklığı rengin saflığını ve gölgedeki görünen detaylarını etkiler. Genelde ne kadar parlak yansıma olursa o kadar renkler doyuma ulaşır ve gölgeli yerlerde detaylar daha iyi bir şekilde gözükabilir.

Son olarak, yansımının geometrisi renkleri ve şeklin kontrastını etkiler. Yansıma küçük bir kaynaktan gelmedikçe veya genişçe dağılmadıkça ışığın şekle vurma açısı ve açının görünümü tüm algılanan görünüşü etkiler [Rae, 1995].

3.4.4. İkinci Derece Önemli Faktörler

Çevre; rengi algılarken kişinin görüş alanında beliren bölge demektir. Eğer çevrenin belli bir rengi veya değişik renkleri varsa bu görsel değerlendirmeyi iki şekilde etkiler:

— Birincisi, çevreye çarpan her ışık (parlak renkli duvarlara) görüntü üzerine yansıtılır ve çevrenin görünüşteki rengini değiştirir.

— İkincisi, göz çevrenin rengine adapte olmaya meyillidir, bunun içindir ki, renkli bir çevre rengi yanlış aksettiren gözlemci parlak renkli elbise giye bile bu bazen algılanan görüntüyü ters yönde etkileyebilir.

Çevredeki diğer ışık kaynakları renkleri çoğunlukla temel renkleri yanlış aksettirir.

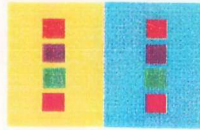
Beyaz ışığı tanımlarken doğal olarak normal gün ışığı temel alınır. Ancak gün ışığı sürekli olarak enleme, mevsime ve güneşin saatine göre değişir. Sabah ya da akşam gökyüzü daha kızıl ve giderek daha da düşen renk ölçümüne sahipken, kuzeye bakan gökyüzü daha mavi dalga boyları içermektedir.

Yine de, renk sıcaklıklarını kullanmayı bildiğimiz için, yaklaşık 5000 K de ideal kızılılık örneğine sahip direkt güneş ışığına yaklaşarak ışık dağılım nitelikleri olan bir ışığın sıcak enlemlerde haziran ayı gün ortasında ortaya çıktığını biliyoruz.

Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü ışığın renk sıcaklığı için 5000 K'i grafik sanatlar endüstrisinin algılama standardı olarak belirledi. Bu standart sadece renk sıcaklığını değil, değerlendirilen kopya için gerekli özel algılama şartlarını da belirler.

Neredeyse bütün baskı şirketleri ve film ayırma işiyle uğraşanlar 5000 K ışık donanımına sahip olan inceleme kulübelerini kullanır. İnceleme kulübeleri orjinal rengin denenilen bir renk ya da basılmış parça ile karşılaştırıldığında kullanılır. İnceleme kulübesi yalnızca 5000 K'lık ışığı kullanmakla kalmaz. Ayrıca ANSI standardında ileri set olarak tam bir ışık/görüş çevresi sağlar.

Şekil 3.12'de renkli karelerle arka plandaki kareler aynıdır [Rae, 1995].



Şekil 3.12 Renkli karelerin gösterimi.

3.5. İlave Renk Teorisi

Çok renkli ışık basit renkler içinde yayılır. Bu varsayım doğrudur, çünkü çok renkli ışık basit renklerin birleşimidir. Bunun yapılabileceği üç yol vardır:

1. Işık prizmadan geçirildiğinde renk spektrumu oluşur. Bu renk spektrumu diğer bir prizmadan geçirilirse beyaz ışık oluşur.
2. Spektral renklerle boyanan bir disk birleşen renklerden oluştuğundan hızla döndürülürse beyaz görünür. Tabiki spektral renkler doğru oranlarda karıştırılırsa.
3. Görünür spektrumun orta bölgesindeki dalga boyu spektrumun iki ucundaki dalga boyları ile birleşirse beyaz oluşur.

Yukarıda tanımlandığı gibi; ilk prizmadan ikinci prizmaya giren dispersiyonla üretilen bütün renklerin yerine ilk prizmadan çıkan kırmızı ışık engellenir. Mavi-yeşil rengin oluşumu için ikinci prizmadan geçen mevcut spektral renkler birleşir. Mavi-yeşil ve kırmızı ışık birleştirilirse beyaz ışık oluşur ve bu dönen renk tekerleği ile doğrulanır. Bazı iki renk birleşerek beyaz ışık oluşur ve bunlara birbirinin tamamlayıcısı denir.

Temel olarak şu gösterilebilir, mavi ve sarı birbirinin tamamlayıcı renklerdir. Beyaz kumaşları yıkayıp ütiledikçe sarımtırak renk oluşur. Bunu da çivit veya mavimsi rengin çamaşırlara eklenmeyle sarı renk nötralize edilir ve kumaş beyaz görünür. Diğer bir örnekte, cam yapmak için kullanılan kumun içindeki demir bileşeni cama yeşil renk verir, manganez ise cama morumsu kırmızı renk verir. Bununla beraber bu iki element doğru oranda karıştırılırsa oluşan cam renksizdir. Altı temel rengin tamamlayıcıları Şekil 3.13'de gösterilmiştir [Williams, et. al., 1960].

Güneş spektrumundaki alt renk güneş ışığı dispersiyonu ile kolayca gözlenebilir. Bir renk bölgesi içindeki daha ileri dağılması ışığın diğer renklerinin ortaya çıkmasını sağlamaz. Bir renk bölgesine karşılık gelen dalga boyu aralığını o bölgeyle ilgili ışığın rengiyle tanımlanır. Bunlar görünür spektrumun altı ana rengidir, bunlar birleşerek beyaz renk oluşur. Bununla beraber bir ana rengin tamamlayıcısı monokromatik değildir. Fakat ana renk çıkarıldıktan sonra kalan ana renklerin bir karışımıdır.



Şekil 3.13. Altı temel rengin tamamlayıcıları

Farklı renkli ışıkların ışınlarıyla yapılan deneyler, birçok rengin ve tonun üç farklı renk cinsinden tanımlanabileceğini göstermiştir. Görünür spektrumun bir ucundan ışığın orta bölgedeki ışıkla çeşitli oranlarda birleştirilmesi spektrumun o yarısında içinde kalan bütün renk tonlarını verecektir. Zıt uçtan ışığın, orta bölgeden ışıkla birleştirilmesi spektrumun o yarısı içinde kalan bütün renk tonlarını verecektir. İki uç bölgeden ve orta bölgeden ışık uygun oranlarda karıştırıldığı zaman tonların büyük kısmını oluşturmak üzere birleştirilebilir. Bu çeşit renk oluşturmada çok başarılı olarak kullanılabilen üç renk kırmızı, yeşil ve mavidir. Bu nedenle bunlar ana renkler diye adlandırılır.

Şekil 3.14'de gösterildiği gibi bu üç ana rengin beyaz bir ekran üzerine düştüğünü varsayalım. Bu üç ışın ana renklerin ilave karışımlarını meydana getirecek şekilde üstüste getirilerek ayarlanabilir. Mavi ve yeşil ışıkların [kırmızının tamamlayıcısı] meydana getirmek üzere birleştiğini, kırmızı ve yeşil ışıkların sarıyı [mavinin tamamlayıcısı] meydana getirmek üzere birleştiğini, kırmızı ve mavi ışıkların morumsu kırmızı [yeşilin tamamlayıcısı] meydana getirmek üzere birleştiğini gözlemleriz. Böylece iki ana renk üçüncü ana rengin tamamlayıcısını meydana getirmek üzere birleştiğini ve üçü üst üste getirildiğinde beyaz ışık elde edilir [Williams et al., 1960].



Şekil 3.14 Temel renkler

Kırmızıyı, yeşili ve maviyi eşit olmayan oranlarda birbirlerine karıştırırsak yeni renkler elde edilir. Rengi oranlar belirler. Bu üç ana renkten görülen tüm türler elde edilir.

Renkli bir monitörde ilave renk teorisinden faydalanılır. Üç ayrı elektron ışını kırmızıya ve yeşile gönderilir ve mavi sinyalleri flüoresans bir ekran üzerine yansıtılır. Ekran küçük üçlü takımlardan ya da ayrı ayrı hücrelerden meydana gelen görüntüsü olarak da bilinmektedir. Üçlüde yer alan herbir hücre üç ışıktan birine duyarlıdır ve ışınla karşılaştığında renkli ışığı veya flüoresans ışığı ortaya çıkarır. Sonuç bizim tek bir renk olarak algıladığımız her ekran görüntüsünde ortaya çıkan kırmızı, yeşil ve mavi ışığın kombinasyonudur. Renklerin oluşturulması üçlü içinde yer alan hücrelerin yoğunluğuna göre değişir.

Kırmızı, yeşil, mavi bilgisiyyle (tarayıcılar ve monitörler gibi) uygulanan her teknoloji ilave renk teorisine dayanır.

Kırmızı, yeşil ve mavi mürekkepler basımda kullanılabilir mi? sorusuna cevap hayır, çünkü basım beyaz kağıttan yansıtılan beyaz ışıkla başlar. Renkleri görebilmek için RGB bileşenleri ki bunlar basımın çıkarıcı renk teorisine göre yapıldığını belli ederler.

Daha önce belirtildiği gibi, ilave renk siyah ya da hiç ışık olmaksızın başlar ve beyaz rengi elde etmek için yansıtılan kırmızı, yeşil ve mavi ışıkları ekler. İlave renkle birlikte amaç tamamıyla farklı renkler elde etmek için kırmızı, yeşil, mavi bileşenlerinin yoğunluklarını kontrol etmektedir. Şekil 3.15 kırmızı, yeşil ve mavi mürekkepleri basımda niçin kullanılmadığını açıklamaya yardım etmektedir.

İŞIK	RENK 1	RENK 2	SONUÇ
BEYAZ	KIRMIZI	YEŞİL	SİYAH
BEYAZ	YEŞİL	MAVİ	SİYAH
BEYAZ	MAVİ	KIRMIZI	SİYAH

Şekil 3.15 Kırmızı, yeşil ve mavi mürekkeplerinin basımda kullanılması

Basılan renk beyaz ışıkla aydınlatılan beyaz kağıtla başlar. Beyaz renk ana renklerin (RGB) bütün bileşenlerini kapsamaktadır. Kırmızı mürekkeple baskı yapıldığında cisim kırmızı olarak görülür. Çünkü mavi ve yeşil renk absorbe ediliyordu.

Bu tablo matematiksel bir eşitlik gibi kurulur. Birinci renk kırmızıdır. Yeşil ve mavinin absorbe edildiğini gösterir. İkinci bir renk eklendiğinde (veya yeşil renk) ki bu kırmızı ve

maviyi emer, sonuçta siyah ortaya çıkar. Zira beyaz ışığın üç bileşeninin hepsi de (-R, -G, -B) soğuruluyordur veya çıkarılıyordur.

Aynı şey herhangi bir başlıca rengin bileşimi için de söylenebilir. Çünkü onların herbiri görünür spektrumun 2/3 absorbe eder ve 1/3'ünü yansıtır [Rae, 1995].

3.6. Çıkarıcı Renk Teorisi

Mavi pigment ile sarı pigmenti karıştırırsak yeşil bir karışım meydana gelir. Bu eksiltici bir işlemdir. Çünkü her pigment belirli renkleri çıkarır veya soğurur. Örneğin, sarı pigment mavi ve mor ışığı eksiltir. Kırmızı, sarı ve yeşil ışığı yansıtır. Mavi pigment kırmızı ve sarı ışığı eksiltir. Yeşil mavi ve mor ışığı yansıtır. Yeşil ışık her iki pigment tarafından yansıtılan tek renktir. Bu yüzden pigmentlerin karışımı beyaz ışık altında yeşil görünür. Eksiltici işlem tek bir beyaz ışık kaynağından belirli dalga boylarını soğuran diğerlerini geçiren çeşitli renk filtrelerinin kullanımıyla gösterilebilir.

Pigmentler karıştırıldığı zaman her ikisi beyaz ışıktan belirli renkleri eksiltir ve sonuç renk soğurulmayan ışık dalgalarına bağlıdır. Ana pigmentler ana renklerin tamamlayıcılarıdır. Bunlar sırasıyla mavi-yeşil [kırmızının tamamlayıcısı], morumsu kırmızı [yeşilin tamamlayıcısı], sarı [mavinin tamamlayıcısı]dır. Şekil 3.16'da gösterildiği gibi ana pigmentler doğru oranlarda karıştırıldığı zaman, bütün renkler beyaz ışıktan çıkarılır ve karışım siyahtır [Williams, et al., 1960].



Şekil 3.16 A. Temel Pigmentler: Sarı, Morumsu Kırmızı ve Mavi-Yeşil filtrelerinin birleşimi ışığı geçirmez. İkişer ikişer birleşen 2 temel pigment eksiltme işlemiyle 3. ün tamamlayıcısını verir.

B. Eksiltme İşlemi: Soldaki şekilde gösterilen 3 temel pigment karıştırılarak renklerin dizilişi oluşur. Miktarlar direkt gösterildiği için arka fon beyaz olduğunda merkeze doğru azalır. Sağda, morumsu kırmızı, mavi-yeşil ve sarı suluboya renkleri, griden beyaza doğru siyah korunduğu için çeşitli miktarlarda karıştırılır.

Basımda renkli mürekkepler görünür spektrumun $2/3$ 'ünün yansıtılması için $-1/3$ 'ün değıl- kullanılır. Bu özel mürekkepler ışığın ikincil renklerine karşıtlık gelir. Özellikle morumsu kırmızı, mavi-yeşil ve sarı.

İki tane ikincil renk birbirinin üstüne yeniden basıldığı zaman siyah rengi değıl, kırmızı, yeşil ve mavi renk elde edilir

- Mavi - Yeşil ve sarı birbiri üstüne yeniden basıldığında yeşilin,
- Mavi - Yeşil ve Morumsu kırmızı birbiri üstüne yeniden basıldığında mavinin,

- Morumsu kırmızı ve sarı birbiri üstüne yeniden basıldığında kırmızının,
- Üç mürekkep birbiri üstüne yeniden basıldığında siyah rengin ortaya çıktığı görülmüştür.

Çıkarıcı renk teorisi ışığın ikinci renkleri, beyaz ışığın bileşenlerini diğer renkleri oluşturmak için seçici olarak çıkarılabilir ve bileşenler üçü de çıkarıldığında sonuç siyah olur. Şekil 3.17'de bu kavramlar eşitlikler biçiminde gösterilmektedir.

Beyaz	Kırmızı + Yeşil = Siyah
RGB	$(-G-B) + (-R-B) = -R-G-B$
Beyaz	Yeşil + Mavi = Siyah
RGB	$(-R-B) + (-R-G) = -R-G-B$
Beyaz	Mavi + Kırmızı = Siyah
RGB	$(-R-G) + (-G-B) = -R-G-B$

Şekil 3.17 Çıkarıcı renk karşısındaki kavramların eşitlikler şeklinde gösterimi.

RGB bileşenlerini - ki bunların herbiri ikincil bir rengi ortaya çıkarıyor- yeniden incelenirse;

- Morumsu kırmızı = $B + R$
- Sarı = $R + G$
- Mavi - Yeşil = $B + G$

Eşitlikler şimdi de:

$$(B + R) \dots (R + G) \dots$$

$$\text{Morumsu kırmızı} + \text{Sarı} = \text{Kırmızı}$$

$$- G \dots -B \dots$$

Morumsu kırmızı (yeşili absorbe eden) ve sarı (maviyi absorbe eden) ile birleştiğinde sonuç kırmızıdır [Rae, 1995].

3.6.1. Boyalı Geçirgen Mürekkepler

Çıkarıcı renk kavramı boya maddeleri ile filtrelemeyle de ilgilidir. Renkli nesnelerin tümü boya maddesi içerir.

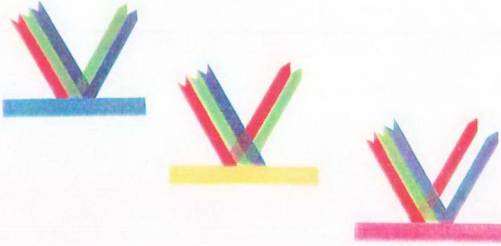
Boya maddeleri ışığa karşı farklı duyarlılıklara sahip olan kimyasal ya da organik maddelerdir. Bu duyarlılıklar diğer ışıklar yansıtılırken sadece beyaz kısımları emme yeteneğine sahiptirler.

Boya maddeleri bütün bitki ve hayvan dokularında doğal olarak bulunur. Örneğin; boya maddeleri bir çiçeğe onun kendine özgü rengini verir.

Gözün yansıtılan ışığa karşı tepkisini ortaya koyan bir nesnede, boya maddesi üzerindeki ışığın hareketinin kombinasyonu nesnenin renginin nasıl algılandığını belirler.

Renkli basımdaki pigmentli geçirgen mürekkepler basım için kullanılır. Bu mürekkepler işlenen renkler diye adlandırılır.

Geçirgen bir baskı mürekkebi beyazın bir bileşenini absorbe etmek, diğer iki bileşenini de yansıtmak için kullanılır. İşte geçirgen terimi bunun için kullanılır. Kağıt ya da alt tabaka o zaman gönderilen renkleri gözün arkasına yansıtır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 Geçirgen baskı mürekkeplerinin oluşumu

Mürekkepler filtreler gibidir. Bir filtre kendi rengini alıp, gerisini absorbe eder. Mürekkepler geçirgen olduğu için, renkli ışığı geri yansıtan, mürekkebin filtrelendiği bileşenleri etkisiz hale getiren kağıttır.

Şekil 3.19'dan absorbe edilen ve yansıtılan renkleri yeniden incelendiğinde,

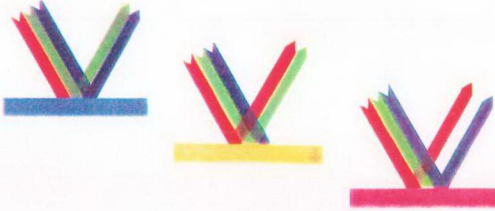
- Mavi - Yeşil mürekkebin kırmızıyı absorbe ettiği, yeşil ve maviyi yansıttığı,
- Morumsu kırmızı mürekkebin yeşili absorbe ettiği, kırmızı ve maviyi yansıttığı,
- Sarı mürekkebin maviyi absorbe ettiği, yeşil ve kırmızıyı yansıttığı

görülmüştür.

Mürekkep Rengi	Absorbe Edilen	Yansıtılan
Mavi-Yeşil Mürekkep	Kırmızı	Mavi ve Yeşil
Morumsu Kırmızı Mürekkep	Yeşil	Kırmızı ve Mavi
Sarı Mürekkep	Mavi	Kırmızı ve Yeşil

Şekil 3.19 Absorbe edilen ve yansıtılan renklerin gösterimi.

Teoride, işlenen renklerin herbiri... mavi-yeşil, morumsu kırmızı ve sarı... yeniden üstüste basıldığından dolayı kağıttan yansıtılan görünür. Işığın tümü absorbe edilir ve neticede siyah renk ortaya çıkar. Bununla birlikte boyama mürekkepleri tüm elde edilebilir ışıkları elde edemez ve kahverengi renk üretilir. Bu süreçteki mürekkeplerin kirliliğindedir. Mavi-yeşil mürekkebi sadece kırmızıyı emmez, mavi ve bazı yeşil ışıkları da emer. Morumsu kırmızı mürekkep ise sadece yeşil ışıkları emer, mavi ve kırmızıyı da emer. Sarı her zaman kullanılır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 Şeffaf baskı mürekkeplerinin oluşumu.

Bu problemlerin üstesinden gelmek için siyah mürekkep kullanılır. Siyah yansımaya eklendiğinde, detayları çıkarır ve siyah bölgelerin daha da siyah, açık bölgelerin daha da açık olmasına yol açar. Üretim esnasında renkli fotoğraf veya slaytın geçiş sürecinde içinde olan

sarının, morumsu kırmızının, mavi-yeşilin ve siyahın bileşimi “renk ayrımı” olarak adlandırılır. Renk ayrımının prensibi fotoğrafik ve elektronik süreçlerin her ikisinde de aynıdır. Her süreç beyaz ışığın parçalarını tek tek ortaya çıkarırken ekleme ve çıkarma kavramlarını kullanır.

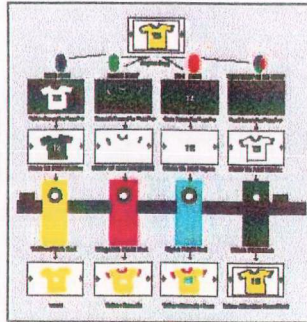
Fotoğrafik süreç orjinal kopyanın beyaz ışıkla aydınlatılmasını içerir ve sonra onu üç ayrı yere kopya ile filmin arasına kırmızı, yeşil, mavi filtreler yerleştirilir (Şekil 3.21).

Işık kırmızı filtrenin içinden geçerken tüm bölgelere negatif film yayar (onları siyah ile değiştirir). Kırmızı parçaların kopyada beyaz ışık gözüktüğü yerlerde. Bu yüzden negatif film pozitif filme dönüşür. Pozitif negatifin zıttı olmasından dolayı, siyah parçaların pozitifte kırmızının olmadığı bölgelerden sorumlu olur. Pozitif film, bu yüzden kırmızıda eksik olan mavi yeşilin yayımcısı olur. Bu aynı yöntem morumsu kırmızının ve sarının dağıtım filmlerinde de uygulanır.

Pozitif dağıtım filmleri boyama tabaklarının yapımında kullanılır. Boyama tabakları boyama baskıları için iyi bir araçtır ki mürekkebi kağıda yansıtır. Her renk en yüksek yansımaları üretmek için kağıtlara basılır.

Yazım endüstrisinde genel olarak dört renk ayrımına başvurulur. CMYK’da

- Mavi-yeşil için C
- Morumsu - kırmızı için M
- Sarı için Y
- Mavi ile karışmaması için siyahta ise K kullanılır [Rae, 1995].



Şekil 3.21 Pozitif dağıtım filmlerin gösterimi.

3.7. Renk Ölçümü

Renkleri tanımlamak için mavi, turuncu, mor ve pembe gibi kavramlar kullanılır ve bunlar yansımayı sağlar. Fakat tam olarak değil. Bir nesnenin renginin tam olarak bilinmesi için bir kişinin o nesneyi diğerlerinden ayırtması gerekir. Her kişi renkleri kendi kişisel referanslarına göre yorumlayacaktır. Sözlü olarak da renkleri farklı söyleyeceklerdir.

Bazı standartlar veya karşılıklı anlaşma ifadeleri olmadan belirli bir renk ile tarafsız iletişim kurmak zordur. Çözüm, rengi tam olarak açık bir şekilde tanımlayacak bir araç kullanmak ve onun sayısal değerini kullanarak onu diğerlerinden farklı kılmaktır.

Renklerin ölçümleri için kullanılan yaygın aletler, spektrometre, kolorimetre, densitometre'dir. Üç alet yansıyan veya geçirilen ışığı ölçerken spektrometre ışığın kırınımı içinde çeşitli noktalarda görülebilen dalga boylarını ölçer.

Kolorimetre, insan gözünün kırmızı, yeşil ve mavi reseptörleri kullanması gibi ışığı ölçer. Sayılar renk parçalarının şiddetli akrabalıklarına göre düzenlenir ve bu ölçümler üçlü uyarıcı değerler olarak adlandırılır.

Densitometre de kolorimetre ile aynıdır. Fakat mürekkep basım ve fotoğrafik boyama gibi özel materyallerin ölçümünün dizayn edilmesinden de sorumludur.

Her renk farklı görünümlere sahiptir. Renk tonu, doyurma ve parlaklık özellikleri kullanılarak tanımlanır.

Şekil 3.22'deki anahtar diyagram renk tonunu, doyurmayı ve ışığın parlaklığını üç boyutlu formda tanımlar.

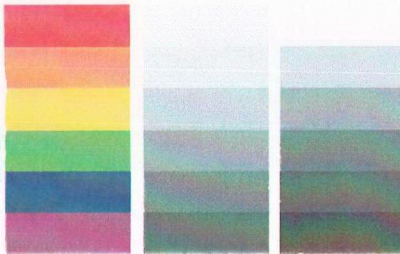
Renk tonu, renklerin isimlerini adlandırır. Bir nesnenin renginin tanımlanması istendiğinde genellikle onun renk tonuna bakılır. Kırmızı, turuncu, yeşil, mavi ... vb. gibi. Renk tonu, yatay tabağı hareket ettirdikçe değişir.



Şekil 3.22 Renk tonu; doyurma ve ışığın parlaklığının 3 boyutlu eksenle gösterimi.

Doyurma veya kromatiklik renklerin kuvvetini veya nötr (tarafsız) griden ne kadar uzak olduklarını niteler. Diyagramda kromatiklik veya doyurma yatay tabağın bir yanından bir yanına değişir. Merkezdeki renkler gridir.

Parlaklık, ışıklılık, değer özellikleri renklerin yoğun parlaklığını tanımlar. Bu da renklerin “parlaklık” derecesidir. Bu özellikler renklerin “açık” veya “koyu” olduklarını sınıflandırır. Bu diagramda parlaklık dikey eksenle belirtilmiştir. Şekil 3.23’de de renk tonu, doyurma, parlaklık gösterilir.



Şekil 3.23 Renk tonu, doyurma ve ışık parlaklığının bir başka gösterimi.

Matematiksel olarak, renklerin tanımlanmasında üç sayının kullanılması üç boyutsal yeri belirtir. Renk sistemi içinde varolan renklerin tam oranı renklerin genişliği olarak bilinir .

Üç boyutlu renk modelleri genellikle bireysel renkleri gösterme de kullanılır veya teorik renk uzayındaki renklerin tam genişliği için kullanılır. Renk uzayı terimi genellikle evrendeki renk sistemindeki mümkün olan renkleri tanımlar.

Munsell Renk Sistemi, 1905’de ressam Albert Munsell tarafından oluşturulan bugünde kullanılan renk sistemidir. Munsell sistemindeki renklerin rakam ve işaretleri tarihsel görüşten daha belirgindir. Çünkü insanın algılamasına dayanır. Ayrıca bu sistem renklerin belirtilmesi ve ölçülmesi için var olan aletlerden önce tasarlandı.

Munsell sistemi renk özelliklerinin sayısal değerlerini belirtir. Renk tonu, Doyurma ve Parlaklık.

Günümüzde renk sistemi genellikle renk uzaylarını tanımlar. Munsell ölçeğinde olduğu gibi fiziksel örneklerden çok matematiksel aletlerin kullanımına dayanır.

En önemli renk uzayı CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu olarak açılır)’dir. Komisyon İngiltere’de 1931 yılında renklerin dünya standartlarını ölçmek için kuruldu. Sonuç CIE tarafından bilinen Renkler Tablosu idi ki aydınlatma endüstrisinde ışığın renginin ölçülmesi ile ilgili standart oldu.

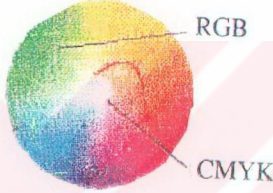
1976 yılında CIE tablosu tüm renklerin dağılımını tekrar gözden geçirdi. Gözden geçirilen tablo, şu anda renkleri gösteren “değişmez renk uzayı” renkleri ölçmede ve sınıflandırmada uluslararası standart haline geldi.

Daha önce değinildiği gibi RGB renk uzayıdır ve renkli monitörler için kullanılır. Renkli monitörler oldukça geniş bir rengi içeren farklı parlaklığı ve farklı doyurmaları değişik sayıda kırmızı, yeşil ve mavi ışığıda ele alır. Birçok tarayıcı resim bilgilerini kayıt etmek için RGB yöntemini kullanır.

CMYK matbaa/baskı için kullanılan bir yöntemdir. Mürekkep ile basılabilir her bir renk her mürekkep için sağlanan rengin sayısal oranına göre özel bir şekilde yerleştirilir.

Başka bir deyişle, CMYK monitörde direkt olarak gösterilmez ve ilk önce RGB'ye dönüştürülür. Aynı RGB bilgileri farklı monitörlerde farklı fosforlar kullanılarak gösterilir ve farklı gözükür.

Şekil 3.24'deki CIE'nin geniş renk dağılımını RGB'ye ve CMYK'ye göre karşılaştırıldığında farklı renk uzayları fazla veya farklı teknik gereksinimler daha az uyumlu. Bazı renkler bir uzayda başarılı fakat tüm uzaylarda değil. Tüm bu renk uzayları grafik endüstrisinde kullanılır.



Şekil 3.24 CIE'nin geniş renk dağılımının RGB ve CMYK göre karşılaştırılması.

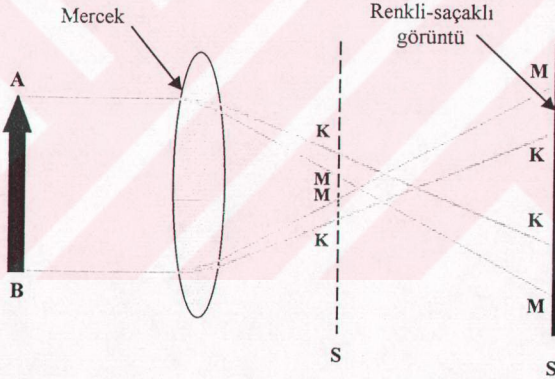
Eğer mesleklerle ilgili renkli yazı topu üretirsiniz, monitörün orjinal sanat olmadığını veya renkli baskılardan bir deneme gibi olduğunu zaten belli olur. Bu yüzden tarayıcılar, monitörler, yazılım uygulamaları ve renkli baskılar kendi renkleri ile yalnız kendi yollarını idare ederler. RGB renk tanımı monitör ile kullanılır ki CMYK tarafından kullanılan renkli baskıda hiçbir şey anlamındadır.

Birçok tarayıcı RGB'nin yansımadan kayıt edilen yoğun ışığın renklerini tanımlar. Monitörler, başka bir deyişle RGB'nin değerlerini elektron parçacıklarını ekranda fosforlu hale dönüştürmek için kullanılır. Maalesef, bu iki RGB farklıdır. Her biri değişik yollardan farklı RGB aracı kullanılır.

Renkli baskılar CMYK'da rengin üretilmesi için öncelikli çıkarımları kullanılır ve RGB bilgileri CMYK'ye dönüşür. Bu yüzden, renklerin tahmini ve renkleri göstermede yardım sağlayan renk kontrol sisteminin tanıtımı problemdir [Rae, 1995].

3.8. Renksel Sapma

Bir mercek bir prizmayla benzerlikler gösterdiğinden, ışık bir mercekten geçtiği zaman biraz dispersiyon olur. Mor renkli ışık diğer renklerden daha fazla kırılır ve yakınsak mercekten diğer renklerden daha yakın odağa getirilir. Kırmızı en az kırıldığından kırmızı ışınlar için odak mercekten en uzak olanıdır. Şekil 3.25'de gösterildiği gibi küresel merceklerde oluşturulan görüntüler her zaman spektral renklerle saçaklandırılır. Farklı renklerde ışığın odaklanmaması *renksel sapma* olarak adlandırılır. Sir Isaac Newton kırıcı teleskopla gözlemler yaptığı zaman renksel sapmanın itiraz edilebilir etkilerinden kaçınmak için yansıtıcı teleskopu geliştirdi.

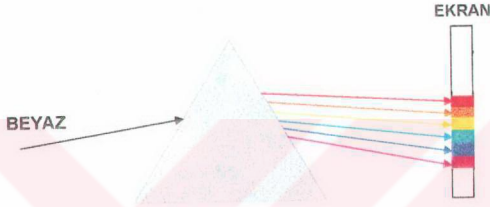


Şekil 3.25 Renksel sapma farklı renklerin eşit olmayan kırılmasından oluşur.

John Dollond (1706-1761), İngiliz optisyen, renk saçaklarının bir mercek kombinasyonu ile giderilebileceğini keşfetti. Crown cam'dan bir çift dışbükey mercek, Flint cam'dan uygun bir düzlemsel iç bükey mercek kullanıldığında kırılmayı ve görüntü oluşumunu engellemeksizin renksel sapmayı düzeltebiliyordu. Bu çeşit mercek kombinasyonunu renksiz mercek olarak adlandırılır [Williams, et. al., 1960].

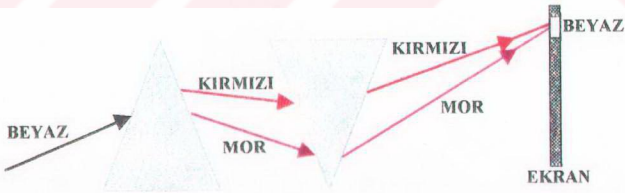
4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bir prizmaya gönderilen paralel bir beyaz ışık demeti prizmadan çıktıktan sonra bir ekran üzerine düşürülürse, ekranda sırayla kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mor renklerden oluşan bir spektrum elde edilir. Spektrumdaki renkler temel renkler olup bunlar başka renklere ayrılmaz (Şekil 4.1).



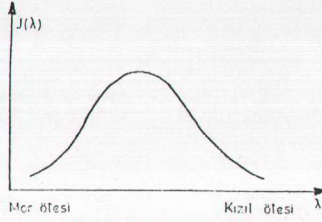
Şekil 4.1 Bir prizmada beyaz ışığın renklere ayrılması.

Bir beyaz ışık demetini bir prizmada renklere ayırıp elde edilen renkli ışınları birinci prizmaya ters konmuş ikinci bir prizmadan geçirerek bir araya getirilirse beyaz ışık elde edilir (Şekil 4.2).



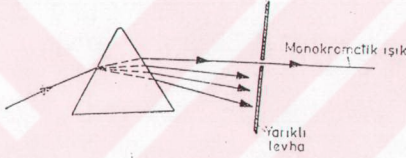
Şekil 4.2 Spektrumdaki renklerin bir araya getirilerek beyaz ışık elde edilmesi.

Beyaz ışığı oluşturan fotonların frekansı ile her frekansın taşıdığı enerji arasında belli bir dağılım ilişkisi vardır (Şekil 4.3).



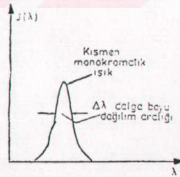
Şekil 4.3 Beyaz ışık fotonlarının dalgaboyuna göre dağılımı.

Işık kaynağından monokromatik, yani frekansa göre şiddet dağılımı çok dar aralıkta kalan bir ışık elde etmek için birkaç metot vardır. Birinci metot, ışığı bir prizmadan geçirmek ve prizmadan renklere ayrılarak geçen ışığın yoluna dar bir aralık bulunan bir levha koymaktır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Prizma yardımı ile monokromatik ışık elde etme.

Tamamen monokromatik ışık elde edilemediğinden dolayı, levhanın aralığından geçen ışık kısmen monokromatik ışıktır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Prizma ile elde edilen monokromatik ışığın dağılım eğrisi.

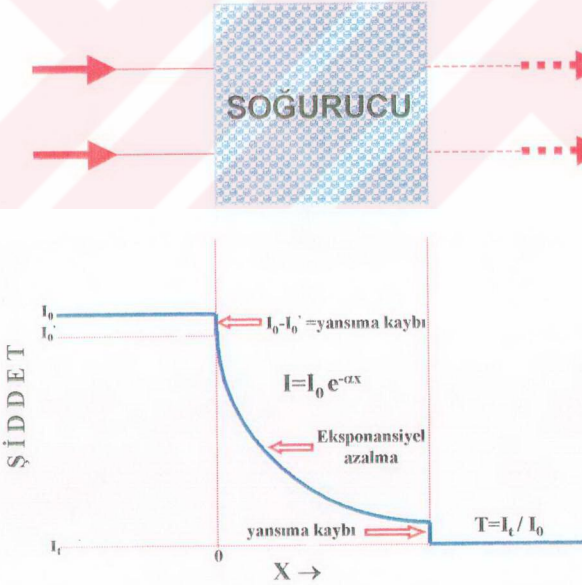
Kısmen monokromatik ışık elde etmede ikinci metot, beyaz ışığın yolu üzerine bir renkli filtre koymaktır. Bouger yasasına göre bir filtrenin bant aralığı kalınlıkla azalır. Filtreler absorpsiyon ve girişim ilkelerine göre çalışır. Renklendirilmiş filtreler Bouger yasasına uyan ve belirli dalga boyundaki ışık absorpsiyonu ile katkılandırılır. Geçirgenlik piki kimyasal maddelerde varolurken bant genişliği kalınlığa bağlıdır [Güner, 1979].

Işığın bir ışını soğurucu bir ortam içinden geçirilir, birim hacimde absorbe edilen ışığın miktarı gelen ışığın şiddetine, absorpsiyon katsayısına bağlıdır. Dolayısıyla gelen ışığın şiddeti materyal içinden geçen ışık şiddeti eksponansiyel olarak azalır. Bu Bouguer yasası ile ifade edilir.

$$T_i = e^{-\alpha c x} \quad (4.1)$$

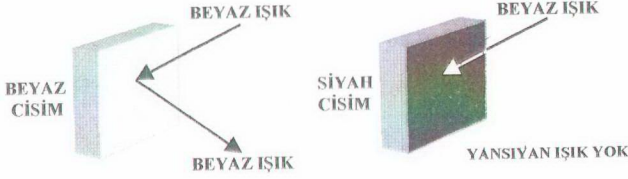
Burada T_i iç geçirgenlik, α absorpsiyon katsayısı, c materyalin yoğunluğu ve x absorbe eden ortamın kalınlığıdır. Genel olarak α ve T_i dalga boyuna bağlıdır.

İç geçirgenlik, yüzeydeki kayıplar ihmal edildiğinde cam gibi optiksel elementin geçirgenliğine bağlıdır. Elementin tüm geçirgenliği T dış geçirgenlik diye tanımlanan geçirgenlik ile ölçülür. Şekil 4.6'da gelen ışımının bir soğurucu üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Absorpsiyon katsayısı α ile temsil edilir. Geçirgenlik çıkan ve gelen ışık şiddetlerinin oranıyla verilir [Ryer, 1997].



Şekil 4.6 Gelen ışımının bir soğurucu üzerindeki etkisi.

Güneş ışığı ile aydınlatılan cisimler farklı renklerde görülürler. Şekil 4.7’de görüldüğü gibi bir cisim beyaz ışıkla aydınlatıldığında ışığın hepsini yansıtıyorsa beyaz, hiç ışık yansıtıyorsa siyah gözükür.



Şekil 4.7 Beyaz ve siyah cisimler

Renkli bir cismin üzerine beyaz bir ışık düşünülduğünde cisim, kendi rengindeki ışıkla buna çok yakın renkteki ışıkları yansıtır. Şekil 4.8’deki gibi üzerine beyaz ışık düşen kırmızı bir cisimden kırmızı ışık ve az miktarda turuncu ışık yansır. Yansıyan ışıkta hakim olan renk kırmızı olduğundan cisim kırmızı görünür. Kırmızı renkli cisim yeşil ışık altında siyah görünür.

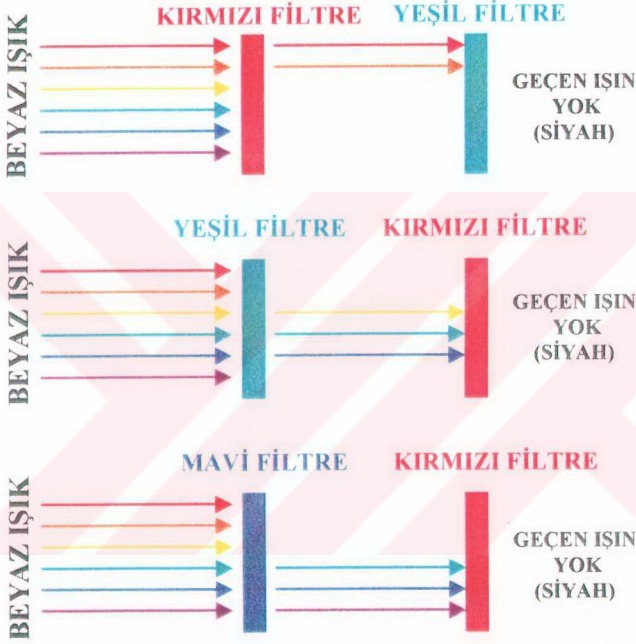


Şekil 4.8 Kırmızı renkli bir cismin beyaz ve yeşil ışıkta aydınlatılması

Yeşil cisim üzerine beyaz ışık düşürüldüğünde yeşil ışık ve buna yakın sarı ve mavi renkli ışıklarda az miktarda yansır. Hakim olan renk yeşil olduğundan cisim yeşil görünür. Yeşil renkli cisim kırmızı ışık altında siyah görünür.

Mavi cisim üzerinde beyaz ışık düşürüldüğünde mavi ışığı ve çok az miktarda yeşil ve mor ışığı yansıtır, ancak cisim mavi görünür. Mavi renkli cisim kırmızı ışık altında siyah görünür. Üzerine beyaz ışık düşürülen renksiz bir pencere camından geçen ışık yine

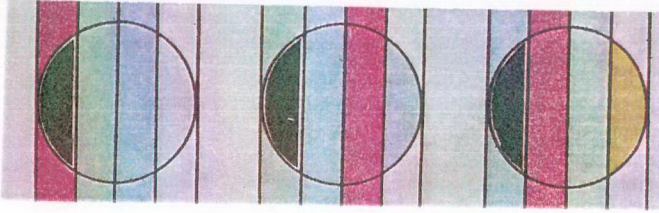
beyazdır. Beyaz ışığın düşürüldüğü cam kırmızı ise camdan kırmızı ışık ve az miktarda da kırmızıya yakın turuncu geçer. Geçen ışıkta hakim olan renk kırmızıdır. Cam diğer renklerdeki ışığı soğurmuştur. Camdan geçen kırmızı ışığın önüne yeşil renkli bir cam tutulursa, bu cam kırmızı ışığı soğurur ve diğer tarafa hiç ışık geçmez.



Şekil 4.9 Beyaz ışığın filtrelerden geçişi ve soğurulması

O halde renkli filtreler üzerine düşen değişik renklerdeki ışık kendi rengindeki bu renge yakın renklerdeki ışığı geçirir, diğer renklerdeki ışıklar soğurulur (Şekil 4.9).

Yanyana konmuş beyaz, mavi, yeşil ve kırmızı yüzeylere mavi-yeşil, morumsu kırmızı ve sarı renkli filtrelerle bakıldığında; her filtre beyaz yüzeyi kendi renginde, kendi renginin tamamlayıcısı olan renkteki yüzeyi siyah ve kendi rengini oluşturan diğer iki renklerini oldukları renklerde gösterir (Şekil 4.10).



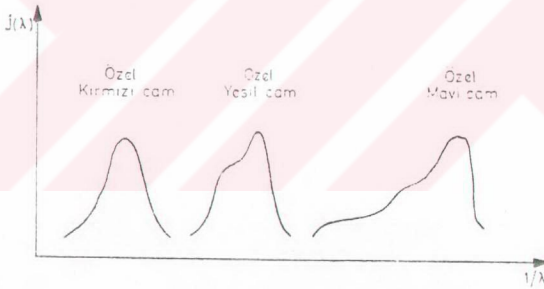
Yeşil-mavi renkli filtreden yeşil ve mavi ışık geçer. Kırmızı ışık soğurulur.

Morumsu kırmızı renkli filtre kırmızı ve mavi ışığı geçirir. Fakat yeşil ışığı soğurur.

Sarı renkli bir filtre yeşil ve kırmızı ışığı geçirir. Mavi ışığı soğurur.

Şekil 4.10 Renkli bir filtreden geçen ve soğurulan renkli ışıklar.

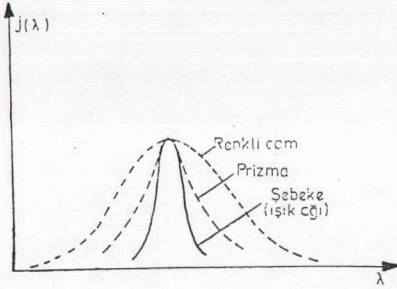
Filtrenin rengine göre frekans aralığı Şekil 4.11'deki gibi olmaktadır.



Şekil 4.11 Renkli filtrelerle elde edilen tek renkli ışıkların dağılım eğrisi.

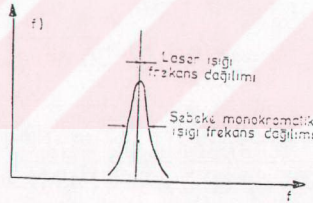
Kısmen monokromatik ışık elde etmede üçüncü bir yol kırınım ağıdır. Kırınım ağı ile dalga boyu dağılım aralığı daha da daraltılabilir. Birinci mertebede elde edilen kısmen monokromatik ışık bir kırınım ağından geçirilerek $m\lambda = d\sin\theta$ şartına uyan θ doğrultularında $m = 1$ mertebesi için belli frekanslı ışık elde edilir.

Monokromatik ışık elde etme metodlarının sonuçları Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Değişik yöntemlerle elde edilen renkli ışıkların dağılım eğrilerinin karşılaştırılması.

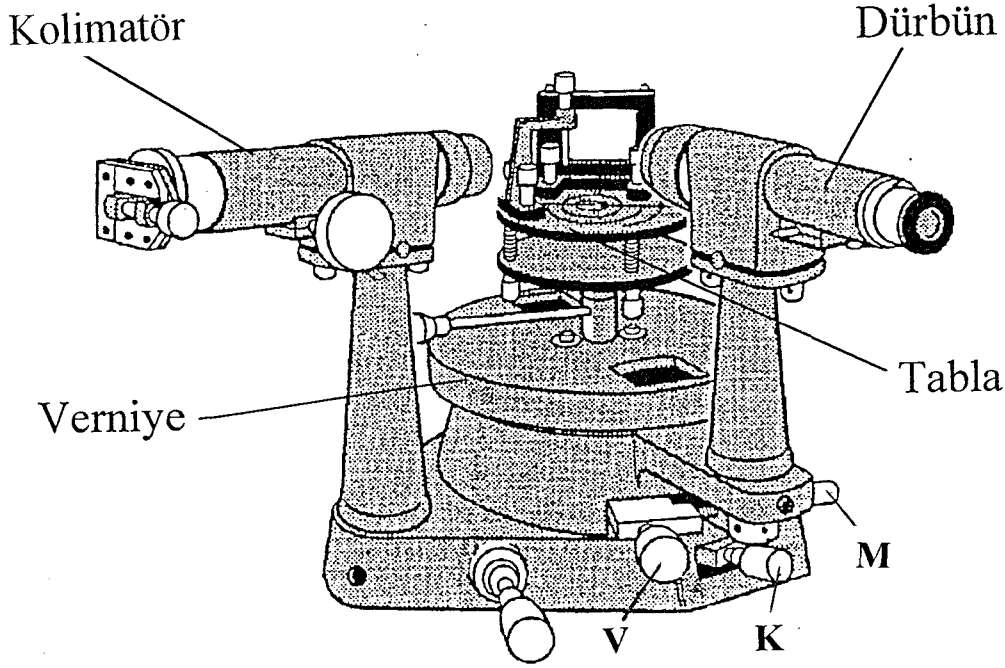
Çok dar frekans aralıklı ışık lazer ışığıdır. Lazer ışığı ancak belli frekanslarda elde edilebilir. Şekil 4.13'de lazer ışığı ile kırınım ağı monokromatik ışığın frekans dağılım aralıkları karşılaştırılmıştır. Lazer ışığında dağılım aralığı 1000 Hz kadardır [Güner, 1979].



Şekil 4.13 Lazer ışığında dağılım.

4.1. Spektrometre

Prizmalı spektrometre, bir ışık demetinde hangi dalga boylarının var olduğunu bulmak için kullanılmıştır. Şekil 4.14'deki spektrometre esas itibarıyla dört kısım halinde incelenir.

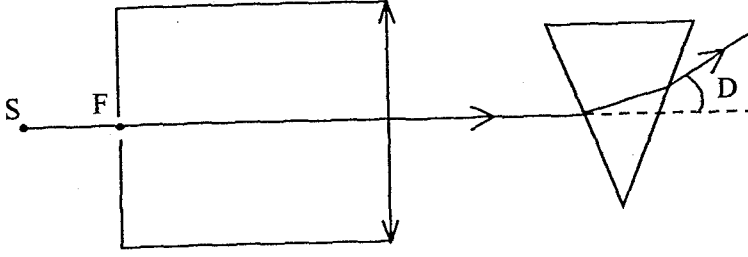


Şekil 4.14 Prizmalı Spektrometre

Prizma : Hepsi aynı açı altında gelen çeşitli tek renkli ışınların dalga boyu ile kırılma açısı arasında bir bağıntı vardır. Bu bağıntı ışığın dalga boyunu saptamada kullanılır. Bu amaç için, incelenen ışınlar arasında en büyük sapma elde edilmek istenir. Bunun içinde en büyük kırılma indisli bir prizma kullanılır. Bunun kırın açısına aynı amaç için oldukça büyük bir değer (60°) verilir.

Böyle bir prizma kırın kenarı düşey duracak şekilde, yatay bir tablo üzerine tespit edilmiştir. Görüntülerin net olması için prizma en küçük sapma durumuna getirilmiş ve dışarıdan gelecek ışınimlardan korunmuştur.

Kolimatör: İncelenecek ışınimları paralel duruma getirerek prizma üzerine göndermeye yarar. Bu, birbiri üzerinde kayabilen iki borudan ibarettir. Borulardan birinin ucuna bir yakınsak mercek, diğerinin ucuna ise ayarlanabilen bir aralık yerleştirilmiştir. Şekil 4.15'deki gibi yarı, borular birbiri içinde kaydırılarak merceğin odak düzlemine getirilir. Böylece fanttan giren ışınların kolimatörden paralel çıkması sağlanır.



Şekil 4.15 Yarığın yerleştirilmesi.

Dürbün: İki mercekten meydana gelen basit bir dürbün tipindedir ve yarığın görüntüleri net görülecek şekilde sonsuza ayarlanır.

Bölmeli Daire: Ayaklara tesbit edilmiş dairenin çevresi derecelere bölünmüştür. Dairenin üst tarafında çevresi yarımşar derecelere bölünmüş pirinç şerit vardır. Derecenin kesirleri ölçüm aralığı bir verniye yardımıyla buradan okunur.

Spektrometrenin Ayarlanması

Spektrometre ile gerek prizmanın kırın açısı, gerekse λ , dalga boyunun ölçülmesi prizma üzerine paralel ışık demeti düşürmekle mümkün olur. Paralel ışık demetini elde etmek için, önce dürbün sonsuza ayarlanır, sonra kolimatör dürbüne göre ayarlanır.

Dürbünün Ayarlanması

Dürbünün içinde birbirine dik bulunan iki çizginin görüntüsü dürbünün uç kısmını hareket ettirmek suretiyle netleştirilir. Sonra çizgilerden biri düşey hale getirilir.

Kolimatörün Ayarlanması

Kolimatör daire üzerindeki bölmelerden birine (tercihen 270) getirilip vidası sıkıştırılır, lamba yakılır. Büyük daire çevrilerek kolimatörün fantı ışığın karşısına getirilip fantın görüntüsü aranır, bu görüntü okülerin ortasındaki düşey çizgi ile karşılaştırılır. Fantın görüntüsü net değilse, fantın tespit edilmiş olduğu kolimatörün hareketli kısmı ileri geri hareket ettirilerek görüntü netleştirilir ve fantın genişliği mümkün olduğu kadar daraltılır.

Verniyenin Kullanılması

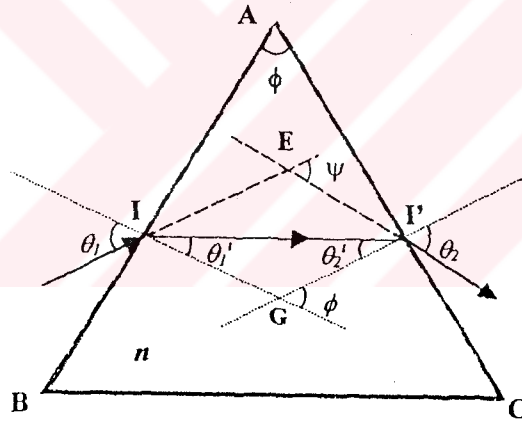
Dairenin çevresindeki piring şerit yarımşar derecelere bölünmüştür. Dürbün, kolimatör ve tablaları taşıyan kolda verniye bölmesi vardır. Dürbün, kolimatör ve tabla istenilen yere getirilip ayarlandıktan sonra bunların oynamaması için vidalar sıkıştırılır. Sonra verniye bölmelerine bakılır.

4.2. Işık Prizması ile Kırılma İndisi Tayini

Beyaz ışık pekçok basit tek renkli ışıklardan oluşmuştur. Beyaz ışık demeti bir ışık prizmasından geçirildiği zaman kendisini oluşturan renkli ışınımara ayrılır. Prizmadan geçen ışının sapma miktarı kırılma indisi ile değişir. Şekil 4.16'daki bir ışık prizmasının bir yüzüne θ_1 açısıyla gelen ışının prizmadan çıktıktan sonra uğrayacağı sapma açısı Ψ

$$\Psi = (\theta_1 - \theta_1') + (\theta_2 - \theta_2') \quad (4.2)$$

şeklinde yazılır.



Şekil 4.16 Bir prizmanın bir yüzeyine gelen ışığın doğrultusu.

Denklem 4.2 yeniden düzenlenerek,

$$\Psi = (\theta_1 + \theta_2) - (\theta_1' + \theta_2') \quad (4.3)$$

şeklinde yazılır. Şekil 4.16'daki $\triangle IGI'$ 'nin G köşesindeki dış açı Φ ve prizmanın kırın açısı

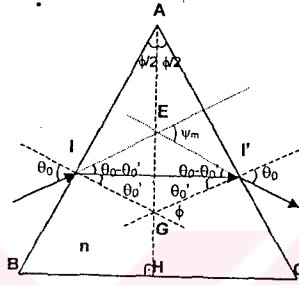
Φ , kenarları bir birine dik açılar olduğu için eşit açılardır. Aynı zamanda $\triangle IGI'$ 'de Φ bir dış açı olduğundan,

$$\Phi = \theta_1' + \theta_2' \quad (4.4)$$

bulunur. Φ açısının bu değeri Denklem 4.3'te yerine konularak,

$$\Psi = \theta_1 + \theta_2 - \Phi \quad (4.5)$$

eşitliği yazılır. Denklem 4.5, tepe açısı Φ olan ışık prizmasına θ_1 açısıyla giren ve prizmadan θ_2 açısıyla çıkan ışının sapma açısını ifade eder. Belirli bir prizma için Ψ sapma açısı gelme açısının θ_0 gibi belirli bir değerinde minimum olur ki, buna "en küçük sapma açısı" denir. En küçük sapma durumunda Şekil 4.17'de görüldüğü gibi gelen ve kırılan ışınlar asal kesitin açı ortayına göre simetriktir.



Şekil 4.17 Bir prizmanın minimum sapma açısı.

Şekil 4.17'de görüldüğü gibi \widehat{BAH} ve $\widehat{GII'}$ kenarları birbirine dik olan açılar olduğundan birbirine eşittir. Buna göre,

$$\theta_0' = \frac{\Phi}{2} \quad (4.6)$$

dır. $\triangle IEI'$ de Ψ_m açısı bir dış açı olduğundan,

$$\Psi_m = 2(\theta_0 - \theta_0') \quad (4.7)$$

yazılabilir. Denklem 4.7'de θ_0' nün yerine Denklem 4.6'daki değeri yazılıp ifade θ_0 'a göre yazılırsa,

$$\theta_0 = \frac{1}{2}(\Phi + \Psi_m) \quad (4.8)$$

bulunur. Prizmanın birinci yüzü için Snell Yasası yazarsak,

$$\sin \theta_0 = n \cdot \sin \theta_0' \quad (4.9)$$

dir. Denklem 4.9'da θ_0 ve θ_0' ün yerine Denklem 4.6 ve 4.8 değerleri yazılırsa

$$\sin \frac{\Phi + \Psi_m}{2} = n \cdot \sin \frac{\Phi}{2} \quad (4.10)$$

bulunur. Denklem 4.10'un diğ er bir şekilde ifadesi

$$n = \frac{\sin \frac{\Phi + \Psi_m}{2}}{\sin \frac{\Phi}{2}} \quad (4.11)$$

dir. Denklem 4.11 kır an aç ısı Φ olan bir prizmada Ψ_m minimum sapma durumunda prizmanın n kırılma indisini veren ifadedir.

Şayet prizmanın kır an aç ısı çok küçükse, o zaman minimum sapma aç ısı da kü çüktür ve Denklem 4.10'daki sinüslerin yerine radyanları alınır. Bu durumda,

$$n = \frac{\Phi + \Psi_m}{\Phi} \quad (4.12)$$

veya

$$\Psi_m = (n - 1) \Phi \quad (4.13)$$

elde edilir.

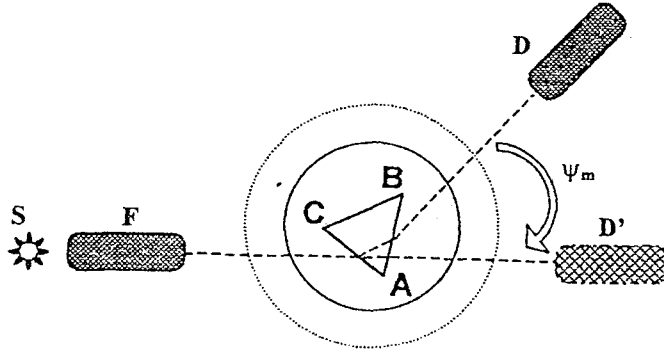
Prizma Şekil 4.18'de görüldüğü gibi tablacığa yerleştirildi. Bu durumda kolimatörden AC yüzeyine gelen ışınlar kırılarak AB yüzünden çıkarlar. Dürbün döndürülerek fantın görüntüsünün dürbünden görünmesi sağlandı. K vidası sıkılarak dürbün sabit hale getirildi. V vidası gevşetilerek prizmanın minimum sapma konumunu belirten görüntü dönüm noktası dürbünün görüş alanı içine girecek şekilde T tablası dolayısıyla prizma döndürüldü. V vidasıyla bu durum sabit hale getirildi. M mikrometrik vidasıyla fantın görüntüsünün dürbün çizgilerinin kesim noktasına gelmesi sağlandı. Bu durumda θ aç ısı okundu.

Prizma alınıp, dürbün Şekil 4.18'deki D' konumuna getirildi. Fantın görüntüsü dürbünden görülecek şekilde K vidasıyla durum sabitleştirildi. M vidası ile fantın görüntüsünün dürbün çizgilerinin kesim noktasına gelmesi sağlandı. Bu durumda θ_0 aç ısı okundu.

Şekil 4.19'da görülen D ve D' konumları arasındaki aç ı minimum sapma aç ısıdır. Bu konumlar arasındaki fark Ψ_m nin sapma aç ısı olup, Ψ_m

$$\Psi_m = \theta - \theta_0 \quad (4.14)$$

şeklinde bulunur.



Şekil 4.18 Minimum sapma açısının bulunması.

ϕ , kırın açısı 60° olan prizmada hesaplanan Ψ_m minimum sapma açısı Denklem 4.11'de yerine konularak kırılma indisi bulundu.

Ayrıca, spektrometrenin dürbün kısmına filtreleri koyarak kullanılan ışık kaynağına ve ışık prizmasıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi gözlemlendi.

4.2.1. Na Lambasının Spektrumuna Göre Prizmanın Kırılma İndisi Tayini

Sarı dalga boyu $\theta = 269 + 0,16 = 269,16^\circ$

ışık $\theta_0 = 234 + 0,25 = 234,25^\circ$

$\Psi_m = 34,91^\circ$

$n = 1,473493004$

$n \cong 1,4735$

Tablo 4.1 (a) Na lambasına filtrelerin etkisi

Filtreler \ Lamba	Na - Sarı Işık
Sarı	Sarı
Yeşil	—
Lacivert	—
Mavi	Sarının şiddeti azaldı.
Kırmızı	Sarı

Tablo 4.1 (b) Na lambasının ışık prizmasıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi

Filtreler \ Spektrum	Sarı
Sarı	Sarı
Yeşil	—
Lacivert	—
Mavi	Sarının şiddeti azaldı.
Kırmızı	Sarı

4.2.2. Cd Lambasının Spektrumuna Göre Prizmanın Kırılma İndisi Tayini

Kırmızı dalga boylu $\theta = 268,5 + 0,14 = 268,64^\circ$

$$\text{ışık} \quad \theta_0 = 233 + 0,14 = 233,14^\circ$$

$$\Psi_m = 35,5^\circ$$

$$n = 1,480436255$$

$$n \cong 1,4804$$

Yeşil dalga boylu $\theta = 268,5 + 0,14 = 268,64^\circ$

$$\text{ışık} \quad \theta_0 = 232,5 + 0,01 = 232,51^\circ$$

$$\Psi_m = 36,13^\circ$$

$$n = 1,487806903$$

$$n \cong 1,4878$$

Mavi dalga boyu $\theta = 268,5 + 0,14 = 268,64^\circ$

ışık $\theta_0 = 232 + 0,01 = 232,01^\circ$

$\Psi_m = 36,63^\circ$

$n = 1,493624027$

$n \cong 1,4936$

Lacivert dalga boyu $\theta = 268,5 + 0,14 = 268,64^\circ$

ışık $\theta_0 = 231,5 + 0,27 = 231,77^\circ$

$\Psi_m = 36,87^\circ$

$n = 1,496407041$

$n \cong 1,4964$

Tablo 4.2 (a) Cd lambasına filtrelerin etkisi

Filtreler Lamba	Sarı	Yeşil	Lacivert	Mavi	Kırmızı
Cd Mavi ışık	Yeşil	Yeşil	Koyu Mavi	Mavi	Kırmızı

Tablo 4.2 (b) Cd lambasının ışık prizmasıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi

Spektrum Filtreler	Kırmızı	Yeşil	Mavi	Koyu mavi (Lacivert)
Sarı	Kırmızı	Yeşil	Mavinin şiddeti azaldı	—
Yeşil	—	Yeşilin şiddeti azaldı	Mavinin şiddeti azaldı	Lacivertin şiddeti azaldı
Lacivert	Kırmızının şiddeti azaldı	Yeşilin şiddeti azaldı	Mavinin şiddeti azaldı	Lacivertin şiddeti azaldı
Mavi	—	Yeşil	Mavi	Lacivert
Kırmızı	Kırmızı	—	—	—

4.2.3. Hg Lambasının Spektrumuna Göre Prizmanın Kırılma İndisi Tayini

Turuncu dalga boyu $\theta = 316 + 0,20 = 316,20^\circ$

ışık $\theta_0 = 280,5 + 0,22 = 280,72^\circ$

$$\Psi_m = 35,48^\circ$$

$$n = 1,480201532$$

$$n \cong 1,4802$$

Yeşil dalga boyu $\theta = 316 + 0,20 = 316,20^\circ$

ışık $\theta_0 = 279 + 0,22 = 279,22^\circ$

$$\Psi_m = 36,98^\circ$$

$$n = 1,497680121$$

$$n \cong 1,4977$$

K. Yeşil dalga boyu $\theta = 316 + 0,20 = 316,20^\circ$

ışık $\theta_0 = 278,5 + 0,29 = 278,79^\circ$

$$\Psi_m = 37,41^\circ$$

$$n = 1,502643453$$

$$n \cong 1,5026$$

A. Mor dalga boyu $\theta = 316 + 0,20 = 316,20^\circ$

ışık $\theta_0 = 278 + 0,10 = 278,1^\circ$

$$\Psi_m = 38,1^\circ$$

$$n = 1,510563625$$

$$n \cong 1,5106$$

Mor dalga boyu $\theta = 316 + 0,20 = 316,20^\circ$

ışık $\theta_0 = 277,5 + 0,01 = 277,51^\circ$

$$\Psi_m = 38,69^\circ$$

$$n = 1,517292518$$

$$n \cong 1,5173$$

Tablo 4.3 (a) Hg lambasına filtrelerin etkisi

Filtreler	Sarı	Mavi	Lacivert	Kırmızı	Yeşil
Lamba					
Hg Mavimsi beyaz ışık	Yeşil	Mavi	Mor	Pembe	Yeşil

Tablo 4.3 (b) Hg lambasının ışık prizmasıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi

Spektrum	Turuncu	Yeşil	Koyu Yeşil	Açık Mor	Mor
Filtreler					
Sarı	Turuncu	Yeşil	K.Yeşilin şiddeti azaldı	—	—
Mavi	Turuncunun şiddeti azaldı	Yeşil	Koyu Yeşil	Açık mor	Mor
Lacivert	—	Yeşilin şiddeti azaldı	K.Yeşilin şiddeti azaldı	Açık morun şiddeti azaldı	Morun şiddeti azaldı
Kırmızı	Turuncunun şiddeti azaldı	Yeşilin şiddeti azaldı	—	Açık morun şiddeti azaldı	—
Yeşil	—	Yeşilin şiddeti azaldı	K.Yeşilin şiddeti azaldı	—	—

4.2.4. Flüoresans Lambasının Spektrumuna Göre Prizmanın Kırılma İndisi Tayini

Kırmızı dalga boylu $\theta = 314,5 + 0,26 = 314,76^\circ$

ışık $\theta_0 = 279,7 + 0,26 = 279,96^\circ$

$$\Psi_m = 34,8^\circ$$

$$n = 1,472194174$$

$$n \cong 1,4722$$

Turuncu dalga boyu $\theta = 314,5 + 0,26 = 314,76^\circ$

ışık $\theta_0 = 279 + 0,20 = 279,2^\circ$

$$\Psi_m = 35,56^\circ$$

$$n = 1,481140153$$

$$n \cong 1,4811$$

Sarı dalga boyu $\theta = 314,5 + 0,26 = 314,76^\circ$

ışık $\theta_0 = 279 + 0,10 = 279,10^\circ$

$$\Psi_m = 35,66^\circ$$

$$n = 1,482312414$$

$$n \cong 1,4823$$

Yeşil dalga boyu $\theta = 314,5 + 0,26 = 314,76^\circ$

ışık $\theta_0 = 279 + 0,01 = 279,01^\circ$

$$\Psi_m = 35,75^\circ$$

$$n = 1,483366483$$

$$n \cong 1,4834$$

Mavi dalga boyu $\theta = 314,5 + 0,26 = 314,76^\circ$

ışık $\theta_0 = 278 + 0,20 = 278,20^\circ$

$$\Psi_m = 36,56^\circ$$

$$n = 1,492811855$$

$$n \cong 1,4928$$

Mor dalga boyu $\theta = 314,5 + 0,26 = 314,76^\circ$

ışık $\theta_0 = 277,5 + 0,01 = 277,51^\circ$

$$\Psi_m = 37,75^\circ$$

$$n = 1,506552975$$

$$n \cong 1,5065$$

Tablo 4.4 (a) Flüoresans lambasına filtrelerin etkisi

Lamba \ Filtreler	Sarı	Yeşil	Lacivert	Mavi	Kırmızı
	Flüoresans Beyaz Işık	Sarı	Yeşil	Mavi	Açık Mavi

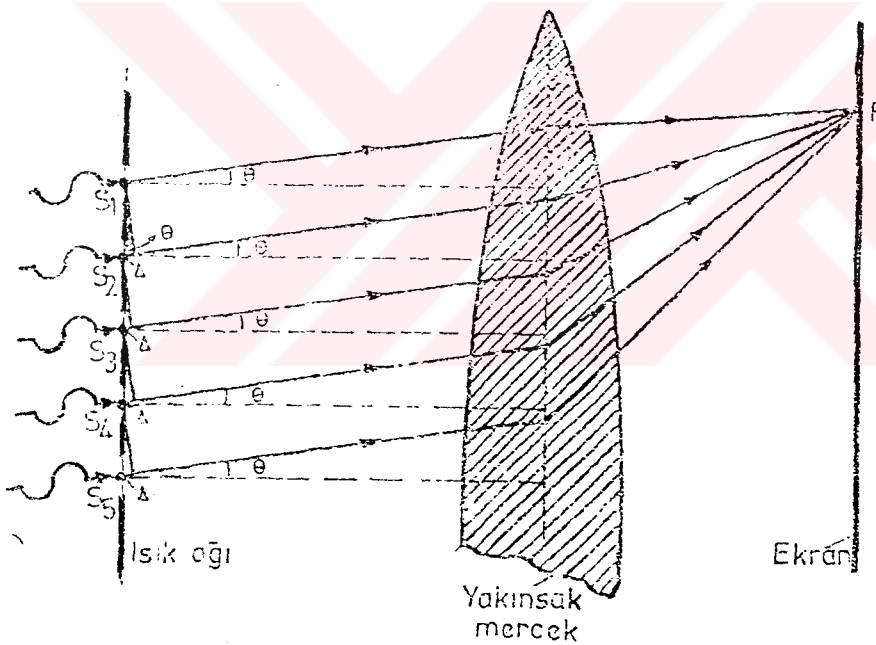
Tablo 4.4 (b) Flüoresans lambasının ışık prizmasıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi

Spektrum \ Filtreler	Kırmızı	Turuncu	Sarı	Yeşil	Mavi	Mor
	Sarı	Kırmızı	Turuncu	Sarı	Yeşil	—
Yeşil	—	—	Sarı	Yeşil	Mavi	—
Lacivert	Kırmızı	—	—	Yeşil	Mavi	Mor
Mavi	—	Turuncu	Sarı	Yeşil	Mavi	Mor
Kırmızı	Kırmızı	—	—	—	—	—

4.3. Kırınım Ağı ile Dalga Boyunun Tayini

Işığın geçirmeyen bir plaka üzerinde ışığı geçiren birbirine paralel ve eşit aralıklı saydam ve çizgisel bölmelerden oluşmuş bir sisteme kırınım ağı denir. İyi bir ağıın 1 cm'si içinde binlerce saydam çizgi bulunabilir. Tek renkli ve paralel bir ışık demeti böyle bir ağıın yüzeyine dik olarak düşürüldüğünde ağıın her bir çizgisi yeni birer ışık kaynağı haline gelir ve kırınımdan dolayı her doğrultuya ışık yayar. Uygun şartlar altında bu ışık dalgalarının girişimi gözlenebilir.

Ardışık iki çizgisi arasındaki uzaklık d olan bir ışık ağıın yüzeyine dik doğrultuda tek renkli bir ışık demeti düşürüldüğünde ağıın çizgileri her doğrultuda ışık yayacaklarından yüzey normali ile herhangi bir θ açısı yapan doğrultuda da ışık yayacaklardır. Şekil 4.19'da böyle bir ışığın kesiti görülmektedir.



Şekil 4.19 Kırınım ağındaki bir ışığın kesiti.

Şekilden görüldüğü gibi ardışık saydam iki çizginin yaydıkları ışık dalgaları arasındaki yol farkı,

$$\Delta = d \cdot \sin \theta \quad (4.15)$$

olur. Kırınım ağıın arkasına bir yakınsak mercek konursa aynı θ açısı altında giden paralel

ışınlar merceğin odak düzlemi üzerinde bir P noktasında üstüste binerler. Yol farkı dalga boyunun tam katlarına eşitse, yani,

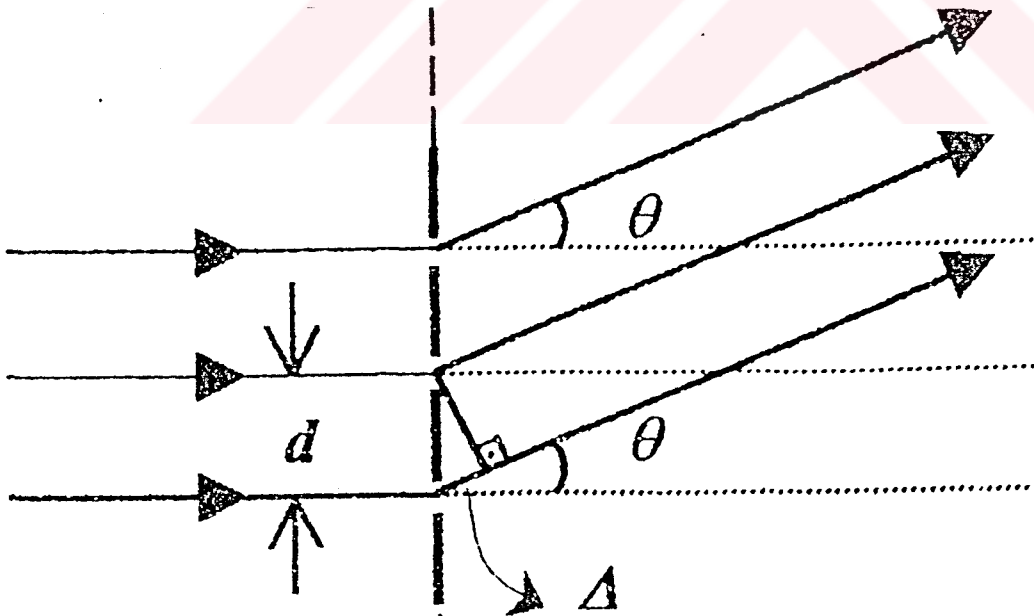
$$d\sin\theta = m\lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots) \quad (4.16)$$

ise her çizginin gönderdiği ışık dalgası P noktasına aynı fazda ulaşacağından aydınlık bir çizgi verirler. Yol farkı $\Delta \neq m\lambda$ iken onların bir kısmı zıt fazda düşebileceğinden şiddeti azaltırlar. Ağın çizgi sayısı ne kadar fazla ise aydınlık çizgiler o kadar keskin olur.

$m = 0$ için orta aydınlık çizgi, $m = \pm 1$ için birinci mertebe çizgileri elde edilir. $\sin\theta$ en fazla ± 1 olabileceğinden m mertebe sayısı belli bir değerden büyük olamaz.

Deneyde tek renkli ışık yerine beyaz ışık kullanılsa idi değişik dalga boyları için değişik θ açıları altında aydınlık bölgeler oluşacağından, keskin aydınlık çizgiler yerine renklerine ayrılmış ışık spektrumu elde edilirdi.

Özellikleri bilinen bir ışık ağı yardımıyla ışık dalga boyunun tayini mümkün olduğu gibi, özelliği bilinen bir ışık yardımı ile de ağın yapısı, x-ışınları ve elektronlar bu maddeler içinden geçirilince kırınımına uğraması sonucu elde edilen girişim deseni fotoğraflar yardımıyla incelenmektedir.



Şekil 4.20 Kırınım ağı

Spektrometre tablasının üzerine kırınım ağı dik olarak konuldu. Spektrometrenin dürbün kısmından bakarak birinci merteye spektrumları incelendi.

$m=0$ için orta aydınlık çizgisini görerek spektrometreden θ_0 değeri ölçüldü. Aynı şekilde $m=1$ için θ_1 değeri okundu. θ değeri, θ_0 ve θ_1 değerlerinin farkıdır. Kullanılan ağıncizgi sayısı $1/600$ mm olup bu değerler Denklem 4.16'da yazılarak λ dalga boyları bulundu.

Ayrıca, spektrometrenin dürbün kısmına filtreleri koyarak kullanılan ışık kaynağına ve kırınım ağıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi gözlemlendi.

4.3.1. Na Lambasının Spektrumuna Göre Kırınım Ağıyla Dalga Boyu Tayini

Sarı dalga boyu $\theta_0 = 88 + 0,25 = 88,25^\circ$

Işık $\theta_1 = 67,5 + 0,04 = 67,54^\circ$

$\theta = 20,71^\circ$

$\lambda = 5,893968403 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 5893,9 \text{ \AA}$

Tablo 4.5 (a) Na lambasına filtrelerin etkisi

Filtreler	Lamba	Na Sarı Işık
Lacivert		—
Mavi		Sarının şiddeti azaldı
Yeşil		—
Sarı		Sarı
Kırmızı		Sarının şiddeti azaldı

Tablo 4.5 (b) Na lambasının kırınım ağıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi

Filtreler	Spektrum	Sarı
Lacivert		—
Mavi		Sarının şiddeti azaldı
Yeşil		—
Sarı		—
Kırmızı		Sarının şiddeti azaldı

4.3.2. Cd Lambasının Spektrumuna Göre Kırınım Ağıyla Dalga Boyu Tayini

Mor dalga boyu ışık	$\theta_0 = 268,5 + 0,22 = 268,22^\circ$	
	$\theta_1 = 252 + 0,14 = 252,14^\circ$	
	$\theta = 16,08^\circ$	
	$\lambda = 461632102 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 4616,3 \text{ \AA}$	
Mavi dalga boyu ışık	$\theta_0 = 268 + 0,22 = 268,22^\circ$	
	$\theta_1 = 251 + 0,20 = 251,70^\circ$	
	$\theta = 16,52^\circ$	
	$\lambda = 4,822765781 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 4822,7 \text{ \AA}$	
Yeşil dalga boyu ışık	$\theta_0 = 268 + 0,22 = 268,22^\circ$	
	$\theta_1 = 250,5 + 0,13 = 250,63^\circ$	
	$\theta = 17,59^\circ$	
	$\lambda = 5,0367253,83 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 5036,7 \text{ \AA}$	
Kırmızı dalga boyu ışık	$\theta_0 = 268 + 0,22 = 268,22^\circ$	
	$\theta_1 = 245,5 + 0,10 = 245,64^\circ$	
	$\theta = 22,56^\circ$	
	$\lambda = 641029267,4 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 6410,29 \text{ \AA}$	

Tablo 4.6 (a) Cd lambasına filtrelerin etkisi

Filtreler \ Lamba	Lacivert	Mavi	Yeşil	Sarı	Kırmızı
Cd Mavi Işık	Koyu Mavi	Mavi	Yeşil	Yeşil	Kırmızı

Tablo 4.6 (b) Cd lambasının kırınım ağıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi

Filtreler \ Spektrum	Mor	Mavi	Yeşil	Kırmızı
Lacivert	Morun şiddeti azaldı	Mavinin şiddeti azaldı	Yeşilin şiddeti azaldı	Kırmızının şiddeti çok azaldı
Mavi	Mor	Mavi	Yeşil	—
Yeşil	Morun şiddeti azaldı	Mavinin şiddeti azaldı	Yeşilin şiddeti azaldı	—
Sarı	—	Mavinin şiddeti azaldı	Yeşil	Kırmızı
Kırmızı	—	—	—	Kırmızı

4.3.3. Hg Lambasının Spektrumuna Göre Kırınım Ağıyla Dalga Boyu Tayini

Koyu Mor dalga boyu $\theta_0 = 268,59 + 0,09 = 268,59^\circ$

ışık $\theta_1 = 254,5 + 0,01 = 254,51^\circ$

$\theta = 14,08^\circ$

$\lambda = 4,054607463 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 4054,6 \text{ \AA}$

Açık Mor dalga boyu $\theta_0 = 268,59 + 0,09 = 268,59^\circ$

ışık $\theta_1 = 2543,5 + 0,01 = 253,51^\circ$

$$\theta = 15,08^\circ$$

$$\lambda = 4,336124654 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 4336,12 \text{ \AA}$$

Koyu Yeşil dalga boyu $\theta_0 = 268,59 + 0,09 = 268,59^\circ$

ışık $\theta_1 = 250 + 0,01 = 250,01^\circ$

$$\theta = 28,58^\circ$$

$$\lambda = 5,310474272 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 5310,47 \text{ \AA}$$

Açık Yeşil dalga boyu $\theta_0 = 268,59 + 0,09 = 268,59^\circ$

ışık $\theta_1 = 258 + 0,28 = 248,28^\circ$

$$\theta = 20,31^\circ$$

$$\lambda = 5,78498898 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 5784,9 \text{ \AA}$$

Turuncu dalga boyu $\theta_0 = 268,59 + 0,09 = 268,59^\circ$

ışık $\theta_1 = 248 + 0,14 = 248,14^\circ$

$$\theta = 20,45^\circ$$

$$\lambda = 5,823164122 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 5823,1 \text{ \AA}$$

Tablo 4.7 (a) Hg lambasına filtrelerin etkisi

Lamba \ Filtreler	Lacivert	Mavi	Yeşil	Sarı	Kırmızı
	Hg				
Mavimsi	Mor	Mavi	Yeşil	Yeşil	Pembe
Beyaz ışık					

Tablo 4.7 (b) Hg lambasının kırınım ağıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi

Spektrum / Filtreler	Mor	Açık Mor	Koyu Yeşil	Yeşil	Turuncu
Lacivert	Morun şiddeti azaldı	Açık morun şiddeti azaldı	K. Yeşilin şiddeti azaldı	Yeşilin şiddeti azaldı	—
Mavi	Mor	Açık mor	Koyu Yeşil	Yeşil	Turuncunun şiddeti azaldı
Yeşil	—	—	K. Yeşilin şiddeti azaldı	Yeşilin şiddeti azaldı	—
Sarı	—	—	K. Yeşilin şiddeti azaldı	Yeşil	Turuncu
Kırmızı	—	Açık morun şiddeti azaldı	—	Yeşilin şiddeti azaldı	Turuncunun şiddeti azaldı

4.3.4. Flüoresans Lambasının Spektrumuna Göre Kırınım Ağıyla

Dalga Boyu Tayini

Mor dalga boyu ışık $\theta_0 = 90 + 0,16 = 90,16^\circ$
 $\theta_1 = 75 + 0,14 = 75,14^\circ$
 $\theta = 15,02^\circ$
 $\lambda = 5,319270018 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 4319,27 \text{ \AA}$

Yeşil dalga boyu ışık $\theta_0 = 90 + 0,16 = 90,16^\circ$
 $\theta_1 = 71 + 0,12 = 71,12^\circ$
 $\theta = 19,04^\circ$
 $\lambda = 5,437136193 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 5437,13 \text{ \AA}$

Sarı dalga boylu ışık	$\theta_0 = 90 + 0,16 = 90,16^\circ$ $\theta_1 = 70 + 0,01 = 75,14^\circ$ $\theta = 20,15^\circ$ $\lambda = 5,741317966 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 5741,31 \text{ \AA}$
Kırmızı dalga boylu ışık	$\theta_0 = 90 + 0,16 = 90,16^\circ$ $\theta_1 = 67,5 + 0,25 = 67,75^\circ$ $\theta = 22,41^\circ$ $\lambda = 6,353862238 \cdot 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 6353,86 \text{ \AA}$

Tablo 4.8 (a) Flüoresans lambasına filtrelerin etkisi

Filtreler Lamba	Sarı	Yeşil	Lacivert	Mavi	Kırmızı
Flüoresans Beyaz ışık	Sarı	Yeşil	Mavi	Açık Mavi	Kırmızı

Tablo 4.8 (b) Flüoresans lambanın kırınım ağıyla oluşturulan spektrumuna filtrelerin etkisi

Spektrum Filtreler	Mor	Yeşil	Sarı	Kırmızı
Sarı	—	Yeşil	Sarı	Kırmızı
Yeşil	—	Yeşilin şiddeti azaldı	—	—
Lacivert	Morun şiddeti azaldı	—	—	—
Mavi	Mor	Yeşilin şiddeti azaldı	—	—
Kırmızı	—	—	—	Kırmızı

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Na, Cd, Hg ve flüoresans ışık kaynakları kullanarak prizma ve kırınım ağıyla oluşturdukları spektrumlar incelendi. Bu ışık kaynaklarının spektrumlarının farklı olduğu gözlemlendi. Bu spektrumlara göre prizmanın kırılma indisi ve herbir rengin dalga boyu hesaplandı.

Kırınım ağının yarıkları arasındaki mesafe bilindiğinden herhangi bir dalga boyuna ait sapma açısı ölçülerek Denklem 4.16'dan dalga boyu hesaplandı. Kırınım açısı bilinen prizmayla minimum sapma açısı ölçülerek Denklem 4.11'den kırılma indisi hesaplandı. Kırınım ağında dalga boyu ile sapma açısı birbirine direkt bağlıdır. Prizmada ise sapma açısıyla dalga boyu arasındaki bağıntı basit olmayıp, prizmanın yapıldığı maddenin cinsine bağlıdır. Prizma tarafından oluşturulan spektrumun mor tarafı, kırmızı ucuna nazaran daha fazla yayılmış durumda olup prizma kırmızı ışığı daha az, moru daha fazla saptırdığı fakat kırınım ağında bunun tersi olduğu görüldü.

Daha sonra Na, Cd, Hg ve flüoresans ışık kaynakları kullanılarak prizma ve kırınım ağıyla oluşturulan spektrumların önüne sarı, mavi, yeşil ve kırmızı filtreler konulup hangi renkleri soğurdıkları, hangilerini geçirdikleri incelendi. Her bir filtrenin kendi rengine yakın dalga boyundaki rengi geçirdiği, uzak rengi de absorbe ettiği gözlemlendi.

Renklerin, göz tarafından algılanmasını esas alarak yapılabilecek fizyolojik tanım ile onu meydana getiren ışığın yapısına dayandırılan fiziksel tanımın farklı olabildiğini; iki veya daha çok sayıda saf rengin karışımı gözümüzün yepyeni bir renk olarak algılandığı açıklandı. Teorik olarak yeni renkler oluşturmada imkanlar sonsuzdur. Ama doğanın paletinin o kadar da zengin olmadığı bilinmektedir.

Renkli fotoğrafın, renkli televizyonun kırmızı, mavi ve yeşil temel renklerini kullanarak bütün renkleri yaratabilmesinin aslında bir aldatmaca olduğu ayrıca aynı rengin farklı kişilerce farklı algılandığı gerçeği de açıklanmıştır.

Objektif bir renk tanımının, onun algılanma mekanizmasının özelliklerinden tamamen bağımsız şekilde verilmesi gerekir. Bu tanım ise rengi yaratan elektromagnetik dalgaların özelliklerinin kullanılmasıyla sağlandığı şeklinde verilir.

Na-lamba sarı ışık, Cd-lamba mavi ışık, Hg-lamba beyazımsı mavi ışık, flüoresans lamba ise beyaz ışık vermektedir. Dolayısıyla bu renk kompozisyonunu kuantum kuralları belirler. Na'dan mavi ışık, Cd'dan sarı ışık beklenmez. Sarı sodyumun, mavi kadmiyumun imzası gibidir.

Bunun yanısıra, bir cismin rengini tanımlarken bazı zorluklar çıktı. Bir cismin rengi, onun kendiliğinden ışıdığı zaman vereceği ışığın rengi olmayıp, aydınlanma şartlarında ve çevre sıcaklığında iken görüldüğü renk olduğu gözlendi.

Işığın ve rengin bütün canlılar üzerindeki etkisi üzerinde duruldu.

Güneş ışığının insan hayatındaki önemi, Hindistan'da raşitizmin yüksek kasttaki Hindular arasında yaygın olduğundan çıkarılabilir. Çünkü, kuşkusuz dini sistem anne ve çocuğun tamamen ev içinde durmalarını gerektirir. Bu yüzden vücut güneş ışığından yoksun bırakıldığından, D vitamini yetersizliği görülür.

Görünür ışığın bitkilerin büyümesi üzerindeki etkisi büyüktür. Bu amaçla yapılan deneyler sonucunda bitkilerin kırmızı cam altında en fazla, mavi cam altında da en az büyüdüğü görülmüştür. Buradan kısa dalga boylu ışığın bitkinin büyümesine, etkisinin az olduğu sonucuna varılır.

Yapılan incelemeler sonucunda, kısa-gün ve uzun-gün bitkilerinin farklı renkli ışıklar altında farklı büyüdüğü gözlenmiştir. Uzun-gün bitkilerinde en büyük tepkinin kırmızı bölgede olduğu, bitkinin turuncu-kırmızı ışık altında büyüdüğü; sarı, yeşil ve mavi ışık altında ise herhangi bir büyüme olmadığı gözlenmiştir. Bu sonuç, Hollanda'da kırmızı-neon ışığı, çiçeklere ticari olarak uygulanmış, dolayısıyla büyüme arttırılmıştır.

Yapılan bir başka deneyde de filtrelerin kullanılması bitkinin büyümesi üzerinde etkili olduğu gözlenilmiştir. Görüldüğü gibi, bitkilerin büyümesinde görünür ışığın gündüz uzunluğu, ışık şiddeti ve renk hayatı derecede önemlidir.

Sonuç olarak, farklı ışık kaynakları kullanılarak yapılan prizma ve kırınım ağı deneylerinde oluşturulan spektrumların, bu spektrumlardaki renklerin dalga boyu ve prizmanın kırılma indisinin farklı olduğu görüldü.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- BURNIE, D., 1992, Subtracting Colours, Eyewitness Science, The Science Museum.
- BİRREN, F., 1992, Colour Psychology and Color Therapy, New York.
- ÇAĞLARCA, S., 1993, Renk ve Armoni Kuralları, İnkılap Kitabevi, Ankara.
- ERNA, H., 1977, Pratik Elektronik, İnkılap Kitabevi, Ankara.
- FERGUSON, K. 1962, Prisons of light, Cambridge University.
- GANONG, W.F., 1995, Ganong Tıbbi Fizyolojisi, (Çev.:A. Doğan), Barış Kitabevi, İstanbul.
- GETTYS, W.E., KELLER, J.F., and SKOVE, J.M., 1989, Classical and Modern Physics, Mc Graw-Hill, Inc.
- GHATAK, A., 1977, Optics, Tata Mc Graw Hill Publishing Co. Ltd.
- GOCA, N., 1993, Optik, (Çev.: C. Çakır); Kültür Eğitim Vakfı Yayınları, Erzurum.
- GUYTON, C.A., 1986, Görme Optiği, (Çev.: N. Gökhan, H. Çavuşoğlu), Tıbbi Fizyoloji, Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul.
- GÜNER, Z., 1979, Fizik II, Ankara Üniversitesi Yayınları.
- HABER-SCHAİM, U., DODGE, H.J. and WALTER, J.A., 1986, PSSC Physics, D.C. Heath and Company.
- JENKINS, A.F. and WHITE, E.H., 1957, Fundamentals of Optics, Mc Graw-Hill Book Company, Inc.
- ÖZDEMİR, B., TANRIKULU, N.J., DUNAY, R., AYDEMİR, İ., GÜREL,İ., KAYA, F. ve SABANCI, M., 1990, Fizik II, MEB Yayınları.
- ÖZDOĞAN, B., 1973, Kimyada Fiziksel Metotlar, Şirketi Mürettiye Basımevi, İstanbul.
- ÖZKAYA, M., 1957, Aydınlatma Tekniği, İTÜ Yayınları.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- PEDROTTI, S.J. and PEDROTTI, S.L., 1993, Introduction to Optics, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- RAE, R., 1995, Introduction to Color In the Grafhic Arts, Anitec Imaging Corporation.
- RYER, A., 1997, Light Measurement Handbook, International light 17 Graf Road Newburyport, USA.
- SEARS, W.F. and ZEMANSKY, M.W., 1982, Optik ve Modern Fizik, (Çev.: F. Domaniç), Çağlayan Basımevi, İstanbul.
- SEARS, W.F. and ZEMANSKY, M.W., 1982, Optik ve Atom Fiziği, (Çev.:N. Kürkçüoğlu), İTÜ Yayınları, İstanbul.
- SİREL, Ş., 1997, Aydınlatma Sözlüğü, Yem Yayını.
- WILLIAMS, E.J., METCALFE, H.C., TRINKLEIN, E.F. and LEFLER, W.R., 1960, Modern Physics,
- WILSON, J.H., 1983, Introduction to Optoelectronics, Prentice Hall.