

İBN EL-HEYSEM'İN IŞIK ÜZERİNE ADLI ÇALIŞMASI

Dr. Hüseyin Gazi TOPDEMİR*

Giriş

İbn el-Heysem'in optik bilimine katkısı gerçekten olağanüstüdür.¹ Öyle ki, kendisi çalışmalarıyla Antikçağ ve 17. yüzyıl arası optik tarihinin en önemli kişisi haline gelmiş, optik bilimini kökten değiştirerek, konuya getirdiği esaslı matematiksel inceleme tavrını olgunun fiziksel boyutunu da ışın içine katarak ve son derece özenli ve ayrıntılı deneyler düzenleyerek, modern anlamda bir matematiksel fizik çalışmasını gerçekleştirerek optiği çok iyi işlenmiş bir bilim haline getirmeyi başarmıştır. **Işığın doğrusal yayılımı**Hata! Yer işareti tanımlanmamış., **gölge**Hata! Yer işareti tanımlanmamış., **lerin özellikleri**, **karanlık oda**Hata! Yer işareti tanımlanmamış., **gökkuşağı**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. **ve hâle**Hata! Yer işareti tanımlanmamış., **nin oluşumu**, **yansıma**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. **ve kırılma**Hata! Yer işareti tanımlanmamış. konuları gibi pek çok temel optikHata! Yer işareti tanımlanmamış. olguHata! Yer işareti tanımlanmamış.yu açıklayabilmek için deneyler düzenlemiştir.

Tam adı Ebû Ali el Hasan İbn el-Hasan İbn el-Heysem'dir. Ortaçağ Avrupa'sında al-Hazen ya da Hacen² olarak da bilinir. 965'de Basra'da doğmuş ve 1039'da Kahire'de ölmüştür. Basra'da doğması nedeniyle el-Basrî, Mısır'da yaşamış olmasından dolayı da

* A. Ü. D. T. C. Fakültesi, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi.

¹ İbnü'l Heysem'in optiğin hemen her konusunda çalışmaları vardır. Onun bu çalışmalarını bir bütünlük içinde ele alan pek çok çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları şunlardır: Sabra, A. I., "Ibn al-Haytham," *Dictionary of Scientific Biography*, 6, New York, 1972, ss. 189-210; Winter, H. J. J., "The Optical Researches of ibn al-Haitham," *Centaurus*, 3, 1954, ss. 190-210; Topdemir, Hüseyin Gazi, "İbnü'l Heysem'in Optik Araştırmaları", *Bilim ve Felsefe Metinleri*, cilt 1, sayı 1, 1992, ss.67-84'e bakılabilir.

² Sarton, George, *Introduction to the History of Science*, I, Baltimore, 1927, s. 721; Nasr, Seyyed Hossein, *Science and Civilization in Islam*, Cambridge Mass, 1968, s. 49; Sabra, A., I., Ibn al-Haytham, *Dictionary of Scientific Biography*, 6, New York, 1972, s. 189; Lindberg, David C., *Theories of Vision from al-Kindî to Kepler*, Chicago, 1976, s. 60.

el-Mısrî³ diye de anılmaktadır. Müslüman fizikçilerin en büyüğü olmasına karşın, astronomi ve matematik konularına da ilgisiz kalmamıştır. Ancak asıl ününü yaptığı olağanüstü optik çalışmalarına borçludur. Aynı zamanda mühendistir. Eski kaynaklar⁴ ondan Basra'lı bir mühendis diye söz etmektedirler. Basra'dayken bilim alanındaki şöhretini duyan Mısır Fatimi hanedanının çağrısı üzerine Mısır'a gitmiştir. Nil'in taşmalarını önleme planı başarısızlığa uğrayınca hükümdarın gözünden düşmüş ve gazabına uğramıştır. Bundan sonra hükümdarın öfkesinden kurtulabilmek için uzun süre sessiz kalmış, ölünceye kadar matematikle ilgili yazmaları çoğaltarak yaşamını sürdürmüştür. İbn el-Heysem yaygın bilgisine koşut olarak, pekçok konuda 90 yapıt -kitap ve makale- yazmış verimli bir araştırmacıdır. İbn Usaybia onun 200'e yakın yapıt yazdığını belirtmektedir. Ancak bu sayı kuşkuludur. Çünkü zaman içerisinde çeşitli nedenlerden dolayı başka araştırmacıların eserleri de ona atfedilmiştir. Örneğin pekçok kaynakta İbn el-Heysem'in olduğu belirtilen ve Latinceye **Liber de Crepusculis** adıyla çevrilen **Alacakaranlık Üzerine** adlı makale, gerçekte, 11. yüzyılın ikinci yarısında Endülüs'te yaşamış bir matematikçi olan Ebû Abdullah Muhammed ibn Muadh'a aittir.⁵ Matematik ve astronomi konularıyla da uğraşmasına rağmen, asıl başarısını optikte göstermiştir. Bu konuda yazdığı yapıt *Kitab el-Menazır* adını taşımaktadır ve 17. yüzyıla kadar otorite olmuştur.

Yapıtlarından bazıları şunlardır:

1. Kitâb el-Menâzır
2. Parabolik Aynalar Üzerine
3. Küresel Aynalar Üzerine
4. Mercekler Üzerine
5. Gökkuşağı ve Hale Üzerine
6. Işık Üzerine
7. Tutulma Üzerine
8. Gölgelelerin Nitelikleri
9. Yıldızların Işığı Üzerine

³Sabra, 1972, s. 189.

⁴Muvaffakaddîn Ebu el-Abbas İbn Ebû Usaybia, *Uyûn el-Enbâ fî Tabakât el- Ettibâ*, Mısır, 1881, II, ss. 90-92; Cemâlüddîn Ebu el-Hasan Ali b. Yûsuf b. İbrahim b. Abdülvahid el-Saiban, *Târîh el-Hükemâ*, ed. J. Lippert, Leipzig, 1903, ss. 165-168.

10. Euclid ve Batlamyus'un Optik Bilgisinin Analizi
11. Archimedes'in *Küre ve Silindir*'i Üzerine
12. Apollonius'un *Conica*'sı Üzerine
13. Yakan Küreler Üzerine

İbn el-Heyssem'in başyapıtı kuşkusuz ki *Kitâb el-Menâzır*'dır. Çünkü o optik bilimine ilişkin bütün kuram ve kanıtlamalarını bu yapıtında ortaya koymuştur. Kitabın batıya ne zaman geçtiği ve kim tarafından ilk kez çevrildiği bilinmemekle birlikte, 12. yüzyılın sonları veya 13. yüzyılın başlarında çevrildiği ve çok etkin olduğu bilinmektedir. Buna karşılık Latince metin Friedrich Risner tarafından 1572'de Basel'de Witelo'nun kitabını da içerecek şekilde *Opticae Thesaurus Alhazeni Arabis Libri Septem* adıyla yayınlanmıştır.⁶ Bundan sonra *Optik Hazinesi* olarak yaygınlaşan bu kitap başta Pecham, Witelo, R. Bacon, Kepler, Snell, Fermat ve Descartes gibi pek çok ünlü batılı optikçinin kuramlarının oluşumunda ve biçimlenmesinde etkin olmuştur.

Bizim burada çevirisini sunduğumuz Işık risalesi ise onun *Kitâb el-Menâzır*'dan sonra kaleme aldığı ışığın yayılımı, niteliği, saydamlık ve opaklık konularını tartıştığı, *Kitâb el-Menâzır*'ı tamamlayan bir çalışmasıdır.

Çeviri

Esirgeyen Bağışlayan Allah'ın Adıyla

Hasan b. el-Hüseyin b. el-Heyssem'in *Işık Üzerine Çalışması*⁷

“Işık nedir ?” sorusunun araştırılması Doğa bilimlerine aittir; ancak “ışık nasıl yayılır?” soru ise, ışığın doğrular boyunca yayılıyor olması nedeniyle, Matematiksel bilimlerin bilgisini gerektirir. Benzer şekilde, “ışın nedir?” sorusu Doğa bilimlerine ait

⁵ Sabra, A. I., “The Authorship of the Liber de Crepusculis an Eleventh Century Work on Atmospheric Refraction”, *ISIS*, 59, 1968, ss. 77-85.

⁶ Sabra, 1972, s. 197.

⁷ Çeviri J. Baermann'ın Arapça orjinal metin ve Almanca olarak yayınladığı “Abhandlung über das Licht von Ibn al-Haitam”, *Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft*, 36, 1882, 195-237; makalesi ve M. F. Quraishi'nin yaptığı İngilizce çeviriye “Discourse on Light”, *Ibn al-Haitham*, proceedings of celebrations of 1000th anniversary, ed. Hakim Mohammed Said, Karachi, 1969, 272-279, dayanılarak oluşturulmuştur.

olurken, form ve görünümlerinin incelenmesi ise Matematiksel bilimlere ait olmaktadır. Işığın nüfuz edebildiği nesnelere de durum aynıdır. “Saydamlık nedir?” sorusu Doğa bilimlerinin konusunu oluştururken, “ışık saydam nesnelere nasıl yayılır?” sorusu da Matematiksel bilimlerin konusuna girer. Bundan dolayı ışık, ışın ve saydamlığın araştırılması hem Doğa, hem de Matematiksel bilimler kategorisi altına konulmalıdır.

Bunu böylece belirledikten sonra, biz bu kavramların tartışmasına girişmek ve genel bir öneri ileri sürmek istiyoruz: herhangi bir doğal nesnede bulunan ve onun özünü oluşturan niteliğe *özel nitelik* denir. Çünkü her nesnenin doğası, yalnızca, kendi doğası değişmediği sürece ondan ayrılmayan niteliklerin toplamından oluşur. Şu halde kendinden ışıklı her nesnede, ışık, o nesnenin doğasını belirleyen özelliklerden biridir ve bundan dolayı ışık, kendinden ışıklı her nesnenin özel niteliğini oluşturur. Buna karşılık, opak nesnelere görünen ve ışıklı nesnelere ışığı gibi yayılan, *ilineksel ışık* da *ilineksel* bir *nitelik*dir. Bu da felsefe ilminde mahir olanların görüşüdür.

Matematikçilere gelince, onlar ışığın, kendinden ışıklı nesnelere yayıldığını, bu tür nesnelere özel niteliğini oluşturduğunu ve böylesi nesnelere ısı enerjisi şeklinde bulunduğunu düşünmektedirler. Şüphesiz ki, eğer güneş ışığı çukur bir aynadan yansıtılıp, bir noktada yoğunlaştırılacak olursa, bu ısı enerjisi açığa çıkacaktır. Eğer ışığın yoğunlaştığı bu noktaya yanıcı bir cisim konulacak olursa, o cisim derhal tutuşacaktır. Aynı şekilde güneş ışığı hava içerisinde geçtiğinde hava ısınacaktır. Eğer güneş ışığı opak bir cismin üzerine düşürülüp, bir süre öylece bırakılırsa, bu cisim dikkat çekecek kadar ısınır. Sonuç olarak biz, bu olgudan, güneş ışığının *ısı enerjisi formu* olduğunu çıkartıyoruz.

Bundan dolayı onlar, bütün ışıkların tek bir tür, yani ısı enerjisi şeklinde olduğunu; ancak, yalnızca zayıf ya da kuvvetli olmalarına bağlı olarak farklılaştıklarını düşünmektedirler. Şöyle ki, eğer herhangi bir cisim ışıkla tutuşursa, bu, ışığın kuvvetli olduğundan, eğer tutuşmazsa zayıf olduğundan dolayıdır. Bütün ışıkların ısı enerjisi, yani *ateş* şeklinde bulunmalarından dolayı, bu ateş, havanın kendisine yakın olan kısmını ısıtır; ve yanan cismin yakınındaki hava uzak olan havadan daha kuvvetlice ısınır. Eğer, ateşi çevreleyen hava içerisinde yanıcı bir cisim bulunuyorsa ve cismin ateşe uzaklığı da oldukça fazla ise, o cisim yanmaz. Fakat eğer cisim ateşe yaklaştırılır ve yanan cisim ile temas halindeki hava içerisine yerleştirilirse, (yanıcı cisim) yanar. Burada cisme bitişik hava ve ateşten uzakta bulunan hava arasında yanan cisme bitişik havanın daha güçlü bir ısıya

sahip olması dışında başkaca bir fark yoktur. Çünkü ısı enerjisinden dolayı her iki durumda da hava ısınmış olur. Ancak tek farkla ki, yanan cisme bitişik olan hava daha kuvvetlice ısınır. Böylece ısı enerjisiyle doldurulmuş her iki hava kütlesi arasındaki fark, birisinin yakabilmesi ve ısısının kuvvetli olması ve diğerinin ise yakamaması ve ısısının zayıf olmasıdır. Bundan dolayı ışık güçlüyse yakan, zayıfsa yakamayan bir *ateş enerjisi formudur*. Bu nedenle matematikçilere göre her tür ışık ateş enerjisidir ve bu ışık ateşe sahip bir cisimdeki ateşin açığa çıkması gibidir.

Kendinden ışıklı cisimlerde ışığın açığa çıkması, görsel algılama duyularımızın kavradığı biçimiyle, iki türdür: yıldızlar ve ateş. Bu cisimlerin ışığı yakınlarında bulunan diğer bütün cisimlerin üzerine düşer ve bu olgu görme duyumuyla algılanır. Biz, *Optik* kitabımızın ilk bölümünde,^[8] kendinden ışıklı her cisimdeki ışığın, o cismin özsel ya da ilineksel bir özelliği olabileceğini, bu ışığın o cisimden çıkıp karşısındaki diğer cisimlerin üzerine düştüğünü çok ayrıntılı bir biçimde açıklamıştık. Şurası açıktır ki, bu olgunun açıklanması halihazırda tamamen anlaşılmıştır. Çünkü ışıklı cismin karşısına opak bir cisim yerleştirilmemişse, bu ışıklı cisimden çıkan ışık opak cismin üzerine düştüğü anda, eğer bu cisimlerin arasında bir engel veya büyük bir mesafe yoksa ya da ışıklı cismin ışığı çok zayıf değilse, o opak cisim görünür. İster opak, isterse saydam olsun bütün maddi cisimlerde, bu cisimlerin ışıklı cisimden gelen ışığı alabilmeleri nedeniyle, bir ışık alma kapasitesi vardır. Fakat saydam cisimlerde ışığı alabilme kapasitesinden başka, ışığı öte yana geçirme kapasitesi gibi diğer bir kapasite daha vardır. Buna *saydamlık* denir. Saydam adı verilen cisimler ışığın geçmesine ve arkalarında bulunan nesnelere gözün algılamasına izin veren cisimlerdir. Bu cisimler ışığın kendilerinden iki yolla geçmesine olanak sağladıklarından dolayı iki kısma ayrılırlar. Bu cisimlerin bir kısmı ışığın tamamen geçtiği, diğer kısmı da ışığın yalnızca kısmen geçtiği cisimlerdir. Bu cisimlerin bazı parçaları ışığın geçmesine izin verirken, bazı parçaları vermez. Işığın tamamen geç-

⁸*Kitâb el-Menazır*, I, bölüm III, Çev. A.I. Sabra, Londra 1989. İbn el-Heysem bu bölümün I. paragrafında, kendinden ışıklı her cismin ışığının, aralarında biri diğerini perdeleyecek herhangi bir opak ya da saydam olmayan cisim olmadığı sürece, karşısındaki her cisim üzerine yayılacağını, bu niteliğin Ay ve ateş ışığı için geçerli olduğunu belirtmektedir. s. 13. Benzer şekilde, kendinden ışıklı cisimlerden yayılan ışıkların yalnızca doğrusal çizgilerde yayıldığı belirtilmiştir. ss. 13, § 2 ve s. 15, § 8; s. 16, § 12; s. 17, § 14. Bunların yanında aynı zamanda s. 20, § 19'da kendinde ışıklı her cismin her parçasından çıkan ışığın o parçadan uzayan her doğrusal çizgi boyunca yayıldığını bir

mesine izin veren cisimler grubuna hava, su, cam ve bunlara benzer cisimler girer. Buna karşılık, ışığın kısmen geçmesine izin veren cisimler grubuna ise seyrek kumaşlar ve benzeri girer. Seyrek kumaşlarda ışık iplik telleri arasındaki gözenekler aracılığıyla geçer, fakat ipliklerden geçemez. Çünkü iplikler ışığın geçemediği cisimlerdir. Bununla birlikte, seyrek dokunmuş bir kumaşın ince iplikleri son derece inceyse, ışık, kendisini kumaşın delikleri boyunca geçebilecek şekilde farklı parçalara böler; böylece göz ipliklerce durdurulmuş ve geriye yansıtılmış bu ışınları algılayamaz; yalnızca kumaştaki delikler aracılığıyla diğer tarafa geçen ışık ışınlarını algılayabilir. Açıktır ki, ipliklerin ve gözeneklerin inceliğinden dolayı yansıyan ve durdurulan ışıklar, göz ile birbirlerinden ayırt edilemezler; çünkü göz böylesine uç incelikte bir şeyi algılayamaz. Hava, su ve camdaki saydamlık ise ince kumaşlardaki saydamlığa benzemez. Cisimlerin saydamlığı hakkındaki gerçek, hava, su ve camda olduğu gibi, bu cisimlerin tamamında ışığın geçmesidir; bununla birlikte, ince kumaşlara da saydam denmesinin nedeni, bu cisimlerde de ışığın geçebilmesinden dolayıdır.

Saydam cisimleri birbirinden ayırt ettikten sonra, biz ışığın bütünüyle nüfuz edebildiği saydam cisimlerde, opak cisimlerde bulunduğu gibi, ışığı alan bir güç bulunduğunu söylüyoruz. Bu, sanırım, ışığın bütünüyle nüfuz edebildiği saydam cisimler kadar opak cisimler içinde doğru olmalıdır. Bütün opak cisimlerde ışığı alma kuvveti vardır. Bu olgu şöyle açıklanabilir: ışıklı cismin karşısında bulunan opak cisimden çıkan ışık, eğer aralarında herhangi bir engel yoksa ve ışıklı cismin ışığı da çok zayıf değilse, ve bu ışıklı cisim opak cismin karşısında algılanabilir uzunlukta bir süre kalırsa, gözlemci, eğer opak cisim gözden ve kendisini aydınlatan ışıklı cisimden çok uzakta değilse, opak cismin üzerine düşen ışığı algılayacaktır. Bunun nedeni de, ışığın o opak cismin yüzeyine düzenli olarak düşmesi ve ışığı alma gücü bulunan cisimlerin dışındaki opak cisimlerin herhangi birisinin yüzeyinde ışığın görünmemesidir. Bu cisimler yüzeylerine düzenli olarak ışık düşmedikçe ışığı alamazlar. Bundan dolayı opak bir cismin yüzeyinde ışığın görünebilmesi opak cisimlerde ışığı alabilme gücünün bulunmasının bir kanıtıdır.

Saydam cisimlerin doğasını açıklamak şimdi daha kolaydır. Işık saydam cisimlere nüfuz eder ve nüfuz eden bu ışık, saydam cismin opak ve ışıklı cismin arasında olması

kez daha vurgulamış ve paragraf 20'de ise bu niteliğin kendinden ışıklı cisimlerin doğasını ve özünü oluşturduğunu belirtmiştir.

koşuluyla, o saydam cismin gerisinde bulunan opak cismin üzerinde görünebilir. Eğer opak cisim üzerinde görünen ışık ışıklı cisimden yayılıyorsa ve saydam cisimlere nüfuz ediyor ve ondan da opak bir cisme iletiliyorsa, bu, ışığın opak cisim üzerine devamlı olarak düştüğü sürece, saydam cisimde kaldığını gösterir. Işığın, kendisi aracılığıyla aktarıldığı saydam cisimde kalmasının nedeni de, açıklandığı üzere, saydam cismin opak bir cisimle engellenmesidir. Bu engellenme her nerede meydana gelirse gelsin, saydam cisimde bulunan ışık opak cismin üzerinde görünür. Bu durum saydam cisim hava ya da su olduğunda daha belirgin olur. Nitekim saydam cisim engelleyen opak cisim üzerindeki ışığın görünebilirliği, ışığın saydam cisimde bulunduğu açık kanıttır. Bununla birlikte, eğer, ışık saydam cisimde bulunuyorsa halihazırda açıklanmış olduğu üzere saydam cisimde ışığı alma gücü bulunmalıdır. Şimdiye kadar yaptığımız açıklamalarda da açığa çıkmıştır ki, ışığı kabul etme gücü opak cisimlerde olduğu kadar saydam olan her cisimde de bulunmaktadır.

Saydam bir cisimde, opak cisimde bulunmayan, ışığı öteye geçirme kuvvetinin olduğu ise açıktır. Çünkü ışık her saydam cisme nüfuz eder ve hiçbir opak cisme nüfuz edemez. Bundan saydam cisimde, opak cisimde bulunmayan bir niteliğin de bulunduğu ortaya çıkar. Işık saydam cisme nüfuz eder, saydam olmadığı için opak cisme nüfuz edemez. Çünkü ışığı öteye geçiren bu saydamlıktır ve bu saydamlık da saydam cismin doğasında bulunan bir özelliktir. Bundan dolayı *saydamlık* saydam cismin *özsel niteliği*dir.

Buraya kadar yaptığımız açıklamalardan açığa çıkan şudur: bütün maddi cisimlerde ışığı kabul etme gücü vardır ve bununla birlikte saydam cisimlerde bir de ışığı ötesine geçirme özelliği vardır. Aynı zamanda şu da çok açıktır ki, saydamlık saydam cisimlerin doğasını oluşturan karakteristik bir özelliktir. Bununla birlikte saydam cisimler de bütünüyle farklıdır. Bu farklılık onların saydam olması, ışığı kabul etme ve öteye ilemesidir. Işık konusunda söylediklerimizi tamamladıktan sonra bütün bunları da açıklayacağız. Halihazırda, ışığın ışıklı cisimden, karşısında ve çevresinde bulunan her nesneye doğru yayıldığına değinmiştik. Ancak hâlâ açıklanması gereken bir konu daha kaldı: ışık karşısındaki nesnelere doğru nasıl yayılmaktadır ve çevresinde bulunan saydam cisimlere nasıl nüfuz etmektedir ? Bu bağlamda, her şeyden önce biz şunu söylüyoruz. Işık ışıklı her cisimden yayılır ve ışıklı cismin çevresinde bulunan her saydam cisme nüfuz eder ve saydam cismin karşısında bulunan opak cismin üzerinde açığa çıkar. Bunun anlamı her-

hangi bir açıklamaya ve şüpheye gerek duyulmayacak kadar açıktır. Çünkü güneşin, ayın ve yıldızların ışığı saydam olmasına karşın gökyüzüne, yine saydam olan atmosfere nüfuz etmektedir; aynı zamanda yeryüzüne ve üzerindeki nesnelere de düşmekte, örneğin suya nüfuz etmektedir. Eğer su saydam bir kap içerisinde ise, ışık bu kabın gerisinde bulunan her opak cismin üzerinde görülebilir. Aynı şekilde, ışık cam, kristal ve bunlara benzer saydam mineraller üzerine düşerse, bunların arkasında bulunan opak cisim üzerinde de açığa çıkar. Betimlenen bu örneklerden, ışığın saydam cisimlere nüfuz ettiği açık hale gelmiştir.

Işığın saydam cisimlere nüfuz etme biçimine gelince, ışığın saydam cisimlerde doğrusal çizgiler boyunca yayıldığından kuşku yoktur. Işık ışıklı cismin her bir noktasından çizilebilen doğru çizgiler boyunca, kendisini çevreleyen saydam cisim içerisinde, yayılır. Buna *Optik*'te ayrıntılarıyla değinmiştik. Şimdi bu konu vesilesiyle ondan bir takım şeyleri açıklamak istiyoruz. Bu hususta biz ışığın doğrusal çizgilerde yayılmasının, karanlık bir odaya bir delik aracılığıyla giren ışıkla kolaylıkla açıklanabileceğini belirtmiştik.^[9] Çünkü güneş, ay ya da ateş ışığı karanlık bir odaya orta büyüklükte bir delikten girdiğinde ve odada toz parçacıkları varsa ve bu parçacıklar havaya yayılmış durumdaysa, delik aracılığıyla giren ışık, havaya karışmış bulunan toz parçacıkları üzerinde, zeminde ve deliğin karşısındaki duvar üzerinde oldukça belirgin bir şekilde görülür ve bakan kimse delikten zemine ya da deliğin tam karşısındaki duvara gelen ışığın doğrusal çizgilerde yayıldığını görür.^[10] Eğer bir kimse bu görünen ışığın yönü üzerine düz bir çubuk koysa, ışığın bu çubuğun doğrusal yönünde yayıldığını görecektir.^[11] Bununla birlikte, eğer odada hiç toz yoksa, ve ışık zemin üzerinde ya da deliğin karşısındaki duvar üzerinde parlıyorsa, ve düz çubuk görünen ışık ve delik arasında bulunuyorsa, ya da onların arasına sıkıca bir ip gerilmişse, ve delik ile ışık arasına opak bir cisim konulsa, ışık bu opak cisim üzerinde görülür; ve cismin ışık düşen yeri parlar, buna karşılık başlangıçta görülen yerlerde ışık ortadan kalkmış olur. Eğer bir kimse daha sonra opak cisim çubuğun doğrultusu boyunca bir aşağı bir yukarı hareket ettirse, o kimse ışığın daima opak

⁹a. g. y. I, bölüm 3, s. 13, § 3.

¹⁰a. g. y. I, bölüm 3, ss. 13-14, §, 3; İbn el -Heysem, bu paragrafta yalnızca güneş ışığıyla yaptığı deneyi söz konusu etmiştir. Buna karşılık § 4'te Ay ışığıyla, § 5'te yıldızların ışığıyla ve § 6'da ise ateş ışığıyla yaptığı deneyleri açıklamıştır.

¹¹a. g. y. I, bölüm 3, s. 15, § 6.

cismin üzerinde olduğunu görecektir. Bundan açığa çıkan şudur: delikten gelip bir noktaya düşen ışık doğrusal çizgiler boyunca ilerler. *Optik* kitabımızda saydam cisimlerin her türünde ışığın nasıl yayıldığını deneysel olarak göstermiştik. Bu hususta burada verdiğimiz bilgi yeterlidir.

Saydam bir cisimde ışığın geçmesi bütün ışık türlerinin fiziksel bir özelliğidir. Elbette kimi zaman ışığın saydam cisimlerde doğrusal çizgiler boyunca yayılmasının saydam cismin özelliği olduğu da iddia edilmiştir. Fakat bu görüş deney ve gözleme zıttır ve ilk varsayım doğrudur. Eğer saydam bir cisimde ışığın yayılması saydam cismin bir özelliği olsaydı., ışığın yayılımı yalnızca belirli (özel) yollar boyunca olurdu; halbuki bu olgunun böyle olduğu belirlenebilmiş değildir. Fakat ışığın saydam cisimde birbirini kesen, birbirine paralel ya da aynı anda birbirine yaklaşp, uzaklaşan çizgiler boyunca yayıldığı görülebilir. Bu olgunun böyle olduğu kuşkusuzdur. Çünkü ışık ışıklı bir cismin her noktasından çizilebilecek her düz çizgi boyunca yayılmaktadır. Işıklı bir cisimdeki iki farklı noktadan çıkan ışık ışınları birbirlerini keserler. Yani bu noktaların birinden bütün yönlere çizilen çizgiler diğer noktadan bütün yönlere çizilenlerle kesişirler. Eğer bir çok ışıklı cisim bir an yan yana konulsa ve onların her birinden ışık yayılsa, ışınların yayıldığı bu çizgilerin konumları farklı olur. Bu nedenle, eğer, ışıklı cisim saydam bir cismin karşıt kenar üzerinde bulunuyorsa, ışığın aktarımı karşıt yönlerde meydana gelir. Sonuç olarak, ışığın öteye belirli yollarla gönderildiği varsayımı boştur ve saydam cisimlerde ışığın yayıldığı bu tür belirli yollar yoktur. Ayrıca birbirine zıt yönler boyunca (aynı zamanda) fiziksel hareketler oluşamaz. Eğer ışığın yayılımı, yalnızca kendi karakteristik yolları boyunca yayılmasına izin veren saydam cismin özelliği olsaydı, aynı ışık doğaları gereği eşbiçim olan yollar boyunca farklı yönlere yayılmazdı. Eğer ışık saydam cisimlerde birbirine karşıt yönlerde yol alıyorsa, ışığın saydam cisimlerde düz yollar boyunca yayılması saydam cismin bir özelliği değildir. Işık, saydam cisim içerisinde yalnızca düz yollar boyunca yayıldığından ve düz çizgiler boyunca olan bu yayılımın da, saydam cismin özelliği olmadığından, düz çizgiler boyunca yayılım, ışığın bir özelliğidir. Bundan dolayı da, düz yollar boyunca yayılım ışığın ve saydam cisimde ışığın iletilmesini sağlamak da saydam(lıg)ın niteliğidir.

Işık saydam cisimde *ışın* adı verilen düz çizgiler boyunca yayılır. Işın, ışıklı cisimden çıkan ve saydam bir cisim içerisinde düz çizgiler boyunca yayılan ışıktır; düz

çizgiler de duyularca algılanamayan ışığın kendileri boyunca yayıldığı *imgesel* çizgilerdir. Işığın yayıldığı bu imgesel çizgiler ışın diye adlandırılır. Böylece ışın düz çizgiler boyunca yayılan karakteristik bir olgudur (fenomen). Matematikçiler bir ışına yalnızca güneş ve ateş ışınlarına benzerliğinden dolayı, göz ışını adını verdiler. Eski matematikçiler görmenin gözden çıkan ve göze geri dönen ışın aracılığıyla oluştuğu görüşündeydiler. Görme böyle bir ışınla oluyordu ve bu ışın ışığın türüne ait aydınlatıcı bir gücü ve gözden başlangıç noktası gözün ortasında bulunan düz çizgiler boyunca başlıyor ve bu aydınlatıcı güç göze geri döndüğünde görme gerçekleşiyordu. Bu aydınlatıcı güç matematikçilerce *görsel ışın* (visual ray) olarak adlandırılan düz çizgiler boyunca gözün merkezinde yayılıyordu. Onlar, görme duyumunun, algılanan nesneden göze yansıtılmış bir görüntü aracılığıyla oluştuğunu sanıyorlardı. Onlara göre, ışın, görülen nesneden aktarılan ve gözün orta noktasında düz çizgiler boyunca yakınsanan (converge) ışıktır. Onların bu görüşüne göre, ışık, kendinden çizilebilecek bütün düz çizgiler boyunca bir nokta ışık kaynağından yayılır. Şimdi eğer göz, kendi ya da edinmiş olduğu ışığı göze her noktadan çizilebilecek çizgiler boyunca gönderen önüne konulmuş herhangi bir nesneyi görürse, bu durumda gözden gelen ışık, görülebilen nesneye gider ve ışık sayısız düz çizgiler ve sayısız farklı yönler boyunca yayılır. Hâlbuki gözün orta noktası ve görülebilen nesne arasında çizilebilecek imgesel çizgiler ışığın onlar boyunca yol aldığı çizgilerdir. ve göz nesnenin görüntüsünü bu çizgiler boyunca yansıyan ışıkla görür. Onlara göre göz doğa tarafından öyle donatılmıştır ki, bu çizgiler boyunca yansıtılan ışığı algılar ama bu çizgilerden başka, öteki yollar boyunca yansıtılmış olanları algılamaz. Düz çizgiler boyunca yol alan ve gözün ortasında toplanan ışıkla birlikte bulunan bu çizgilere *ışın* adı verilir. Böylece ışık ışını bütün matematikçilere göre, düz çizgiler boyunca ilerleyen ve gözün ortasında toplanan herhangi bir ışıktır ve bu çizgiler -imgesel çizgiler matematikçilerce *ışın çizgileri* olarak adlandırılır. Eski genel açıklamalara göre, ışın, düz çizgiler boyunca ilerleyen, güneşin, ayın ve gözün ışığı da olabilen bir ışıktır. Bu, ışınların tanımıdır. Fizikçiler ışın hakkında bilimsel olarak temellendirilmiş varsayımlardan yoksundurlar.

Bunları açıkladıktan sonra, artık saydam cisimler tartışmasına dönebiliriz. Saydamlığın saydam cisimlerin bir niteliği (kipi) olduğunu ve ışığı ileriye geçirdiğini savunuyoruz. Saydam cisimler iki sınıfa ayrılabilir: göksel ve göksel olmayan (gök-altı sub celestial). Göksel olanlar tek türdür. Çünkü hepsi aynı maddeden oluşmuştur. Gök-altı

saydam cisimler üçe ayrılabilir; bunlardan ilki hava, diğeri su ve yumurtanın beyazı, göz sıvıları (saydam tabakalar) ve benzeri cisimler gibi saydam akışkanlar ve üçüncüsü de cam, kristal, saydam değerli taşlar gibi saydam minerallerdir. Bunlar saydam cisimlerin farklı türleridir. Bu saydam cisimler saydamlıklarına göre farklılaşırlar ve göksel cisimler dışında, bu türlerin her birindeki saydamlık farklıdır. Hava örneğin, kısmen yoğun, kısmen seyreltik olan farklı bir saydamlığa sahiptir. Yoğun hava, örneğin, duman ve nemdir veya havanın duman veya tozla karışmasıdır. Az yoğun hava ise gökyüzü ve gökyüzüne yakın yerlerdeki hava arasında uzayan havadır. Bu hava başka cisimlerle karışmamıştır. Az yoğun hava daha güçlü saydamlığa sahiptir. Benzer şekilde bazı saydam sıvılar diğerlerinden daha güçlü saydamlığa sahiptirler. Örneğin, akarsu, içerisinde bazı renkli maddelerin çözüldüğü sudan ve kristal de Yemen Taşı'ndan^[12] daha fazla saydamdır. Bütün bunlar duyularla algılanmaktadır. Göksel cisimlerin saydamlıkların da ise fark yoktur. Onların saydamlığı çok açıktır. Çünkü yıldızlar dünyadan farklı uzaklıktadırlar ve bundan dolayı göz onları uzayda farklı konumlarda algılar.

Bütün gök-altı saydam cisimlerde biraz opaklık vardır. Çünkü üzerlerine güneş ışığı düştüğünde, onların her birinde, tıpkı üzerlerine ışık düştüğünde opak cisimden ışık çıkması gibi; ikincil bir ışık çıkar; yalnızca saydam cisimlerin yaydığı ikincil ışık daha zayıftır. Bu konuyu kitabımız *Optik*'in ilk bölümünde ayrıntılarıyla belirttik.^[13] Ve aynı yerde opak cisimlerden yayılan ve saydam cisimlerde bulunan her ışık için kanıtlanmış yöntemleri tartıştık; bu yüzden burada bu tartışmanın bazı kısımlarını tekrarlayacağız. Sabah aydınlığında görülen ikincil ışık havadan çıkar. Dünya yüzeyi güneş doğuşundan çok az önce sabahın erken zamanlarında aydınlanır ve duyularla algılandığı gibi üst yüzey gecedekinden daha aydınlıktır. Ve sabahın erken saatlerinde güneş dünyanın karşısında değilken, gözle görülür hale gelir. Işıklı cisimlerden gelen ışık yalnızca düz çizgiler boyunca ilerler: bu konuyu kitabımız *Optik*'de çıkarımlar ve gözlemlerle açıklamıştık.^[14] Güneşin dünya üzerinde henüz parlamadığı ve de bu ışınlar dünyadaki diğer cisimlerce kesilmediği zaman, Güneşten dünyaya düz çizgiler boyunca yayılmayan ışınlar da vardır. Sonuç olarak, dünyanın yüzeyinde görülebilen ışık güneşin kendi cisiminden (doğrudan)

¹² Yoğunluğu 4.6 ile 4.67 arasında değişen ve kuyumculukta kullanılan, kırmızı veya koyu turuncu renkte değerli taş.

¹³ a. g. y. I, bölüm 3, ss. 37-38, § 87-88.

yayılan ışık değildir. Dünyanın yüzeyinin karşısında duran ve ışığını onun yüzeyine gönderebilen, göksel cisimler ve dünyanın yüzeyi arasında duran ve güneş ışığıyla aydınlatılmış havanın üst bölgelerindeki cisimler dışında, başka ışıklı cisimler yoktur. Bu hava güneşin cisminin karşısında durur ve güneş ve onun arasında hiçbir engel yoktur. Bu tan vaktinde parlak hale gelen havadır ve onun içindeki ışık duyularca algılanabilir. Sonuç olarak, tan vaktinde dünya yüzeyinde görülebilen ışık dünya yüzeyinin karşısında bulunan havanın ışığından çıkan ışıktır. Bu, güneşin ışığı onlara yayıldığında, onlardan ikincil bir ışığın ilerlediği ve aynı zamanda ışığın onlara nüfuz ettiği su, cam ve saydam mineraler için de doğrudur. Bu ışık, beyaz bir cisim suyun ya da saydam minerallerin yanına getirildiğinde, ışığın ulaşır, nüfuz ettiği kenarın karşı tarafından duyularca algılanabilir. Çünkü bu durumda bir kimse yeni ışığı daha önce üzerinde görülmeyen beyaz cismin üzerinde görür. Bu ışık zayıftır. Bu olgunun deneysel kanıtının yöntemini *Optik*'te ayırtılılarıyla açıklamıştık.^[15] Bu açıklama yeterlidir. Her gök-altı saydam cisimden, güneş ışığı üzerine düştüğü zaman, opak cisimlere güneş ışığı düştüğünde çıktığı gibi, ikincil bir ışık çıkar; yalnızca saydam cisimlerden çıkan ikincil ışık, opak cisimlerden gelenlerden daha zayıftır. Opak cisimlerde ışık alma gücü olduğunu ve saydam cisimlerde de bu türden bir güç bulunduğunu açıkça göstermiştik ve saydam cisimlerde ışık onlara nüfuz edip geçerken aynı zamanda bir ışığın kaldığını da belirtmiştik. Şimdi saydam cisimden çıkan ikincil ışığın yayılımının geçirilen ışığın yayılımı olmadığını savunuyoruz. Çünkü saydam cisme nüfuz etmiş ışık, ışığın yayıldığı cismin ters yönünde iletilir ve başka hiçbir yönde iletilmez. Cisimlerden çıkan ikincil ışık ise bu yönlerde ters yönlerde iletilir. Sonuç olarak saydam cisimlerden gelen ikincil ışığın yayılması onlara nüfuz etmiş ışığın yayılması değildir. Saydam cisimde kendisine nüfuz etmiş ve onda kalmış olan ışık dışında başkaca ışık yoktur; saydam cisimden çıkan ikincil ışık da yalnızca ondan kalan ışıktan yayılır. Opaklık, saydamlığın tersine maddi cisimde ışığın kalmasının nedenidir. Çünkü cisimde opaklık yoksa cisim saydamdır. Saydam olduğu zaman ışık ona nüfuz eder ve cisim en yüksek derecede saydamsa onun içinde herhangi bir tür opaklık yoktur ve ışık bütünüyle ona nüfuz eder ve onun içinde kalmaz. Saydamlık nüfuz etme ve ışığın içinde kalmaması nedenidir. Bu durumda, ışık her opak cisimde kalır ve ışık her saydam

¹⁴ a. g. y. I, ss. 13-51, özellikle § 23.

¹⁵ a. g. y. I, bölüm 3, ss. 35-39, § 77-96.

cisme nüfuz eder. Işığın kalması opaklığın dışında başka bir nedenden dolayı değildir. Şimdi daha da ötesi, her gök-altı saydam cisimde dışarıdan onlara ışık düşerken sabit bir ışık vardır. Böylece her göksel saydam cisimde saydamlığın yanı sıra opaklık da vardır. Saydam cisimlerde saydamlığın farklı olduğu açıklanmıştı. Saydam cisimlerde saydamlığın farklı olduğu ve bu cisimlerin tümünde biraz opaklığın da olduğu açıklanmıştı. Benzer biçimde bu cisimlerdeki saydamlık miktarı onlardaki opaklığın sonucudur. Onlarda opaklık daha güçlü ve saydamlık ise daha zayıftır. Onlardaki opaklığın zayıf olması onların saydamlığının güçlü olması demektir.

Göksel cisimlerin saydamlığıyla ilgili olarak mantıkçının (Aristo) görüşü ise, onların saydamlığının diğer bütün cisimlerin saydamlığından daha büyük olduğudur. Bunların saydamlığı yüksek dereceli bir saydamlık değildir ve bir cismin göksel cisimlerinkinden daha güçlü bir saydamlığa sahip olması olanaklı değildir. Matematikçiler saydamlığın sınırsız olduğunu ve saydam cisimler göz önüne alındığında onlardan daha saydam bir cismin varlığının olanaklı olduğunu düşünüyorlar. Bu grup matematikçilerden biri olan Ebu Sa'dal ala İbn Suhail bu problemi (fenomen) açıklamıştı. O aynı problemin geometrik kanıtını anlatan bir tartışma yazmıştır. Biz aynı problemin kanıtlamasını yeniden gerçekleştireceğiz, ama onun (Ala İbn Suhail) yaptığından daha iyi bir biçimde ana noktaları göz önüne getireceğiz ve onunkinden daha açık bir açıklımını vereceğiz. Deneylerin, saydam cisme düşen her ışığın düz çizgiler boyunca saydam cisim aracılığıyla iletildiğini, gösterdiğini savlıyoruz. Işık saydam cisimde yayıldığında ve saydamlığı ışığın yayılmış olduğu birinci cisimden farklı olan başka bir cisme geçtiğinde, ikinci cismin ara yüzeyine eğimli bir doğrultuda düşerse, ışık kırılır (bent) ve düz bir çizgide iletilmez. Bu sorunu (fenomen) *Optik* kitabımızın 7. bölümünde belirttik ve ayrı ayrı her saydam cisim durumunda bunun deneyle nasıl kanıtlanacağını önerdik; ve ayrıca kırılmanın belirli açılarda olduğunu kanıtladık.^[16] Kırılma, az yoğun ortamdan çok yoğun bir ortama geçme durumunda olduğu zaman, bükülmenin gerçekleştiği noktada çok yoğun ortamın yüzeyine dik olan normal yönünde ortaya çıkar. Ancak kırılma, eğer ışığın yoğun ortamdan az yoğun ortama geçişi durumunda olursa, normalden öteye doğru gerçekleşir. Şimdi, eğer

¹⁶ İbn el-Heysem'in optik kitabı *Kitâb el-Menâzır* 7 bölüm ya da o dönemin sınıflamasıyla 7 kitap-tan oluşmaktadır. Bunlardan ilk üç tanesi doğrudan görme (direct vision), 4., 5. ve 6. bölümleri yansıma (reflection) ve 7. bölümü ise kırılma (refraction) konusuna ayrılmıştır.

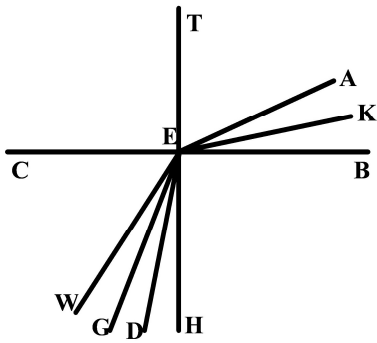
ışık az yoğun ortamda yayılmış ve çok yoğun ortam içerisinde kırılmışsa, kırılma noktasında bir açı yapar; eğer ilk yayılma yoğun ortamdaysa ve daha sonra az yoğun ortamda kırılmış kırık çizgiler boyunca yoğun ortamdaki yayılan ışık, gelen ve kırılan ışın arasında bulunan aynı açıyla kırılır. Saydam az yoğun bir ortamda ki ışık, ilkinden daha yoğun ve yoğunlukları da birbirinden farklı olan iki başka ortamda kırıldığı zaman, daha büyük yoğunlukta olan ortamdaki ışığın kırılması daha büyüktür. Işık, yoğunluğu daha büyük olan bir ortamda kırıldığı zaman, kırılma noktasından çizilen normale yakınlaşır. Fakat eğer saydam çok yoğun ortamdaki ışık, diğer iki az yoğun ortam içerisinde kırılırsa ve bu iki az yoğun ortamın yoğunluk seyreltiklikleri de farklı ise ışık yoğunluğu seyreltikliği çok daha az olan ortamda kırılma noktasına çizilen normalden uzaklaşır. (Batlamyus) Ptolemy *Optik Kitabı*'nın^[17] 5. bölümünde ışık ışının yayılmasında bu problemi benzer biçimde kanıtlamıştı. Benim görüşüme göre, Batlamyus, görsel bir ışın saydam bir ortamda yayıldığı ve saydamlığı birincinin saydamlığından farklı olan başka bir saydam ortamla karşılaştığında, iki ortamın ortak yüzeyine eğimli bir doğrultuda düştüğünü, ışığın kırıldığını ve düz bir çizgide iletilmediğine değiniyor. Ayrıca Batlamyus görsel ışının havadan cama kırılmasının havadan suya kırılmasından daha büyük olduğunu -cam sudan daha yoğundur- söylüyor. Benzer biçimde az yoğun bir ortama göz yerleştirildiğinde, onun ışının yoğun bir ortamda belli bir açıda kırıldığını ve göz yoğun bir ortamda kırılmış ışının yönünde yerleştirildiğinde de ışının aynı açıda kırıldığını gösteriyor. Bütün bunlardan saydam ortamda yayılmış ve saydamlığı birincisinden daha büyük olan ikinci bir saydam bir ortamla karşılaşan her ışığın ikinci ortamda kırıldığı ve bu kırılmanın ikinci ortamın yoğunluğuna orantılı olarak gerçekleştiği açığa çıkmıştır. Saydam bir ortamda yayılan ve daha sonra saydamlık yoğunluğu birinci ortamdaki daha az olan ikinci bir ortamla karşılaşan her ışık, ikinci ortamda kırılır ve bu kırılma, ikinci ortamın seyreltikliğine (saydamlığına) orantılı olur.

Bu problemi daha açık kılacak bir örnek verelim. Saydamlıkları farklı iki saydam ortam olsun; A noktası az yoğun ortamda yer alsın; A noktasından geçen düzlem yüzey çok yoğun ortamın üst yüzeyine dik açılarda bulunsun. BC çizgisi de her iki yüzeyin, düzlem yüzeyin ve yoğun ortamın üst yüzeyinin, arakesitini oluştursun. A noktasından

¹⁷ Benzer şekilde Batlamyus'un *Optik* kitabı da beş bölümdür ve bunlardan 5. bölüm kırılmaya ayrılmıştır.

BC üzerine, E noktasından yoğun ortamın yüzeyine dik olan normale, yani EH'ye eğimli düşen ve AE ve W'yi oluşturan bir AE çizgisini çizelim. Bu, E açısının açıkça kırılma açısı olduğunu göstermektedir. Şimdi eğer bir ışın GE çizgisi boyunca yol alırsa, EA çizgisi boyunca kırılır. Biz şimdi TE normalini çizelim ve ışın GE, A'nın bulunduğu az yoğun ortama girerken ET normalinden uzaklaşan bir yönde kırılır. Saydamlığı daha güçlü olan bir ortamdaki kırılma EK yönünde olur. Yoğun ortamdan yayılan ve EA yönünde kırılan DE ışınıdır. Eğer bir ışın saydamlığı çok daha güçlü olan az yoğun bir ortam içerisinde EA yönünde yayılırsa, ED yönünde kırılacaktır. Ama eğer A noktasının bulunduğu çok daha az yoğun ortam, yoğun ortamda yayılmış ışının bulunduğu daha az yoğun ortamdaki kırılma EA yönünde kırılır. Bu saydam az yoğun ortam hala daha az yoğun olduğundan, ışın ED'den aynı normale daha yakın olan bir çizgi yönünde kırılır. Suya geçme durumunda da aynı şey geçerlidir. Çok ince ve çok saydam olan bu saydam ortamda ışığın kırıldığı yönde EH normaline yakın çizgiye yanaşır, kırılmış ışın EH çizgisine yaklaşır ve HED açısı küçülür ve normal ile kırılmış ışın arasında bulunan açı az yoğun ortamın saydamlığına orantılıdır. Bundan zorunlu olarak saydamlık derecesinin kırılma noktasındaki açıya orantılı olduğu çıkar.

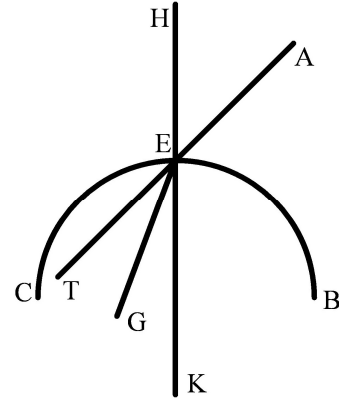
Herhangi bir açının sonsuz sayıda bölünebileceği konusunda matematikçiler ve tabiatçılar arasında görüş farkı yoktur. Çünkü açının iki ucunun birleştiği açı merkezinin



bulduğu nokta ile ondan belirli bir uzaklığa bir daire yayı çizilirse, daire yayı sınırsızca küçük parçalara bölünürse, açının iki ucunu bağlayan yay da sınırsız küçük parçaya bölünmüş olur. Eğer bu noktalardan açının yer aldığı noktaya bölüm çizgileri çizilirse, açı çok sayıda küçük kısma bölünmüş olur. O zaman bunların herhangi birinden daha küçük bir açı meydana gelebilir. Eğer

ortamın saydamlığı bütünüyle kırılma açısına orantılı ise ve eğer bundan daha küçük bir açı bulunmuyorsa, bundan daha az yoğun olduğu düşünülebilecek bir saydamlık yoktur. Fakat bundan daha az yoğun bir şeyin olabileceğini varsaymak saydamlığın sınırı değildir. Bundan dolayı düşünülebilecek bir saydamlık sınırı var değildir.

Batlamyus, görsel ışının göksel kürenin tümsek kenarında kırıldığını ve göksel kürenin havadan daha saydam olduğunu göstermiştir. Bundan çıkan sonuç, güneş ve yıldızların ışığının göksel kürenin tümsek kısmında kırıldığıdır. Bu [durum] örnekle açıklanmıştı. Daha yoğun ortamın küresel olduğu varsayılınsın; BEC yayı A noktasının bulunduğu düzlemin arakesitidir ve küresel yüzeyin merkezi K olsun ve yoğun ortam merkeze doğru, az yoğun ortamda yayın tümsekliğinin dış tarafı yönünde olsun. A noktası az yoğun ortamda bulunsun. Ondan çizilen AE ışını küresel yüzey üzerine eğimli düşsün ve GE doğrultusunda kırılsın. KE'yi çizelim ve onu H'ye uzatalım. Bu durumda EH küresel cismin üst yüzeyine normal olur. Eğer bir ışın da GE çizgisi boyunca çizilirse, o da EA yönünde kırılacaktır. Ancak Eğer A'nın bulunduğu ortam güçlü saydamlıktaysa, ışın AE çizgisi boyunca yayılacak ve KH normaline daha yakın bir çizgi boyunca kırılacaktır. Aynı durum diğer ışınlar için de geçerlidir. Kırılan ışın ve KH normali arasında bulunan açı GEK açısından daha küçüktür. GEK açısı sonsuz sayıda bölünebilir ve sonsuz sayıda küçültülebilir. Bir kimse A'nın bulunduğu az yoğun ortamın saydamlığının da o denli indirgenebileceğini düşünebilir. Eğer daha az yoğun göksel ortam ve güneş A noktası doğrultusunda ve güneş ışınları AE çizgisi boyunca yayılıyorsa ve EG çizgisi boyunca, az yoğun ortamın saydamlığına göre, daha az yoğun olması dolayısıyla, GE ve EK çizgileri arasında bulunan bir çizgi boyunca kırılacaktır. GE ve EK arasında sonsuz sayıda çok çizginin bulunması olanaklıdır. GE ve EK arasında sonsuz sayıda çok çizginin bulunabileceği varsayılabilir ve sonuç olarak göksel kürenin saydamlığının da, gerçekte olduğundan, sonsuz derecede daha saf ve daha az yoğun olarak düşünebilmesi de olanaklıdır.



Şimdiye kadar yaptığımız betimleme matematikçilerin fikridir. Kendi görüşüm ise bir cismin saydamlığının sonsuz derecede daha saf ve daha az yoğun olabileceğidir. Örneğin bir kimse bir saydam cisimde bulunandan daha az yoğun bir saydamlık düşleyebilir. Tabiatçılar, bununla birlikte, doğal cisimlerin her özelliğinin belirli bir sınırı olduğunu, bunun ötesinde bir değişimin yapılamayacağını, ancak imgesel çizgilerle biçimlenmiş (sınırlanmış) olan açıların yalnızca imgesel olarak sonsuzca bölünebileceğini,

buna karşılık doğal cisimlerden oluşan açılardan ise, sonsuzca bölünemeyeceğini; çünkü kendi formlarının yer aldığı bir bölünme sınırlarının bulunduğunu belirttiler. Şüphesiz, her doğal cisim, kendi formunun bulunduğu bilinen bir uç dereceye kadar bölünebilir; eğer daha fazla bölünürse, orijinal form bozulur ve başka bir forma dönüşür. Bu durum şöyle açıklanabilir. Uç sınıra kadar bölündüğü zaman, suyun varolan en küçük parçası için olanaklı olan bölünme derecesine ulaşılır; eğer daha fazla bölünürse, suyun formu bozulur ve havanın formu elde edilir. Öyle ki, eğer hava, benzer şekilde olanaklı en küçük parçasına kadar bölünürse ve o da daha alt bölümlere ayrılırsa, havanın formu bozulur ve ateşin formu elde edilir. Eğer, ateş, benzer şekilde olanaklı en küçük parçasına bölünürse, bölmeyi bunun ilerisine götürmek olanaklı olmaz, o zaman yoğunluk bakımından ateşin formu dışında diğer bir form olmaz. Göksel cismin formu, ateşin formundan daha incedir ve ateşin göksel bir cisimle aynı türden (nevi) olduğunu varsaymak olanaklıdır. Çünkü ateş olanaklı en küçük parçasına bölünebilir ve göksel bir forma dönüşür. Bundan dolayı, göksel cismin bölünebileceği düşünüldüğünde, bu bölünme yalnızca imgeseldir, gerçek değil. Çünkü eğer, bölünme, benzer şekilde, onun olanaklı en küçük parçasına kadar götürülürse, daha alt parçalara bölünemez ve gerçekte göksel cisim en yüksek derecede saydamlıktır. Mantık ustası (Aristoteles) doğal cisimler arasında göksel cisimlerden daha saydam olan bir cismin olmadığını belirtir ve sonuç olarak böyle bir cismin varolabileceğini kabul etmenin de akla uygun olmadığını ileri sürer.

Bana göre, imgesel saydamlığın sınırsız, ancak maddi cisimlerde sınırlı olduğunu ve göksel bir cismin saydamlığının ise cisimlerin uç sınır saydamlığı olduğunu belirten her iki doktrin de doğrudur. Saydamlık ve saydam cisimler hakkında söylediğimiz ne varsa, bütünüyle onların doğasını (koşulunu) bilmek için zorunludur.

Şimdi sıra bu tartışmada açıklamasını vermeye çalıştığımız bütün kavramlarla ilgili son bir tanımlamaya geldi ve şimdi bu tartışmada (Discourse) betimlediklerimizi özetleyeceğiz; öyle ki burada ileri sürülen düşünceleri, nedenlerini ve kanıtlamalarını araştırmaksızın karşılaştırmak kolaylaşacaktır. Bu tartışmada filozoflara göre betimlediklerimizi şöyle özetliyoruz:

*Kendinden ışıklı her cisimdeki ışık onun doğasının temel karakteristiğidir. Bununla birlikte, opak cisimlerin üzerinde görülen, ilineksel ışık ise edinilmiş bir karakteristiktir.

*Matematikçilere göre, kendinden ışıklı nesnelere ısı enerjisidir (ateş-ısı); opak nesnelere üzerinde dağılarak açığa çıkan ve edinilmiş bir karakteristik olan ilineksel ışık da bu nesnelere açığa çıkan ateş kadar görünebilir.

*Saydam bir nesnenin içerisinde doğrusal bir çizgi boyunca yayılan ışığa ışın denir; bu ışın güneş, ay, yıldızlar, ateş ya da 'görme' (görsel) ışınına ait olabilir.

*Saydam nesnelere tümü ışığı aktarırlar ve onların gerisinde bulunan gözün algılamasına izin verirler. Bunlar, birisi ışığın bütünüyle nüfuz ettiği ve diğeri de kısmen geçtiği olmak üzere, iki kısma ayrılabilirler.

*Bu iki grup daha alt bölümlere de ayrılabilir: Işığın bütünüyle geçtiği, yani gökssel ve gökaltı; gökaltı nesnelere de üç alt sınıfa ayrılır: hava, su vb. akışkanlar ve cam ve saydam değerli taşlar gibi, saydam mineraller.

*Saydam nesnelere saydamlığı ışığı aktaran (geçiren) bir karakteristikdir.

*Saydamlıkta da fark vardır ve bu fark kırılma açılarıyla gözlenmiştir. Saydamlıkları farklı olan iki saydam ortam boyunca iki ışın yayıldığında ve bu iki ışın, her iki ortamın birleştiği ortak yüzeye kırılma noktasından çizilen kendi normaliyiyle benzer açı yaparlar. Ancak oluşturdukları açılar ortamlarının yoğunluğuna bağlı olarak farklılaşır. Bu açılardan birisi daha yoğun ortamdadır ve daha küçüktür; daha küçük açıya sahip olan ortam ise daha büyük saydamlığa sahiptir.

Tartışmada (Discourse) betimlediğimiz bütün noktalar bunlardır ve şimdi tartışmayı kapatma zamanı geldi.

Yardım Allah'tandır; ışık tartışması sona erdi.

Değerlendirme

Bir bütün olarak bu makalede ve diğer optik çalışmalarında ileri sürdüğü düşünceleri dikkate alındığında, İbn el-Heysem'in ışık ya da daha teknik deyişle optik biliminde gerçek anlamda bir dönüm noktası, başka bir deyişle bir paradigma oluşturduğu çok açıktır. Çünkü bilindiği üzere, İbn el-Heysem öncesi optik çalışmalarında Aristocullar, Galenciler ve Euclidciler olmak üzere üç ayrı yaklaşım etkindi ve bu üç akım İslâm dünyasında da ayrı ayrı temsilci bulmuştu.¹⁸ Nitekim el-Kindi Euclidci, Huneyn İbn İshak

¹⁸ Antikçağ'daki görme kuramlarına ilişkin daha ayrıntılı bilgi için, David C. Lindberg, Theories of Vision from Al Kindi to Kepler, Chicago, 1976, ss. 1-17'ye bakılabilir.

Galenci ve İbn Sînâ da Aristocuydular. Gerçi bu bilim adamları da özgün düşünceler geliştirmeye çalışmışlardı, ancak çizdikleri çerçeve temsil ettikleri kuramla sınırlı kalmıştı. Oysaki İbn el-Heysem, bir kuramı benimseyip diğerini çürütmeye çalışmak anlayışını benimsemeyip, aksine geliştirdiği özgün düşünceleri tutarlı bir biçimde, dizgesel olarak ortaya koymaya çalışmıştır. Bu anlamda o ne Euclidci ve ne de Aristocudur. Bu nedenle geliştirdiği nesneşin kuramı, en az kendisi kadar sağlam itirazlar geliştirmesine rağmen, İbn Sînâ'nın kuramından daha etkili olmuştur. Çünkü İbn Sînâ bütün dikkatini Aristo'yu haklı kılacak düşünceler geliştirmeye ayırmış ve karşıt kuramları yanlışlamak yoluyla Aristo'nun kuramının doğruluğunu göstermeyi hedeflemiştir.¹⁹ Bu amaçla o görmenin gözden çıkan ışınların nesneye ulaşmasıyla oluştuğunu savunan gözişin kuramını, kabul edilemez ve saçma olduğu gerekçesiyle reddetmiştir. Çünkü ona göre, bu görüş çok küçük olmasına rağmen, bütün evreni dolduracak kadar maddenin gözden çıkabileceğini varsaymaktadır. Bu ise saçmadır.

Diğer taraftan İbn Sînâ, görmede söz konusu olan nesneyi gözün gözden yayılan ışınların dağıldığı hava aracılığıyla algıladığını varsayan Galenci kuram da, bireysel olan görme olgusunu ortak bir olgu durumuna getirdiği gerekçesiyle reddeder. Çünkü bu kurama göre havaya dağılan gözişini eğer görme gücü kuvvetli birisine aitse muhtemelen orada bulunan görme gücü zayıf kişinin görüşünü de etkileyecektir. Oysa böyle bir durum söz konusu olmamaktadır. Çünkü görme bireysel bir olgudur.

İşte böylece İbn Sînâ bu iki kuramın geçersizliğini ya da savunulamaz olduğunu göstermekle geriye savunulacak tek kuramın Aristo'nun ışığı bir ilinek olarak, ışık kaynağını da saydam bir ortamın ateş tarafından aktüel hale getirilmesi olarak gören ortamcı kuramı olduğunu kanıtladığını düşünmektedir. Oysa İbn el-Heysem bu konuda tamamen bağımsız davranmış ve gözişin kuramının eksikliğini ve yanlışlığını belirleyerek reddet-tikten sonra, kendi nesneşin kuramını temellendirme yoluna gitmiştir. Bu nedenle geliştirdiği görme kuramına yeni nesneşin kuramı adı verilmiştir. Bu tutumu ise ona haklı olarak bütün zamanların en büyük optikçisi unvanını kazandırmıştır.²⁰

¹⁹ Hem Antikçağ'daki görme kuramları hem de onların İslâm dünyasındaki yansımalarına ilişkin olarak, Hüseyin Gazi Topdemir, *Işığın Niteliği ve Görme Kuramı Adlı bir Optik Eseri Üzerine Araştırma*, (yayınlanmamış doktora tezi) Ankara, 1994, ss. 20-62'ye bakılabilir.

²⁰ Boyer, Carl B., *The Rainbow, from Myth to Mathematics*, Princeton, New Jersey 1987, s. 80.

Onun ışığın kaynağı, yayılımı, görmeye etkisi ve görmenin oluşumu konularını yoğunlukla incelediği başyapıtı olan *Kitâb el-Menâzır*'ın ilk üç kitabında (bölüm) sergilediği düşüncelerini dikkate aldığımızda bu unvanı gerçekten hak ettiğini rahatlıkla görebiliriz. O burada, öncelikle görmeyi sağlayan ışığın gözden yayıldığını varsayan, gözüşin kuramına karşı çıkararak; ışığın nesneden geldiği varsayımından hareket eder; bunu kanıtlamak için de, görmenin hem fiziksel hem de nesneden göze gelen ışınlar aracılığıyla, matematiksel yorumunu yapar. Bunu yaparken de doğal olarak, görme ışınları hakkında bir tartışmayla işe başlar:

Işığın gözden çıktığını varsayanlara göre, ışık gözden çıkar ve saydam ortamdan geçerek görüntüye neden olan nesneye gider ve görme bu ışınlar yoluyla olur. ... Ben bu ışınların göze bir şey getirip getirmediğini araştırmak isterim. Eğer görme sadece bu yolla oluyorsa ve göze bir şey geri gelmiyorsa, göz göremez. ... Eğer nesneden göze ışık aracılığıyla renk ve ışın gelmezse, göz o nesneyi algılayamaz. Bu nedenle, bütün olasılıklar göz önüne alındığında, gözden ışık çıksa da, çıkmasa da, göze bakılan nesneden bir şeyler geri gelmezse, görme olayı gerçekleşemez.²¹

Bu anlatım, açıkça, ışık kaynağı ne olursa olsun, göze dışardan bir şeyler gelmediği sürece görmenin gerçekleşemeyeceğini belirtmektedir. Bu açıklama İbn el-Heysem'in kendinden önce konuya yönelik çalışan bilim adamlarına oranla çok daha yalın ve o ölçüde de sağlam bir kanıt elde ettiğini göstermesi bakımından önemlidir. Çünkü burada ışık kaynağı ne olursa olsun, dışarıdan ışık ve renk göze gelmediği sürece görmenin olamayacağı savı, çok özlü bir biçimde belirtilmektedir. Şu alıntı bunun kanıtıdır:

Gösterildiği gibi, nesnenin durumu ne olursa olsun, bakılan nesnenin göze ulaşan rengi ve ışığı, gözde ışık çıksın ya da çıkmasın, göz tarafından algılanır.²²

Burada dayanılan temel sav şudur: eğer görme göz ışınları aracılığıyla oluyorsa, bu ışınların tekrar nesneden göze bir şeyler getirmesi gerekir. Çünkü nesneden göze bir şeyler gelmiyorsa, görme olmaz. Eğer göz ışınları nesneye gidip ondan bir şeyler alıp göze geri geliyorsa, o zaman da ışının nesneden çıktığını kabul etmek daha akıllıca olacaktır.

²¹ İbn el-Heysem, 1. Kitap, 6. bölüm, § 51 ve 52, ss.78 -79.

²² İbn el-Heysem, 1. Kitap, 6. bölüm, § 53, s.79.

Nitekim İbn el-Heysem'de **Işığın Görme Üzerine Etkisi**'ni incelediği dördüncü bölümde, ışığın nesneden geldiğini gözden bir şeylerin yayılmadığını belirtmektedir. Bu bölümün beşinci maddesinde şöyle demektedir: ... Işık gözde belirli bir etki yapmaktadır.²³

Böylece İbn el-Heysem ışığın nesneden geldiğini ve görmeye de bu ışığın neden olduğunu kesinlikle gösterdikten sonra, kendi kuramının temel dayanağını kuracak ve gözişin kuramına da son verecek belirleyici kanıtını şöyle oluşturur:

Şimdi, gözden ışığın çıktığını savunanların görüşünü göz önüne alalım ve bu görüşten neyin yanlış ve neyin doğru olduğunu gösterelim. Bu demektir ki, (yani gözişin kuramına göre,) görme gözden nesneye bir yayılımın gitmesiyle oluşmaktadır. Eğer böyleyse, o zaman da bu yayılım ya maddeseldir, ya da değil. Eğer maddeselse ki maddesel olmalıdır; çünkü gökyüzüne baktığımızda yıldızları görmekteyiz. Bu durumda yer ile gök arasındaki alanı bu yayılım dolduruyor ve gözde bu süreçte kendisinden hiçbir şey kaybetmiyor demektir ki, bu açıkça olanaksız ve saçmadır. Bu nedenle görme, gözden bakılan nesneye maddesel bir yayılımın geçmesiyle oluşmaz. Fakat eğer, bu yayılım maddesel olmayan bir yayılımsa, o zaman da algılama olmaz; çünkü algı yalnızca maddesel nesnelere aittir. Bu nedenle görsel nesneyi algılayabilmek için gözden hiçbir şey yayılmaz.²⁴

Bu aşamadan sonra İbn el-Heysem, haklı olarak, ışığın nesneden çıktığını kanıtlamaya girişir. Bunun için, bir dizi ayrıntılı deney düzenler ve bunlara dayanarak açıklamalarda bulunur. Bunların ayrıntısına girmeksizin onun bu açıklamalarında ulaştığı sonucu ve temel argümanını formüle etmek olanaklıdır. O da, göz parlak bir nesneye, bir renge ya da ışığa uzun süre bakarsa acı duymaktadır; mademki dışardan etki almak acının doğasıdır, öyleyse görsel süreçte gözün dış bir etkinin alıcısı olduğu açıktır.²⁵ Böyle bir durumda gözden nesneye doğru bir şeylerin gittiğini varsayamayız. Tam aksine, nesneden göze doğru bir şeylerin geldiğini varsaymak daha tutarlıdır.

Böylece İbn el-Heysem gözişin kuramına karşılık olarak oluşturduğu bu ilk ve önemli girişiminden sonra kendi nesneışin kuramını oluşturmaya girişir. Ona göre bakılan nesnenin üzerindeki her noktadan göze bir ışık (ve renk) gelir. Ancak görmeyi bu

²³ İbn el-Heysem, 1. Kitap, 4. bölüm, § 5, s. 52.

²⁴ İbn el-Heysem, 1. Kitap, 6. bölüm, § 56, s. 80.

²⁵ İbn el-Heysem, 1. Kitap, § 1., 2., 3., 4., 5, ss. 51, 52.

ışınlardan yalnızca dik olanı belirler; diğer ışınlar ise gözün tabakaları aracılığıyla kırılmaya uğrarlar. Bundan dolayı, yani dik ışının kırılmamasından dolayı ışınlar içerisindeki en güçlü ışındır ve dolayısıyla göze gelen ışınların çokluğundan dolayı ortaya çıkması gereken karışıklık da ortaya çıkmaz ve görme meydana gelmiş olur.

İbn el-Heysen içinde görme, göz ve nesne arasında bağlayan bir koni aracılığıyla oluşur. Ancak, bu koninin kaynağı nesne, hedefi ise gözdür.

Bütün bu açıklamalarıyla görüntü mekanizmasının temelinde yatan ilkeleri açıkça belirleyebilmiş olan İbn el-Heysen, aynı zamanda bu makalesinde görme optiğine ilişkin diğer bir önemli etmen olan saydam ve saydamlık konusunu da modern yaklaşımla karşılaştırılabilecek boyutlarda ayrıntılı olarak incelemiştir.

Bütün bu çalışmalarını göz önüne aldığımızda onun görüntü mekanizmasına ilişkin olarak ileri sürdüğü ilkeleri şu şekilde gösterebiliriz:

-Işık ışıklı nesnelere, o nesnedeki her noktadan karşısındaki bütün yönlere doğru, doğrusal olarak yayılır.

-Işık bu tür nesnelere özüne ait bir özelliğidir. Bu nesnelere birincil ışık kaynakları ve bunlardan yayılan ışığa da birincil ışık adı verilir.

-Görme de nesnelere gelen ışık ve renk etkisiyle oluşur.

-Saydamlık ışığı geçiren bir özelliğidir. Bu nesnelere saydam denir.

İbn el-Heysen'in bu kuramı olağanüstü etkili olmuş, Doğu'da ve Batı'da 17. yüzyıla kadar tam anlamıyla otorite haline gelmiştir. Onun bu kuramının etkisinin çok açık olarak görüldüğü bilim adamları, Doğu'da Kemâlüddîn el Fârisî, Batı'da ise Roger Bacon, John Pecham, Witelo, Mourolico, della Porta ve Kepler'dir.²⁶

²⁶ Lindberg, 1976, s. 86.