

**T. C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**18.ve 19. YÜZYILLARDA
OPTİK KURAMLAR**

CEMİLE FAHRİYE KAMER ARAS

TIP TARİHİ VE ETİK ANABİLİM DALI

**DANIŞMAN
PROF. H.KADİRCAN KESKİNBORA**

TEKİRDAĞ-2011

ÖZET

Görme ve ışık ile ilgili tüm araştırmalar insanlık tarihi kadar eskidir. İnsanlar çağlar boyunca ışığın tabiatına büyük ilgi duymuşlar ve ışığın kaynağı, görmenin oluşumu ile ışığın mahiyeti dikkat çeken iki farklı problem olmuştur. İlk uygarlıklarda ışığın kaynağı ve görme olayı ele alınırken, 16. yüzyıl ve sonrası ışığın mahiyetine yönelik çalışmalar bilim adamlarının çalışmalarını oluşturdu.

Işığın niteliğine ait ilk fikirler eski Mısır ve Yunan bilginleri tarafından ortaya kondu. Antik Yunan ve Mısır’da gözden çıkan ışınlar görmeyi oluşturması iken 10. yüzyıl Batı’da “*Alhazen*” olarak bilinen İbn el-Heyssem görme olayını nesneden çıkan ışınların gözümüze gelmesi sonucu oluştuğunu ifade ederek bu günkü şekliyle açıkladı. İbn el-Heyssem’in optik alanında yapmış olduğu başarılı çalışmaları hem Batı hem de Doğu’da gelenek haline dönüşmüştü.

İbn el- Heyssem sonrası 17. yüzyıla kadar optik alanında pek ilerleme olmamıştır. Yapılan tüm çalışmalar İbn el-Heyssem’in çalışmalarıyla sınırlı kalıp, etkisi devam etmiştir. 17.yüzyılda Kepler modern deneysel optiği kurdu. Newton ışığın niteliğine ve rengin doğasına yönelik ilk özgün çalışmalarını ortaya koydu. 18.yüzyılda optik biliminde pek fazla ilerleme olmadı. Bu dönemde Newton’un görüşlerinin birçok bilim adamı tarafından kabul görmesi Huygens’e ait dalga teorisi ve Grilmadi’nin keşfettiği ışığın kırınımı olayı geri planda bıraktı. Fakat 18. yüzyılın sonlarında Thomas Young’un çalışmaları ile yaşama geçirilebildi.

19. yüzyılda ışığın özellikleri tam olarak anlaşıldı. Thomas Young ve Augustine Jean Fresnel tarafından “*girişim*” ve “*kırınım*” özellikleri ortaya çıkartılarak “ışığın dalga modeli” ön plana çıkmıştır. 19. yüzyılın sonlarında Maxwell ve Heinrich Hertz’in çalışmaları ile dalga modelinin etkinliği artı. 20. yüzyılda optik bilimi önemli keşif ve çalışmalar dönemine girdi.

Anahtar Kelime: Optik, İbn el-Heyssem, Ortaçağ’da Bilim, Bilim Tarihi, Modern Fizik

SUMMARY

Every research about seeing and light is old as human history. Human interest in nature of the light during the ages, and source of the light and performing the seeing and composition of the light has been exotic two problems. When the source of the light and seeing has been handled in first ages, the works about composition of the light in and after 16th century were performed by scientists.

The first ideas about the feature of the light were displayed by old Egyptian and Greek Scientists. Antique Greek and Egypt believed that seeing is performed via the beams from the eyes; but Ibn el-Heysem who has been known as “*Alhazen*” in the West explained the seeing as beams from the object as known today. Ibn el-Heysem’s successful studies in optic area converted to a tradition both of in East and West.

After Ibn el-Heysem, any development hasn’t been recorded to 17th century. Entire studies carried on its effect and limited with Ibn el-Heysem’s studies. Kepler established modern experimental optic in 17th century. There was not been any notable development about optic science in 18th century. Newton’s suggestions accepted by a lot of scientists, and the wave theory of Huygens and the light refractory event of Grilmadi remained the behind. But the works of Thomas Young were adapted to the life in the end of the 18th century.

The features of the lights were understood as fully in 19th century. “The wave model of the light” has been loomed large by understanding of “*interference*” and “*refractory*” features by *Thomas Young* and *Augustine Jean Fresnel*. Effect of the wave model increased with *Maxwell* and *Heinrich Hertz*’s studies’ in end of the 19th century. The optic science entered to important investigations and studies period in 20th century.

Keyword: Optical, Ibn el-Heysem, Science in the Middle Ages, History of Science, modern Physics

ÖNSÖZ

Işığın kaynağı ve görme olayının nasıl oluştuğu ilk optik araştırma konuları olup 16. yüzyıla kadar tıp biliminin bir bölümünü oluşturmuştur. 17.yüzyıl başlarında ışığın niteliği ile ilgili çalışmalar ise daha çok felsefi çalışmaların dikkate aldığı problemlerdi. Kendi içerisinde optik biliminin araştırmaları farklı alanlarda yapılsa da, tarihi, ilk uygarlıklara kadar uzanmaktadır.

Optik bilimi sadece perspektif bilimi değil, günümüzde uzay, tıp ve pek çok konuda çalışmaların gerçekleştirilebilmesi için gerekli araçların yapılmasına katkıda bulunan bir bilim ve araştırma alanıdır. Bu alanda usta Hocalarımızın ellerinden kaleme aldıkları ve bize ışık tutan kitapları olmasına rağmen yaptığım araştırmalar sonucunda bu alana yeni adım atarak ilerlemek isteyen biz yüksek lisans öğrencilerinin bu konudaki çalışmalarının yetersiz olması gerçeğinden hareketle tezimi bu alanda kaleme aldım.

Tez hazırlığının her aşamasında bilgilerini ve desteğini esirgemeyen Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı Başkanımız Değerli hocam Prof. Dr. H.Kadircan Keskinbora'ya Teşekkürü bir borç bilirim. Son olarak çalışmalarım süresince yanımda ve bana yardımcı olan, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen eşim Celal Aras'a sonsuz teşekkürler...

C.Fahriye KAMER ARAS

Tekirdağ, 30 Haziran 2011

KISALTMALAR

A.D. : Anabilim Dalı

a.g.e.: Adı geçen eser

a.g.m.: Adı geçen makale

Bkz.: Bakınız

B.T.D.: Bilim Teknik Dergisi

Çev.: Çeviren

D.T.C.: Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi

hk., Hakkında

Ed.: Editör

MEB: Milli Eğitim Bakanlığı

MEGEP: Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi

OTAM: Osmanlı Tarihi Araştırma ve Uygulama Merkezi

s.: Sayfa

ss.: Sayfalar arası

&: ve

T.D.V.: Türkiye Diyanet Vakfı

vb.:ve benzeri

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	iv
KISALTMALAR	v
İÇİNDEKİLER	vi
RESİMLER LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
MATERYAL ve METOD	xiv
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	
18.YÜZYILA KADAR OPTİK KURAMLARIN TARİHSEL GELİŞİMİ	
1.İLK MEDENİYETLERDE OPTİK	5
2.ANTİK YUNAN'DA OPTİK	6
2.1. PLATON	8
2.1.1. Platon'un Işık Tasarımı ve Görme Kuramı	8
2.1.2. Platon ve Işığın Yansıması	9
2.1.3. Renk Oluşumunu Açıklaması	9
2.2. ARİSTOTELES	10
2.2.1. Işık Tasarımı ve Görme Kuramı	10
2.2.2. Aristoteles'e göre renk oluşumu ve görmede etkisi	11
2.3. EUKLEİDES	11
2.3.1. Eukleides'e göre yansıma olayı	13
2.4. HERON	13
2.5. BATLAMYUS	14
2.5.1. Batlamyus'a göre Yansımanın Geometrik Analizi	15
2.5.2. Batlamyus'a göre Kırılmanın Geometrik Analizi	16

İKİNCİ BÖLÜM

18. ve 19.Y.Y.DA OPTİK KURAMLAR	53
1. NEWTON ve TANECİK TEORİSİ	55
1.1. Newton Halkaları	58
2. HUYGENS ve DALGA TEORİSİ	59
3. LEONHARD EULER	61
4. THOMAS YOUNG ve IŞIĞIN GİRİŞİM YASASI	62
5. AUGUSTİN JEAN FRESNEL ve IŞIĞIN KIRINIMI	66
5.1. Fresnel Lensi	67
6. MAXWELL	68
6.1. Işığın Hızı	71
7. A. A. MİCHELSON VE E. MORLEY İNTERFORMETRESİ	73
8. IŞIĞIN POLARIZASYONU	75
9. MAX PLANCK	76

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

18. ve 19. YÜZYIL OPTİK ARAÇLARI	
1. MERCEKLER	77
1.1. Küresel Sapma	78
1.2. Kromatik (renksel) sapma	79
2. TELESKOPLAR	80
2.1. MERCEKLİ TELESKOPLAR	81
2.1.1. Galileo'nun Teleskopu	82
2.1.2. Kepler'in Teleskopu (Astronomik Teleskop)	83
2.2. AYNALI TELESKOPLAR (Reflektörler)	83

2.2.1. Newton Türü	83
2.2.2. Cassegrain Türü	84
2.3. KATADİOPTRİK TELESLOPLAR (aynalı-mercekli)	84
3.OFTALMOSKOP	85
DEĞERLENDİRME ve SONUÇ	89
KAYNAKLAR	91
ŞEKİLLERİN KAYNAKLARI	97
DİPNOT LİSTESİ	101
ÖZGEÇMİŞ	111

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1: Ninova kazılarında ortaya çıkarılan parlatılmış kristal	5
Resim 2: Arkhimeses ve dev çukur ayna	6
Resim 3: Platon'un "Timaios" eserinin kapağı	9
Resim 4: Mantık biliminin kurucusu Aristoteles	10
Resim 5: Düzlem geometrinin kurucusu Eukleides	11
Resim 6: İskenderiye Mekanik Okulu'nun Temsilcisi Heron	13
Resim 7: Antik Yunan'da matematiksel optiği üst seviyeye taşıyan kişi Batlamyus	14
Resim 8: İslam Dünyası'nda M.S.9.yy.da çeviri etkinliği ile birçok alandaki eserler	19
Resim 9: Ortaçağ'a ışık tutan Türk filozofu Farabi	21
Resim 10: Farabi'nin "Kitabu'l-Hiyali'l-Ruhaniyye ve el-Esrâri't-Tabî'iyye fi Dakaki'l-Eşkali'l-Hendesiyye" eserinde konkav aynanın yapılışını gösteren resim (Uppsala nüshası, No:324, v.9b.)	21
Resim 11: Filozofların prensi İbn Sina	24
Resim 12: İbn el-Heysen	26
Resim 13: Astronom, matematikçi ve optikçi Mirim Çelebi	38
Resim 14: İstanbul rasathanesinin kurucusu Takîyüddîn	39
Resim 15: Takîyüddîn ile arkadaşları İstanbul rasathanesinde çalışırken	40
Resim 16: Robert Grosseteste	42
Resim 17: Batı Dünyası'nda "Doctor Mirabilis" Roger Bacon	44
Resim 18: Kamera obscura	47
Resim 19: Perspectiva Communis kitabından bir sayfa	47
Resim 20: 13.yy.da Gözışın kuramını savunmayan tek yazar Witelo	50
Resim 21: Witelo'nun Perspektiva kitabının kapağı	51
Resim 22: Giambattista della Porta (1535–1615), De Humana Physiognomia Libri III kitabından ünlü insan portreleriyle hayvan yüzlerini karşılaştırarak aralarındaki benzerliği göstermesi	52
Resim 23: Newton'un 1704 yılında yayımladığı "opticks" kitabının iç kapak kısmı	56
Resim 24: Newton'un Renk Deneyi	57
Resim 25: Cristiaan Huygens; Zamanın daha dakik ölçümünü sağlayan ilk sarkaçlı saatin patentini alan bilim adamı	59
Resim 26: Zamanın en verimli matematikçisi Leonhard Euler	61
Resim 27: İngiliz Fizikçi Thomas Young	62
Resim 28: Dalga teorisinin sağlam temellerini formüle eden bilim adamı Frensel	66

Resim 29: 19.yy.ın en büyük fizikçisi Maxwell	68
Resim 30: Max Planck; Kuantum Kuramı'nın önde gelen ismi	76
Resim 31: Jan Evangelista Purkinje	87

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Efesli Rufus'un 2.yy göz ile ilgili tanımlarına dayanılarak çizilmiş göz resmi	7
Şekil 2: Eukleides'e göre Gözışın konisi	12
Şekil 3: Heron'un yansıma kanununu kanıtlaması	14
Şekil 4: Batlamyus'a göre yansımanın geometrisi	15
Şekil 5: Batlamyus'un yansıma kanununu kanıtlamakta kullandığı dereceli disk	16
Şekil 6: El-Kindi'ye göre görsel koni	23
Şekil 7: İbn Sina'ya göre görme geometrisi	25
Şekil 8: İbn el-Heyssem'in 16.yy.da "Kitab el-Menazır" eserinin Latince baskısındaki göz çizimi	26
Şekil 9: İbn Heyssem'e göre görmenin geometrik açıklaması	28
Şekil 10: İbn el-Heyssem'e göre gözün yapısı	30
Şekil 11: İbn el-Heyssem'in yansıma kanununu kanıtlaması	31
Şekil 12: İbn el-Heyssem'in hızlar dörtgenini açıklaması	32
Şekil 13: İbn el-Heyssem'in karanlık oda çalışması	33
Şekil 14: İbnü'l-Heyssem'in fikirlerinden yola çıkan Kemâlüddîn el-Fârisî'ye ait göz anatomisi çizimi. El yazması üzerindeki Arapça yazılarda beyinin retina üzerine düşen görüntüyü oluşturmada etkisinden bahsedilmektedir	34
Şekil 15: Kemâlüddîn el-Fârisî'nin düzlem aynada yansıma kanununu kanıtlaması	36
Şekil 16: Farklı ortamlardaki bir nesneni görüntü konumları	37
Şekil 17: Optic studies from De Natura Locorum. The diagram shows light being refracted by a spherical glass container full of water (De Natura Locorum eserinden Optik çalışmalar. İçi su dolu kapta küresel cam ile kırılma olayı)	43
Şekil 18: Bacon'a göre görsel piramit	45
Şekil 19: Pecham'ın göz çizimi	48
Şekil 20: Pecham'ın yansıma kanununu kanıtlaması	49
Şekil 21: Pecham'a göre düzlem aynada görüntü oluşumu	49
Şekil 22: Witelo'ya göre Küresel Sapınc	51
Şekil 23: Newton Teleskopu	55
Şekil 24: Newton halkalarının oluşma prensibi ve Newton halkaları	58
Şekil 25: Huygens Prensibi	60
Şekil 26: Işığın Huygens prensibine göre hareketi ve Young'un girişim prensibi	63
Şekil 27: Young'un girişim prensibi ve sonuçları	64

Şekil 28: Young'un girişim prensibi - çift yarık	65
Şekil 29: Fresnel Lensi	68
Şekil 30: Fizeau ışık hızını ölçmede kullandığı dişli çark	72
Şekil 31: İnterferometrenin çalışma prensibi	74
Şekil 32: Mach-Zehnder İnterferometresi	75
Şekil 33: Küresel ve Kromatik Sapma	78
Şekil 34: a) İnce Kenarlı Mercek, b) Kalın Kenarlı Mercek	79
Şekil 35: Gözlem borusu	80
Şekil 36: Mercekli teleskobun çalışma prensibi	82
Şekil 37: Newton Tipi Teleskop	84
Şekil 38: Cassegrain Tipi Teleskop	84
Şekil 39: Newton, Cassegrain ve Coude Teleskobu	85
Şekil 40: Bir tür oftalmoskop aleti	86
Şekil 41: Herman von Helmholtz'ın ve tasarladığı, muayene eden kişinin iç kısımlarını görmesine olanak veren oftalmoskopun oyması	86

MATERYAL ve METOD

Konumla ilgili tez, kitap, makale, dergi taraması için İstanbul Fatih Üniversitesi Kütüphanesi, İstanbul Süleymaniye Kütüphanesi, Eskişehir Anadolu Üniversitesi Kütüphanesi (online), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Kütüphanesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Kütüphanesi ve Tekirdağ Merkez kütüphanelerinden katalog taraması yapıldı.

İbn el-Heysem, optik, fizik, bilim tarihi alanında basılmış eski ve yeni kitaplara ulaşıldı.

İnternet arama motoru vasıtasıyla yerli ve yabancı sitelerde arama yapılarak konumla ilgili makele, tez, vb.yazılara ulaşıldı.

Bu alanda çalışmalar yapmış hocalarımla görüşülerek konuya yönelik bilgiler edinildi.

GİRİŞ

Görme bilimi veya görmenin aracı olarak tanımlanan optik, ışığın özelliklerini inceleyen fiziğin bir alt koludur. Kısaca ışık bilimi olarak tanımlanan optik, çağlar boyunca insanlığın bir parçası olmuştur. Antik Mısır ve Helenistik çağlarda insanlar parlatılmış metallere aynalar yapmış, filozoflar ve bilim insanları ışığın yapısını tartışmışlardır.¹

Işıkla ilgili bir teorinin dikkate alınması için temel birkaç probleme cevap vermesi gereklidir. Mesela ışığın ortam değiştirirken kırılması, yansımaya ve de prizmadan geçirildiğinde beyaz ışığın farklı renkte ışıklara ayrılması gibi.² Bu şekliyle fiziğin optik dalı ışığı üç bölümde³ inceler:

1. Işığın yayılması olayını tamamen ışın kavramına dayanarak inceleyen geometrik optik
2. Işığın yapısını inceleyen, girişim, kırınım gibi optik olayları hipotezleri ile açıklamaya çalışan ve ışığın dalga teorisini kullanan fiziksel optik
3. Işığın maddeyle iletişimini, Compton olayı (*elektronlar tarafından esnek biçimde saçılma uğrayan X ışınlarının ve başka yüksek enerjili elektromagnetik ışınımın dalga boylarında ortaya çıkan artış*), fotoelektrik etki gibi konuları inceleyen ve tanecik teorisini esas alan modern kuantum fiziği.⁴

Geometrik optik, ışığın izotrop (tüm fiziksel özelliklerinin her yerde ve yönde aynı olmasıdır) ortamda doğrusal yayılımını kabul ederek; a) yansımaya (*ışığın aynalarda uğradığı değişimler ve buna bağlı olarak ortaya çıkan görüntüleri*) b) kırılma (*Bir ortamdan başka bir ortama geçen ışığın yol değiştirmesi*) ve c) aydınlanma (*bir yüzeyin, karşısına konan eşit ışık kaynaklarının sayısıyla orantılı olarak aydınlık görünmesi*) olaylarını inceleyen optik kısmıdır. Esası, milattan önceki yıllara dayanır ve dört temel madde içerir:

1. Işık bir cins ortamdan bir doğru boyunca yayılır,
2. Ayna yüzeyinde yansır,
3. Işık farklı iki ortamın sınır yüzeyinde kırılır,
4. Kesişen ışık demetleri birbirinden etkilenmeden yollarına devam eder.⁵

Newton, geometrik optiği, ışığı bir kaynaktan yayılan tanecik olarak düşünüp tanecik modeli ile açıklamıştır. 17. yüzyılda ışık olaylarını izah etmede yeterli görülmesine rağmen

Newton'un düşünceleriyle ortaya çıkan geometrik optikle ancak yansıma, kırılma ve aydınlanma olayları izah edilebilir. Aynalar, ışık prizmaları, mercekler, optik aletler, geometrik optikle incelenebilir.

Dalga optiği, ışığın dalga yapısında olduğunu temel kabul ederek, geometrik optikle açıklanamayan girişim, kırınım ve kutuplanma (polarizasyon) olaylarını inceler. **Newton**'la aynı zamanda yaşayan **Huygens**, **Newton**'un yanıldığını ve ışığın dalga şeklinde düşünülmesi gerektiğini savundu.

Kuantum optiği, **Max Planck**'ın ışık dalgalarının enerjilerinin kuantumlu oluşunu keşfetmesiyle ortaya çıkmıştır. Buna göre ışık, atomdan yayılan dalga katarları (enerji paketleri) şeklindedir. Her bir pakete “*foton*” denir. Kuantum optiği ile ışık- madde etkileşimi, fotoelektrik olay, “*Compton*” olayı incelenebilir.⁶

Optik biliminin tarihine bakıldığında ışığın kaynağı ve görmenin oluşumu ile ışığın mahiyeti bilim adamlarının ilgisini çeken iki farklı problem olmuştur. İlkçağ’larda daha çok ışığın kaynağı ve görme olayının nasıl oluştuğu konusu ele alınırken, ışığın mahiyetine yönelik çalışmalar daha çok 16. ve 17. yüzyıl bilim adamlarının çalışmalarını teşkil etmiştir.⁷

Görme, ışık ve ışığa bağlı olayların sistematik bir şekilde incelenmesi çok eski dönemlere kadar gitmektedir.⁸ Tarih boyunca insanlar güneş, ateş ve şimşegin ışık yaydığını gözlemlemişler, dinlerin doğuşundaki yaratılış efsanelerinde ışığın oluşumunu anlatmışlardır. Işığın tabiatı büyük merak ve ilgi konusu olmasına rağmen, ne olduğu 20. yüzyıla kadar tam olarak açıklanamamıştır.⁹

Bu dönemlerde optik, görüntü oluşumunu inceleyen bir bilim olarak biliniyordu. Yaklaşık iki bin yıllık bir dönem boyunca bu anlayış geçerliliğini devam ettirdi. Bu sebeple optik eserlerde ışık ve renk kavramlarının yanı sıra görsel algı problemlerine de yer verilmiştir. 19. yüzyılın başlarına kadar optik bilimi matematik, fizik, psikoloji, mühendislik gibi birçok bilim dalı ile iç içe durumdaydı. Teoloji boyuttan da ele alındığında ışığın tam bir “muamma” olduğu anlaşıldı. Işık üzerine başlatılan teolojik tartışmalar Ortaçağ’da Rönesans’ın etkisiyle geometrik bir anlamda perspektif biliminin sorunu haline geldi.¹⁰

Işığın niteliğine ait ilk fikirler eski Mısır ve Yunan bilginleri tarafından ortaya kondu. **Pisagor** ve **Euclides** görme olayını gözümüzden çıkan ışınların cisimlere ulaşması ile oluştuğunu, **Empedokles** ise bunun tersini savunmuştur. **Demokritos** ise görme olayının cisimden gelip göze çarpan ve atom olarak nitelendirilen küçük tanecikler ile gerçekleştiğini

belirtmiştir. **Aristoteles** bu görüşe karşı çıkararak, görmenin göz ile cisim arasındaki saydam ortam tarafından ışığın taşınması sonucu meydana geldiğini savunmuştur.¹¹

8. yüzyıldan sonra İslam bilginleri bir dizi optik olaylarla ilgilenmişler, önemli çalışmalar yapmışlardır.¹² Antik Yunan ve Mısır'da görme ile ilgili en önemli görüş, gözden çıkan ışınların görmeyi oluşturması iken 10. yüzyıl Batı'da "*Alhazen*" olarak bilinen¹³ ve "*Bütün zamanların en büyük optikçisi*"¹⁴ olarak adlandırılan **İbn el-Heyssem** görme olayını bu günkü şekliyle ifade etti. Ona göre görme olayı, nesneden çıkan ışınların gözümüze gelmesi sonucu oluşur.

İbn el-Heyssem aynı zamanda konveks lensin büyütme özelliğinden de bahsetmiştir. Optik ile ilgili birçok problemin çözümünde öncü rol oynamış olan **İbn el-Heyssem** problemlere büyük bir derinlikle yaklaşmış hem matematiksel hem de deneysel olarak sonuçlara ulaşmıştır. Kendisinden sonra gelen başka bir Müslüman bilim adamı **Kemâlüddîn el-Fârîsî**'nin de çalışmalarını etkilemiş ve benzer yöntemlerle problem çözmesine yol açmıştır. Bu çalışma modeli hem Batı hem de Doğu'da gelenek haline dönüşmüştür.¹⁵

İbn el-Heyssem sonrası 17. yüzyıla kadar optik alanında pek ilerle olmamış, optik kuramlar ile ilgili yapılan tüm çalışmalar **İbn el-Heyssem**'in teorilerine ayrıntılarıyla sınırlı kalıp, etkisi devam etmiştir.

Batı'da ise ilk olarak **Roger Bacon** (1214-1292) tarafından konveks merceğin okumayı kolaylaştırmak amaçlı kullanılabileceği belirtilmiştir. Bir merceğin gözlük amaçlı kullanıldığına dair ilk kaynak 1352 yılında **Tommaso da Modena**'nin yaptığı bir resimde görülen gözlük kullanan adamlardır.¹⁶ Bu dönemde optik biliminin Arap-İslam Dünyası'ndan oldukça etkilendiğini biliyoruz. Bu etki Endülüs İspanya'sı, Haçlı seferleri, Akdeniz'in ticaret ağları yoluyla gerçekleşmiştir. Helenistik dönem bilgileri Müslüman bilim adamlarının da katkılarıyla Avrupa ile buluşma imkânı bulduğu bu dönemde kuşkusuz ki matematik, astronomi, tarih, coğrafya, tıp ve felsefe alanlarında olduğu gibi optik alanında da zirve noktasını oluşturur.¹⁷

İnsanın en önemli duyusu olan görme direk olarak ışıkla alakalıdır. Bu nedenle de optik biliminin ilgi alanına girer. Görme duyumuz diğer tüm duygularımızın verdiğinden çok daha fazla bilgi sağlar. Hiç kuşkusuz ışığın tabiatı çağlar boyunca en çok merak edilen sorunlardan biri olmasına ve birçok bilim adamının çalışmalarına rağmen ışığın yapısı 20. yüzyılın ilk yıllarına kadar net bir şekilde anlaşılamamıştır. Artık ışığın hem saniyede 300.000 km kat eden bir elektromanyetik bir dalga iken hem de aynı zamanda foton denilen

parçacıklardan oluşan bir madde olduğunu biliyoruz. Buna “parçacık-dalga dualitesi (karşıtlık)” de denir. ¹⁸ Şüphesiz ki bilim adamlarının yaptığı bu buluşların öncesinde bu konularda çok kişi çalışmış ve bu bilgi birikimli olarak ilerlemiştir. Mesela ışığın tanecikli yapısı fikri **Newton**’dan çok daha önceleri milattan önce 5. yüzyılda dahi bilinmekteydi. ¹⁹

İnsanların dünyaya dolayısıyla optik bilimine merakı her çağda var olmuştur. Birçok insan doğal olarak gökyüzünün neden mavi gözüktüğünü hep merak etmiştir. Bunu açıklamanın en doğal yolu ışığın gökyüzünden geçerken bazı parçacıklara çarptığı için saçıldığı ve mavi olarak bize ulaştığıydı. 1849 yılında **Clausius** gökyüzünün mavi olmasının gökyüzünün sonsuz sayıda ufak baloncuklardan oluştuğunu iddia etmişti. Bir lokomotifin bacasından çıkan dumanının içinden güneşe bakarak gözlem yapan **Forbes** ise güneşten kırmızı renkte ışık da geldiğini gözlemledi. Hemen bir mühendislik firmasından buharlı motor aldı ve laboratuarda deneylere başladı. Gözlemleri sonucu beyaz ışığın her zaman dumanların arasından geçerken kırmızı bir ışık yaydığını gözlemledi. O yüzden güneş batarken güneşin kırmızı görünmesini buharlaşmış su birikintilerine bağlayarak gökyüzündeki bulutların da su buharı olduklarını doğru şekilde tahmin etmeyi başardı. Fakat normalde gökyüzünün neden mavi olduğuna bir açıklık getirmedi. ²⁰ Daha sonra **Lord Rayleigh** tarafından gökyüzünün mavi olması su taneciklerinin neden maviyi en çok saçılıma uğrattığı matematiksel olarak gösterildi. Gaz parçalarına çarpan ışık saçılır ve bu saçılma da dalga boyuyla orantılıdır. Güneşten gelen ışığın içindeki tüm renkleri içeren beyaz rengin içerdiği mavi renkte ışık kırmızıya göre 15-16 kat daha fazla saçıldığı için biz gökyüzünü mavi görürüz. ²¹

Optik kanunlarının anlaşılması günümüzde daha iyi görmeye yarayan gözlüklerden, bilgisayar teknolojisine, dünyanın uydusu aya gönderilen lazer ile ay dünya uzaklığının birkaç santimetre hata payıyla bulunmasından holografik resimlere kadar birçok alanda teknolojik gelişmeye ışık tutmuştur. ²²

İLK UYGARLIKLARDA OPTİK

Işığın meydana getirdiği olayları inceleyen optik biliminin tarihi ilk uygarlıklara kadar uzanmaktadır. Optik konusu ile ilgili ilk yazılı kaynaklara Mısır'da rastlanmaktadır. Bu belgelerde optik yarılgılardan söz etmektedir. Ayrıca yapılan kazılar sonucu elde edilen ayna ve mercek gibi çeşitli optik araçlar ile bu dönemlerde yapılan araştırmaların optikle ilgili teknik araç- gereç yapımına yönelik olduğunu ortaya çıkarmıştır. **Ninova** kalıntılarında



Resim 1: Ninova kazılarında ortaya çıkarılan parlatılmış kristal, Mezopotamya'da lens olarak kullanılabileceği

(Resim 1) bulunmuş olan kaya kristalinden yapılmış yakınsak bir mercek bu durumun güzel bir örneğidir. Ayrıca günümüze kadar bozulmadan gelen, Nil Vadisi'nde yapılan kazılarda maden üzerine bakır alaşımı kullanılarak yapılmış aynalara rastlanılmıştır. Aynanın yapımı M.Ö. 1900'ler olarak belirlenmiştir.²³

Görmenin nasıl olduğu eski zamanlardan beri üzerinde fazlasıyla fikir ileri sürülen konulardan biri oldu. İlk optik araştırmaları aynı zamanda ilk oftalmoloji çalışmaları olup bu anlamda optik, tıp biliminin bir parçasını oluşturmuştur.²⁴

Optik bulgulara yönelik açıklamalar özellikle Çinlilerin, bir optik fenomen olan gökkuşağının oluşumunu açıklamaları ile örneklendirilebilir.²⁵ Çin'de optik alanında ilerlemeler olmuştur ve ilk başlatanlar **Mohistler**'dir. **Mohistler** görme konusunu incelemiş ve ışığın doğru boyunca ilerlediği gerçeğini anlamışlardı. Karanlık oda ile deneyler yapmış, ışık, iğne deliğinden geçtiği zaman uzaktaki bir cismin görüntüsünün ters döndüğünü fark etmişlerdi. Bununla birlikte İslam Dünyası'nda olduğu gibi Çin'de de karanlık odanın incelenmesi M.S. 8. yüzyıldan önce olmamıştır. Düz ve içbükey aynalarda incelemeler yapmışlar ve içbükey aynalar tarafından oluşturulan, "gerçek" ve "hayali" olarak adlandırdığımız görüntüleri tanımlamışlardır. **Mohistler** bu hususlarda, ışık ve görme konusunda temelden yanlış fikirlere sahip olan Yunanlılardan daha ileriymiş gibi görünmektedir. Onlar Çin'de çalışmalarını sürdürürken, **Eukleides**'in aynalar üzerine söyledikleri kayıptır ve Yunanlıların o dönemde yaygın olan yanlış fikirler sebebiyle **Mohistler**'in anlayış düzeyine muhtemelen ulaşamamışlardı. Çukur aynalar Çin'de de pratik amaçlarla kullanılmıştır. Ayrıca Han döneminde (M.Ö.202-M.S.248)²⁶ büyük metal aynaların da yaygın olarak kullanıldığı anlaşılmaktadır.

Cam aynalar Batı'da olduğu gibi bilinmemekteydi (19.yy.da icat edildi). Çinliler mercekleri de yaygın olarak kullanıp, 10. yüzyıla gelmeden değişik şekillerde mercekler icat etmişlerdi. Bu mercekler, doğada bulunan kaya kristallerinden yapılmaktaydı. Cam sanayi milattan önce 6. yüzyıl gibi erken bir tarihte var olduğundan, kaya kristali yanında cam da mercek yapımında, muhtemelen Han döneminde (M.Ö.202-M.S.248) kullanılmıştır. Bazı mercekler ile resimleri büyütüp, küçülttükleri halde gözlük takma ve teleskopu icat etme yolunda bir gelişme olmamıştır.²⁷

ANTİK YUNAN'DA OPTİK

Antik Yunan'da genel bilimsel bilgi düzeyine koşut olarak, optik konularda belirgin bir gelişme ve kuramsallaştırma çabası içerisindeydi. Bugün bağımsız bir disiplin olan optik, o günkü anlayışta başlı başına görme bilimidir. Görmenin ışık ile ilişkisi ve diğer ışık olguları hep görme algısı ile açıklanmaya çalışılıyordu. Örneğin; bugün ışığın ayna gibi parlak yüzeylerde uğradığı değişimleri araştıran yansıma (katoptrik) Antik Yunan'da yansıma aracılığıyla görmenin incelendiği bir konu ve alt disiplin olarak kabul edilmekteydi. Aynı şekilde ışığın farklı yoğunluklu ortamlarda ilerlerken uğradığı değişimleri araştıran kırılma da (dioptrik) kırılma aracılığıyla görmenin incelendiği bir konu ve alt disiplini.²⁸



Resim 2: Arkhimedes ve dev çukur ayna; Arkhimedes doğduğu kenti (Syracuse) savunmak için çukur aynaların güneş ışınlarını toplama özelliğinden yararlanarak dev çukur ayna kullanıp düşmanın gemilerini yaktığı söylenmektedir.

Bu dönemde görme konusu ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda ışığın nereden geldiğini (**nesneışın**) veya gözden çıktığını (**gözışın**) savunan iki²⁹ ayrı kuram geliştirilmiştir. "Gözışın Kuramı"nın savunucularından olan **Eukleides** ve **Batlamyus** (Ptolemaios)'un³⁰ görüşleri **İbn el-Heysem** öncesi İslam bilim adamları tarafından benimsenmiş, konuya yönelik matematiksel incelemeler de bulunmasına rağmen **Batlamyus** gibi tam bir geometrik inceleme gerçekleştirilmemiştir. Uzun yıllar tartışılan ve üzerinde ayrıntılı olarak incelenen bu iki görüş Ortaçağ İslam

Optik biliminin kırılma (dioptrik) ile ilgili kısmı ise gelişimini geç tamamlamıştır. Kırılmanın ikinci kanunu olan “*Snell Kanunu*”nun 17. yüzyılda bulunmuş olması da bunun en güzel kanıtıdır.³⁷ Antik Yunan’da (M.S.1.yy.da) bu konuyla ilgili ilk önemli çalışmaları yapan bilim adamı **Cleomedes**’dur. Fakat deneysel olarak açıklayıp, basit düzeyde de olsa kırılma kanunlarını koyan dönemin ünlü astronomu **Batlamyus**’dur. Yazmış olduğu optik kitabının 3. 4. ve 5. bölümlerini de yansıma ve kırılma ile ilgili deneylerine yer vermiştir. **Batlamyus, Eukleides**’in başlattığı geleneği sürdürerek, matematiksel optiği yüksek düzeye taşıyan bilim adamı olmuştur.³⁸

Antikçağ’da ortaya atılan ve aynı dönem içerisinde belirli bir düzeye ulaştırılan optik çalışmalar Ortaçağ İslam Dünyası’nda yankı bulmuş, bu dönem bilim adamları tarafından korunmuş ve devir alınan bilgi birikimi çok daha ileri düzeye taşınmıştır.³⁹

PLATON

Filozof olan **Platon** M.Ö.427 yılında Atina’da doğdu ve M.Ö.348’de yine orada öldü. **Platon**’un “İdealar Teorisi” onun felsefi görüşünün tamamına hakim olduğu gibi, bütün bilimsel spekülasyonları da etkilemişti. Esas olarak bu teori, gördüğümüz her şeyin, duyularımızla farkına vardığımız her nesnenin görüşten başka bir şey olmadığını varsaymaktı. **Platon** felsefe dışında politika, astronomi, matematik ve optik konularıyla da ilgilendi. Antikçağ’da “Gözışın Kuramı”nın en yetkin (olgun) gelişimi **Platon** tarafından gerçekleştirildi.⁴⁰

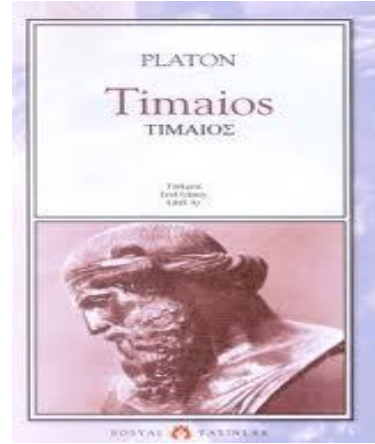
Platon'un Işık Tasarımı ve Görme Kuramı

Platon’a göre görme, ışık gözden çıkar⁴¹; ancak bununla birlikte o, görmenin oluşumunu yalnızca bu ışık aracılığıyla anlatmaz. **Platon** bu konuyla ilgili iki türlü ışık kaynağından söz etmektedir. Bunlardan bir tanesi gözün, diğeri ise ışıklı nesnenin yaydığı ışıktır. Görmeyi meydana getiren de bu ışığın karışımıyla oluşan bir başka ışıktır. **Platon** bu ışığa, “*görüş akıntısı*” adını vermektedir. Bu iki ışığın, daha doğrusu ateşin birleşmesinden, dış ateş vasıtasıyla nesneyle, iç ateş vasıtasıyla da ruhla temas eden bir çeşit cisim meydana gelmektedir. İşte bu cisim nesneye dokunursa o nesnenin hareketlerini ruha taşır ve görme duyumu ortaya çıkar.⁴²

Şu halde görme, iç ve dış ışığın oluşturduğu bir çeşit karışım ışık aracılığıyla oluşmaktadır. Böylece “Gözışın” hem de “Nesneışın” kuramlarının bir tür senteziyle görme meydana gelmektedir. **Platon**'un ortaya koyduğu bu teori rasyonel görünse de fazla kabul görmemiştir.⁴³

Platon ve Işığın Yansıması (Katoptrik)

Platon, yansıma konusunu da aynı mantıkla ele almıştır ve onun yansıma konusundaki bilgilerine ulaşabildiğimiz en önemli çalışması da “*Timaios*”tur. Burada yansımanın birinci kuralını ifade etmiştir: “*Gelen ışın, yansıyan ışın ve ayna yüzeyine olan normal tek bir düzlemde bulunurlar ve bu düzleme görüntü yüzeyi denir*”.⁴⁴ **Platon** aynada meydana gelen görüntünün, ışığın yansımasıyla nasıl oluştuğunu doğru bir biçimde belirlemiş ve daha da önemlisi yansımayla, asıl görüntünün karşıt yönlerde bulunduğunu gözlemlemiştir. “*Solda olan sağda gözüktür, çünkü rastlamada, her zamankine aykırı olarak, görüş akıntısının karşıt taraftarıyla nesnenin karşıt tarafları arasında bir temas olmuştur*” ifadesi optik bilimi açısından bütünüyle geçerli bir anlatımdır.⁴⁵



Resim 3: Platon'un Timaios eserinin kapağı

Platon yansıma dışında, renk konusuna da ilgi göstermiş, ışık ve görme olayının tam olarak ifade edebilmek için, konuyla yakından ilişkili olan renklerin oluşumu konusunu da ele almıştır.

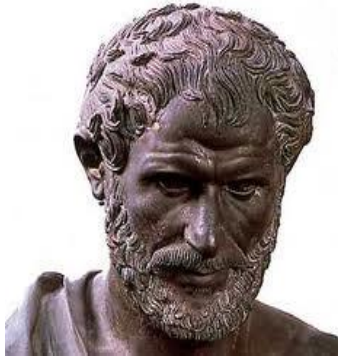
Renk Oluşumunu Açıklaması

Platon'un, renk açıklaması diğer optik olaylara ilişkin açıklamalarına oranla zayıf görünse de, dönemin bilgi düzeyini yansıması bakımından önem taşımaktadır. Renk konusundaki açıklamaları yanlış olsa da, nesneden gelen ışık ışınlarını bir iç ışıkla bir şekilde ilişkilendirerek renklerin oluşumunda etkisinin olduğunu belirtmiştir.⁴⁶

Her bir rengin oluşumunu da yine bu bağlamda değinmiş ve daha sonra öğrencisi **Aristoteles** tarafından geliştirilecek olan “*Değişim Kuramı*”nın ilk anlatımlarını ortaya koymuştur. Oluşturduğu renk kuramı yanlış olmasına rağmen, renklerin oluşumuna yönelik

ortaya konulmuş ilk kuram olması ve **Aristoteles**'in renk kuramının hazırlayıcısı konumunda olması nedeniyle önem taşımaktadır.⁴⁷

ARİSTOTELES (M.Ö 384-322)



Resim 4: Mantık biliminin kurucusu Aristoteles

Platon'un öğrencisidir.⁴⁸ M.Ö.384'de Ege'nin kuzey sahilindeki yarımada bulunan Stageiros'da doğdu. Yunan biliminin en önemli kişilerinden biridir. Erken yaşta anne ve babasını kaybeden Aristoteles on yedi yaşına geldiğinde, velisi Proksenos, öğrenimini tamamlaması için Atina'ya gönderdi. **Aristoteles** burada **Platon**'un akademisine kaydoldu ve **Platon**'un ölümüne kadar burada kaldı. Araştırmacı yapısı onu, **Platon**'un dışındaki kişilerden de konuşma sanatı ve politika öğrenmeye sevk etti ve zamanla **Platon**'dan farklı düşünmeye başladı. Atina'da kendi okulunu ve araştırma merkezini kurdu. Matematik, fizik, biyoloji, astronomi gibi birçok dalda bilgi birikimine sahipti.⁴⁹

Işık Tasarımı ve Görme Kuramı

Aristoteles optik konusu olan ışık ve görme olayıyla da ilgilendi. **Platon**'un görme teorisini reddetti. Ona göre ışık, bir ilinek (araz) dır. Maddesel değildir. Saydam nesnenin uğradığı bir tür değişim olup, bu nesnenin etkinliğidir. Potansiyel olarak saydam olan nesneyi aktüel hale getiren ise ateştir. Potansiyel olarak saydam olan bir ortamın aktüel olarak saydamlaşması, ışığı oluşturur. Işık ise görmenin oluşmasını sağlar. Bu nedenle **Aristoteles** görmeyi, gözden çıkan bir şeyin meydana getirdiğini kabul etmez. Çünkü "Gözışın Kuramı"na göre gözden çıkan ışınlar yıldızlar kadar uzağa gitmekte ve orada bir nesne ile birleşmektedir. **Aristoteles**'in ışık konusundaki fikirleri her zaman açık ve belirgin değil; aksine, gerçekte oldukça karışık ve tutarsızdır. **Aristoteles** bir taraftan ışığı, yukarıda belirttiği gibi ortamın bir özelliği ya da nitelik değiştirmesi olarak tanımlarken, diğer taraftan da gökkuşağı açıklamasında ışınların gözden çıktığını kabul etmektedir.⁵⁰

Sonuç olarak, **Aristoteles** ışık ve görme problemlerini hep ortama ve ortamın nitelik değişmesine bağlı olarak tartışmıştır. Ona göre, saydam ortam hem nitelik değiştirerek ışığı

oluşturmakta, hem göz ve bakılan nesne arasında ki boşluğu doldurarak o nesnenin formunun göze iletilmesini sağlamakta hem de taşıdığı ışığın rengini almaktadır.⁵¹

Bu anlatılanlara göre **Aristoteles**'in yanlış görüşleri hem Doğu hem de Batı'da etkili olmuştur. **Aristoteles**'in yaygın etkisine bağlı olarak Ortaçağ İslam Dünyası'nda optik bilimi de Aristotelesçi etkinin derin izlerini taşımıştır. Bazı bilim adamları onu “*Birinci Öğretmen*” (Muallim-i Evvel) olarak görmüş ve açıklamalarını benimsemişlerdir. Bu etkilenmenin belirgin olarak ortaya çıktığı bilim adamları Doğu'da **İbn Sina**⁵², Batı'da ise **Albertus Magnus**'dir.⁵³

Aristoteles'e göre renk oluşumu ve görmede etkisi

Aristoteles'e göre ışık, ortamın saydamlığının bir ürünü olup, renk de gözle görünen nesnelerin yüzeyini çevreleyen ve hareketi pekiştirme gücü olan bir şey olarak ifade eder. Görmede gerekli şartı ışık olarak değerlendirirken, yeterli şartın da renk olduğu görüşündedir. Yani saydam ortam önce ışıklı parlak bir nesne ile hareket ettirilmekte, daha sonra kendisiyle ilişki halinde olan nesnenin rengi ile daha fazla değişime uğramaktadır. En son ortaya çıkan bu değişim gözlemciye iletilmekte ve görme olayı meydana gelmektedir.⁵⁴

Sonuç olarak **Aristoteles**, görmede ışık kadar renginde önemli olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda rengin nasıl meydana geldiği ve ne olduğu konusunu da ilk irdeleyen⁵⁵ bilim adamı olmuştur.

EUKLEİDES

İskenderiye'de M.Ö.320 ile 260 yılları arasında çalışan **Eukleides**, İskenderiye'deki müzeye ilk dönemlerinden itibaren bağlı olan bir bilim adamıdır. Müzedeki büyük matematik okulunu kurmuştur. Şöhreti özellikle Stoikheia (elementler) adlı eserine dayanır. Bu kitap Yunan geometrisinin sistematik bir sentezi olup oldukça yakın zamanlara kadar Batı Dünyası'ndaki geometri eğitiminin temelini teşkil etmiştir. Ayrıca astronomi, matematiksel müzik teorisi ve optik üzerine de bir dizi teorem oluşturmuştur.⁵⁶ Ancak optik konusunda **Platon**'un ve akademinin görüşlerinden fazla uzaklaşmamıştır.⁵⁷



Resim 5: Düzlem geometrisinin kurucusu Eukleides

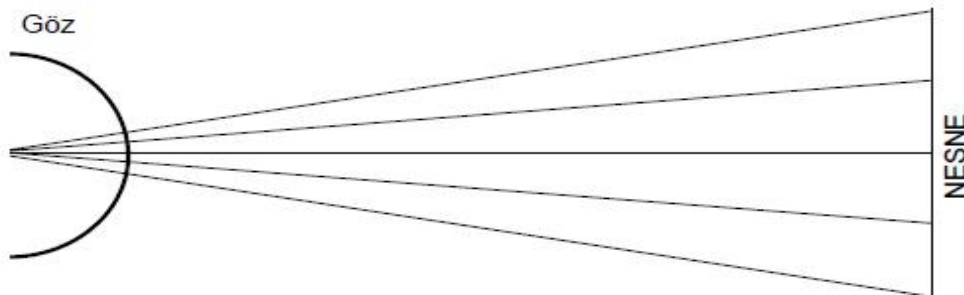
Eukleides'in görsel sürecin ışık antolojisi (seçkisi) ve görme fizyolojisi gibi matematiğe indirgenemeyen bazı konuları dışında, görme ve ışık konusunu genel matematiksel bir bağlamda ele alarak, geometride olduğu gibi optikte de birkaç temel ilkeye dayanan bir model oluşturmuştur. Bu temel ilkeler:

1. Işık ışınları gözden çıkar
2. Işık ışınları doğrusal olarak yayılır
3. Yayılan ışınlar koni oluşturur.⁵⁸

Bu ilkeler ışığın yayılımının açıklanması ve doğrudan görme olayının gerçekleşmesi için gerekli kuralların oluşması bakımından önemlidir. Ayrıca görmenin matematiksel anlatımının yapılabilmesi için temel oluşturmaktadır.

Bu durumda optiği sistemleştirmeye ve geometrileştirmeye çalışan **Eukleides**, geometrik optiği temellendirdiği 7 adet önerme (postula) oluşturmuştur. Bunlar:

1. Gözden doğrusal olarak çıkan ışınlar daima uzaklaşırlar (Şekil 2).
2. Göz ışınları tarafından oluşturulan şekil, tepesi gözde ve tabanı da görülen nesnede olan konidir (Şekil 2).
- 3.Üzerine görsel ışın düşen nesnelere görünür, düşmeyen nesnelere görünmez (Şekil 2).



Şekil 2: Eukleides'e göre gözü ışın konisi

4. Nesnelere büyük açı altında büyük, küçük açı altında küçük ve eşit açı altından eşit görünürler.

5. Yukarıdaki göz ışınlarının gördüğü nesnelere yukarıda, aşağıdaki göz ışınlarının gördüğü nesnelere aşağıda görünür.

6.Sağ taraftan çıkan ışınların gördüğü nesnelere sağda, sol taraftan çıkan ışınların gördüğü nesnelere soldan görünür.

7.Daha büyük açı altında bakılan nesnelere daha net görünürler.⁵⁹

Eukleides bu 7 önermeden 58 tane de önerme vermektedir. Bütün bunlara rağmen **Eukleides**, çoğunlukla bir nesnenin görünüşündeki değişimleri incelemiştir. O yalnızca görme sürecinin matematiksel boyutunu sistematik bir anlatımla sınırlamıştır.⁶⁰

Eukleides'e göre yansıma olayı

Eukleides, yansıma konusunun kuramsal olarak ve derli toplu şekilde ilk anlatımını yapmıştır. **Eukleides**, yansıma (katoptrik) üzerine yaptığı açıklamalarda küresel bir aynanın odağından söz etmektedir. 30. teoreminde çukur aynaların üzerine düşen ışınları bir noktaya odakladığını ve bu odaklanma noktasında yanıcı bir nesne varsa onu yakıtığını belirtmektedir. **Eukleides**'in çalışmasının diğer bir dikkat çekici yönü ise 19. önermede yansımanın birinci temel kuralını tam olarak formüle etmiş olmasıdır. Düz bir aynaya gelen ışın, geliş açısına eşit bir açıyla yansır. Ancak **Eukleides** bu kuralı belirtmekle yetinip, kanıtlayamamıştır.⁶¹ **Eukleides**'in optik konusundaki bu çalışmaları birçok eksik yönüne rağmen daha sonraki dönemler için hem Antikçağ'da hem de Ortaçağ İslam Dünyası'nda bağlayıcı olmuştur.⁶²

HERON

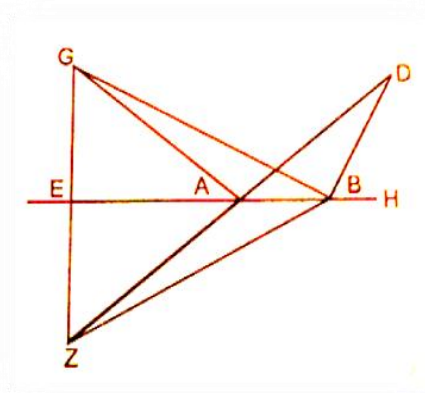
M.S.62 yıllarında bilimsel etkinliklerde bulunduğu bilinen İskenderiyeli **Heron**, İskenderiye Mekanik Okulu'nun diğer bir temsilcisidir. Bazı kaynaklarda adı **Hero** olarak da geçmektedir. Matematik, fizik, pnömotik ve mekanik alanında önemli eserler vermiştir.⁶³

Optik konusu ile de ilgilenen **Heron**, geometrik optikte önemli bir adım teşkil eder. Yansıma konusuyla ilgilenmiş, küresel, düz, çukur ve tümsek aynalarda oluşan görüntüleri incelemiş ve bu çalışmalarını *Catoptrics*⁶⁴ (Yansıma) adlı yapıtında toplamıştır. Bu yapıtın asıl önemli yönü, **Eukleides** tarafından sadece ifade edilmekle yetindiği yansımanın ikinci kanunu olan “gelen ışının aynayla yaptığı açının, yansıyan ışığın ayna ile yaptığı açıya eşit” olduğunu geometrik olarak



Resim 6: İskenderiye Mekanik Okulu'nun Temsilcisi Heron

kanıtlamasıdır (Şekil 3). Bunu sadece düzlem aynada değil, tümsek ve çukur aynalarda da kanıtlamalarını yapmıştır.⁶⁵



Şekil 3: Heron'un yansımaya kanununu kanıtlaması

Catoptriks'de görme biliminin optik, yansımaya (katoptrik) ve kırılma (dioptrik) olmak üzere üç ana bölüme ayrıldığını ve bunlardan yansımaya kısmının geometriden yararlandığı en fazla bölümü olduğu için en önemlisi olduğunu ifade etmiştir.

Işıkların gözden çıktığını savunan **Heron**, ışınların parlak yüzeylerden yansımalarını açıklayabilmek için katı nesnelere bir yere çarpıp geri gelmelerine dayanan mekanik yansımaya örneklerini kullanmıştır. Ona göre, gözden çıkan

ışınlar bir doğru boyunca yol alırlar; çünkü itme kuvveti ışını en kısa yoldan götürmek isterler. **Heron** “doğa gereksiz işlerden sakınır” ilkesini temel alarak bu sonuca ulaşmıştır. Bu ilke bilim tarihinde “*en az yol ilkesi*” olarak bilinir.⁶⁶

BATLAMYUS (Ptolemaios)

Asıl ismi **Claudius**'dur. Mısır'daki Ptolemaios Hermeiou'da M.S.100'e doğru doğdu. Hayatının büyük bir kısmını İskenderiye'de geçiren **Batlamyus**, M.S.170 civarında İskenderiye'de öldü.

Batlamyus'un eserlerinin içinde en önemli olan “*Almagest*”dir. Bu eser **Batlamyus**'a kadar Yunan astronomisinin geniş bir özeti olduğu gibi, diğer yandan da onun, gezegenlerin hareketi konusunda yapmış olduğu orijinal çalışmaların yeni sonuçlarını, yıldızların yerlerini veren bir kataloğu, ayrıca kirislerle ilgili yeni ve kapsamlı bir cetveli de içermektedir.

Diğer önemli eseri de optik alanında yazılmış “*optikcs*” dir. En son Arapçadan tekrar Latinceye çevrilmiş şekli günümüze kadar ulaşmıştır. Kitabında genel anlamda görme olayı ve aynalarla ilgili çalışmalarını ile kırılma konusuyla yaptığı başarılı gözlemleri ve ulaştığı



Resim 7: Antik Yunan'da matematiksel optiği üst seviyeye taşıyan kişi; Batlamyus

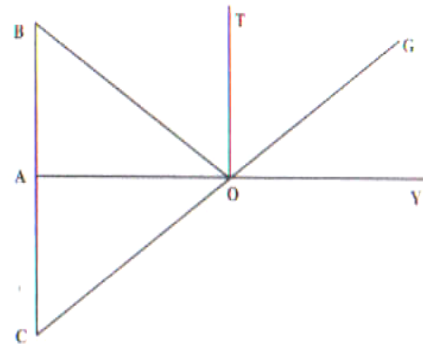
sayısal verileri sağlam bir yasa temeline oturtmaya çalışmıştır. Ancak veriler çok net olsa da altında yatan teoriyi kuramamıştır.⁶⁷

Batlamyus, Antikçağ'da matematiksel optiği yüksek seviyeye taşıyan kişi olmuştur. **Batlamyus**'a göre **Eukleides**'de olduğu gibi ışık kaynağı gözdür. Ancak aynı zamanda görsel yayılımın **Platoncu** anlamda fiziksel yorumunu da vererek **Eukleides**'in teorisinden daha etkili olan bir teoriyi oluşturmayı başarmıştır. Ona göre görsel yayılım, dış ışık tarafından desteklenmediği sürece olamaz. Gözden çıkan yayılımın koni değil piramit oluşturduğunu savunmuştur. Bu teori ile **Batlamyus**, Antikçağ'da ışık ve yayılımına ilişkin önemli aşamalar kaydedip, bilgi birikimini önemli bir noktaya ulaştırmıştır.⁶⁸

Batlamyus'a göre Yansımanın Geometrik Analizi

Batlamyus, yansıma konusuyla da ilgilenmiştir. **Heron**'un başlatmış olduğu mekanik yansımanın optik yansımaya uygulanması **Batlamyus** tarafından deneysel olarak geliştirmiş ve kuramsallaştırmıştır. Bu nedenle **Batlamyus**'un “*catoptrics*” çalışmasının en önemli yönü, yapmış olduğu detaylı ayna deneyleri ile ileri sürdüğü temel ilkelere.⁶⁹ Bu ilkeler;

1. Aynalarda görünen nesnelere gözün konumuna bağlı olarak aynadan nesneye yansıyan görsel ışın yönünde görünür.
2. Aynadaki görüntüler nesneden ayna yüzeyine çizilen dikme yönünde ortaya çıkar.
3. Geliş ve yansıma açıları eşittir.

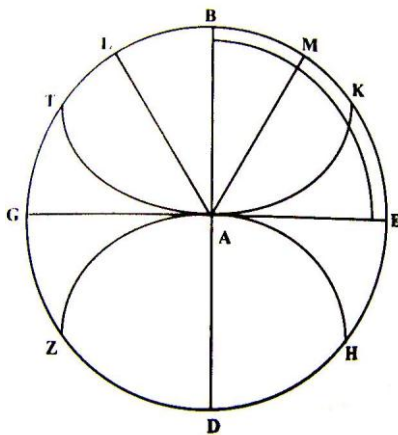


Şekil 4: Batlamyus'a göre yansımanın geometrisi

Bu üç prensipten ilk ikisini kuramsal, üçüncüsünü ise deneysel olarak kanıtlayan

Batlamyus, ayna yüzeyine gelen ışının eşit bir açıyla yansıdığını gösterebilmek için üzeri derecelenmiş ve tabanına düz bir ayna yerleştirilmiş olan bakır bir levha kullanmıştır (Şekil 5). Bu levhaya teğet gelecek biçimde bir ışın hüzmesini ayna yüzeyine gönderip gelme ve yansıma açılarının büyüklüklerini belirlemiş ve bunların eşit olduğunu görmüştür. **Batlamyus** bu deneyini, küresel ve parabolik bütün aynalar için tekrarlayarak ulaştığı sonucun doğru olduğunu kanıtlamıştır.⁷⁰

Batlamyus'a göre Kırılmanın Geometrik Analizi



Şekil 5: Batlamyus'un Yansıma Kanununu Kanıtlamakta kullandığı dereceli disk

Kırılma olgusunu belirli bir yöntem ile incelenmesi ilk kez **Batlamyus** tarafından gerçekleştirilmiştir. Kırılma konusunda da aynı yansıma konusunda olduğu gibi titizlikle çalışmış ve yaptığı deneylerle konuyu büyük ölçüde aydınlatmıştır.⁷¹ Işığın bir ortamdan diğerine geçerken yoğunluk farkından dolayı neden yön değiştirdiğini araştırmıştır. Bu araştırmanın sonucunda, az yoğun ortamdaki çok yoğun ortama geçen ışığın, normale yaklaşarak ve çok yoğun ortamdaki az yoğun ortama geçen ışığın ise normalden uzaklaşarak kırıldığını ve kırılma miktarının yoğunluk farkına bağlı olduğunu ileri sürmüştür.⁷²

Konuyu ele alırken benimsediği bazı ilkelerde bunu açıkça yansıtmaktadır. Bunlar;

1. Görsel ışın az yoğunundan çok yoğununa veya çok yoğunundan az yoğununa geçtiğinde kırılır.
2. Gelme ve kırılma açıları eşit değildir, fakat aralarında niceliksel bir ilişki vardır.
3. Görüntü, gözden çıkan ışının devamında ortaya çıkar.
4. Görsel ışın doğrusal olarak yayılır ve farklı yoğunluktaki iki ortamı birbirinden ayıran sınırdaki yön değiştirir.

Batlamyus ortam farklılıklarından dolayı ışığın uğradığı değişimlerini kırılma kanununu da içerecek şekilde deneysel olarak göstermiş ve çeşitli ortamlardaki (havadan cama, havadan suya ve sudan cama) kırılma derecelerini gösteren cetveller hazırlamıştır. Ancak verdiği değerler tutarlı olmadığı için kırılma kanununu elde edememesine⁷³ rağmen kendinden yaklaşık dokuz yüzyıl sonra yaşamış olan **İbn el-Heysem**'in geliştirdiği "*Kırılma Kanunu*"nun temelini oluşturmuştur.⁷⁴

ORTAÇAĞ'DA OPTİK

8. ve 9. yüzyıllarda Müslüman bilim adamları Antik Yunan biliminin büyük bir bölümünü Arapçaya aktarmış, bilime önemli katkıda bulunmuşlardı. Bu sırada Batı'da önemli çalışmalar, ansiklopedik nitelikli bilgilerin yer aldığı çalışmalardı ve Batı Dünyası bilimden tamamen uzaklaşmıştı.⁷⁵ O dönemde İslam Dünyası'nın sahip olduğu başarı Batı'nın ilgisini çekmeye başladı.⁷⁶

Bu ilginin doğmasındaki temel sebep, 11. ve 12. yüzyılın başlarında özellikle bilim ve felsefeye olan ilginin artması ve geleneksel öğretinin yetersiz kaldığı görüşüydü. Bunun sonucunda bilim adamları, geçmişin mirasına ulaşmak için çeviri etkinliğini başlattı. Arapçadan Latinceye yoğun bir bilgi aktarımı gerçekleşti. 13. yüzyılın başlarında İslam Dünyası'nda gerçekleştirilmiş olan bilimsel birikimin önemli bir kısmı Latinceye kazandırıldı. Böylece Müslüman bilim adamları bilimsel düşünce geleneğinin Avrupa'da yeniden canlanmasını sağladılar.⁷⁷

Batı Dünyası'nın kendisini Karanlık Çağ'dan kurtarmak amacıyla başlattığı bu çeviri etkinliğinden, diğer bilim dalları gibi optik alanı da etkilenmişti. Arapçadan çevrilen optik eserler büyük bir hızla Latinceye aktarıldı.

1156 ve 1160 yılları arasında **Batlamyus**'un "Optics" (Optik)'i ve 1187'de **Ebû Abdullah Muhammed ibn Mu'az**'ın "Optik"i (De Crepusculis adıyla), **Eukleides**'in "Optics"i ve İskenderiyeli **Heron**'un "*Catoptrics*" adlı çalışması (1269) ve **el-Kindi**'nin optik kitabı "*De Aspectibus*" adıyla **Cremonalı Gerard** tarafından Arapçadan Latinceye çevrilmiştir.⁷⁸ Fakat Batı da optik biliminin gelişimine en önemli katkı, **İbn el-Heysen**'in "*Kitap el-Menâzır*"ın çevirisidir. Çevireni belli olmayan bu kitap 12. yüzyılda "*De Aspectibus*" adıyla Latinceye çevrilmiştir.⁷⁹

İbn el-Heysen'in eserinin çevrilmesi sonucu, Batı bilimi açısından köklü değişimi sağlayacak ilk adım **Roger Bacon** tarafından atılmıştır. Artık bu dönem ve sonrasında **İbn el-Heysen**'in etkisi görülmeye başlamıştır.⁸⁰

Ortaçağ'da batılılar bilim alanında büyük başarılar gösteren bilim adamlarına "Doktor Mirabilis" (Olağanüstü Bilgin)⁸¹ nitelemesini kullanırlardı. **Roger Bacon**'da bu adla nitelendirilmiş bilim adamlarından birisidir. Onun Batı Ortaçağ'ında gerçekleştirdiği değişim ve bilimsel etkinliğin yeniden kurulmasında büyük rolü vardır.⁸²

Bu dönemde **İbn el-Heyssem**'in etkisinin görüldüğü diğer bilim adamı **John Pecham**'dır. Eseri "*Perspectiva Communis*", **İbn el-Heyssem**'in "*Kitap el-Menâzır*"ın uzun ve güç anlaşılır bir kopyasıdır.

Bilim adamının otorite haline geldiğinin en önemli göstergesi, yalnızca düşüncelerinin yön vermesi değil, aynı zamanda yanlışlarının da sorgulanmaksızın benimsenmiş olmasıdır. **Pecham** da bilgilerin sentezini yapmadan **İbn el-Heyssem**'in bütün çalışmalarını aynen aktarmıştır.

Bu dönem "*Kitap el-Menâzır*"ın etkisinin en üst düzeye ulaştığı bir dönemdir. Çünkü eser, Batılı bilim adamları için sadece kaynak eser olarak hizmet vermekle kalmamış, bu gün optiğin temel problemleri olarak sınıflanan problemlerin, sistematik olarak incelendiği bir yapıyla ilk kez karşılaştıkları için çok yaygınlaşan bir yapıt niteliğini de kazanmıştır. Batı'da optiğin üçüncü adamı olarak bilinen **Witelo**'nun "*Perspektiva*"sında da bu etki açıkça görülmektedir.⁸³

Bilindiği gibi **İbn el-Heyssem** "Gözişin Kuramı"nı çürütmüş ve "Nesneşin Kuramı"nın geçerliliğini kanıtlamıştır. Batı'da **Roger Bacon** ve **John Pecham**, temel pek çok optik problemin çözümünde **İbn el-Heyssem**'le aynı fikirde olmalarına rağmen, ışığın kaynağı ve görmenin oluşumunu sağlayan ışınlar konusunda ayrılmışlar ve "Gözişin Kuramı"nı savunmuşlardır. **Witelo** ise 13. yüzyılda Batı'da "Gözişin Kuramı"nı savunmayan tek yazar olmuştur.⁸⁴

Sonuç olarak, 17. yüzyıla kadar Batı'da optik konusunda egemen olan görüş **İbn el-Heyssem**'in gelenek haline dönüşen görüşleri olmuştur. **Bacon**, **Pecham** ve **Witelo** tam anlamıyla bu anlayış çerçevesinde hareket etmişlerdir. Yalnızca 16. yüzyılda **Kepler** ara dönem araştırmacısı durumundadır. Temel optik düşüncelerinin biçimlenmesinde **İbn el-Heyssem** akımının derin izlerini taşır. Batı'da optiğin gelişmesinde çok temel olan ve kırılma ile ilgili incelemeleri gerçekleştirmesi nedeniyle, tarihçiler **Kepler**'i optiğin modern dönemini başlatan kişi olarak nitelendirmişlerdir.⁸⁵

Böylece 17. yüzyıla kadar, Batı'da optik biliminin bütün temel sorunları, kuramsal alt yapısı, problemler ve çözüm önerilerinin tamamının ana hatlarıyla **İbn el-Heyssem** tarafından geliştirildiği anlaşılmaktadır. Bu sebeple onun optik kuramı, optiğin modern dönemine kadar değişmez bir model olarak kalmıştır. Bu başarıda Ortaçağ İslam Dünyası'nın bilim ve bilim adamlarına verdiği değer büyük bir payı vardır.⁸⁶

Diğer taraftan bu etki sadece Batı ile sınırlı kalmamıştır. **İbn el-Heysem**'in çalışmaları, Doğu'da da etkisi uzun süre sürecek olan bilimsel optik geleneğinin doğmasına yol açmıştır. Bu etkinin ilk büyük temsilcisi “*Kitap el-Menâzır*” üzerine ayrıntılı yorum yazan **Kemâlüddin el-Farisî**'dir.⁸⁷

O, “ *Tenkih el-Menâzır*” (Optiğin Düzeltilmesi) adlı hacimli bir yorum kitabı yazmıştır.⁸⁸ **İbn el-Heysem** sonrası optik çalışmaların önemli kaynak kitabıdır. Kemâlüddin el-Farisî kitabına sadece “*Kitap el-Menâzır*”ı içerecek şekilde hazırlamakla kalmamış, **İbn el-Heysem**'in ayrı makaleler halinde yazdığı gökkuşağı ve hale, karanlık oda, ışığın niteliği vb. gibi konuları da eklemiştir.⁸⁹ **İbn el-Heysem**'in derinden etkilediği diğer doğulu bilim adamı da 16. yüzyılda İstanbul'da yaşamış **Takiyüddin İbn Maruf**'tur. İstanbul Rasathanesi'nin kurucusudur. Optik konusunda “*Kitabu Nûr*” adlı kitap yazmıştır.⁹⁰ Kitabının giriş bölümünde de amacının “*Kitap el-Menâzır*” ve “*Tenkih el-Menâzır*”ı bir arada yorumlamak olduğunu açıklamıştır.⁹¹

Sonuç olarak, 17. yüzyıla kadar hem Hıristiyan hem de İslam Dünyası'nda optik alanında yapılan çalışmalar **İbn el-Heysem**'in oluşturduğu optik kuramların etkisinde kalarak sürdürülmüştür

ORTAÇAĞ İSLAM DÜNYASI'NDA OPTİK

Fetihler sonucu Müslüman bilim adamları kendilerinden önceki uygarlıkların eserlerinden yararlanarak, özellikle Abbasîler döneminde yoğun bir çeviri faaliyetine başlamışlardır. M.S.8. yüzyılda dünyanın entelektüel liderleri olmuşlar, bilimsel eserleri hızlı bir şekilde Yunancadan Arapçaya çevirerek, M.S.9. yüzyılda çeviri etkinliğinde en yüksek noktaya ulaşmışlardır. Bu dönemde bilim ve felsefe alanlarında atağa kalkmışlar ve önce var olan birikimi anlamaya ve daha sonra da geliştirmeye çalışmışlardır.⁹²



Resim 8: İslam Dünyası'nda M.S. 9.yy.da çeviri etkinliği ile birçok alanda verilen eserler

Dini görüş ayrılıkları nedeniyle Bizans'tan kaçıp, İran'a sığınan bilim adamları da İslâm Dünyası'nda kültür merkezleri (Cundişapur gibi) meydana getirmişler ve Yunanca klasik bilim ve düşün eserlerini Arapçaya kazandırarak ilk kültürel faaliyetlerin gelişmesine

önemli katkıları olmuştur. Bunlar arasında **Platon**, **Aristoteles**, **Eukleides**, **Archimedes**, **Batlamyus** ve **Galenos** gibi Yunan kültürünün belli başlı temsilcilerinin eserlerine rastlamak mümkündür.⁹³

İslam Dünyası'nda 11. yüzyıl bütün alanlarda etkin çalışmaların yapıldığı bir dönem olmuştur. Bu yüzyılda matematik, astronomi, fizik, kimya ve tıp adına önemli çalışmalar ortaya konmuştur. O zamana kadar yapılan çalışmaları da değerlendirmek suretiyle bilim adamları, söz konusu bilim dallarında önemli katkılar yapmışlardır.⁹⁴ Bu dönemde fiziğin bir dalı olan ışık ile ilgili optik çalışmalar da matematiksel bilimlerin bir dalı olarak kabul edilmiş ve bu alanda çok değerli çalışmalar yapan **İbn el-Heyssem** (965-1039) uzun süre Doğu'da ve Batı'da bir fizikçiden ziyade matematikçi olarak tanınmıştır.⁹⁵

İslâm Dünyası'nda çeviri etkinliği ile optik alanında da bilgi birikimine ulaşılmış, başta **Euleides**'in optik kitabı olmak üzere, Antik Yunan'daki bütün önemli optik eserler titiz bir şekilde Arapçaya çevrilmiştir. Bu çeviri etkinliği sonucu optik kuram ve problemlerin aynen aktarılmasıyla her bir düşünce taraftar bulmuştur. İlk çeviri etkinliğini başlatan **el-Kindi**'nin çalışmaları da bunan güzel bir örnektir. Aynı zamanda **el-Kindi**, ilk optik araştırmaları başlatmış ve **Eukleides**'in çalışmaları üzerine yoğunlaşarak matematiksel optik konulara öncelik vermiştir. "*İşrâk*" (Aydınlanma) felsefesinin kurucusu olan **Sühreverdi**⁹⁶ ışığın doğasının ne olduğu ve nasıl yayıldığını mistik ve metafizik boyutuyla ele alıp, oluşturduğu bu felsefe ile açıklamıştır. Bu görüş Hıristiyan Dünyası'nda **Robert Grosseteste** ile yeniden canlanmıştır.⁹⁷

İslam optiği **Galen** ve **Aritoteles**'in görüşleri doğrultusunda gelişme göstermiş, **Eukleides**'in optiği **İbn Rüşd**, **İbn Sina** gibi Aristotelesçi görüşleri savunan güçlü rakiplerle karşılaşmıştır. **Farabi** ve **el-Razi**'nin görme olayı ile ilgili düşünceleriyle de "Gözışın Kuramı" İslam Dünyası'nda etkisini kaybetmeye başlamıştır. **El-Razi** "*Kitâb Keyfiyeti'l-absâr*" adlı optik ile ilgili bir eserinde de görme olayının gözden çıkan bir ışıkla değil, eşyadan gelen yansıma ile göze vuran aydınlığın etkisiyle meydana geldiğini anlatmıştır.⁹⁸ **Farabi**, optik bilimini matematiksel bilimlerin alt dalı olarak sınıflandırmıştır. Optik problemlerin çoğunu geometrinin problemlerine benzer olduğunun fark etmiş, bundan dolayı geometri ve optik arasındaki ayrımı tam olarak koyabilmek için, iki bilim dalının araştırma alanlarının sınırlarını belirlemeye çalışmıştır.⁹⁹ **Farabi**'ye göre optik problemler, nesnelere görünümünde ortaya çıkan değişimler söz konusu olduğundan ortaya çıkmıştır. Bu ifadeyle optiği doğrudan görme bilimi olarak tanımlamış ve iki ayrı görüş savunmuştur. İlki **Eukleidesci** yaklaşımdır. "*İlimlerin Sayımı*" adlı çalışmasında ortaya koyduğu bu görüş:

“bakılan ve görülen şey gözümüz ile bakılan nesne arasında bulunan saydam sicimden geçip nesneye varılan ışıklar ile oluşur”.¹⁰⁰

İkinci yaklaşımı ise **Aristotelesçi** bir bakış açısıyla irdelenmiş ve ışık kaynağı olarak nesneyi gördüğünü ve gözün de ancak neneden çıkan ışınları algıladığını savunmuştur. Bu görüşlerini “*Erdemli Kent Ahalisinin Düşünceleri*”¹⁰¹ eserinde şu şekilde ifade etmiştir:

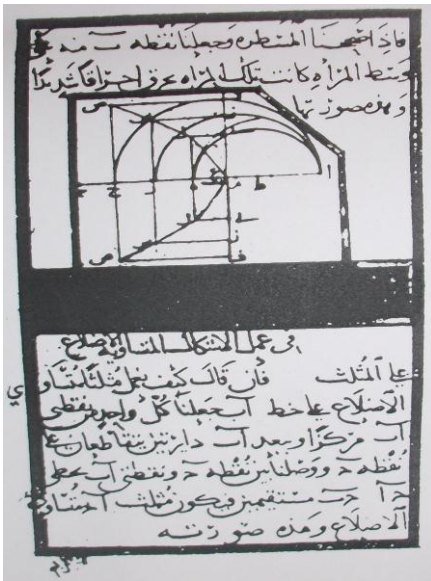
“Renkler, eylemsel olarak görülmeden önce, sözgelimi karanlıkta iken, gizil durumdaki görülebilir şeylerdir. Gözde eylemsel olarak görmeyi sağlayacak bir şey bulunmadığı gibi, renklerde de bu işlevi yerine getirecek herhangi bir şey bulunmamaktadır. Görme yetisini aydınlatan ve renklerin görülmelerini sağlayan, güneş ışığıdır. Bu suretle göz ancak güneşten aldığı ışıkla görür”¹⁰²



Resim 9: Ortaçağ'a ışık tutan Türk filozofu Farabi

Farabi görme konusu ile ilgili matematiksel çalışmalar dışında konkav aynalar ile de

ilgilenmiştir. Konkav aynayı ilk icat eden **İbn el-Heysem** olarak bilinmesine rağmen yapılan bir çalışma sonucunda **İbn el-Heysem**'den yaklaşık elli sene önce ünlü filozof **Farabi**'nin bu aynanın yapımı ile ilgilendiği ortaya çıkmıştır. Teknik geometri konusundaki eseri “*Kitabu'l-Hiyali'l-Rûhaniyye ve es-Esrâri't-Tabî'yye fi Dakâki'l-Eşkali'l-Hendesiyye*”de bu aynanın yapımına bir bölüm ayırmıştır¹⁰³ (Resim 10).



Resim 10: Farabi'nin “*Kitabu'l-Hiyali'l-Ruhaniyye ve es-Esrâri't-Tabî'yye fi Dakâki'l-Eşkali'l-Hendesiyye*” eserinde konkav aynanın yapılışını gösteren resim (Uppsala nüshası, No:324, v.9b.)

İslam Dünyası'nda fizyolojik optiğin matematikselleşmesinde **İbn Sina**'nın çağdaşı **İbn el-Heysem** gerçekleştirmiş. **İbn Sina** bu bakımda **İbn el-Heysem** kadar başarı olmasa da küçümsenemeyecek kadar çaba göstermiştir. O, “Gözün Kuramı”nı reddederek, **Aristoteles**'in ışığın mahiyetine ilişkin görüşünü desteklemiştir. Görme teorisinin değerlendirmesini yaparken, ortam konusunu ele almış, ışınların hava içindeki hareketini tartışmış, görmenin dıştan göze gelen

ışınlarla mümkün olduğunu söylemiştir.¹⁰⁴ **İbn Rüşd** de **Platon** ve **Eukleides**'in kuramlarını reddetmiş ve görsel ruhtan bahsederek optik konusunda önemli katkı sağlamıştır.

Yukarıda anlatılan bilim adamlarının çalışmaları var olan kuramı benimseyip diğer kuramı çürütmeye çalışmalarıdır. Kendilerine özgü düşünceler geliştirseler de, açıklamaları temsil ettikleri kuramlarla sınırlı kalmıştır. Bu nedenle optik çalışmalara getirdikleri katkılar İslam Dünyası'nda konuyla ilgili son derece sınırlı bir kısmını oluşturmuştur. Görme olayı ve diğer birçok optik konuya yönelik matematiksel ve matematiksel olmayan çığır açıcı katkıyı ünlü bilim tarihçisi **George Sarton**'un "*Bütün zamanların En Büyük Optikçisi*"¹⁰⁵ olarak ifade ettiği **İbn el-Heysem** yapmıştır. O, çalışmalarında özgün fikirler üretmeye çalışmış, eski görüşlerin olumlu fikirleri izlemiş ve onların karşılaştığı zorlukları yenmiştir. Heysem çalışmalarında izlediği bu yol ile yeni ve çok etkili olan "Nesneğin Kuramı"nı geliştirmiştir.¹⁰⁶

İbn el-Heysem'in bu kuramı ondan yaklaşık 3 asır önce yaşamış **İmam Cafer Sadık** (699/702-765)¹⁰⁷ tarafından şu sözler ile ifade edilmiştir;

"Bir nesnede çıkan görüş ışık ışınları gözlerimize girer. Sadece bir kısmı gözlerimizin içinde yansıyan ışınlar, bizden uzakta bulunan bir nesneyi çok kolay algılama yeteneğimizin yok olmasına neden olurlar. En uzaktaki bir nesnenin ışık ışınlarını gözlerimizin içine sokabilecek bir aracın icadı sağlanırsa, uzakta bulunan o nesnenin ışınları tamamıyla gözlerimizin içine girebilir ve biz onu yakından görebiliriz..."

Bu, **Eukleides** ve **Batlamyus** tarafından oluşturulan gözlerden nesne üzerine yayıldığı varsayılan "*görme ışınları*" teorisinin belki ilk tashihi, ilk düzeltimidir. **Cafer Sadık**'ın bu kuramı, **İbn el-Heysem** tarafından yapılmış birçok deneylerden sonra kabul edilmiştir.¹⁰⁸

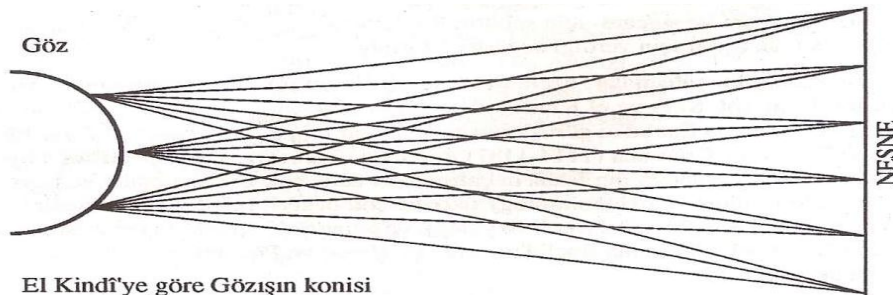
İbn el-Heysem İslam Dünyası'nda optiğin bir bütün olarak matematikselleşmesini sağlamış, bu başarısı ve gerçekleştirdiği kırılma çalışmalarından dolayı da kendisine ikinci **Batlamyus** adı verilmiştir. "*Kitab el- Menâzır*" adlı yapıtı ile optik konusu İslâm Dünyası'nda en iyi bilinen ve sıklıkla çalışılan bir konu niteliğine ulaşmıştır. 12. yüzyılda Latinceye çevrilen bu eser hem Batı hem de Doğu'da optik alanında tek başvuru kaynak olmuştur. İslâm Dünyası'nda bu alanda önemli ikinci bir çalışma ise yaklaşık üç yüz yıl sonra **Kemâlüddîn el-Fârisî'nin** "*Tenkih el-Menâzır*" adlı yapıtıyla gerçekleştirilmiştir. "*Kitab el-Menâzır*"dan sonra gerçekleştirilen en önemli eserdir. **Takîyüddîn**'in "*Kitabu Nur*" adlı eseri ise bu tarihten sonra yapılan üçüncü önemli çalışmadır.¹⁰⁹ Bu eserle hem Osmanlı İmparatorluğu'nda yapılan bilimsel çalışmaların genel yapısı ve niteliği konusunda hem de

özel olarak optik konusunda **İbn el-Heysem** ile başlayan ve Kemalüddîn el-Fârîsî ile devam eden başarılı çalışmaların hangi düzeye ulaştığını göstermektedir.

Sonuç olarak Antik Yunan'da ortaya atılan ve belirli bir düzeye ulaşan görme ile ilgili çalışmalar İslam Dünyası'nda değişime uğramış, ışığın kaynağına, mahiyetine ve yayılımına yönelik köklü ve önemli gelişmeler kaydedilmiştir.

EL-KİNDİ (801-873)

Batı'da **Alhindus** ve **Alchandrinus** olarak bilinene **el-Kindi** 801¹¹⁰ tarihinde Küfe'de doğdu. Çağın önemli bilim ve kültür merkezi olan Basra ve Bağdat'ta fizik, metafizik, felsefe, kimya, tıp ve astronomi eğitimi gördü. İlk Müslüman filozof olarak kabul edilen ve çeviri etkinliğinin öncüsü¹¹¹ olan **el-Kindi**'nin sayısı 270'i bulan eseri vardır. Çeviri etkinliğini başlatmasıyla birlikte ilk önemli optik araştırmaları da yapmış ve **Eukleides**'in optiği üzerine çalışmalarını yönlendirmiştir. Işığın düz hat boyunca yayılması, doğrudan doğruya görme, ayna vasıtasıyla görme, mesafe ve görüş açısının görme üzerindeki etkisi ve görme hataları vb. gibi pek çok optik çalışmaları kendisinden uzun yıllar sonra **Roger Bacon**, **Gerarde da Gremano**, **Witelo** olmak üzere birçok batılı bilim adamını etkilemiştir. Doğu'da ise onu en yakın takipçisi, talebesi **Serahsi**'dir.¹¹²



Şekil 6: El-Kindi'ye göre görsel koni

El-Kindi "Gözışın Kuramı"nın savunucusudur. Işığın gözden çıktığını ve doğrusal yayıldığını benimsemiştir. Ona göre gözden çıkan ışınlar bir koni oluşturmaktadır (Şekil 6). **Eukleides**'den farklı olarak bu koni aralıklı, kesiksiz bir konidir. Eğer koni kesikli olsaydı ışınların tek boyutlu olması gerekirdi. Oysaki ışın karanlığa etki eder. Bu etki de sadece üç

boyutlu nesnelere özgü olduğundan ışınlar da üç boyutlu olmalıdır. **El-Kindi**'nin bu belirlemesi özellikle **İbn Sina** ve **İbn el-Heysem** tarafından “Gözişin Kuramı”nı çürütmekte kullanmışlardır.¹¹³

El-Kindi optik tarihinde “*noktaform*” çözümlemesini geliştiren ilk bilim adamı olmuştur. Noktaform kavramı, ışıklı bir nesnenin üzerindeki her bir noktadan, karşısındaki bütün yönlere doğru doğrusal çizgiler boyunca ışık yaydığını belirtmek için geliştirilmiştir. **El-Kindi**, nesnenin her bir noktasından aynı anda göze ışık ışınları gelirken karışıklığın olmamasının sebebini, görmeyi sadece göze dik veya dike çok yakın olarak gelen ışınların meydana getirmesi olarak açıklamıştır.¹¹⁴

Diğer taraftan **El-Kindi** de **Eukleides**'de olduğu gibi ışığın kaynağının göz olduğunu belirtmiştir. **Eukleides**'in bu kuramına bağlılık göstererek, doğruluğunu kanıtlamak için Antikçağ'da ileri sürülmüş bu kuram dışı teorileri çürütmeye çalışmıştır. Bütün bu çabalar rağmen **el-Kindi** sonrası İslam optiği **Galenosçu** ve **Aristotelesçi** görüşler doğrultusunda ilerleme göstermiştir.¹¹⁵

İBN SİNA (980-1037)

10. yüzyılın son çeyreği ile 11. yüzyılın ilk çeyreğinde yaşamış Ebu Ali el-Hüseyin ibn Abdullah ibn Ali **ibn Sina**, İslam ve Batı Dünyası'nın en meşhur tabiplerinden biridir. İslam Dünyası'nda yetişen ender şahsiyetlerden birisi olan **İbn Sina**, tıp ve felsefe başta olmak üzere matematik, astronomi, musiki, mantık, fizik ve edebiyat alanında büyük eserler vermiş ve kolay ulaşılamayan ilmi düzey ve şöhrete kavuşmuştur. Batı Dünyası'ndaki ismi **Avicenna**'dır. Filozofların prensi olarak tanınır. Tıp, matematik, astronomi ve felsefi eğitimini beş yaşından yirmi yaşına kadar Buhara'da almıştır.¹¹⁶

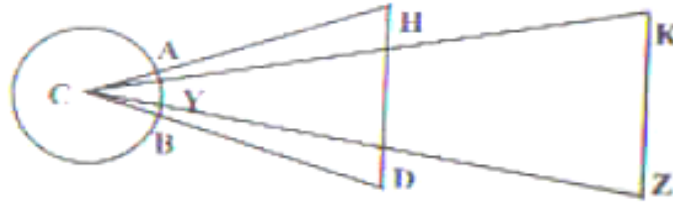


Resim11:Filozofların prensi İbn Sina

Tıbbı dair yazdığı sekiz adet önemli ve büyük eseri vardır. Bunlardan “*el-Kanun fi't Tıp*”, **İbn Sina**'nın tıp alanında şöhretini sağlayan ve bütün dünyanın tanıdığı eser olup bizzat kendi tecrübeleri ve hastalıklar hakkında sahip olduğu bilgileri içermektedir. Batı Dünyası'nda “*Tıbbın İncili*” mukaddes kitabı olarak ifade edilir

İbn Sina optik konusunda da çalışmış, **Eukleides** ve **Galenos**'un kuramlarındaki hataları ile **Aristoteles**'in kuramının doğruluğunu göstermeyi hedeflemiştir. **İbn Sina**'ya göre görme olayı, dıştan gelen etkiyle gözde, aynadakine benzer görüntünün oluşması sonucu olur. Göz burada aynanın oynadığı rolü oynar. Dış nesnenin görüntüsü bu aynada, gözde meydana gelince gözde görme algısı doğmuş olmaktadır. Nitekim **İbn Sina**'nın iddiasına göre aynanın ruhu olsaydı oda kendinden oluşan görüntüyü görecekti, algılayacak ve kendinde bir görüntü bulunduğunun bilincine ulaşacaktı.

Ayrıca, **İbn Sina** bu görüşünü özel matematiksel bir yaklaşımla ele almış ve görme konisi konusuna da değinmiştir. Buna göre, yakındaki nesnelerin daha büyük, uzaktaki nesnelerin daha küçük görünmesi de yine geometrik nitelikli bir açıklamayla belirtilmiştir.



Şekil 7: İbn Sina'ya göre görme geometrisi

İbn Sina'ya göre uzaktaki nesnenin daha küçük görünmesinin nedeni, ayna olan gözdeki sıvının küresel olması ve çevresindeki noktaların merkeze eşit uzaklıkta bulunmasıdır. Bu sebeple uzaklaşan nesne daha küçük bir alan içerisine düşecek ve dolayısıyla uzaktaki nesne yakındakine göre daha küçük görünecektir¹¹⁷(Şekil 7). Sonuç olarak, **İbn Sina** ana hatları ile Aristoteles'in kuramına benzer bir kuram savunmuştur.

İBN EL- HEYSEM

Tam adı **Ebû Ali el-Hasan ibn el- Hasan ibn el-Heysem**'dir. 965'de Basra'da doğmuş ve 1039'da Kahire'de ölmüştür. Büyük bir optikçi, fizikçi, astronom ve matematikçidir. Aynı zamanda mühendistir. Eski kaynaklar Basra'da doğması nedeniyle "**el-Basri**", Mısır'da yaşamış olmasından dolayı da "**el-Mısri**" diye söz etmektedirler. Ortaçağ geleneğinin bir özelliği olarak pek çok konuda bilgi sahibi olmasına karşın, o kendisini, daha çok optik ve

matematikle sınırlamıştır. Bütün zamanların en büyük optikçisi olarak adlandırılmayı da bu tutumu sayesinde başarmıştır. Batı Dünyası'nda, isminin Latince söylenişi olan “**Alhazen**” (al-hazen) olarak tanınmaktadır.¹¹⁸ Mantık, ahlak, politika, şiir, müzik, teoloji, optik, astronomi ve matematik alanında yaklaşık 90 eser, kitap ve makale yazmış verimli bir araştırmacıdır.¹¹⁹



Resim 12:
İbn el-Heyssem

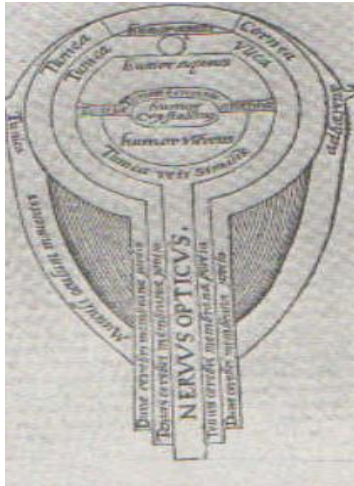
İbn el-Heyssem Müslüman bilim adamları tarafından kabul edilen Aristoteles'in görüşlerine aykırı düşünceler gösteren nadir bir bilim adamıdır.

Çalışmalarında, görme, ışığın kaynağı, yansıma ve kırılma optiğinin yanında daha pek çok optikle ilgili konu ele alırken, ışığın niteliğine yönelik çalışma yapmamıştır. Fakat optiğe bilimine olan katkısı gerçekten çok büyüktür. Çalışmalarıyla optik bilimini kökten değiştirerek iyi düzenlenmiş bir bilim haline getirmeyi başarmış ve bunun sonucunda Antikçağ'dan 17. yüzyıla kadar optik tarihinin en önemli kişisi haline gelmiştir. Özellikle üzerinde durduğu, matematiksel incelemeyi fiziksel modeller ve nitelikli deneylerle birleştirerek, modern anlamda bir matematiksel fizik çalışmasını gerçekleştirmeyi başarmıştır.

Optik biliminin İslam Dünyası'nda büyük ölçüde matematikselleşebilmesi, onun köklü çalışmalarıyla gerçekleşmiştir.¹²⁰

İbn el-Heyssem'n eserlerinden bazıları şunlardır:

Kitâb el-Menâzır, Parabolik Aynalar Üzerine, Küresel Aynalar Üzerine, Mercekler Üzerine, Gökkuşağı ve Hâle Üzerine, Işık Üzerine, Tutulma Üzerine, Gölgelemin Niteliği Üzerine, Yıldızların Işığı Üzerine, Ayın Işığı Üzerine, Ptolemy'nin Anlayışı Üzerine Şüpheler, Eucleides ve Ptolemy'nin Optik Bilgisinin Analizi, Görmenin Niteliği Üzerine, Ptolemy'nin Yöntemine Göre Optik, Aristo'nun De Anima'sının Analizi, Aristo'nun Meteorologica'sının Analizi, Tıp Sanatının Kusursuzluğu Üzerine, Işık Hatları Üzerine, Archimedes'in Küre ve Silindir Eseri Üzerine, Apollonius'un Conica Eseri Üzerine, Samanyolu Üzerine, Yakan Küreler Üzerine.¹²¹



Şekil 8: İbn el-Heyssem'in 16.yy.da “Kitab el-Menazır” eserinin Latince baskısındaki göz çizimi

En önemli başyapıtı “*Kitâb el-Menâzır*”dır. Optik bilgisinin temeli ve düzeyi bu eserde ortaya konulmuştur. Kitap, Antikçağ’ın bütün bilgi birikimini, problemlerini bütün çözüm önerilerini içine alan hacimli bir eserdir. Bu eserin batıya ne zaman geçtiği ve kim tarafından çevrildiği bilinmemekle birlikte, 12. yüzyılın sonları veya 13. yüzyılın başlarında çevrildiği ve çok etkin olduğu bilinmektedir. Bu eserin etkisi çok açık bir şekilde **John Pecham**’ın “*Perspectiva Communis*” adlı eseri ile **Witelo**’nun “*Opticae Libri Decem*” adlı eserlerinde görülmektedir. Aynı şekilde **Roger Bacon**’ın “*Perspectiva*”sı da baştan sona **İbn el-Heysem**’e atıflarla doludur.

“*Kitâb el-Menâzır*”ın etkisi yalnızca bu 13. yüzyıl bilim adamlarıyla sınırlı kalmamıştır. Aynı zamanda, **Kepler**, **Snell**, **Fermat** ve **Descartes** gibi pek çok bilim adamı üzerinde de etkili olmuştur.¹²²

Kitap 7 bölümden oluşmaktadır.

I. Bölümde; görme olayı, gözün özellikleri, ışık ve özellikleri, göz ile ışık arasına giren nesnelere, gözün anatomik yapısı ve gözün faydaları,

II. Bölümde; görülebilen şeyler, görülmeyi sağlayan sebepler, görmenin nasıl olduğu ve gözün eşyaları nasıl ayırt edebileceği,

III. Bölümde; gözde veya görmede meydana gelen yanılmalar ve bunların sebepleri,

IV. Bölümde; cisimlerden ışığın yansımaları ve görüntünün meydana gelmesi,

V. Bölümde; görüntülerin ve hayallerin yerleri,

VI. Bölümde; ışığın eşyadan göze yansımaları yoluyla görmede meydana gelebilecek yanlışlık ve hatalar, bunların sebepleri ve değişik ayna tiplerinden yansıyan ışığın görme üzerindeki etkisi ve yanılmalar,

VII. Bölümde; kırılma olayının incelenmesi ve nasıl meydana geldiği, bundan meydana gelen hatalı görüntüler veya yanlış görme olayları anlatılmaktadır.¹²³

İbn el-Heysem’in Işık ve Görme Konusundaki Görüşleri

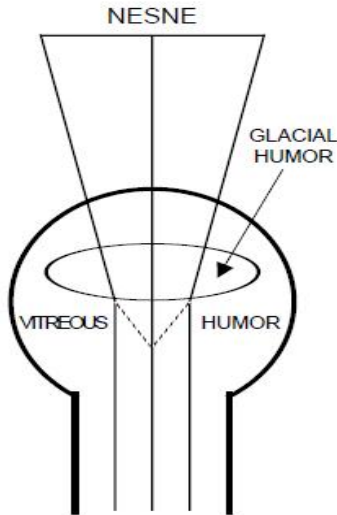
İbn el-Heysem ışığın kaynağı ve görme konusunda tamamen kökten ve yeni bir yaklaşım oluşturmuştur. Bilindiği üzere Antik Yunan’da “Gözışın Kuramı” ağırlıktaydı. Bu görüşe göre görme, gözden nesneye doğru çıkan ışınların, tepesi gözde ve tabanı da bakılan nesnede olan bir ışın konisi aracılığıyla oluşmaktadır.¹²⁴ **İbn el-Heysem** kendi kuramını

oluşturmaya başlarken, “Gözişin Kuramı”nı tamamen reddetmiştir. “*Kitâb el-Menâzır*”ın birinci bölümünde ışığın temel özellikleri, gözün özellikleri, yapısı, görmenin oluşumu ve kendinden ışıklı olan cisimlerin aydınlatma özellikleri ele alınmıştır. Görmenin hem fiziksel, hem de nesneden göze gelen ışınlar aracılığıyla, matematiksel yorumunu yapmıştır.

Daha önce de söz konusu edildiği gibi, bu dönem optiğinden en çok ışığın kaynağı problemi ele alınmıştır. Gerçekte ışığın kaynağı problemi, daha çok görmeden dolayı kaynaklandığı ve bu anlamda temel olan görmenin nasıl oluştuğunun açıklanmasıdır. **İbn el-Heysem** de çalışmalarına öncelikle görme ışınları ile başlamıştır.¹²⁵

İbn el-Heysem, ışık kaynağı ne olursa olsun “göz ya da nesne” eğer göze dışarıdan bir şeyler gelmezse algının ya da görmenin gerçekleşemeyeceğini belirtmektedir. Yani ışık kaynağı ne olursa olsun ışık ve renk gözü etkilemektedir. Bu belirlemeler sonucunda, gözde etki yaratmak ışığın bir özelliği, ışık tarafından etkilenmiş olmak da gözün bir özelliği olduğu ortaya çıkmaktadır. O halde gözden dışarıya doğru bir şeylerin çıktığını düşünmektense, nesneden göze doğru bir şeylerin geldiğini düşünmek daha mantıklıdır.

Ayrıca **İbn el-Heysem** tarafından “Gözişin Kuramı”nda kabul görmeyen, göz gibi küçük bir organdan evreni dolduracak kadar bir maddesel yayılımın çıktığı savıdır. Çünkü bu savda, çok büyük bir alan sadece küçük bir organın aralıksız saldıdığı maddeyle dolacağı ve o



Şekil 9: İbn el-Heysem’e göre görmenin geometrik açıklaması

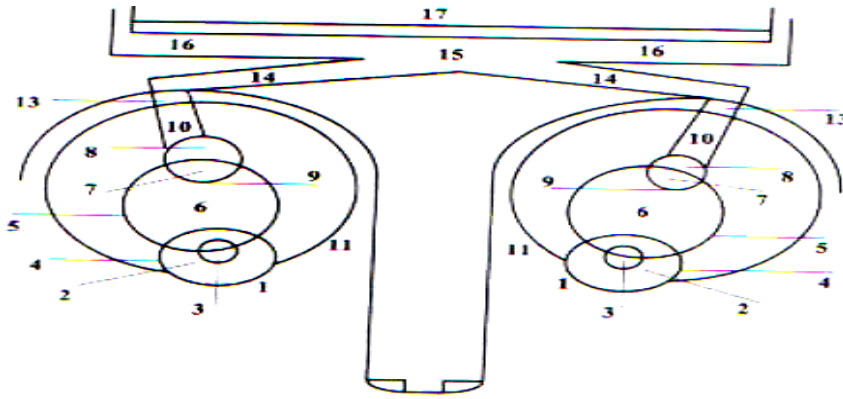
organın yapısında ise en küçük bir değişimin olmayacağı ileri sürülmektedir. Oysa ki, bu yayılımın nesneden geldiğini savunmak daha mantıklı görünmektedir. Sonuç olarak, görme olayında gözden ışının çıkması gereksiz ve yararsızdır. Bu belirleme ise, **İbn el-Heysem**’in “Gözişin Kuramı”nı reddetmekte kullandığı ilk argümandır.¹²⁶

İbn el-Heysem, bunun akabinde ayrıntılı deneyler yapmış ve bütün deneylerinde, ışığın gözde etki bıraktığını açıklamıştır. Böylece “Gözişin Kuramı”nın çürüterek “Nesneışin Kuramı”nı ortaya atıştır. **İbn el-Heysem**, “Nesneışin Kuramı”nı oluştururken şu belirlemeye dayanmıştır: Herhangi bir ışık tarafından aydınlatılan bir nesnenin yüzeyindeki her noktadan, o noktaya çizilebilen her doğru boyunca ışık ve renk yayılır. Bu yaklaşımın getirdiği problem, görsel alandaki noktalar ile bunlara gözde karşılık

gelen noktalar arasında birebir bir uygunluk olduğunun gösterilmesidir. Oldukça zor olan bu problemin çözümü için **İbn el-Heysem**, kırılma olgusundan yararlanır. Ona göre kırılma deneyleri göstermiştir ki, ışık farklı yoğunluklu ortamlar arasında kırılmaya uğrar. Ancak iki ortam arasındaki yüzeye dik olarak düşen ışın kırılmadan geçer. Aynı şey göz için de geçerlidir. Yani gözün yüzeyindeki her noktadan, görsel alandaki bütün noktaların formları aynı anda geçerler. Fakat bir noktanın formu doğrudan doğruya, kırılmaksızın, gözün tabakalarının saydamlığı aracılığıyla geçer (Şekil 9). Diğer noktaların formları ise gözün yüzeyinde kırılırlar ve eğik bir hat boyunca tabakalarının saydamlığı aracılığıyla geçerler. Bu tür kırılmayan ışınların toplamı, tabanı görsel alanda ve tepesi gözde bulunan bir koni oluşturur. Bu konide gözün tabakalarından geçerken kırılmayan tek bir dik ışın vardır. İşte, görmeyi meydana getiren de budur. Böylece **İbn el-Heysem**, ışınların çokluğundan dolayı ortaya çıkması gereken karışıklığın neden çıkmadığını, bu son belirlemesiyle çözmüştür. Buna göre görmede yalnızca dik ışınlar sorumludurlar ve bunlar aynı zamanda diğer ışınların en güçlüsüdürler.¹²⁷

İbn el-Heysem, ışığın yapısı ve özellikleri hakkındaki görüşlerini ise kendisinin geliştirdiği görüntü mekanizmasına dayanarak açıklamıştır. O, ışığın doğrusal çizgilerde yayıldığını savunmuştur. Ona göre cisimler kendinden ışıklı ve kendinden ışıklı olmayan cisimler diye ikiye ayrılırlar. Işık kendinden ışıklı cisimlerde bir form (öz) olarak, buna karşılık, kendinden ışıklı olmayan cisimlerde ise ilinek (bir nesnenin ikincil ve öze ilişkin olmayan özelliği) olarak bulunmaktadır. Aynı şekilde **İbn el-Heysem**, kendisi ışık kaynağı olan cisimlerin yaydığı ışığa birincil ışık (kendisi ışık kaynağı olan nesnelerin yaydığı ışık), diğer cisimlerin yaydığı ışığa ise ikincil ışık (yansıtıcı yüzeylerden yansıyan ışık) adını vermiştir. Bu birincil ve ikincil ışıklar, kaynak üzerindeki her noktadan bütün yönlerde doğru, doğrusal olarak yayılırlar. Bu iki çeşit ışık arasındaki fark ise birincil ışıkların ikincil ışıklara göre çok daha güçlü olmalarıdır.¹²⁸

İbn el-Heysem eserinin birinci bölümünde ayrıca gözün yapısını açıklamıştır. Yaptığı açıklamalar ve çizdiği göz şeması ile dönemin bu konudaki bütün bilgilerine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu da, Ortaçağ İslam Dünyası'nda göz anatomisinin ve tıp biliminin çok gelişmiş olduğunu göstermektedir.



Şekil 10: İbn el-Heyssem'e göre gözün yapısı

1. Alt Göz Kapağı, 2. Kornea, 3. Gözbebeği, 4. Üst Göz Kapağı, 5. Gözbebeği Küresi, 6. Albugineus sıvı, 7. Crystalline sıvı, 8. Viterus sıvı, 9. Crystalline sıvıyı saran zar, 10. Konik sinir, 11. Göz yuvarını saran konjunktival küre, 12. Göz çukuru, 13. Göz yuvarı aralığı, 14. Görme sinirleri, 15. Görme sinirlerinin birleştiği yer, 16. Beyinden çıkan optik sinir, 17. Beyin ön tarafı

“*Kitâb el-Menâzır*”ın ikinci bölümünde, gözün bütün nesnelere her zaman aynı tarzda algılayamayacağını, ışın (radyal) çizgilerinin farklılaşmalarına bağlı olarak nesnelere görüntülerinin de değiştiğini açıklamaktadır. Ayrıca, görmeyi, nesnelere formlarının ortak sinire ulaşmasıyla gerçekleşeceğini ve gözün duyarlı organının kristal (crystalline) olduğunu belirterek, göz tabakalarının algılamadaki farklı işlevlerini açıklamaktadır.¹²⁹

Üçüncü bölümde, gözün nesnelere her zaman doğru biçimde algılamadığı, bazen kusurlu algıladığı ve bunun sonucu ortaya çıkan görme kusurları ile nedenlerini açıklamıştır. Burada öncelikle iki göz tarafından bir nesnenin nasıl tek olarak algılandığı tartışılmakta, her iki gözün de görmeye aynı eylemleri yerine getirdikleri vurgulanmaktadır. Görsel algının temel bileşeni olan gözün sağlıklı olup olmamasının görme kusurlarında belirleyici etmeni olduğunu doğru olarak belirlemiştir. Sağlıklı bir görmeyi sekiz koşulu olduğunu belirterek, bu koşulların mesafe, konum, aydınlatma, bedensel büyüklük, opaklık (saydam olmayan), havanın saydamlık durumu (açık-kapalı olması), zaman ve gözün sağlık durumudur. **İbn el-Heyssem** ayrıca, görme kusurlarının üç görsel algı olan duyumdan, kestirmeden (karar verme) ve çıkarımdan kaynaklandığını belirtmektedir. Duyumdan kaynaklanan görme kusurları, farklı renkli nesnelere algılanışından kaynaklıdır. Örneğin; koyu mavi renkli bir nesnenin aydınlatmanın iyi olmadığı durumlarda siyah gibi görünmesidir. Kestirmeye bağlı olan görme kusurları, çok uzak mesafedeki nesnenin ne olduğuna karar verilmesi durumunda ortaya çıkar.

Örneğin; uzaktaki nesnenin ya da kişinin yakına geldiğinde farklı bir nesne yada kişi olduğunun farkına varılmasıdır. Çıkarımdan kaynaklanan göz kusuruna ise en güzel örnek; bulutun gerisinde bulunan Ay'ın göz tarafından daha hızlı hareket ediyor gibi algılanmasıdır.¹³⁰

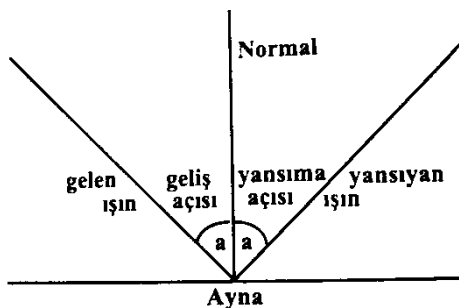
Yansıma ve Kırılma

“*Kitâb el Menâzır*”ın dördüncü, beşinci ve altıncı bölümleri yansıma konusuyla ilgilidir. Burada **İbn el-Heyssem**, kendinden ışıklı ve ışıklandırılmış cisimlerin birincil ve ikincil ışık kaynaklarının yaydığı ışıkların, aynada yansımasının deneysel kanıtlarını düz, küresel, silindirik ve konik aynalardaki yansımayı¹³¹ ve bu aynalardaki yansımanın ölçümünü vermek için bakırdan yapılmış bir aletin yapılışını ve kullanımını anlatmaktadır.¹³²

Bilindiği üzere yansıma optiği oldukça erken gelişme gösteren bir optik daldır. Bu konuda **İbn el-Heyssem** öncesinde oldukça önemli gelişmeler elde edilmişti. **Eucleides**, özellikle de **Batlamyus**'un konuya yönelik çalışmaları çok önemlidir. Bununla birlikte **İbn el-Heyssem**'in bu konuya yaklaşımı da diğer optik çalışmalar gibi yenilikçi ve katkı sağlayıcıdır. Özellikle, yansımanın ve kırılmanın nedensel analizini vermesi, kendisinden sonra konuya yönelik çalışma yapan bilim adamlarını etkilemesi açısından son derece önemlidir.

İbn el-Heyssem, ayna yüzeyine gelen ışığın, geliş açısına eşit bir açıyla yansımasının nedenini şöyle ifade etmektedir:

“*Işık çok yüksek bir hızla hareket eder ve bir aynaya ulaştığında, orada ne durabilir ve ne de yüzeye nüfuz edebilir, dolayısıyla orijinal hareketin yapı ve gücüne sahip olduğundan ayna, ışığı aynı eğim derecesi ile yansıtacaktır*”¹³³(Şekil 11).



Şekil 11: İbn el-Heyssem'in yansıma kanununu kanıtlaması

Yaklaşık bin yıl önce yaşamış bir bilim adamının bu açıklaması yansımanın nedensel analizini ortaya koyması bakımından ilginçtir.

Batlamyus için olduğu gibi **İbn el-Heyssem**'e göre de yansıma durumunda üç temel hareket söz konusudur. Birincisi, eğer ışın aynaya dik şekilde gelirse, aynı doğrultuda geri yansır; ikincisi, ayna yüzeyine teğet gelirse, bir değişime uğramadan yoluna devam eder ve son olarak, bu iki uç durum arasında ışın

yüzeğe bir eğim taşıyarak gelirse, bu eğime eşit bir eğimle yansır.¹³⁴

İbn el-Heyssem'in yansıma konusundaki ikinci bir başarısı da küresel sapıncı incelemesi ve çukur ayna (parabolik) bir aynada bütün ışınların tek bir noktada toplandığını, bundan dolayı da bu tür aynaların ince kenarlı merceklerde olduğu gibi yakma özelliğine sahip olduklarını belirtmiştir.¹³⁵

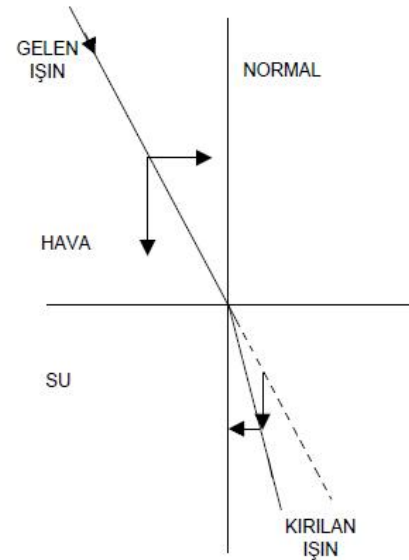
Yansıma konusunda olduğu gibi, kırılma konusunda da **İbn el-Heyssem**, mekanik analogilerden yararlanmış, ışığın kırılmasını, fırlatılan bir taşın daha çok ya da daha az direngen başka bir ortama geçmesiyle, hareketinde meydana gelen değişimle karşılaştırmıştır.

“*Kitâb el Menâzır*”ın yedinci yani son bölümü kırılma konusuna ayrılmıştır. İlk önce yansımada olduğu gibi, kırılmanın da nedensel bir analizini vermiştir. Ona göre,

“*ışık saydam nesnelere çok büyük bir hızla hareket eder ve hızı, az yoğununda, çok yoğununa göre daha fazladır. Bütün saydam nesnelere yoğunlukları oranında ışığın hareketine karşı daha büyük direnç gösterirler. Ancak söz konusu olan direnç, hareketi tamamen itelemeye yetecek kadar güçlü değilse, o zaman hareket yalnızca zayıflar*”.

İbn el-Heyssem, katı bir nesnenin bir dik boyunca fırlatıldığında, karşısındaki sabit bir nesneyi, herhangi bir diğer yönden daha kolay kırdığı gözlemine dayanarak, yansımada olduğu gibi, kırılmada da genel bir ilke elde etmiştir: Dik hareket daha güçlü ve kolaydır; dike yakın eğimli hareket ise, uzak olan hareketten daha kolaydır.¹³⁶

İbn el-Heyssem, yansıma konusunda olduğu gibi, kırılma konusunda da hareketi, birincisi dik, diğeri ise kırılma yüzeyine paralel olmak üzere iki kısma ayırmış ve ikinciyi değişmeden bırakırken birincisinin hızlanacağını ya da yavaşlayacağını düşünmüştür. Böylece o yansımada olduğu gibi kırılmada da “*Parelelogram Yöntemi*”ni yani hızlar dikdörtgenini kullanmıştır (Şekil 12). Buna göre, bir ışın iki farklı ortamın ayrılma yüzeyine ulaştığında, yüzeye olan normal boyunca hız sabit kalacak, ikinci ortam daha yoğun ise hızı azalacak, ortam az yoğun ise hız artacaktır¹³⁷

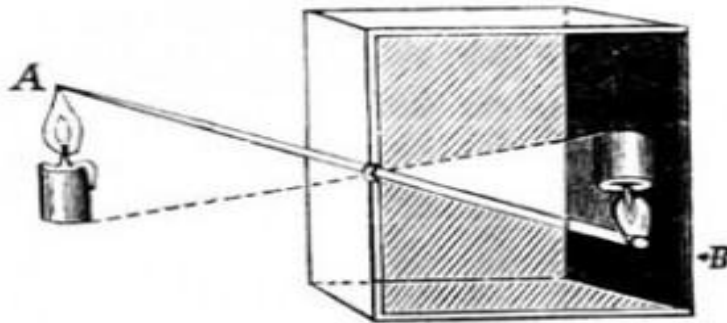


Şekil 12: İbn el-Heyssem'in hızlar dikdörtgenini açıklaması

Bütün bu belirlemelerine rağmen, **İbn el-Heysem** “*Sinüs Yasası*”nı (Snell Kanunu) elde etmek için bir girişimde bulunmamış, ancak onun “*Paralelogram Yöntemi*”yle “*Sinüs Yasasına*” ulaşamamıştır. Bundan dolayı onun kırılma açıklaması, kırılma yasasının elde edildiği tarihte çok önemli bir adım oluşturmuştur. Çünkü **İbn el-Heysem**’in “*Paralelogram Yöntemi*”nin (hızlar dörtgeni) değişik ortamlardaki ışık hızlarına uygulanması, gelen ve kırılan ışınları, birbirinden ayrı düşünülen iki dikey parça olarak gören yeni bir düşünce şekli geliştirilmesine yol açmış ve bu yaklaşım biçimi daha sonra **Witelo**, **Kepler** ve **Descartes** (1596-1650)’in ilgisini çekmiştir.

Bütün bu çalışmaları da dahil olmak üzere **İbn el-Heysem**, **Batlamyus** sonrası en kapsamlı kırılma deneylerini de gerçekleştirmiş bir bilim adamıdır. Ancak yukarıda da belirtildiği gibi o da “*Sinüs Yasası*”na ulaşamamıştır.

İbn el-Heysem’in bu çalışmaları dışında gökkuşağının nasıl oluştuğunu ve renklerin meydana gelişini, hale’nin oluşumunu izah etmiş, geometrik optikte elde ettiği başarıya bağlı olarak gökkuşağı ve halenin doğru bir biçimde anlaşılmasında doğrudan olmasa da ciddi katkı sağlamıştır. Karanlık odayı, **Levi ben Gerson**’dan önce bularak fotoğraf makinesinin temelini atmıştır.¹³⁸



Şekil 13: İbn el-Heysem’in karanlık oda çalışması

Sonuç olarak, **İbn el-Heysem** oluşturduğu görme kuramı ve özel olarak da çeşitli konularda geliştirdiği yeni kanıtlama teknikleri vb. yönleriyle hem Doğu'da ve hem de Batı'da, uzun yıllar etkili olmayı başarmış bir bilim adamı olup, optik tarihindeki köklü değişimlerin mimarisi olarak kabul edilmiştir.¹³⁹

KEMÂLÜDDİN EL-FÂRİSÎ

Tam adı **Kemâlüddin Ebû el-Hasan Muhammed İbn el-Hasan el-Fârisî**'dir. Nerede, kaç yılında doğduğu ve yaşamı hakkında ayrıntılı bir bilgi bulunmamakla birlikte, 1320 yılında öldüğü tahmin edilmektedir.

Kendisi İranlı olmasına karşın matematik, fizik ve astronomi konularında kaleme aldığı kitaplarını Arapça yazmıştır. Asıl ününü **İbn el-Heysem**'in “*Kitab el-Menâzır*” adlı optik kitabına yapmış olduğu şerh kitabı olan “*Tenkîh el-Menâzî*”a borçludur. İbn el-Heysem sonrası optik çalışmalarının en önemli kaynak kitabı olan “*Tenkîh el-Menâzır*”ı, **Kemâlüddîn el-Fârisî**, hocası **Kutbeddîn el-Şîrâzî**'nin denetim ve gözetiminde hazırlamıştır.



Şekil 14: İbnü'l-Heysem'in fikirlerinden yola çıkan Kemâlüddin el-Fârisî'ye ait göz anatomisi çizimi. El yazması üzerindeki Arapça yazılarda beynin retina üzerine düşen görüntüyü oluşturmada etkisinden bahsedilmektedir

Kitap, **İbn el-Heysem**'in “*Kitâb el-Menâzır*”da tartıştığı temel problemleri yeni bir bakış açısıyla değerlendirmek amacıyla kaleme alındığından, yedi makale halinde düzenlemiştir. İlk üç makale doğrudan görme, 4. 5. ve 6. makaleler yansıma ve 7. makale kırılma konusuna ayrılmıştır. **Kemalüddîn el-Fârisî** aynı zamanda bütün optik konularını düzenlemeyi, yeniden gözden geçirmeyi, eksik yönlerini tamamlamayı ve yanlış bilgilerden arındırmayı amaçladığından, kitabını sadece “*Kitâb el-Menâzır*”ı içerecek şekilde hazırlamakla kalmamış, aynı zamanda **İbn el-Heysem**'in ayrı risaleler halinde ele aldığı, gökkuşağı ve hale, karanlık oda, ışığın niteliği, gölgelerin özellikleri vb. gibi konuları da ele almış ve bu konulara yönelik pek çok özgün risaleyi

kitabına eklemiştir. İlave ettiği risaleler içerisinde en önemlilerinden birisi, küresel yüzeyle ortamlarda ışığın uğradığı değişimleri incelediği “*Yakan Küreler Üzerine*” (Risale fi el-Muharrika) adlı çalışmasıdır. Bu çalışma gökkuşağının oluşumunun doğru olarak açıklanmasıyla sonuçlanmıştır.

12. yüzyıl çeviri etkinliğinin gerisine düşmüş olması dolayısıyla Batı’da tanınmamış olmasına karşın, “*Tenkîh el-Menâzır*” **İbn el-Heysem** sonrası İslâm optiğinin önemli bağlantılarının kurulduğu temel bir yapıttır.¹⁴⁰ **İbn el-Heysem**’den yaklaşık 300 yıl sonra yaşamasına rağmen, **Heysem**’in oluşturduğu optik kavramlar ve geliştirdiği çözüm önerilerini eleştirel bir gözle incelenmiş ve bu bağlamda **İbn el-Heysem**’in başlatmış olduğu “yeni optik gelenek” titizlikle korumuştur. **Kemâlüddin el-Farisî** gökkuşağının oluşumu gibi bazı optik olguları ve **İbn el-Heysem**’in ayrı makaleler halinde ele aldığı konuları da bir bütünlük içerisinde “*Tenkîh el-Menâzır*”da tartışmıştır.¹⁴¹

Kemâlüddin el-Farisî ışığın, ışıklı bir cisimdeki her bir noktadan düz bir çizgi boyunca uzadığını ve küresel olarak yayıldığını belirtir. Işığın gözden çıktığı görüşü ise hem Antikçağ’da hem de İslâm Dünyası’nda taraftar bulmuş bir görüştür. Bu kuram çok açık olarak **İbn el-Heysem** tarafından çürütülmüş ve ışık kaynağının göz değil, nesne olduğu açıkça kanıtlanmıştır. **Kemâlüddin el-Farisî** de ışığın nesneden geldiğini benimsemiş ve **İbn el-Heysem**’in görüşlerini benimsemiştir.¹⁴²

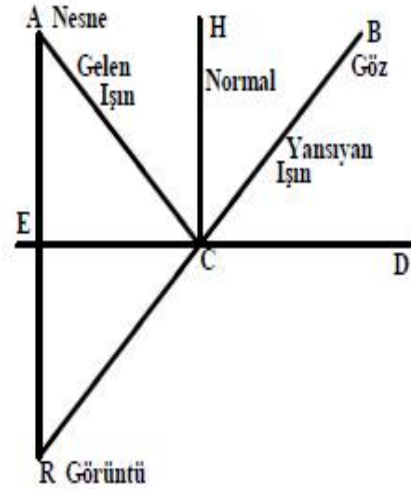
Kemâlüddin el-Farisî görmenin koşullarını özetle şöyle açıklamaktadır.

1. Göz ile nesne arasında belirli bir mesafe olmazsa, algı olmaz.
2. Nesnelere ışıklı olmadıkça ya da ışılandırılmadıkça algılanamazlar.
3. Algılanmanın diğer bir koşulu da miktara sahip olmaktır. Miktarı olmayan şey algılanamaz. Miktarın algılanması da algılayan gözün algı kuvvetine bağlı olarak değişir.
4. Opak nesnelere görülür, salt saydam olanlar ise görülmezler.
5. Parlak renkli nesnelere diğerlerine göre daha kolay ve çabuk görülürler.¹⁴³

Sıralanan bu maddelerin tamamı, aynı zamanda görmede söz konusu olan perspektif kuralları da tanımlamaktadır.

Kemâlüddin el-Farisî “catoptrics” yani ışığın aynalarda uğradığı değişimlerin ele alındığı yansıma konusuna da kitabının birinci cildinin dördüncü bölümünde yer vermiştir. Konuyla ilgili olarak; “*gözün aynada algıladığı nesnenin ikinci suretleri, doğrudan görmede algıladığı suretler gibi değildir. Çünkü göz doğrudan görmede, nesneyle karşı karşıya*

bulunduğu her konumda nesneyi algıarken, yansımada ise belirli konumlarda algılar”. Doğrudan görmeye göz nesneyi o nesneden kendisine gelen ışıkla algılar. Aynı şey yansımayla oluşan görme içinde geçerlidir. Eğer nesnenin sureti yansımayla göz göze gelirse, göz onu algılar. Daha sonra **Kemâlüddin el-Farisî** düz, çukur, tümsek, çukur silindirik, tümsek silindirik, çukur konik ve tümsek konik aynalarda yansımayı uygulamalı olarak ele almış ve görüntü oluşumlarını, her ayna için ayrı çizimle göstermiştir. Ona göre düzlem aynada görüntü düz, aslına eşit ve aynanın içine gömülmüş gibi görülür¹⁴⁴(Şekil 15).



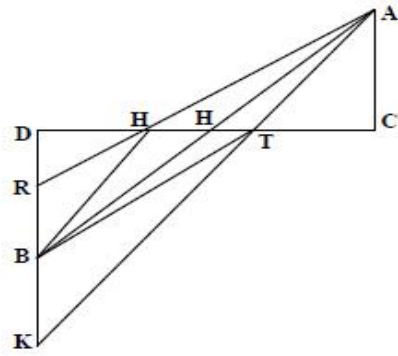
Şekil 15: Kemâlüddin el-Farisî'nin düzlem aynada yansıma kanununu kanıtlaması.

Kemâlüddin el-Farisî'nin verdiği bilgilerin tümü doğrudur. Kendisinden önce Antikçağ'da ve İslâm Dünyası'nda ortaya konulmuş bilgiler olmasına rağmen anlatım çok büyük oranda ayrıntı kazanmıştır.

Kemâlüddin el-Farisî, İbn el-Heysem'in “*Kitâb el-Menâzır*”ına koşturarak, “*Tenkih el-Menâzır*”ın yedinci makalesini kırılmaya, yani kendi deyimiyile “*saydam ortamların ötesinde bulunan nesnelere gözün algılamasıyla oluşan görme konusu*”na ayırmıştır. Yedi bölümden oluşan makalenin birinci bölümde, genelde görmenin üç şekilde gerçekleşebildiğini belirtmektedir. 1. doğrudan görme, 2. yansıma aracılığıyla görme, 3. saydam bir ortamın gerisinde bulunan nesnenin ortamın saydamlığından dolayı ortaya çıkan kırılma aracılığıyla görülmesi. İkinci bölümde, ışığın saydam ortama doğrusal çizgilerde nüfuz etmesi ve ortamın saydamlığından dolayı kırılmaya uğraması tartışılmaktadır.¹⁴⁵ Işığın ortam farklılıklarında uğradığı değişimleri ana çizgileriyle tanımlayan **Kemâlüddin el-Farisî**, bundan sonra oluşturduğu bir araçla çeşitli ortamlar için deneyler yapmıştır. Deneyini aynı zamanda küresel ve düzlem yüzeyli nesnelere de yaparak ayrıntılandırmıştır. Ayrıca **Kemâlüddin el-Farisî**'ye göre eğer ışık, algılanmayacak kadar çok hızlı bir hareketle saydam cisme nüfuz ederse, ortamın yoğunluğu hareketi engelleyecektir. Başka bir deyişle çok yoğun cisim (ortam) ışığı az yoğun cisimden daha çok engeller.¹⁴⁶ Üçüncü bölümde, saydam ortamda kırılmaya uğrayan ışığın niteliklerini tartışılmaktadır. Dördüncü bölümde **Kemâlüddin el-Farisî**, saydam ortamın gerisinde bulunan gözün nesnelere algılaması konusunu tartışılmaktadır. Bu konuda getirdiği temel savunmalar şunlardır. Böyle bir durumda

göz algıladığı nesneyi aynı zamanda rengiyle de algılar. Göz, farklı bir ortam içerisinde bulunan bir nesneyi ya doğrusal ya da eğimli olarak algılar. Birinci durumdaki görme doğrudan görme, diğerinde ise kırılmayla oluşan görme olayıdır. Beşinci bölümü de görüntü konusuna ayıran **Kemâlüddin el-Farisî**'nin burada savunduğu temel fikirler ise şunlardır:

1. Görüntü, gözün saydam bir ortamın gerisinde bulunan nesnelere algıladığı surettir.
2. Nesnenin her noktasının görüntüsü, normal ve gelen ışının kırılma yüzeyi üzerine düştüğü nokta arasında yer alır (Şekil 16).



Şekil 16: Farklı ortamlardaki bir nesnenin görüntü konumları.

$A = \text{göz}; B = \text{nesne } D^{\wedge}C = \text{kırılma kesiti}; AC^{\wedge}DC \text{ dir.}$

Buna göre, eğer B nesnesinin bulunduğu ortam gözün bulunduğu ortamdan az yoğunsa, bu durumda AB ışını H noktasında yüzeye ulaşacak ve normalden öteye doğru kırılmaya uğrayacaktır. Aksi durumda ise normale doğru kırılacaktır. Birinci durumda nesne gerçek konumunun üstünde, yani R 'de, ikinci durumda ise gerçek konumunun altında, yani K 'da bulunacaktır. Ancak her iki durumda da görüntü noktaları normal ve gelen ışın çizgisinin sınırladığı alanda bulunacaktır.

3. Gözün karşısında bulunan her ortamın yüzeyi, ya düz, ya dairesel ya da küreseldir ve göz bu ortamların gerisinde bulunan her noktayı kırılmayla algılar.¹⁴⁷

Kemâlüddin el-Farisî bu temel belirlemeleri ile **İbn el-Heyssem**'in temel argümanlarına hiçbir katkı yapmamıştır. Böylece **Kemâlüddin el-Farisî** de “*Sinüs Yasası*”na ulaşamamıştır.¹⁴⁸

Kemâlüddin el-Farisî çalışmalarında **İbn el-Heyssem** ile aynı sırayı izlemiş ve aynı sonuçlara ulaşmıştır. O da kırılma deneylerini iki temel üzerine oluşturmuştur. Bunlardan birisi düzlem yüzeyli ortamlarda oluşan kırılma, diğeri eğri yüzeyli ortamlarda oluşan kırılmadır. Eğri yüzeyli ortamlarda oluşan kırılma incelemelerinin tarihsel önemi çok büyüktür. Optik tarihine “*Yakan Küreler*” (Burning Glass) olarak geçen bu konu da **İbn el-**

Heysem tarafından ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Ancak konunun hak ettiği çizgiye gelmesi **Kemâlüddin el-Farisî**'nin çalışmalarıyla gerçekleşmiştir. Çünkü **Kemâlüddin el-Farisî** bu konuda ki verileri gökkuşağının oluşumunun doğru olarak açıklanmasında kullanmış ve başarılı olmuştur.¹⁴⁹

MİRİM ÇELEBİ

Astronom, matematikçi ve optikçi Mirim Çelebi diye tanınan **Mahmud b.Kutbuddin Muhammed b.Musa Kadî-zade**, Osmanlı devletinde, **Musa Kadî-zade** ve **Ali Kuşçu'dan** sonra yetişen en önemli matematikçi, astronomlardan birisidir. 1475 civarı İstanbul'da dünyaya geldi. Dedesi Hocasade ve Sinan Paşa olmak üzere dönemin büyük bilginlerinden ders aldı. Mezun olduktan sonra, Gelibolu, Edirne Ali Bey ve Bursa Manastır Medreselerinde müderrislik yaptı. Yavuz Sultan Selim döneminde Anadolu kaz askerliğine getirildi(1519). Kısa bir süre çalıştıktan sonra emekli oldu ve Edirne'ye yerleşti. 1525 yılında vefat eden **Mirim Çelebi** Edirne Kasım Paşa camii avlusuna defnedildi.



Resim 13: Astronom, matematikçi ve optikçi Mirim Çelebi

Mirim Çelebi'nin çoğu astronomi, astroloji ve optik alanları ile ilgili eserlerinin yanında avcılık konusunda yazmış olduğu "*Munyet el-Seyyadin fi el-Av*" adlı eseri, Osmanlı literatüründe bilinen önemli bir çalışmasıdır.¹⁵⁰

Mirim Çelebi optik alanında daha çok gökkuşağı ve hâlenin oluşumunu incelemiştir. En önemli eseri "*Risale fi el-Hale ve Kavs Kuzah*"dır (Gökkuşağı ve Hâle Üzerine). **Mirim Çelebi** bu eserinde ağırlıklı olarak, görme olayı ve şartları, ışık ile ışığın yayılması ve kırılması, renkler, gök kuşağı ve hâlenin oluşumu ile optik özelliklerini incelemiştir.¹⁵¹ Eser, bu dönemdeki optik biliminin tarihi çerçevesini çizmekte ve İslam Dünyası'ndaki birçok optikçiler arasında karşılaştırmalar yapmaktadır. Esas mukayese, **İbn Sina**'nın temsil ettiği fizikçiler ile **İbn el-Heysem**'in temsil ettiği optikçiler arasında yapılır.

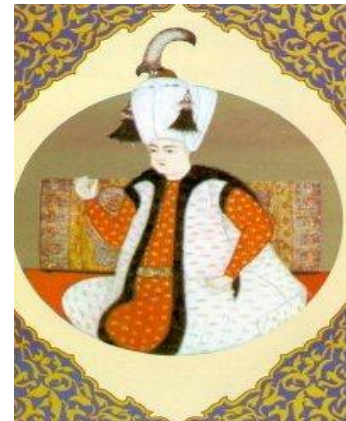
Eser, bir giriş ile "makam" ve "maksat" adını verdiği alt bölümlerden oluşmaktadır.¹⁵² Giriş bölümü, optik konularının genel bir özetidir. Üç bölüme ayrılır. Birinci bölümde görme teorilerini incelemiştir. **Mirim Çelebi** burada bütün optik tarihini tasnif etmektedir. Ona göre

optikte, **Aristoteles** ve takipçilerinden oluşan fizikçiler, **Eucleides** ve takipçilerinden oluşan matematikçiler ile **İbn el-Heysen** ve **Kemâluddîn el-Fârisî** gibi optikçiler olmak üzere üç ana grup vardır.

İkinci bölümde ışık üzerinde duran **Mirim Çelebi**, görme olayı ve şartları ile ışığın yayılması ve kırılması konuları üzerinde durmuştur. Üçüncü bölümde ise renkleri incelemiştir. Rengin varlığını, ışığa bağlayan **İbn Sina**'yı savunduğunu belirten **Mirim Çelebi**, rengin ışıktan bağımsız sabit bir varlığı olduğu şeklinde ki **el-Razi**'nin tezini reddeder. **Mirim Çelebi** bu bölümde gökkuşağı, kavsim oluşumu ve hâle konularında da bilgi verir.¹⁵³

TAKİYÜDDİN BİN MARUF

1521 yılında Şam'da doğdu. Mısır ve Şam'da dönemin tanınmış hocalarından fıkıh, hadis ve tefsir dersleri aldı. Bu dönemde Mısır'da kadılık yapan Abdülkerim Efendi **Takiyüddin**'e, eski gök bilimcilerinden kalma risaleleri, gerekli gözlem aletlerini ve aletlerin yapımlarına ilişkin bilgileri vererek matematik ve gök bilimiyle ilgilenmesini sağladı. 1570 yılında İstanbul'a yerleşen **Takiyüddin**, bu döneme kadar gök bilimi ile ilgilenmek amacıyla rasathane kurulmamış olması, bilgilerin Arapça ve Farsça kitaplardan öğrenilip, gözlemlerle ilgili hesaplamaların eskiden kalma gözlem kataloglarından yararlanılarak yapılması ve hesapların yanlış sonuçlar vermesinden dolayı Hoca Sadettin Efendi'nin yardımıyla Padişah III. Murat'tan rasathane kurulması için izin ve ödenek aldı. Kendiside bu rasathanenin müdürlüğüne atandı. Bugün, Cihangir Tophane sırtlarında kurulmuş olan İstanbul Rasathanesi'nin ne zaman yapıldığına dair belge yoktur. Fakat rasathanenin aletleri ve yapımı tam olarak tamamlanmamışta olsa 1575-1580 yılları arasında gözleme açık olduğu kesindir.¹⁵⁴



Resim 14: İstanbul rasathanesinin kurucusu Takiyüddin

Takiyüddin'nin başarılı çalışmalar sergilediği optik alanında yazmış olduğu eseri "*Kitâbu Nûri Hadakati'l-Ebsâr ve Navri Hadîkati'l-Enzâr*"dır (Gözbebeğinin Işığı ve Bakış Bahçesinin Çiçeği Üzerine Kitap).¹⁵⁵ Bu eserin önemi, temel yapısının İslam Dünyası'nda yaklaşık sekiz yüzyıl önce başlatılmış olan köklü ve başarılı optik çalışmalar sonucunda elde

edilmiş temel savlardan ve problemlerden oluşturulmuş olmasıdır. Elde edilen bu başarı 17.yüzyıla kadar Batı’da güncelliğini koruyarak temel tartışmaların çerçevesini oluştururken, Osmanlı İmparatorluğu’nda bütün canlılığıyla etkinliğini sürdürmüştür. **Takiyüddin, İbn el-Heysem**’in “Optik”, **Kemalüddin el-Farisi**’nin “Optiğin Düzeltilmesi” adlı çalışmalarına esas alarak eserini yazmıştır. Amacı, bu iki eseri yorumlamak, gereksiz ayrıntılardan arındırarak asıl amaca yönelik bir olgunluk düzeyine ulaştırmaktır. Eser, bir giriş ve üç ana bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde optikle ilgili temel kavramları tanımlanmış ve optik konusunda etkin olan kuramlardan kısaca söz etmiştir. Birinci bölüm doğrudan görme konusuna ayrılıp; ışık, görme, ışığın göze ve görmeye olan etkisi ve ışıkla renk arasında ilişkiler ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Bunlardan bazıları;

1. Işığın kaynağı nesne, hedefi gözdür.
 2. Göz yalnızca ışıkla ya da ışıklandırılmış nesnelere algılar.
 3. Görme, geometrik bir olgudur.
 4. Işık, maddesel bir şeydir. Fakat optik incelemelerde geometrik bir nesne olarak kabul edilir.
 5. Renk ışığa bağlıdır ve ışığın kırılması, yansımaları sonucu oluşur.
 6. Işık ışınları küresel olarak yayılırlar ve bu yayılım doğrusal çizgiler boyunca olur.
- Burada ışığın doğrusal çizgiler boyunca, ancak küresel olarak yayıldığı savı öne çıkar. **Takiyüddin**’in bu savı daha sonra Hollandalı fizikçi **Huygens** (1629-1695) tarafından, küresel yayılım kavramının ortaya konulduğu ilk anlatımdır.



Resim 15: Takiyüddin ile arkadaşları İstanbul rasathanesinde çalışırken

Takiyüddin’e göre ışık, ışıklı bir nesneden ve o nesnedeki her bir noktadan küresel olarak yayılır. Yayılma sırasında, bazı ışık çizgileri paralel, bazıları birbirine yaklaşan ve bazıları birbirine uzaklaşan doğrular boyunca yol alır. Bunun dışında doğrudan görme konusunda ki diğer açıklamaları; ışık ve renk arasındaki nedensel ilişkiyi irdelerken, rengin ışığa bağlı olduğu ve ışığın kırılması ile yansımaları sonucu oluştuğudur.

Kitabın ikinci bölümü, yansıma aracılığıyla oluşan görme konusuna ayrılmıştır. Burada ışığın aynalarda uğradığı değişimler ve çeşitli aynalarda görüntünün nasıl olduğu deneysel olarak tartışılmıştır. Yansıma optiği, optik biliminin gelişimini en erken tamamlayan dalıdır, Bu nedenle yansıma

kanunu da dahil olmak üzere bütün ilkeleri Antikçağ'da tespit edilmiştir. **Takiüddin**'in konuya katkısı, yansıma kanununu her türlü aynada kanıtlamasıdır.

Üçüncü bölümde kırılma konusu ele alınmıştır. Yoğunluğu farklı olan ortamlarda, ışığın yol alırken uğradığı değişimleri incelenmiştir. Ancak yaptığı bütün deneysel ve matematiksel incelemeler sonucunda **Takiüddin**, kırılma kanununu bulamamıştır.¹⁵⁶

HIRİSTİYAN DÜNYASI'NDA OPTİK

Batı'da 12.yüzyılın başındaki çeviri etkinliği ile ortaya çıkan düşünsel hareketliliğin ortaya koyduğu ilk gelişme, **Platon**'un görme kuramının yeniden canlandırılmasıdır. Bu çaba 12.yüzyılın sonlarına kadar oluşturulan görme teorilerinin hepsinde kendini göstermektedir. Diğer bir önemli nokta da sadece **Platon**'un görüşlerinin değil **Galenos** gibi diğer bilim adamlarının da düşünceleriyle birlikte harmanlanarak sunulmasıdır. **Conchesli William**¹⁵⁷ bu doğrultuda çalışan bilim adamlarının öncülerinden biridir. O, görmenin oluşabilmesi için dış ışık, iç ışık ve opak nesne gibi üç temel faktörün olması gerektiğini, birinin yokluğunda görmenin olmayacağını savunmuştur ve ifadelerinde tamamen **Platon**'un kuramına bağlı kalmıştır.

Bu dönemde sadece Antikçağ düşünürlerinin çalışmaları değil, İslam Dünyası'ndaki farklı görüşlerde benimsenmiştir. Bunlardan İslam Dünyası'nın çalışmalarını Hıristiyan Dünyası'na aktaran bilim adamı Batılı **Adelard**'tır.¹⁵⁸ O, İslam Dünyası'ndaki görme kuramları ile Antikçağ'da **Platon** ve **Galenos**'un fikirlerinden kendisine uygun gelen görüşleri sentezleyip birleştirerek görme olayı ile ilgili görüşlerini oluşturmuş ve “*Doğa Problemleri*” adlı yapıtında yer vermiştir. **Adelard**'ın öne sürdüğü fikirler diğer kuramlarla karşılaştırıldığında yetersiz kalsa da Batı'da uzun yıllardan sonra optik çalışmaların yeniden canlanmasına katkıda bulunmuştur.

Bu dönemde Batı optiğinin asıl belirleyici ana hatlarını oluşturan ve optik olayları mistik ve metafizik yaklaşımlarla açıklayan dönemin önde gelen bilim adamlarından **Robert Grosseteste** olmuştur.¹⁵⁹

13.yüzyılda da **Roger Bacon**, **İbn el-Heysen**'e dayanan optik görüşleri ile Batı optik biliminde köklü bir değişim yapmıştı. Bu dönemde optik konusunda basılan ilk iki eserden biri **John Pecham** tarafından¹⁶⁰ yazılan “*Perspectiva Communis*”dır (Nesnelerin Genel Görünümleri).¹⁶¹ **Pecham** burada eski otoritelerin farklı görüşlerini uzlaştırmaya

çalışmaktaydı. Diğer kitap ise Polonyalı rahip **Witelo**'nun "*Perspektiva*"sıydı. **Witelo**, **Pecham**, **Crosseteste** ve **Roger Bacon**'dan farklı düşündü ve gözden görme ışınlarının çıkmadığını söyleyen **İbn el-Heysem**'in görüşünü savundu. Ayrıca, **İbn el-Heysem**'in, gözün merkezindeki sıvının, gözün ışığa duyarlı kısmı olduğu fikrini de benimseyerek Ortaçağ geleneğine ters düştü. 1572 yılında yayınlanan, **İbn el-Heysem**'in kendi eseri de büyük etki yarattı. **Witelo** ve **İbn el-Heysem**'in optik ile ilgili bu eserleri, optik konusundaki çalışmalarını teşvik etti. Ancak bu eserler ortaya çıkmadan önce de Rönesans'ta bazı optik çalışmaları, el yazması kaynaklarla ulaşabilenler tarafından yapılmıştı. 16.yüzyılda diğer optik kitabı **Giambattista della Porta** (1535-1615) tarafından yazıldı. Bugün "*Magiae Naturalis*" (Doğal büyü) adlı kitabıyla hatırlanır. Ayrıca 1593 yılında "*De Refractione*" (kırılma) adlı kitabını yayınladı.¹⁶²

Ayrıca bu dönemde 13. yüzyıl sonlarına doğru İtalya'da ortaya çıkan gözlükler, Avrupa'da oldukça yaygın şekilde kullanılmaya başlandı. Basılı eserlerin teşvik ettiği okuryazarlık da gözlük kullanımını artırarak, gözlükler bilim ve irfan, hatta kutsallığın sembolü olarak görülmeye başlandı. Gözlüğe olan ilgi mercekler optiğine olan ilgiyi de artırarak **İbn el-Heysem**'in eserlerinin tercümesiyle daha da canlandı.

ROBERT GROSSETESTE

Grosseteste İngiltere'nin doğusunda Suffolk'da 1168 civarında doğdu. 1209 ile 1214 yılları arasında Paris Üniversitesinde bulundu. 13.yy.ın ilk yarısında İngiltere'de ortaya çıkan önemli düşünce hareketinin önde gelen şahsiyetlerinden biri oldu. Din ile ilgili değişik görevlerde bulundu ve bir süre Oxford'da ders verdi. **Grosseteste** doğa olaylarına büyük merak duydu; astronomi, evren, ses ve özellikle optik konusunda önemli yazılar yazdı. **Grosseteste**, bazı bilim dallarının diğerlerine bağımlı olduğunu göstermek için bilimlerin sınıflandırılmasını yaptı. Bunun için **Aritotelesçi** yöntemin çıkış noktası olarak "etkin sebepleri" (causal agents) inceledi. Böylece optik ve astronominin geometriye bağlı olduğunu ileri sürdü. Çünkü her iki bilimde de gerek ayna tarafından yansıtılan, cam veya su tarafından kırılan ışık ışınlarının (hüzmelerinin) davranışını gerekse gök cisimlerinin hareketini açıklamak için geometri tekniklerini kullanmaktaydı.¹⁶³ 13.yüzyılda Avrupa'da ilk defa fizik deneyleri yapan ve mercek üzerinde düşünmeye



Resim 16: Grosseteste Batı'da modern dönem öncesi optiği ilk ayrıntı çalışmaları yapmıştır.

başlayan bilim adamıydı. **İbn el-Heysem**'in meşhur optik eserini kaynak olarak almış ve araştırmalarını bu doğrultuda yapmıştır.¹⁶⁴



Şekil 17: *Optic studies from De Natura Locorum. The diagram shows light being refracted by a spherical glass container full of water (De Natura Locorum eserinden Optik çalışmalar. İçi su dolu kapta küresel cam ile kırılma olayı)*

Grosseteste için optik en temel fizik bilimidir. O, optik alanında bütünüyle mistik ve metafiziksel bir yaklaşım sergilemiş ve bu yönüyle İslam Dünyası'nda **Suhaverdi**'den etkilenmiştir. Optik ile ilgili çalışmalarını doğa felsefesinin odağı haline getirmeyi başarmış, Batı'da modern dönem öncesi ilk ayrıntılı çalışmaları gerçekleştirmiştir.¹⁶⁵ Kendisinde Antik Yunan ve Ortaçağ İslam Dünyası'nda gerçekleştirilen optik başarıların kavranıp, özümsemiği görülmektedir.¹⁶⁶

O aynı zamanda optiğin Antik Yunan'dan beri matematiksel bir bilim olarak değerlendirilmesinden yararlanarak, fizik ile matematik arasında bir köprü oluşturmuş ve öğrencisi **Roger Bacon** tarafından da benimsenerek, fiziksel olayların matematiksel modellerle tanımlanabileceğini göstermiştir. Geliştirdiği ışık analogisi (benzetme) yalnızca optiği değil aynı zamanda tüm varlığı anlatmayı hedeflemiştir.¹⁶⁷

Grosseteste'ye göre ışık, yaratılan "ilk madde"nin ilk şekli olduğunu düşünmekteydi. Ayrıca ışığın, nokta şeklindeki kaynaktan çıkarak bir küre oluşturacak şekilde dışarıya doğru yayılan fiziksel bir madde olduğunu ve böylece uzayın üç boyutunu oluşturduğunu ileri sürdü.

Grosseteste ışık konusundan yalnızca felsefi spekülasyonlar yapmadı. **İbn el-Heysem**'in optik ile ilgili eserlerinden kuvvet olarak ışık ışınlarının (hüzmelerinin) hareketini ayrıntısıyla tartıştı. Doğru boyunca gelen görme ışınlarını, yansıyan ışınları, kırılan ışınları ve

gökkuşağının oluşumunu inceledi. Kırılma konusunda ilgi çekici şeyler söyledi. Merceklerin ve aynaların oluşturduğu görüntülerden söz ederken bütün bunların “*bu güne kadar bizler tarafından ele alınmamış ve bilinmeyen konular olduğunu*” belirtti ve “*optiğin bu kısmı (perspektiva) iyi anlaşıldığı takdirde, bizim çok uzaktaki cisimleri çok yakındaymış gibi, yakındaki büyük cisimleri çok küçükmüş gibi uzaktaki küçük cisimleri istediğimiz kadar büyük gösterebileceğimizi açıklar ve böylece inanılmaz bir uzaklıktan en küçük harfleri bile okuyabilir veya her çeşit küçük cismi sayabiliriz.*” “*Gökkuşağı veya kırılma ve yansıma üzerine*” adlı eserinde geçen bu ifadeler iç bükey ve dış bükey (büyülten veya küçülten) merceklerin ve teleskopun tanımına benzemektedir. Ancak teleskop 350 yıl sonra icat edilmiştir.¹⁶⁸

Grosseteste, ışığın merceklerde kırılmasına ait yasayı tartıştıysa da bu konuyu tam olarak ifade edememişti. Yine de optik ile ilgili çalışmaları büyük bir başarıydı. Yunan bilimsel eserlerinin Avrupa’ya gelişinin, bilim ve deneye dayalı çalışmalar üzerinde yaptığı canlandırıcı etkinin ilk belirtisiydi.¹⁶⁹

ALBERTUS MAGNUS

Albertus Magnus (1193-1280) Aristoteles felsefesine ilişkin yorumları Müslüman filozoflardan öğrenerek, bu yorumlara Hıristiyan inançlarıyla da bağdaşacak yorumlar getirmiştir.¹⁷⁰ Bu etki sadece felsefe alanında değil optik alanında görme ile ilgili bütün kuramları tartışarak, kendince sentezlemiş ve **Aristoteles**’in görme üzerine oluşturduğu teorinin daha tutarlı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu sonuca ulaşırken **İbn Sina**’nın akıl yürütme biçimini örnek alarak, **Aristoteles** hariç tüm görme kuramlarını çürütmeye çalışmıştır. Bu sebeple Doğu’da **Aristoteles**’in ilk savunucusu **İbn Sina**¹⁷¹ iken Batı’da ilk aktarıcı ve savunucusu **Albertus Magnus**’tur.¹⁷²

Optik olaylarla ilgili görüşlerinin odak noktası olarak görme konusunu oluşturan **Albertus Magnus** bu düşüncelerini “*De Homine, Meteora, De Anima, De sensu et Sensato, De animalibus ve Questiones de Animalibus*” adlı eserlerinde sergilemiştir.¹⁷³

ROGER BACON (1214-1294)

Robert Grosseteste’nin öğrencisi olan **Roger Bacon** Oxford Üniversitesi’nde okumuş bir Fransisken rahibidir. Geniş bilgi birikimine sahip olması nedeniyle Batı Dünyası’nda

“*Doktor Mirabilis*” (Olağanüstü Bilgin) lâkabıyla tanınır. **Aristoteles, el-Razi, İbn Sina ve İbn Rüşd**’ün çeviri eserlerini incelemiş ve yorumlamıştır.¹⁷⁴

Daha çok optik ile ilgilenen **Bacon**, optik ile ilgili düşüncelerde Batı bilimi açısından köklü değişimi ilk kez yapan bilim adamıdır. O optik geleneğinin gelişiminin tamamlanmasını ve Antik Yunan ve İslam optik geleneklerinin uzlaştırılmasına yönelik çalışmalardan daha çok özgün kuramlar oluşturma dönemine girilmesinin ilk temellerini atmıştır.¹⁷⁵



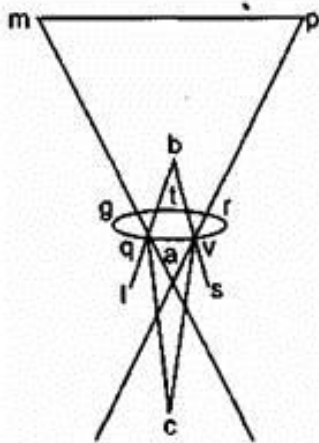
Resim 17: Batı Dünyası’nda “Doctor Mirabilis” Roger Bacon

Bacon’a göre Doğrudan Görme

Optiği, doğa felsefesinin odak noktası olarak gören **Bacon**’ın temel optik görüşleri **İbn el-Heysen**’e dayanmaktadır. Bu dönemde artık **İbn el-Heysen**’in etkisi açığa çıkmaya başlamıştır. **Bacon**’nun doğrudan görme konusundaki düşüncelerinde, ışık ve görme arasındaki ilişkiden kaynaklandığını ve görmeye sebep olan ışıkların nesneden geldiğini savunmuştur.¹⁷⁶

Bacon’a göre, bir nesnedeki her bir noktadan bütün yönlere doğru ışınlar yayılır. Yayılan her bir ışın, gözdeki her bir noktaya ulaşarak tepesi gözde olan bir piramit oluştururlar. Bu görüş ile temel bir problem ortaya çıkarmıştır.

Bacon’a göre bu probleme yaklaşım; gözün ve korneanın her bir noktasına, nesnenin



Şekil 18: Bacon’a göre görsel piramit

tümünden çıkan piramidin tepesi ulaşır. Nesnenin her bir parçasının sureti (görüntüsü) burada karışmış olur. Bununla birlikte gözün ya da korneanın bir noktasına nesnenin yalnızca bir kısmı dik gelir diğer suretler ise aynı noktaya eşit olmayan açılarda eğik olarak gelir ve eğik olarak gelenler korneanın yüzeyinde kırılırlar. Eğik olarak gelenlerin sureti zayıf, dik olarak gelenlerin sureti kuvvetli olur ve parlak kuvvetli ışığın, zayıf ışığı gizlemesi gibi dik gelen suretler eğik gelenleri gizlerler. Böylece tabanı görsel nesnede tepesi de korneanın kavislilik merkezinde yer alan görsel piramit oluşmuş olur. Görme olayı da yayılan bu piramidin gözlemcinin gözüne ulaşmasıyla ortaya çıkar¹⁷⁷ (Şekil 18). Ayrıca, görmenin

gerçekleşmesi için göz ve nesne arasında mesafe olması, ışıklı nesnenin büyüklüğü gibi **İbn el-Heysem**'in koşullarını sıralamış, bunlara zaman ve gözün sağlığı koşullarını eklemiştir. Bacon göz anatomisi hakkında **İbn el-Heysem** ve **İbn Sina**'nın görüşlerini tekrarlamakla yetinmiştir.¹⁷⁸

Yansıma

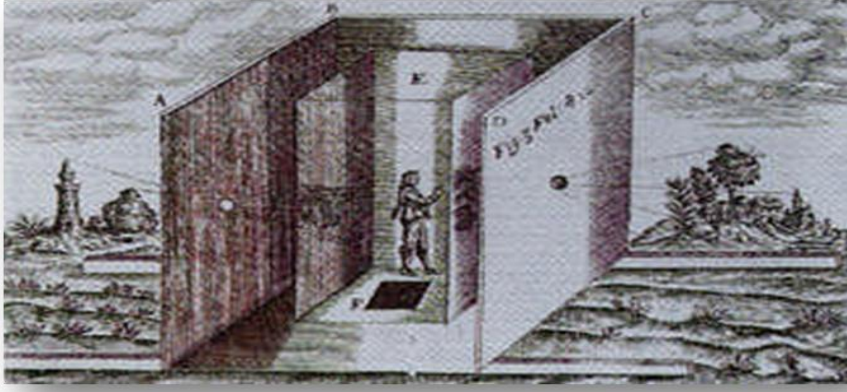
Yansıma konusunda da **İbn el-Heysem**'in düşünceleri doğrultusunda hareket etmişti. Ona göre, sadece tek bir dik ışın aynı doğrultuda geri döndürüp yansır. Ayrıca nesnelere ışığı yoğunluklarından dolayı yansıttıklarını ve yansıttıkları kadar, yoğunlukları nedeniyle kırılmaya uğrattıklarını belirtmiştir. **İbn el-Heysem** gibi oda ışığının en iyi parlak nesnelere yansıdığını, pürüzlü olan nesnelere ışığın bir kısmının girmesine izin veren gözeneklerin olmasından dolayı geri dönmediğini ileri sürmüştür.¹⁷⁹

Bacon bu konuda **İbn el-Heysem**'in yansıma için önerdiği “*mekanik model*”i reddederek, yansıma durumunda açılarının eşitliliğini göstermek için kullandığı “*hızlar dörtgeni*”ni kullanmamış, hiçbir kanıtı dayanmayan geometrik kanıtlama yoluna gitmiştir. Fakat özellikle küresel aynalarla ilgili çalışmalarında “*küresel sapınç*”(*mercek ve aynaların çeşitli bölgelerinin farklı odak uzaklığına sahip olması*) konusunu ele almış ve miktarını belirlemeye çalışmıştır.¹⁸⁰

Kırılma

Kırılma konusunda da **İbn el-Heysem**'in küresel ve düzlem yüzeylerde kırılmayla oluşan görme olayını incelemiş ve aynı sonuçlara ulaşmıştır. **Bacon**, kırılmanın nedensel analizini yapma yoluna gitmiştir. Sonuç olarak, “hem dik hem de eğimli suretler belirli oranda engelle karşılaşmakta, fakat eğik suretler daha fazla engellenmektedirler”.¹⁸¹ **Bacon**'un bu anlatımı ile konuyu mekanik analogiler yardımıyla açıklamaya çalışmıştır.

Bacon yansıma ve kırılma konuları dışında karanlık oda ile ilgili çalışmalarda bulunmuş ve Arap yazmalarından öğrendiği karanlık odanın ayrıntılı tanımını yapmıştır.¹⁸² Güneş tutulmasını gözlemleyebilmek için de karanlık odadan (*camera obscura*)¹⁸³ yararlanmıştır.



Resim 18: Kamera obscura

Bacon'un görme konusu ve optik ile ilgili çalışmalarında **İbn el- Heysem**'in teorilerine ayrıntılarıyla sınırlı kalsa da kendinden sonra sürdürülen çalışmalar üzerinde oldukça etkili olmuştur.

JOHN PECHAM (1220-1292)

13.yüzyılın önde gelen bilim adalarından biri olan **Pecham**, **Bacon**'nun oluşturduğu optik kuramlara bağlı kalarak, Batı'da bilimsel geleneği yeniden canlandırmaya başlamıştır.

184

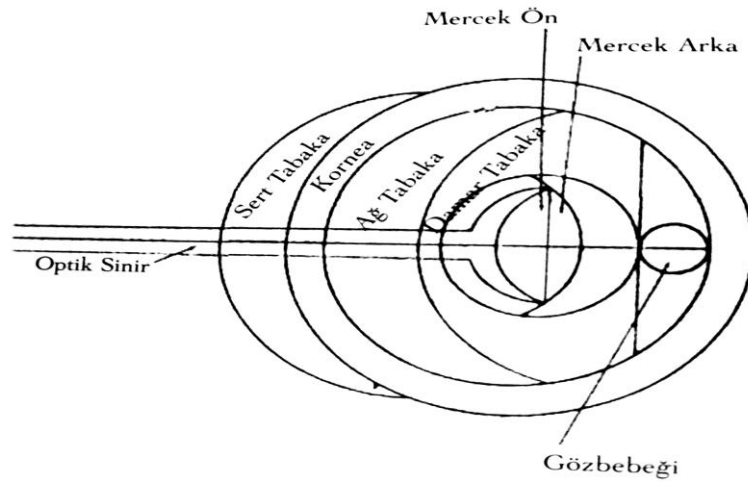


Resim 19: Perspectiva Communis kitabından bir sayfa

John Pecham'ın "*Perspectiva Communis*" (Nesnelerin Genel Görünümleri) adlı eserinde yer alan çalışmaları **İbn el-Heysem**'in düşüncelerine dayanmaktadır. **İbn el-Heysem**'in "*Kitab el-Menâzır*" eserinin uzun ve zor anlaşılır bir kopyasıdır. Sık sık **İbn el- Heysem**'den alıntılar yapmıştır. Özellikle görme kuramı, göz anatomisi ve fizyolojisi, algı psikolojisi, kırılma ve yansımaya bağlı olarak görüntü oluşumu konuları kelimesi kelimesine "*Kitâp el-Menâzır*"la¹⁸⁵ aynıdır.

John Pecham kitabını doğrudan görme, yansıma ve kırılma olarak üç bölümde düzenlenmiş ve doğrudan göre konusunda **İbn el-Heysem**'de olduğu gibi şu savları ileri sürmüştür:

1. Işık ve renk gözü etkiler.
2. Işıklı nesneden gelen ışınlar, bir piramit oluştururlar.
3. Işıklı cismin her bir noktası, ortamı yarı küresel olarak aydınlatır.
4. Bir görsel nesnenin yaydığı ışınlar ortamı birbirine karışmaksızın aydınlatırlar.
5. Gözün üzerine düşen kuvvetli ışıklar, ortamdaki görsel nesnelere gizlerler.
6. Güçlü ışık, zayıf ışıkta görünmeyen pek çok görsel nesneyi görünür hale getirir.
7. Cisimlerin renkleri, üzerlerine düşen farklı ışıklara göre değişik görünür.
8. Görme, göz üzerine dik olarak düşen yayılım çizgileri aracılığıyla oluşur.
9. Hiçbir şey ışıksız görünmez.
10. Görme gücü “*glacial humor*”da bulunur.
11. Dar bir aralıktan geçen ışınlar bir nesnenin üzerine düştüğünde yuvarlak olarak görünürler.



Şekil 19: Pecham'ın göz çizimi

12. Bir nesnenin görsel algısı, o nesne üzerine düşen ışığın, ortamın ve gözün konumuna göre değişir.
13. Birincil ışık ışınları ve renk, daima ortamdaki değişimlere bağlı olarak bölünmeksizin doğrusal çizgilerde yayılırlar.
14. Görme yalnızca saydam ortam aracılığı ile olur.

15. Görsel nesnelere yayılan piramit aracılığı ile algılanırlar.

16. Gözün sağlıklı olması net görme için şarttır.¹⁸⁶

Pecham'ın oluşturduğu doğrudan görme ile ilgili “ışıklı nesneden gelen ışınlar piramit oluşturur ve ışıklı nesnenin her bir noktası ortamı yarı-küresel olarak aydınlatır” önermesi hariç diğerleri “*Kitap el-Menâzır*”dan aynen alınmıştır. Piramit fikri **Pecham** öncesi batılı optikçilerce kabul edilmiş bir fikirken, **İbn el-Heyssem** küresel yayılım fikrini savunmuştur. Ancak **Pecham** küresel yayılım fikrini, yarı küresel olarak anlaşılması zor bir ifadeye dönüştürmüştür.¹⁸⁷

John Pecham’a göre Yansıma ile Görme olayı

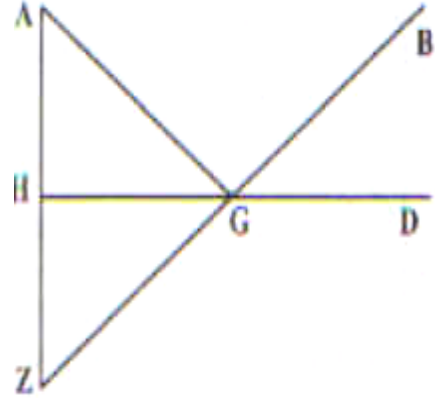
John Pecham ikinci bölümünde yansıma konusunu ele almıştır. Yansıma ile ilgili kurallardan bazılarını bakıldığında, **İbn el-Heyssem** tarafından ayrıntılı olarak incelenmiş konulardır. Örneğin;

1. Düz aynada görüntü tektir.
2. Gelme ve yansıma açıları eşittir. Gelen ve yansıyan ışınlarla yansıma noktasındaki dikme (Normal) aynı düzlemde bulunur (Şekil 20).

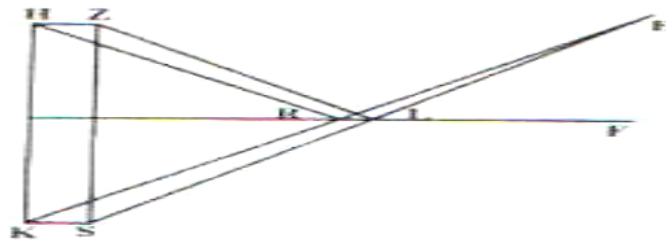
3. Yansıma durumunda iki piramit oluşur. Birisi gelen ışığın diğeri de yansıyan ışığın oluşturduğu piramittir.

4. Ayna yüzeyine dik olarak düşen ışın kendi üzerine yansır.

5. Düz aynada nesnenin gerçek biçimi ve büyüklüğü görünür (Şekil 21).



Şekil 20: Pecham'ın yansıma kanununu kanıtlaması



Şekil 21: Pecham'a göre düzlem aynada görüntü oluşumu

6. Tümsek küresel aynalarda görüntüler genellikle aslından küçük görünürler.

7. Çukur küresel aynalarda nesnelere bazen aslına eşit, bazen büyük, bazen daha küçük görünürler.¹⁸⁸

John Pecham'a göre Kırılma ile Görüntü oluşumu

John Pecham kitabının üçüncü bölümünü kırılmaya ayırmıştır. İlk iki bölümde olduğu gibi burada da kırılmaya ilgili 22 kural çerçevesinde konuyu tartışmıştır. Amaç, “*Kitab el-Menâzir*”ı sadeleştirmek olduğu için, özet olarak düzenlemiş bir çalışmadır ve bunun sonucu olarak sunulan bütün bilgilerde “*Kitab el-Menâzir*” ile sınırlı kalmıştır.¹⁸⁹

Kırılmayı niteliksel kavramlarla ifade etmiştir. Bunlardan bazıları şunlardır:

1. Işıklar yalnızca ikinci ortamın yüzeyinde kırılır
2. Kırılma açısı gelen ışığın eğimine ve ikinci ortamın birinci ortama olan saydamlık farkına göre değişir.
3. Görüntü nesnenin görüldüğü piramidin ve görsel nesneden saydam ortam yüzeyine inen dikmenin kesiştiği yerde açığa çıkar
4. Kırılan ışıklar aracılığıyla görünen nesne gerçek konumunun dışında görünür.

Pecham ayrıca gökkuşağı oluşumunu da ele almış, **Aristoteles**'in renk ve gökkuşağı oluşumu kuramıyla sınırlı bir anlatım gerçekleştirmiştir. Konuyla ilgili verdiği bilgiler tamamen yanlıştır. Gökkuşağında üç ışın türünün (doğrusal, yansımış ve kırılmış) sorumlu olduğunu ifade etse de genelde gökkuşağı oluşumunda yalnızca yansımadan söz etmiş, kırılma olayını dikkate almamıştır.¹⁹⁰



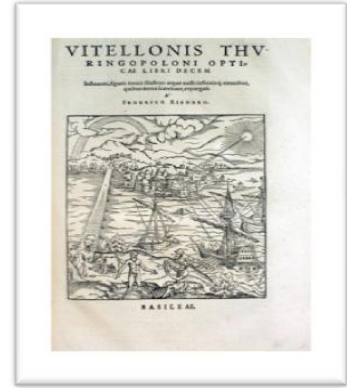
WİTELO

13.yy. optiğinin üçüncü adamı Polonyalı rahip **Witelo**'dur. Optik ile ilgili eseri “*Perspektiva*”dır. **Witelo**, İskenderiyeli **Heron**'un ve diğer eski yazarların fikirlerinden büyük ölçüde yararlanmıştır.¹⁹¹

Resim 20: 13.yy.da gözişin kuramını savunmayan tek yazar Witelo

Doğrudan Görme

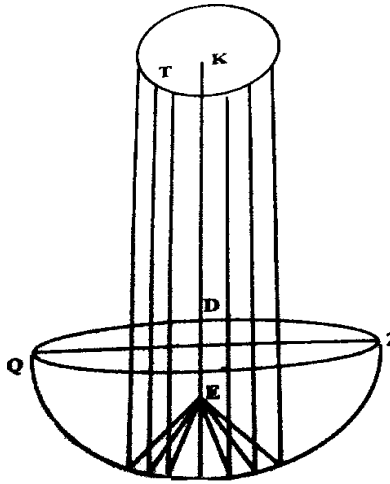
Witelo'ya göre görme, gözden çıkan ışınların aracılığıyla olmaz. Aslında **İbn el-Heysem**'den alınmış olmasına rağmen **Witelo**'nun bu savı oldukça önemlidir. Çünkü 13. yüzyılda Batı'da "Gözışın Kuramı"nı savunmayan tek yazardır. Işınların gözden çıkmadığını savunması bakımından **Witelo**, ileri bir adımı temsil etmektedir. Öte yandan onun bu çalışmasında yalnızca **İbn el-Heysem**'in değil, aynı zamanda yeni **Platoncu** görüşün izleri de vardır. Ona göre ışık bütün duyuşal formların ilki ve bütün duyuşal nesnelere yeterli nedenidir. Burada açıkça ortaya çıkan durum, **İbn el-Heysem**'in görmenin matematiksel ve fizyolojik boyutlarıyla ilgili olarak geliştirdiği kurallara **Witelo**, **Bacon**'dan türettiği matematiksel dayanaklar sağlamaya çalışmıştır.¹⁹²



Resim 21: Witelo'nun Perspektiva kitabının kapağı

Yansıma ve Kırılma

Yansıma konusunda da aynı tutumu sürdüren **Witelo**, "*en az yol ilkesi*"ni temel olarak bir ayna aracılığıyla görünen her şeyin göz tarafından mümkün olan en kısa yol ile algılandığını belirtir. **Witelo**'nun yansıma konusunda ele aldığı diğer bir problem de küresel sapınçla ilgilidir. Parabol kesiti şeklinde çukur bir ayna, eksen noktası doğrudan doğruya güneşe yönelik olacak şekilde güneşin karşısına yerleştirilirse, bu durumda bütün ışınlar eksen üzerindeki bir noktaya yansır. Buradan ortaya çıkan, bu tür ayna yüzeyleri aracılığıyla ateş yakmak olanaklıdır (Şekil 22).



Şekil 22: Witelo'ya göre Küresel Sapınç

Bu, **İbn el-Heysem**'den alındığı anlaşılan bir çalışmadır. Aynı şey kırılma konusunda ki çalışmalar içinde geçerlidir.

Yansıma olduğu gibi kırılmayı da geometrik model çerçevesinde ele almayı benimsemiş ve **İbn el-Heysem**'in kırılma tablolarından (bu tablolar bilinen bütün saydam ortamlar için kırılma açıları verir) yararlanarak, kırılma açılarının az yoğun ortamdan çok

yoğun ortama ve çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçerken eşit ya da aynı olduğunu saptamıştır.¹⁹³ Yine **Witelo** bu tablolardan, normale yakın gelen ışınların kırılma açısının küçük, normalden uzaklaştıkça derece derece gelen ışınların kırılma açılarının da büyük olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Bunun dışında **Witelo**, **Roger Bacon** gibi **İbn el- Heysem**'in başlattığı nedensel açıklama teorisini de benimsemiş ve kırılmanın nedensel analizini yapmaya çalışmıştır. Bu konudaki temel teoremi, saydam bir ortamın yüzeyine dik olarak gelen ışın kırılmaksızın eğik gelen ışın, eğer ikinci ortam çok yoğunsa normale doğru, az yoğunsa normalden öteye doğru kırılarak ilerler.¹⁹⁴

Witelo niteliksel olarak, kırılan ışığın yapısını ve uğradığı değişimleri **İbn el- Heysem**'den türettiği ilkeler doğrultusunda açıklamayı denemiştir.¹⁹⁵ Gösterdiği bu çaba konuyu sadeleştirmeye yönelik olmaktan ve Batı'da optik geleneğinin yeniden kökleşmesinden öte bir anlam taşımamaktadır.

GIAMBATTISTA DELLA PORTA (1535-1615)

Renkli bir kişiliği olan **Della Porta**, hayatının büyük kısmını Napoli'de geçirdi. Bu gün esasen “*Magiae Naturalis*” (Doğal Büyü) adlı kitabıyla tanınır. Bu kitap ilk defa 1558'de yayınlanmıştır. Ancak Porta, şöhreti, 1589'da yapılan genişletilmiş ikinci baskıyla yakalamıştır. 1585'te Cizvitlere ve onların Napoli'deki hayır işlerine katıldı. Aynı zamanda Roma Katolik kilisesinde yapılan reformasyonun sadık bir üyesiydi. Napoli'de Sırların Akademisi (*Accademia dei Segret*) veya tam ismiyle “*Doğanın Sırlarının Akademisi*”ni kurmuştur (kuruluş zamanı tam olarak bilinmemekle birlikte 1580'den önce). Doğal büyü adındaki kitap, doğanın sırlarıyla ilgi olup 15 yaşından itibaren toplamış olduğu

notlarından derlemiştir. Doğal büyü ismi özellikle seçilmişti. Çünkü büyü¹⁹⁶, doğanın işleyişinin incelenmesinden başka bir şey değildi. Kitapta görünmez mürekkep yapmak için reçeteler, çiftçilik, mıknatıs taşı, çeliği sertleştirme yöntemleri, statik ve pnömatik deneylerle



Resim 22: Giambattista della Porta (1535–1615), De Humana Physiognomonia Libri III kitabından ünlü insan portreleriyle hayvan yüzlerini karşılaştırarak aralarındaki benzerliği göstermesi

ilgili ciddi incelemeler vardır. Optik ile ilgili bölüm ise kitabın diğer kısımlarının karakterini yansıtmaktaydı. İnsan yüzünü “eşeğe, köpeğe veya domuza benzeterek” aynaların yapımı ve “düz aynaların kullanıldığı diğer eğlenceli aynalar” hakkında bilgiler bulunduğu gibi iç bükey aynaların kullanımı ile ilgili ciddi incelemeler de yer almaktadır. Ayrıca “havada asılı görüntü” olarak tanımlanan gerçek görüntünün oluşumunu açıklamakta, mercekleri incelemekte ve uzağı görmeyi sağlayan gözlükleri araştırmıştır. İçbükey ve dışbükey mercekleri birleştirerek çok uzaktaki ve çok yakındaki cisimlerin daha iyi görünebileceğini açıkladı. Bu açıklama, mercekleri bir araya getirerek deneyler yapmış olduğunu ve hem teleskopun hem de birleşik mikroskobun ilkesine ulaşmış olabileceğini düşündürmektedir. Bu varsayımı kuvvetlendiren bir gerçekte 1593 yılında kırılma konusunda yayınladığı “*De Refractiona*” (kırılma) adlı kitabında içbükey ve dışbükey mercekleri bir araya getirerek yaptığı deneyleri anlatmış olmasıdır. Bu ikinci kitap aynı zamanda, mercek takılmış karanlık odanın ilk tanımını içermektedir. Teleskopun çalışma prensibini bilmesine rağmen “*De Telescopiis*” adlı yayınlanmamış eserinde de durumu tam olarak açıklayamamıştır.¹⁹⁷

18. ve 19.yy.da OPTİK KURAMLAR

İlkçağ’da ışığın kaynağı ve görmenin oluşumunun fiziksel analizine ilişkin tartışmalar ağırlık kazanırken 16.ve 17. yüzyılda bilim adamlarının optik alanında gündemini oluşturan konu, ışığın mahiyetine yönelik çalışmalardı. Bu alandaki yoğunlaşmalar konuya daha ayrıntı kazandırıp, ışığın niteliğinin belirlenmesine yönelik değişik kuramların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bunun sonucunda 17.ve 18.yüzyıllarda birbirine aykırı olan iki ayrı kuram taraftar bulmuş ve savunulmuştur.

17.yüzyılın başlarında ışığın bir ortamdan diğer ortama geçişinde nasıl kırıldığı ve beyaz ışığın çeşitli renklerden oluştuğu keşfedildi.¹⁹⁸ Bu bilgiler kullanılarak gözün gözlem yeteneğini arttıran araçların geliştirilmesinde büyük önem kazandı. 17.yüzyıl boyunca ilgi teleskoplar üzerine yoğunlaştı. Bu dönemde **Kepler** modern deneysel optiği kurdu ve iki ince kenarlı mercekten oluşan astronomik teleskopu tasarladı.¹⁹⁹ Mekanik felsefenin kurucusu olan **Descartes** ışığı bu felsefeye göre açıklamış ve bir tür basınç olarak kabul etmiştir. Ayrıca **Descartes** ve birçok bilim adamı bu dönemde renk konusu üzerinde çalışmış, **Newton**’un prizma deneylerinde rengin doğasının anlaşılmasında önemli bir yere sahip olmuştur.²⁰⁰

17.yüzyılın sonlarında merceklerle görüntü oluşumu anlaşılmış ve görme olayı göz merceği tarafından retina üzerinde görüntü oluşması olarak açıklanmıştır. **Newton** ışığın doğasını açıklamaya yönelik “*dalga modeli*”ne karşı çıkararak²⁰¹ “*parçacık model*”ini²⁰² ele aldı. **Newton**’un parçacık modelinin yanı sıra oluşturduğu birçok optik problemler üzerine geliştirdiği fikirler 18.yüzyıl boyunca kabul gördü.

18.yüzyılda optik alanda pek fazla gelişme olmadı. Sebebi; bu dönemde Alman doğa filozofları²⁰³ dışındaki hemen hemen bütün bilim adamları, optik problemleri, **Newton**’un çalışmaları çerçevesinde ele almışlardır. Doğa filozofları ise **Newton**’un ışık teorisine karşı çıkararak çeşitli spektral (hayali) renklerin üst üste gelerek beyaz ışığı oluşturamayacağı görüşündeydiler. Onlara göre çeşitli renkler ışık ile karanlık arasındaki çatışmanın ürünüydü. Ayrıca doğa filozofları gözün sebep olduğu optik yanılgıların diğer optik olaylar kadar gerçek ve araştırmaya değer olduğuna inanıyorlardı.²⁰⁴

Bu dönemde **Newton**’un görüşlerinin birçok bilim adamı tarafından kabul görmesi **Huygens**’e ait “Dalga Teorisi” ve **Grilmadi**’nin keşfettiği “ışığın kırınımı”²⁰⁵ olayının gölge altında kalmasına neden olmuştur.²⁰⁶ Ancak 18.yüzyılın sonlarında **Thomas Young**’un anlatımlarıyla yaşama geçirilebilmiştir.

19.yy.da ışığın özellikleri tam olarak anlaşılır duruma gelmiştir. **Thomas Young** ve **Augustine Jean Fresnel**’in deneyleri sonucu ışığa ait “*girişim*” ve “*kırınım*” özelliklerinin ortaya çıkarılması ile “*ışığın dalga modeli*” ön plana çıkmıştır.²⁰⁷ Bu dönemde prizma ve kırınım ağırlarını kullanan aygıtlar farklı kaynaklardan gelen ışıkların analizini ve spektroskopi²⁰⁸ bilim dalının ortaya çıkmasını sağlamış ve 20.yüzyılda spektrumlar atom yapısının anlaşılmasında etken olmuştur.²⁰⁹

19. yüzyılın son çeyreğin **Maxwell**’in belirleyip **Heinrich Hertz** tarafından doğrulanmış olan “*dalgaların ışığın hızına eşit bir hızla hareket ettiği*” kuramı dalga modelinin etkinliğini arttırdı. Bu dönemden sonra 20.yüzyılın başlarında optik bilimi eşine az rastlanır önemli keşifler dönemine girdi.²¹⁰

NEWTON ve TANECİK TEORİSİ



Şekil 23: Newton Teleskopu

Çünkü analiz ve yer çekimi teorisini geliştirmesinde olduğu gibi optik konusundaki görüşleri de uzun yıllar süren gözlem ve çalışmalara dayanmaktaydı. Bu deneyleri ve gözlemleri yaptığı yıllar bilim tarihine 1665 ve 1667 arası olarak geçmiştir. O dönemde çalışmakta olduğu Cambridge Üniversitesi bir salgından ötürü kapatıldığı için doğduğu şehir olan Woolsthorpe'e dönmüş ve bu deneyleri yapmıştır. Prizmalarla başlayan optik teorilerini çok daha sonra yayınlamayı seçmiş, 18. yüzyılın başına kadar beklemiştir.²¹²

Newton zamanındaki standart teleskop olan mercekli teleskop, istenen sonucu vermiyordu. Çünkü cam merceklerde kromatik hatalar oluşmaktaydı. Teleskopla bir cisme bakıldığında parlak cismin kenarlarında renkli saçaklar oluşuyordu. Bunu çözmek için **Newton** ayna kullandı ve bir teleskop üretti. Newton teleskopu denilen bu teleskop yalnızca 15 cm uzunluğundaydı. Görüntüyü 40 kat büyüten bu küçük alet sayesinde o zaman kadar adı sanı duyulmamış olan **Newton**, 1671'de Kraliyet Bilim Akademisi'ne seçildi ve sonradan 1727'de ölünceye kadar akademinin başkanlığını yürüttü.²¹³

Henüz 27 yaşındayken Cambridge Üniversitesi'nde matematik Lucasian profesörü seçilen **Newton**, **Robert Hooke**'un "*Micrographia*" adlı eserinde (1665-1667) öne sürdüğü ve daha sonra **Christian Huygens** tarafından "*Trakite de la Lumiere*"de (1690) geliştirilen "dalga teorisi"ne samimiyetle karşı çıkmıştır.²¹⁴ Aslında **Newton**'dan çok daha önce **Descartes** 1637 yılında ışığın taneciklerden oluştuğunu destekleyen fikirler öne sürmüştür. Hatta bu fikri kullanarak kırılma yasasını da bulmuştur.²¹⁵

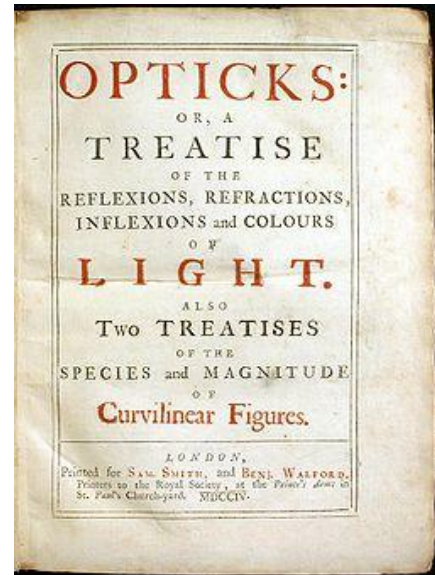
Newton kırınım olayını ışığın tanecikleri ve kırıcı ortamı oluşturan tanecikler arasındaki çekim kuvveti ile açıklamaya çalışmıştır. Daha yoğun ortam için bu çekim gücü yüksek iken daha az yoğun ortamda ise daha az olması gereklidir. Bu çekim kuvvetinden

dolayı az yoğun ortamdan çok yoğun ortama giren ışık kırılma normaline doğru bükülmek zorundadır. Bu teoriye göre aynı şekilde daha yoğun ortamda ışığın hızının daha yüksek olması da gereklidir.

Bir dahi olan **Newton** maalesef dispersiyonun (Herhangi bir dalganın (elektromanyetik, su vs.) hızının dalga boyuna bağlı olması olayı), kırılma indisi ile doğru orantılı olacağını söyleyerek büyük bir hata yapmıştır. Bu sonuca ulaşmak **Newton**'un teorisine göre çok doğaldır, çünkü ona göre kırılma tanecikler arası çekimle meydana gelir. Fakat **Newton**'un birçok farklı ortam kullanarak bu dispersiyonu ölçme şansı olmadığından bu fikrin yanlış olduğunu görememiştir. Bu "*Newton Hatası*" olarak da bilinir. Parabolik aynalar kullanarak bir ayna teleskopu icat ettiği gibi bunu mikroskop için de tekrarlamak istemiş fakat başarılı olamamıştır.²¹⁶

Şüphesiz ki 18.yüzyılın ilk ve en büyük optik eserlerinden biri **Sir Isaac Newton'un** (1641-1727) yazdığı "*Opticks*" adlı kitaptır. 1704 yılında basılan bu eserde **Newton** ışığın parçacık yapılı olduğuna dair savlarını ortaya koyar. Kitap 4 bölümden oluşur. Birinci bölümde beyaz ışık ve onu oluşturan ışıklar üzerine yapılan spektral deneylerden bahsederken ikinci bölüm renkli kalın ve ince plakaları konu alır. 3. bölüm ise bugün kırınım dediğimiz olguyu ışığın engellerden ve küçük yarıklardan geçerken nasıl hareket ettiğini araştırırken, son bölümde **Newton** çeşitli konular hakkında görüşlerini bildirir.²¹⁷

Newton bu kitapta gerçekleştirdiği birçok deneyin sonuçlarını açıklar. Bu deneylerden en basiti ama en etkileyici olanı bir ışık huzmesinin prizmadan geçirilmesinden oluşur. Prizma üçgen şeklinde bir cam parçasıdır. Bu deneyle **Newton** göstermiştir ki beyaz ışık diğer ışıkların birleşmesinden oluşur ve bir prizma yardımıyla bileşenlerine ayrılabilir. Üstelik beyaz ışığı oluşturan bu renkler gökkuşağı renklerinin ta kendisidir. Beyaz ışık prizmadan geçirilince kendisini oluşturan renklere ayrıldığı gibi bu renkler de 2. bir prizmadan geçirilirse tekrar beyaz ışık elde edilir.²¹⁸



Resim 23: Newton'un 1704 yılında yayımladığı "opticks" kitabının iç kapak kısmı



Resim 24: Newton'un renk deneyi

Newton'un kendi sözleri ile prizma deneyi şöyledir:

“ *Bilinen renk olayını denemek için kendime bir üçgen prizma edindim... Güneş ışığını karşı duvara kırarak biçimde prizmamı yerleştirdim. Prizmadan üretilen canlı ve keskin renkleri gözlemlemek mutluluk verici bir değişiklikti. Çoğu zaman hayranlıkla duraksayıp; prizmanın bütün renkleri birbirine yaklaştırdığını ve sanki prizmaya gelmeden önce ışığın içerisinde mevcutlarmışçasına tekrar birbirilerine karıştırdığını, yeniden, tamamen ve kusursuz biçimde beyaz olan ışığı, güneşin kendi ışığından hiçbir hissedilir fark olmaksızın oluşturduğunu anımsarım.*” ²¹⁹

Newton'un “*Opticks*” adlı eserinin sonunda belirttiği fikirlerinden en önemlisi, ışığın doğasının ne olduğu sorunuyla alakalıdır. Dalga mı, tanecik mi, yoksa başka bir şey mi? **Newton**'a kadar bu soruyu sormaya cesaret eden çok az bilim adamı vardır. Newton bu sorunun cevabı karşısında emin olmadığını belirtmekle birlikte ışığın doğrusal yol aldığını referans olarak taneciklerden oluşmasının daha akla yatkın olduğunu yazar. ²²⁰

Newton'a göre farklı renklerin var olması o renkleri oluşturan taneciklerin farklı boyutlarının bir sonucudur. Buna göre kırmızı renk en büyük taneciklerden oluşurken mor renk en küçük taneciklerden oluşur. Dolayısıyla kırmızı bir ortamdan diğerine geçerken daha az kırılırken, mor ise çok daha fazla kırılır. ²²¹

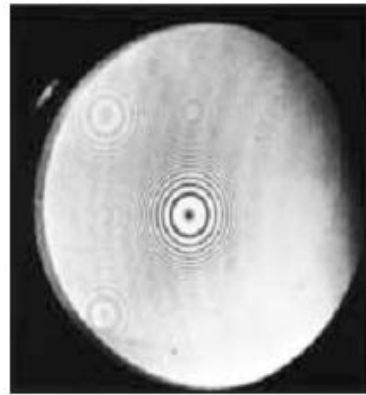
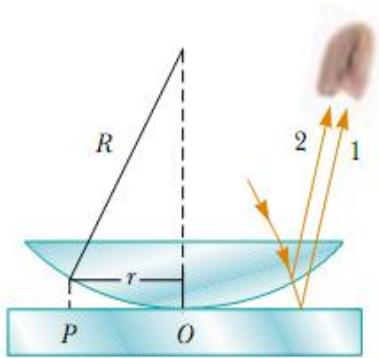
Newton'un Cambridge Üniversitesi'nde verdiği derslerden oluşan “Optik Üzerine Notları” ise şu cümlelerle başlar: “ *Işığın tanecik yapılı olduğu yansıma, kırılma, birçok farklı ışıktan oluşma, zamanda ilerleme ve en önemlisi düz çizgisel olarak ilerlemesi ve bir engelle karşılaştığı zaman durmasından bellidir (Tabi ki saydam olmayacak kadar kalın bir engel). Bu da gösterir ki ışık ortam üzerinde oluşmuş bir etki olmadığı gibi önüne çıkan engelin arkasında da gözlemlenemez.*” ²²²

Newton Halkaları

Newton girişim olayını ilk önce alışıkmayan bir yoldan, yani iki prizmayı birleştirip bir dikdörtgenler prizması yaparak denemiştir. İki prizma arasındaki boşlukta oluşan farklı renkte ışıklar uygulanan basınca göre değişiyordu.²²³ Newton halkaları ışık girişim özelliğinin başka bir sonucudur. Dış bükey bir mercek vasıtasıyla bu girişim etkisi gözlemlenebilir. Bunu ilk olarak **Newton** gözlemlediği için “*Newton halkaları*” olarak adlandırılır. Her ne kadar **Newton** gözlemlemiş olsa da ışığın tanecik kuramı vasıtasıyla bunu açıklayamamıştır.

Bu girişim merceğe gelen 1 ve 2 numaralı ışıkların üst üste binmesi ile oluşur. 2 numaralı ışın bir faz değişimine uğramazken, 1 numaralı ışın yansımadan dolayı 180 derecelik bir faz değişimine sahip olur. Böylelikle iki ışık birbirinden farklı optik uzaklıklar kat ederek girişim saçakları oluştururlar. Oluşan bu girişim saçakları halkalar halinde olduğu için buna “*Newton halkaları*” adı verilmiştir. Bu halkalarının her birinin yarıçapını önceden hesaplamak mümkündür: $\sqrt{m\lambda R/n}$ Burada “m” oluşan halkanın kaçınıcı halka olduğunu gösterirken, “ λ ” dalga boyunu, “R” halkanın yarıçapını, “n” ise merceğin kırılma indisini belirtir. Newton halkalarının en önemli kullanım alanlarından biri merceklerin doğruluğunun ölçülmesindedir. Merceğin eğrilik yarıçapı ne kadar düzgünse ve her noktada eşitse oluşan halkanın yarıçapı da o kadar düzenli ve mükemmel olur.²²⁴

“Tanecik teorisi”ne göre görme hissi gözümüzün retinası üzerine ışık taneciklerinin yarattığı bir mekanik histen başka bir şey değildir. Buna göre ışık küçük zerrecikler şeklindeki parçaları atarak gözümüze tesir eder.²²⁵



Şekil 24: Newton halkalarının oluşma prensibi ve Newton halkaları

Işığın tanecik teorisini doğru gösterecek birkaç delil de bulunmaktaydı. Mesela ışığın bir doğru boyunca hareket ediyor olması buna en büyük örnektir. Adeta silahtan çıkan mermiler gibi ışık tanecikleri de uzayda doğrusal yol almaktaydı. O dönemde “dalga teorisi”ni savunanların bunu açıklamaları mümkün olmamıştı. İngiliz bilim adamlarından **Sir G.G. Stokes** ışığın tanecik teorisi hakkında 1885 yılında Aberdeen’de vermiş olduğu bir konferansta şöyle demektedir: *“Bu konu sadece tarihi öneme sahip olmakla kalmayıp belki de gerçekleri arama yolunda bize ders verecek bir içeriğe sahiptir. Bu teori bize öğretir ki biz tabiatı tarif etmek üzere kendi zihnimizin derin köşelerinden bir usul, bir sistem doğurtup büyüteceğimizi ümit etmeyelim, belki gözümüze çarpan olaylar üzerinde fikir yürüterek tümevarım usulünü kullanarak tabiatın yeni kanunlarını ve yeni özelliklerini öğrenmekle yetinelim. Yine öğretir ki başlangıçta bazı zorluklarla karşılaşmakla ilerde tahakkuk edebilecek bir hipotezi sabredip dinlemekten çekinmeyelim; el veriri ki o zorluklar gözlem ve deney neticeleriyle o hipotezden deney yoluyla kesin bir şekilde çıkarılabilen öncüler arasında birbirince zıt içerikten olmasın. Yine öğretir ki büyük isimlere haddinden fazla ehemmiyet vermemeliyiz, belki gözümüzün önünde duran hakikatleri bağımsız ve serbest olarak incelemeliyiz.”*²²⁶

HUYGENS ve DALGA TEORİSİ

Newton’un ağır bilimsel kişiliği nedeniyle bir yüzyıl kadar “dalga teorisi” terk edilip “tanecik teorisi” üzerine çalışmalar yapıldıktan sonra bu fikirden vazgeçilmek zorunlu oldu. Bu zorunluluğun 3 tane temel sebebi vardır:

1. **Newton**’un tanecik kuramı o zaman da bilinen girişim ve kırınım gibi optik olayları açıklayamamaktaydı.

2. Dalga teorisini savunan bilim adamları ışığın dalga yapısında olduğu varsayıldığı zaman dahi doğrusal olarak hareket edebileceğini gösterdi.

3. Işığın tanecik kuramına göre az yoğun



Resim 25: Cristiaan Huygens zamanın daha dakik ölçümünü sağlayan ilk sarkaçlı saatin patentini alan bilim adamı

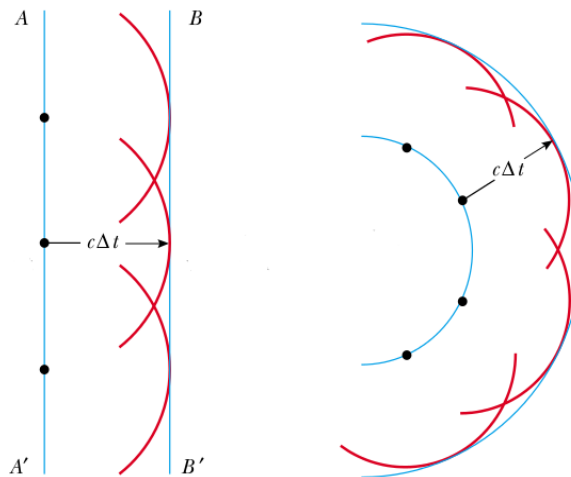
ortamdan daha yoğun ortama geçen ışığın hızının artması gerekiyordu. Fakat gözlemler bunun tam tersini gösteriyordu. Dalga teorisi, neden ışığın hızının daha yoğun bir ortamda daha az olduğunu göstermeyi başardı.²²⁷

Newton ile hemen hemen aynı dönemde Hollandalı bilim adamı ve aynı zamanda **Newton**'un da yakın arkadaşı olan **Christiaan Huygens** (1629–1695) ışığın bir dalga olduğu kuramını ortaya attı. Kendisinden önceki bilim adamlarının tersine **Huygens** ışığın bir ortamdan daha yoğun başka bir ortama geçtiğinde hızının yavaşlayacağını öngördü. Işığın dalga teorisi ile birlikte yansıma ve kırılma olayını doğru bir şekilde açıklamayı başaran **Huygens** aynı zamanda ışığın polarize olduğunu ilk defa dile getiren bilim adamıdır.²²⁸ **Huygens** ışığın aynı ses dalgalarında olduğu gibi titreşimler ile yayıldığını iddia etmiştir.²²⁹

Huygens ışığın dalga yapılı olduğuna ve küçük küresel dalgalar halinde yayıldığına, dalga cephelerinin birleşerek yeni dalgalar oluşturduğuna inanıyordu. Bu teori ile ışığın yansımını ve kırılmasını mükemmel şekilde açıklayabiliyordu. Fakat ışığın neden doğrusal bir yol izlediğini açıklayacak bir teorisi yoktu.²³⁰

Ünlü **Huygens** prensibi kendi sözleri ile şöyle açıklanabilir:

“Verilen bir dalga cephesindeki tüm noktalar, dalgacıklar olarak adlandırılan küresel, ikincil dalgaları oluşturan birer noktasal kaynak olarak görev yaparlar. Bu noktalar, söz konusu ortamdaki dalgaların karakteristiği olan hızlarda dışa doğru yayılırlar. Belirli bir süre sonunda m dalga cephesinin yeni konumu, dalgacıkların yüzey teğeti olur.”²³¹



Şekil 25: Huygens Prensibi

Şekil 25’de **Huygens** prensibi gösterilmiştir. Sol tarafta doğrusal bir dalga sağ tarafta ise küresel bir dalga cephesi görülmektedir. AA' arasındaki dalga üzerindeki 3 nokta arada t kadar zaman geçtikten sonra BB' şeklini alır. Dolayısıyla bu dalga cephesi üzerindeki 3 nokta uzayda başka bir yerdeki yeni bir dalga cephesi oluşturacak şekilde davranır.²³²

LEONHARD EULER

Leonhard Euler (1707 – 1783) tüm zamanların en verimli matematikçisi olarak bilinir. Tüm yayınlarının toplamı 72 cildi bulan **Euler** İsviçre’de doğmuş, yaşamının bir kısmını Rusya’da, büyük bir kısmını ise Prusya’da Kral Frederick’in himayesi altında geçirmiştir.²³³ **Euler** ışığın dalga teorisinin destekçisi olarak **Newton**’un yaptığı bazı hesapların yanlış olduğunu gösterdi.²³⁴

1746 yılında basılan “*Nova theoria lucis et colorum*” adlı eserinde ve daha sonra 1762’de yayınlanan bir Alman prensese matematiksel denklemler kullanmadan basitçe anlattığı mektuplarında optik hakkındaki görüşlerini belirtir. **Euler**’e göre uzaktaki iki



Resim 26: Zamanın en verimli matematikçisi Leonhard Euler

cisimler bizi ancak ve ancak iki yoldan etkileyebilir: ya o cisimden yayılan ve görme organlarına kadar ulaşan parçacıklarla, ya da o cisimden bize aradaki ortamı kullanarak ulaşan hareket vasıtasıyla. Bu ikisine örnek olarak sesin ve kokunun bize ulaşmasını verir. **Euler**’e göre ışığın bize birinci yoldan yani kokunun ulaştığı gibi tanecikler vasıtasıyla gelmesi mümkün değildir. Bu durumda ışık bir dalga olmalıydı ve hakikat ışığın aynı sesin kulaklarımıza ulaşması gibi bize geldiği idi. Fakat bu durumda **Euler**’in çözmesi gereken 2 tane temel

problem kalıyordu. Birincisi bir dalga olarak hareket ettiği için ışığın ihtiyaç duyduğu bir ortam olması gerekliydi. Eğer uzayı eter (oksijenli asitlerin alkole birleşmesinden oluşan sıvı) denilen bir madde ile kaplı olarak düşünürsek, ışığın da bu maddenin içindeki bir dalga şeklinde hareket ettiğini söylemek mümkündü. Fakat **Newton** ve daha birçok kişinin karşı çıktığı üzere, eğer uzay eter denilen bir madde ile kaplı olsaydı gezegenlerin ve kuyruklu yıldızların hareket ederken eter tarafından uygulanan bir direnç hissedip yavaşlaması gerekliydi. Yapılan hiçbir deneyde gezegenlerin ve kuyruklu yıldızların hareketlerinin yavaşladığı gözlemlenmemişti. Diğer bir problem ise, kırınım problemi idi. Eğer ışık da ses gibi hareket

eden bir dalga ise önüne konulan bir engelin çevresinden kırılarak yoluna devam etmesi gerekirdi.²³⁵

THOMAS YOUNG ve IŞIĞIN GİRİŞİM YASASI

13 Haziran 1773 Milverton, Summersetshire’de doğdu, 10 Mayıs 1829 Londra’da öldü. İki yaşında dedesinin verdiği kitapları okumaya başladı. Henüz 16 yaşındayken Latince, Yunanca, Fransızca, İtalyanca, Türkçe, İbranice, Sümerce, Arapça, Farsça ve daha birçok dil biliyordu. Arkeoloji ve tarih başta olmak üzere birçok ilgi alanı vardı. Önce tıp okudu ve 1796 Göttingen’de doktor unvanını aldı.²³⁶

18.yüzyılın en büyük fizikçilerinden olan **Thomas Young** (1773 - 1829) tanecik kuramını test etmek için çift yarıklı deneyini gerçekleştirdi. Bu deneyler sayesinde optik **Young**’un elinde yeniden doğdu denilebilir. Deney üzerinde birbirine çok yakın bir plaka ile bu plakanın arkasında duran ekrandan oluşan oldukça basit bir düzeneğe sahipti. **Young** üzerinde 2 adet yarıklı bulunan bu plakaya ışık gönderecek ve eğer **Newton**’un “tanecik kuramı” doğruysa, ışık doğrusal olarak yol aldığı için bu yarıkların ekranda tam karşılıklarına denk gelen yerler aydınlanacak, ekranın diğer kısımları ise karanlık kalacaktı.²³⁷



Resim 27: İngiliz fizikçi Thomas Young

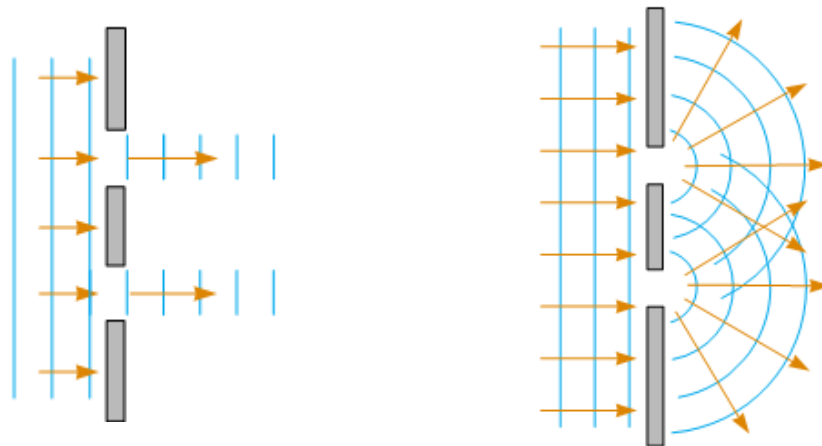
Ayrıca “Newton halkaları”nı doğru bir şekilde açıklayabilmek için ışığın ses dalgalarına benzerliğini kullandı. Güneş ışığının içinden geçebileceği bir delik bulunan bir seri deney gerçekleştirdi. Bu iki delikten geçen ışığın oluşturduğu girişim dalgalarını tam karşıdaki ekrana yansıtarak gözlemledi. En yüksek ve en düşük ışık yoğunluklarının olduğu bölgelerin arasındaki uzaklıkları ölçüp, birbirileri ile kıyaslayarak deliklere gelen ışığın dalga boyunu hesaplayabildi. Yaptığı hesaplar doğruluğu çok yüksek hesaplardı ve kırmızı ışığın dalga boyunu yaklaşık olarak 0,7 µm (mikrometre), mor rengin ise 0.42 µm olduğunu gösterdi.²³⁸

Fakat birçok deneyin sonucu **Newton**’un öngördüğü gibi olmadı. Ekran üzerinde 2 adet parlak bölgeden ziyade çeşitli farklılıklarda birbirini takip eden karanlık ve aydınlık bölgeler gözlemlendi. Bugün bu doğa olayına “*girişim*” (interference) adı verilmektedir. **Huygens**’in prensibi böylelikle doğrulanmış oluyordu: Bir dalganın önüne herhangi bir engel

koyulur ise engelin bittiği yerden aynı dalganın kopyası olacak şekilde başka dalgalar oluşur. Dolayısıyla bu iki yarıktan oluşan iki dalga girişim yoluyla ekranda karanlık ve aydınlık bölgeler oluşturacaktı.²³⁹ Bunun asıl bilimsel sebebi iki dalga arasında optik yol uzunluğu farkından kaynaklanan faz farkıdır.²⁴⁰

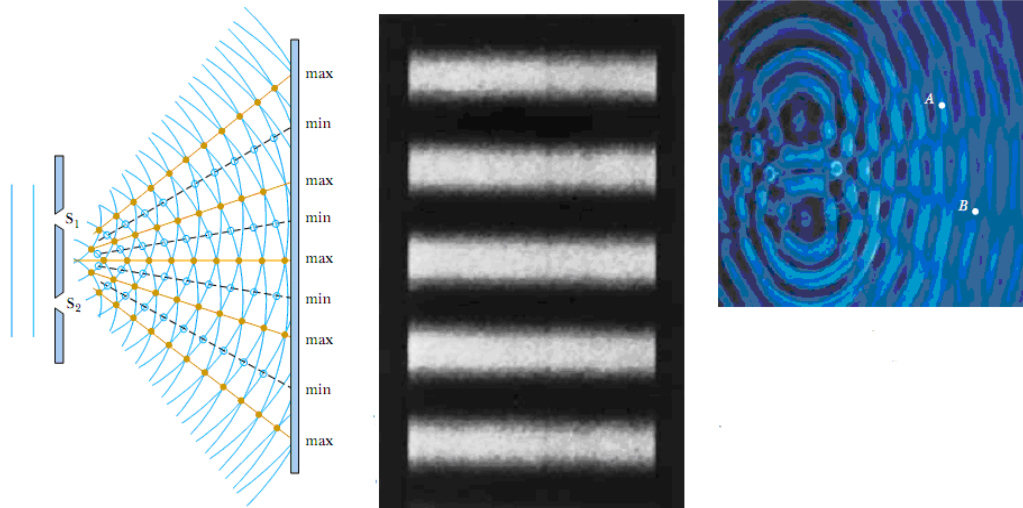
1801, 1802 ve 1803 yılında Royal Society (1660’da oluşturulmuş ve 1662’de resmen kurulmuş olan bilim topluluğudur) önünde makalelerini okudu. Girişim kanunu olarak bilinen “*dalga teorsî*”ni destekleyen deneylerinin sonuçlarını açıkladı. Kendi sözleriyle bunu şöyle belirtir: “*İki farklı kaynaktan çıkan iki dalga tam olarak mükemmel şekilde veya ona yakın bir şekilde üst üste bindikleri zaman, ikisinin toplam etkisi tek tek etkilerinin toplamı gibidir.*” **Thomas Young**’un bu düşünceleri ilk zamanlarda çok ciddi şekilde eleştirildi. **Edinburgh Review** tarafından basılan ve **Lord Brougham** tarafından yazıldığı düşünülen bir dizi makalede **Young** tamamen yetenekten yoksun olarak tanımlanmıştı.²⁴¹

Aslında **Young** tıp eğitimi almıştı, gözün çalışması dolayısıyla da ışığın doğasıyla çok ilgileniyordu ve bunun çalışmalarında çok olumlu etkilerini gördü. **Thomas Young** aynı zamanda görme olayını da incelemiş ve görme dediğimiz şeyin gözdeki merceğin şeklinin değişmesi ile mümkün olduğunu öne sürmüştür. Ayrıca gözün sadece belli sayıda ışık algılayıcı reseptörleri olduğunu iddia etmiş, bunları kırmızı, yeşil ve mavi-mor renk hücreleri diye ayırmıştır. Böylece diğer tüm renkler bu renkler vasıtasıyla görülebilir. Artık bu hücrelerin çubuk ve koni hücreleri olduğu ve retinadaki ışığa duyarlı göz yapılarını oluşturduğunu biliyoruz.²⁴²



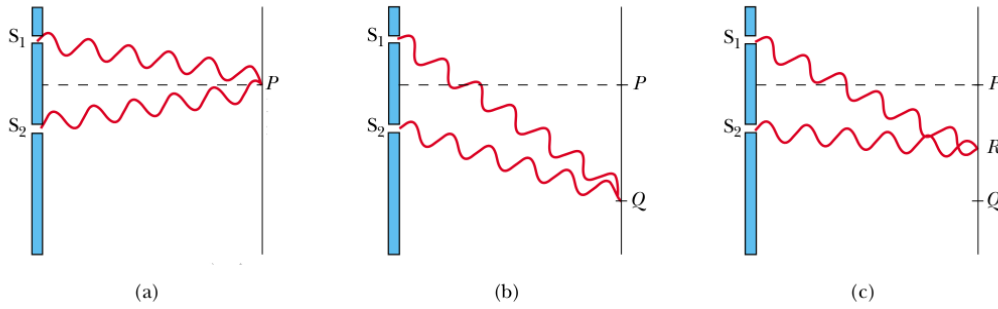
Şekil 26: Işığın Huygens prensibine göre hareketi ve Young’un girişim prensibi

Eğer ışık **Huygens** prensibine göre hareket etmeseydi ilk şekildeki gibi bir engelle karşılaştıktan sonra doğrusal bir şekilde yoluna devam ederdi. Bu durumda ışık için hiç bir bükülmeden ve kırılmadan bahsetmek mümkün olmazdı. Fakat ışık bir engelle karşılaştığında yarıklar yeni birer ışık dalgası kaynağı gibi hareket ederler ve küresel dalgalar oluştururlar. Bunun sonucu olarak 2. şekilde görüldüğü gibi dalgalar **Young**'un girişim prensibine göre üst üste binerek girişim saçaklarını oluştururlar.²⁴³



Şekil 27: Young'un girişim prensibi ve sonuçları

Young'un girişim deneyi aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Eğer bir ışık kaynağından yola çıkan ve de iki yarıktan geçerek gelen iki ışık hüzmesi optik yol denilen yolu eşit miktarda veya aralarındaki yol farkı, dalga boylarının tam katı olacak şekilde kat ederek o noktaya ulaşırsa bu iki ışın birbirlerinin üstüne binerek normalden daha parlak bir görüntü oluştururlar. Öte yandan eğer bu iki ışının kat ettiği optik mesafe birbirinden dalga boyunun yarım katı şeklinde farklıysa o halde de yok edici bir şekilde üst üste binerler ve iki ışığı birleştirerek karanlık elde ederiz. Şekillerde görüldüğü üzere bir karanlık yani minimum noktayı bir başka aydınlık yani maksimum nokta izleyerek ışıkları yansıttığımız ekran üzerinde bir girişim saçığı oluştururlar.



Şekil 28: Young'un girişim prensibi - çift yarık

Şekilde görüldüğü üzere “S1” ve “S2” gibi iki yarıktan geçen iki ışık hüzmesi ilk şekilde “P” noktası üzerine düşünce yapıcı bir şekilde birleşirler ve aydınlık bir nokta oluşur. Aynı şekilde “Q” noktasına düşünce de yapıcı bir şekilde üst üste binerek aydınlık yani maksimum denem görüntü oluşur. Fakat “P” ve “Q” noktaları arasında olan ve c) de gösterilen şekilde üst üste binince de yok edici bir biçimde süperpozisyona (bir atomun aynı anda iki yada daha fazla yerde bulunması ve dalga formu ile tanecik formunun birbirinden ayrılamaz şekilde olması) girerler ve “R” noktası karanlık olarak kalır. Bunun matematiksel ifadesi şu şekildedir:

Yapıcı girişim için: $d \times \sin(\theta) = m \times \lambda$

Yok edici girişim için: $d \times \sin(\theta) = (m + 1/2) \times \lambda$

Bu denklemlerde “d” ile gösterilen iki yarığın arasındaki mesafe, “ θ ” ışığın sapma açısı, “m” negatif veya pozitif herhangi bir tam sayı ve de “ λ ” ise ışığın dalga boyudur. Bu iki basit matematiksel denklem ile girişim kanunu açıklanabilir.²⁴⁴

İki ışık kaynağının girişim saçakları ortaya çıkarması ışığın tanecik teorisinin sonu anlamına geliyordu. Çünkü asla ve asla iki madde üst üste düşüp birbirini yok edemeyeceği gibi “tanecik teorisi”ne göre iki ışık taneciğini aynı noktaya gönderip karanlık elde etmek mümkün değildi. **Young**'un deneyi yalnızca **Newton**'un “tanecik teorisi”ni çökertmekle

kalmıyor aynı zamanda onun açıklayamadığı “Newton halkaları”nın nasıl oluştuğunu da şüpheye yer vermeksizin açıklıyordu.²⁴⁵

Son olarak **Young**, girişimin gerçekleşebilmesi için 3 şartın gerekli olduğunu da yapmış olduğu deneylerde gösterdi. Bunlar:

1. Işık kaynaklarının aynı fazda yani koherent olması (Örneğin, aynı kaynaktan çıkan iki dalga birebiriyle eş fazlıdır)
2. Kaynaklar tek renkli (monokromatik) olmaları
3. Süperpozisyon yani üst üste binme ilkesini uygulamaya müsait olmaları gereklidir.²⁴⁶

AUGUSTİN JEAN FRESNEL ve IŞIĞIN KIRINIMI

Dalga teorisinin sağlam temelleri **Fresnel** tarafından (1819) formüle edilmiştir. Broglie, Normandy’de doğan **Augustin Jean Fresnel** (1788–1827), **Young**’dan bağımsız bir şekilde aynı deneyleri 13 yıl önce gerçekleştirmişti. Fresnel École Polytechnique’de mühendislik eğitimi aldıktan sonra kariyerine inşaat mühendisi olarak başlamış ve güney Fransa’da yolların yapımında çalışırken optikle alakadar olmuştur. Ecole Polytechnic’te öğrenci iken büyük matematikçi **Laplace**’in da çalışmalarının etkisiyle fizik ile matematiğin arasındaki analitik ilişkiyi optik bilimine nasıl uygulayacağını öğrendi.²⁴⁷ 1815 yılında **Napolyon**’un



Resim 28: Dalga teorisinin sağlam temellerini formüle eden bilim adamı Fresnel

Elba’dan dönüşünü açıktan eleştirdiği için devlet görevlisi olduğu mühendislikten istifa etmek zorunda kalmış bu da **Fresnel**’i bilime, dolayısıyla optiğe odaklanmaya itmiştir. İlk olarak Paris gözlemevinde çalışan **Dominique, Francois Jean Arago**’ya ne yapabileceğini danışmış, **Arago** da **Grimaldi, Newton** ve genç **Young**’un yapıtlarını okumasını önermiştir. Ne İngilizce ne de Latince bilen **Fresnel** maalesef bu kitapları okuyamamıştır. Çünkü henüz o yıllarda bu kitapların Fransızca çevirisi yoktu. Bu yüzden **Fresnel, Newton**’un, **Young**’un ve daha önceki bilim adamlarının deneylerini tekrar tekrar yapmak zorunda kalmıştır. Fakat bu zorunluluk **Fresnel**’i optik biliminin tarihinde essiz bir yer sağlamıştır. Önce girişim saçağında oluşan maksimum ve minimumların farklı yarık büyüklüklerine göre konumunu ölçtü. Uzaklık arttıkça girişim saçaklarının doğru orantılı olarak artmadığını gördü. Bu artış

parabolik bir artış idi. Bu da **Newton**'un tanecik teorisinin ön görülerine karşıydı. **Fresnel**'in bu deneyi ışığın tanecikler halinde değil de dalgalar halinde yayıldığını gösteren sayısız deneyden biriydi. **Fresnel** aynı zamanda ışığı geçiren bir cam parçasının dahi yeterli bir kalınlıkta olduktan sonra dalganın homojenliğini bozduğu için kırınım saçaklarına yol açacağını da gösterdi.²⁴⁸ **Fresnel**'e gelene kadar bu konuda çok çalışma yapılmış olmasına ve de belirli ölçüde ilerleme sağlanmış olsa da teorinin tam bir tutarlı hali ortaya çıkmamıştı.²⁴⁹ Ayrıca ses dalgaları ile ışık dalgalarının neden farklı sonuçlar verebileceğini de öngördü. Ses dalgalarının, ışık dalgalarına nispeten çok daha fazla kırınım göstermeleri ses dalgalarının, ışık dalgalarına göre çok daha uzun olmasından kaynaklanır.²⁵⁰

Güneş ışığını toplamak için küçük lensler kullanarak ve böylece normalden daha yoğun ışığa sahip kaynaklar kullanarak, çıplak gözle sonuçlara vardı. Işığı **Huygens** dalgalarının bir toplamı olarak düşünerek hem kırınım hem de girişim için Fransız Bilim Akademisi'nin daha önce bu problemi çözecek kişiye ödül vereceğini duyuran açıklamasından sonra matematiksel bir teori sundu. **Fresnel** bu ödülü kazandı ve ışığın tanecik teorisine kesin bir darbe indirdi. Bu yarışmanın başka bir ilginç tarafı da ödülü verecek komitede yer alana matematikçi ve fizikçi **Siméon Denis Poisson** (1781 – 1840), **Fresnel**'in bulduğu sonuçları kullanarak, tamamen matematiksel yöntemlerle ışık geçirmeyen yuvarlak bir diskin arkasında oluşan girişim saçaklarının tam ortasında parlak bir nokta olacağını öngördü. Bu sebepten dolayı da “dalga teorisi”nin yanlış olacağını düşünüyordu. Bu konuda **Arago** tarafından deneyler yapıldıktan sonra görüldü ki gerçekten de ışıkla aydınlatılan bir diskin arkasında ışık gelmeyen yerde oluşan girişim saçaklarının tam da ortasında parlak noktasal bir ışık bulundu. Bu noktaya “*Poisson noktası*” adı verilir.²⁵¹

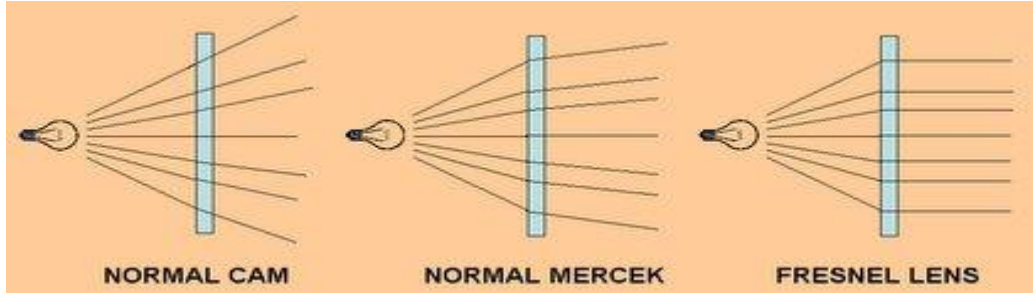
Fresnel'in kırınım hakkındaki görüşleri daha sonra **Joseph Fraunhofer** (1787 – 1826) ve **Gustav Robert Kirchhoff** (1824–1887) tarafından ilerletilmiş ve ışığın kırınım kuralları tamamen ortaya koyulmuştur.²⁵²

Fresnel Lensi

Fresnel Lensi, optik alanında çok önemli buluşlara sahip Fransız fizikçi **Augustin Jean Fresnel**'in icat ettiği bir çeşit mercektir. Optik yapıya sahip malzemeden imal edilmiş, basit olarak iç içe geçmiş pek çok mercekten oluşan bir lens yapısına sahiptir.

Normal cam mercekler çapı büyüdükçe ağırlaşır ve maliyetleri yükselir. Bu sebeple plastikten imal edilen “Fresnel lensler” yaygın olarak deniz fenerleri ve tepegözlerde

kullanılır. Ancak normal merceklerden ayrılımlarını sağlayan en önemli özellikleri dağınık şekilde gelen ışığı üzerlerinden geçerken düz ve homojen bir şekilde yansıtımlarıdır.



Şekil 29: Fresnel Lensi

Fresnel lensin bu özellikleri, deniz fenerlerini göz önünde bulundurarak kolaylıkla anlaşılabilir. **Fresnel** sayesinde deniz fenerinde oluşan ışık, kilometrelerce uzaklıktaki gemilere bile düz bir ışık hüzmesi halinde ulaşabilmektedir.²⁵³

MAXWELL

O tarihte ışığın elektrik ve manyetik alanlarla bir ilişkisini o güne kadar gören olmaması bir yana, elektrik ve manyetik alanların dahi birbiriyle alakalı olduğu henüz bilinmiyordu. Fakat Danimarkalı fizikçi **Hans Christian Oersted** elektrik akımının yakınındaki bir pusulayı veya manyetik malzemeyi etkileyebileceğini göstermesi²⁵⁴ ve daha sonra **Michael Faraday**'ın bugün endüstride birçok alanda kullanılan, elektrik ve manyetik alanların birbirlerinden türetebileceğini ispatlayan deneyleri, ışığın yapısının daha iyi anlaşılmasında bir çığır açtı. Ayrıca **Faraday** ilk defa 1831 yılında elektrik ve manyetik alanların zamana bağlı değişimlerini içeren deneyleri gerçekleştirerek **Maxwell**'in teorisinin deneysel temellerini atmıştır.²⁵⁵



Resim 29: 19.yy.ın en büyük fizikçisi Maxwell

Öte yandan 1868 yılında iki astronom **Pierce-Jules Cesar Janssen** ve **Sir Joseph Norman Lockyer** birbirinden bağımsız olarak evrende hidrojen sonra en çok bulunan element olan helyumu, güneşten gelen ışığı incelerken keşfettiler. Keşfettikleri ışıklarla alakalı diğer fenomen ise güneşten gelen ışığın aynen **Newton**'un prizma deneyinde olduğu gibi sadece belli frekanslarda geldiği gerçeği oldu. Bugün spektrum dediğimiz bandın üzerinde sadece bir kaç dar alana karşılık gelen bu frekans aralıklarına bakarak diğer gök cisimlerinde de hangi elementlerin var olduğunu belirleyebiliyoruz.²⁵⁶

Thomas Young'un çift yarık deneyinde ışığın dalga özelliğini göstermesinden sonra ne tür bir dalga olabileceğine dair fikirler yürütülmeye başlandı. Bu fikirler içinde **James Clerk Maxwell** (1831 – 1879)'in çok güzel matematiksel bir teoriyle desteklenmiş “*elektromanyetik dalga kuramı*” öne çıktı. **Maxwell**, Cambridge Üniversitesi'nin Cavendish laboratuvarının ilk direktörü olarak “*elektromanyetik teori*” ile optik tarihinde bir çığır açtı.²⁵⁷ Bugün elektromanyetik dalgalara dolayısıyla ışığa dair her şey sadece birkaç adet denklemlerle hesaplanıp açıklanabilir. Bunlara “*Maxwell denklemleri*” denir:

$$\nabla \times E = -\frac{1}{c} \frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\nabla B = 0$$

$$\nabla \times H = \frac{4\pi}{c} J + \frac{1}{c} \frac{\partial D}{\partial t}$$

$$\nabla D = 4\pi\rho$$

Bu denklemlerde D ve E elektrik alanı, B ve H ise manyetik alanı gösterir. ρ ile gösterilen elektrik yükünü belirtirken J elektriksel akımı simgeler ve denklemlerde apaçık görünen c ise düzgün hesaplanması için birçok deneyin yapıldığı ışık hızıdır. ∇ ve $\frac{\partial}{\partial t}$ ile gösterilen ifadeler sırasıyla pozisyon ve zamana göre türevlerdir. Aslında bu denklemlerin hepsi **Maxwell**'e ait değildir. Örneğin; yukarıdaki dördüncü denklem “*Gauss yasası*” olarak bilinir. Üçüncü denklem ise 1831 yılında **Faraday**'ın yaptığı elektrik ve manyetik alanların zamana göre değişimlerini ölçtüğü deneyden ötürü “*Faraday yasası*” olarak bilinir.²⁵⁸ İkinci denklem hiçbir zaman manyetik bir monopol olmadığını yani bir mıknatısı ikiye böldüğümüzde hep güney ve kuzey kutuplarının olacağını, mıknatısı ne kadar bölersek bölelim kuzey ve güney kutbu birbirinden ayıramayacağımızı söyler ve **Gilbert**'e atfedilir. Bu

denklemlerden sadece birincisi “*Maxwell denklemi*”dir. Fakat **Maxwell** bu dört denklemle elektromanyetizmayı dolayısıyla ışığın yapısını birleştiren ilk bilim adamıdır. Fiziksel olarak ışığa dair her şey gerekli sınır koşulları ve süreklilik denklemi ve de su fenomenolojimi bağıntılar kullanılarak açıklanabilir.

$$D = \epsilon E$$

$$B = \mu H$$

$$J = \sigma E$$

süreklilik denklemi:

$$\rho + \frac{\partial J}{\partial t} = 0$$

Bu denklemlerdeki ϵ ve μ sırasıyla elektrik ve manyetik sabitlerdir ve maddenin yapısına bağlı özelliklerdir.²⁵⁹

Maxwell'in yaptığı teorik çalışmalar elektrik ve manyetik alanın birbiriyle ilişkili olduğunu ve hatta bir tek elektromanyetik dalgadan bahsetmenin mümkün olduğunu gösterdi. Denklemlere göre elektromanyetik dalga hızı saniyede yaklaşık 300.000 km olan bir dalga olmalıydı. Bu ışığın daha önceki deneylerinde bulunan hızıyla birebir aynıydı ve **Maxwell** bunun tesadüf olmayacağını düşünerek ışığın bir elektromanyetik dalga olduğunu bilim dünyasına duyurdu.²⁶⁰

Işığın dalga denklemi ise son olarak şöyle yazılmıştır:

$$\nabla^2 E(r,t) = \frac{\mu\epsilon}{c^2} \frac{\partial^2 E(r,t)}{\partial t^2}$$

Fakat **Maxwell**'in buldukları ışığın doğasına dair bir ispat değil tam aksine teorik bir iddia idi. Bunun ispatının gelmesi gecikmedi. Frekans birimine ismini veren Alman fizikçi

Heinrich Hertz (1857 – 1894) radyo dalgası denilen elektromanyetik dalgayı oluşturmayı 1886 yılında başardı ve yansıma, kırılma ve de hız bakımından bu elektromanyetik dalganın ışıkla birebir aynı özellikleri gösterdiğini ispatladı.²⁶¹ Daha sonra 1888 yılında ışığın özelliklerinin çoğunu gösteren elektromanyetik salınımları kaydetmeyi başardı. İlerde bu buluş telsizlerin çalışma prensibi olarak günlük hayatta yerini alacaktı.²⁶²

Işığın Hızı

17. yüzyıl bittiğinde ışık ile ilgili bu iki teori eşit ölçüde destekleniyordu: Işığın taneciklerden oluştuğu ve akarcasına hareket ettiği veya ışığın bir dalga olduğu, uzayda eter denilen bir maddenin içinde aynı su dalgalarının hareket etmesi gibi hareket ettiği. Işığın yapısının haricinde hızı konusunda neredeyse bir bütünlük söz konusuydu: Işık hızı sonsuzdur! Çok önceleri **Galileo**, aralarında uzunca bir mesafe olan iki kuleye iki gözlemci yerleştirip birinin anahtarlı feneri önce yakmasını diğerinin ise o ışığı görür görmez elindeki feneri yakmasını istemişti. Böylelikle aradaki zaman farkını ölçüp aradaki mesafeyi bu zamanla bölerek ışığın hızını bulmayı amaçlamıştı. Fakat ışık çok hızlı olduğundan iki eylem arasında belirlenebilecek bir zaman farkı yoktu ve bu deney başarısız oldu.²⁶³ Işığın hızının aslında sonsuz olmadığı çok daha önceleri Batı’da “Alhazen” olarak da bilinen **İbn el-Heysen** tarafından dile getirilmişti.²⁶⁴

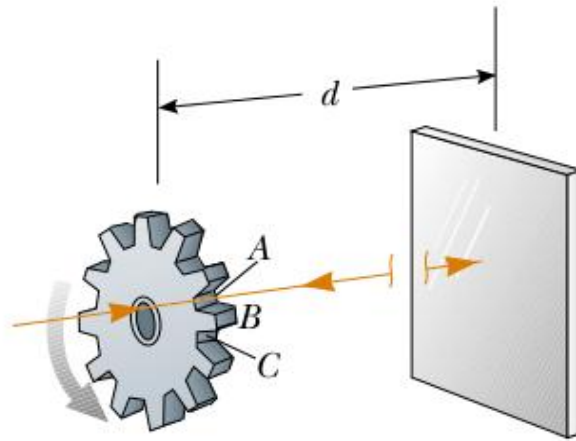
Maxwell’in teorik çalışmalarını desteklemesi için ışığın hızını bilmesi gerekliydi.²⁶⁵ Kesin olarak ışığın hızının bir limitinin olduğu **Dane Ole Christenson Römer** (1644 -1710) tarafından Jupiter’in o zaman bilinen 4 uydusundan biri olan Io’nun eklipslerini dikkatli bir biçimde inceleyerek gösterildi. Bu deneye göre ışık dünyanın güneşe olan uzaklığını 22 dakikada kat etmekteydi. **Newton** ve **Huygens** bu bilgi üzerine yaptıkları hesaplarda hızı yaklaşık olarak 300 milyon m/s olan ışığın hızını 240 ve 230 milyon m/s olarak belirledi.²⁶⁶

Her ne kadar **Römer**, ışığın hızının sonlu olduğunu göstermiş olsa da 50 yıl kadar geçmesine rağmen ışığın yayılmasının ani bir olay olduğuna inanan birçok bilim adamı vardı. Fakat 1728 yılında **James Bradley** (1693- 1762) başka bir problem üzerinde çalışırken tesadüfen ışığın aberasyonu olayını keşfetti. Bu keşfi yaparken **Hooke**’un sabit yıldızların parlaklığıyla alakalı gözlemler üzerine Londra’daki Kerr rasathanesinde çalışıyordu. Bu yıldız hesaplarını yaparken yıldızların izafi bir hareketle seyrettiklerini gözlemledi. Buna göre dünyanın hareketi, yıldızın hareketine göre ondan gelen ışığın daha geç veya daha erken gelmesine yol açıyordu. Bu da demektir ki ışık sonsuz bir hızla hareket etmez. Bu farktan

faydalanarak ışığın hızının bir hesabını yaptı ve bu hesap **Römer**'in yaptığı hesaplara uyuyordu.²⁶⁷

Işığın hızının daha yoğun madde içine girince azalıp azalmayacağı büyük bir önem arz ediyordu. **Foucault** tarafından 1850 yılında yapılan ve daha önce **Arago** tarafından söylediği şekliyle (Paris'teki Panteon'a asılı bir sarkaç yardımı ile) yapılan bir deney ile bu soruna cevap bulunmuş oldu. **Foucault**, ışığın hızının havadan suya geçince azalacağını buldu. Bu sonuç da ışığın "*tanecik teorisi*"nin yanlış olduğunu gösteriyor ve "*dalga teorisi*" ispatlıyordu.²⁶⁸

Işık hızının daha bilimsel ve de kesinlikle ölçülmesi **Armana H.L. Fizeau** (1819-1896) tarafından gerçekleştirilmiştir. 1849 yılında dişli çark ve ayna kullandığı basit bir sistemle bunu başarmıştı. Bu sistemde bir kaynaktan çıkan ışığın aynaya çarpıp geri gelinceye kadar geçen süreyi ölçmek için sabit hızla dönen bir dişli çark kullanılmıştı. Dişli çark ile ayna arasındaki uzaklığa "*d*" dersek ışığın deney esnasında kat ettiği yol "*2d*" olacaktır. Dişli çarkın dönüş hızı ve de kaç adet diştten oluştuğu bilindiği için ışığın bu mesafeyi ne kadar sürede gidip geldiği de hesaplanabilir ve de ışık hızı "*2d/t*" formülü ile bulunabilirdi. **Fizeau** yaptığı deney sonucunda ışığın hızını yaklaşık olarak 310 milyon m/s olarak buldu. Daha sonra daha deney daha detaylı bir şekilde tekrarlanarak bu hızın 299,77 milyon m/s civarında olduğu belirlenebildi.²⁶⁹

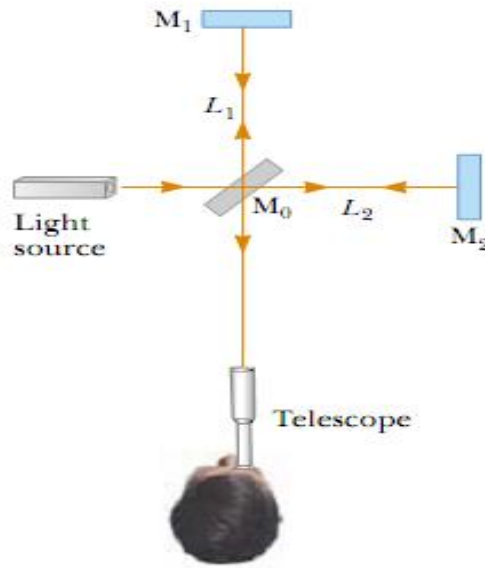


Şekil 30: Fizeau'nın ışık hızını ölçmede kullandığı dişli çark

SI birim sistemin kısaca yuvarlayarak 300 milyon m/s olarak kullandığımız ışık hızı aslında tam olarak 299.792.458 m/s dir. Genelde “c” işareti ile gösterilen bu değere ulaşmak için birçok deney yapılmıştır. En hassas ölçümler 20.yüzyılda gerçekleştirilmiştir. Işık boşlukta en hızlı hareket eden maddedir ve hiçbir şey ışıktan daha hızlı hareket edemez.²⁷⁰

A. A. MİCHELSON VE E. MORLEY İNTERFORMETRESİ

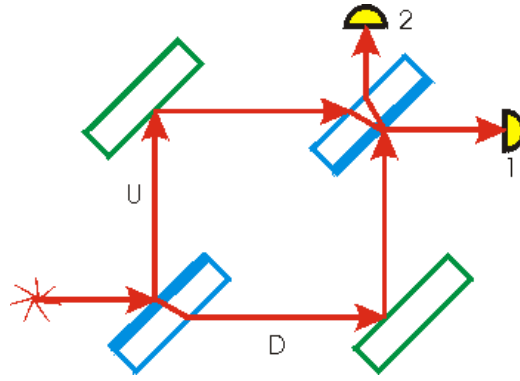
İnterferometre basit bir mantık ile çalışır ve ilk defa Amerikalı fizikçi **A.A. Michaelson** (1852 – 1931) tarafından öne sürülmüştür. Prensip olarak ışığın ikiye ayrılması, ikiye ayrılan ışınların birbirinden az da olsa farklı yollar yani farklı optik mesafeler kat ederek tekrar üst üste bindirilmesi üzerine kurulur. Birbirinden farklı yollar kat eden iki ışık hüzmesinin birbirilerine göre fazları da farklı olur. Üst üste bindirildikleri vakit kat ettikleri mesafelerin dalga boylarına oranına göre bir girişim saçığı oluştururlar. Bu yöntem çok hassas uzunluk ve büyüklük ölçümlerinde rahatlıkla kullanılabilir. İnterferometrelerde dikkat edilmesi gereken bir husus, ışığın aynı ışık kaynağından alınmasıdır. Bu nedenle bu iki ışığın frekansı ya da rengi de denilen kromatikliği aynı olur. Aşağıdaki şekilde de görülebileceği gibi aynı ışık kaynağından çıkan iki ışın yarı geçirgen yarı yansıtıcı M0 aynası vasıtasıyla iki yola ayrılır. İlk ışın L2 yolunu kat edip M2 aynasından yansıdıktan sonra M0'dan geçerek gözlemciye ulaşır. İkinci ışık ise L1 yolunu kat edip M1 aynasından yansıdıktan sonra tekrar L1 yolunu katederek M0 aynasından geçip gözlemciye gelir. Böylelikle iki ışığın gittikleri yol farkı $2(L2 - L1)$ şeklinde yazılabilir. İstenildiği takdirde M1 veya M2 aynaları hareket ettirilerek bu yol farkı istenilen seviyeye çekilip girişim saçıkları ayarlanabilir. Aynalardan birini sabit tutup diğerini hareket ettirerek de bir nesnenin diğerinden uzaklığı **Thomas Young**'un temellerini attığı girişim saçıkları formülleri kullanılarak, (tabi ki gönderilen ışığın dalga boyu bilindiği takdirde) kolaylıkla bulunabilir. Oluşan girişim saçıkları Newton halkalarında oluşan girişim saçıklarıyla benzerlik gösterir. Girişim saçıklarının şekli ve sıklığı tamamen dalga boyuna ve kat edilen optik mesafe farkına bağlı olduğu için aynalar arası mesafe ayarlanarak, çok hassas mekanik parçaların üretildiği teknolojilerde mesafe ve büyüklük ölçümleri için sıklıkla kullanılmaktadır. Kullanılan ışığın dalga boyu ne kadar küçük olursa yapılan ölçümler de o kadar hassas olur ve bu tip interferometrelerde kullanmak için çok küçük dalga boylarına sahip lazerler üretilmiştir.²⁷¹



Şekil 31: İnterferometrenin çalışma prensibi

Bu cihaz sayesinde ışığın hızını doğruya çok yakın bir şekilde hesaplamayı başaran **Michaelson**, 1907 yılında da Nobel fizik ödülüne layık görülmüştür. İnterferometrenin çalışma prensibi ışığın girişim kuralıyla alakalıdır. **Young**'un çift yarık deneyinde görüldüğü gibi farklı fazlardaki ışıklar üst üste binince girişim oluştururlar. Fazları 180 derece birbirine zıt olan iki ışık hüzmesi birbirini yok edip karanlık yaratırken, aynı fazdaki iki ışık birbirinin üstüne binince parlaklık 2 kat artar. **Michaelson** ve **Edward Morley** (1838-1923) daha sonraki yaptıkları bir deneyde eterin varlığını göstermeye çalıştılar. Bu deneye göre dünyanın döndüğü yönde etrafındaki eter de dönecektir. Dolayısıyla dünyanın dönüş yönünde gönderilen bir ışık tam tersi yönde gönderilen ışıktan daha hızlı hareket edecekti. Fakat deneylerde iki farklı yönde hareket eden iki ışık demetinin tamamen aynı hıza sahip oldukları görüldü. Bu da eter fikrinin sonuna gelindiğinin işaretiydi.²⁷²

Michaelson – Morley interferometresinin dışında diğer bir ünlü interferometre de **Mach-Zehnder interferometresidir**. 2 ışın ayırıcı ve 2 aynadan oluşur. Aşağıdaki şekilde yeşil renktekiler ayna iken, mavi renktekiler yarı geçirgen, yarı yansıtıcı gümüş aynalardır. Tek bir kaynaktan yola çıkan ışın önce yarı geçirgen, yarı yansıtıcı ayna ile ikiye ayrılır ve yeşil aynalardan tam yansıtılarak tekrar yarı geçirgen aynadan geçerek 2'ye bölünürler. Bu iki ışık tekrar üst üste bindirilerek girişim saçakları oluşturulur ve böylece en küçük ölçümler bile yapılabilir.²⁷³



Şekil 32: Mach-Zehnder İnterferometresi

IŞIĞIN POLARİZASYONU

Dalga teorisinin **Newton** tarafından kabul edilmemesinin yegâne belki de en büyük sebebi ışığın polarizasyonuydu. Aynı şekilde **Huygens** ışığın polarizasyonunu daha önceden keşfetmişse de ne kendisi de **Young** bu konuya dalga hipotezi bağlamında net bir açıklama getirebilmiştir. Çünkü **Newton**, **Huygens** hatta **Young** da ışığın ses gibi bir enine dalga olduğunu tasavvur ediyorlardı. Işığın bir boyuna dalga olduğunun anlaşılması için **Fresnel**'i beklemek gerekti.²⁷⁴

Ecole Polytechnic'te öğrenim görmüş başka bir fizikçi olan **Etienne-Louis Malus**'un (1775-1812) da optik bilimine katkısı dolaylı yollardan olmuştur. Napolyon'un ordusunun mühendislerden oluşan kısmında albay olan **Malus**, başarısız Filistin seferi esnasında vebaya yakalandığı için 1801'de Fransa'ya geri gönderildi. Böylece optik alanında araştırmalar yapmaya başladı. Işığın polarizasyonu ile ilgili keşfini de bu dönemde bir çift kırınımlı bir kalsiyum karbonat kristali ile odasındaki camdan Luxembourg Sarayı'na bakarken yaptı. Kristali döndürerek saraya baktığında birden fazla şekil görüyordu. **Laplace** bunu kısa mesafede ışık taneciklerine madde tarafından uygulanan kuvvetlerle açıklamaya çalıştı. Fakat daha sonra ışığın yansıma yoluyla polarize olduğu anlaşılacaktı. 1808 yılında **David Brewster** (1781 – 1868) yansıma yoluyla ışığın nasıl polarize olabileceğini gösterdi. Işığın bu şekilde polarize olduğu yansıma açısına "*Brewster açısı*" denir.²⁷⁵

Daha sonra 1828 yılında **William Nicol** (1768 - 1851) iki kalsiyum kristal bileşenlerinden oluşan ve ışığın polarizasyonunu sağlayan ilk prizmayı icat etti ve **Michael**

Faraday manyetik alan uygulanan bir cam içinden geçen ışığın polarizasyonun hangi yönlere döndürülebileceğini gösterdi.

Fresnel, Arago ile birlikte çift kırınımlı kristalleri inceleyerek ışığın polarizasyonu hakkında sağlam bilimsel sonuçlara vardılar. Çift kırınımlı kristaller adı üzerinde 2 adet kırılma indisine sahip olan kristallerdir. Bu kristallere gönderilen ışınlar iki farklı şekilde kırılırlar ve dolayısıyla kristalin arkasında 2 farklı ışın görünür. İlk ışına normal kırılma kurallarına uygun olarak kırıldığı için ve olağan kırılmadan kaynaklandığı için olağan ışın denirken, ikincisine olağan dışı ışın adı verilir. Bu iki ışın birbirilerinin üzerine düşürülürse farklı optik uzaklıklar kat ettikleri halde girişim saçakları oluşturmadıkları görülür. Bu da ışığın boyuna bir dalga olmadığını, dikey bir dalga olduğunu ve de iki ışığın birbirine dik olacak şekilde polarize olduklarını gösteriyordu. Daha sonra bu sonuçtan yola çıkan **Hamilton** 1832 yılında çift kırınımlı kristallere gönderilen koni şeklindeki ışığın konik kırınımına uğrayacağını **Fresnel**'in “dalga teorisi”ni esas alarak matematiksel olarak ön gördü. **Lloyd** tarafından 1833'te gerçekleştirilen deneyler sonucu bu öngörü de ispatlanmış oldu.²⁷⁶

MAX PLANCK

19. yüzyılın optik konusunda en saygın teorisi artık “*dalga teorisi*” idi. Hatta 1889 yılında **Hertz** “*ışığın dalga teorisi insanların meydana getirebilecekleri en mükemmel teori olup kesin gözüyle bakılabilir*” demiş fakat gene buna rağmen ışığın “tanecik teorisi”ni destekleyen deneyleri yapmak da kendisine nasip olmuştu.²⁷⁷

19 Ekim 1900 yılında **Mac Karl Ernst Ludwig Planck** (1858 – 1947) Alman Fizik Topluluğu'nun önünde “*Kuantum Mekaniği*” adını verdiği makalesini okudu. Metalden yapılmış bir oyuğun içinde ışığın durumu daha önce **Stefan, Boltzmann, Wien** ve **Jean** gibi bilim adamları tarafından incelenmişti. Yayılımın frekansları farklı sıcaklıklarda ölçülmüş ama net bir sonuç alınamamıştı.²⁷⁸ **Planck** bu makalede ışığın foton denilen, ışık hızında hareket eden, kütsüz ve yüksüz, çok ufak parçacıklardan oluştuğunu iddia ediyordu. Bu makaleden yola çıkan **Einstein, Bohr, Born,**



Resim 30: Max Planck
“Kuantum Kuramı”nın önde gelen ismi

Heisenberg, Schrodinger, De Broglie, Pauli, Dirac gibi ünlü fizikçiler (ki neredeyse hepsi Nobel fizik ödülü sahibidir) ışığın aslında hem tanecik hem de dalga özelliklerini bir arada gösterdiğini ispatlayacak ve ışığın kuantum mekanik teorisini ortaya atacaktı. Bu buluşu ilerde **Planck**'a da Nobel fizik ödülünü getirdi. Görünen o ki tarih ışığın tanecik veya dalga olduğunu kabul eden iki akımı da haklı çıkaracaktı.²⁷⁹

Bugün enerjinin dolayısıyla da ışığın frekansına bağlı olarak kuantlar halinde arttığını biliyoruz. Bu iki enerji seviyesi arasındaki farkı belirten sayıya **Planck** sabiti denmektedir ve “h” harfi ile gösterilir.²⁸⁰ Şu an ışık hem dalga hem parçacık özelliği gösteren bir yapıda kabul edilmektedir. Yapılan tüm deneyler yalnızca ışığın değil tüm maddelerin aynı anda hem dalga hem de parçacık olduğunu gösterdi. Bunu fizikçiler “*dalga-parçacık dualitesi* (karşıtlık)” diye adlandırıyor. Fakat bu düşüncenin garipliği insanları ışığın yapısı hakkında nihai sonuca varıp varmadığımız konusunda şüpheye düşürmüyor değil. Işık onu araştırmaya yönelecek insanlar için hala sürprizler sunmaya devam etmektedir.²⁸¹

18.ve 19. YÜZYIL OPTİK ARAÇLARI

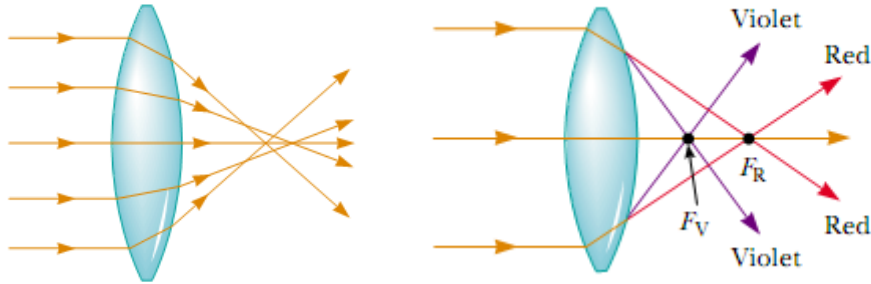
MERCEKLER

Aslında matematikçi ve dil bilimcisi olan, ilk bilimsel makalesini 17 yaşındayken İrlanda Kraliyet Akademisi'ne teslim eden ve henüz lisans öğrencisi iken astronomi profesörü payesi verilen **Sir William Roban Hamilton** merceklerde konik kırılmayı keşfetti. Ama asıl optik bilimine katkısı **Fermat**'ın teorisini kullanarak oluşturduğu en az aksiyon teorisidir. Fermat prensibi çok kısa olarak ışığın hangi ortamda olursa olsun bir noktadan diğer noktaya giderken kendisine en az zamanda gideceği yolu seçmesine dayanır. Bunun en önemli sonucu, boşlukta ışığın doğrusal ilerlemesidir. En kısa zaman prensibi de denilmektedir.²⁸²

İlk defa gözlüğün yani mercek vasıtasıyla görmeyi kolaylaştıran araçların kullanımı tam olarak ne zaman başlamıştır bilinmese de 1733 yılında aslında amatör bir matematikçi ve avukat olan **Chester More Hall** (1703-1771) tarafından farklı kırılma indisinden oluşan camlardan akromatik birleşik mercek üretilmiştir. **Hall** gözün kendisinin de akromatik olduğunu biliyordu ve doğru mercek kombinasyonunu bulana kadar birçok farklı mercek denemeler yaptı. Fakat bu yaptığı denemelerin sonuçlarından tam emin olmadığı için bunları halka duyurmayıp sadece konuyla alakalı birkaç kişiye ve kuruma gönderdi. 1759 yılında

John Dolland isimli bir ipek tüccarının oğlu bir optik firması kurup bu şekilde mercekleri olan gözlükler üretmeye başlayınca Kraliyet Akademisi'nden bir madalya kazandı. Fakat daha sonra aslında bu mercekleri **Chester More Hall**'un bulduğu ortaya çıkınca **Dolland**'in patenti ve ödülü iptal edildi.

1777 yılında **Bruswick**, Almanya'da fakir bir ailenin çocuğu olarak doğan ve döneminin en büyük matematikçilerinden olan **Karl Friedrich Gauss** da mercekler hakkındaki teorik çalışmaları sayesinde bugünkü "optik resim işleme teorisi"nin de temelini attı. Bugün bu teoriye "*gaussyan optik*" de adı verilir. Öte yandan 1835 yılında, dairesel bir yarıktaki gerçekleşen kırınım olayına açıklık getiren **Sir George Biddel Airy** (1801-1892) ilk defa kendi astigmatizmini silindirik mercek kullanarak tedavi etti. İlk defa kontak lensi görme kusurunu düzeltmek üzere kullanan bilim adamı **Adolf Eugen Fick**'tir (1829-1901). İlk denemelerini hayvanlar üzerinde yapan **Fick** daha sonra insanlara uygun kontak lensleri de geliştirmiştir.²⁸³



Şekil 33: Küresel ve Kromatik Sapma

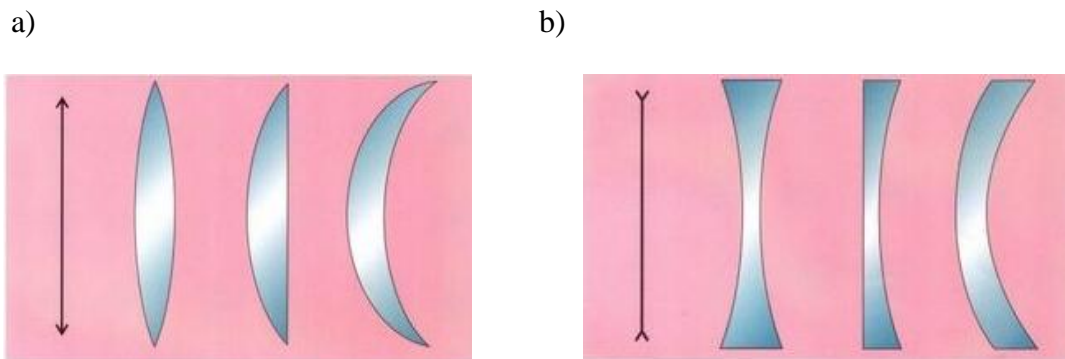
Küresel Sapma

Küresel sapma şekil 33'ün ilk kısmında görülebilir. Küresel sapmanın nedeni merceğin farklı noktalarında düşen paralel ışınların, merceğin arkasında farklı noktalara odaklanmasıdır. Bunun sebebi de merceğin yüzeyindeki her noktanın farklı eğiklik yarıçapına sahip olmasıdır. Merceğin ortasına gelen ışınlar merceğin kenarına gelen ışınlarla göre daha uzak bir yere odaklanırlar. Bu durum yalnızca merceklerle sınırlı olmayıp küresel aynalar için de geçerlidir. Günümüzdeki birçok kamera ve fotoğraf makinesi bu hatanın önüne geçmek için ışığın gelme miktarını ayarlayabilen açıklığa sahip şekilde üretilir. Işığın geçtiği açıklık

azaltıldığı takdirde daha net görüntü elde edilebilir. Fakat daha az ışık geçtiği için bu açıklık daha uzun süre tutularak gelen ışığın sayıca fazla olması sağlanır. Küresel aynalarda ise bu sorun küresel yüzeyler yerine parabolik yansıtıcı yüzeyler kullanılarak çözülebilir. Fakat parabolik yüzeyler çok pahalı oldukları için kullanım alanları azdır. Daha çok büyük ve pahalı astronomik gözlem aygıtlarında, teleskoaplarda görüntü kalitesini arttırmak için kullanılır.

Kromatik (renksel) sapma

Bu sapmanın nedeni farklı dalga boyun dolayısıyla da farklı renklere sahip olan ışınların farklı noktalara odaklanmasıdır. Kırılma indisi her ne kadar merceğin malzemesinin bir özelliği de olsa üzerine düşen ışığın renginden bağımsız değildir. Örneğin, aynı merceğe ulaşılar dahi mor rengin kırılma indisi, kırmızı rengin kırılma indisinden daha yüksektir. Bu yüzden şekil 33'de de görüldüğü gibi mor renkli ışık, kırmızı renkli ışıktan daha fazla kırılır. İster ince kenarlı ister kalın kenarlı mercek kullanılsın farklı renklerdeki ışıklar farklı noktalara odaklanırlar. Yalnız kalın kenarlı mercekte bu odaklanma uzaklıkları ince kenarlı merceğe göre terstir. Kromatik (renksel) sapmadan kurtulmak için farklı camlardan yapılmış biri ince diğeri kalın kenarlı mercekler ara arda koyularak kullanılabilir.²⁸⁴



Şekil 34: a) İnce Kenarlı Mercek, b) Kalın Kenarlı Mercek

1830 yılında **Joseph Jackson Lister** (1786 – 1869) amatör bir mikroskop yapımcısı tarafından geliştirilmiş bir mercek sistemini mikroskoplarla birleştirdi. Bu geliştirilmiş mercek sistemi ile hem küresel sapma hem de kromatik sapma azaltılmış oldu. Bu sistem sayesinde **Lister** memelilerin kan hücrelerini mikroskop ile gören ilk insan oldu. Bu buluşu

sayesinde Kraliyet Akademisi'ne kabul edildi ve ileride antiseptik ameliyatın kurucusu olacak olan oğlu **Joseph Lister**'i de mikroskop kullanımında kendisi eğitti.

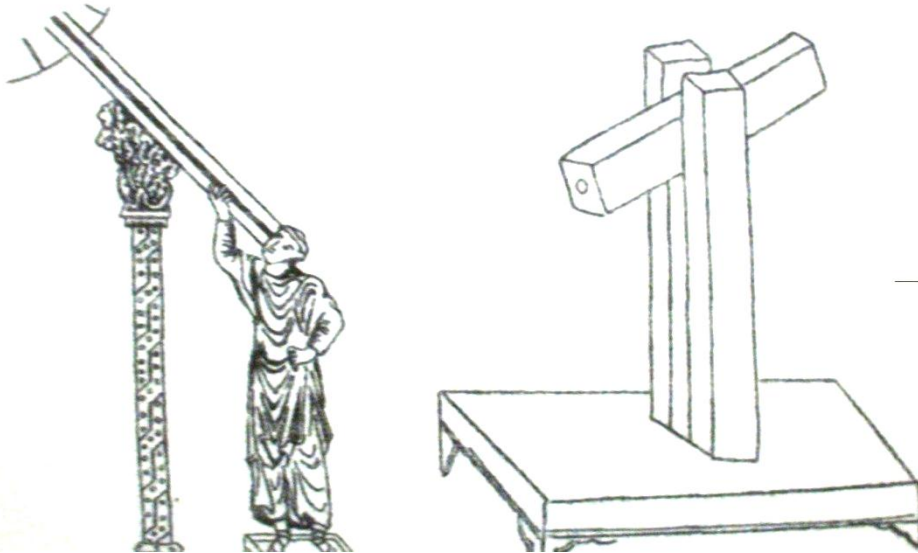
Eisenach'da doğan, matematik ve fizik profesörü olan ve Jena Üniversitesi gözlem evinin müdürü olan **Ernst Karl Abbe** (1840 – 1905) , **Carl Zeiss** optik şirketinde çalışırken mikroskop dizaynının nasıl olması gerektiğine dair temelleri attı. **Zeiss**'in şirketini daha sonra satın alan **Abbe** daha sonra Prusya hükümetinin de katkılarıyla bugün dahi kullanılan mikroskopların üretimine büyük katkı sağlamıştır.²⁸⁵

TELESKOPLAR

Teleskopun tarihine baktığımızda, kaynaklara göre 17. yüzyılın başlangıcında Hollanda'da Middelbourg'daki gözlük yapımcıları **Hans Lippershey** ve **Zacharias Jansen** tarafından icat edilmiştir. 1609 tarihinde **Galileo**'nun evrenin sırlarını çözmek için tasarladığı teleskopu prensipte Hollandalı gözlük yapımcılarının aynısı olup sadece performansını arttırmıştır.²⁸⁶

1

2



Şekil 35: Gözlem Borusu
1.Ortaçağda Batılı astronomların kullandığı, 2.Çin'de kullanılmış olan

Daha önce optik çalışmalarını ele aldığımız **Takiüddin**'in 1574 yılında tamamladığı optik kitabında teleskoptan söz etmesi teleskopun bilinen tarihinin çeyrek asır kadar eskiye

götürmektedir. **Takiüddin** kitabında mercek olarak adlandırdığı aracının çok uzakta bulunan nesnelere çok yakınındaymış gibi gösterdiğini ifade etmiştir. **Takiüddin**'in deyimi ile mercek olarak isimlendirdiği bu aletin nasıl kullanılması gerektiğini de açıklaması aletin merceğe göre daha karmaşık olduğunu göstermiş, yapılan incelemeler sonucu gözlem borusuna²⁸⁷ benzer bir alete mercek yerleştirerek teleskopu Batı'dan yaklaşık 35 yıl önce bulmuştur.²⁸⁸

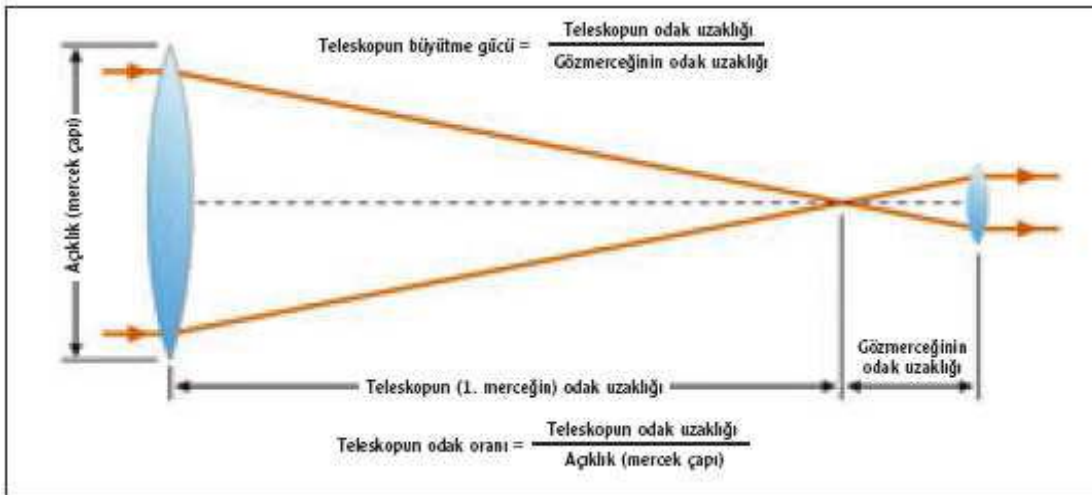
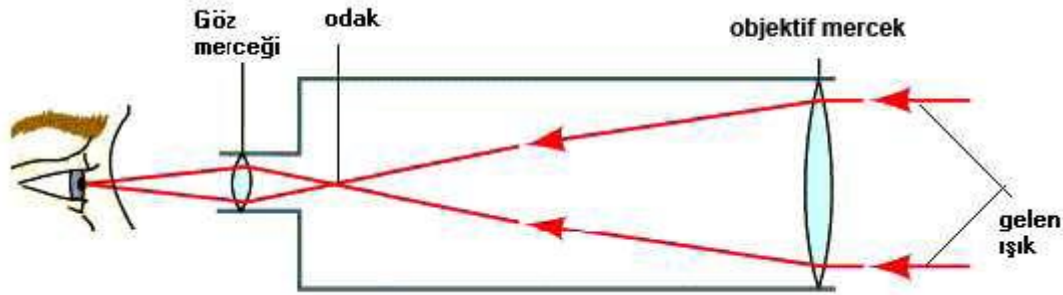
Gök cisimlerinden gelen ışınının bir noktada odaklanması sonucunda daha parlak ve daha büyük görünmesini sağlayan alete teleskop denir. Yunanca'da tele=uzak ve skopein=bakmak kelimelerinin birleşiminden türetilmiştir. Teleskopların ışığı toplayan yüzeyine açıklık denir. Bütün teleskopların asıl fonksiyonu ışık toplamaktır. Teleskopun açıklığı, merceğin ya da aynanın çapına karşılık gelmektedir. Açıklık genellikle "inch" biriminde kullanılır. (1 inch = 2.54 cm'dir.) Teleskop açıklığının değeri ne kadar büyükse, o kadar fazla ışık toplar. Daha çok ışık toplanması ise, daha parlak ve daha iyi bir görüntü oluşmasını sağlamaktadır Teleskopun açıklığından giren ışık, teleskopun türüne göre mercek veya ayna ile karşılaşır. Daha sonra yolundan saptırılarak veya yansıtılarak karşılaştıkları optik elemanın odak noktasına yönlendirilirler. Bir teleskopun büyütmesi, objektifin odak uzaklığının, okülerin (göz merceği) odak uzaklığına oranı olarak verilir. Bunun yanı sıra normal koşullar altında bir teleskop en fazla, açıklığının 60 katı büyütme gücünde olabilir. Örneğin 3.5 inch'lik bir teleskopun büyütmesi en fazla 210 olabilir.

Optik teleskoplar yapılarına göre; mercekli, aynalı ve aynalı-mercekli (katadioptrik) olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Optik teleskoplar, iki temel parçadan oluşur. Bu parçalardan birincisi, ışığı toplamaya yarayan objektiftir. Objektif, mercek ya da aynadan oluşur. İkincisi ise, "göz merceği" ya da "oküler" olarak adlandırılan mercek takımıdır. İlk kullanılan teleskoplar merceklidir. Günümüzde de genellikle küçük çaplı mercekli teleskoplar kullanılmaktadır.²⁸⁹

MERCEKLİ TELESKOPLAR (Refraktörler)

Mercekli teleskoplarda ayna bulunmaz ve uzun bir tüp içerisindeki mercekten geçen ışık ışınları, göz merceğine gelir. En yaygın kullanılan teleskop türüdür. Bunların bir ucunda geniş bir mercek, diğer ucunda ise ufak bir oküler (göz merceği) yer alır. Işık büyük mercekten geçer ve ufak bir demet halinde okülere gelir. Mercekli teleskopların çalışma prensipleri şekil 36'da şematik olarak gösterilmiştir. Bu tür teleskoplarda mercek ışığı

toplamakta kullanılır. Bu nedenle mercekteki ufak hatalar bile görüntüyü etkileyebileceğinden merceğin kalitesi çok önemlidir. Eğer kalitesiz bir mercek kullanılırsa, ışık mercekten geçerken ışığın bir kısmı saçılır ve bunun sonucunda gözlenen nesnenin çevresinde renkli bir halka oluşturur. Mercekli teleskopların çoğunda bu tür kusurları düzeltmek için, akromatik (beyaz ışığı çözümlenmeden geçiren) denilen bir yapı kullanılmaktadır.²⁹⁰



Şekil 36: Mercekli teleskopun çalışma prensibi

Galileo'nun Teleskopu

Mayıs 1609 yılında **Galilei Galileo** teleskopun ucuna daha ince bir dışbükey mercek kullanarak Hollanda tasarımını geliştirdi ve 120 cm daha uzak bir odak uzaklığı elde etti.

Teleskopun gözle bakılan ucunda çok daha güçlü içbükey bir mercek kullandı. Her ikisi de büyütmeyi arttırdı. Daha sonra yaptığı iki aletle bu görüntüyü 32 kat büyütmeyi başardı.²⁹¹ Bu son teleskopla modern gözlemsel astronomi başlamış oldu. **Galileo**'nun geliştirdiği orijinal teleskop Floransa'daki Galileo müzesinde, bir kopyası da New York'taki Hayden Planetaryum'undadır.²⁹² Bu teleskop ve benzerlerinde oküler, objektifin odak uzaklığına eşit bir uzaklığa yerleştirilmiştir. Teleskopun büyütme gücü ise objektifin odak uzaklığı, okülerin odak uzaklığına bölünerek hesaplanır.

Kepler'in Teleskopu (Astronomik Teleskop)

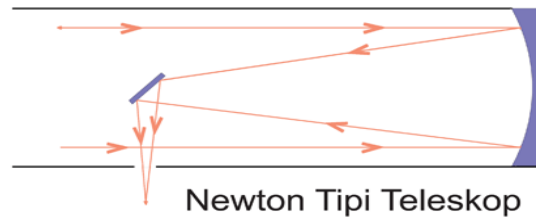
Johannes Kepler yeni bir teleskop yapmamış, **Galileo**'nun teleskopundaki görüş alanının küçük olması kusurunu konkav göz merceğini konveks olarak değiştirerek ortadan kaldırmıştır. Mercekler birbirlerinden odak uzaklıklarının toplamı kadar ayrı noktalara yerleştirildi. Böylece daha geniş alan daha büyük güçle görülebiliyordu. Günümüzde kullanılan teleskoplar bu tür teleskoplardır.²⁹³

AYNALI TELESKOPLAR (Reflektörler)

Aynalı teleskoplarda ışık, düz ve geniş bir tüpün içine girer, tüpün dibindeki eğri aynadan (parabol, hiperbol ya da elips) yansır, toplanmış olan ışın demeti, tüpün açık olan ucunda yer alan ufak ikinci aynaya çarpar ve oradan okülere gelerek görüntü oluşturulur.²⁹⁴

Newton Türü

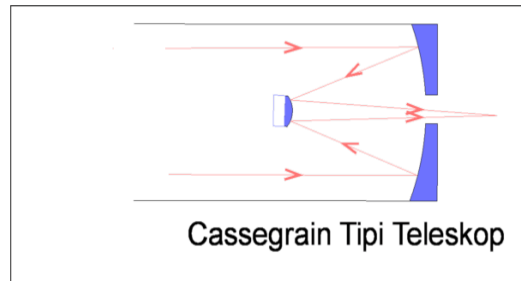
Isaac Newton tarafından geliştirildikleri için Newton adını almışlardır. Newton türü teleskoplar, ışığı toplayan ve ikinci bir düz aynaya odaklayan bir çukur aynaya sahiptirler. İkinci ayna ise görüntüyü ana tüpün dışına açılan bir penceredeki göz merceğine yansıtır. Dizaynı basit, ucuz, küçük ve kolay taşınabilir olması nedeniyle en çok kullanılan teleskoplar arasındadır. Newton türü teleskopların dizaynı büyük teleskoplar için uygun değildir. İkincil aynanın gerek ışık kaybına neden olması gerekse gözlem yerine erişilebilirlik ve odağa konacak yardımcı aletlerin dengelenmesi açısından dezavantajlara sahiptir. Ayrıca, optik eksenden yarım derecelik uzaklaşmalar bile görüntü kalitesini oldukça düşürmektedir.



Şekil 37: Newton Tipi Teleskop

Cassegrain Türü

Bu tür teleskoplar büyük bir küresel veya parabolid çukur ayna ile hiperbolid tümsek bir ikinci aynadan oluşur. Gelen ışınlar önce çukur ayna tarafından toplanır ve ikinci aynaya yansıtılır. Bu aynadan yansıyan ışınlar ise birinci aynanın merkez bölgesindeki merkez delikten geçerek göz merceğine odaklanır.



Şekil 38: Cassegrain Tipi Teleskop

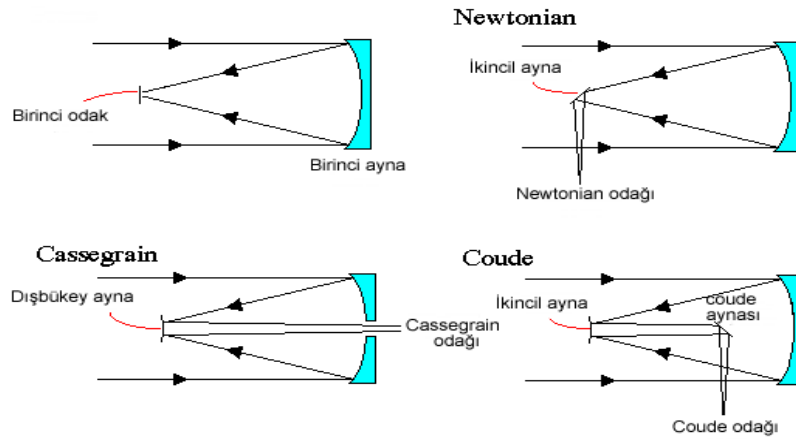
KATADİOPTRİK (aynalı-mercekli) TELESKOPLAR

Bu tür teleskoplarda hem ayna hem de mercek kullanılır. Bu tür teleskopların üç çeşidi vardır. Bunlar; “Schmidt-Cassegrain”, “Maksutov-Cassegrain” ve “Schmidt-Newton” türleridir.

Schmidt-Cassegrain türünde ışık önce ince bir Schmidt düzeltici mercekten geçerek gelir. Daha sonra küresel çukur aynaya çarparak tekrar geri yansır. Bu tür teleskoplar en modern olanıdır.

Maksutov-Cassegrain türü genel olarak Schmidt-Cassegrain teleskoplarına benzer. Bu tür teleskoplarda bir tarafı içbükey bir tarafı dışbükey olan ince bir düzeltici mercek kullanılır.

Schmidt-Newton türü ise diğerlerine benzemekle birlikte; bunlarda Newton aynaları ve Schmidt düzeltici mercekleri kullanılmıştır. Daha çok sönük uzay cisimlerini gözlemek için kullanılırlar.²⁹⁵



Şekil 39: Newton, Cassegrain ve Coude teleskobu

OFTALMOSKOPLAR

Göz hekimlerinin göz, lens, retina ve optik sinirleri muayene etmek için kullandıkları ışıklı bir alettir. Işık kaynağı, merkezinde deliği olan içbükey küresel ayna ve mercekten meydana gelir. Bu mercekler dönen bir diskin etrafına yerleştirilmişlerdir, kolayca çevrilirler. Işık kaynağı kendinden olan modern oftalmoskoplar, göz dibinde geniş bir aydınlatma ve gözlem sahası sağlarlar. Elektrik oftalmoskoplardan önce, yansıtmalı oftalmoskoplar kullanılmaktaydı. Bu aletle, ışık kaynağından gelen ışık, açılı bir ayna ile gözbebeğine yansıtılarak göz dibi incelenmekteydi. Mevcut oftalmoskopların direkt ve indirekt olmak üzere birbirine yardımcı iki çeşidi vardır.

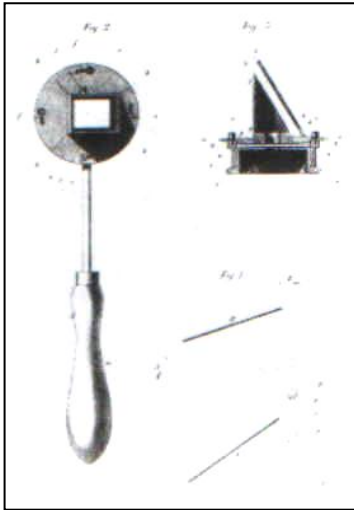
Direkt oftalmoskoplar hastanın gözüne ait ışığı kırıcı, ortamları büyütücü bir sistem olarak kullanılırlar. Hastanın gözünde kırma kusuru yoksa küçük, düz, 15 misli büyük bir

görüntü elde edilir. Pilli ve şarjlı el oftalmoskopları mevcuttur. Tekrar doldurulabilen nikel-kadmiyum pilleri daha iyi ve parlak bir aydınlatma sağlamaktadır. İndirekt oftalmoskoplarda +13 ile +30 diyoptrilik konveks bir mercek kullanılır. Bu mercek, hastanın gözünün 3-5 cm önünde tutulup, gözün iç kısmından yansıyan ışınları mercek ve muayene eden göz arasında, gerçek ve ters bir hayal elde etmek üzere odaklamaya yarar. İndirekt oftalmoskop için daha şiddetli bir ışık kaynağına ihtiyaç vardır. Başa monte edilebilen yüksek ışık kaynağının geliştirilmesi, bu tekniğe çok faydalı olmuştur. Yeni geliştirilen binoküler indirekt oftalmoskoplar ile aynı kişiyi iki kişinin gözlemesi ve aynı anda bakmaları mümkün olmaktadır.²⁹⁶



Şekil 40: Bir tür Oftalmoskop Aleti

Oftalmoskop aleti tarihsel süreç içinde 1851 yılında Alman doktor, fizikçi ve bilim adamı **Helmholtz** (1821-1894) tarafından icat edildi. Çok yönlü ilgi alanları ve çalışmalarıyla, özellikle de sinir iletimi, işitme ve görme üzerine yaptığı klasikleşmiş araştırmalarla yaşadığı dönemde “*fiziğin başbakanı*” olarak adlandırılır. **Helmholtz** babasının lise öğretmeni olarak çalıştığı Postdam’da doğdu. Sağlık durumu elvermediği için ilk eğitimini önce evde gördü. 17 yaşında Berlin’de Friedrich Wilhelm Enstitüsü’nde tıp eğitimine başladı. Tıp eğitiminden sonra 1843’ten başlayarak orduda doktor olarak çalıştı. Bu süre boyunca çok sayıda bilimsel makale yayınladı. Enerjinin korunumu kanunu matematiksel olarak gösterdi. 1848’de ordudan terhis edildikten sonra önce Berlin Sanat Akademisi’nde anatomi dersleri verdi. Sonra 1849 yılında Königsberg Üniversitesi’nde fizyoloji profesörü olarak çalışmaya başladı. Daha sonra 1855’te Bonn ve 1858’de Heidelberg’de fizyoloji, 1871’de Berlin’de fizik alanlarında profesörlük elde ederek çalışmalarda bulundu. 1870’de Prusya Bilimler Akademisi’ne seçildi.



Şekil 41: Herman von Helmholtz’ın tasarladığı, muayene eden kişinin iç kısımlarını görmesine olanak veren oftalmoskopun oyması

Fizyolojik optikler üzerine yaptığı çalışma sırasında oftalmoskop aletini keşfetti. Bu aletin ışığını²⁹⁷ hastanın gözüne girip çıkacak şekilde ayarlayarak retinanın görülmesini sağladı. Buna rağmen **Helmholtz** ne retinanın içine bakan ne de bu aleti kullanan ilk insan değildi. 1823’de **Johannes Purkinje** göz

arkasını gözlemledi.²⁹⁸

Tıp fakültesinde mezun olan **Purkinje** 1787 yılında Libochovice, Bohemia’da (Çekoslovakya) doğdu. Doktorasını tamamladıktan sonra filozofi profesörü olarak çalışmaya başladı. Breslau üniversitesinde dünyanın ilk filozofi kürsüsünü oluşturdu. 1839’da ilk resmi filozofi laboratuvarını kurdu. Üniversitede çalışırken yaptığı araştırmalar sonucunda ışık yoğunluğu azaldıkça kırmızı nesnelere mavi nesnelere renklerinin daha hızlı soluklaştığının fark etti. İlk defa “*mikrotom*” (incelenecek olan materyali çok küçük ve ince parçalara ayırmak için kullanılan alet) aletini keşfederek histoloji bilimine büyük katkı sağladı. **Purkinje**’nin diğer keşiflerinden biri de “*Purkinje images*” (görüntü) dir. Gözün tabakalarından nesnelere yansımalarıdır ve en az dört tanesi göze bakıldığında görülebilir şekildedir;

1. Korneanın dış yüzeyinden gelen yansımalar,
2. İç yüzeyinden gelen yansımalar,
3. Lenslerin dış yüzeyinden gelen yansımalar,
4. Lensin iç yüzeyinden gelen yansımalar.



Resim 31: Jan Evangelista Purkinje

3. ve 4. Purkinje görüntüleri gözün kendi içinde görülebilir ve merceğin içinden yansıyan ışık korneaya geri dönebilir. Buna “*entoptic phenomenon*” (kaynağın gözün kendisinin olduğu görüntüler) denir. “*Purkinje shift*” ise kırmızı ve mavi renklerin alacakaranlıkta parlaklıklarının giderek değişime uğramasıdır. Dolayısıyla değişik ışık yoğunluklarında göz yanılması oluşarak aynı rengin değişik kontrastlarda görüldüğünü keşfetmiştir.²⁹⁹

1847’de **Helmholtz**’un aletine benzer, aynalar kullanarak güneş ışığıyla işaret vermeye yarayan helyograf ve gözün içini incelemede kullanılan oftalmoskop aletini icat eden diğer bir bilim adamı da **Charles Babbage**’dir. 1871 yılında İngiltere’de doğdu. Zengin bir bankacının oğluydu. 1810’da Cambridge’deki Trinity College’a girdi. Matematik eğitimi, temelde **Newton**’un çalışmalarının incelenmesinden oluşuyordu. **Babbage** ve çağdaşları, Analitik Derneği’ni kurdular. 1816’da **Babbage**, **John Herschel** ve birkaç arkadaşı ile birlikte Lacroix’in yüksek matematik (birçok matematik problemi çözmede kullanılan önemli bir yöntem) üzerine yazdığı kitabı çevirdiler. 1822’de altı basamaklı sayıları toplayan bir hesap

makinesi modeli yaptı. Yaptığı hesap makinesini günümüz bilgisayarların geliştirilmesinde önemli katkı sağladı. Analitik makine yapmayı düşündü fakat zamanın malzeme ve imalat tekniği yeterli olmadığı için üretilmedi.³⁰⁰

Purkinje ve **Babbage**'nin diğer araştırma ve keşiflerinin yanı sıra icat ettikleri oftalmoskop aletleri genel olarak bilinmiyordu. **Helmholtz**, oftalmoskopu tekrar keşfederek dış ve iç göz kaslarının göz merceğinin odaklanması üzerine etkisini araştırdı ve 1802'de **Thomas Young** tarafından yayınlanan görme gücü teorisini geliştirdi.³⁰¹

DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Işık ve görme olayını inceleyen optik bilimini oluşturan kuramlar üzerine yapılan bu çalışmada incelemelerin iki farklı problem olan ışığın kaynağı ve görme oluşumu ile ışığın mahiyeti konusu üzerinde tartışıldığı görülmüştür.

Bu iki problem ele alındığında optik bilimi gelişimini iki dönemde tamamlamıştır.

1.bölüm, bütünüyle ışığın kaynağı, görme, yansıma ve kırılma olaylarının incelendiği klasik dönem

2.bölüm, 17.yüzyıldan 19.yüzyıla kadar olan ışığın doğasını kavramaya yönelik çalışmaların ve keşiflerin yapıldığı modern dönemdir.

Antikçağ'dan 17.yüzyıla kadar optik kuramlara egemen olan tartışma ışığın kaynağı ve görmedeki etkisi üzerine olmuştur. Bu doğrultuda ışığın nesneden geldiği veya gözden çıktığını savunan iki ayrı kuram gelişmiştir. Bu kuramlar M.S. 9.yüzyılda Ortaçağ İslam Dünyası'nda çeviri etkinliğinin başlamasıyla birlikte ayrıntılı bir biçimde incelenmiş ve optik kuramların kökeni zamanın en büyük optikçisi olarak adlandırılan İbn el-Heysem tarafından atılmıştır. O, optik bilimini kökten değiştirerek konuyu matematiksel ve fiziksel boyutu ile ele alarak ayrıntılı deneyler düzenlemiş, optiği bilim haline getirmiştir. Optik konusunda geliştirmiş olduğu kuramlar Doğu ve Batı kültüründe derin izler bırakmıştır. Özellikle de Batı biliminin uzun üzere dini temellere dayalı eğitim sisteminden kaynaklı olarak uzun süre Ortaçağ İslam Dünyası'ndan geride kalıp bunun bilincine varmaları üzerine 12.yüzyılın sonlarına doğru çeviri etkinliği başlamış ve batılı bilim adamlarının özellikle Roger Bacon, John Pecham ve Witelo'nun çalışmalarında İbn el-Heysem'in etkisi ortaya çıkmaya başlamıştır. 17.yüzyıla kadar optik konusunda Batı'da egemen olan İbn el-Heysem'in görüşleri Doğu'da da bilimsel optik geleneğinin doğmasına yol açmıştır. Bu etkinin ilk temsilcisi olan Kemâlüddin el-Farisi, İbn el-Heysem'le aynı konular üzerine çalışmış ve aynı sonuçlara ulaşmıştır. 16.yüzyılda İstanbul Rasathanesi'nin kurucusu Takiyüddin'de çalışmalarını bütünüyle İbn el-Heysem'den almış ve o da aynı sonuçlara ulaşmıştır.

Böylece 17.yüzyıla kadar hem Doğu hem de Batı'da tüm çalışmalarda İbn el-Heysem etkisi görülmekte ve optik biliminin tüm alt yapısı, bütün problem ve çözümleri İbn el-Heysem tarafından gerçekleştirildiği ortaya çıkmaktadır.

17.yüzyıl ve sonrası ışığın mahiyeti üzerine yapılan çalışmalar ön plana çıkmıştır. Bu dönemde asıl atılımı Newton parçacık kuramı ile atmıştır. Bütün olguları bu kurama göre çözümlenmeye çalışmıştır. 18.yüzyıl boyunca etkinliğini koruyan bu kuram, 18.yüzyıl sonlarında Thomas Young ve Fresnel'in yapmış olduğu bir dizi deneyler sonucunda girişim ve kırınım olaylarını açıklayamamasından dolayı dalga kuramı ön plana çıkmıştır. Fakat tanecik kuramı girişim ve kırınım olgularını açıklayamamasına rağmen temel ilkeleri sadece optikte değil bütün bilim dallarında da geçerlilik taşıma yönünden önemlidir.

Sonuç olarak, optik alanındaki bilimsel ilerlemeler kökten değişimlerle gerçekleşmiştir. Bu nedenle optik kuramların kökenini oluşturan Ortaçağ bilim adamları ile optiği bir bilim haline getiren bugünkü Arap coğrafyasını oluşturan Ortadoğu bilim dünyasında yaşamış bilim adamı İbn el-Heysen'e borçluyuz. Yapılan bu araştırma sonuçları ulaşılabilen kaynaklarla sınırlıdır. Bu alanda daha derin araştırmaların yapılması kanaati oluşmuştur.

KAYNAKLAR

- Acıduman A (2002). “İbn-i Sinâ'nın Bilim Tarihindeki Yeri: Kuhn'ca Bir Yaklaşımla”. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası, Cilt 55, Sayı 2.
- Acuner A (2000). “Astronomide Kullanılan Optik Teleskoplar ve Dünyanın Büyük Gözlemeleri”. Yüksek Lisan Tezi, T.C. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri A.D., Tandoğan –Ankara.
- Ağırakça A (2004). “İslam Tıp Tarihi Başlangıçtan VII./XIII. Yüzyıla Kadar”. Çağdaş Basın Yayın, İstanbul.
- Akdoğan C (1991). “Felsefe ve Bilim Tarihi”. Türkiye 1.Felsefe, Mantık ve Bilim Tarihi Sempozyumu Bildirileri, Ankara.
- Bayraktar M (2009). “İslam'da Bilim ve Teknoloji Tarihi”. T.D.V.Yayımları/30, Ankara.
- Bilim, Teknoloji ve İcatlar Ansiklopedisi, “Nasıl Çalışır”, Gelişim Yayınları, 1.cilt, 1980
- Bueche F.J & Jerde D.A (2007). “Fizik İlkeleri 2”, Çev: Prof. Dr. Kemal Daybelge, Palme Yayıncılık, İstanbul.
- “Cambridge Resimli İslam Dünyası Tarihi”, Ed: Francis Robinson, Kitap Yayınevi, 2005.
- Cantor G.N (1983). “Optics After Newton: Theories of light in Britain and Ireland”. 1704 - 1840, Manchester Üniversitesi Yayınları.
- Dağ M (2003). “Farabi'nin İki Yapıtı”. Ondokuz Mayıs Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, Sayı 14-15
- Farabi (1986). “İlimlerin Sayımı”, Çev: Ahmet Ateş, MEB Yayınları, İstanbul.
- Farabi (1989). “el-Medinetü'l Fâzıla”, Çev: Nafiz Danışman, İstanbul.
- “Geometrik Optik”, I.D.M.M.A. Temel B.B. Fizik Kürsüsü Yayını No: 9, Kot. No: 2, 1976-1977.
- Goca N (2000). “Optik”. Çev: Celal Çakır, Aktif Yayınevi, İstanbul.
- Guthrie, W. K. C (1988). “İlkçağ Felsefesi Tarihi”. Çev: Ahmet Cevizci, Ankara-1988
- Hecht E (2001). “Optics”, Uluslararası Baskı, Addison Wesley Yayınevi.
- Hall A.R (1993) “Ala As Light: An Introduction to Newton's Opticks”, Clarendon Yayınevi, Oxford.
- İbn-i Sina: “El-Kanun Fi't Tıbb”. Çev: Esin Kahya, 1. Kitap Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Atatürk Kültür Merkezi, Ankara-1995.

- Karataş M (2009) “8. Yüzyıldan 19.yüzyıla Müslüman Bilim Adamları”. Mostar Yayın, İstanbul.
- Kahya E, Tekeli S, Dosay M, Demir R, Unat Y & Topdemir H.G (1999). “Bilim Tarihine Giriş”. Nobel Yayınevi, Ankara.
- Kahyaoğlu İ: “İslam Medeniyetinin Batı’ya Etkileri”, Ankara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, cilt 29, sayı: 0 (<http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/37/770/9789.pdf> (erişim tarihi: 12.02.2011))
- Kirkland K & Grady Sean M (1996). “Optics: Illuminating the Power of Light, Science & Technology in Focus, Facts on File Inc”. New York -ABD, 1996
- Lachlan, J.M (2008) “Galileo Galilei İlk Fizikçi”. Çev: İnci KALINYAZGAN, Tübitak, 1.Basım, Ankara.
- Lindber D.C (1971). “Al Kindi’s Critique of Eukleides Theory of Vision”. Isis, 62.
- Lindberg D.C (1976). “Theories of Vision Al-Kindi to Kepler”, Chicago.
http://books.google.com/books?id=8A_auBvyFoC&pg=PA165&hl=tr&source=gbs_selected_pages&cad=3#v=onepage&q&f=false (erişim tarihi: 10.11.2010)
- Iizuka K (2008) “Engineering Optics”. 3. baskı, Springer Series in Optical Sciences, Springer Yayınevi.
- Lothian G.F (1975). “Optics and its Uses, The Modern University Physics Series”. Van Nostrand Reinhold Company, Londra-İngiltere.
- Lyons S.A & Petrucelli R.J (1997) “Çağlar Boyu Tıp”, Çev: Nilgün Güdücü, Omaş Ofset.
- Mason F.S (2001). “Bilim Tarihi” Çev: Umur Daybelge, Kültür Bakanlığı.
- Middleton Nowless W.E (1960). “Random Reflections on the History of Atmospheric Optics” Journal of Optical Society of America, Vol.50, No: 2.
- Nasr S.H (1990) “Şihabeddin Suhreverdi Maktul” Çev: M.Alper Tuğsuz, İslam Düşüncesi Tarihi, Türkçe Baskının Ed: M. Armağan, Cilt 1, İstanbul.
- “Ortaçağ Bilim Dünyasında Bilim ve Teknik (Makaleler)”. Ed: Yavuz Unat, Lotus yayınevi, Ankara, Ocak-2008.
- Özemre A.Y (1983). “Teorik Fizik Dersleri”. Cilt 4, Klasik Elektrodinamiğe Giriş, Dizinin Yöneticisi: Çetin Cansoy, İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Platon (1986). “Theaitetos Diyaloglar 2”. Çev: Macit Gökberk, İstanbul.
- Platon (1986). “Devlet”, Çev: S. Eyüboğlu & M. A. Cimcoz, İstanbul.
- Platon (1989). “Timaios”. Çev: Erol Güney & Lütfi Ay, İstanbul.

- Raman C.V (1942). "Newton and the History of Optics". Curr. Sci. 11 453-455.
- Raman C.V (1942). "Newton and History of Physics". Journal of Scientific and Industrial Research, No: 12.
- Ronan A.C (2003). "Bilim Tarihi", Çev: Ekmeleddin İhsanoğlu, Feza Günargun, Tübitak yayınları, I. Baskı.
- Römer H (2009). "Theoretical Optics", 2. Baskı, Wileh- VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim.
- Sayılı A (1984) "İbn Sina 'da Işık, Görme ve Gökkuşacağı" İbn Sina Doğumunun Bininci Yılı Armağanı, Türk Tarih Kurumu, Ankara.
- Serway R.A (1996). "Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Modern Fizik İlaveli". Çev. Ed: Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Sarton G (1927). "Inroduction to the History of Science, Cilt 1, Baltimore.
- Topdemir H.G. "Takiyüddin'in Optik Kitabı, Işığın Niteliği ve Görmenin Oluşumu, Kitâbu Nûr-i Hadakati'l-Ebsâr ve Nûr-i Hadîkati'l-Enzâr". T.C. Kültür Bakanlığı Yayınları, Osmanlı Eserleri Dizisi/5,
- Topdemir H.G (1997). "Takiyüddin'in Kitâbu Nuri Hadakati'l el-Ebsâr ve Nuri Hadikati'l el-Enzar Optik Kitabı". OTAM, Cilt 7, Ankara.
- Topdemir H.G (1997). "Takiyüddin'in Optiğe Katkıları". B.T.D.
- Topdemir H.G (1998). "Işığın Yayılimının Niteliği Konusunda Üç Önemli Adım: İbn el-Heysem, Kemâlüddin el-Farisi, Takiyüddin b.Marûf", D.T.C. Fakültesi Dergisi, Cilt 38, Sayı 1-2.
- Topdemir H.G (1999) "Kemalüddin el-Farisi ve Tenkih el-Menazır Adlı Kitabı", A.Ü. İlahiyat Fakültesi Dergisi, Necati Öner Armağanı, Cilt 40.
- Topdemir H.G (2002). "Kemalüddin el-Farisi'nin Optik Çalışmaları Üzerine Bir Değerlendirme". Nusha, yıl: II, sayı: 6.
- Topdemir H.G (2002). "Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heysem Hayatı, Eserleri ve Teorileri". AYK Atatürk Kültür Merkezi, Ankara.
- Topdemir H.G (2003). "Mirim Çelebi'nin Gökkuşacağı ve Halenin Oluşumu Adlı Optik Kitabı Üzerine Bir Değerlendirme". OTAM, Sayı: 13, Ankara.
- Topdemir H.G (2003). "Optik Biliminde Bir Öncü: İbn el-Heysem". Kutadgubilig, Sayı: 3, İstanbul.
- Topdemir H.G (2007/2). "Platon'da Bilgi Kaynağı Olarak Görme". Felsefe Dünyası, sayı- 46 (<http://80.251.40.59/humanity.ankara.edu.tr/topdemir/platondagorme.pdf> (erişim tarihi: 13.01.2011))

- Topdemir H.G (2008). “İbn el-Heyssem ve Yeni Optik”. Lotus Yayınevi, Ankara
- Topdemir H.G & Unat Y (2009). “Bilim Tarihi”. Pegem, 2.Baskı, Ankara.
- Topdemir H.G (2009). “İbn Sina: Doğunun Sönmeyen Yıldızı”. I.Baskı, Say yayınları, İstanbul.
- Topdemir H.G (2010). “Işığın Öyküsü Mitolojiden Matematiğe Işık Kuramlarının Tarihsel Gelişimi”. Tübitak, 2.Basım, Ankara.
- Topdemir H.G (1992). “İbn el-Heyssem’in Optik Araştırmaları”. Bilim ve Felsefe Metinleri, Cilt I, Sayı I.
- Topdemir H.G (2002). “Fatih Döneminde Fizik Çalışmaları”, Bilim ve Ütopya, Sayı 96.
- T.C. Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, c.XXX, İstanbul-2005,
- Uzdilek S.M (1958). “Umumi Fizik Geometrik Optik”, 4.cilt - Kısım II-A, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsüyü.
- Vohnsen B (2004). “A Short History of Optics”. Physica Scripta, Vol. T109.
- <http://www.ihsanfazlioglu.net/yayinlar/makaleler/1.php?id=110MirimÇelebi>
(erişim tarihi: 12.03.2010)
- Unat Y (2004). “Takiyüddin İstanbul Gözlem Evi”. Zaman İçinde İstanbul, Sayı 51
(http://www.akat.org/ast_tarihinden/takiyuddin.html (erişim tarihi: 25.04.2010)
- “Takiyüddin”, Ed: Hüsnü Aslan, <http://www.onlinefizik.com> (erişim tarihi: 25.04.2010)
- <http://rehber.ihya.org/yenirehber/ibn-i-heyssem.html> (erişim tarihi: 12.09.2010)
- <http://www.ansiklopedim.com/detay/5669/Optik.htm> (erişim tarihi: 04.11.2010)
- <http://www.fizikevreni.com/optik-1.pdf> (erişim tarihi: 04.11.2010)
- Kaygusuz İ: İMAM CAFER SADIĞ VE BİLİM “İmam Cafer Sadık’ın Bilimsel Kişiliği ve Cabir ibn Hayyan” <http://ismailkaygusuz.com/Dosya/pdf/Imam%20Cafer.pdf> (erişim tarihi: 12.11.2010)
- Küçük S: “Ortaçağ’da Bilim-2”, Hacettepe Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Tarih Bölümü, Bilim Tarihi Ders Notları, http://yunus.hacettepe.edu.tr/~skuçuk/bilim_ve_bilim_tarihi.pdf (erişim tarihi: 04.12.2010)
- “Öklid’in Hayatı”, (<http://www.metu.edu.tr/~beyaz/303/sunumlar/ozgeErdem.pdf> (erişim tarihi: 05.12.2010)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Newtonian_telescope (erişim tarihi: 07.02.2011)

<http://bilimge.com/index.php/component/content/article/77-matematik tarihi/1003--iskenderiyeli-heron.html> (erişim tarihi: 09.01.2011)

<http://www.turkcebilgi.com/heron/ansiklopedi> (erişim tarihi: 09.01.2011)

Koçin A: “Psikofizyoloji Biliminin Kurucusu el-Kindi” Çağını Aşanlar,
(<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/biliminsanlari/caginiyanlar/S-275-58.pdf>)
(erişim tarihi: 10.01.2011)

Roger Bacon (Filozof Biyografileri)”,
(<http://www.filozof.net/Turkce/filozof-biyografi-b/17-roger-bacon.pdf>)
(erişim tarihi: 10.01.2011)

<http://www.erdemyolu.com/bilim/bati-dunyasinda-batili-bilginler.htm>
(erişim tarihi: 10.01.2011)

<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/MachZehnder/MachZehnder.html>
(erişim tarihi: 11.01.2011)

MEGEP Grafik ve Fotoğraf Pinhole (iğne deliği) Kamera, Ankara- 2007
(http://cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/grafik/moduller/pinhole_igne_deligi_kamera.pdf) (erişim tarihi: 11.01.2011)

Erzurumluoğlu A: “Ptolemy’nin Optik ve Astroloji Çalışmaları & İskenderiyeli Heron”,
Sunum raporu, <http://bilimge.com/index.php/component/content/article/77-matematik tarihi/1003--iskenderiyeli-heron.html> (erişim tarihi: 12.01.2011)

<http://www.bilimselkonular.com/index.php/bilimin-seruveni/896-ortaca-slam-duenyasnda-bilim.html> (erişim tarihi: 12.01.2011)

<http://www.egitimblog.net/optigi-kim-icat-etti.html> (erişim tarihi: 24.01.2011)

http://en.wikipedia.org/wiki/Newtonian_telescope (erişim tarihi: 07.02.2011)

www.istanbulfotograf.com.tr/tarihce.html (erişim tarihi: 12.02.2011)

[http://www.uyurgezer.net/camera-obscura-igne-deligi-nedir-;](http://www.uyurgezer.net/camera-obscura-igne-deligi-nedir-) (erişim tarihi: 12.02.2011)

http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Robert_Grosseteste (erişim tarihi: 12.02.2011)

<http://www.timeturk.com/tr/makale/salim-ayduz/ilk-bilim-adami-ibnu-l-heysem.html>
(erişim tarihi: 12.03.2011)

<http://www.turkansiklopedi.com/teknoloji/70-arac-ve-gerecler/17636-ofthalmoskop.html>
(erişim tarihi: 15.03.2011)

<http://www.cartage.org.lb/en/themes/sciences/Physics/Optics/briefhistory/briefhistory.htm>
(erişim tarihi: 14.02.2011)

http://tr.wikipedia.org/wiki/Hermann_von_Helmholtz (erişim tarihi: 15.03.2011)

http://en.wikipedia.org/wiki/Jan_Evangelista_Purkyn%C4%9B (erişim tarihi: 03.04.2011)

www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=4645 (erişim tarihi: 03.04.2011)

http://tr.wikipedia.org/wiki/Thomas_Young (erişim tarihi: 04.04.2011)

http://www.felsefe.gen.tr/hermann_von_helmholtz_kimdir.asp (erişim tarihi: 09.04.2011)

http://vizyon21yy.com/documan/Egitim_Ogretim/Onemli_Insanlari/Yab_Bilim_Insnlari_1/A_J_Fresnel/Augustine_Jean_Fresnel.html (erişim tarihi: 23.04.2011)

Oturak S: “Teleskoplar”

http://www.gokyuzu.org/index.php?option=com_content&task=view&id=84&Itemid=78 (erişim tarihi: 09.05.2011)

“Teleskop ve Dedektörler”

http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/selam/TR/ast404/Bolum_05_Teleskoplar_ve_Dedektorler.pdf (erişim tarihi: 10.05.2011)

Polatlı A: “Teleskop Türleri”,

<http://www.makaleler.com/astroloji-makaleleri/teleskop-turleri.htm>
(erişim tarihi: 14.05.2011)

ŞEKİLLERİN KAYNAKLARI

Şekil 1: Efesli Rufus'un 2.yy göz ile ilgili tanımlarına dayanılarak çizilmiş göz resmi;

Lyons S.A & Petrucelli R.J (1997). “Çağlar Boyu Tıp”. Çev: Nilgün Güdücü, Omaş Ofset, s.248.

Şekil 2: Eukleides'e göre gözüşin konisi;

Topdemir H.G (2002). “Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heysem Hayatı, Eserleri ve Teorileri”, AYK Atatürk Kültür Merkezi, Ankara, s.31.

Şekil 3: Heron'un yansıma kanununu kanıtlaması;

Topdemir H.G (2010). “Işığın Öyküsü Mitolojiden Matematiğe Işık Kuramlarının Tarihsel Gelişimi”, Tübitak, 2.Basım, Ankara, s.35.

Şekil 4: Batlamyus'a göre yansımanın geometrisi;

Topdemir H.G (2002). “Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heysem Hayatı, Eserleri ve Teorileri”. AYK Atatürk Kültür Merkezi, Ankara, s.56.

Şekil 5: Batlamyus'un yansıma kanununu kanıtlamakta kullandığı dereceli disk;

Topdemir H.G (2002). “Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heysem Hayatı, Eserleri ve Teorileri”. AYK Atatürk Kültür Merkezi, Ankara, s.57.

Şekil 6: El-Kindi'ye göre görsel koni;

Topdemir H.G (1992). “İbn el-Heysem'in Optik Araştırmaları”. Bilim ve Felsefe Metinleri, Cilt I, Sayı I, s.70.

Şekil 7: İbn Sina'ya göre görme geometrisi;

Topdemir H.G (2002). “Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heysem Hayatı, Eserleri ve Teorileri”. AYK Atatürk Kültür Merkezi, Ankara, s.38.

Şekil 8: İbn el-Heysem'in 16.yy.da “Kitab el-Menazır” eserinin Latince baskısındaki göz çizimi;

Topdemir H.G (2010). “Işığın Öyküsü Mitolojiden Matematiğe Işık Kuramlarının Tarihsel Gelişimi”. Tübitak, 2.Basım, Ankara, s:71.

Şekil 9: İbn Heysem'e göre görmenin geometrik açıklaması;

Topdemir H.G (1992). “İbnü'l Heysem'in Optik Araştırmaları”. Bilim ve Felsefe Metinleri c.I, sayı I, s.73.

Şekil 10: İbn el-Heysem'e göre gözün yapısı;

Topdemir H.G (2002). “Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heysem Hayatı, Eserleri ve Teorileri”. AYK Atatürk Kültür Merkezi, Ankara, s.10.

Şekil 11: İbn el-Heysem'in yansıma kanununu kanıtlaması;

Topdemir H.G (2002). "Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heysem Hayatı, Eserleri ve Teorileri". AYK Atatürk Kültür Merkezi, Ankara, s.58.

Şekil 12: İbn el-Heysem'in hızlar dörtgenini açıklaması;

Topdemir H.G (2002). "Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heysem Hayatı, Eserleri ve Teorileri". AYK Atatürk Kültür Merkezi, Ankara, s.76.

Şekil 13: İbn el-Heysem'in karanlık oda çalışması;

<http://www.egitimblog.net/optigi-kim-icat-etti.html> (erişim tarihi: 24.01.2011)

Şekil 14: İbnü'l-Heysem'in fikirlerinden yola çıkan Kemâlüddîn el-Fârisî'e ait göz anatomisi çizimi. El yazması üzerindeki Arapça yazılarda beynin retina üzerine düşen görüntüyü oluşturmada etkisinden bahsedilmektedir.

<http://www.timeturk.com/tr/makale/salim-ayduz/ilk-bilim-adami-ibnu-l-heysem.html> (erişim tarihi: 12.03.2011)

Şekil 15: Kemâlüddîn el-Fârisî'nin düzlem aynada yansıma kanununu kanıtlaması;

Topdemir H.G (20002). "Kemalüddin el-Farisi'nin Optik Çalışmaları Üzerine Bir Değerlendirme". Nüsha, Yıl: II, sayı:6, s.157.

Şekil 16: Farklı ortamlardaki bir nesneni görüntü konumları;

Topdemir H.G (2002). "Kemalüddin el-Farisi'nin Optik Çalışmaları Üzerine Bir Değerlendirme". Nüsha, Yıl: II, sayı:6, s.160.

Şekil 17: *Optic studies from De Natura Locorum. The diagram shows light being refracted by a spherical glass container full of water (De Natura Locorum eserinden Optik çalışmalar. İçi su dolu kaptaki küresel cam ile kırılma olayı);*

http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Robert_Grosseteste (erişim tarihi: 12.02.2011)

Şekil 18: Bacon'a göre görsel piramit;

Topdemir H.G (2002). "Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heysem Hayatı, Eserleri ve Teorileri". AYK Atatürk Kültür Merkezi, Ankara, s.102.

Şekil 19: Pecham'ın göz çizimi;

Topdemir H.G (2010). "Işığın Öyküsü Mitolojiden Matematiğe Işık Kuramlarının Tarihsel Gelişimi". Tübitak, 2.Basım, Ankara, s.116.

Şekil 20: Pecham'ın yansıma kanununu kanıtlaması;

Topdemir H.G (2002). "Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heysem Hayatı, Eserleri ve Teorileri". AYK Atatürk Kültür Merkezi, Ankara, s.111.

Şekil 21: Pecham'a göre düzlem aynada görüntü oluşumu;

Topdemir H.G (2002). "Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heysem Hayatı, Eserleri ve Teorileri". AYK Atatürk Kültür Merkezi, Ankara-2002, s.112.

Şekil 22: Witelo'ya göre küresel sapınç;

Topdemir H.G (2002). "Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heysem Hayatı, Eserleri ve Teorileri". AYK Atatürk Kültür Merkezi, Ankara, s.118.

Şekil 23: Newton Teleskopu

http://en.wikipedia.org/wiki/Newtonian_telescope (erişim tarihi: 07.02.2011)

Şekil 24: Newton halkalarının oluşma prensibi ve Newton Halkaları

Serway R.A (1996). "Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Modern Fizik İlaveli", Çev. Ed: Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık, Ankara, s.1063-1064.

Şekil 25: Huygens Prensibi

Serway R.A (1996). "Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Modern Fizik İlaveli". Çev. Ed: Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık, Ankara, s.997.

Şekil 26: Işığın Huygens prensibine göre hareketi ve Young'un girişim prensibi

Serway R.A (1996). "Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Modern Fizik İlaveli". Çev. Ed: Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık, Ankara, s.1049.

Şekil 27: Young'un girişim prensibi ve sonuçları

Serway R.A (1996). "Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Modern Fizik İlaveli". Çev. Ed: Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık, Ankara, s.1051.

Şekil 28: Young'un girişim prensibi - çift yarık

Serway R.A (1996). "Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Modern Fizik İlaveli". Çev. Ed: Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık, Ankara, s.1051.

Şekil 29: Fresnel lensi

http://vizyon21yy.com/documan/Egitim_Ogretim/Onemli_Insanlari/Yab_Bilim_Insnlari_1/A_J_Fresnel/Augustine_Jean_Fresnel.html (erişim tarihi: 23.04.2011)

Şekil 30: Fizeau ışık hızını ölçmede kullandığı dişli çark

Serway R.A (1996). "Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Modern Fizik İlaveli". Çev. Ed: Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık, Ankara, s.987.

Şekil 31: İnterferometrenin çalışma prensibi

Serway R.A (1996). "Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Modern Fizik İlaveli". Çev. Ed: Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık, Ankara, s.1063-1065.

Şekil 32: Mach-Zehnder İnterferometresi

<http://www.upscale.utoronto.ca/PVB/Harrison/MachZehnder/MachZehnder.html> (erişim tarihi: 11.01.2011)

Şekil 33: Küresel ve Kromatik Sapma

Serway R.A (1996). “Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Modern Fizik İlaveli”. Çev. Ed: Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık, Ankara, s.1153.

Şekil 34: a) İnce Kenarlı Mercek, b) Kalın Kenarlı Mercek

<http://mail.fenokulu.net/portal/Sayfa.php?Git=KonuKategorileri&Sayfa=KonuBaslikListesi&baslikid=86&KonuID=1325> (erişim tarihi: 30.05.2011)

Şekil 35: Gözlem borusu

Topdemir H.G (2010). “Işığın Öyküsü Mitolojiden Matematiğe Işık Kuramlarının Tarihsel Gelişimi”. Tübitak, 2.Basım, Ankara, s.214.

Şekil 36: Mercekle teleskobun çalışma prensibi

“Teleskop ve Dedektörler”

http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/selam/TR/ast404/Bolum_05_Teleskoplar_ve_Dedektörler.pdf (erişim tarihi: 10.05.2011)

Şekil 37: Newton Tipi Teleskop

Oturak S: Teleskoplar

http://www.gokyuzu.org/index.php?option=com_content&task=view&id=84&Itemid=78

(erişim tarihi: 09.05.2011)

Şekil 38: Cassegrain Tipi Teleskop

Oturak S: Teleskoplar

http://www.gokyuzu.org/index.php?option=com_content&task=view&id=84&Itemid=78

(erişim tarihi: 09.05.2011)

Şekil 39: Newton, Cassegrain ve Coude Teleskobu

“Teleskop ve Dedektörler”

http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/selam/TR/ast404/Bolum_05_Teleskoplar_ve_Dedektörler.pdf (erişim tarihi: 10.05.2011)

Şekil 40: Bir tür oftalmoskop aleti

www.glokom-net.org/oftalmoloji_tarihi.ppt (erişim tarihi: 12.06.2011)

Şekil 41: Herman von Helmholtz’ın ve tasarladığı, muayne eden kişinin iç kısımlarını görmesine olanak veren oftalmoskopun oyması

Lyons S. A & Petrucelli R.J (1997). “Çağlar Boyu Tıp”. Çev: Nilgün Güdücü, Omaş Ofset, s.521.

DİPNOT LİSTESİ

- ¹ Vohnsen B.A (2004). “Short History of Optics”. Physica Scripta. Vol. T109, 75–79, s.9.
- ² Goca N (2000). “Optik”. Çev: Celal Çakır, Aktif Yayınevi, İstanbul, s.3.
- ³ Bazı kaynaklar optik bilimini geometrik ve dalga optiği olarak 2 kısma ayırır. Bkz. (<http://www.fizikevreni.com/optik-1.pdf>) (erişim tarihi:04.11.2010)
- ⁴ “Geometrik Optik”, I.D.M.M.A. Temel B.B. Fizik Kursusu Yayını No:9, Kot. No: 2, 1976-1977 s.1.
- ⁵ <http://www.fizikevreni.com/optik-1.pdf> (erişim tarihi: 04.11.2010)
- ⁶ <http://www.ansiklopedim.com/detay/5669/Optik.htm> (erişim tarihi: 04.11.2010)
- ⁷ Topdemir H.G (1998). “Işığın Yayılımının Niteliği Konusunda Üç Önemli Adım: İbn el-Heyssem, Kemâlüddin el-Farisi, Takiyüddin b.Marûf”. D.T.C. Fakültesi Dergisi, Cilt 38, Sayı 1-2, s.382.
- ⁸ Topdemir H.G (2010). “Işığın Öyküsü Mitolojiden Matematiğe Işık Kuramlarının Tarihsel Gelişimi”. Tübitak, 2.Basım, Ankara. s.6.
- ⁹ Bueche F.J & Jerde D.A (2007). “Fizik İlkeleri”. Çev: Prof. Dr. Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık, s.688-697.
- ¹⁰ Topdemir, 2010, s.11-12.
- ¹¹ <http://www.fizikevreni.com/optik-1.pdf> (erişim tarihi: 04.11.2010)
- ¹² <http://www.fizikevreni.com/optik-1.pdf> (erişim tarihi: 04.11.2010)
- ¹³ “Cambridge Resimli İslam Dünyası Tarihi”. Ed: Francis Robinson, Kitap Yayınevi, 2005, s.11.
- ¹⁴ Topdemir H. G (2008). “İbn el-Heyssem ve Yeni Optik”. Lotus Yayınevi, Ankara, s.2.
- ¹⁵ Topdemir H. G: Takiyüddin’in Optik Kitabı, Işığın Niteliği ve Görmenin Oluşumu, Kitâbu Nûr-i Hadakati'l-Ebsâr ve Nûr-i Hadîkati'l-Enzâr, T.C. Kültür Bakanlığı Yayınları, Osmanlı Eserleri Dizisi/5, s.11.
- ¹⁶ Kirkland K & Grady Sean M (1996), “Optics: Illuminating the Power of Light”, Science & Technology in Focus, Facts on File Inc, New York -ABD, s.12.
- ¹⁷ “Cambridge Resimli İslam Dünyası Tarihi”, s.23.
- ¹⁸ Uzdilek S. M (1958). “Umumi Fizik Geometrik Optik”, 4.cilt-Kısım II-A, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsüyü, s.697.
- ¹⁹ “Geometrik Optik”, I.D.M.M.A. yayınları, 1976-1977, s.2.
- ²⁰ Middleton Nowless W. E (1960). “Random Reflections on the History of Atmospheric Optics”. Journal of Optical Society of America, Vol.50, No:2, ss.97-100.
- ²¹ Uzdilek, 1958, s.40.
- ²² Kirkland & Grady Sean, 1996, s.18.
- ²³ Topdemir, H.G (2002). “Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heyssem Hayatı”. Eserleri ve Teorileri, AYK Atatürk Kültür Merkezi, s.1; Topdemir, 2010, s.3.
- ²⁴ Topdemir, 2002, s.1; Topdemir, 2010, s.4.
- ²⁵ Topdemir, 2002, s.1.
- ²⁶ Ronan A.C (2003). “Bilim Tarihi”. Çev: Ekmeleddin İhsanoğlu, Feza Günergun, Tübitak yayınları, I. Baskı, s.143.
- ²⁷ Ronan, 2003, s.189.
- ²⁸ Topdemir H. G (2007/2). “Platon’da Bilgi Kaynağı Olarak Görme”. Felsefe Dünyası, sayı 46, s.67.
- ²⁹ Burada üç ayrı kuramdan bahsetmektedir. Üçüncü kuram; göz ve nesne arasındaki bağlantıyı aradaki ortamın kurduğunu savunan “ortamcı kuram”dır. Bkz., “Işığın Öyküsü”, s.9.

- ³⁰ Kaygusuz İ: İmam Cafer Sadık ve Bilim “İmam Cafer Sadık’ın Bilimsel Kişiliği ve Cabir ibn Hayyan”. <http://ismailkaygusuz.com/Dosya/pdf/Imam%20Cafer.pdf> (erişim tarihi: 12.11.2010)
- ³¹ Topdemir, 1998, s.383; ; Topdemir, 2002, s.1-2; Topdemir H. G (2003). “Optik Biliminde Bir Öncü: İbn el-Heysen”. Kutadgubilig, Sayı:3, İstanbul, s.19; ; Topdemir, 2010, s.6.
- ³² Guthrie W. K. C (1988). “İlkçağ Felsefesi Tarihi”, Çev: Ahmet Cevizci, Ankara, s.75.
- ³³ Burada yararlandığım kaynakçanın yazarı Empodekles’in Göz –ışın kuramını savunduğunu belirtirken, aynı yazar farklı bir makalede Empodekles’in görme olayını, gözün gözenekli olması ve dışarıdaki nesnelere yayılan ışınların gözün gözeneklerinden içeri girmesiyle oluştuğunu ve nesne-ışın kuramı denilen bu görüşün kısmen Empedokles tarafından geliştirildiğini ifade etmiştir. Bkz: Topdemir H. G: “Platon’da Bilgi Kaynağı Olarak Görme”, s.69
- ³⁴ Topdemir, 2002, ss.28-30; Topdemir, 2007/2, s.69; Lindberg D. C (1976). “Theories of Vision Al-Kindi to Kepler”. Chicago, s. 3-A.
- ³⁵ Lyons S. A & Petrucelli R. J (1997). “Çağlar Boyu Tıp”. Çev: Nilgün Güdücü, Omaş Ofset, s.249; Kahya E, Tekeli S, Dosay M, Demir R, Unat, Y & Topdemir H.G (1999). “Bilim Tarihine Giriş”. Ankara, s. 95.
- ³⁶ Topdemir H.G (1992). “İbn el-Heysen’in Optik Araştırmaları” Bilim ve Felsefe Metinleri, Cilt I, Sayı I, s.69; Topdemir, 2002, s.2-32; Topdemir, 2010, s.11,13.
- ³⁷ Topdemir, 2010, s.10.
- ³⁸ Topdemir, 1992, s.69; Topdemir, 2002, s.2.
- ³⁹ Topdemir, 1992, s.69.
- ⁴⁰ Ronan, 2003, s.97-98.
- ⁴¹ Dağ M (2003). “Farabi’nin İki Yapıtı”. Ondokuz Mayıs Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, Sayı 14-15, s.26. (http://dergi.samsunilahiyat.com/Makaleler/1996705450_200315020150.pdf (erişim tarihi:13.11.2010)
- ⁴² Platon’un ışık, göz ve görme konularında daha geniş fikirleri için şu diyaloglarına bakılabilir: Platon: (1986). “Theaitetos Diyaloglar 2”. Çev: Macit Gökberk, İstanbul, s.199. (156 d-e); Platon (1986). “Devlet”. Çev: S. Eyüboğlu & M. A. Cimcoz, İstanbul, s. 194-195. (507c-508d)
- ⁴³ Topdemir, 2002, s.29; Topdemir, 2007/2, s.76.
- ⁴⁴ Topdemir,, 2007/2, s.80.
- ⁴⁵ Topdemir, 2010, s.15.
- ⁴⁶ Platon (1989). “Timaios”. Çev: Erol Güney & Lütfi Ay, İstanbul, s.95-96; Topdemir, 2007/2, s.81; Topdemir, 2010, s.16.
- ⁴⁷ Topdemir, 2007/2, s.82; Topdemir, 2010, s.17.
- ⁴⁸ Topdemir, 2002, s.29.
- ⁴⁹ Ronan, 2003, ss.104-106.
- ⁵⁰ Topdemir, 2002, s.29.
- ⁵¹ Topdemir, 2010, s.22.
- ⁵² Topdemir, 2002, s.36.
- ⁵³ Topdemir, 2002, s.101.
- ⁵⁴ Sayılı A (1984). “İbn Sina’da Işık, Görme ve Gökkuşluğu” İbn Sina Doğumunun Bininci Yılı Armağanı. Ankara, s.211; Lindberg, 1976, s.8.
- ⁵⁵ Topdemir, 2010, s.24.
- ⁵⁶ Ronan, 2003, s.119-120.
- ⁵⁷ “Öklid’in Hayatı”, s.2. (<http://www.metu.edu.tr/~beyaz/303/sunumlar/ozgeErdem.pdf> (erişim tarihi: 05.12.2010)
- ⁵⁸ Topdemir, 2010, s.22.

- ⁵⁹ Topdemir, 2002, s.30-31
- ⁶⁰ Topdemir, 2002, s.28-29; Topdemir, 2010, s.31.
- ⁶¹ Ronan, 2003, s.133-134.
- ⁶² Topdemir, 2002, s.30.
- ⁶³ <http://bilimge.com/index.php/component/content/article/77-matematiktarihi/1003--iskenderiyeli-heron.html> ; <http://www.turkcebilgi.com/heron/ansiklopedi> (erişim tarihleri: 09.1.2011)
- ⁶⁴ Bazı kaynaklarda katoptrika olarak geçmektedir. Bkz.: “Işığın Öyküsü”, s.34.
- ⁶⁵ Topdemir H & Unat Y (2009). “Bilim Tarihi”, Pegem Yayınevi, 2.Baskı, Ankara, s.50; “Bilim Tarihine Giriş”, 1999, s.83; Topdemir, 2010, s.36.
- ⁶⁶ Topdemir & Unat, 2009, s.50; “Bilim Tarihine Giriş”, 1999, s:84,
- ⁶⁷ Erzurumluoğlu A: “Ptolemy’nin Optik ve Astroloji Çalışmaları & İskenderiyeli Heron” Sunum raporu, (<http://bilimge.com/index.php/component/content/article/77-matematiktarihi/1003--iskenderiyeli-heron.html> (erişim tarihi: 12.01.2011)
- ⁶⁸ Topdemir, 2002, s.36.
- ⁶⁹ Topdemir, 2010, s.36-37.
- ⁷⁰ Topdemir, 2002 s.101.
- ⁷¹ Topdemir, 2002, s.101.
- ⁷² Topdemir & Unat, 2009, s.57.
- ⁷³ Topdemir & Unat, 2009, s.57; Topdemir, 2010, s.42.
- ⁷⁴ Topdemir, 2010, s.42.
- ⁷⁵ Küçük S: “Ortaçağ’da Bilim-2”, Hacettepe Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Tarih Bölümü, Bilim Tarihi Ders Notları, s.8. (http://yunus.hacettepe.edu.tr/~skuçuk/bilim_ve_bilim_tarihi.pdf (erişim tarihi: 04.12.2010)
- ⁷⁶ Topdemir, 2008, s.126; Daha geniş bilgi için bkz: Kahyaoğlu İ. “İslam Medeniyetinin Batı’ya Etkileri”, Ankara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi, cilt 29, sayı:0
- ⁷⁷ Topdemir, 2008, s.126; Topdemir, 2010, 102; Topdemir & Unat, 2009, s.69; Küçük S: “Ortaçağ’da Bilim-2”, s.8.
- ⁷⁸ Topdemir, 1992, s.69; Topdemir, 2006, s.101; Topdemir, 2008, s.128.
- ⁷⁹ Topdemir, 2002, s.101.
- ⁸⁰ Küçük S: “Ortaçağ’da Bilim-2”, s.4; Topdemir, 2008, s.35.
- ⁸¹ “Roger Bacon (Filozof Biyografileri)” (<http://www.filozof.net/Turkce/filozof-biyografi-b/17-roger-bacon.pdf> (erişim tarihi: 10.1.2011)
- ⁸² Topdemir, 2002, s.116; Topdemir, 2008, s.132.
- ⁸³ Küçük S: “Ortaçağ’da Bilim-2”, s.7-8.
- ⁸⁴ Topdemir, 2008, s.136.
- ⁸⁵ Topdemir, 2008, s.137.
- ⁸⁶ Topdemir, 2002, s.123; Topdemir, 2008, s.138.
- ⁸⁷ Topdemir, 2002, s.124; Topdemir, 2008, s.138.
- ⁸⁸ Topdemir H. G (2002). “Kemalüddin el-Farisi’nin Optik Çalışmaları üzerine Bir Değerlendirme” Nüsha, Yıl:II, sayı:6, s.149-151. (<http://80.251.40.59/humanity.ankara.edu.tr/topdemir/kemaloptikcalismalari.pdf> erişim tarihi: 12.11.2009)
- ⁸⁹ Topdemir, 2006, s.102; Topdemir, 2008, s.139.
- ⁹⁰ Topdemir, 2002, s.131-132; Topdemir, 2008, s.139-140.
- ⁹¹ Topdemir, 2002, s.135.

- ⁹² Topdemir, 2010, s.47; Topdemir & Unat, 2009, s.95; Kahyaoğlu İ: “İslam Medeniyetinin Batı’ya Etkileri”, s:215-216
- ⁹³ <http://www.bilimselkonular.com/index.php/bilimin-seruveni/896-ortaca-slam-duenyasnda-bilim.html>
- ⁹⁴ İbn-i Sina (1995) “El-Kanun Fi’t Tıbb”, Çev: Esin Kahya, 1. Kitap Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Atatürk Kültür Merkezi, Ankara, s. 17.
- ⁹⁵ Topdemir H. G (2002). “Fatih Döneminde Fizik Çalışmaları”. Bilim ve Ütopya, Sayı 96, ss:34-37 <http://eskieserler.com/dosyalar/m1697nrl.pdf>, s:1 (erişim tarihi: 03.10.2010); “Bilim Tarihine Giriş”, 1999, s. 144.
- ⁹⁶ Nasr S. H (1990). “Şihabeddin Suhreverdi Maktul”. Çev: M. Alper Tuğsuz, İslam Düşüncesi Tarihi, Türkçe Baskının editörü: M. Armağan, Cilt 1, İstanbul, s.415.
- ⁹⁷ Topdemir, 2002, s.100; Topdemir, 2009, s.48; Topdemir, “Fatih Döneminde Fizik Çalışmaları”, s.4.
- ⁹⁸ Ağırakça A (2004). “İslam Tıp Tarihi Başlangıçtan VII./XIII. Yüzyıla Kadar”. Çağdaş Basın Yayın, İstanbul, ss.176-178; Topdemir, 2009, s.55.
- ⁹⁹ Farabi (1986). “İlimlerin Sayımı”. Çev: Ahmet Ateş, MEB. Yayınları, İstanbul, ss.92-94; Topdemir, 2008, s.81.
- ¹⁰⁰ Daha geniş bilgi için bkz: Farabi (1989). “İhsa el-Ulûm”. Çev: Ahmet Ateş, İstanbul, s.99-100.
- ¹⁰¹ Topdemir, 2009, s.56.
- ¹⁰² Dağ, 2003, s.36; Farabi (1989). “el-Medinetü’l Fâzıla”. Çev: Nafiz Danışman, İstanbul, s.67.
- ¹⁰³ Bayraktar M (2009). “İslam’da Bilim ve Teknoloji Tarihi”, Türk Diyanet Vakfı Yayınları/30, Ankara, s. 142.
- ¹⁰⁴ “Ortaçağ Bilim Dünyasında Bilim ve Teknik (Makaleler)”, Ed: Yavuz Unat, Lotus yayınevi, Ankara, Ocak- 2008, s.252-267; Acıduman A (2002). “İbn-i Sinâ’nın Bilim Tarihindeki Yeri: Kuhn’ca Bir Yaklaşımla”, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası, Cilt 55, Sayı 2, s.117; Topdemir H. G (2009) “İbn Sina: Doğunun Sönmeyen Yıldızı”, I.Baskı, Sayı yayınları, İstanbul, s.72-74.
- ¹⁰⁵ Sarton G (1927). “Introduction to the History of Science”. Cilt 1, Baltimore, s.721; Topdemir, 2008, s.25.
- ¹⁰⁶ Topdemir, 2010, s.63-75-76.
- ¹⁰⁷ İmama Cafer Sadık hk.geniş bilgi için bkz: Kaygusuz İ: İmam Cafer Sadık ve Bilim: İmam Cafer Sadık’ın Bilimsel Kişiliği ve Cabir İbn Hayyan” <http://ismailkaygusuz.com/Dosya/pdf/Imam%20Cafer.pdf> (erişim tarihi: 20.12.2010)
- ¹⁰⁸ Kaygusuz İ: “İmam Cafer Sadık ve Bilim: İmam Cafer Sadık’ın Bilimsel Kişiliği ve Cabir İbn Hayyan”, s.2-3.
- ¹⁰⁹ Topdemir H. G (1997). “Takiyüddin’in Kitâbu Nuri Hadakati’l el-Ebsâr ve Nuri Hadikati’l el-Enzar Optik Kitabı”. OTAM, Cilt 7, Ankara, s.253-254; Topdemir, 1998, s.383.
- ¹¹⁰ Topdemir, 2010, s.51; doğum tarihi bazı kaynaklarda 796, bazılarında 803 olarak geçmektedir. Bkz: “Psikofizyoloji Biliminin Kurucusu el-Kindi”, Çağın Aşanlar, Haz: Abdülhakim KOÇİN, s.58. <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/biliminsanlari/caginiasanlar/S-275-58.pdf> (erişim tarihi:10.01.2011)
- ¹¹¹ Topdemir, 2008, s.53; Topdemir, 2010, s.48.
- ¹¹² “Psikofizyoloji Biliminin Kurucusu el-Kindi”, s.58.
- ¹¹³ Unat, 2008, s.270; Topdemir, 2002, s.35.
- ¹¹⁴ Lindber D.C (1971). “Al Kindi’s Critique of Eukleides Theory of Vision”, Isis, 62, s.476; Topdemir, 2008, s.54.
- ¹¹⁵ Topdemir, 2002, s.34-35; Topdemir, 2010, s.52-55.
- ¹¹⁶ Ağırakça, 2004, s.197.
- ¹¹⁷ Topdemir H.G (2009). “İbn Sina: Doğunun Sönmeyen Yıldızı”. I.Baskı, Sayı yayınları, İstanbul, s.72-74; Sayılı, 1984 s.226-227-230.
- ¹¹⁸ Topdemir, 1992, s.67; Topdemir, 2002, s.5
- ¹¹⁹ Topdemir, 2002, s.5.

- ¹²⁰ Topdemir, 1992, s.67.
- ¹²¹ Topdemir, 1992, s.68.
- ¹²² Topdemir, 1992, s.68-69; Topdemir, 2002, s.6.
- ¹²³ <http://rehber.ihya.org/yenirehber/ibn-i-heyssem.html> (erişim tarihi: 12.09.2010)
- ¹²⁴ Topdemir, 1992, s.70.
- ¹²⁵ Topdemir, 1992, s.71.
- ¹²⁶ Topdemir, 1992, s.72.
- ¹²⁷ Topdemir, 2002, s.50; Topdemir, 1992, s.74.
- ¹²⁸ Topdemir, 1992, s.74.
- ¹²⁹ Topdemir, 2002, s.11.
- ¹³⁰ Topdemir, 2002, s.12-13.
- ¹³¹ Topdemir, 2002, s.58.
- ¹³² Topdemir, 1992, s.74.
- ¹³³ Topdemir, 1992, s.75.
- ¹³⁴ Topdemir, 1992, s.76; Topdemir, 2002, s.59.
- ¹³⁵ Topdemir, 1992, s.76; Topdemir, 2002, s.60.
- ¹³⁶ Topdemir, 1992, s.76; Topdemir, 2002, s.65.
- ¹³⁷ Topdemir, 2002, s.66.
- ¹³⁸ Topdemir, 1992, s.79; Topdemir, 2002, s.68-69.
- ¹³⁹ Topdemir, 1992, s.781.
- ¹⁴⁰ Topdemir H.G (1999). “Kemalüddin el-Farisi ve Tenkih el-Menazır Adlı Kitabı”. A.Ü.İlahiyat Fakültesi Dergisi, Necati Öner Armağanı, Cilt 40, s.433-434; Topdemir H.G (2002). “Kemalüddin el-Farisi’nin Optik Çalışmaları Üzerine Bir Değerlendirme”, Nüsha, Yıl: II, sayı:6, s.150-151.
- ¹⁴¹ Topdemir, “Kemalüddin el-Farisi’nin Optik Çalışmaları Üzerine Bir Değerlendirme”, s.153.
- ¹⁴² Topdemir, a.g.m., s.153 -154.
- ¹⁴³ Topdemir,” Kemalüddin el-Farisi ve Tenkih el-Menazır Adlı Kitabı”, s.435.
- ¹⁴⁴ Topdemir, a.g.m., s.436.
- ¹⁴⁵ Topdemir, “Kemalüddin el-Farisi’nin Optik Çalışmaları Üzerine Bir Değerlendirme”, s.157.
- ¹⁴⁶ Topdemir, a.g.m., s.158.
- ¹⁴⁷ Topdemir, a.g.m., s.159-160
- ¹⁴⁸ Topdemir, a.g.m., s.161.
- ¹⁴⁹ Topdemir, a.g.m., s.161; Topdemir, “Kemalüddin el-Farisi ve Tenkih el-Menazır Adlı Kitabı”, s.439.
- ¹⁵⁰ T.C. Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, c.XXX, İstanbul, 2005, s.160; Topdemir H.G (2003). “Mirim Çelebi’nin Gökkuşluğu ve Halenin Oluşumu Adlı Optik Kitabı Üzerine Bir Değerlendirme”. OTAM, Sayı:13, Ankara, s.76.
- ¹⁵¹ Topdemir, “Modern Optiğin Kurucusu İbnü’l Heyssem Hayatı, Eserleri ve Teorileri”, 2002, s.129.
- ¹⁵² Topdemir, a.g.e., s.129.
- ¹⁵³ <http://www.ihsanfazlioglu.net/yayinlar/makaleler/1.php?id=110MirimÇelebi> (erişim tarihi:12.03.2010)
- ¹⁵⁴ “Takiyüddin”, Ed: Hüsnü Aslan, <http://www.onlinefizik.com> (erişim tarihi: 25.04.2010); Unat Y: “Takiyüddin İstanbul Gözlem Evi”, Zaman İçinde İstanbul, Ekim-2004, Sayı-51 (http://www.akat.org/ast_tarihinden/takiyuddin.html) (erişim tarihi: 25.04.2010)
- ¹⁵⁵ Topdemir, “Modern Optiğin Kurucusu İbnü’l Heyssem Hayatı, Eserleri ve Teorileri”, 2002, s.130.

- ¹⁵⁶ Topdemir H.G: Takiyüddin'in Optiğe Katkıları, Bilim Teknik Dergisi, Şubat-1997, s.34.
- ¹⁵⁷ Topdemir, "Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heysem Hayatı, Eserleri ve Teorileri", 2002, s.99, Lindber, 1976, s.90-91.
- ¹⁵⁸ Topdemir, a.g.e., s.100.
- ¹⁵⁹ Topdemir, 2010, s.102-103.
- ¹⁶⁰ Ronan, , 2003, s.353.
- ¹⁶¹ Küçük S: "Ortaçağ'da Bilim-2", s.6; Topdemir, 2002, s.108.
- ¹⁶² Ronan, 2003, ss.353-355
- ¹⁶³ Ronan, 2003, s.282-283.
- ¹⁶⁴ Karataş M (2009). "8. Yüzyıldan 19.yüzyıla Müsliman Bilim Adamları", Mostar Yayın, s.92.
- ¹⁶⁵ Topdemir & Unat, 2009, s.78; Topdemir, 2010, s.104-106.
- ¹⁶⁶ Topdemir & Unat, 2009, s.79.
- ¹⁶⁷ Topdemir & Unat, 2009, s.79.
- ¹⁶⁸ Ronan, 2003, s.284.
- ¹⁶⁹ Ronan, 2003, s.284.
- ¹⁷⁰ Topdemir, 2002, s.36-101.
- ¹⁷¹ Topdemir, 2002, s.101.
- ¹⁷² Akdoğan C (1991). "Felsefe ve Bilim Tarihi". Türkiye 1.Felsefe, Mantık ve Bilim Tarihi Sempozyumu Bildirileri, Ankara, s.295; Lindberg, 1976, s.105; Topdemir, 2002, s.101
- ¹⁷³ Topdemir & Unat, 2009, s.80; "Bilim Tarihine Giriş", 1999, s.108; Topdemir, 2008, s.35.
- ¹⁷⁴ Topdemir, 2010, s.108.
- ¹⁷⁵ Yararlandığım kaynaklarda Bacon'nun "nesne ışın" teorisini savunduğunu fakat bunun yanı sıra aynı kaynaklarda bu görüşe ters; 13.yy'da Roger Bacon ve John Pecham'ın "göz ışın" kuramını sadece Witelo'nun "nesne ışın" kuramını savunduğu yazmaktadır. Bkz: Topdemir, 2010, s.121; Topdemir, 2002, s.116-117; "Bilim Tarihine Giriş", 1999, s.111.
- ¹⁷⁷ "Bilim Tarihine Giriş", 1999, s.109; <http://www.erdemyolu.com/bilim/bati-dunyasinda-batili-bilginler.htm> (erişim tarihi:10.1.2011)
- ¹⁷⁸ Lindberg, 1976 s.111-112.
- ¹⁷⁹ Topdemir, 2010, s.109.
- ¹⁸⁰ Topdemir, 2010, s.110.
- ¹⁸¹ Topdemir, 2002, s.107-108.
- ¹⁸² www.istanbulfotograf.com.tr/tarihce.html (erişim tarihi:12.02.2011); <http://www.uyurgezer.net/camera-obscura-igne-deliği-nedir->; (erişim tarihi:12.02.2011)
- ¹⁸³ Camera Obscura: İngiliz dilinde iğne deliği, fotoğraf literatüründe karanlık oda yada kutu olarak bilinir. Göze benzeyen bir araçtır. Işık ışınları üstündeki küçük bir delikten sızarak bu deliğin karşısında bulunan duvarda küçük bir görüntü oluşturur. Bkz: Topdemir, 2009, s.82; MEGEP Grafik ve Fotoğraf Pinhole (iğne deliği) Kamera, Ankara, 2007
- http://cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/grafik/moduller/pinhole_igne_deliği_kamera.pdf (erişim Tarihi: 11.01.2010)
- ¹⁸⁴ Topdemir, 2010, s.115.
- ¹⁸⁵ Topdemir, "Modern Optiğin Kurucusu İbnü'l Heysem Hayatı, Eserleri ve Teorileri"s.108; Küçük S: "Ortaçağ'da Bilim-2", s.6-7.
- ¹⁸⁶ Topdemir, a.g.e., s.109-110; Küçük S: "Ortaçağ'da Bilim-2", s.7.
- ¹⁸⁷ Topdemir, 2010, s.117.

- ¹⁸⁸ Topdemir, “Modern Optiğin Kurucusu İbnü’l Heyssem Hayatı, Eserleri ve Teorileri”, s.111.
- ¹⁸⁹ Topdemir, a.g.e., s.112.
- ¹⁹⁰ Topdemir, 2010, s.119-121.
- ¹⁹¹ Ronan, 2003, s.353.
- ¹⁹² Topdemir, “Modern Optiğin Kurucusu İbnü’l Heyssem Hayatı, Eserleri ve Teorileri” , s.116-117.
- ¹⁹³ Topdemir, a.g.e., s.118.
- ¹⁹⁴ Topdemir, a.g.e., s.119.
- ¹⁹⁵ Topdemir, a.g.e. s.120.
- ¹⁹⁶ Ronan, 2003, s.354.
- ¹⁹⁷ Ronan, 2003, s.354.
- ¹⁹⁸ Bueche F.J & Jerde D.A (2007). “Fizik İlkeleri 2”. Çev: Prof. Dr. Kemal Daybelge, Palme Yayıncılık, İstanbul, s.675; Topdemir, & Unat, 2009, s.255.
- ¹⁹⁹ Mason F.S (2001). “Bilim Tarihi”, Çev: Umur Daybelge, Kültür Bakanlığı, s.430.
- ²⁰⁰ Topdemir, 2010, s.XIII.
- ²⁰¹ Bueche & Jerde, 2007, s.688.
- ²⁰² Bazı kaynaklar “tanecik” olarak ele alıyor. Bkz: Bueche & Jerde, 2007, s.688.
- ²⁰³ Mason, 2001, s.430.
- ²⁰⁴ Mason, 2001, s.430.
- ²⁰⁵ Topdemir, 1998, s.386.
- ²⁰⁶ Topdemir, 2010, s.XIII.
- ²⁰⁷ Topdemir, a.g.e., s.XIII.
- ²⁰⁸ **Spektroskopi:** Madde ile ışık etkileşimini inceleyen spektrum analizlerinden maddelerin yapısı ve özellikleri hakkında bilgi edinilen bir bilim dalı
- ²⁰⁹ Bueche & Jerde, 2007, s.671.
- ²¹⁰ Topdemir, 2010, s.XIII.
- ²¹¹ Iizuka K (2008). “Engineering Optics”. 3. baskı, Springer Series in Optical Sciences, Springer Yayınevi, s.12.
- ²¹² Özemre A.Y (1983). “Teorik Fizik Dersleri”. Cilt 4, Klasik Elektrodinamiğe Giriş, Dizinin Yöneticisi: Çetin Cansoy, İstanbul Üniversitesi Yayınları, s.4.
- ²¹³ http://en.wikipedia.org/wiki/Newtonian_telescope (erişim tarihi: 07.02.2011)
- ²¹⁴ Raman C.V (1942). “Newton and the History of Optics”. Curr. Sci. 11 453-455
- ²¹⁵ Vohnsen B (2004) “A Short History of Optics, Physica Scripta”. Vol. T109, 75–79, s.14.
- ²¹⁶ Iizuka, 2008, s.13
- ²¹⁷ Raman C.V (1942). “Newton and History of Physics”, Journal of Scientific and Industrial Research, No:12
- ²¹⁸ Kirkland, 1996, s.13.
- ²¹⁹ Serway R.A (1996) “Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Modern Fizik İlaveli”, Çev. Ed: Kemal Çolakoğlu, Palme Yayıncılık, Ankara, s.983.
- ²²⁰ Kirkland,1996, s.14.
- ²²¹ Goca, 2000, s.19.
- ²²² Hall Rupert A (1993). “All Was Light: An Introduction to Newton's Opticks”. Clarendon Yayınevi, Oxford, s.183.
- ²²³ Goca, 2000, s.43.
- ²²⁴ Serway, 1996, s.1063-1064.

- ²²⁵ Uzdilek, 1958, s.21.
- ²²⁶ Uzdilek, 1958, s.23-24.
- ²²⁷ “Geometrik Optik”, 1976-1977, s.3.
- ²²⁸ Hecht E (2001). “Optics”. Uluslararası Baskı, Addison Wesley Yayınevi, s.3.
- ²²⁹ Iizuka, 2008, s.16.
- ²³⁰ Hecht, 2001, s.100-101.
- ²³¹ Goca, 2000, s.45.
- ²³² Serway, 1996, s.997.
- ²³³ <http://www.cartage.org.lb/en/themes/sciences/Physics/Optics/briefhistory/briefhistory.htm> (erişim tarihi: 14.02.2011)
- ²³⁴ Cantor, 1983, s. 117.
- ²³⁵ Cantor, 1983, s. 118.
- ²³⁶ http://tr.wikipedia.org/wiki/Thomas_Young (erişim tarihi: 04.04.2011)
- ²³⁷ Kirkland, 1996, s.18.
- ²³⁸ Iizuka, 2008, s.17.
- ²³⁹ Kirkland, 1996, s.19.
- ²⁴⁰ Lothian G.F (1975). “Optics and its Uses, The Modern University Physics Series”. Van Nostrand Reinhold Company, Londra-İngiltere,
- ²⁴¹ Hecht, 2001, s.4.
- ²⁴² Vohnsen, 2004, s.19.
- ²⁴³ Serway, 1996, s.1049.
- ²⁴⁴ Serway, 1996, s.1051.
- ²⁴⁵ Uzdilek, 1958, s.31.
- ²⁴⁶ Serway, 1996, s.1048.
- ²⁴⁷ Hecht, 2001, s.150.
- ²⁴⁸ Iizuka, 2008, s.18.
- ²⁴⁹ Hecht, 2001, s.151.
- ²⁵⁰ Uzdilek, 1958, s.32.
- ²⁵¹ Iizuka, 2008, s.18.
- ²⁵² Römer H (2009). “Theoretical Optics”, 2. Baskı, Wileh- VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim,
- ²⁵³ http://vizyon21yy.com/documan/Egitim_Ogretim/Onemli_Insanlari/Yab_Bilim_Insnlari_1/A_J_Fresnel/Augustine_Jean_Fresnel.html (erişim tarihi 23.04.2011)
- ²⁵⁴ Özemre, 1983, s.18.
- ²⁵⁵ Özemre, 1983, s.30.
- ²⁵⁶ Kirkland,1996, s.28.
- ²⁵⁷ Iizuka, 2008, s.19.
- ²⁵⁸ Özemre, 1983, s.31.
- ²⁵⁹ Özemre, 1983, s.32.
- ²⁶⁰ Kirkland, 1996, s.22.
- ²⁶¹ Özemre, 1983, s.39.
- ²⁶² “Geometrik Optik”, 1976-1977, s.4.

- ²⁶³ Serway, 1996, s.986.
- ²⁶⁴ Goca, 2000, s.2.
- ²⁶⁵ Kirkland, 1996, s.65.
- ²⁶⁶ Hecht, 2001, s.3.
- ²⁶⁷ Uzdilek, 1958, s:18
- ²⁶⁸ Vohnsen, 2004, s.23.
- ²⁶⁹ Serway, 1996, s.987.
- ²⁷⁰ Uzdilek, 1958, s.699.
- ²⁷¹ Serway, 1996, s.1063-1065.
- ²⁷² Kirkland, 1996, s:23
- ²⁷³ Hecht, 2001, s.391.
- ²⁷⁴ Uzdilek, 1958, s.29.
- ²⁷⁵ Hecht, 2001, s.330.
- ²⁷⁶ <http://www.cartage.org.lb/en/themes/sciences/Physics/Optics/briefhistory/briefhistory.htm> (erişim tarihi: 14.02.2011)
- ²⁷⁷ Uzdilek, 1958, s.38.
- ²⁷⁸ Iizuka, 2008, s.20.
- ²⁷⁹ Hecht, 2001, s.7.
- ²⁸⁰ Hecht, 2001, s.50.
- ²⁸¹ Vohnsen, 2004, s.36.
- ²⁸² Serway, 1996, s.1001.
- ²⁸³ <http://www.cartage.org.lb/en/themes/sciences/Physics/Optics/briefhistory/briefhistory.htm> (erişim tarihi: 14.02.2011)
- ²⁸⁴ Serway, 1996, s.1153.
- ²⁸⁵ <http://www.cartage.org.lb/en/themes/sciences/Physics/Optics/briefhistory/briefhistory.htm> (erişim tarihi: 14.02.2011)
- ²⁸⁶ Mason, 2001, s.189.
- ²⁸⁷ M.Ö.1100'lerde Çin'de kullanılmıştır. Gözlem borusunda mercek ya da benzeri bir araç bulunmamaktadır. Sadece kaide üzerine oturtulmuş bir borudan ibaret olup gözün dikkatini belli bir noktada toplayarak o bölümün daha net algılanmasını sağlar
- ²⁸⁸ Topdemir, 2010, s.214-215.
- ²⁸⁹ "Teleskop ve Dedektörler"
http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/selam/TR/ast404/Bolum_05_Teleskoplar_ve_Dedektorler.pdf (erişim tarihi: 10.05.2011)
- ²⁹⁰ Acuner A (2000). "Astronomide Kullanılan Optik Teleskoplar ve Dünyanın Büyük Gözlemevleri". Yüksek Lisan Tezi, T.C. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri A.D., Tandoğan –Ankara, s.22-23; "Teleskop ve Dedektörler", erişim tarihi: 10.05.2011
- ²⁹¹ Lachlan J.M (2008). "Galileo Galilei İlk Fizikçi". Çev: İnci KALINYAZGAN, Tübitak, 1.Basım, Ankara, s.48.
- ²⁹² Acuner, 2000, s.23.
- ²⁹³ Oturak S. "Teleskoplar"
http://www.gokyuzu.org/index.php?option=com_content&task=view&id=84&Itemid=78 (erişim tarihi: 09.05.2011)
- ²⁹⁴ "Teleskop ve Dedektörler", erişim tarihi: 10.05.2011

- ²⁹⁵ Polatlı A: “Teleskop Türleri” <http://www.makaleler.com/astroloji-makaleleri/teleskop-turleri.htm> (erişim tarihi: 14.05.2011)
- ²⁹⁶ <http://www.turkansiklopedi.com/teknoloji/70-arac-ve-gerecler/17636-ofthalmoskop.html> (erişim tarihi: 15.03.2011)
- ²⁹⁷ http://www.felsefe.gen.tr/hermann_von_helmholtz_kimdir.asp (09.04.2011)
- ²⁹⁸ www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=4645 (erişim tarihi: 03.04.2011)
- ²⁹⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Jan_Evangelista_Purkyn%C4%9B (erişim tarihi: 03.04.2011)
- ³⁰⁰ Bilim, Teknoloji ve İcatlar Ansiklopedisi, “Nasıl Çalışır”, Gelişim Yayınları, 1980, 1.cilt, s.159-160.
- ³⁰¹ http://tr.wikipedia.org/wiki/Hermann_von_Helmholtz (erişim tarihi: 15.03.2011)

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi : 04.11.1981

Doğum yeri : ÇANAKKALE

Lise : 1996-1999, Çanakkale İbrahim Bodur Lisesi

Lisans : 2000-2004, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Sağlık Yüksek Okulu

Yüksek Lisans :2009-2011, Namık Kemal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum (lar) : 2005-2009, Tekirdağ Devlet Hastanesi (Hemşire)

2005, Tekirdağ Halk Eğitim Merkezi (Ücretli Usta Öğretici- Devam Ediyor)

Yayınlar :“Optik kuramlarda İbn el-Heysem’in Batı ve Doğu Dünyası’na Etkisi”, 5.Uluslararası İslam Tıp Tarihi Cemiyeti Kongresi, 25-28 Ekim 2010, İstanbul-Türkiye.

“1919 Sultanahmet Mitinglerinde Hekimlerin Katkıları”, Geçmişten Günümüze Sağlık Kongre Bildiri Kitabı, Nobel Yayınevi, İstanbul-2010.