

15999

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

Astronomide Kullanılan
Teleskoplar ve Bunların
Çalışma Prensipleri

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN : İbrahim GÜNDEMİR

DANIŞMAN : Prof. Dr. İlhami YAVUZ

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

BORNOVA - İZMİR
1990

ÖNSÖZ

Astronomide teleskoplarla gök cisimlerinin incelenmesi 1610 lu yıllarda başlamıştır. Teleskop kullanılarak yapılan araştırmalar 1930 lu yıllara kadar yalnızca optik pencere ile sınırlı kalmıştır. Daha sonra antenler kullanılarak radyo bölgesinde araştırmaların başladığı görülmektedir. 1946 yılından sonra elektromanyetik spektrumun 3400 Å° den kısa, morötesi tayflarını elde etme çalışmaları başlatılmıştır. Günümüzde atmosfer dışına gönderilen uydular ve uzay istasyonları yardımıyla 400 Å° sınırına kadar tayflar alınabilmekte, daha kısa dalgaboylarına inilmek için çeşitli projeler geliştirilmektedir.

Bu çalışmada elektromanyetik spektrumun optik ve radyo pencerelerinde gözlem yapılmasında kullanılan optik ve radyo teleskopların yapıları, çeşitleri ve montaj türleri incelenmektedir.

Yüksek lisans öğreniminin her aşamasında ve bu çalışmanın hazırlanmasında değerli katkılarından dolayı tez hocam Sayın Prof. Dr. İlhami Yavuz'a içten teşekkürlerimi sunarım.

ABSTRAKT

Astronomide optik teleskopların kullanımı 1610'lu yıllarda başlamıştır. İkinci dünya savaşında hemen sonra da radyo teleskoplar geliştirilmiştir. Böylece optik pencere dışında gökcisimlerini inceleme imkanı doğmuştur.

Birinci bölümde optik teleskopların yapıları, çeşitleri ve montaj türleri ele alınmıştır. Teleskopların ayırma gücü, büyültme sınırları, kırılmalı ve yansıtmalı teleskoplar, karma ve özel amaçlı teleskoplar ile onların montaj türleri detaylı olarak anlatılmaktadır.

İkinci bölümde radyo teleskopların özellikleri verilmekte ve optik teleskoplarla karşılaştırması yapılmaktadır.

Üçüncü bölümün konusu atmosfer dışı gözlemlerde kullanılan teleskop türü aletlerdir.

Son olarak E.Ü. Fen Fakültesi Gökbilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezindeki teleskop ve benzeri aletlerin yapıları ve özellikleri verilmektedir.

ABSTRACT

Since 1610s optical telescopes have been used in astronomy. Following the second World War the radio telescopes were developed. Hence, an ability has been gained to interpret the celestial objects at out of the optical window.

In the first chapter the designs, types and mountings of the optical telescopes have been taken in to account. In this chapter resolving power, magnification limits of the telescopes, refractors and reflectors, special optical systems and their mountings were given in detail. Second chapter deals with the radio telescopes. Radio telescopes were also compared with the optical ones in this chapter.

The subject of the third chapter is some telescope -like devices used at the observations outside of the atmosphere.

Finally, the designs and properties of telescopes and other devices at Application and Research Center of Space Sciences at Ege University Science Faculty were given.

İÇİNDEKİLER

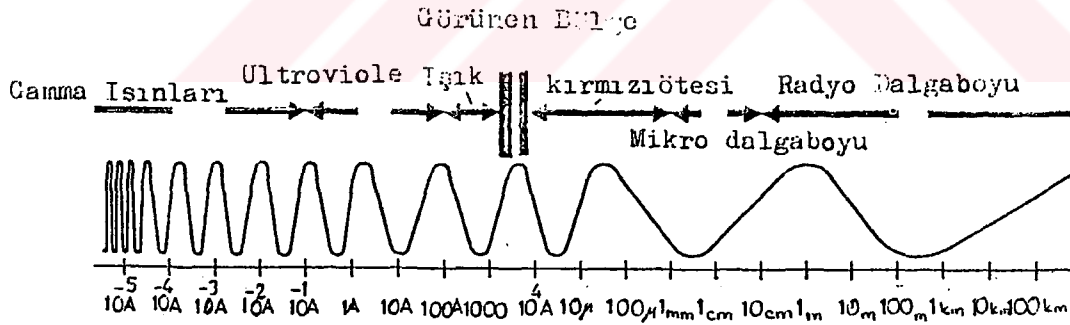
A - GİRİŞ	1
B - OPTİK TELESKOPLAR	2
I- OPTİK TELESKOPLARIN ANA PARÇALARI	2
a) AYAK VE GÖVDE	
b) OBJEKTİF	
c) OKÜLER (Gözmerceği)	
II- OPTİK TELESKOPLARLA İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR	9
a) OPTİK TELESKOPLARIN BÜYÜTME GÜCÜ	
b) OPTİK TELESKOPLARIN AYIRMA GÜCÜ	
c) OPTİK TELESKOPLARIN BÜYÜTME SINIRLARI	
d) OPTİK TELESKOPLARIN PARLAKLIK SINIRLAMASI	
III- OPTİK TELESKOPLARIN ÇEŞİTLERİ	25
a) REFRAKTÖRLER (Mercekli Teleskoplar)	25
1) Galilei Refraktörü	
2) Kepler Refraktörü veya Astronomik Refraktör	
3) Prizmalı Teleskop	
b) REFLEKTÖRLER (Aynalı Teleskoplar)	28
1) Newtonian Reflektör	
2) Cassegrainan Reflektör	
3) Gregorian Reflektör	
c) REFRAKTÖR VE REFLEKTÖRLERİN KARŞILAŞTIRMASI	31
d) KARMA VE ÖZEL AMAÇLAR İÇİN YAPILMIŞ TELESKOPLAR	35
1) Astrograflar	
2) Schmidt Kameraları	
3) Maksutov Teleskobu	
IV- OPTİK TELESKOPLARDA KULLANILAN MONTAJLAR	41
a) EKVATORAL MONTAJLAR	
1) Alman Montajı	
2) İngiliz Montajı	
3) Çatal Montajı	
b) UFUKSAL MONTAJ	

C - RADYO TELESKOPLAR	47
a) GİRİŞ	
b) RADYO TELESKOPLARIN ANA PARÇALARI	
c) BİR RADYO TELESKOPUN DUYARLIĞI, İÇ GÜRÜLTÜ	
d) RADYO İNTERFEROMETRELER	
e) RADYO TELESKOPLARIN IŞIK TOPLAMA VE AYIRMA GÜÇLERİ	
f) OPTİK VE RADYO TELESKOPLARIN KARŞILAŞTIRMASI	
D - ATMOSFER DIŞI GÖZLEMLERDE KULLANILAN TELESKOP TÜRÜ ALETLER	56
E - E.Ü. FEN FAKÜLTESİ GÖKBİLİMLERİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİNDEKİ TELESKOP VE BENZERİ ALETLER ...	56
F - SONUÇ	59
G - ÖZET	60
H - LİTERATÜR	64

A - GİRİŞ

İnsanlar tarih öncesi zamanlardan bu yana gökyüzündeki olaylara sürekli bir ilgi duymuş ve gelişimlerinin her evresinde gökyüzünden etkilenmişlerdir. 1610' lu yıllara kadar gözü ile sürdürdüğü bu incelemelerine daha sonra teleskopları eklemiş ve çıplak göz ile göremediği gök cisimlerini de incelemeyi başarmıştır. Teleskobun çapı ne denli büyük olursa, o denli uzak ve sönük cisimleri görebildiğini fark eden son çağın bilim adamları, daha büyük teleskoplar yapma çabalarını bugün de sürdürmektedirler.

1930' lu yıllara kadar astronomi gözlemleri elektromanyetik spektrumun küçük bir bölümünde yapılabiliyordu. Optik pencere denilen bu aralık yaklaşık olarak 4000Å ile 8000Å aralığını içeriyordu.



Çizelge 1. Elektromanyetik Spektrumun Şematik Gösterimi

Karl G. Jansky ilk defa 1930 yılında 30 m uzunluk, 4 m yüksekliğinde bir antenle radyo bölgesinde gözlem yapmayı başardı. 1940 lı yıllarda Alman V2 roketleri (sıvı yakıtlı) ile ilk kez atmosfer dışı gözlemler yapıldı. Daha sonra 1946 da ABD Naval

Gözlemevi'ndeki bilim adamlarının geliştirdiği tayfçeker ile 3400 Å⁰ dalgaboyundan küçük dalgaboylarında ilk morötesi tayf elde edildi. Gelişen teknikle bugün bütün spektrumunu kapsayan gözlemler yapılmaktadır.

Bu tezin amacı bu gözlemlere imkan tanıyan belli başlı gözlem araçlarını tanıtmak, onların yapılarını detaylara inmeden gözden geçirmek ve çeşitli türlerini birbirleriyle karşılaştırarak avantaj ve dezavantajlarını tartışmaktır.

B - OPTİK TELESKOPLAR

I - OPTİK TELESKOPLARIN ANA PARÇALARI

Optik teleskoplar, başlıca objektif ve oküler denilen mercek yada ayna sistemleri ile bu sistemleri ayakta tutan mekanik parçalardan -ayak ve gövde- oluşur. Görüntüyü meydana getiren objektif ve oküler her ikisinin odak uzaklığı toplamı kadar uzaklıkta olmalıdır. Şimdi bir optik teleskobun ana parçalarını başlıklar halinde inceleyelim.

a) AYAK VE GÖVDE

Teleskop ayağı yeteri kadar geniş bir zemin üzerine yatay olarak oturacak şekilde yapılmalıdır. Sabit aletlerde, yere gömülü taş veya betonarme olmalıdır. Ayak, aleti taşınması açısından çok önemlidir. Etraftaki sarsıntılardan etkilenmeyecek şekilde yapılmalıdır. Ayrıca aletin ağırlığı ile de eğilme veya esneme yapmayacak sağlamlıkta olmalıdır. Mekanik saat ile çalışan montajlarda ayak içi saatin hareket edebilmesi için boştur. Çoğunlukla elektrik

motoru ile çalışan saatler kullanıldığı için bugünkü teleskoplarda ayak içi doludur.

Koordinat eksen veya düzlemlerine karşılık gelen saat ekseni ile deklinasyon dairesi teleskobun gövdesi üzerindedir. Ayak ve dürbün arasındaki geçişi gövde sağlar. Gökyüzünde hareketli olan cisimlere yöneltilebilen ve bunları günlük hareketlerine uygun şekilde takip eden dürbün ile sabit olan ayak arasındaki oynak kısım gövdedir. Birbirine dik hareket edebilen iki ekseni vardır. Bu iki eksen bütün montajların en önemli kısmıdır. Eksenler üzerinde açı okumaya yarayan açı bölmeli dairelerle, dürbün ağırlığını dengeleyen karşıt ağırlık konulmuştur. Ayrıca eksenleri istenilen konumda sabitleştirmeye yarayan iki adet tespit kolu ile iki adet ince ayar kolu vardır. Gövdede ana eksen saat ekseni olup yerin kutup eksenine paralel yapılır. Teleskop yerin dönme hızına eşit, ters yönde döndürülür.

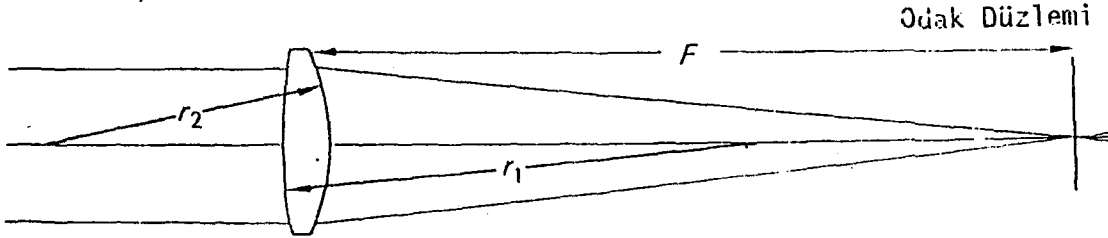
b) OBJEKTİF

Bir merceğin F odak uzunluğu, kullanılan maddenin (camın) n kırılma indisi ve iki mercek yüzeyinin r_1, r_2 eğrilik yarıçapları ile aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad \dots (1)$$

Işıklar bir konveks eğriye geldiği zaman r pozitif, bir konkav eğriye geldiği zaman r negatiftir. Eğer r_1 pozitif, r_2 negatif ise

mercek pozitif bir mercektir ve gerçek odağı vardır. Bu durumda merceğe gelen ışınlar merceğin odağında toplanır.



Şekil 1. Paralel ışınlar bir çift-konveks mercek ile odağa toplanmıştır (r_1 pozitif, r_2 negatiftir).

Sonsuz uzakta olduğu düşünülen bir yıldızdan gelen ışınlar pozitif bir merceğin kullanılması ile yıldızın görüntüsü merceğin odağında oluşur. Bu görüntüyü gözmerceği yardımıyla görmek, fotoğraf plağı üzerine kaydetmek ya da diğer bazı alıcılar için kullanmak mümkündür. Bir mercek, teleskop sisteminde bu şekilde kullanıldığı zaman genellikle "objektif" olarak tanımlanır.

Tek bir mercek objektifi, farklı türden kusurlar ya da sapmalar meydana getirdiğinden, oluşan görüntüler astronomide kullanışlı değildir. Bu istenmeyen etkileri ortadan kaldırmak için objektiflerin dizaynında bir çok değişiklik yapılmıştır. Teleskop objektifinde oluşan sapmalar şu şekilde sıralanabilir.

Kromatik(renk) aberasyon

Küresel aberasyon

Koma

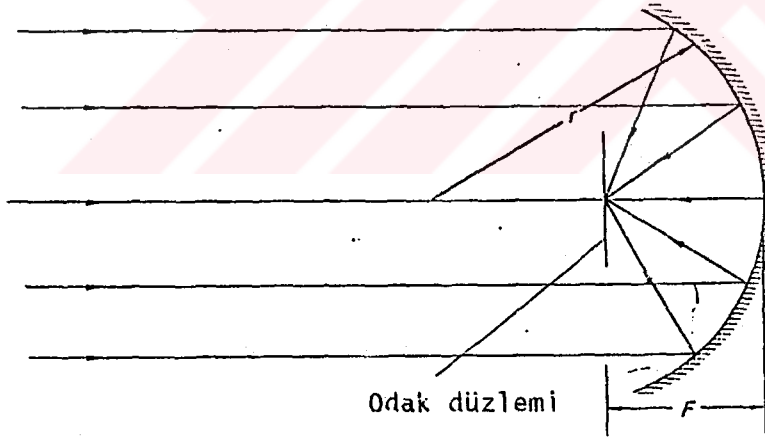
Astigmatizm

Alan eğriliği

Alan bükülmesi

Şimdi de objektifi ayna olan teleskop sistemlerini ele alalım.

Eğrilik yarıçapı r olan küresel konkav ayna gözönüne alalım. Bu aynanın odak uzaklığı $r/2$ olsun. Böyle bir ayna belirli uzaklıktaki cisimlere yöneltildiğinde, görüntüler optik eksene dik ve odak noktasından geçen bir düzlemde oluşmaktadır. Bu özelliği gösteren ışın diyagramı Şekil 2'de verilmiştir. Böyle geniş ön yüze sahip olan bir ayna ışık toplayıcı ve görüntü oluşturucu olarak astronomik amaçlar için kullanılabilir. Böyle bir ayna, sıcaklık değiştikçe yansıtıcı yüzeylerdeki bozulmaları önlemek için sıcaklık ile genleşme katsayısı küçük olan katı maddeden yapılır.



Şekil 2. Basit ışın diyagramında görüntü oluşturucu olarak küresel konkav bir ayna gösterilmiştir (Bütün ışınlar paraleldir).

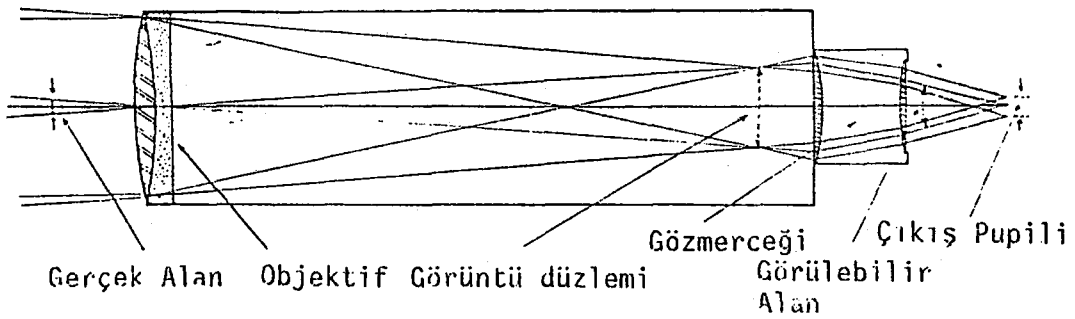
Yüzey, yüksek bir yansıtma katsayısına sahip olabilmesi için kalın bir alüminyum tabakayla kaplanır.

Yansıtıcı teleskoplar genel olarak kromatik aberasyondan

bağımsızdır. Bu teleskoplarda, mercekli teleskoplar konusunda gösterilmiş olan, diğer aberasyonlar (küresel aberasyon, koma, astigmatizm, alan eğriliği ve alan bükülmesi) büyük oranda azalmıştır.

c) OKÜLER (Gözmerceği)

Bir oküler, yansıtıcı bir ayna veya kırıcı bir objektif tarafından oluşturulan görüntüyü büyüten merceklerin bir bileşimidir (Şekil 3). Basit bir mercek, okülerin yapacağı işi yapar. Fakat çok fazla kusurlara sebep olur. İyi bir oküler elde etmek için altı ya da yedi mercek kullanılmalıdır. Genelde okülerler iki mercekten oluşur. Birincisi, alan merceği, objektif yada aynadan gelen ışınları kullanır. İkincisi, göz merceği, direk göze gelen ışınlarla ilgilidir. Bu ikili mercek sisteminin amacı, büyük bir görüntü alanı elde etmek ve bu görüntü alanını elde ederken kromatik aberasyonu en aza indirmektir.



Şekil 3. Tüpte objektif ve oküler

Basit bir merceğin odak uzunluğu, mercekten itibaren uzak bir

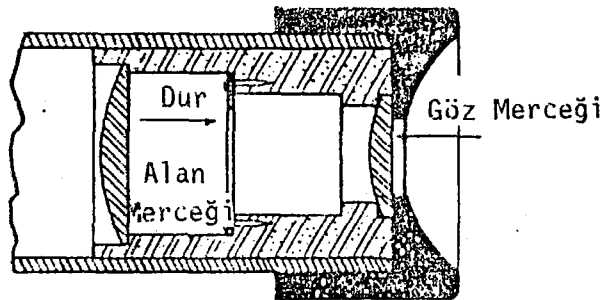
cisimden gelen ışınlar yardımıyla keskin bir görüntünün teşekkül edeceği noktaya kadar olan uzaklık ölçülerek bulunur. Bir okülerde net bir görüntü, eşdeğer odak uzunluğunun ayarı ile mümkündür. Bu da,

$$efl = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d} \quad \dots (2)$$

dir. f_1 ve f_2 sırayla alan ve göz merceğinin odak uzunlukları, d de merceğlerin ayrıklığıdır. Okülerler kullanılan merceğlerin geometrik şekillerine ve kullanılma amacına göre bir kaç kısma ayrılır. Bunlardan bazıları Huygens, Ramsden ve Kellner okülerleridir.

HUYGENS OKÜLERİ

Bu okülerin iyi olan yanları kadar kusurları da vardır. Geniş bir görüş alanına sahip olmasına rağmen, alanda bozulma ve şekil değişmesi görülmez. Büyütme arttıkça renklenme azalır. Okülerde gözü rahatsız edici yansımalar yoktur. Bir çok şekilde yapılmaktadır. Genel olarak bir yüzü düzlem diğer yüzü küresel olan merceğten odak uzaklıkları aynı olmayan iki tanesi

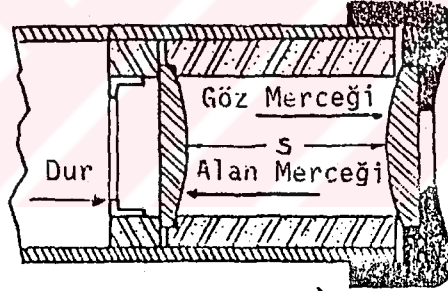


Şekil 4. Huygens Gözmerceği

bir araya getirilerek yapılırlar. Merceklerin düzlemsel yüzeyleri göze bakacak şekilde yerleştirilir. Huygens oküleri 4.3.2 merceği diye söylenir. Bu sayılar alan merceğinin odak uzunluğunu, iki merceğin ayrıklığını ve göz merceğinin odak uzaklıklarının oranlarını ifade eder. Üç önemli kusuru vardır. Renk aberasyonu yüzünden odaklama güç yapılır. Çok fazla küresellik kusuru vardır. Kaybedilen ışık önemli miktardadır.

RAMSDEN OKÜLERİ

Bu oküler de iki düzlem - konveks mercekten oluşur. Huygensin aksine tümsek kısımlar birbirine dönüktür. Oranlar 1.1.1 olup pozitif bir sistemdir.



Şekil.5 Ramsden Gözmerceği

Görüş alanı 40° civarındadır. Bu alanın tamamı renkmeden ötürü etkin olarak kullanılamaz. Renksemi 25° civarında görülür. Kenara yakın kısımlarda kırmızımsı saçaklar mevcuttur. Ramsden okülerinde görüntü bozulması yoktur. Küresellik kusuru çok azdır. Alan eğriliğinden etkilenmez. Bu okülerin büyültmesi azaldığı zaman kusurları artar. Optimum bir verim için, çıkış aralığı

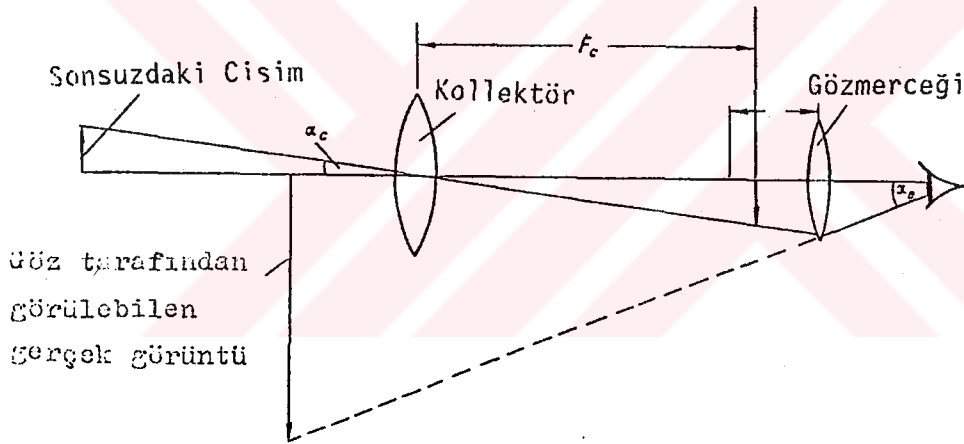
3 mm den büyük yapılmamalıdır.

Diğer tip okülerler (Kellner, Geniş alan oküleri v.b.) odak oranı 1/15 ten küçük dürbünlerde kullanılır. Astronomide kullanılmazlar.

II - OPTİK TELESKOPLARLA İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

a) OPTİK TELESKOPLARIN BÜYÜTME GÜCÜ

Teleskop objektifinin verdiği görüntünün şeklini elde etmek için herhangi bir gözmerceği kullanılmalıdır. Gözmerceğinin kullarımdaki etkisi Şekil 6 da gösterilmiştir.



Şekil 6. Bir teleskobun görsel kullanımı: Objektif olarak kollektör çizilmiştir; Yansıtmalı sistemde aynı yapıdadır.

Burada görüntü gözün tam üzerinde veya tam kenarındadır. Aslında gerçek görüntü gözün retinasında oluşur. Bu koşul altında teleskop objektifi tarafından meydana getirilen görüntü okülerin odağında oluşur. Yukarıdaki şekil böyle basit bir gözmerceğiyle elde edilen

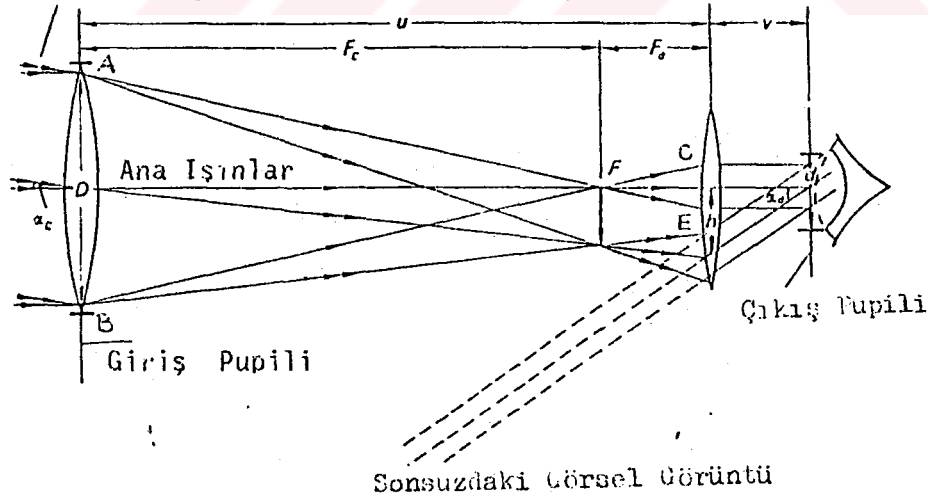
görüntünün ters dönmüş şekilde olacağını gösterir. Tüm optik sistemin büyütme gücü, gözmerceği ile teleskop objektifini birleştiren doğrunun gerçek görüntü yarıçapını gözden gören açının (α_e), görüntüyü teleskop merceğinden gören açığa, (α_c) oranı olarak tanımlanır. Bu durumda

$$m = \frac{\alpha_e}{\alpha_c} \quad \dots (3)$$

büyütme olarak tanımlanır (Roy and Clarke, 1982).

Astronomi gözlemlerinde genellikle gözmerceğinin yeri, gerçek görüntü sonsuzda oluşacak şekilde ayarlanır. Bu ayarlama ile gözmerceği, teleskop objektifinin odağında yer alır. Bu durum Şekil 7 de gösterilmiştir. Teleskop tarafından görülen alanın tümünden gelen ışınlar, çıkış pupilinden geçer ki bu durumda göz, tam gözmerceğinin arkasında olur. Kollektörün merkezinden geçen ışın ana ışın olarak bilinir. Bu ışın kollektör açıklığı tarafından saptırılmaz ve şekilde görüldüğü gibi kollektörün merkezinden geçer.

Sonsuzdaki Kaynaktan Gelen Paralel Işınlar arasındaki α_c açısı



Şekil 7. Astronomik bir teleskopta giriş ve çıkış pupillerinin yerleri gösterilmiştir.

Şekilden,

$$\tan \alpha_e = \frac{h}{v} \quad \dots(4)$$

ve

$$\tan \alpha_c = \frac{h}{u} \quad \dots (5)$$

elde edilir. Burada h , ana ışının gözmerceğine ulaştığı anda optik eksenenden olan uzaklığıdır. u ve v ise cismin ve görüntüsünün gözmerceğinden giriş ve çıkış pupiline olan uzaklıklarıdır.

α_e ve α_c çok küçük açılar olduğundan

$$\alpha_e \approx \frac{h}{v}, \quad \alpha_c \approx \frac{h}{u} \quad \dots (6)$$

dırlar. Gözmerceğine genel mercek formülleri uygulanırsa

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{F_e} \quad \dots (7)$$

$$\frac{1}{v} = \frac{u - F_e}{u F_e} \quad \dots (8)$$

$$\text{ve } u = F_e + F_c \quad \dots (9)$$

$$\frac{1}{v} = \frac{F_c}{F_e (F_c + F_e)} \quad \dots (10)$$

elde edilir. u nun v nin değerleri (6) da kullanılırsa

$$\alpha_e = \frac{h F_c}{F_e (F_c + F_e)} \quad \dots (11)$$

$$\alpha_c = \frac{h}{F_c + F_e} \quad \dots (12)$$

elde edilir. Bu durumda teleskobun büyütme gücü

$$m = \frac{\alpha_e}{\alpha_c} = \frac{F_c}{F_e} \quad \dots(13)$$

ifadesini haiz olur. Bu da kollektörün odak uzaklığının, gözmerceğinin odak uzaklığına oranıdır. Buna göre, bir teleskobun büyütme gücü değiştirilmek isteniyorsa daha küçük odak uzaklıklı gözmercekleri kullanılmalıdır.

Şekil (7) den, görüleceği üzere optik eksen doğrultusunda paralel gelen ışınların oluşturduğu ABF üçgeni ile çıkış pupili tarafındaki CEF üçgeni benzer üçgenlerdir. Benzer üçgenlerden

$$\frac{D}{d} = \frac{F_c}{F_e} = m \quad \dots (14)$$

elde edilir. Buna göre büyütme gücünü artırmak için başka bir yol da kollektör çapının, çıkış pupili çapına oranını büyütmeektir.

Bir cisim çıplak göz ile belli bir açı yapıyorsa teleskobun kullanılması, bu açıyı büyütme gücüne eşit bir faktör kadar büyültür. Bazı durumlarda bir cismin ayrıntıları çıplak göz ile görülemez. Bu durum cismin çeşitli noktalarından geçen ışınların açıları gözle görülemeyecek kadar küçükse, mümkün olur. Bir teleskop kullanılarak bu açılar cisimler gözle görülebilecek

kadar büyütülebilir.

Teleskobun büyütme gücünün kullanılmasının basit bir örneği çift yıldızların gözlemidir. Çıplak göz ile tek gibi görünen bir çok yıldız bir teleskop ile bakıldığında çift olarak görülür. Çıplak göz için iki yıldızın birbirinden açısal uzaklığı gözle ayırdedilemeyecek kadar küçüktür. Teleskobun büyütme gücü kullanılarak yıldızlar arası açı büyütülür ve bazı durumlarda iki cisim ayrı ayrı görülebilir.

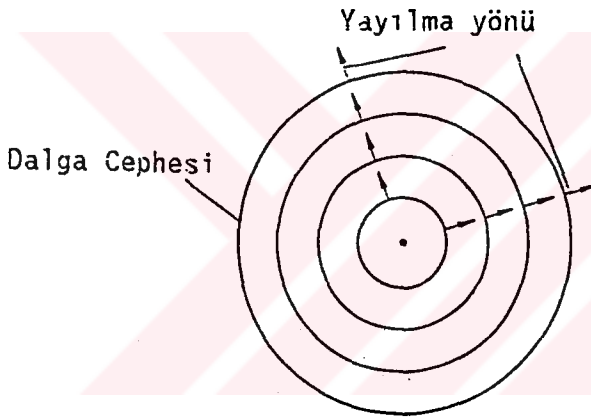
b) OPTİK TELESKOPLARIN AYIRMA GÜCÜ

Bir teleskobun ayırma gücü, gözlemcinin iki yıldız gören açının çok küçük olduğu durumlarda onları ayrı ayrı görebilme imkanı ile tanımlanır. Bir teleskobun ayırma gücü, onun büyütmesini artırarak yükseltilebilir. Bununla birlikte ayırma gücü, büyütmeyi artırarak sonsuza dek büyütülemez. Büyütme yükseltildikçe asıl görüntüdeki sapmaların hepsi daha net görülebilir duruma gelir. Bir nokta kaynağın kollektör tarafından meydana getirilen görüntüsü bir nokta şeklinde olmayabilir. Bu görüntü, boyutları sapmalara bağlı olan bir disk şeklindedir.

Eğer bütün sapmaları ortadan kaldırmak mümkün olsaydı birbirine yakın cisimleri ayırmak için her teleskobun bir ayırma sınırı olacaktı. Bu sınır, aletin kuramsal ayırma gücü olarak bilinir. Eğer teleskop iyi bir kurguya sahipse ve doğru ayarlama yapılmışsa onun ayırma gücü kuramsal değerine çok yakın

olacaktır.

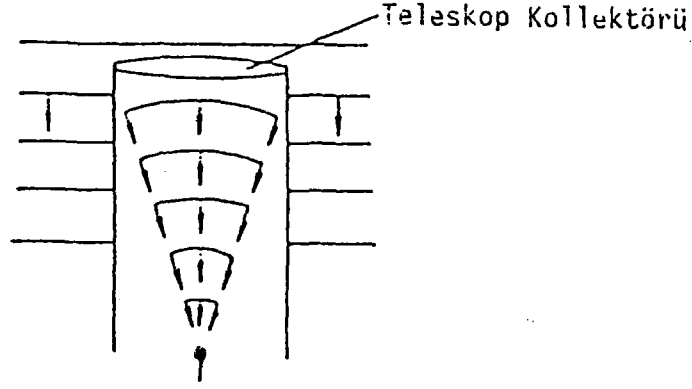
Ayırma gücünü ışığın dalga teorisiyle açıklamak çok daha kolaydır. Buna göre ışınım yapan herhangi bir kaynak dalga cephesi üreticisi olarak düşünülebilir. Zaman ilerledikçe dalga cephesi, noktasal radyasyon kaynağından dışa doğru, ışığın dalganın yayıldığı ortamdaki hızıyla orantılı olarak genişler. Şekil 8 de görüleceği üzere enerjinin yayılma doğrultusu dalga cephesiyle dik açı yapar.



Şekil 8. Nokta kaynaktan yayılan dalga cephesi

Sonsuzdaki bir yıldızın dalga cephesi teleskoba ulaştığı anda, paralel düzlemler şeklinde oldukları kabul edilir. Kollektör etkisi bir görüntü oluşturacak şekilde dalga cephelerinin biçimini değiştirir. Bu durum Şekil 9 da gösterilmiştir. Bu şekilden görüldüğü gibi teleskop kollektörü, sınırlı boyundan dolayı uzaydan gelen dalgaların ancak bir kısmını alabilir. Sonuç olarak bazı bilgiler kayba uğrar ve elde edilen görüntü nokta kaynaktan beklenenin tam

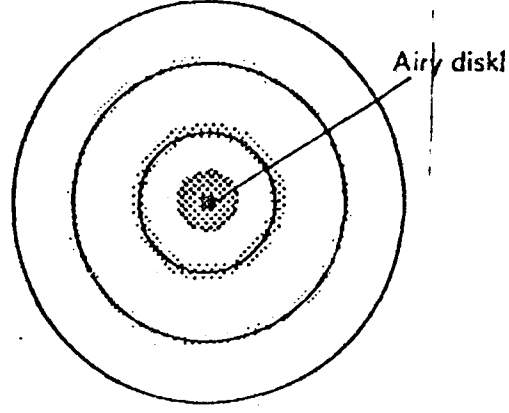
karşılığı olmaz. Bu durum kendini kırınım izleri şeklinde gösterir.



Şekil 9. Teleskop açıklığı üzerine gelen dalga cepheleri

Kırınım izleri, teleskop açıklığı ile cisimden gelen düzlem dalga cephelerinin kesilmesidir. Görüntünün oluşturulmasında dalga cephelerinin farklı noktalardaki girişimlerinin de göz önüne alınması gerekir. Kollektörün dalga cephelerini keserek oluşturduğu görüntü sonsuz genişlikte olmadığı için girişim etkileri tamamen ortadan kalkmayacak ve görüntü üzerinde kalacaktır. Kırınım izlerinin biçimi kuramdan çıkartılabilir.

Objektif biçimindeki bir kollektörün kırınım izleri, nokta bir cisim için, merkezinde leke biçimi bir görüntü olan halkalardan ibarettir (Şekil 10). Her halkanın kapsadığı enerji veya şiddeti halkanın numarasına göre azalır. Üçüncü halkadan sonra dış bir halkanın varlığını tespit etmek güçtür. Teoriye göre enerjinin % 84 ü merkezi lekede yoğunlaşmıştır. Bu tür kırılmayı ilk kez Airy incelediği için merkezi leke kimi zaman Airy diski diye de anılır.



Şekil 10. Teleskop objektifinin odak düzleminde yıldız görüntüsünün kırınım izleri.

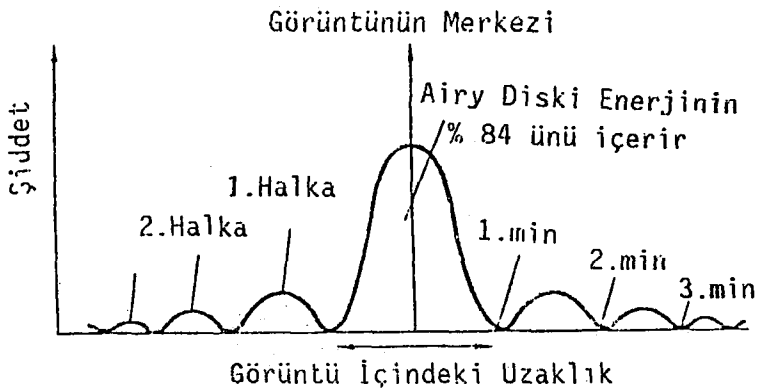
Merkezden geçen bir doğru boyunca tarama yapılarak yeğinlik profili elde edilir. Böyle bir tarama Şekil 11 de gösterilmiştir.

Sayısal Çarpanlar

$n=1$ için $m=1.22$

$n=2$ için $m=2.23$

$n=3$ için $m=3.24$



Şekil 11. Kırılmanın Yeğinlik Dağılımı

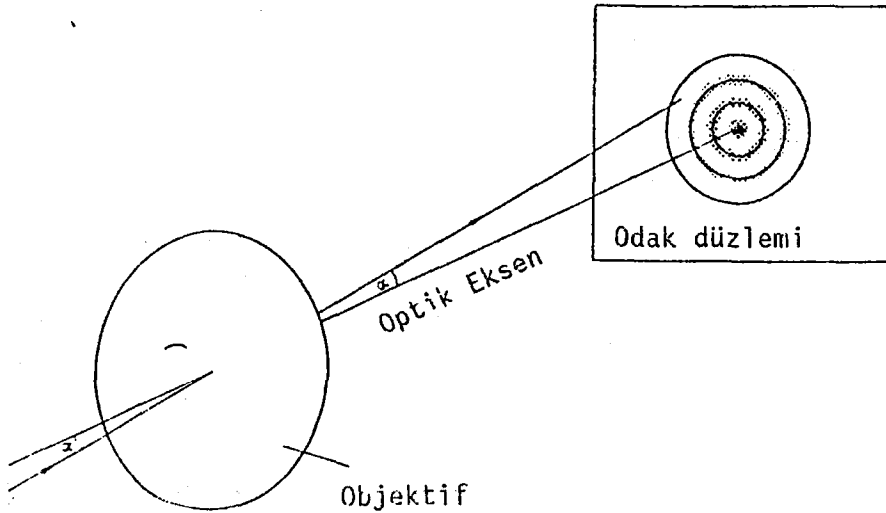
Kırılma halkalarının boyutları yine teoriden belirlenir. Odak düzleminde görüntünün merkezi ile, görüntünün herhangi bir noktası arasındaki uzaklık α olmak üzere Şekil 12 de yeğinliğin minimum konumları,

$$\sin \alpha_n = \frac{\lambda m_n}{D} \quad \dots (15)$$

ile verilir. Burada n minimum sırası veya sayısı, m teleskop açıklığı boyunca noktaların girişiminden integrasyonla elde edilen sayısal çarpan, λ ışığın dalgaboyu, D de teleskop çapıdır. Kırınım izleri küçük olduğundan $\sin \alpha = \alpha$ alınabilir. Böylece minimumları veren açı

$$\alpha_n = \frac{m_n \lambda}{D} \quad \dots (16)$$

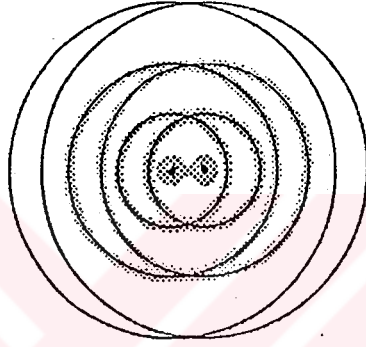
olarak bulunur.



Şekil 12. Kırınım miktarı ve şiddet.

Eğer iki nokta kaynak birbirine çok yakınsa iki kaynağın kırılma

girişiminden dolayı görüntüler birleşik şekilde çıkacaktır. Elde edilen görüntüyü birbirinden ayırabilmek için bunlara ait Airy diskinin birbirinden yeterince ayrılmış olması gerekir. Ayırmalara ait Rayleigh kriterine göre iki görüntü birbirinden, birinin Airy diskinin merkezinin, ötekinin ilk minimumuna dönüştüğü durumda ayrılabilirler. Bu koşul Şekil 13 de gösterilmiştir.



Şekil 13. Rayleigh kriteri ile belli bir açı kadar birbirinden ayrıık olan iki nokta kaynaktan elde edilen birleşik kırılma görüntüsü

Rayleigh kriteri ve (16) eşitliği birlikte gözönüne alındıklarında, iki yıldızın ayrııklıkları

$$\alpha = \frac{1.22 \lambda}{D} \quad \dots (17)$$

olduğundan bu çift yıldız ayrı ayrı görülebilecektir. Burada α radyan birimindedir. Bu değere teleskobun ayırma gücü denir. Ayırma gücünün odak düzlemindeki fiziksel ayrııklığı, α değerini odak uzaklığı ile çarparak bulunabilir. Görüldüğü gibi ayırma gücü objektifin çapıyla ters orantılıdır. Görsel gözlemlerin etkin dalgaboyu olarak 5500Å alındığında ayırma gücü yay saniyesi cinsinden

$$\alpha \approx \frac{140}{D} \quad \dots (18)$$

olarak elde edilir. Burada D mm birimindedir.

Usta bir gözlemci kuramsal ayırma gücünden elde edilenden daha yakın yıldızları da ayrı ayrı görebilir. Başka bir deyişle görüntünün yeğinlik çiziminden birleşik görüntünün merkezindeki %20 den daha küçük düşme, yıldızın çift olduğunu verir. Ayırma gücü için öteki kriterler gözlemcilerin deneyimlerine dayanmaktadır.



Şekil 14: 13 .şekildeki iki nokta kaynağın yeğinlik dağılımı

Dawes'in deneysel kriteri Rayleigh'nin kuramsal kriterinden %20 daha iyi sonuç verir. Böylece çok iyi bir yaklaşım olarak Dawes ayırma gücü

$$\alpha = \frac{115}{D} \quad \dots (19)$$

yazılabilir. Burada α yay saniyesi, D mm cinsinden teleskop çapıdır.

Pratikte iki yıldız arasındaki ayrıklık bir çok etkene dayanır. Bunlar görüş koşulları, saçılma veya zemin ışığı miktarı, iki

yıldızın birbirine olan görelî ve görünen parlaklıklarıdır. Yansıtılmalı bir teleskop için bir nokta kaynağına karşılık gelen ışılma, ana aynanın merkezindeki delik ve ikinci aynanın varlığından çok karmaşık bir duruma gelir. Bu etkiler alan yıldızların uzun süreli pozlarında kimi zaman görülebilir.

c) OPTİK TELESKOPLARIN BÜYÜTME SINIRLARI

Herhangi bir teleskobun büyütmesinin alt ve üst sınırları vardır. Büyütmenin alt sınırları için ilk akla gelen ölçüt teleskop tarafından toplanan tüm ışığın göz tarafından görülmeye hazır duruma getirilmesidir. Büyütme, çıkış pupilini gözdeki giriş pupiline eşit veya ondan daha küçük yapacak kadar büyük olmalıdır. Şekil (7) ve (14) eşitliği ile verilen büyütme tanımı kullanılarak

$$m \geq \frac{D}{d} \quad \dots (20)$$

şeklinde yazılabilir. Burada d , göz pupilinin çapı, D teleskop çapıdır. Normal gözlem koşullarında d nin tipik değeri 8mm ve dolayısıyla büyütmenin alt sınırı

$$m \geq \frac{D}{8} \quad \dots (21)$$

dir. Burada teleskop çapı mm olarak ifade edilir. Eğer büyütme (21) eşitliğindeki değerden küçükse, bir kısım ışık kaybediliyor ve teleskobun tüm toplama gücü kullanılmıyor demektir. Bu durum Ay gözlemleri dışında oldukça önemlidir.

Büyütmenin daha ileri bir alt sınırı gözün ayırma gücü kullanılarak bulunabilir. Eğer karmaşık bir cismin ayrıntıları inceleniyorsa onun görüntüsünün açısal çapı gözün ayırma gücününkinden daha büyük olmalıdır. Bu sonucu nicelik tamamen gözlemciye bağlı olup tipik değeri olarak bir yay dakikası alınabilir.

Teleskobun ayırmasını gözünkine (yaklaşık 60 yay saniyesi) eşitleyerek büyütmenin tanımından alt sınır olarak

$$m \geq \frac{60 D}{140} \dots (22)$$

veya

$$m \geq \frac{3 D}{7} \dots (23)$$

yazılabilir. Burada gözün ayırma gücü çok duyarlı bir göz için verildiğinden büyütmenin alt sınırı için

$$m \geq \frac{D}{2} \dots (24)$$

yaklaşımı yapılabilir. D, mm cinsinden teleskobun çapıdır.

Büyütmenin üst sınırı, kollektörün optik kalitesi ve gözün görme özelliğiyle sınırlıdır. Gözün kaliteli bir görüntü gözleyebilmesi için çıkış pupilinin 0.8 mm den büyük olması gerekir. (17) denklemini kullanarak büyütmenin tanımı ifadesinden

$$m \leq \frac{D}{0.8} \dots (25)$$

yazılabilir. (21) ile (25) denklemlerinden, bir teleskobun büyütme gücünün yararlı aralığının on kat değişeceği görülebilir. (Roy and Clarke, 1982).

Whittaker kuralı olarak bilinen deneysel bir bağıntıya göre büyütme, teleskop çapı D yi geçtiğinde görüntüde bozulmalar başlar. Bu kuralı kullanarak $m \leq D$ nin üst sınırı olacağını söyleyebiliriz.

Yukarıda tartışılan alt ve üst sınırlar kesin olmayan yaklaşık değerlerdir. Çünkü büyütmenin sınırları, bakılan cismin türüne de bağlıdır. Örneğin incelenen cisim bir çift yıldızsa büyütme için $2D$ ile verilen değer kullanılabilir. D den daha büyük büyütme (Whittaker kuralı) genellikle küçük teleskoplarda kullanılır. Aslında küçük ve orta boy teleskoplarla çift yıldız gözlemlerinde büyütme teleskop çapıyla doğrusal orantılı değildir. Lewis'e göre üst sınır

$$m \leq 27.8 \sqrt{D} \quad \dots (26)$$

ile verilir.

(26) eşitliği küçük açıklıklı teleskoplar için büyütmenin $2D$ ye yakın olduğunu, orta boy teleskoplar için büyütmenin üst sınırının D ye yakın bir değere indiğini göstermektedir. Büyütmenin üst sınırının teleskop açıklığına lineer bağımlı olmaması, büyük bir olasılıkla yer atmosferinin etkileri tarafından görüntünün teleskopta bozulmasının sonucu olabilir. Görüş koşullarından dolayı bozulmuş bir görüntünün görünüşü, teleskop açıklığına bağlıdır. Çoğu durumda büyütmenin üst sınırı görüş koşulları ile belirlenir. Yerden yere veya geceden geceye büyük değişme gösterir.

d) OPTİK TELESKOPLARIN PARLAKLIK SINIRLAMASI

Herhangi bir açıklıkta toplanan enerji miktarı açıklığın alanı ve dolayısıyla onun çapının karesiyle orantılıdır. Göz durumundaki duyarlı alan, gözün pupili tarafından algılanan enerjidir ve bu nedenle göz tarafından algılanan radyasyonun şiddeti sınırlıdır. Yıldız ışığı için çıplak gözün fark etme sınırı 6.0 kadir kabul edilir. Açıklığı gözünkinden daha büyük bir teleskop kullanılarak 6.0 kadirden daha sönük yıldızları görmek mümkündür. 6.0 kadirden bir yıldızın parlaklığı, birim zamanda birim alana düşen enerji miktarına karşılık gelir. O halde bir yıldızın çıplak göz ile bakıldığında parlaklığı B_e , teleskop ile bakıldığında B_t ise

$$\frac{B_t}{B_e} = \frac{D^2}{d^2} \quad \dots (27)$$

dir. Burada D ve d teleskop ve gözün çaplarıdır. Büyültme miktarı, toplanan tüm ışığın göze düşmesini sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Şimdi aynı yıldızın çıplak göz ile görülen parlaklığı m_e , teleskopla görülen parlaklığını m_t kabul edersek parlaklıklar farkını Pogson kanunundan

$$\log_{10} \left(\frac{B_t}{B_e} \right) = -0.4 (m_t - m_e) \quad \dots (28)$$

yazılabilir. (27) denklemini kullanılarak bu ifade

$$\log_{10} \left(\frac{D^2}{d^2} \right) = -0.4 (m_t - m_e) \quad \dots (29)$$

ve bundan da

$$m_t = m_e - 5 \log_{10} \left(\frac{D}{d} \right) \quad \dots (30)$$

yazılabilir.

Teleskop - göz kombinasyonu ile fark edilebilen en sönük yıldız m_t ise, (30) denkieminden bulunacak m_e parlaklığı, yıldızın orjinal parlaklığı olacaktır. Bu değer teleskobun sınır parlaklığı olarak bilinir ve eğer d nin tipik değeri 8 mm kullanılırsa

$$m_{lim} = 6 - 5 \log_{10} (8) + 5 \log_{10} D \quad \dots (31)$$

veya

$$m_{lim} = 1.485 + 5 \log_{10} D \quad \dots (32)$$

bulunur. 500 mm iik bir teleskop için teorik parlaklık sınırı yaklaşık olarak 15.0 kadirdir.

Yukarıdaki tartışmada teleskobun geçirgenlik fonksiyonu ideal olarak alınmıştır. Aslında tipik duyarlık 0.65 civarında olup (gözmerceğindeki kayıp dahil), (27) ifadesine uygulanacak bir düzeltmeyle

$$\frac{B_t}{B_e} = (0.65) \frac{D^2}{d^2} \quad \dots (33)$$

şeklinde verilir. Buna bağlı olarak (30) eşitliği de düzeltilirse

$$m_t = m_e - 5 \log_{10} (0.81) \frac{D}{d} \quad \dots (34)$$

ve teleskobun parlaklık sınırı için de gerekli düzeltme yapıldığında

$$m_{\text{lim}} = 6 + 5 \log_{10} \frac{D}{10} \dots (35)$$

elde edilir. Burada D mm dir. Böylece 500 mm lik bir teleskopla parlaklık sınırının 14.5 kadar civarında olacağı görülmektedir. Teleskobun tam olmayan geçirgenliğinden dolayı yarım kadrlık bir kayıp olmaktadır. (35) denkleminde kesin bir karar olmadığını ve parlaklık sınırının gözlemciye bağlı olduğunu burada tekrar belirtmeliyiz.

III - OPTİK TELESKOPLARIN ÇEŞİTLERİ

Teleskoplar iki ana türe ayrılır. Refraktörler (Merceкли teleskoplar) ve Reflektörler (Aynalı teleskoplar)

a) REFRAKTÖRLER (Merceкли Teleskoplar)

Merceklerden oluşan bir sistemde objektif, uzaktaki bir cismin görüntüsünü odak noktasında oluşturur. Bu görüntü yalnız bir büyüteç görevi yapan gözmerceği (oküler) ile büyütülür. Objektif camı ile gözmerceği arasındaki uzaklığa sistemin odak uzaklığı denir. Odak uzaklığının açıklığa (objektif çapı) bölümü "odak oranı" denen değeri verir. Örneğin odak uzaklığı 30 mm olan 2 mm lik bir merceğin odak oranı 15 tir ve f/15 veya f15 biçiminde yazılır. Odak uzaklığı ne kadar fazla olursa teleskobun oluşturduğu görüntü o kadar büyük olur.

Pek çok merceкли teleskobun odak oranı 12 den büyüktür. Bu özellik, merceкли teleskopların belli bir açıklık için oldukça büyük olmasına yol açar. Merceкли teleskopların bir başka sakıncası da büyük açıklıklar için gerekli lekесiz optik camın maliyetidir.

Ortaları kalın olan bu mercekler ince kenarından desteklendiklerinden cam üstünde büyük gerilmeler oluşur.

Bütün mercekli teleskopların ortak bir kusuru vardır; bu da yalınış renk oluşturmalarıdır. Bu durum ,tayfın bütün renklerini içeren ışığın doğasına bağlıdır. Işıklar objektiften geçerken odak noktasına gelmek üzere kırılır; ancak uzun dalgaboyluları kısa dalgaboylularına göre daha az kırılır. Bu yüzden odak noktasında net bir görüntü elde edilemez.Sonuçta, örneğin yıldız gibi parlak bir cisim başka bir renkle güzel görünebilir, ancak bu görüntü gök bilimciler için yeterli değildir. Bu durum, bir merceği orfan kalın camdan, diğer merceğin de kristalden yapılma objektifler kullanılarak kısmen giderilebilir. Bunların farklı kırılma indisleri vardır dolayısıyla da rengin hatası azalır. Kameralarda olduğu gibi hatalı renk oluşumu daha fazla mercek eklenerek ortadan kaldırılabilir. Ama gözlemcinin gözüne gelen ışık önemli ölçüde azalır. Dünyanın en büyük mercekli teleskobu ABD'deki Yerkes Gözlemevi'ndedir. 101 cm açıklıklı 18.6 m odak uzaklıklı bu teleskop 1897 yılında yapılmıştır.

1) Galilei Refraktörü

Jan Lippershey 2 Ekim 1608 yılında konkav ve konveks merceklerin bileşimini kullanarak ilk teleskobu yapmayı başardı. Merceklerin bileşimiyle görüntülerin yaklaştırılması bütün Avrupa'da deneyler yapılmasına sebep oldu. Mayıs 1609 yılında Galilei Galileo, elde ettiği mercekleri bir tüp içerisine yerleştirerek cismin görüntüsünü üç kat büyüten bir alet yaptı. Daha sonra yaptığı iki aletle bu görüntüyü 32 kat büyütmeyi başardı. Bu son teleskopla modern

gözlemsel astronomi başlamış oldu.

Galileo teleskobunu ilk önce Ay'a çevirdi ve onun ideal bir küre olduğu teorisinin geçerli olmadığını gördü. Hemen ardından Merkür ve Venüs'ün evreler gösterdiğini buldu. Sonra çıplak göz ile fark edilemeyen yıldız kümeleri gördü. Onun keşiflerinden en önemlisi Jupiter'in parlak dört uydusunun teleskopla görülmesidir.

Galileo'nun geliştirdiği orjinal teleskop Florence'deki Galileo müzesinde, bir kopyasında New York'taki Hayden Planeteryum'undadır. Bu teleskop ve benzerlerinde oküler, objektifin odak uzaklığına eşit bir uzaklığına yerleştirilmiştir. Teleskobun gücü ise objektifin odak uzaklığı, okülerin odak uzaklığına bölünerek hesaplanır(W.L.Page and T.Page,1966). Teleskobun görüş alanı küçük olduğundan Ay yüzeyinin ancak bir çeyreği görüntü içine alınabilir.

2) Kepler Refraktörü veya Astronomik Refraktör

Johannes Kepler yeni bir teleskop yapmamış olmakla birlikte Galileo'nun teleskobundaki görüş alanının küçük olması kusurunu ortadan kaldırdı. Bunun için Galileo'nun teleskobunda kullanmış olduğu konkav gözmerceğini konveks olarak değiştirdi. Mercekler birbirlerinden odak uzaklıklarının toplamı kadar ayrı noktalara yerleştirildi. Teleskobun gücü yine aynı yöntemle hesaplanıyordu. Böylece daha geniş alan daha büyük güçle görülebiliyordu ki bugün kullanılan teleskoplar bu tür teleskoplardır.

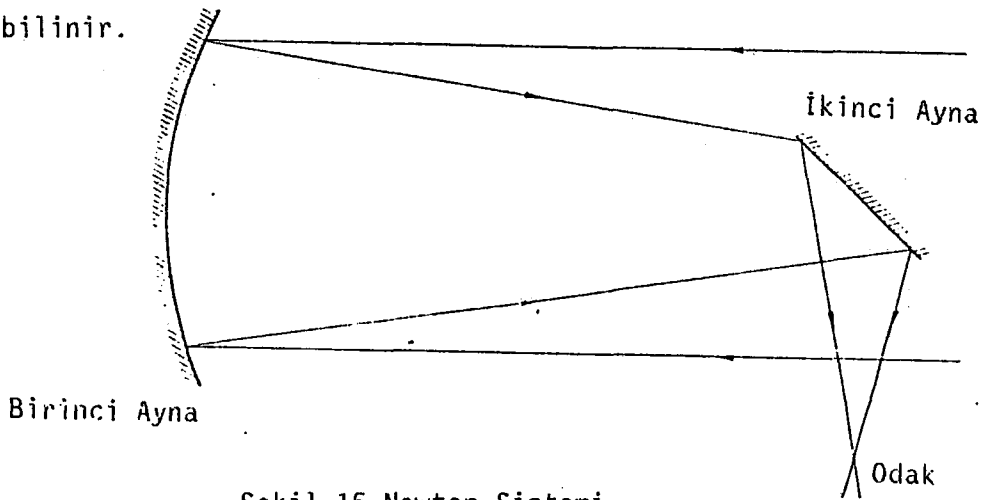
3) Prizmalı Teleskop

Bir prizma sistemi yardımıyla doğru görüntü veren astronomi teleskobudur. Görüntüyü doğrultmaya yarayan prizma sistemi olarak başlıca 1. ve 2. tipten Porro sistemi (K.Mütze, L.Foitzık, G.Schreiber,1961) ve saptırıcı prizmalar kullanılır. Bütün prizma sistemlerinde tam yansımadan yararlanılır ve bu nedenle yerlerine aynalar da kullanılabilir.

b) REFLEKTÖRLER (Aynalı Teleskoplar)

1) Newtonian Reflektör

Newtonian sistem, birinci ayna tarafından oluşturulan görüntüyü teleskobun odak uzunluğunu değiştirmeden başka bir yerde odaklar. Sistemin başlıca parçaları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Birinci aynanın optik eksenine 45° açı ile bir düzlem ayna yerleştirilmiştir. Böylece görüntü, birinci aynanın topladığı silindirik ışın demetinin hemen dışında meydana gelmiş olur. İkinci aynaya gelen ışınlar görüntü düzleminde bir elips oluşturur. Bu ayna bir Newton düzlemi ya da eliptik düzlem olarak bilinir.



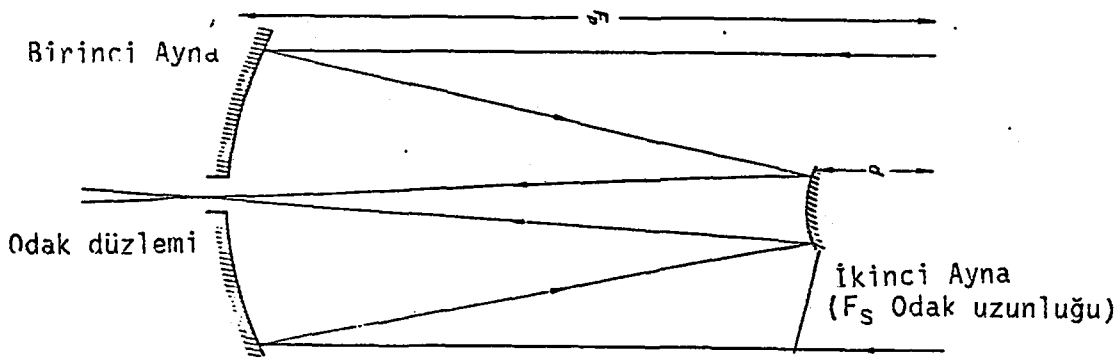
Şekil 15 Newton Sistemi

Newtonian reflektörün konumunun ayarını ve Newton düzleminin eğimini kontrol etmek oldukça kolaydır. Bu bakımdan sistem çok kullanışlıdır. Newtonian reflektörde odağın konumu, teleskobun açık ucuna doğru olduğundan yardımcı alet kullanılmaz.

2) Cassegrain Reflektör

Cassegrain sistemi, normal olarak büyük bir küresel ya da paraboloid birinci aynayla, konveks hiperboloid olan ikinci aynadan oluşur. Optik düzeni aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere birinci aynanın merkezi kısmına yaklaşarak gelen ışınlar birinci aynanın arkasındaki odağa düşmektedir. Eğer F_p , birinci aynanın odak uzunluğu (pozitif değer), F_s ikinci aynanın odak uzunluğu (negatif değer) ise ve ikinci ayna, birinci aynanın odağı içinde d gibi bir uzaklığa yerleştirilmişse o zaman sonuçtaki odak birinci ayna düzleminde aşağıdaki formül ile bulunabilir.

$$\frac{1}{(F_p - d)} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F_s} \quad \dots (36)$$



Şekil 16 Cassegrain Sistemi

Sistemin eşdeğer odak uzunluğu, birinci aynanın odak uzunluğunun, ikinci ayna tarafından oluşturulan büyütme gücüyle çarpılarak bulunur. Bu durumda

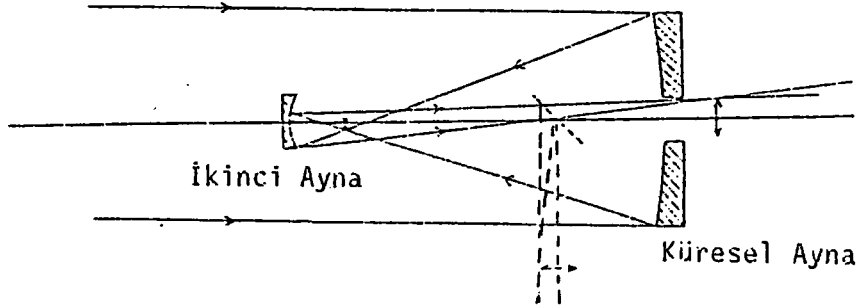
$$F_e = \frac{(F_p - d)}{d} F_p \quad \dots (37)$$

elde edilir.

Tipik Cassegrain teleskopları için ikinci ayna tarafından verilen $(F_p - d) / d$ büyütme değeri, kişisel dizayna göre 2 ile 5 arasında bir değer alabilir. İkinci aynanın, birinci aynadan gelen koni biçimindeki ışığın hepsini alabilecek kadar büyük olması gereklidir. Gerekli olan çap ve kullanılmayan birinci aynanın merkezi kısmının kesri ikinci aynanın büyütme gücüne bağlıdır. İkinci aynanın konumunun küçük bir miktar ayarlanması, genellikle varsa bir kontrol düğmesi yardımıyla yapılmalıdır. Son odağın konumu bu anlattığımız şekilde değiştirilebilmektedir.

3) Gregorian Reflektör

Gregorian yansıtıcı teleskoplarda birincil ve ikincil ayna konkav ayna olup, görüntünün birincil aynanın arkasındaki odak düzleminde oluşabilmesi için birinci aynanın merkezi kısmı delinmiştir. Başka bir alternatif olarak şekilde noktalı çizgi ile gösterilmiştir ve optik eksene 45° eğimli bir düzlem ayna kullanılabilir. Gregorian yansıtıcı teleskoplar astronomik amaçlar için çok nadir kullanılırlar. Düz (doğru) bir görüntü oluşturdukları için yer dürbünü olarak kullanılabilir.



Şekil 17. Gregorian Sistemi

Alan eğriliğinin çok büyük olması nedeniyle -kaliteli olarak- çok küçük bir görüş alanı verirler.

c) REFRAKTÖR VE REFLEKTÖRLERİN KARŞILAŞTIRMASI

Refraktörler, odak oranları $f/4$ ile $f/30$ arasında olan mercekli teleskoplardır. İki akromatik merceğin oluşturduğu sistemler $f/4$ ile $f/8$ arasındaki değerler için küçük odak oranlı objektifler elde etmede kullanılır. Özellikle astigmatizm için düzeltilmiş bu sistem yıldız - alan fotoğrafisinde kullanılmaktadırlar. Bu tür sistemlere bazen astrograf da denir. Orta odak oranlı ($f/8$ ile $f/15$) bir objektif, göz ile yada yardımcı bir alet ile yapılacak gözlemler için kullanılabilir. Daha büyük odak oranlı objektif, büyük bir plak boyutu gerektirdiği için görüntünün ayrıntılarını araştırmada kullanılır. $f/15$ ten $f/30$ a kadar büyük odak oranlı bir kaç teleskop vardır. Fakat bunlar uzun ve hantal aletlerdir.

Bir reflektör sisteminin birincil odağı genellikle $f/3$ ile $f/7$ arasında bir odak oranına sahiptir. Böylesi bir sistem fotoğrafı için çok sık kullanılır. Cassegrain sistemleri kullanılarak daha büyük

odak oranlarına ulaşılmıştır; böylesi sistemler f/8 ile f/20 arasında odak oranlarına sahiptir. Bu sistem (cude sis.) daima yüksek ayırmalarda tayfsal incelemeler için kullanılır.

Böylesi teleskop dizaynlarının dar aralığı ve onların geniş uygulamalarından dolayı, refraktör ve reflektör sistemlerinin yararlarını ayrıntılı olarak karşılaştırmak imkansızdır. Bununla birlikte bu konuda bazı yorumlar yapılabilir.

Optik sistemler gelişigüzel ele alındığında, bir aynalı sistemin bir mercekli sisteme göre daha kaliteli görüntüler oluşturabileceği düşünülebilir. Aynalı sistemin başlıca avantajı kromatik aberasyondan etkilenmemeleridir. Her hangi bir sistem tarafından oluşturulan görüntülerin kalitesi, o görüntüleri oluşturan optik yüzeylerin duyarlılığına bağlıdır. Bir objektifin iyi kalitede olabilmesi için, objektif elemanın camları optik olarak homojen olmalıdır. Oysa yansıtıcı bir sistem, sadece iyi şekillenmiş yüzeylerle mümkün olabilmektedir. Çok büyük teleskopların aynalı olmasının nedeni camdan yapılmış büyük disklerin üretilemez olmasındandır.

Yukarıda anlatılan avantajlara rağmen en deneyimli görsel gözlemciler ölçümleri için mercekli sistemleri kullanmayı tercih ederler ve mercekli sistemler teleskop kubbesindeki gerçek çalışma şartlarında daha iyi iş görürler. Belki bunun ana sebebi mercek sistemlerinin gece boyunca oluşan sıcaklık değişmelerine daha az duyarlı olmasıdır. Sıcaklıktaki düşme optik metalin bozulmaya ve bu

yüzden optik yüzeylerin şeklinde bir değişmeye sebep olur. Mercekli sistemlerde yüzeyin bir yerinde oluşan eğrilik genellikle mercek yüzeylerinin arkasındaki değişmelerle giderilebilirler; bir objektif tarafından oluşturulan görüntü kubbe içindeki sıcaklık değişmelerinden genellikle çok az etkilenir. Mercek yerinde bir ayna olması halinde, optik ve arka yüzeyleri özdeş biçimde yapılmadığından farklı sıcaklık değişmelerine maruz kalır. Daha küçük aynalı yansıtıcıların bazıları gözlemcinin kendisi tarafından oluşturulan ısıya karşı duyarlanmıştır. Zor şartlar altında bazı yansıtıcı teleskoplar bir çok görüntü oluşturur. Her bir görüntü optik yüzeyin bir başka noktasında meydana gelir. Ayna maddesinin küçük bir genişleme katsayısına sahip olması gerekir. Adi plak camları bu bakımdan kötüdür. En çok kullanılan Pyrex, plak camının üçte birine yakın bir genişleme katsayısına sahiptir. Yine büyük teleskopların çoğu, günümüzde çok küçük sıcaklık genişlemesine sahip yeni bir madde olan Cervit ile yapılmaktadır.

Büyük teleskopların hepsi (çapı 1 m den büyük) aynalıdır. Büyük teleskobun dizaynında karşılaşılan mekanik ve optik sorunlar, aynalı sistemlerde, mercekliyelere göre daha kolay giderilir. Örneğin teleskobun boyutu arttıkça toplayıcının aralığı artar.

Işık toplama gücü bakımından büyük mercekli teleskopların yapılması ekonomik değildir. Objektif çapı arttıkça, merceğin kalınlığı ve soğurma miktarı artar. Teleskop açıklığı arttıkça, geçirgenliğin çapa oranı azalır. Aynı odak oranlı ayna sistemleri

için geçirgenlik verimindeki kesirsel kayıp sabittir. Genel bir karşılaştırma aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

Karşılaştırma	Reflektör	Refraktör	Yorum
Optik	Daha az optik yüzeyler	Daha fazla optik yüzeyler	Yansıtıcı yüzeylerin duyarlılığının mercekli yüzeydekinden daha iyi olması gerekir.
Aberasyon	Mümkün olduğunca homojen madden yapılmalı.	Yüksek kaliteli görüntüler elde etmek için kullanılan madde optikçe homojen olmalıdır.	
Teorik Görüntü	Kromatik aberasyon yok	Biraz kromatik aberasyon var	
Geçirgenlik Verimi	Küçük aynayı tutan kollardan dolayı kırılma daha büyüktür. Bazı gözlemlerde görüntü bozulabilir.	Kırılma küresel simetriktir.	Küçük ve orta boy teleskoplar için geçirgenlik verimlilikleri karşılaştırılabilir. Büyük objektiflerdeki büyük soğurma kayıplarından dolayı aynalı teleskoplar mercekli teleskoplara göre daha iyidir.

Dalgaboyu aralığına göre	Alüminyum kaplı aynalar, görünür tayf üzerinde yansıtma oranında ya çok az ya da hiç bir değişim göstermez.	Camın soğurması dalgaboyuna bağlıdır.Ultroviolen ışığın çoğu soğurur.	Mercekler U bandında ölçümler yapabilecek kapasitede değildirler.
Montaj Metodu	Geriyeye ve yanaya doğru bağlanmıştır.	Yalnızca yanlardan bağlanmıştır.	
Kararlılık	Sıcaklık değişimlerinden etkilenir.	Daha az etkilenir.	Görsel gözlemciler mercekli sistemleri tercih ederler.
Bakım	Optik yüzeyler periyodik olarak yeniden sırlanmalıdır.	Objektif bir kere imal edildikten sonra başka bir şey yapılmaz.	

d) KARMA VE ÖZEL AMAÇLAR İÇİN YAPILMIŞ TELESKOPLAR

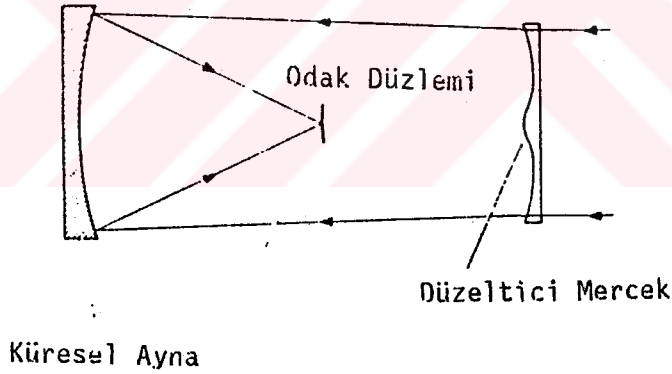
1) Astrograflar

Gök cisimlerinin fotoğraflarının çekilmesinde kullanılan kırıcı teleskoplardır. Astrografların diğer teleskoplardan farkı, büyük bir ışık gücü , büyük bir görüntü alanı (5° den daha büyük) ve iyi bir düzeltme sağlayan özel bir objektife sahip olmasıdır. Astrograf objektifleri olarak üçlü (Taylor) dörtlü (Ross ve Sonnefeld) ve beşli mercek sistemleri kullanılır. Ayrıca astrograf objektifinin bükülme ve koma hatalarından özellikle arınmış olmaları gerekir. Astrografların montajında uzun süren poz müddetlerinde görüntünün plakta kalmasının sağlanması açısından paralaktik

montajlar kullanılmalıdır.

2) Schmidt Kameraları

Schmidt kamerası, gökyüzünün geniş alanlarının fotoğraflarının çekilebilmesi için düzenlenmiş duyarlı optik sistemlerdir. Objektif olarak küresel konkav bir ayna kullanılmıştır ve bu aynanın eğrilik merkezinde tek bir eksen olmadığından görüntü alanında eşit yoğunluklu iyi bir görüntü oluşturur. Fotoğraf plağının yerleştirildiği alana da odak uzaklığı ile eşit yarıçaplı bir eğrilik verilmiştir. Konkav aynadan ileri gelen küresel aberasyonu düzeltmek için Schmidt, aynanın eğrilik merkezine ince küresel olmayan bir düzeltici cam plak yerleştirmiştir.



Şekil. 18 Schmidt Kamerası

Günümüzde kullanılan en büyük Schmidt kamerası, California'da Palomar dağındaki ve Galler'deki Sding Spring'deki gözlemevlerindedir. Bunların ikisinde de odak oranı $f2.5$, ayna çapları 183 cm dir. Söz konusu kameraların düzeltici mercek çapı 1 m olan bir benzeri Şili'deki gözlemevindedir. Schmidt kameraları

iyi kalitede görüntüler vermesine rağmen kusursuz değildir. Kromatik (renk) aberasyon, düzeltici plak tarafından meydana getirilmektedir. Plak aynı zamanda özel bir dalgaboyuna ait küresel aberasyonun giderilmesi için düzgün bir şekle sahiptir. Bu yüzden küresel aberasyon dalgaboylarına da bağlıdır.

Schmidt kameralarında kromatik aberasyon, küresel aberasyon, eksen dışı aberasyonlar, ayarlama eksikliğinden ileri gelen aberasyonlar, astigmatizm ve alan eğriliği gibi aberasyonlar mevcuttur. Bu aberasyonlar Strömngren (1935), Caratheodory (1940), Bouwers (1946) ve Linfoot (1949, 1951, 1955) tarafından ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca burada, Schmidt kameralarında meydana gelen ilave bir aberasyondan da söz edilebilir."Bir Schmidt kamerada ayna düzeltme plağından yeterince büyük değilse, düzeltme plağı aynadan $2f$ kadar uzağa yerleştirileceğinden gölgeli şekillenme meydana gelir". Burada f aynanın odak uzaklığıdır. V çapında gölgesiz bir alan elde etmek için aynanın çapı en azından $D + 2V$ kadar genişlikte olmalıdır. Burada D , düzeltme plağının açıklığıdır.

Yukarıda bahsedilen sapmaların nasıl meydana geldikleri ve bu sapmalardan kurtulmak için yapılacak olan işlemleri Kuiper ve Middlehurst (1962) incelemiştir. Kısaca özetliyelim. Küresel mercekler ve küresel aynalar, ortalarına yakın yerlerden geçen ışıklardan eksenlerinde iyi bir görüntü oluştururken kenarlarından geçen ışıkları farklı bir noktada odaklar. Bu olaya küresel aberasyon denir. Küresel aberasyondan kurtulmak için, küresel

aynalar eğilerek paraboloid biçimine getirilir. Ancak bu durumda nokta şeklindeki görüntülerin yayılması anlamına gelen koma olayı meydana gelir. Daha doyurucu bir çözüm için küresel aynayla düzeltici plağın birlikte kullanılması gerekir. Bu durumda küresel sapma daha da azaltılabilmektedir.

Kromatik aberasyonun, düzeltici plak tarafından meydana getirildiği bilinmektedir. Düzeltici plağa gelen farklı kırılmalara sahip ışınlar odak düzleminde dalgaboyuna bağlı olarak farklı yerlerde odaklanır. Kromatik aberasyonu en aza indirmek için, kullanılacak sistemin odak oranının ($F = f/D$) minimum olması gerekir. Burada f , aynanın odak uzunluğu D , aynanın açıklığıdır. Ayarlama eksikliğinden ileri gelen aberasyonlar, plağın simetri merkezi ile aynanın eğrilik merkezinin çakıştırılmamasından kaynaklanmaktadır. Bunun nedeni iki optik elementin birbirinden $2f$ kadar uzaklıkta olmasındandır. Alan eğriliğini gidermek için de düzeltme plağının hemen önüne alan düzeltici bir cam plak ya da film konmalıdır.

Schmidt Kameralarında Kullanılan Düzeltici Plakların İmalî

Schmidt kameralarında küresel aberasyonu en aza indirgeyebilmek için düzeltici plakların dördüncü dereceden bir eğri gibi şekillendirilmesi gerekir. Bu da alışlagelmiş küresel yüzeyler için kullanılan yöntemlerden tamamen farklı yöntemlerin geliştirilmesi demektir. Düzeltme plaklarının imalinde genellikle belli kalınlıklarda düzlem paralel plaklar kullanılır. Bu plağın bir yüzü dördüncü dereceden eğri meydana gelecek şekilde küçük el aletleriyle

yapılabilir. Kalınlıkların testi için bileme ve eğeleme işlemi gibi çeşitli yöntemler kullanılır. Küçük düzeltme plaklarının çeşitli bölgelerindeki kalınlıkları duyarlı bir mikrometre ile ölçülür.

Schmidt Kameralarının Dizaynı

Schmidt kamerası, astronomik amaçlar için iki nedenle kullanılır. Birincisi, gökyüzünün geniş alanlarını doğrudan fotoğrafının çekilmesi. Geniş alanlarda Schmidt kamera kolayca kullanılabileninden daha önceleri kullanılan üçlü merceklerle sahip astrografik kameraları ortadan kaldırmıştır.

İkincisi Schmidt kameralarda odak oranı düşük olduğundan geniş alanlardaki yıldızların topluca tayfını elde etmede kullanılabilir.

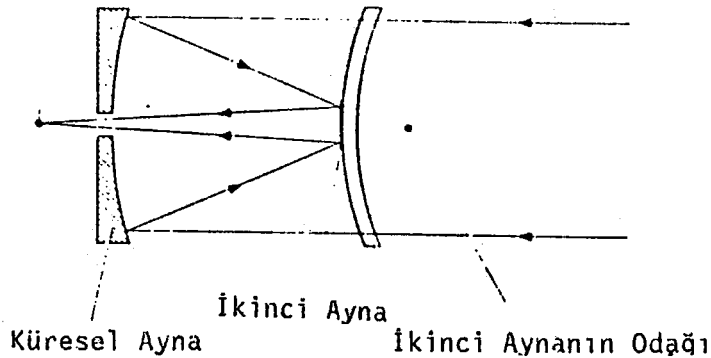
Schmidt Kameralarının Mekanik Kurgusu

Bu kurgu genel olarak eski mercekli astrograflardan pek farklı değildir. Genellikle İngiliz türü bir kurgu içerisinde kapalı bir tüpten oluşmaktadır. Takip ve kontrol sistemleri öteki teleskoplarla aynıdır. Bununla birlikte bazı noktaları da göz önüne almak zorundayız. Standart Schmidt kameralarında plak tutucu asıl odağa yerleştirilmiştir. Çünkü geniş bir alan küçük odak oranlı teleskopta incelendiğinde Newton düzlemi oldukça geniş olacaktır. Tüpün ısıl genişleme veya büzülmesinden dolayı bir gece içerisinde yeniden odaklama yapmaya gerek yoktur. Büyük aletler için yapımcı firmalar odak kaydırmalarını elimine etmek için aynanın genişleme katsayısına uygun bir katsayıyla plak tutucusunu hareket ettirmeyi düşünmüşlerdir. Schmidt kameralarının kritik değerlerden daha büyük

cisimleri gözleyebilmesi için yapılan düzeltmeler, geliştirilen differansiyel kırılma etkileri, eski aletlerinkinden çok daha iyidir. Differansiyel etkileri en aza indirmek için, daima alanın merkezindeki bir yıldız gözönüne alınır. Schmidt kameralarından geçen ışığı incelemekle bunu yapmak zor olduğu için teleskop üzerine yerleştirilecek bir veya bir kaç güdücü teleskopla bu işlem daha çabuk yapılır. Schmidt kamerayla güdücü teleskop arasındaki differansiyel hareketten dolayı görüntüde bir bozulma olmaz.

3) Maksutov Teleskobu

Bir çok niteliklerinden ve nispeten kendilerine özgü çekiciliklerinden dolayı Maksutov teleskobu amatörler için en popüler katadiyoptrik sistemdir. Maksutov teleskobunda kullanılan küresel düzeltici plak, teleskobun açık ucuna doğru konveks diğer tarafı konkav olarak yapılmıştır (Howard,1959). Düzeltici plağın her iki yüzeyine göre çok daha düz olmasına rağmen, birinci ayna da küreseldir.



Şekil 19. Maksutov Sistemi

Maksutov küresel yüzeyleri çok çeşitli şekillerde kullanılır. İkinci ayna olarak bir düz ayna eklenirse Newton, konveks hiperbolik bir ayna eklenirse Cassegrain, konkav elipsoidal bir ayna eklenirse Gregorian halini alır. En popüler Maksutov teleskobu Cassegrainan teleskoptur.

Bir maksutov teleskop yapılırken düzeltici plağın ve kullanılan camın kırılma indisinin dikkate alınması gerekir. Maksutov teleskopta 18 inç açıklığa sahip bir tüple 100 inç lik bir eşdeğer odak uzunluğuna sahip olunabilir. Tüpün kısalığından dolayı ekvatorial montajı kullanmak kolaydır. Sistem yüksek dereceden optik karakteristiklere sahiptir. Koma ve astigmatizmden bağımsızdır. Teleskop kapalı bir tüpe sahip olduğu için termal etkiler her zaman boşlanabilir.

IV - OPTİK TELESKOPLARDA KULLANILAN MONTAJLAR

Yıldızların ya da başka gök cisimlerinin izlenmesi sırasında dünyanın dönmesi sorun yaratır. Ekvator ve kutuplardaki bölgelerde Güneş ve Ay dahil bütün gök cisimleri ufukla belli açı yapan bir düzlem içinde bir yay çizerek yükselir ve batıda, yine ufukla belli açı yaparak batarlar. Bu hareket yalın bir izleme sistemiyle izlenirse sık sık düzeltmeler yapılması gerekir. Ayrıca gözlenen cismin, teleskobun göz alanı içindeki görüntüsü de ufka göre değişeceğinden cisim sanki gökyüzünde dönüyormuş gibi bir görüntü verecektir. Bu durum, kısa gözlemlerde ortaya çıkmayabilir. Ama bir kaç dakikadan çok süren gözlemlerde açıkça belli olur ve uzun pozlu

fotoğrafların çekimini olanaksız kılar. Söz konusu sorunların çözümü ekvatorial montaj kullanmaktır.

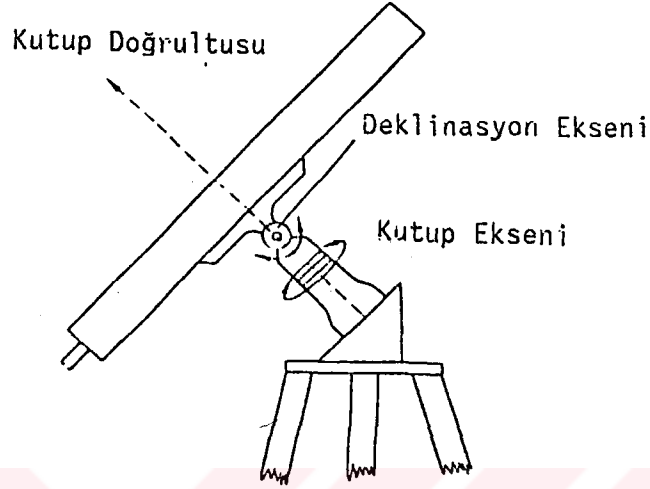
a) EKVATORAL MONTAJLAR

Ekvatorial montajlar yerin dönme eksenine paralel bir eksen üzerine kurulmuştur. Bu eksen temel alan teleskop, ayrıca yükselim eksen (deklınasyon) denilen ikinci bir eksene daha bağlıdır. Böylece gökyüzündeki herhangi bir yöne çevrilme sağlanır. Yerin dönme eksenine paralel olan eksene kutup eksen denir ve bu eksen çevresinde dünyanın dönüş yönüne ters ama, onunla aynı hızda bir hareket sağlanırsa teleskop uzayda hep aynı cisim izleyebilir. Kullanılan dönüş hızı 23 saat 56 dakikada, bir tur olarak hesaplanmıştır. Bu dünyanın yıldızlara göre dönme sırasında aldığı zamandır. Dünya güneşin çevresinde yol aldığından dünya üzerindeki bir noktanın güneşe göre dolanım süresi 4 dakika daha uzundur. Bu da bilindiği gibi 24 saatlik bir süre olur.

Gökyüzünde ay, değişik bir hızla yol alır. Bu yüzden teleskopların iki ayrı izleme hızları bulunması gerekir. Birincisi güneş ve yıldızların gözlenmesinde, öteki ise ay için kullanılır. İzleme hızları yaklaşık olarak ayarlanır. Kesin izleme için teleskobun iki eksenine ağır devirli motorlar eklenmiştir. İzleme sistemi, eski teleskoplarda kullanılan ve bir ağırlığın etkisiyle dönebilen dişli sistem olabileceği gibi alternatif akım frekansıyla eş zamanlı olarak çalışan elektrik motoru da olabilir.

Ekvatorial montajın kesin tasarımı kullanılacak teleskobun

büyüklüğüne ve tipine göre değişir. İyi bir teleskopta şu nitelikler aranır.

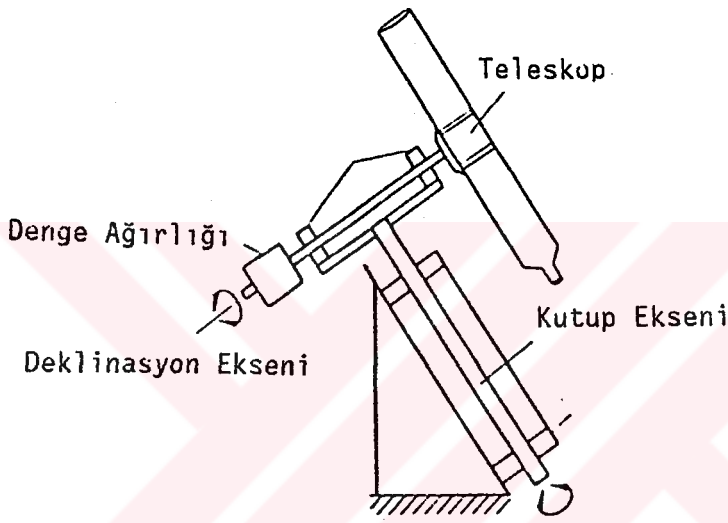


Şekil 20 Ekvatorial Montaj

Gökyüzünün her yanını görmesi, ağırlık merkezinin teleskobun her konumunda parçalara yük binmemesi için yatakların üstüne düşmesi, kullanılacak karşı ağırlıkların çok büyük olmaması. Ne var ki bu koşulların tümü yalnızca bir kaç pahalı sistemde gerçekleştirilebilmektedir. Kutup eksenini dünyanın eksenini ile çakıştırmak için teleskop eksenini Kuzey - Güney doğrultusunda yerleştirilir ve ufuk düzlemiyle kurulduğu yerin coğrafya enlemi kadar açı yapacak biçimde yönlendirilir. Böylece kutup eksenini gökyüzünün kutbuna doğrultulmuş olur. Eksenler üstüne dairesel olarak yerleştirilmiş ölçekler, yıldızları gökyüzündeki koordinatlarına göre kolayca bulunmasını sağlar. Yukarıdaki şekilde bir ekvator montajı ve önemli kısımları gösterilmiştir.

1) Alman Montajı

Küçük amatör tip teleskoplarda çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi T şeklinde yerleştirilmiş iki ana eksen vardır. T nin bir ucuna dürbün, diğer ucuna denge ağırlığı konmuştur.

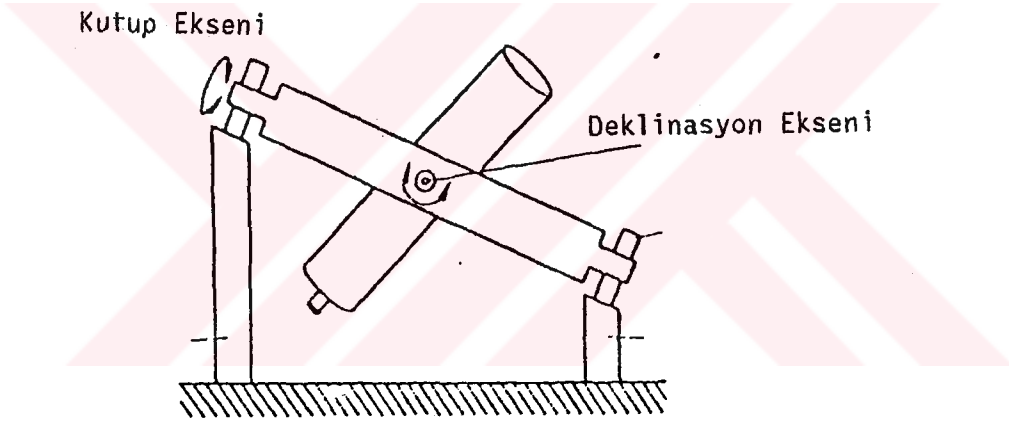


Şekil 21. Alman Montajı

T nin düşey kısmı yerin kutup eksenine paralel yapılır. Bunun yatay ile yaptığı açı o yerin enlemine eşittir. Alman montajı bir çok bakımdan kullanışlıdır. Her büyüklükte yapılmaktadır. Kötü olan yanı da bu montaj ile zenitte gözlem imkansızdır. Doğudan zenite yaklaşıldığı zaman dürbünün batıdan ters çevrilerek aynı noktaya çevrilmesi gerekir ki gözlem arasında gözlemciyi rahatsız eden bir kusurdur (Howard, 1959).

2) İngiliz Montajı

Buna boyunduruk montajı da denir. İmalatı en kolay olanıdır. Dürbünü iki boyunduruk üzerine bir eksenle oturtmak mümkün olursa denge ağırlığına ihtiyaç olmayacaktır. Bu tür, iki ayrı bölümde incelenebilir. Birisi, iki destek üzerine oturan, kutup eksenine paralel bir tek boyunduruk üzerine dürbün ve denge ağırlığı yerleştirilmiş olanı ikincisi de kutup eksenine paralel, kapalı bir çerçeve teşkil eden çift boyunduruk içersine dürbün olanıdır.



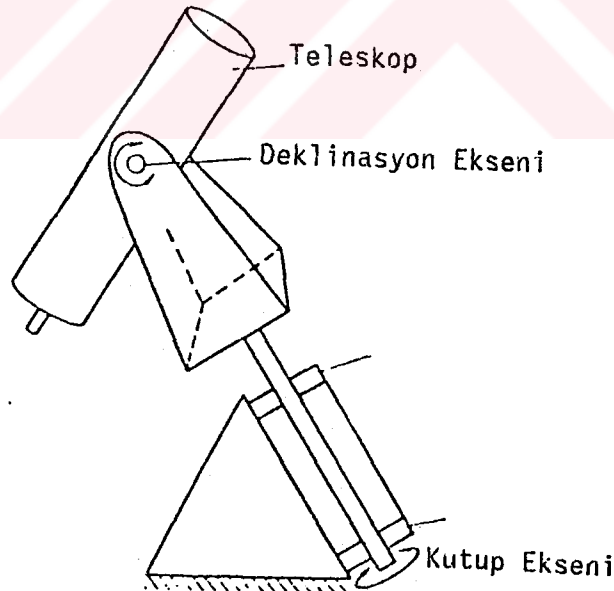
Şekil 22. İngiliz Montaj

Bunda dürbün ağırlığı iki kola bölüştürüldüğü için denge ağırlığına ihtiyaç yoktur. Her iki boyundurukta da dürbün ortadaki deklinasyon eksenine çevresinde dönebilir. Bu montajda gözmerceği uygun olmayan konumlara gelebilir. Bu nedenle dürbün gövdesi dönebilecek şekilde imal edilirse çok uygun olur. Fakat bunlar çok iyi imalat gerektirir. Çok önemli bir husus, bu tür

montajlı bir dürbün kutup yöresini göremez. Sabit iki ayağa oturması gerektiği için taşınamaz.

3) Çatal Montajı

Bu tip montaj iki parmaklı çatala benzer. Dürbün parmaklar arasında dönen bir eksen üzerine yerleştirilmiştir. Çatalın sap kısmı yer eksenine paralel olacak şekilde bir yatağa oturtulur. Bu montajda da denge ağırlığına ihtiyaç yoktur. Böyle bir montajla kutup yöresine erişebilmek için çatal arası dürbünün dönebilmesine imkan tanıyacak kadar derin olmalı ya da deklinasyon eksenini ana aynaya yakın olmalıdır. Bu da tüpün dengelenebilmesi için ayna kısmında ek ağırlığa ihtiyaç gösterir. Bunlar teleskop gövdesinin zayıflamasına yol açan kusurlardır. Üçüncü tip bir çatal da parmak dipleri tüp yarıçapı kadar bükülmek suretiyle



Şekil 23. Çatal Montaj

dürbünün kutba bakması sağlanan cinstendir.

b) UFUKSAL MONTAJ

Bu montajda, dürbünün düşey doğrultudaki hareketi sabitleştirildiğinde dürbün ufuk düzlemine paralel hareket eder. Böyle bir montaja bağlı dürbün, ufuk düzlemi civarındaki cisimlerin belli bir noktadan itibaren açıklık ve ufuk düzleminden yüksekliklerini ölçmek için kullanılır.

Bu montaj, bir yıldızın hareketini takip etmeye, resmini çekmeye elverişli değildir. Gökyüzündeki cisimlerin hareketi iki doğrultuda gözükür. Bu cisimler ufuk montajına sahip bir kurgu ile takip edilemez. Ancak ufka göre eğimli hareket eden bir cisim, ufuk montajının iki eksenini de döndürmek suretiyle takip edilebilir. Astronomi çalışmalarında kullanışlı bir montaj değildir.

C - RADYO TELESKOPLAR

Binlerce yıl önce yalnız görsel yöntemlerle başlayan astronomi XVII. yüzyılın başında optik teleskobun, XIX. yüzyılda fotoğrafik yöntemlerin uygulamaya konması ile hızla gelişti. Bütün gözlemler elektromanyetik spektrumun görsel bölgesinde yapılıyordu. 1945 yılından sonra radyo dalgaları bölgesinde yapılan gözlemler yeni bir astronomi dalı yarattı. Buna radyo astronomi denilmektedir.

Uzaydan gelen ışınının yeryüzeyinden gözlenebilmesi için, yer atmosferini geçmesi gerekir. Ancak elektromanyetik spektrumun büyük bir kısmı için atmosfer geçirgen değildir. Radyo penceresi, elektromanyetik spektrumda sınırları çok keskin olmamakla birlikte, 1cm ile 100 m aralığını kapsar. Milimetre bölgesinde kimi geçirgen

şeritler, dekametre bölgesinde görelî olarak geçîrgen " delikler " vardır.

a) GİRİŞ

Gözlemsel radyo astronominin temel işlevi, gök cisimlerinden gelen radyo ışınımını ölçmektir. Bir radyo kaynağın saldığı elektromanyetik dalga uzayın bir noktasından geçerken değışen elektrik ve manyetik alan oluşturur. Eğer elektromanyetik alan zamanın basit fonksiyonu ise, yani sabit frekanslı ise elektrik ve manyetik vektörlerin büyüklükleri

$$E = E_0 \cos (2\pi\nu t + \alpha) \quad \dots (38)$$

$$H = H_0 \cos (2\pi\nu t + \alpha) \quad \dots (39)$$

şeklinde olacaktır. Burada E_0 , elektriksel dalganın, H_0 da manyetik dalganın genliğidir. Bu frekansta radyo teleskoba ulaşan enerji miktarı ise

$$S = \frac{c}{8\pi} (E_0^2 + H_0^2) \quad \dots (40)$$

ile verilir. Radyo kaynağı çok uzakta olduğuna göre elektromanyetik kurama göre $E_0=H_0$ dır. 0 zaman

$$S = \frac{c}{4\pi} E_0^2 \quad \dots (41)$$

olur. Fakat genel olarak radyo dalgaları, çeşitli frekansların karışımı olduğundan toplam enerji akışı (41) deki gibi çok sayıda terimin toplamı olacaktır. Bu, optik bölgedeki beyaz ışığa benzer. Bu

ışığı toplamak için bir optik teleskoba, toplanan ışınımı tayfına ayırmak için spektrografa ihtiyaç vardır. Radyo bölgede ise bu görevi radyo teleskoplar yapar. O halde bir radyo teleskobun görevi, bu enerjinin olabildiğince büyük bir kesrini toplamak, kaydetmek ve bu enerjiyi çeşitli frekans bileşenlerine ayırmaktır.

b) RADYO TELESKOPLARIN ANA PARÇALARI

Radyo teleskopların üç ana parçası vardır. Radyo dalgalarını toplayıp elektrik çıkışına çeviren anten, antenden gelen zayıf sinyali yükselten alıcı ve amplifikatör, sinyali magnetik ve kağıt bantlara depolayan ya da ekranda gösteren çıkış aygıtı.



Şekil 24. Radyo teleskopların ana parçaları

Bir radyo teleskobun anteni optik teleskoptaki objektife (ayna

yada mercek) karşılık gelir. Radyo teleskop antenleri iki çeşittir.

1- Çok sayıda dipollerden oluşan bir dizi ya da diziler

2- Yüzeyi, a) tamamen metal ya da b) metal çubuklardan oluşan büyük çukur paraboloid "tabaklar".

Alıcılar da radyo teleskobun önemli kısmını oluşturur. Bunların yapıları çalışmaya bağlıdır. Radyo anteninin odağında toplanan ışınım çok zayıf olup hemen değerlendirilmesine imkan yoktur. Bu yüzden güçlendirilir. Bunun için bir alıcı cihazdan geçirilerek yükseltilir ve yazıcıya gider. Karışık bir elektronik yapıları vardır. Radyo astronomi alıcıları üç temel sınıfa ayrılır. Düz alıcı, Dicke düzeneği, Ryle ve Vonberg düzeneği.

c) BİR RADYO TELESKOBUN DUYARLIĞI, İÇ GÜRÜLTÜ

İç gürültü iki kaynaktan meydana gelir. Antenin kendi T sıcaklığı ve alıcının çeşitli dirençlerinde bulunan elektronların termik hareketleri.

Üzerine hiç bir dış sinyal düşmeyen anten içerisinde oluşan gürültünün gücü (zaman birimi başına enerji) P_0 olsun. Bu sadece antenin sıcaklığından ileri geldiğinden bunu (radyo teorisine göre)

$$P_0 = kt \Delta \nu \quad \dots (42)$$

olarak yazabiliriz; burada k Boltzman sabiti ve $\Delta \nu$ alıcıdan geçebilen frekans aralığıdır (Bütün frekanslarda gürültü meydana gelebilir, ancak alıcının alabileceği frekansta gürültüler dış sinyal üzerinde bozucu etki yapar). Alıcının kendisinde gürültünün oluşturduğu güce P_1

diyelim. Bu taktirde alıcıya gelen toplam gürültünün tam $P_0 + P_1$ olduğunu görürüz. Bunlarla beraber, kayıt tertibatının aldığı gürültü, alıcı içinde amplifikasyon olduğundan, bundan daha büyüktür. Amplifikasyon katsayısı g ise kayıt veya çıkış cihazı, hiç bir dış sinyal yoksa $g(P_0 + P_1)$ ile gösterilen güç miktarını alır. Hiç bir sinyal gelmediği zaman kayıt cihazının sapması ve okunması bu nedenle bu miktar ile orantılıdır. Diğer taraftan antene düşen sinyalin gücü P ise yalnız bu sinyalden ileri gelen kayıt cihazının sapması gP ile orantılıdır. Bundandolayı

$$\frac{\Delta s}{R} = \frac{gP}{g(P_0 + P_i)} = \frac{P}{P_0 + P_i} \quad \dots (43)$$

$$\Delta s = \frac{RP}{(P_0 + P_i)} \quad \dots (44)$$

elde ederiz. Uzun rasat süresine veya özel tekniğe gerek göstermeden kolayca dedekte olabilen sinyal için Δs , ΔR den büyük veya ΔR ye eşit olmalıdır. Yani

$$\frac{RP}{(P_0 + P_i)} \gg \Delta R \quad \dots (45)$$

ve

$$\Delta R = (aR) / \sqrt{\tau \Delta \nu} \quad \dots (46)$$

olmalıdır. Bunlar (45) ifadesinde yerine konulursa,

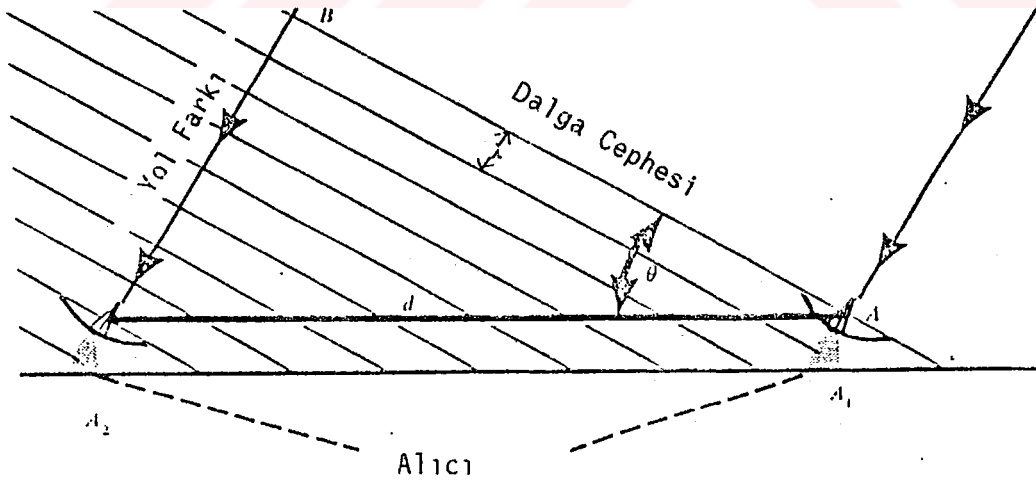
$$\frac{P}{(P_0 + P_i)} \gg \frac{a}{\sqrt{\tau \Delta \nu}} \quad \dots (47)$$

$$P \gg \frac{(P_0 + P_i) a}{\sqrt{Z \Delta V}} \quad \dots (48)$$

elde edilir. Bu bize, sinyal kaynağını taramak için zamanı Z , toplam anten ve iç gürültüsü $(P_0 + P_i)$ olan sinyale ayarlı bir radyo teleskobun kolaylıkla dedekte edebileceği, ΔV genişliğindeki bir sinyalin minimum gücünü verir (Motz and Duveen, 1977).

d) RADYO TELESKOPLARDA İNTERFEROMETRE

Bir radyo gözlem sırasında bir veya birden çok antenden oluşan sistem kullanıldığında, radyo kaynaktan elde edilebilecek bilgiler artar. Aynı radyo kaynağının farklı kısımları arasında girişim olayının oluşması için böyle antenlerin düzenlenmesi yararlı olur. Bunun hangi yolla gerçekleşeceği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir; burada iki antenin, uzayın verilen bir yönünden gelen bir radyo sinyalini alması gösterilmiştir.



Şekil 25. Bir radyo interferometresinin şematik diyagramı

Her iki anten merkezsiz bir alıcıya ileticilerle bağlanmıştır, böyle ikili sinyaller bu alıcıya eriştiğinde, genellikle aynı fazda bulunmazlar. Fazdaki bu farklar iki alıcı arasındaki uzaklığa ve radyo dalgalarının dalga cephesinin her iki anteni birleştiren çizgi ile yaptığı θ açısına bağlıdır; bunlar şekilde gösterilmiştir. A_1 ve A_2 de antenlere çarpan dalga cephesinin A ve B kısımları arasındaki faz farkını elde etmek için, A ve B arasındaki yol farkını hesaplamamız gerekir. Şekilden bunun $d \sin \theta$ olduğunu görürüz. λ bu dalganın dalgaboyu ise, bu yol farkı içindeki dalgaboyu sayısı tam $(d \sin \theta) / \lambda$ olur. Tanım gereğince, bu takdirde faz farkı bunun tam 2π katı veya $2\pi \sin \theta / \lambda$ katıdır.

Şimdi de antenlerin böyle bir düzeninden ileri gelen girişim olaylarını göz önüne alalım. A ve B arasındaki yol farkı eğer tam yarım dalgaboyuna eşit veya bir dalgaboyunun her hangi tek katı ise, iki dalga birbirini yok edecek şekilde girişimde bulunur. Diğer taraftan, yol farkı tam bir dalgaboyu veya bir dalgaboyunun çift katı ise, demetin iki kısmı birbirini kuvvetlendirir ve radyo sinyali maksimumda bulunur. Böylece radyo dalgalarının bir nokta kaynağı, gelen radyo dalgaları her iki anteni bir θ açısıyla süpürecek şekilde, gökyüzünde hareket ettikçe, birbirini sıra ile izleyerek maksimum ve minimum sinyaller kaydedilecektir. Orta noktaları gök meridyeninde olacak şekilde antenler dizilirse, bir kaynağın rektasansiyonunu bu yoldan bulabiliriz. Optik dürbünlerde kullanılan Michelson interferometresine karşılık olan bu yöntemin bir

çeşitlemesini kullanarak yaygın bir radyo kaynağının açısal çapını elde edebiliriz. Bu radyo astronomide çok önemlidir, çünkü optik dürbünlere göre radyo teleskopların çok daha düşük bir ayırma güçleri vardır.

e) RADYO TELESKOPLARIN IŞIK TOPLAMA VE AYIRMA GÜÇLERİ

Bir radyo teleskobun ışınım toplama gücünün formülü bir optik dürbününki ile aynıdır. Benzer şekilde reflektörün kesit alanı ile verilir (Radyo teleskop halinde çanak veya dipol dizisi). Tıpkı optik bir dürbünde olduğu gibi açıklığın karesi ile orantılıdır (yani çapın karesi ile). Radyo teleskopların 300m ye varan çapları olduğundan, böyle aletlerde toplanan ışınım enerjisi optik dürbünlere göre çok daha büyüktür.

Yarıçapı D olan bir teleskobun ayırma gücü, yani ancak ayrılabilen komşu iki gök cismi arasındaki açısal uzaklık

$$\theta = \frac{1.22 \lambda}{D} \dots (49)$$

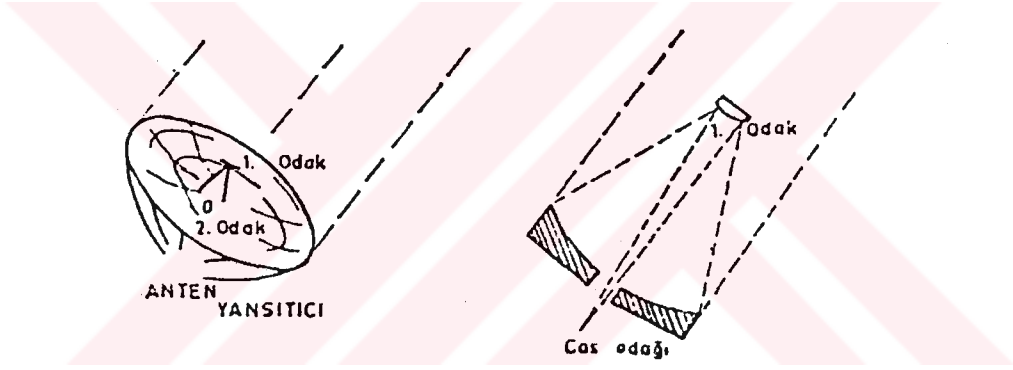
radyan olarak verilir. Radyo teleskoplarda bu ana lobun açısal çapıdır. Dolayısıyla λ büyüdükçe, biçimi aynı kalmasına karşın lobun genişliği artar. Bu nedenle açısal genişlik $\theta = 1.22 \lambda/D$ verildiği zaman frekansta verilir. (1420 MHz de 0.1 derece gibi)

f) OPTİK VE RADYO TELESKOPLARIN KARŞILAŞTIRMASI

Gök cisimleri yalnızca görünür ışınım yaymazlar, gamma ışınlarından radyo dalgalarına kadar değişik dalgaboylarında

elektromanyetik ışınım da üretirler. Elektromanyetik spektrumun 4000-8000Å arasındaki bölgesinde optik teleskoaplarda, milimetre ile metre dalgaboyu aralığında, radyo teleskoaplarda çalışmalar yapılır. Radyo ışının dalgaboyu, optik bölgenin $10^4 - 10^7$ katıdır.

Uzaydan radyo dalgası olarak alınan enerji çok düşüktür. Şöyle ki, radyo gökbilimi çalışmalarının ilk gününden bu yana radyo teleskoaplardan topladıkları enerji, bir elfeneri lambasını saniyenin milyonda biri kadar bir sürede yakmak için gereken enerjiden çok daha azdır.



Şekil 26 Optik ve Radyo Teleskop

Uzaydan gelen radyo dalgaları antendeki yansıtıcıya çarparak ilk odakta toplanır. Ya da ilk odakta yansıtıcıdan ikinci odağa gelir. En yaygın olarak kullanılan radyo teleskobun yansıtıcısı kısa odak uzaklıklı dönel paraboloid dir. Kısa odak uzaklıklarına sahip aynalı sistemlerin ayırma gücü zayıftır. Bu nedenle radyo teleskoaplarda görüntü elde etmek mümkün değildir.

Burada ilave olarak söyleyeceğimiz bir husus, optik teleskopların radyo gözlemleri için kullanılabileceğidir. Radyo teleskop yansıtıcıları optik gözlemlerde kullanılamaz. Çünkü, yüzey yeteri kadar düzeltilmemiştir.

D - ATMOSFER DIŞI GÖZLEMLERDE KULLANILAN TELESKOP TÜRÜ ALETLER

Astronomi gözlemlerinin yerden yapılmasında, gök cismi ile gözlemci arasına yer atmosferinin girmesinden dolayı, gözlemler sadece optik ve radyo dalgaboylarında yapılabiliyordu. Roket ve yükseklere çıkan balonlarla atmosfer engelini aşma çabalarının, uzay teknolojisinin ve yapma uyduların gelişmesi ile atmosfer dışı gözlemler izledi. Artık elektromanyetik spektrumun tüm bölgesinde gözlem yapılmakta ve uzay teknolojisi hızla gelişmektedir.

Uydularla yörüngede Güneş Gözlemleri (Orbiting Sun Obs. yada OSO), Yörüngede Astronomi Gözlemleri (Orbiting Astronomy Obs. yada OSA) γ Işınları, X Işınları, Mor ötesi, Kırmızı ötesi ve Radyo bölgesinde (özellikle iyonosferin engellediği daha küçük frekanslarda) çok çeşitli gözlemler yapılmaktadır. Bunun sonucu olarak X ışınları astronomisi, γ ışınları astronomisi gibi dallar gelişmiştir.

E - E.Ü. FEN FAKÜLTESİ GÖKBİLİMLERİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİNDEKİ TELESKOP VE BENZERİ ALETLER

Ege Üniversitesi'ne bağlı Fen Fakültesi bünyesindeki Astronomi Rasathanesi 1965 yılında kuruldu. Şimdiki adı Gökbilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi olan bu üniversite birimi İzmir il sınırları

içinde Kurudağ'da faaliyet göstermektedir. Rasathanenin enlemi $\psi = 38^{\circ} 23' 52''$, boylamı $\lambda = -1^{\circ} 49' 03''$, denizden yüksekliği $h = 632$ m dir.

Rasathane'de mevcut olan teleskop ve benzeri aletler şunlardır.

A) Teleskoplar:

I) 48 cm lik aynalı teleskop

II) 15.3 cm lik Unitron dürbünü (refraktör)

III) 6.4 cm lik Zeiss dürbünü (refraktör)

I) 48 cm lik Aynalı Teleskop:

1967 yılında Nürnberg Rasathanesi ile yapılan işbirliği sonucunda rasathane doğusunda 795 m yükseklikte kurulmuştur. Yalnızca bilimsel araştırmalarda kullanılmaktadır. Özellikle U, B, V ve H_{β} , H_{γ} renk süzgeçleri ile yıldızların ışık ölçümleri üzerinde çalışılmaktadır.

Tipi: Cassegrain odağına sahip aynalı teleskop.

Teleskop açıklığı (çapı), $D = 48$ cm = $F/13$

En iyi büyültme = 600X

Ayırma gücü = $0''.25$

Odakta 1 mm = $33''$

Teleskoba ekli beş yardımcı, ana parça vardır. Bunlar Işıkkölçer, Fotokatlandırıcı, Logaritma basamak kutusu, DC yükseltici, Yazıcı.

II) 15.3 cm lik Unitron Dürbünü (Refraktör)

Ana merceğin çapı, $D = 153$ mm = $F/ 16$

Güdücünün çapı $D = 102$ mm = $F/15$

Foto drbnnn merceğinin apı, $D = 76 \text{ mm} = F/15$

15.3 cm lik mercekli teleskop rasathanenin ana binasında kurulmuştur.
Öğrencilerin pratik gözlemlerinde kullanılmaktadır.

III) 6.4 cm lik Zeiss Dürbünü

Ana mercek olarak, 64 mm çapında mercek kullanılmıştır.

$D = 64 = F/13$

Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümünde bulunmaktadır.
Öğrencilerin görsel gözlemlerinde ve güneş lekelerinin gözleminde kullanılmaktadır.

B) Diğer Aletler:

I) Kuvars Prizmalı Tayfçeker

Tayf çalışmalarında kullanılmaktadır.

Objektif apı $D = 13 \text{ cm}$

Yayma gücü (dispersiyon) = 5000 A° için $20 \text{ A}^\circ/\text{mm}$

II) Fotoelektrik Işıkler

48 cm lik aynalı teleskoba bağlı olarak çalışır.

III) İris Işıkler

Teleskoplarla çekilen fotoğraf plakları üzerindeki yıldız resimlerinin karartma şiddetlerini ler. Yıldızların parlaklık tayinlerinde kullanılır.

IV) Kolimatör

30 cm parabolik aynalı olup kuvars prizmalı tayfekerle birlikte kullanılmaktadır.

F - SONUÇ

Belirli bir yüzeye gelen fotonları bir noktada toplamak, iki türlü yakınsak sistemlerde mümkündür. Birincisi, kırılmalı sistemler dediğimiz mercekli; ikincisi ise yansıtmalı sistemler dediğimiz aynalı sistemlerdir. Aynalı ve mercekli teleskoplar tarih içinde değişik zamanlarda birbirine üstünlük sağlamışlardır. Fakat çağımızda özellikle büyük teleskoplar bahis konusu olduğunda, aynalı teleskopların mercekli olan üstünlükleri tartışılmaz.

ABD`de olsun Avrupa ülkelerinde olsun büyük yansıtmalı teleskop yapma çabaları sürmektedir. Bu sayede bir yıldızın doğuşunun ayrıntıları öğrenilebilecek, etkin galaksilerin çekirdeklerinin ayrıntılı görüntüleri elde edilebilecek, evrendeki toz bulutlarının dağılımı gözlenebilecek ve en önemlisi, evrenin gözlenen sınırında bulunan kuasar ve galaksilerin çok kaliteli ve ayrıntılı tayfları alınabilecektir, buradan da evrenin ilk zamanlarında maddenin bulunduğu koşullar anlaşılacaktır. Bu beklentiler, bugün bilinenlerin uzantısından başka bir şey değildir. Eğer yeterince büyük teleskoplar olursa bilim adamları tüm bu beklentilerini araştırabilecekler ve bilimde yeni ufuklar açabileceklerdir.

Optik teleskoplarla astronomi çalışmaları dışında günümüzde radyo dalgaboyu bölgelerinin gözlemleri için çok büyük çapta radyo teleskoplar ve atmosfer dışında kullanılan çeşitli tür uydularla spektrumun tüm dalgaboylarını kapsayan gözlemler yapılmaktadır.

G - ÖZET

Astronomi gözlemleri, teleskopla ilk olarak Galilei Galileo tarafından 1610 yılında yapılmıştır. Bugünkü teknoloji ile elektromanyetik spektrumun gamma ışınlarından radyo dalgaboyuna kadar değişen her türünde gözlem yapılmaktadır.

Gözlemler, optik bölgede optik teleskoplarla, radyo bölgesinde radyo teleskoplarla, kızılöte ve daha kısa dalgaboylarında uydu ve uzay istasyonlarına kurulan teleskop ve benzeri aletlerle yapılır.

Optik teleskoplar bir yakınsak mercek ve oküler ile bu sistemi ayakta tutan mekanik kısımdan oluşur. Objektifi mercek olarak seçilmiş teleskoplarda kromatik aberasyon, küresel aberasyon, ve koma hataları çok fazladır. Aynalı teleskoplarda kromatik aberasyon yoktur.

Bir optik teleskobun kalitesi, gök cisimlerini büyütmesi, çok yakın iki yıldızı birbirinden ayırabilmesi ve çok sönük yıldızları gözleyebilmesine göre değerlendirilir. İyi bir büyütme büyük bir objektifle küçük çaplı bir okülerin birlikte kullanılmasıyla, ayırma gücü ise sabit bir dalgaboyu için daha küçük çapta objektif kullanmakla mümkündür. Herhangi bir teleskobun gözleyebileceği büyütme sınırı $m \gg (D/2)$ (alt sınır), $m \ll D$ (üst sınır) dir.

Optik teleskoplar objektiflerine göre Merceкли ve Aynalı olmak üzere iki kısma ayrılır. Merceklilere örnek olarak Galilei, Kepler ve Prizmalı refraktörler, aynalılara ise Newton, Cassegrain ve Gregorian

reflektörü verilebilir.

Özel amaçlar için hazırlanmış katadiyoptrik sistemlerde (Schmidt kameraları, maksutov teleskop) astronomide çok kullanılmaktadır.

Radyo teleskoplar başlıca üç ana parçadan oluşur. Anten, alıcı ve amplifikatör, yazıcı. Antene gelen radyo dalgaları odakta toplandıktan sonra amplifikatörde güçlendirilir ve yazıcı veya ekranda çıktı olarak alınabilir.

Radyo teleskoplar çok geniş bir dalgaboyu aralığı içerdiğinden (çok düşük bir enerjiye sahip) gelecekte astronomide çok kullanılan bir çalışma sahası olacaktır.

Atmosfer dışı gözlemlerde önceleri balonlar, roketler kullanılırken teknolojinin gelişmesiyle bunların yerlerini uydular ve uzay istasyonları almıştır.

G - SUMMARY

The astronomical observations were firstly made by Galileli Galileo in 1610 using a telescope. The observations are made from gamma ray to radio wavelengths of the electromagnetic spectrum with the modern technology. Observations are carried out by the optical and radio telescopes in optical and radio wavelengths, respectively. Meanwhile, in the infrared and in shorter wavelengths the observations are obtained with the telescopes or telescope -like devices mounted in the satellites or space stations.

The optical telescopes consist of a concave lens, an eyepiece and a mechanical system. In the refraktors the chromatic aberration, spherical aberration, and coma are very large. However, there is no chromatic aberration in the reflectors.

The quality of an optical telescope is recognized with its magnification, resolving power and observing fainter stars. A sufficient magnification can be obtained by using a large objective with an eyepiece which has a smaller diameter. Where as, the resolving power, for a constant wavelength, can be increased by using objectives with smaller diameters. The magnification limit of a telescope is given by $m \gg (D/2)$; for the lower limit, $m \ll D$ for the upper limit (Units are in magnification).

The optical telescopes are divided in to two types in accordance with their objectives. These are refractors and reflectors. The well-known samples for refractors Galileo, Kepler and Prism refractors;

and for the reflectors, are Newton, Cassegrain and Gregorian. on the other hand the catadioptric systems (Schmidt Kamera, Maksutov Telescepe) made for particular interests are also used in astronomy.

Antenna, receiver and amplifacator, and recorder. The radio waves came in to the antenna were gathered at the focus and powering by amplifacator they can be read as an output on the recorder or screen. Radio astronomy will become a very important area in the astronomy.

At first the baloons and rockets were used for the observations outside of the atmosphere. By the impovements of technology the satellites and space stations were replaced with baloons and rockets.

H - LİTERATÜR

- AKYOL, M.Ü. , 1988, Radyo Astronomi ve Uzay Araştırmaları, Böl.4 ,
S.86
- GÜDÜR, N. , 1969, Ege Üniversitesi Rasathanesi Çalışmaları ve
Gelişmesi
- HOWARD, N.E. , 1959, Telescope Making, Böl.11 ,S.147 ; Böl.13 ,
S.189 ; Böl.17 , S.273
- KUIPER, G.P. AND MIDDLEHURST, M.B. , 1962, Telescopes, Böl.4 ,S.43
- MOTZ, L. AND DUVEEN A. , 1977, Essentials of Astronomy, Ekler, B,
S.717
- MÜTZE, K. , FOITZIK, L. , KRUG. W. AND SCHREIBER, G. , 1961, Abc
Der Optik, S.65
- PAGE, W.L. AND PAGE T. , 1966, Telescopes, Böl. 2 , S.40
- ROY, A.E. AND CLARKE D. ,1982, Astronomy, Böl. 15, S.188 ; Böl.16,
S.213 ; Böl. 17, S.226 ; Böl. 18, S.240 ; Böl.19, S.252
- STRÖMGREN, 1935 ; CARATHEODORY, 1940 ; BOUWERS, 1946 ; LİNFOOT,
1949, 1951, 1955 (KUIPER, G. P. AND MIDDLEHURST, M. B. , 1962,
Telescopes, Böl.. 4 ,S.43).