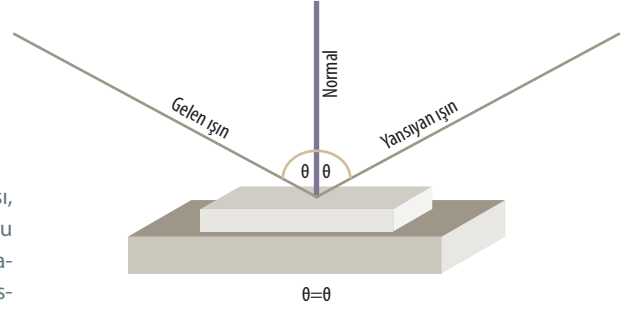


İslam Dünyasında Geometrik Optik Çalışmaları-1: Yansımaya

Işığın parlak yüzeylerden örneğin aynadan yansımaya, yansımaya aracılığıyla görmenin nasıl oluştuğu, oluşan bu görüntülerin algılanmasında ortaya çıkan görme kusurlarının incelendiği yansımaya optiği, diğer adıyla katoptrik İslam dünyasında erken dönemlerden itibaren başarıların kazanıldığı bir disiplindir. Antik Çağ bilgi mirasını ciddi bir biçimde irdeleyen Müslüman entelektüeller, diğer disiplinlerde olduğu gibi bu alanda da geometri ve deneye dayalı çalışmalar gerçekleştirmiş, kısa sürede önemli başarılar elde etmiştir. Konunun geometrik yoldan ele alınmasının temellerini Eukleides atmış, herhangi bir kanıtla-



Düzlem aynada yansımaya

ya girişmeksizin yansımaya ikinci kanununu ifade edebilmiştir. Antik Çağ'da Eukleides'ten sonra yansımaya konusundaki ikinci önemli adımı, yaptığı teknik çalışmalarla bilim tarihinde seçkin bir yer edinen ve İskenderiye Mekanik Okulu'nun son temsilcisi olan Heron atmıştır.

Yansımaya Aracılığıyla Görme

İslam dünyasında yansımaya optiği konusunda çalışan bilim insanları geleneksel tanımdan hareketle, yansımaya bugünkü anlamıyla değil bir görme problemi olarak, parlak yüzeyler aracılığıyla görmenin nasıl gerçekleştiğinin deneysel ve geometrik araştırması olarak anladılar. Bu, aslında esas itibarıyla yanlış olmayan bir anlayıştır. Çünkü her ne kadar konu sadece görmeye sınırlanmış görünse de, modern yansımaya optiğinin ele aldığı bütün konular tek tek incelenmiştir. Daha dikkat çekici olan ise yansımaya aracılığıyla görmenin nasıl gerçekleştiğini belirlemek için deneysel incelemeler yapılması, bu deneylerde kullanılan çeşitli ayna türlerinin yapım tekniklerinin de kaleme alınmasıdır. Yukarıda değinildiği üzere, yansımaya ikinci kanunu Grekler tarafından geometri aracılığıyla ifade edilmişti, ama gelen ışığın normalle yaptığı açının yansıyan ışığın normalle yaptığı açıya eşit olmasının nedenine değinilmemişti. Bu nedenle yansımaya kanununun nedensel açıklamasının ilk kez İslam dünyasında yapılması bilimin gelişim sürecinde önemli bir evre oluşturur.

9. yüzyıldan itibaren yansımaya optiği konusunda dikkat çeken çalışmalara rastlanan İslam dünyasında, başta el-Kindî olmak üzere birçok bilim ve düşün insanının da aynı konuyla ilgilenmesine karşın, konuyu sistemli, tutarlı, deney ve matematiğin ışığında irdeleyen İbn el-Heyssem oldu. Bu kuşkusuz bir tesadüf değildi. Çünkü İbn el-Heyssem bir ışık uzmanıydı ve ışığın incelenmesi için doğasının çok iyi kavranması gerektiğini biliyordu. Bu bilgilerinin tarihe geçmesini sağlamak için *Risâle fi Dav* (Işık Üzerine) ad-

lı olağanüstü bir makale kaleme aldı. Makalenin girişini konuyu yeterince aydınlatmaktadır:

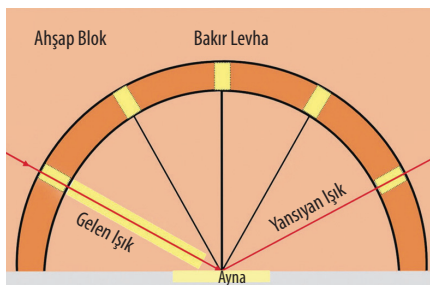
"Işık nedir?" sorusunun araştırılması doğa bilimlerinin, "Işık nasıl yayılır?" sorusu ise ışığın doğrular boyunca yayılıyor olması nedeniyle, matematiksel bilimlerin bilgisini gerektirir. Benzer şekilde "Işın nedir?" sorusu doğa bilimlerine, form ve görünüşlerinin incelenmesi ise matematiksel bilimlere aittir. Işığın nüfuz edebildiği nesnelere de durum aynıdır. "Saydamlık nedir?" sorusu doğa bilimlerinin konusunu oluştururken, "Işık saydam nesnelere nasıl yayılır?" sorusu matematiksel bilimlerin konusuna girer. Bundan dolayı ışık, ışın ve saydamlığın araştırılması hem doğa hem de matematiksel bilimlere kategorisi altına konulmalıdır.

İbn el-Heyssem'in düşüncelerinin ayrıntılarına girmeden önce, konu hakkında *Fi el-Alât el-Muhrikâ* (Yakan Araçlar Üzerine) adlı uzun bir makale kaleme almış olan Ebû Sa'd el-Âli İbn Sahl'dan (10. yüzyıl) söz etmekte yarar var. *Fi el-Alât el-Muhrikâ* (Yakan Araçlar Üzerine) ilk örneklerine Greklerde rastlanan ve özellikle çukur aynaların ışık ışınlarını bir noktaya toplama özelliğine yönelik araştırmaların devamı niteliğindedir. İslam dünyasında geometri alanında elde edilen başarılar ışığında yeniden ele alınan konu, kuşkusuz Grek'te ulaşılan düzeyin çok ötesine taşınmıştır. Son zamanlarda yapılan araştırmalar İslam dünyasında İbn el-Heyssem öncesi optik çalışmalarının düşünülenden daha ileri bir düzeyde olduğunu açıkça göstermiştir. Bu erken başarıya katkı sağlayanlardan biri de İbn Sahl'dır.



Modern optiğin kurucusu İbn el-Heysem.
İbn el-Heysem, modern dönem öncesinde optik problemlerini bilimsel temellerde inceleyen ve ilkelerini koyan ilk bilginidir.

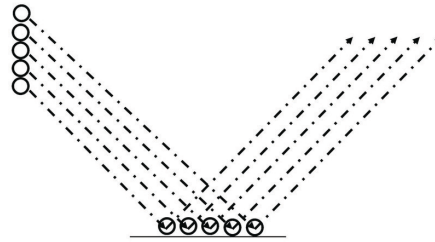
İbn Sahl'ın yakan aynalara gösterdiği ilginin odağında, Arkhimedes'in Roma donanması gemilerini çukur ayna yardımıyla bir noktaya odakladığı Güneş ışığıyla yakmasına benzer bir yakma problemi vardır. Amaç Güneş'ten gelen ışıkları çukur ayna yardımıyla belirli bir noktaya yansıtarak orada bulunan yanıcı bir nesneyi yakmaktır. Belki ilk anda eğlenceli gelen bu durum, aslında yansımaya kanununun çukur aynada nasıl gerçekleştiğinin geometri aracılığıyla belirlendiğini bilmeyi gerektirdiği için dikkat çekicidir. Düzlemlerde, parabolik ve küresel parlak yüzeylerde yansımının nasıl oluştuğu bilgisini irdeleyen İbn Sahl, farklı açılarla gelen Güneş ışınlarının yansımalarını ve konumlarını geometrik olarak belirlemiştir. Bu başarı bütün dikkatini ışık konusunda yoğunlaştırmış olan İbn el-Heysem tarafından bütün yansımaya problemlerini kapsayacak şekilde tam anlamıyla çığır açıcı bir konuma taşınmıştır.



Yansımaya ölçme aleti

İbn el-Heysem, optik tarihinin klasikleri arasına girmiş olan ünlü *Kitâb el-Menâzır* (Optik Kitabı) adlı çalışmasının dördüncü, beşinci ve altıncı bölümlerinde ışığın yansımaları konusunu ayrıntılı bir şekilde incelemektedir. Bu bölümlerde konunun gereği olarak yansımaların incelenmesinde kullanılacak bir aletin yapılışını ve nasıl kullanılacağını da açıklamaktadır. Bu alet yardımıyla o dönemde yaygın olarak bilinen silindir, koni ve küre şeklindeki aynalarda oluşan yansımalarını ve Greklerin sadece tarif etmekle yetindiği yansımaya kanununun bütün ayna çeşitlerinde geçerli olduğunu, deneysel ve nedensel olarak çok sayıda örnek durumla kanıtlamıştır.

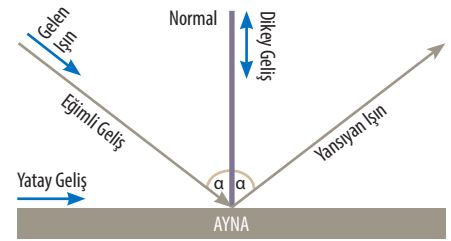
İbn el-Heysem'in dikkat çeken başka bir yönü de, kendinden ışıklı ve ışıklandırılmış nesnelerin ışıklarının, yani birincil ve ikincil ışık kaynaklarının yaydığı ışıkların yansımaları durumunda yansımaya kanununun nedensel analizini yaparken, konuya yeni bir yaklaşım getirmesidir. Buna göre ışık, yansıtıcı nesnelere bulunan karşı koyma gücünden dolayı yansımaya uğramaktadır, bu güç pürüzsüz nesnelere pürüzlülere oranla daha fazladır. Bunun nedeni de pürüzsüz nesnelerin ışığın dağılmasına izin vermeyecek şekilde yapılmış olmasıdır. Buradan hareketle, bu türden pürüzsüz nesnelere gerçekleşen optik yansımalarının bu nesnelerin sertliğinden dolayı değil, kısımlarının sıklığından dolayı gerçekleştiğini, örneğin suyun da ışığı yansıttığını fakat katı olmadığını belirtmektedir.



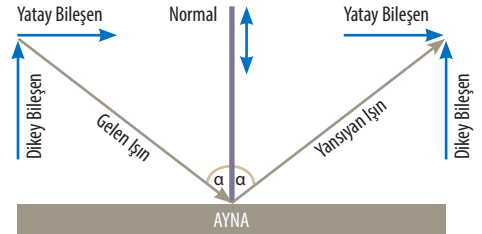
Mekanik yansımaya

Bu son derece nitelikli usa vurmanın ardından, İbn el-Heysem bütününü mekanik çarpışma ve etki-tepki ilişkisi bağlamında, mekanik yansımaya optik yansımaya arasında analogi kurma yoluna gitmiştir: *Çarpışma durumunda, çarpan nesne ile geri dönen kuvvet, çarpışılan nesnenin sertlik derecesine bağlıdır.* Bu durumda İbn el-Heysem'e göre mekanik yansımada söz konusu olan sertlik ve yumuşaklık, optik yansımada düzgünlük ve pürüzsüzlüğe karşılık gelmektedir.

Bu analogiye dayalı usa vurmayla konuyu ayrıntılandıran İbn el-Heysem, yansımada söz konusu olan gelme ve yansımaya açıları (şekildeki α açıları) eşit olduğunu belirten yansımaya kanununun açıklanmasına ve doğruluğunun kanıtlanmasına geçmiştir. İbn el-Heysem, öncelikle hem geliş hareketinin sahip olduğu kuvvete, hem de yansıtılan nesnenin geri itme kuvvetine bağlı olarak yansıyan ışığa etki eden kuvvetleri açıklamaya çalışmıştır. Serbest düşme, bir yüzeye dik, yatay veya herhangi bir eğimle gelme gibi mekanik hareket türlerinde ortaya çıkan durumlara bağlantı kurarak konuyu açıklamaya çalışan İbn el-Heysem, üç farklı hareket belirleyip her birini deneysel olarak irdelemiştir.



İbn el-Heysem'in yansımaya kanunu kanıtlaması



İbn el-Heysem'in hızlar dörtgeni açıklaması

Bunlardan birincisi yüzeye 90° lik açıyla gönderilen bir nesnenin hareketine ilişkindir. Yaptığı gözlem sonucunda İbn el-Heysem, bu durumda yüzeye gelme ve yansımaya hareketinin aynı hat üzerinde gerçekleştiğini belirlemiştir.

İkinci hareket ise nesnenin bir yüzeye yatay olarak gönderilme durumudur ve bu durumda nesnenin hareketinde herhangi bir değişim söz konusu olmamaktadır.

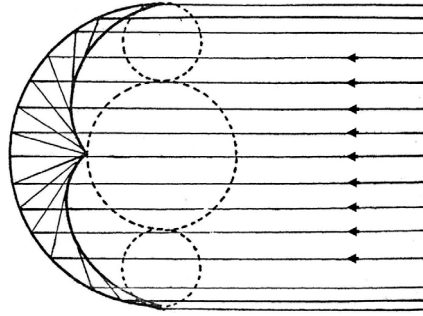
Üçüncü durumda söz konusu olan hareket ise bir nesnenin yüzeye herhangi bir açıyla gönderilmesidir. İbn el-Heysem bu hareketin ilk iki durumdan farklılık gösterdiğini görmüştür. Bu üçüncü durumdaki asıl dikkat çekici yön, gelme ve yüzeyden ayrılma hareketlerinin birbirine eşit açılarla gerçekleşmesidir.

İbn el-Heysem mekanik yansıma ile ilgili bu örneklerden hareketle optik yansıma durumunda da üç temel hareket olması gerektiğine karar vermiştir. Bunlardan birincisi ışığın ayna yüzeyine dik olarak, ikincisi teğet olarak, üçüncüsü de yüzeye 0° ile 90° arasında değişen her hangi bir açıyla gelmesi durumudur. Birinci durumda ışık geldiği doğrultuda geri yansır, ikinci durumda hiçbir değişime uğramadan yoluna devam eder, üçüncü durumda da geliş açısına eşit bir açıyla yansır. Peki ama neden? İşte İbn el-Heysem'in optik tarihindeki asıl başarısı da bu soruya verdiği yanıtta ve getirdiği açıklama biçiminde yatmaktadır. İbn el-Heysem'e göre, çok yüksek bir hızla hareket eden ışık ayna yüzeyine ulaştığında, yüzeyin sertliğinden ve parlaklığından dolayı, ne yüzeyde durabilecek ne de yüzeye nüfuz edebilecektir. Bu durumda, ışık doğal olarak başlangıçtaki hareketini oluşturan yapısını ve gücünü koruyacaktır. Bundan dolayı da, ayna ışığı aynı eğim derecesiyle yansıtacaktır. Böylece yansıma durumunda oluşan açılar neden eşit olduğunun gerekçesini veren İbn el-Heysem, bu noktadan sonra asıl özgün açıklamasını oluşturur. Işık eşit açıyla yansımaktadır, çünkü eğik geliş hareketi ve aynanın direnci birbirlerine doğrudan doğruya zıt değildir ve böyle bir durumda düşme hareketi, yani ayna yüzeyine belirli bir açıyla gelen ışık ışınının hareketi, biri dik diğeri de yüzeye paralel olan iki ayrı bileşenden oluşmaktadır. Ayna yüzeyi birincisini tersine çevirdiği, ikincisini ise çevirmediği için açılar eşit kalır. Çünkü tersine çevrilen dik bileşenin ve değişmeden kalan paralel bileşenin bileşkesinden oluşan yansıma hareketi de, doğal olarak yine bu iki bileşenin belirlediği düzlemde olacaktır. Yani ayna yüzeyine gelen ışık ışınlarının normal ile yaptığı açıya eşit bir açı yapacaktır.

Bu açıklama tamamen yenidir ve optiğin modern döneminden önce yansıma olgusuna yönelik getirilmiş başarılı tek çözümdür. İbn el-Heysem'in açıklamalarından, günümüzde hızlar dörtgeni adı verilen ve hem gelen hem de yansıyan ışına etki ettiği düşünülen kuvvetleri ya da bileşenleri göz önüne alan bir yöntem kullandığı anlaşılmaktadır. Bu yönüyle dayanarak İbn el-Heysem, konuyu geometrik ve deneysel yoldan, ancak nedensel olarak irdelemeyi ve açıklamayı başarmıştır.

İbn el-Heysem'in bu kanıtlanmasının temelinde yatan ilkeler aslında mekanik harekette ortaya çıkan yansımanın açıklanmasında kullanılan ilkelerdir. Mekanik hareket konusunda

elde edilen ilkelerin optikte kullanılması dememesini daha önce Antik Çağ'da Heron yapmış ve çok açık bir biçimde mekanik yansıma da söz konusu olan ilkelerin, ışığın hareketine uygulanabileceğini bildirmiştir. Ancak onun bütün değerlendirmeleri sadece benzetim düzeyinde kalmış ve asla "bileşke kuvvet" kavramından söz etmemiştir. İbn el-Heysem ise bütün mekanik yansıma ilkelerini dikkate almakla birlikte, ilk kez günümüzde hızlar dörtgeni adı verilen ve her hareketin bileşke kuvvetler doğrultusunda gerçekleştiğini öngören yaklaşımı, ışığın hareketine uygulamıştır. Hızlar dörtgeni yaklaşımı özgün bir yaklaşımdır ve İbn el-Heysem'den sonra Descartes (1596-1650) optikte, Galileo (1564-1642) ve Newton (1642-1727) ise fırlatılan nesnelerin hareketinin açıklanmasında bu yöntemi başarıyla kullanmıştır.



İbn el-Heysem'e göre küresel sapıncı ya da kostik eğri

Bunun dışında, İbn el-Heysem'in çalışmasından farklı biçimlerde etkilenmiş bilim adamları da vardır. Bunlardan Roger Bacon'ın (1214-1294) durumu dikkat çekicidir. Çünkü o da yansıma konusunda mekanik fırlatma hareketi analogisine başvurmuş, ancak hiçbir zaman gerçek anlamda optik yansımayı mekanik bir süreç olarak kavrayamamıştır. Optiğin Batı'da 13. yüzyılda, İslâm dünyasında 11. yüzyılda ulaştığı düzeye ulaşmadığı anlaşılmaktadır.

İbn el-Heysem'in yansıma konusundaki diğer bir başarısı da küresel sapıncı ile ilgilidir. Çukur bir aynada eksene koşut gelen bütün ışınların tek bir noktada toplandığını, bundan dolayı da bu tür aynaların ince kenarlı merceklerde olduğu gibi yakma özelliğine sahip olduğunu belirtmiştir. Ona göre, çukur bir ayna Güneş'in tam karşısına, yani aynanın ekseni ayna merkezinden başlayarak uzatıldığında Güneş'in merkezinden geçecek şekilde yerleştirildiğinde, Güneş'ten çıkan ışınlar bu eksene paralel olarak aynaya gelir ve ek-

sen üzerindeki bir noktaya yansır. Bu problem optik tarihine "İbn el-Heysem Problemi" olarak geçmiştir.

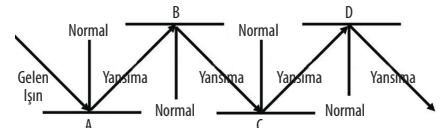
İbn el-Heysem'den sonra İslam dünyasında yansıma optiği konusunda kapsamlı çalışmalar yapan başka bir bilim insanı da Kemâlüddin el-Fârisî'dir (öl. 1320). Kemâlüddin el-Fârisî *Kitâb el-Menâzır* geliştirmek amacıyla kaleme aldığını belirttiği *Tenkih el-Menâzır* (Optiğin Düzeltilmesi) adlı yedi bölümlü kitabının dördüncü bölümünü yansıma ayırmıştır. Burada çok kısa bir giriş yaptıktan sonra, konuyla ilgili olarak şunları yazar:

"Gözün aynada algıladığı nesnenin ikincil suretleri, doğrudan görmede algıladığı suretler gibi değildir. Çünkü göz doğrudan görmede, nesneyle karşı karşıya bulunduğu her konuda nesneyi doğrudan algılamakta, yansıma da belirli konumlarda algılar. (...) Doğrudan görmede göz nesneyi o nesneden kendisine gelen ışıkla algılar. Aynı şey yansımayla oluşan görme için de geçerlidir. Eğer nesnenin sureti yansımayla göze gelirse, göz onu algılar."

Bu alıntı, Kemâlüddin el-Fârisî'nin optik konusundaki üç temel değişmez ilkeyi doğru bir biçimde kullandığını göstermektedir:

1. Göz, doğrudan görmede nesnelerin birincil, yansımayla görmede ise ikincil suretlerini algılar.
2. Doğrudan görmede, nesne bakış açısına (perspektife) göre algılanır, oysa yansıma sadece belirli konumlarda algılanabilirler.
3. İster doğrudan isterse yansıma aracılığıyla olsun, göze dışarıdan bir şeyler gelmediği sürece algılama gerçekleşmez.

Kemâlüddin el-Fârisî bu belirlemelerine dayanarak kitabının beşinci bölümünde, yansıma ile ilgili olarak oluşan algının niteliklerini ele almış ve şu düşünceleri ileri sürmüştür:



Kemâlüddin el-Fârisî'ye göre çoklu yansıma

"Bilindiği gibi, ışıklı nesnelerin her bir noktasından, karşısında bulunan bütün yönlerde doğru ışık yayıldığı açıklanmıştır. Eğer bu yayılan ışıklar parlak bir yüzeye ulaşırlarsa, yansıma ile özgü kurullarla yansır ve bu durumda tepesi o nesnede [ışıklı nesnede] ve tabanı da ayna yüzeyinde olan bir koni oluşur.

Daha sonra bu yüzeyden çıkan ışık da çevresindeki diğer nesnelere ulaşır. Eğer düştüğü yerde opak bir nesne varsa, o nesneyi de aydınlatmış olur ve onun yüzeyine düşen bu ışık da yansır. Ancak bu yansıyan ışık opak nesnenin rengini de taşır. (.....) Yansımaya bağlı olarak ortaya çıkan görme de, yansıyan bu ışınlarla göze gelen suretlerle oluşur. (.....) Işıklı nesneden çıkan ışığın koni oluşturması gibi, yansıyan ışık da koni oluşturur.”

Bu alıntıda dikkat çeken en önemli yön, Kemâlüddin el-Fârisî'nin yansımaya ortaya çıkan görmenin geometrik çizimleme yoluyla gösterilebileceğini ve ışığın ardarda defalarca (çoklu) yansımaya uğratılabileceğini dile getirmiş olmasıdır. Daha sonra düz, çukur, tümsek, çukur silindirik, tümsek silindirik, çukur konik ve tümsek konik aynalarda (7 tane) yansımaya uygulamalı olarak ele almış ve görüntü oluşumlarını her ayna için ayrı ayrı çizimlerle göstermiştir. Düzlem aynada sunduğu kanıtlama şöyledir:

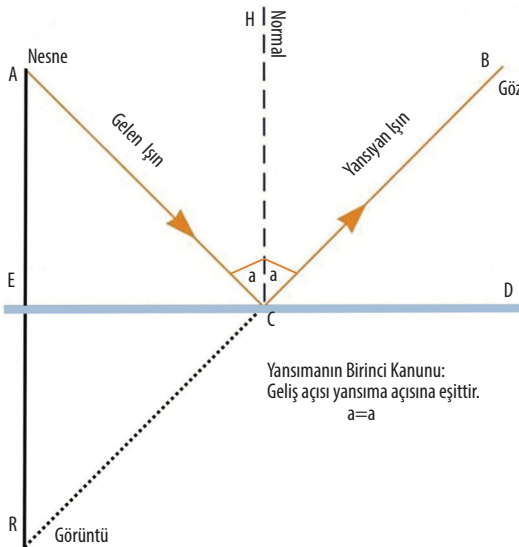
Kemâlüddin el-Fârisî'ye göre, A'dan C'ye yani yansımaya noktasına gelen ışın [AC], geldiği açıya eşit bir açıyla yansır [CB]. A'nın görüntüsü de R'de ortaya çıkar. Çünkü düzlem aynada görüntü düz, aslına eşit ve aynanın içine gömülmüş gibi görünür. Yani görüntü, yansıyan ışın çizgisinin aynanın içine doğru uzatılmasıyla, onu nesneden gelen çizginin kestiği noktada ortaya çıkar.

- DCE → Yansımaya kesiti (ayna)
 B → Göz
 HC → Normal
 A → Nesne
 R → A'nın görüntüsü

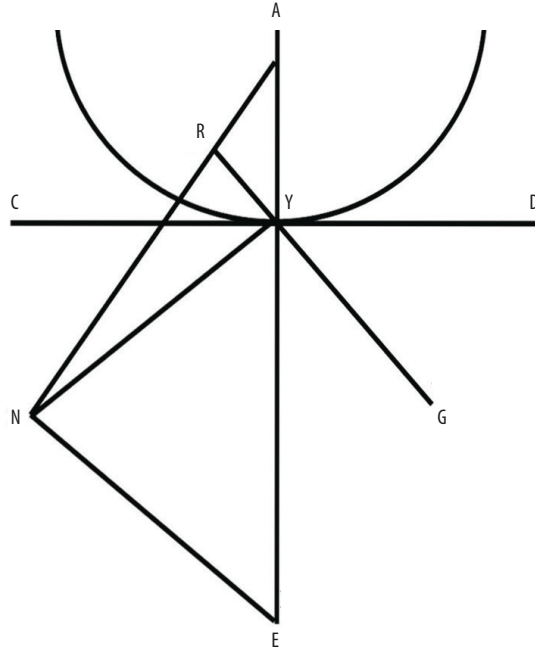
$HC \perp DCE$, $AC \perp CR$, $AR \perp ED$ 'dir.

$\angle ACH = \angle BCH$ $AC = CR$

$\angle ACE = \angle BCD$ $HC \parallel ER$



Kemâlüddin el-Fârisî'nin yansımaya kanununu düzlem aynada kanıtlaması



Kemâlüddin el-Fârisî'nin yansımaya kanununu tümsek aynada kanıtlaması

Kemâlüddin el-Fârisî bu kanıtlamayı (örneğin tümsek ayna için) gerçekleştirirken de aynı kuralın geçerli olduğunu, yani görüntünün nesneden aynaya çizilen dikme üzerinde olduğunu belirtmektedir. Verdiği çizime dayanarak bunu kanıtlamak olanaklıdır. Burada N → Nesne, G → Göz, Y → Yansımaya noktasıdır. N'den gelen ışın, Y noktasında ayna yüzeyine deyecek ve yansımaya kanunu gereği G'ye, yani göze yansıtacaktır. N'nin görüntüsü de gözden ayna yüzeyine çizilen dikmeyi (GR) nesneden ayna yüzeyine indirilen dikmenin kestiği noktada, yani R'de ortaya çıkacaktır.

Bütün bunlardan çıkarılabilecek sonuç şudur: Kemâlüddin el-Fârisî'nin verdiği bilgilerin tümü doğrudur ve hemen hemen hepsi kendisinden önce Antik Çağ'da ve İslam dünyasında ortaya konulmuş bilgilerdir. Ancak onun anlatımıyla ayrıntı kazanmıştır. Örneğin her aynada yansımaya kanunu ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Fakat tamamıyla yeni bir katkı söz konusu değildir. Bu da çok doğaldır, çünkü yansımaya optiği çok kolay ve çabuk gelişen bir optik dalıdır ve bu nedenle gelişmesini erken tamamlaması mümkün olmuştur. Daha sonraki dönemlerde Batı'da ortaya konulan gelişmeler incelendiğinde de bu açıkça görülür.

Kaynaklar

- Baermann, J., "Abhandlung über das Licht von Ibn al-Haitam", (Arapça metin ve Almanca çevirisi) *Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft*, Cilt 36, 1882.
 Grant, E., *A Source Book in Medieval Science*, Harvard University, 1974.
 Kemâlüddin el-Fârisî, *Tenkih el-Menâzir*, Cilt II, Daire el-Meclis el-Maarif, Haydarabad, 1928.
 Lindberg, D. C., *A Theories of Vision from al Kindî to Kepler*, University of Chicago, 1976.
 Nasr, S. H., *İslam ve İlim*, Çeviren: İlhan Kutluer, İnsan, 1989.
 Nasr, S. H., *İslâmîda Bilim ve Medeniyet*, Çev: N. Avcı, K. Turhan, A. Ünal, İnsan, 1991.
 Omar, S. B., *Ibn al-Haytham's Optics*, Bibliotheca Islamica, 1977.

- Quraishi, M. F., "Discourse on Light", *Ibn al-Haitam*, Proceedings of Celebrations of 1000th Anniversary, Ed. Hakim Mohammed Said, Hamdard National Foundation, 1969.
 Raşid, R., *Klasik Avrupalı Modernitenin İcadı*, Ed. B. S. Gür, Kadim, 2005.
 Sabra, A. I., Sabra, A. I., *Theories of Light From Descartes to Newton*, Oldbourne, 1967.
 Topdemir, H. G., "İbn el-Heysem'in Işık Üzerine Adlı Çalışması", *Belleten*, Cilt 61, Sayı 230, Türk Tarih Kurumu, 1997.
 Topdemir, H. G., "Kemâlüddin el-Fârisî ve *Tenkih el-Menâzir* Adlı Kitabı", *A. Ü. İlahiyat Fakültesi Dergisi*, Necati Öner Armağanı, Cilt 40, 1999.
 Topdemir, H. G., *Modern Optiğin Kurucusu: İbn el-Heysem*, Atatürk Kültür Merkezi, 2002.