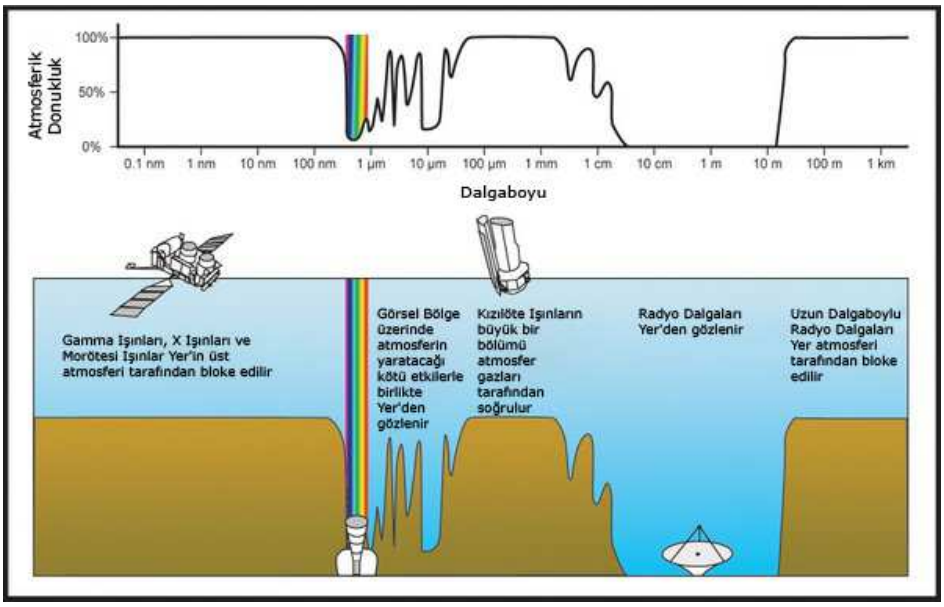
TELESKOPLAR VE DEDEKTÖRLER

1. TELESKOPLAR

Teleskop, gök cisimlerinden gelen ışınımın bir noktada odaklanması sonucunda daha parlak ve (ör. gezegenler gibi daha yakın gök cisimler için) daha büyük görünmesini sağlayan sisteme verilen isimdir. Yunanca'daki Tele=uzak ve skopein=bakmak kelimelerinin birleşiminden türetilmiştir. Teleskoplar, elektromanyetik tayfın çalıştığı bölgeye göre adlandırılır. Örneğin, x-ışın teleskobu elektromanyetik tayfın x-ışın bölgesinde (kısa dalgaboyunda) ve radyo teleskobu ise radyo bölgesinde (uzun dalgaboyunda) çalışanına denir. Yeryüzüne bir teleskop yerleştirilirken, atmosferin geçirgen olduğu dalgaboylarını dikkate alınması gerekmektedir (Şekil 1'e bakınız).

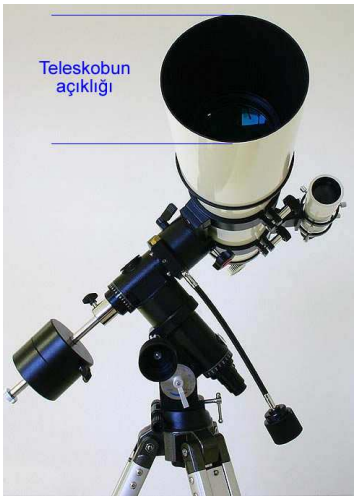


Şekil 1. Atmosferimizin dalgaboyuna karşılık geçirgenliği

2. OPTİK TELESKOPLAR

Teleskopların ışığı toplayan yüzeyine açıklık denir. Açıklık; birim zamanda toplanan enerji, büyütme, görüntü netliği, görüntü detayı, kontrast ve ayırma gücü ile doğru orantılıdır. Bütün teleskopların asıl fonksiyonu ışık toplamaktır. Teleskobun açıklığı, merceğin ya da aynanın

çapına karşılık gelmektedir. Açıklık genellikle inch biriminde kullanılır. 1 inch = 2.54 cm'dir. Teleskobun açıklığının değeri ne kadar büyükse, teleskop o kadar fazla ışık toplar. Daha çok ışık toplanması ise, daha parlak ve daha iyi bir görüntü oluşmasını sağlamaktadır. Şekil 2'de bir optik teleskobun açıklığı gösterilmektedir.



Şekil 2. Bir teleskobun açıklığı

Teleskobun açıklığından giren ışık, teleskobun türüne göre değişen optik elemanlar ile karşılaşır. Optik teleskoplar yapılış biçimlerine göre; mercekli, aynalı ve aynalı-mercekli (katadioptrik) olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Bu türlerden ilerleyen bölümlerde bahsedilecektir. Teleskobun içine giren ışın demeti mercek veya ayna ile karşılaşır. Daha sonra yolundan saptırılarak veya yansıtılarak karşılaştıkları optik elemanın odak noktasına yönlendirilirler.

Bir optik sistemde, mercekten veya birinci aynadan itibaren teleskobun odak noktasına olan uzaklığa odak uzaklığı denir.

Odak uzaklığı = açıklık (mm) × odak oranı

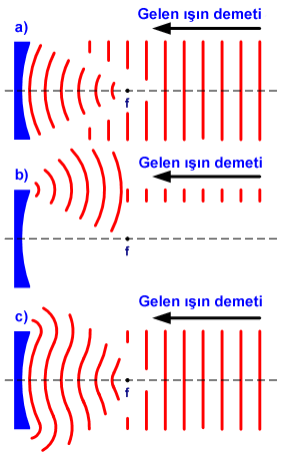
formülü ile verilir. Odak uzaklığı büyük olan teleskopların ayırma gücü daha fazla olup, oluşan görüntü de daha büyük olmaktadır. Örneğin f/10 odak oranına sahip 250 mm açıklığa sahip teleskobun odak uzaklığı, 2500 mm'dir.

Teleskopta oluşan görüntünün çizgisel boyutu ile açısal boyutu arasındaki ilişkiyi teleskobun plak eşeli belirler.

Plak eşeli 206265”/F(mm) formülü ile hesaplanır. Burada, F teleskobun birinci aynasının odak uzaklığıdır. Bir teleskobun gökyüzünde görebileceği alana, teleskobun görüş alanı (field of view, fov) denir. Bu değer 2arctan(D/2F) formülü ile bulunur. Burada, D teleskobun çapı ve F odak uzaklığıdır. Bir teleskop yardımıyla gözümüzün görebileceği en sönük gökcisimlerini, teleskobun paralaklık sınırı belirlemektedir. Buna teleskobun limit parlaklığı denir. Bu değer yaklaşık olarak 7.5+5log(D) ile hesaplanır. Örneğin, 30 cm açıklığa sahip bir teleskop ile en sönük $14^{m}.8$ parlaklığındaki yıldızlar görülebilir. Bir teleskop, birbirlerinden $1.22\lambda/D$ kadar ayrık olan iki kaynağı ayrı ayrı görebilmeye imkan tanır. Bu değerden daha küçük ayrıklıklara sahip kaynaklar teleskop ile ayrık olarak görülemez. Burada D teleskobun açıklığı, λ ise gözlem yapılan dalgaboyudur. İki parametrenin de birimi aynı alındığı zaman ayrıklık limiti (yada teleskobun ayırma gücü) radyan biriminde elde edilir. Eğer bu değer 206265” ile çarpılırsa teleskobun ayırma gücü yay saniyesi biriminde elde edilir.

Yıldızlar dünyadan çok uzakta oldukları için teleskopla bakıldığında disk şeklinde değil noktasal kaynak olarak görünürler. Ancak yıldızın görüntüsünü çok fazla büyütürsek teleskoptan kaynaklanan disk şeklinde bir görüntü belirir. Bu görüntü, yıldıza ait gerçek bir disk görüntüsü değil teleskobun sahip olduğu dairesel objektifin neden olduğu ve ışığın doğasından kaynaklanan bir etkidir. Yıldız teleskobun görüş alanının merkezinde olduğunda yıldızın bu büyütülmüş görüntüsünde iki şey göze çarpmaktadır. Birincisi Airy Disk adıyla bilinen parlak bir merkezi alan, ikincisi ise kırınım halkaları (airy halkaları) adıyla bilinen bir halka veya sönük halkalar serisidir.

Bunu açıklamak için içbükey bir ayna düşünelim. Eğer mükemmel bir ayna olsaydı, üzerine düşen ışın şekil 3a’daki gibi bir yol izleyecekti. Yani sonsuzdan asal eksene paralel olarak gelen ışınlar, odak noktasında toplanacak şekilde yansırlar. Ancak ışığın kırılması nedeniyle yansıma düzgün olmayacaktır. Işık aynanın kenarlarından yansırken kırılmaya uğrar. Bu olay şekil 3b’de gösterilmiştir. Sonuçta yansıyan ışık şekil 3c’deki gibi olacaktır.

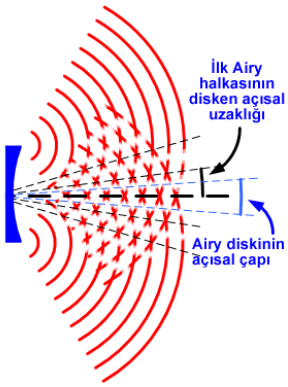


Şekil 3. İçbükey aynada ışığın yansıması

Küresel bir aynada yansıyan ışığın, aynanın kenarlarında kırılması nedeniyle bu durumda oluşan görüntü şekil 4'teki gibi olur. Kırılan ışık dalgalarının girişiminden dolayı bazı bölgelerde parlak bazı bölgelerde sönük olacak şekilde görüntü oluşur. Bu yapılara airy diski denmektedir. Airy diskinin çapı:

$$D = 2.43932 \times \lambda \times \text{odak oranı}$$

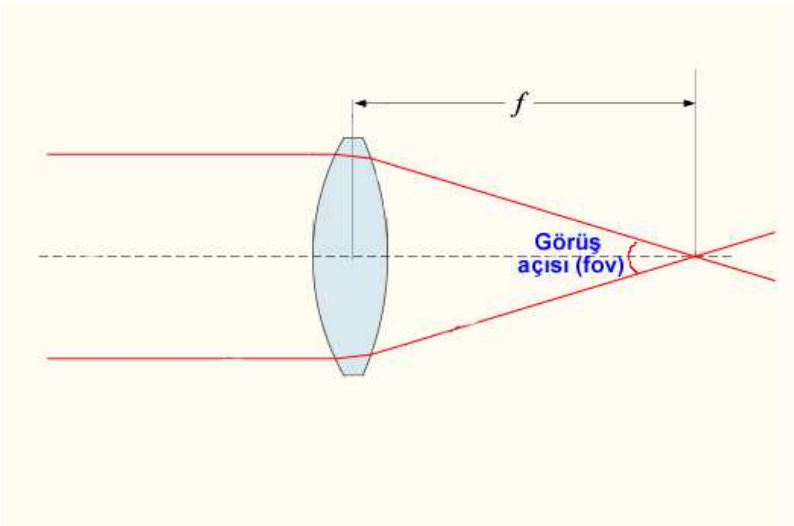
formülü ile verilir. D mm biriminde airy diskinin çapı, λ mm biriminde dalgaboyudur.



Şekil 4. Airy diskinin oluşumu

Birinci optikten yani objektiften geçen ışınlar ikinci optiğe gelir. İkinci optiğe oküler (göz merceği) denir. Okülerde düzeltilen görüntü, göz ile görülebilir hale getirilir.

Teleskop ile Ay gözlemini örnek olarak ele alalım. Ay, farklı çaplara sahip teleskoplar ile hep aynı büyüklük ve ayrıntıda görülmez. Bunun nedeni teleskopların büyütme güçlerinin farklı olmasıdır. Bir teleskobun büyütmesi, objektifin odak uzaklığının, okülerin odak uzaklığına oranı olarak verilir. Bunun yanı sıra normal koşullar altında bir teleskop en fazla, açıklığının 60 katı büyütme gücünde olabilir. Örneğin 3.5 inch'lik bir teleskobun büyütmesi en fazla 210 olabilir. Diğer bir parametre de teleskobun gökyüzünde gördüğü alan yani görüş açıdır. Teleskobun merceğinin veya aynasının kenarlarına, odak noktasından gönderilen iki ışın arasındaki açı olarak verilir (bkz. Şekil 5.).



Şekil 5. Teleskobun gökyüzünde gördüğü alan

Teleskobun arkasına bir görüntü kaydedici bağladığımızı düşünelim. Bu durumda vereceğimiz poz süresi, gözlediğimiz cismin parlaklığının yanı sıra teleskobun odak oranının da bir fonksiyonudur. Bir teleskobun odak oranı odak uzaklığının, açıklık değerine oranı olarak tanımlanır. Örnek olarak teleskobun odak uzaklığı 1000 mm, açıklığı 400 mm ise, odak oranı 1000/400=2.5 yani f/2.5 olarak verilir. Teleskobun odak oranı küçük ise bu durumda vereceğimiz poz süresi de kısalacaktır. Böyle teleskoplara hızlı odaklı teleskoplar denir. Bu sınıflandırmaya göre f/3.5 ile f/6 arasındaki teleskoplar "hızlı odaklı", f/7 ile f/11 arası teleskoplara "orta odaklı " ve f/12 ve üzeri teleskoplara "yavaş odaklı"dır.

Optik teleskoplar, iki temel parçadan oluşur. Bu parçalardan birincisi, ışığı toplamaya yarayan objektiftir. Objektif, mercek ya da aynadan oluşur. İkincisi ise, "göz merceği" ya da "oküler" olarak adlandırılan mercek takımıdır. İlk kullanılan teleskoplar merceklidir. Günümüzde de

genellikle küçük çaplı mercekli teleskoplar kullanılmaktadır. Mercekli teleskoplarda, farklı dalgaboylarındaki ışığın kırılarak renklerine ayrışması (renksel aberasyon) için, objektifte birleştirilmiş iki mercek kullanılır. Bu mercekler ayrıca, istenmeyen yansımaları azaltmak ve ışık geçirgenliğini artırmak amacıyla çeşitli malzemelerle kaplanır.

Aynalı teleskoplar ise kendi içlerinde iki ana gruba ayrılırlar. Bunlar: Newton tipi ve Cassegrain tipidir. Newton tipi teleskoplarda, ana aynadan yansıyan ışık, ikinci, düz bir diyagonal aynaya oradan da teleskop tüpünün dışarısındaki göz merceğine yansıtılır. Cassegrain teleskoplarda ise, ana aynadan yansıyan görüntü, ikinci bir dışbükey aynaya oradan da ana aynanın ortasındaki bir delikten göz merceğine yansıtılır. Newton tipi teleskopların fiyatları, Cassegrain teleskoplara oranla daha düşüktür. Ancak, Cassegrain teleskoplar, hem boyu daha kısa olduklarından daha az yer kaplarlar, hem de daha kolay taşınırlar.

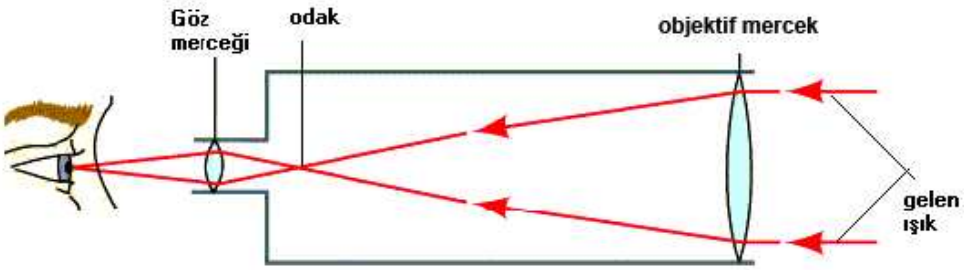
Diğer bir teleskop çeşidi ise, aynalı ve mercekli teleskopların bir anlamda bir birleşimi olan katadioptrik (aynalı-mercekli) teleskoplardır. Bu tür teleskoplar, Schmidt-Cassegrain ve Maksutov-Cassegrain olmak üzere iki gruba ayrılır. Bu teleskoplarda ışık önce mercekten sonra da aynadan büküldüğü için teleskobun tüpünün boyu daha kısadır. Bu teleskoplar, diğer teleskop çeşitlerine göre daha pahalıdır.

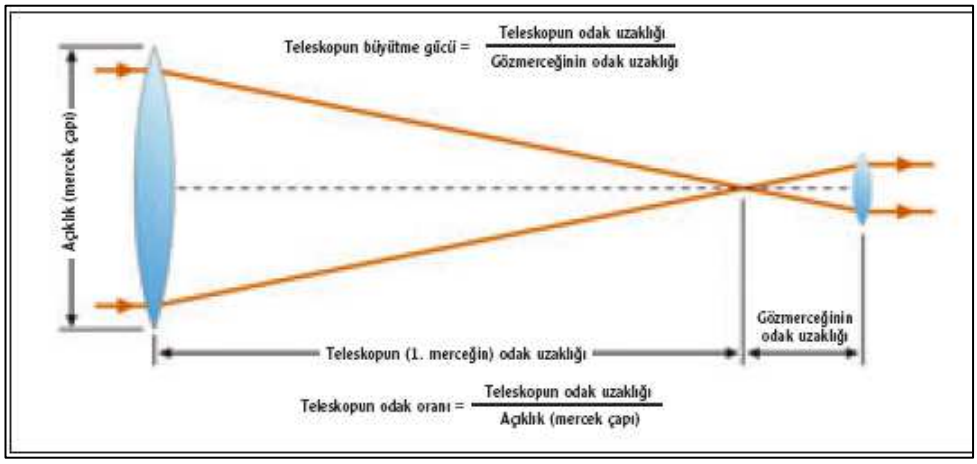
2.1 Mercekli Teleskoplar (Refraktörler)

Mercekli teleskoplarda, uzun bir tüp içerisindeki mercekten geçen ışık ışınları, göz merceğine gelir. Bu tür, en yaygın kullanılan teleskop türüdür. Mercekli teleskoplarda ayna bulunmaz. Bunların bir ucunda geniş bir mercek, diğer ucunda ise ufak bir oküler (göz merceği) yer alır. Işık büyük mercekten geçer ve ufak bir demet halinde okülere gelir. Bu aşamadan sonra okülerde netlik ayarı yapılmalıdır. Şekil 6’da mercekli teleskopların çalışması prensipleri şematik olarak gösterilmiştir.

Bu tür teleskoplarda bir mercek ışığı toplamakta kullanıldığından, mercekteki ufak hatalar bile görüntüyü etkileyebilir, bu yüzden mercekli teleskoplarda merceğin kalitesi çok önemlidir. Eğer kalitesiz bir mercek kullanılırsa, ışık mercekten geçerken ışığın bir kısmı saçılır ve bunun sonucunda gözlenen nesnenin çevresinde renkli bir halka oluşturur .Mercekli

teleskopların çoğunda bu tür kusurları düzeltmek için, akromatik denilen bir yapı kullanılmaktadır. Akromatik yapı sayesinde teleskopta bulunan iki mercek, bu tip problemlerin çoğunu ortadan kaldırır. Daha pahalı olan teleskoplarda kullanılan diğer bir kusur düzeltme yöntemi apokromatik yöntemidir. Apokromatik, akromatik yöntemine göre çok daha net görüntü oluşturur fakat pahalı bir çözüm olmaktadır.





Şekil 6. Mercekli teleskobun çalışma prensibi

2.2 Mercekli Teleskopların Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları:

1. Dizaynı basit olduğu için kullanımı kolay ve güvenilirdir.

2. Çok az bakım gerektirir.

3. Büyük objektif açıklı olan mercekli teleskoplar; ay, gezegen ve çift yıldız gözlemi yapmak için idealdir.

4. İkinci bir aynaları olmadığı için görüntü kalitesi oldukça iyidir.

5. Uzakdaki yeryüzü cisimlerini gözlemek için kullanılabilirler.

6. Optik tüpe sahip oldukları için hava akımları (türbülans) çok azdır. Bu nedenle hava akımlarından dolayı görüntü pek etkilenmez.

7. Renk sapınçlarının giderilmesi akromatik mercekli olanlarda iyi, apokromatik veya fluorit olanlarda ise çok daha iyidir.

·**8.** Merceğin sabit olarak yerleştirilmesi de bir avantajdır.

Dezavantajları:

1. Tüm teleskop türleri arasında (objektif açıklığı arttıkça) en pahalı olan türdür.

2. Diğer teleskop türlerindeki gibi açıklığa sahip olanları, daha ağır, daha uzun ve daha büyüktür. Bu yüzden bir yerden bir yere taşınmaları zordur.

3. Küçük ve sönük nesnelerin (uzak galaksiler gibi) gözlemlenmesine çok uygun değillerdir.

4. Uzun odak oranlarına sahip olduklarından astrofotoğrafçılığa uygun değillerdir.

5. Akromatik dizaynlı olanlarında renk aberasyonu tam olarak giderilememiştir.

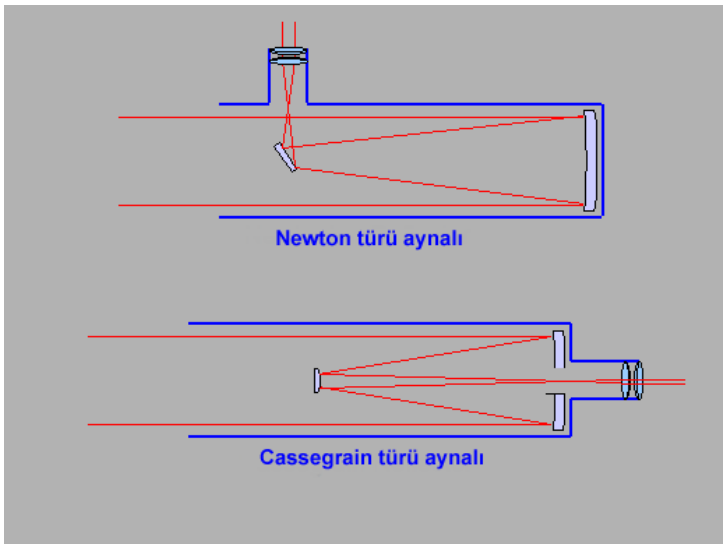
6. Bu tür teleskoplarda oküler tüpün en sonunda olduğundan bazı gözlemlerde problem olabilir. Bu sorun 90^0'lik bir prizma ile giderilebilir.

2.3 Aynalı Teleskoplar (Reflektörler)

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

teleskoplarda genellikle ikincil aynayı tutabilmek için tüpün açık olan ucundan artı işareti biçiminde teller gerilmiş durumda bulunur, bu teller netlik ayarı yapılmamış olduğu zaman okülerle bakıldığında görünür. Fakat netlik ayarı yapıldığında tellerin görüntüsü yok olur.

İki tür aynalı teleskop vardır (bkz. Şekil 7). Newtonian türü, ışığı toplayan ve ikinci bir düz aynaya odaklayan bir çukur aynaya sahiptir. İkinci ayna ise görüntüyü ana tübün dışına açılan bir penceredeki göz merceğine yansıtır. Cassegrain türü ise büyük bir küresel veya parabolid çukur ayna ile hiperbolid tümsek bir ikinci aynadan oluşur. Gelen ışınlar önce çukur ayna tarafından toplanır ve ikinci aynaya yansıtılır. Bu aynadan yansıyan ışınlar ise birinci aynanın merkez bölgesindeki delikten geçerek gözmerceğine odaklanır.



Şekil 7. Aynalı teleskoplar

2.4 Aynalı Teleskopların Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları:

1. Diğer teleskop çeşitlerine göre fiyatları ucuzdur.
2. Odak uzaklığı 1m'ye kadar olanlar kolaylıkla taşınabilir.
3. Renk sapıncı yoktur.
4. Ay ve gezegen gözlemleri için kullanışlıdır.
5. Optik sapınçları az olduğu için oldukça parlak bir görüntü verir.

6. Astrofotoğrafçılık için uygundurlar.

7. Genellikle hızlı odak oranlarına (f/4 ile f/8) sahip olduklarından, uzak gökadaları, bulutsular ve yıldız kümeleri gibi sönük derin uzay cisimlerini gözlemek için idealdirler.

Dezavantajları:

1. Diğer teleskop türlerine göre daha hassas oldukları için daha fazla bakım gerektirirler.

2. Nesneleri ters olarak gösterdikleri için yer cisimlerinin gözlemlenmesi için uygun değillerdir.

3. Açık optik tüp dizaynına sahip oldukları için hava akımı gibi dış etkenlerden daha fazla etkilenirler.

4. İkincil aynaları olduğu için mercekli teleskoplardan daha fazla ışık kaybına neden olurlar.

5. Görüntü kenarlarında bulanıklaşma görülür.

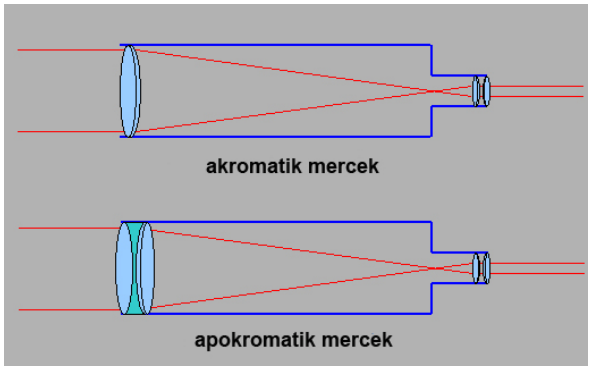
2.5 Mercek ile Aynanın Karşılaştırması

Mercekli teleskoplar, odak oranları f/4 ile f/30 arasında olan ve iki akromatik (renksiz) mercekten oluşmaktadır. Küçük odak oranına sahip olanlar (f/4 ile f/8 arası), özellikle astigmatizm için düzeltildiğinde yıldız – alan fotoğraflarının çekiminde kullanılmaktadırlar.. Orta odak oranlı (f/8 ile f/15) bir objektif, göz ya da yardımcı bir alet ile yapılacak gözlemler için kullanılabilir. Daha büyük odak oranlı objektif, büyük bir plak ölçeği verdiğinden görüntünün ayrıntıları araştırılmak istendiğinde kullanılır. f/15 den f/30 a kadar olan aralığı kapsayan bu teleskoplar uzun ve hantal aletlerdir.

Bir aynalı sisteminin birincil odağı genellikle f/3 ile f/7 arasında bir odak oranına sahiptir. Cassegrain sistemleri kullanılarak daha büyük odak oranlarına ulaşılmıştır; böylesi sistemler f/8 ile f/20 arasında odak oranlarına sahiptir. Coudé sistemi f/60 gibi çok büyük odak oranları sağladığından bu sistemler yüksek ayırma güçlü tayfları elde etmek için kullanılır.

Böylesi teleskop tasarımlarının çok seçenekli olması ve onların geniş uygulama alanlarından dolayı, mercekli ve aynalı 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 renk sapıncından etkilenmemesidir. Herhangi bir sistem tarafından oluşturulan görüntülerin kalitesi, o görüntüleri oluşturulan optik yüzeylerin duyarlığına bağlıdır, bu nedenle daha az yüzeye sahip sistemler en iyi görüntü verirler. Akromatik ışık kırıcının mercek içinde dört optik yüzeyi varken, sıradan bir aynalı teleskobun iki optik yüzeyi vardır. Bu şekil 8'de görülmektedir. Bundan dolayı da aynalı teleskopların üstün nitelikli aletler olarak tanımlanması beklenebilir. Bu varsayım tam olarak uygulanamaz ama aynı kalitede görüntü izlenimini vermek için yansıtıcı yüzeyin ışık kıran yüzeyden daha güçlü yapılması gerekir. Bir objektifin iyi kalitede olabilmesi için, objektif elemanın camları optik olarak homojen olmalıdır. Oysa yansıtıcı bir sistem, sadece iyi şekillenmiş yüzeylerle mümkün olabilmektedir. Çapları çok büyük teleskopların aynadan yapılmasının nedeni camdan büyük bir diskin üretilmesi çok güç olmasındandır.



Şekil 8 Akromatik ve apokromatik refraktörler

Yukarıda anlatılan tüm avantajlara rağmen deneyimli görsel gözlemciler ölçümleri için mercekli sistemleri kullanmayı tercih ederler. Bunun nedeni mercek sistemlerinin gece boyunca oluşan sıcaklık değişmelerinden daha az etkilenmesidir. Sıcaklıktaki düşme optik materyalin büzülmesine ve bu yüzden optik yüzeylerin şeklinde bir değişimine yol açar. Mercekli sistemlerde oluşan görüntü kubbe içindeki sıcaklık değişmelerinden genellikle çok

az etkilenir. Mercek yerinde bir ayna olması halinde, optik ve arka yüzeyleri sıcaklık değişmelerinden farklı şekilde etkilenirler. Daha küçük aynalı yansıtıcıların bazıları gözlemcinin kendisi tarafından oluşturulan ısıya karşı duyarlıdır. Zor şartlar altında bazı yansıtıcı teleskoplar çoklu görüntüler oluşturur, her bir görüntü optik yüzeyin bir başka noktasında meydana gelir. Ayna maddesinin küçük bir genleşme katsayısına sahip olması gerekir. Adi plak camları bu bakımdan kötüdür. En çok kullanılan Pyrex, plak camınınkinin üçte birine yakın bir genleşme katsayısına sahiptir. Yeni büyük teleskopların çoğu, günümüzde çok küçük sıcaklık genleşmesine sahip yeni bir madde olan Cer-Vit ile yapılmaktadır.

Büyük teleskopların hepsi (çapı 1m'den büyük olanlar) aynalıdır. Büyük bir teleskobun dizaynında karşılaşılan mekanik ve optik sorunlar, aynalı sistemlerde, merceklidekilere göre daha kolay giderilir. Örneğin teleskobun boyutu arttıkça toplayıcının ağırlığı da artar.

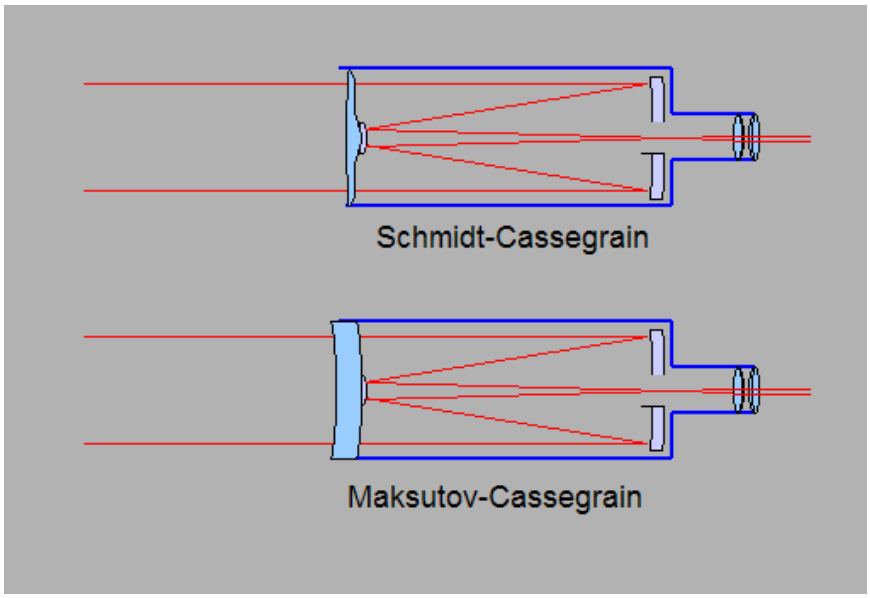
Büyük mercekli teleskopların yapılması ekonomik değildir. Objektif çapı arttıkça, merceğin kalınlığı ve soğurma miktarı da artar. Teleskop açıklığı arttıkça, geçirgenliğin çapa oranı azalır. Aynı odak oranlı fakat farklı boyuttaki ayna sistemleri için geçirgenlik verimindeki kesirsel kayıp sabittir.

2.6 Katadioptrik (aynalı-mercekli) Teleskoplar

Bu tür teleskoplarda adlarından da anlaşılacağı gibi hem ayna hem de mercek kullanılır. Aynalı ve mercekli teleskopların avantajları bir araya toplanarak her amaca uygun şekilde teleskop yapılabilir. Bu tür teleskopların üç çeşidi vardır. Bunlar; Schmidt-Cassegrain, Maksutov-Cassegrain ve Schmidt-Newtonian türleridir.

Schmidt-Cassegrain türünde ışık önce ince bir Schmidt düzeltici mercekten geçerek gelir. Daha sonra küresel çukur aynaya çarparak tekrar geri yansır. Yansıyan bu ışınlar birinci aynanın göbeğindeki delikten geçerek gözmerceğinde odaklanır. Bu tür teleskoplar teleskop türleri içinde en modern olanlarıdır. Maksutov-Cassegrain türü genel olarak Schmidt-Cassegrain teleskoplarına benzer (kbz. Şekil 9). Bu tür teleskoplarda bir tarafı iç bükey bir tarafı dış bükey olan ince bir düzeltici mercek kullanılır. İkinci ayna, merceğin merkez bölgesi aluminyum kaplanarak oluşturulur. Schmidt-Newtonian türü ise diğerlerine benzemekle

birlikte; bunlarda Newtonian aynaları ve Schmidt düzeltici mercekleri kullanılmıştır. Daha çok sönük uzay cisimlerini gözlemek için kullanılırlar.



Şekil 9. Katadioptrik teleskoplar

2.7 Katadioptrik Teleskopların Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları:

1. Tüm teleskop türleri arasında en iyi olanıdır. Diğer teleskop türlerinin dezavantajlarını ortadan kaldırırken, avantajlarını birleştirir.

2. Derin uzay gözlemi ve astrofotoğrafçılığa uygundur.

3. Ay, gezegen ve çift yıldız gözlemi için idealdir.

4. Geniş açılı keskin görüntüle sunarlar.

5. Yeryüzü gözlemi ve fotoğrafçılığı içinde uygundurlar.

6. Kapalı tüp dizaynından dolayı, hava akımlarına ve diğer dış etkilere kapalıdırlar.

7. Kompakt ve taşınabilirler.

8. Teleskop türleri içerisinde odaklama yeteneği en fazla olan türdür.

9. Kullanımaları kolaydır.

10. Dayanıklıdırlar ve fazla bakım gerektirmezler.

11. Aynı açıklığa sahip mercekli teleskoplara göre fiyatları daha ucuzdur.

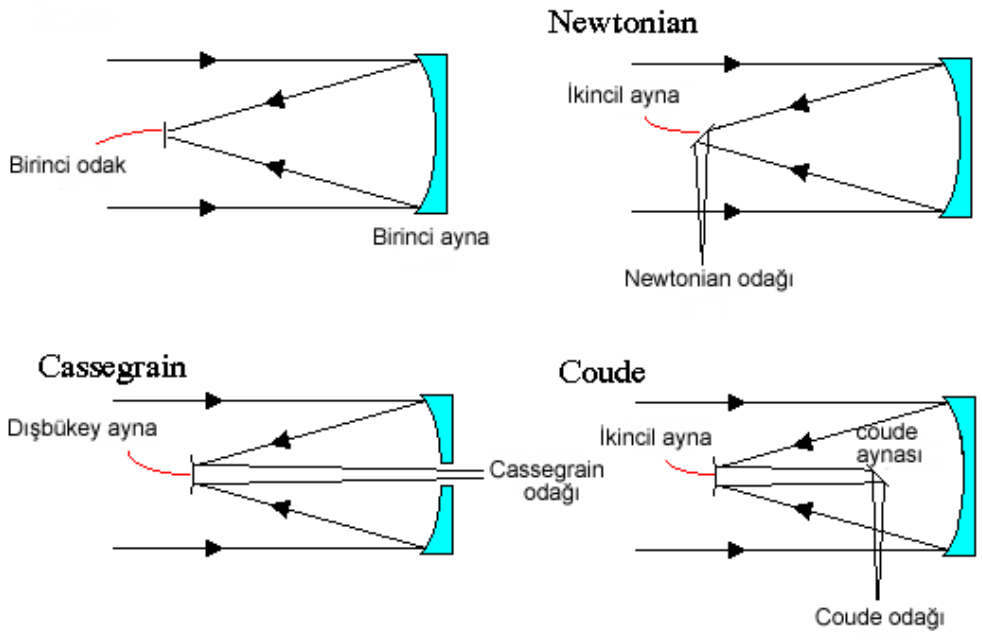
·**12.** Aksesuarları çoktur.

Dezavantajları:

1.· Aynı açıklığa sahip olan aynalı teleskoplara göre pahalıdırlar.

2. İkinci aynaları nedeniyle, mercekli teleskoplara göre daha fazla ışık kaybına neden olurlar.

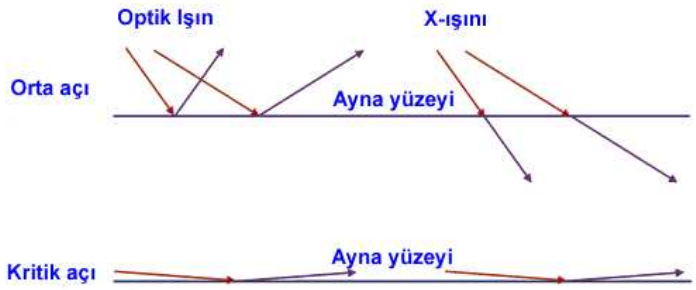
Teleskoplar şekil 10'daki gibi odak türlerine göre de sınıflandırılabilir. Eğer ağır bir dedektörü teleskoba bağlarsak teleskobun takip kalitesinin eskisine nazaran düşeceği açıktır. Farklı odakların kullanımı bu noktada önem kazanır.



Şekil 10. Newtonian, Cassegrain ve Coude teleskobu

3. X-IŞIN TELESKOPLARI

X-ışınları yüksek enerjili, yani kısadalgaboyunda fotonlar tarafından taşınır. Gama ışınlarının tersine x-ışınlarını bir noktaya odaklayabilmek mümkündür. Ancak bu optik ışın kadar kolay olmaz. X-ışınları bir ayna yardımı ile bir noktaya odaklanabilir. Burada önemli olan, fotonların aynaya çarpma açılarıdır. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi aynaya çok küçük değerli bir kritik açı ile gelen x-ışınları aynanın içinden geçmeden saptırılabilir.



Şekil 11. x-ışınlarının aynaya gelme açısı önemlidir.

X-ışınları sözkonusu olduğu zaman bir diğer zorluk tüm maddelerin kırılma indisinin yaklaşık olarak 1 olmasıdır. Bu da kırıcı ortam olarak ne kullanılırsa kullanılsın, boşluğun kırılma indisine eşit bir değer olacağını göstermektedir. X-ışınları mercekli bir teleskop ile kırıldığı zaman, bu durumda da çok büyük odak uzaklığına ihtiyaç duyulur. Atmosferimiz x-ışın dalgaboylarının yeryüzüne ulaşmasına engel olduğundan, x-ışın telekopları ile atmosfer dışından gözlem yapılır.

4. RADYO TELESKOPLARI

İçinde bulunduğumuz evren hakkında bildiklerimizin çoğunu, ışık tarafından bize ulaşan bilgilerden ediniriz. Ancak biz elektromanyetik tayfın çok küçük bir bölümünü algılayabiliriz, yani bizim için görünür bölge varolan ışınımlar içinde çok küçük bir yer kaplamaktadır. Ama bu bize ulaşan ışınımların bu kadarla sınırlı olduğu anlamına gelmez, bize evren ve oluşumu hakkında çoğu bilgileri görünür bölgenin dışında kalan ışımalar vermektedir.

Astronomik gözlemler için görünür bölge dışı tayfın kullanımı radyo frekans bölgesi ile başlamıştır. Bu dalgaboyunda gözlem yapılan teleskoplara radyo teleskopları denilmektedir. Radyo teleskopları, optik teleskoplara benzememesine rağmen radyo frekansındaki bir ışınımı toplama ve odaklama görevi, görünür bölge ışığını toplayıp odaklama işini yapan aynalı optik teleskoplarla aynı prensip ile çalışmaktadır. Ancak radyo teleskopları gelen dalgaları işleyebilmek için elektronik devrelere ihtiyaç duyar, optik teleskoplarda ise bu elektronik devrelerin yerini göz ve bilgisayarlar almaktadır. Radyo bölgesi optik bölgeden yaklaşık 1 milyon kat daha fazla bir alanı kapsar. Bu da radyo gözlemlerinin evren bilimine ne kadar çok şey kattığının ve katacağının bir göstergesidir.

Optik teleskopları kullanan gözlemevlerinin, sağlıklı gözlem yapabilmeleri için ışık kirliliği olmayan, şehirlerden uzak bölgelere kuruldukları gibi radyo teleskopları kullanan gözlemevleri de radyo, televizyon ve radar sinyallerinden kaçmak için şehirden uzak yerlere kurulmaları gerekmektedir.

1927 yılında Bell Laboratuarı'ndaki ilk kıtalararası telsiz-telefon bağlantısı kurulduğunda kalite düşüktü, bunun nedeninin bilinmeyen bir parazitten kaynaklanmaktadı. Bunun ilk başlarda frekanstan kaynaklanabileceği düşünüldü ve frekans 60 kHz'den 10-20 MHz'e çıkartıldı. Ancak belirgin bir düzelme elde edilemedi. Bu parazitlerin kaynağının bulunması için Karl Jansky adında bir mühendis görevlendirildi.

Jansky anteninde ve frekanslarda bazı düzeltmeler yaptı, verdiği ilk raporda bu parazitlerin kötü hava koşullarından ve şimşeklerden kaynaklandığını söyledi. Ama düzgün hava koşullarında da aynı etkilerin görülmesi üzerine Jansky çalışmalarını ilerletti ve 1933 yılında Samanyolu merkezine yakın bir bölgeden radyo ışıması geldiğini ve parazitlerin bir kısmına bu radyo ışımalarının neden olduğunu buldu. Böylece radyo dalgaları astronomiye girmiş oldu.

Ancak, Jansky ne gözlediğini tam olarak bilmiyordu. Daha sonra bu konu üzerinde ilk çalışan kişi radyofizikçi Grote Reber, 1937 yılında bugünkü radyo teleskopların ilk örneğini kendi imkanlarıyla evinin bahçesine kurdu (bkz. Şekil 12).

Şekil 12. Reber'in radyo teleskopu (NRAO Green Bank'taki maketi)

Son yıllarda bu alanda gelişmiş teknoloji kullanılmasıyla, elektromanyetik tayfın görünür bölgesi dışında kalan evren hakkında son derece geniş bilgiler elde edildi. Avrupa'da ve Amerika'da birçok araştırma merkezlerinde ve amatörlerde de bulunan radyo teleskoplar farklı incelemelerde de kullanılmaktadır.

Optik ve x-ışın telekoplarının aksine, radyo teleskopları elektromanyetik tayfın oldukça geniş bir aralığında çalışırlar. Bu da çok çeşitli dizayn, boyut ve konfigürasyona sahip radyo antenlerinin yapılmasına neden olmuştur. 3-30 metre arasındaki sinyalin toplanması için kullanılan antenler eski çubuklu televizyon antenlerine benzer. Ancak gözlenen dalgaboyu çok uzun olduğu için anten boyunu kısaltmak amacıyla genellikle yansıtıcılar kullanılmaktadır. Daha kısa dalgaboylarında çanak şeklindeki antenler baskın olarak kullanılır. Çanak antenlerde ayırma gücü çanak çapının gözlenen dalgaboyuna oranının bir fonksiyonudur. 3 m-30 cm dalgaboyu aralığında çalışan radyo teleskopların çanaklarının çapı genellikle 100 m'den büyüktür. 30 cm ve kısa dalgaboylarında ise çanak çapı 90 metreye kadar çıkar.

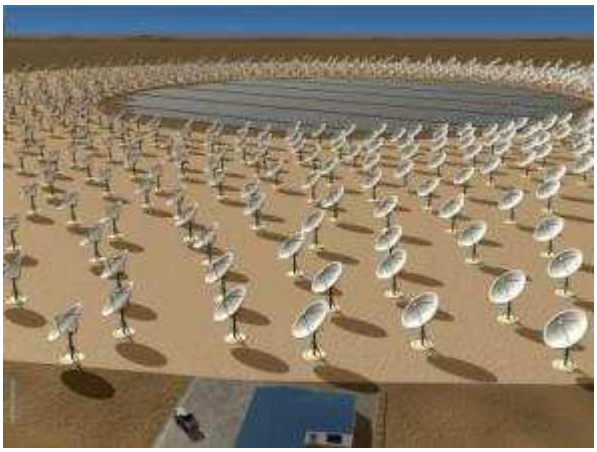
1946 senesinde interferomerti tekniği keşfedildi. Bu yönteme göre birden fazla radyo teleskop birbirlerine bağlanarak bir dizi oluşturmakta ve bu şekilde teleskopların gücü önemli ölçüde artırılmaktaydı. Bu şekilde toplanan sinyal artırılırken, aynı zamanda çözünürlük de daha iyi hale gelmektedir. Yöntem, teleskoplardan toplanan sinyallerin girişimi ile (tepe ve çukur noktalarının çakıştırılması) gözlem kalitesini artırmaktadır.

Günümüzde teknolojinin ilerlemesi, evren hakkında daha fazla bilgi edinme isteğiyle birleşince tüm alanlarda olduğu gibi radyo astronomisinde de yeni projelerin oluşmasına neden oluştur. Bu projelerden bazıları aşağıda anlatılmıştır.

ALMA Teleskbu (Atamaca Large Milimeter Array) 64 tane 12 m çaplı antenden oluşmaktadır. Uluslararası proje kapsamında 2011 yılında tamamlanması düşünülen bu büyük girişim teleskobu, mm dalgaboyunda çalışacaktır. Şekil 13'deki ALMA gelecekteki en güçlü teleskoplardan biri olarak kabul edilmektedir.

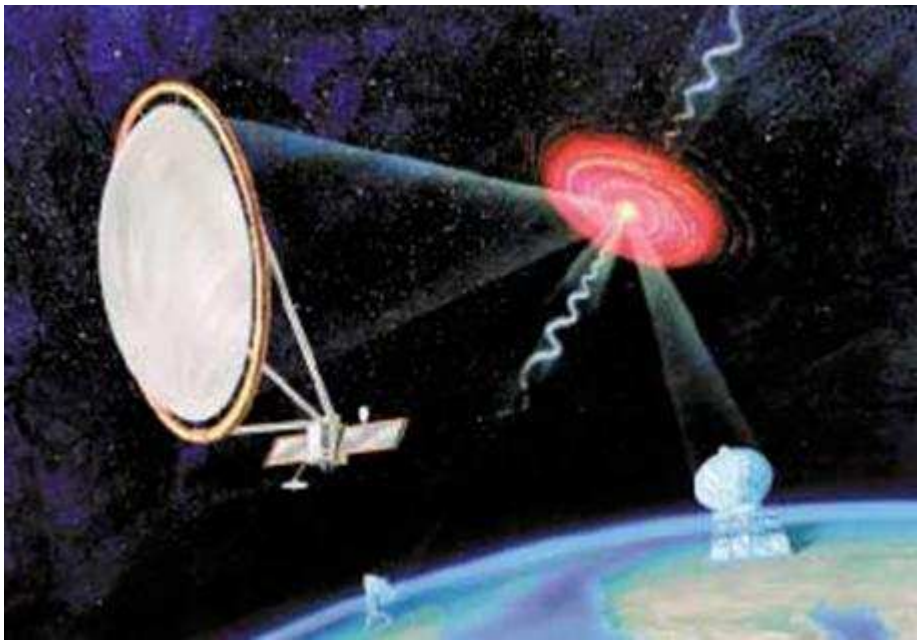
Şekil 13. ALMA radyo teleskopları

SKA Teleskobu (Square Kilometer Array) yine bir girişim teleskobu olucak ve 0.15 ile 20 GHz aralığında çalışması planlanmaktadır. Şekil 14'deki SKA evrende ilk oluşan gökadaların haritalarını çıkaracak, evrenin oluştuğu zamandaki H bulutlarını gözleyerek ve manyetik alan araştırmalarına katkıda bulunması hedeflenmektedir.



Şekil 14. SKA teleskobu

ARISE Teleskobu (Advanced Radio Interferometry between Space and Earth), iki tane 25 m çaplı antenin Dünya yörüngesine yerleştirilip yerdeki teleskoplarla (bkz. Şekil 15) beraber girişim teleskopu olarak kullanılması hedeflenmektedir.



Şekil 15. ARISE bir karadeliği gözlerken

Türkiye’de ise ilk radyo astronomik gözlemler, UNIDO’nun yardımı ile Kharkov Radyo Astronomi Enstitüsü’nden alınan 2 m çaplı MRT-2 radyo teleskopuyla 1996/97 yıllarında

Tübitak Marmara Araştırma Merkezi (MAM)'nde yapıldı. Teleskop 85GHz-115GHz frekans aralığında çalışmakta olup genelde Samanyolu karbon monoksit gözlemleri için tasarlanmıştı. Ancak, bazı teknik sorunlardan dolayı bu teleskopla sadece Stratosferik Ozon gözlemleri ve radyometrik olarakta Güneş ve Ay gözlemleri yapılmış ve sonuçları yayınlanmıştır. Şu anda teleskop Erciyes Üniversitesine hibe edilmiş durumdadır.

5. TELESKOP MONTAJ TÜRLERİ

Teleskoplar montajlarına göre iki ana grupta toplanır:

a)Alt-azimut ;

Bu tür montajda teleskobun oturtulduğu düzlem, ufuk düzlemine paralel konumdadır (bkz. Şekil 16). Günlük hareket boyunca azimut ve yükseklik değerleri değişim gösterir. Bu montaj türünde teleskobun iki tane takip motoru bulunur. İki motorun eş zamanlı olarak bir gök cismini takip etmesi daha zordur. Bu nedenle güçlü teleskopların montajında tercih edilmez ve güçlü telesoplar için ekvatoryal montaj yapılır.

Şekil 16. Alt-azimut montaj

b) Ekvatoryal montaj.

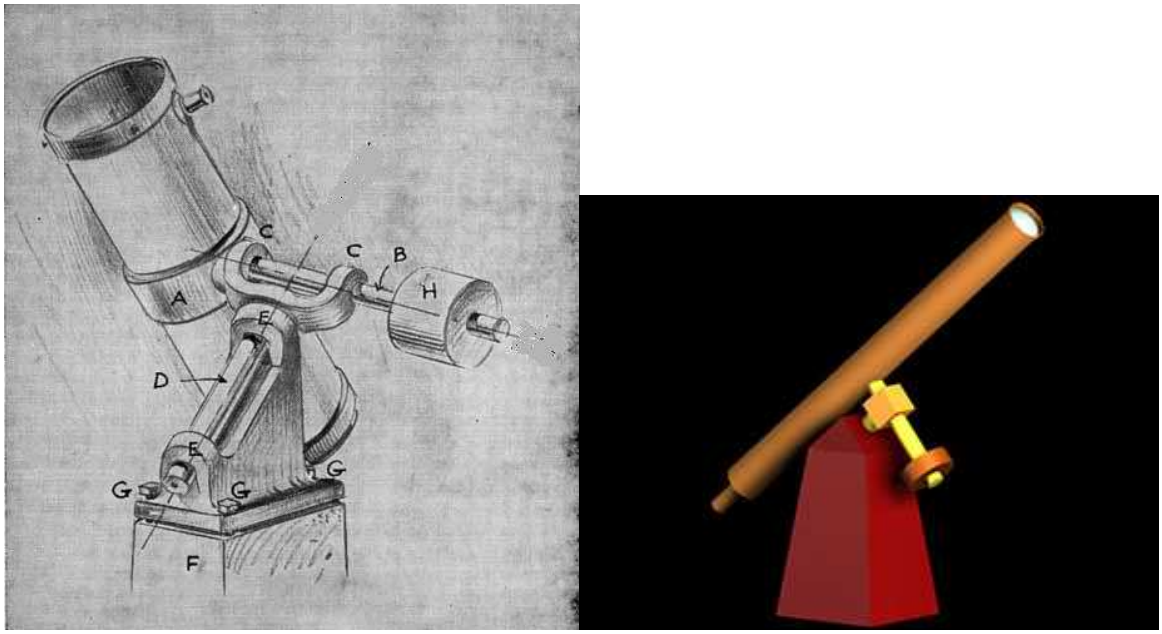
Bu tür montajda ise teleskobun oturtturulduğu düzlem ekvatora paraleldir (bkz. Şekil 17). Teleskobun oturtturulduğu düzlemin normali ise kutup yıldızına (Polaris'e) bakar. Günlük hareket dikkate alındığında yıldızların dik açıklık koordinatları zamanla değişim göstermez. Dolayısıyla sadece tek bir takip motoru ile yıldız teleskobun odak düzleminde tutulabilir. Bu takip motoru da teleskobu yıldızın saat açısına göre çevirir.

Şekil 17. Ekvatoryal montaj

Ekvatoriyal Montaj Türleri

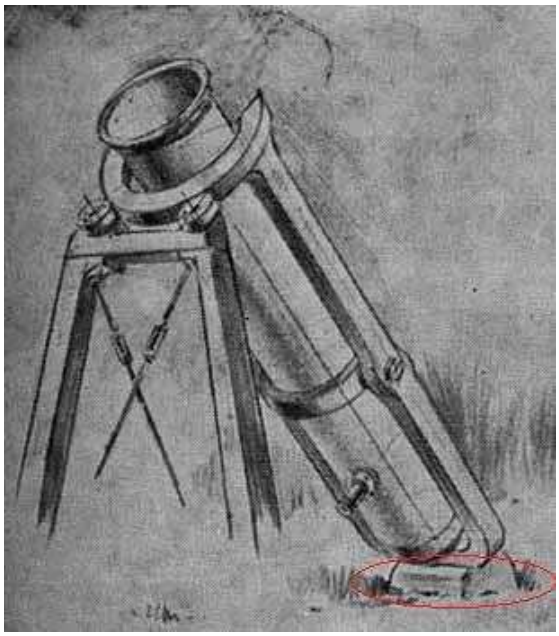
Ekvatoriyal montaj kendi içinde 5 alt başlığa dağılır.

i. Alman montaj, Bu tür montajda teleskobun ağırlığını dengeleyen bir ek ağırlık bulunur. Şekil 18'deki alman montaj teleskobun, C etrafındaki hareketi dikaçıklık, E etrafındaki hareketi ise sağaçıklığı değiştirir. H ise teleskobu dengeleyen ağırlıktır.



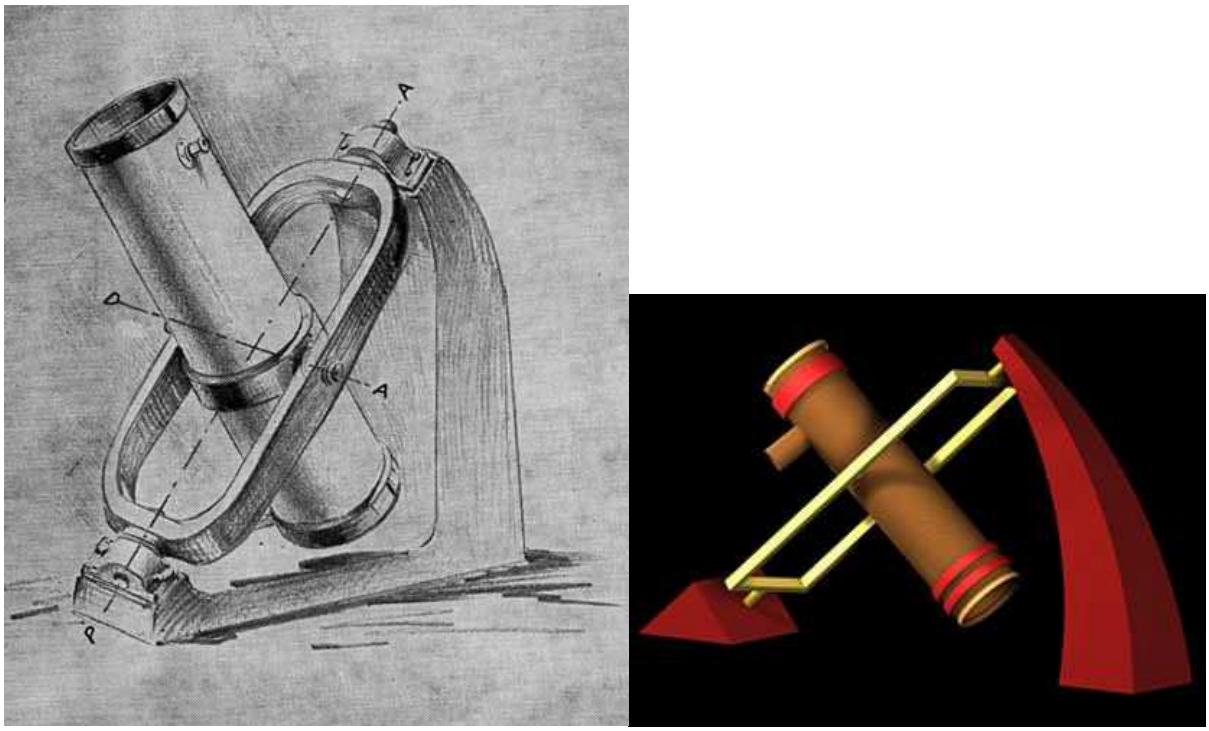
Şekil 18. Alman montaj

ii. At nalı şeklinde montaj, Bu montaj türü sağaçıklık ayarlamada zorluk çıkartan bir montaj türüdür. Fakat unutulmamalı ki bu montajların hataları diğer montaj türleriyle birleştirerek düzeltilip avantaj elde edilmektedir.



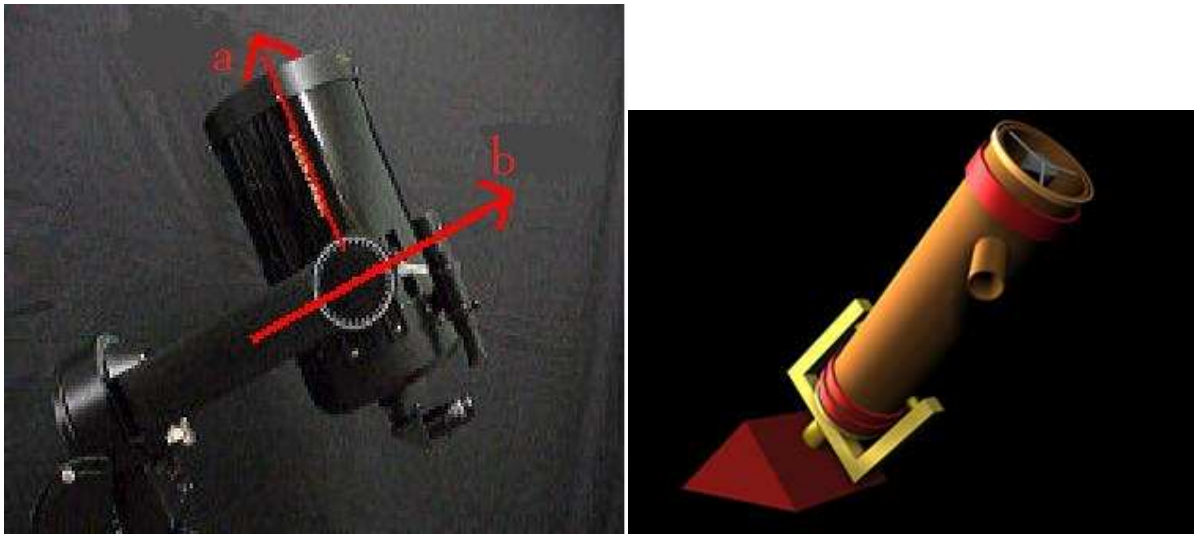
Şekil 19. Alt nalı türü montajı

iii. Yoke montajında teleskop bir çerçeve içine yerleştirilir. Bu montaja sahip teleskoplarla kutup dolaysal gözlemler için uygun değildir. Şekil 20'de Yoke montajlı teleskobu, DA ekseni etrafındaki hareketi dikaçıklığı, PA ekseni etrafındaki hareketi ise sağaçıklığı değiştirir. PA ekseni kutup yıldızını (polaris)'i gösterir. Teleskobun PA doğrultusuna dönemediğinden, kutup dolaysal cisimlerin gözlemi yapamaz.



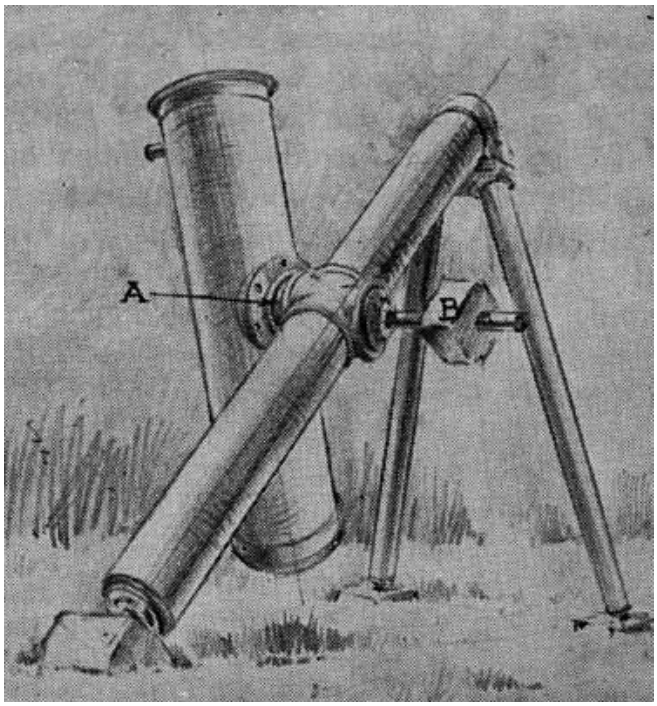
Şekil 20. Yoke montajı

iv. Çatal montaj (Fork), Bu tür montajda ise teleskop bir yarım çerçeve (çatal) içine yerleştirilir. Bu montajada da çatal montajda olduğu gibi kutup dolaysal gözlemler yapılmaz. Şekil 20'deki çatal montajında, a ekseni etrafındaki hareketiyle dikaçıklığı, b ekseni etrafındaki hareketiyle sağaçıklığı değiştirir.



Şekil 20. Çatal montajı

v. Cross-Axis montajında, alman montajına benzer olarak ağırlık dengeleyicisi bulunur. Şekil 21'de görüldüğü gibi bu tür montajın atnalı montajnda olduğu gibi sağaçıklık ayarlamada zorluk çıkartan bir montajdir. Daha önce söylendiği gibi bu montajlar diğer montajlar ile birleştirerek kullanılmatadır. Burada teleskobun AB eksen etrafında hareketiyle dikaçıklık değiştirilmektedir.



Şekil 21. Cross-Axis montaj

6. ANKARA ÜNİVERSİTESİ RASATHANESİ'NDEKİ TELESKOPLAR

Ankara Ünivesitesi Rasathane'sinde 5 tane teleskop bulunmaktadır. Bunlar 40 ve 35 cm çaplı MEADE, 30 cm çaplı Maksutov, 15 cm çaplı COUDE ve 12.5 cm çaplı ETX teleskoplarıdır. 40 cm MEADE yani Kreiken teleskobu bilimsel gözlemlerde kullanılmaktadır. Maksutov teleskobu ise uzun yıllar boyunca bilimsel gözlemler için hizmet verdikten sonra 2008 yılının sonlarına doğru söküldü ve yerine yeni 35 cm'lik MEADE teleskobu yerleştirecektir. 15 cm çaplı COUDE teleskobu ise halk günleri, özel günler ve okul ziyaretlerinde gündüz Güneş (varsa Ay), gece ise Ay, gezegenler ve bulutsuları göstermek için halka yönelik kullanılmaktadır. 12.5 cm çaplı ETX teleskobu ise gözlemevine gelen ziyaretçilerin sayısı çok olduğunda gözlem olanaklarını arttırmak için kullanılmaktadır. Aşağıda maddeler halinde Masutov, Kreiken ve Coude teleskoplarının bilgileri verilmektedir.

6.1 Maksutov Teleskobu

Açıklık :	300 mm.
Odak Oranı :	f/16
Odak Uzunluğu :	4800 mm.
Görüntü Ölçeği :	43 yaysn/mm
Üretici :	E. Popp Tele-Optik, Zürih

Odak Düzlemi Aletleri : Optec SSP-5A fotoelektrik ışıkölçer (Hamamatsu R1414 fototüplü), standart 1 mm açıklıklı diyafram, Johnson UBV filtreler, motorize filtre sürgüsü, 80386 PC ile bilgisayar kontollü veri aktarımı.

6.2 Kreiken Teleskobu

Açıklık :	406 mm.
Odak Oranı :	f/10
Odak Uzunluğu :	4064 mm.
Görüntü Ölçeği :	51 yaysn/mm
Üretici :	Meade Instruments Corp., California

Odak Düzlemi Aletleri : Apogee ALTA U47+ CCD kamera, 1024x1024 13 mikron piksel E2V CCD47-10 arkadan aydınlatmalı yonga, USB 2.0 üzerinden PC bazlı veri aktarımı, OPTEC IFW filtre tekerleği (bilgisayar kontrollü), Johnson UBVRI – Strömgren uvbyHbeta – RGB filtreler, çeşitli göz mercekleri.

6.3 Coude Teleskobu

Açıklık :	150 mm.
Odak Oranı :	f/15
Odak Uzunluğu :	2250 mm.
Görüntü Ölçeği :	92 yaysn/mm
Üretici :	ZEISS-Oberkochen, Württemberg

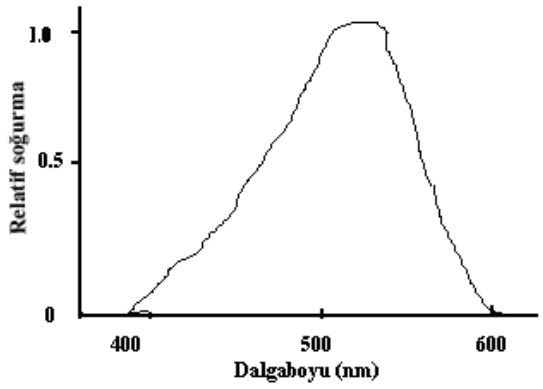
Odak Düzlemi Aletleri : Güneş leke gözlemleri için Güneş projeksiyon merceği ve ekranı, Contarex fotoğraf makinesi, Lyott H-alfa monokromatörü, çeşitli filtreler ve göz mercekleri.

7. DEDEKTÖRLER

Teleskop ile yapılan gözlemde alınan veriler bir dedektör ile değerlendirilir. En eski dedektör olan göz astronomlara ölçümlerini kaydetme imkanı vermiyordu. Ayrıca görsel olarak yapılan ölçümler kişiden kişiye değişim göstereceği için bir standart da mevcut değildi. Bu nedenle kayıt imkanı veren ve kararlı olarak çalışabilen dedektörlere ihtiyaç doğmuş ve fotoğraf plağı, fotometre, vs. dedektörler astronomiye girmiştir. Bu bölümde bunlardan en sık kullanılanlar anlatılacaktır.

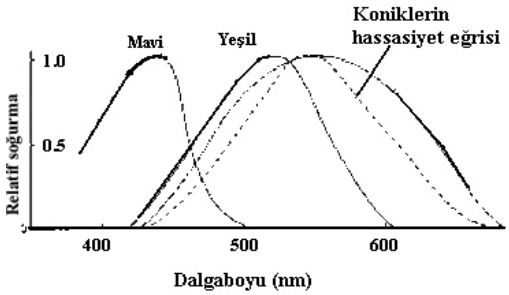
7.1. Göz

Göz insanlar için şüphesiz en temel dedektördür. Göz içinde görüntü retina üzerinde oluşur. Retinadaki algılayıcılar (reseptör) iki tiptir; renkli görebilmek için konik hücreler, yüksek hassasiyette siyah ve beyaz görebilmek için çubuk hücreler vardır. Çubuk hücrelerde "rhodopsin" olarak bilinen bir pigment ışınımı soğurur. Rhodopsinin soğurma eğrisi Şekil 23'de verilmiştir. Işığın etkisi altında küçük bir kısmı parçalanır. Şekil 24'de konik hücrelerle yapılan görüş altında pigmentlerin farklı renkler için soğurma eğrileri verilmiştir.



Şekil 23. Rhodopsin soğurma eğrisi

Astronomik gözlemler genellikle çubuk hücreler tarafından sağlanır. Genellikle karanlığa iyi adapte olmuş bir göz için bağımsız bir çubuk hücresinin uyarılması için 1 ila 10 foton gerekmektedir. Ancak, bununla beraber beyne gönderilecek bir uyarının ortaya çıkması için birkaç çubuk hücrenin tetiklenmesi gerekir. Gözün karanlıkta görme limiti 200 foton/sn dir. Bu değerden düşük ışıma yapan cisimler çıplak göz ile seçilemez.



Şekil 24. Pigmentlerin soğurma eğrisi

Çubuk hücreler, görüş alanının kenarına doğru gidildiğinde çok bol miktarda bulunurlar. Bu nedenle çok sönük bir cisme doğrudan bakılmadığında görünür hale gelir. Ancak, cisim net değildir. Bir başka deyişle, bakılmayan yönde bir cisim olduğunu fark edersiniz fakat doğrudan cismi görmek için yöneldiğinizde göremezsiniz. Bu olay literatürde "avert vision" olayı olarak geçer. Gözün ayırma gücünün sınırı 5 ila 10 yay dakikası civarındadır.

7.2 Charge Coupled Devices (CCD)

Kısaca adı CCD olan Charge-Coupled-Devices’in temelleri, 1969 yılında Bell Laboratuarından Willard Boyle ve George Smith tarafından tek dizi sekiz piksel detektörün yapılması ile atıldı. Daha sonra 1973 yılında NASA, JPL ve TI`nin astronomi için CCD geliştirilmesi programına başlaması CCD’lerin bugüne gelmesini sağladı. Bugün CCD’ler binlerce hücreden oluşmaktadır. CCD’ler ile ilk alınan görüntü ise, 1974 yılında Fairchild’in 8 inch’lik teleskop ve 100x100 piksellik CCD ile aldığı ay görüntüsüdür. Bu gelişmeleri 1973-1977 yılları arasında TI’nın 100x160, 400x400 ve 800x800 piksellik CCD’ler ve 1979 yılında RCA’nın 320x512 piksellik sıvı azot soğutma sisteme sahip dedektörü yapması izledi.

Günümüzde CCD'ler astronomi-astrofizik çalışmaları için vazgeçilmez bir hale gelmiştir. Teleskoplarla bile ayırt edemediğimiz derin veya sönük uzay nesnelerinin görüntülerini CCD'ler sayesinde alabiliyoruz. Aynı zamanda CCD'ler fotoelektrik olayın bir uygulamasıdır.

Işığa duyarlı birim olan ve silisyum-hücrelerden oluşan CCD-algılayıcı, üzerine düşen ışığın şiddeti ile orantılı olacak şekilde tepki verir. CCD-algılayıcının her noktası (piksel), algılanan şiddete bağlı olarak, bir sinyal üretir. A/D (analog/dijital)-çevirici sayesinde bu sinyal bir sayıya dönüştürülür. CCD-algılayıcı sadece ışınım şiddetlerini ölçebilir, yani renkli göremez.

CCD'lerde yapılan ilk işlem ışık kaynağından gelen fotonları yakalamaktır. Yakalanan fotonlar, foton madde etkileşmesi (fotoelektrik olay) ile foto elektronları meydana getirirler. Bu elektronlar "Cell" adı verilen küçük hücrelerde toplanırlar. Hücrelerdeki elektronlar sayılmak üzere transfer edilir (yük transferi). ADU (analog-to-digital unit) biriminde gönderilen elektronların sayısal değeri bulunur. Bundan sonraki işlem ise; bu değerlerin koordinatları ile birlikte saklanması işlemi, Readout'tur.

Fotoelektrik olaydan bildiğimiz gibi foton yakalama yeteneği maddelere göre değişiklikler göstermektedir. Tablo 1'de foton yakalamak için kullanılan bazı maddeler ve onların bazı özellikleri verilmektedir.

İsim	**Sıcaklık (K)**	**Eşik enerjisi (eV)**	**Kesme dalgaboyu (mikron)**
Kadmiyum Sülfit(CdS)	295	2,4	0,5
Kadmiyum Selenit(CdSe)	295	1,8	0,7
Galyum Arsenit(GaAs)	295	1,35	0,92
Silikon(Si)	295	1,12	1,11
Germanyum(Ge)	295	0,67	1,85
Kurşun Sülfür(PbS)	295	0,42	2,95
İndium Antimonit(InSb)	296	0,18	6,9
İndium Antimonit(InSb)	77	0,23	5,4
Cıva Kadmiyum Tellürit(Hgx Cd1-xTe)	77	0,10(x=0,8)	12,4
Cıva Kadmiyum Tellürit(Hgx Cd1-xTe)	77	0.5 (x=0.554)	2,5

Tablo 1. Foton yakalamak için kullanılan bazı maddeler ve özellikleri

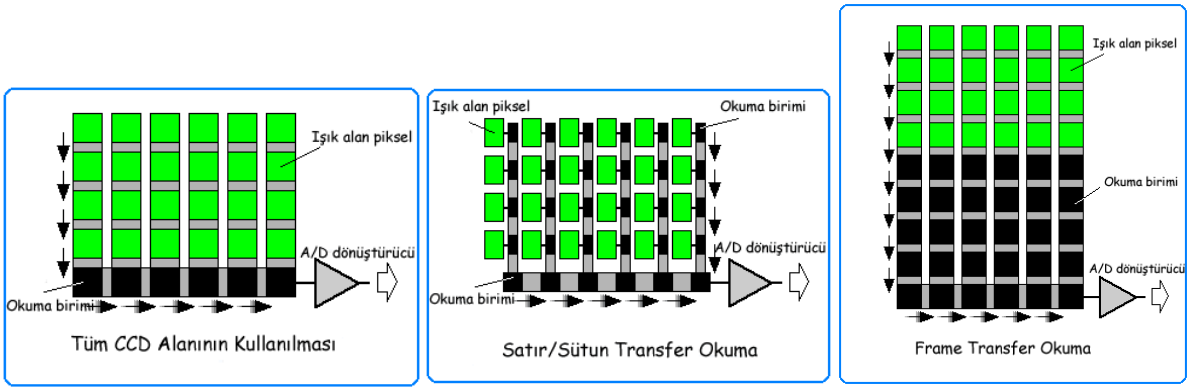
Foton yakalamakta kullanılan maddelerin foton yakalama özelliklerini belirleyen en önemli parametre fotonun eşik enerjisidir. Maddenin duyarlı olduğu ışığın dalgaboyu için kullanılan formül;

Dalgaboyu = Planck Sabiti x Işık hızı / Eşik Enerjisi' dir.

Buradan da anlaşılacağı gibi kullanılan madde, bellirli bir dalgaboyu değerinden sonra fotonlara karşı duyarsızlaşır.

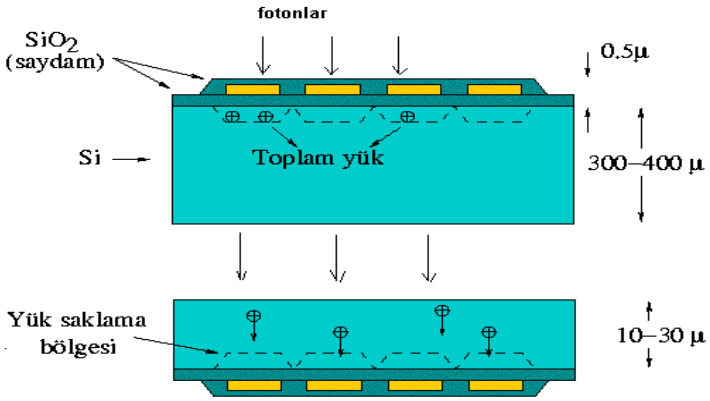
CCD pikselleri belirli yükten fazlasını taşıyamaz. Eğer bir piksel üzerine limitin üzerinde foton düşerse bu yük komşu hücrelere taşar. Buna taşma (blooming, saturation) denir. Her satırda olan toplanmış yük sıra ile çıkış sütununa aktarılır sonrada bu sütun tekrar kaydırılarak sıra ile okunur. Böylece matris üzerinde olan her hücre adresleri ile birlikte okunmuş olur.

Bu okuma işlemi 3 yöntem ile yapılır. Normal yöntemde şekil 5'de görüldüğü gibi tüm CCD alanı veri almada kullanılır ve okuma için sadece okuma satırı kullanılır. Bu şekilde veri alınan alan artarken okuma zamanı düşecektir. Satır veya sütun tranferi yönteminde veri alan satır/sütunların yanında bunlara paralel birer okuma satırı/sütunu bulunur. Bu durumda okuma zamanı oldukça küçülür. CCD'nin gökyüzünde gördüğü alan, normal okuma yapan bir CCD'ninki ile aynıdır. Ancak görüntünün çözünürlüğü yarı yarıya düşer. Yöntem, yaygın cisimlerin gözlemi için uygun değildir. Üçüncü olan frame transfer yönteminde ise CCD iki parçaya ayrılır. Bir yarısı görüntü alırken diğer yarısı tamamen okuma için kullanılır. Bu yöntemde de okuma zamanı ikincideki ile aynı olur. CCD'nin gökyüzünde gördüğü alan yarıya inerken, çözünürlük normal okumadaki ile aynı kalacaktır. Üç yöntem de şekil 25'te gösterilmiştir.



Şekil 25. CCD okuma yöntemleri

İdeal bir detektör gelen fotonların tamamını yakalayabilen detektördür. Temelde silikon yarı iletken olarak kırmızı fotonlara daha hassastır. Silikon üzerinde olan elektrot yapısı (yaklaşık 0.5 mikron kalınlık, mavi foton dalgaboyu) ise mavi foton akısının bir kısmının yapı içinde soğurulmasına sebep olur. Pratik olarak CCD mavi fotonlara kör de denilebilir.



Şekil 26. Önden aydınlatmalı (üstte) ve arkadan aydınlatmalı (altta) CCD detektörünün yapısı

Problemi yenmenin yolu CCD pikselllerini ters çevirerek fotonların arka taraftan içeri girmesini sağlamaktır. Ancak bu durumda fotonların kristal içinde elektrot yapısına yakın bölgede soğurulmasını sağlamak için kristalin inceltilmesi gereklidir (10-30 mikron). Bu işlem sonucunda çok iyi derecede mavi ve mor dalgaboyunda duyarlılığı elde edilir. İlk durumdaki yapıya önden aydınlatmalı ikincisine ise arkadan aydınlatmalı CCD adı verilir (şekil 26). Fakat bunun sonucunda çeşitli problemlerle karşılaşılır.

Şimdi bunlara göz atalım;

1. Kristal çok inceltilirse kırmızı fotonlar yeterli soğurma yoluna sahip olmadığı için tutulamaz ve CCD nin kırmızı duyarlığı azalır.

2. İnce silikon içerisinde oluşan yansımalar girişim olmasına sebep olur.

3. İnceltme sonucunda inceltilen yüzey düz olmazsa odaklama problemi meydana gelir.

4. Arka yüzeyde silikon açıkta olduğundan silikon dioksit oluşumu meydana gelir.

5. Silikon kırılma indisi 3.6 civarındadır. Havanın kırılma indisinin 1.0 olduğu düşünüldüğünde bu yüksek bir değerdir. Bu durum fazla sayıda foton kaybına neden olur.

7.3. Fotometre

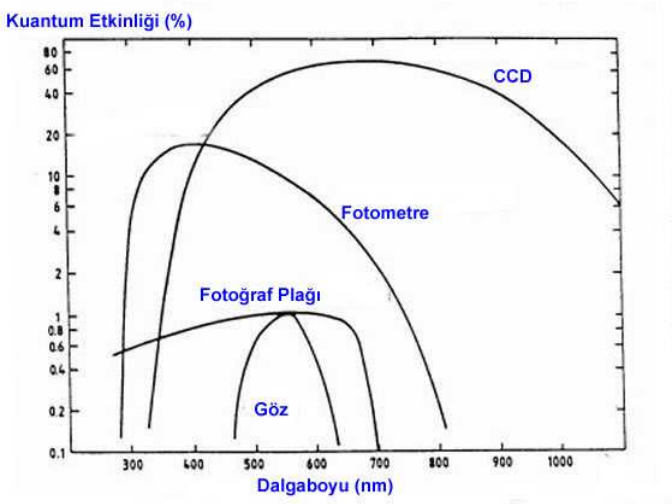
Işık ölçümünde kullanılan alıcıya ışıkölçer ya da fotometre denir. Bu aletin kullanımı ile yapılan işe de fotometri adı verilir. Bir ışıkölçerin kalbi ışık alıcısıdır. Bu alıcı genellikle fotokatlandırıcı tüpten meydana gelir. Fotokatlandırıcı tüp gelen ışık şiddetiyle orantılı olarak bir elektrik akımı yaratır. Çıkan akım bir kayıt cihazı tarafından ölçülmeden önce yükseltilmelidir, aksi halde oluşan akım çok düşük olacaktır. Işıkölçerdeki diğer bir önemli parça diyaframdır. Bu teleskobun görüş alanında çok küçük bir bölgeden gelen ışığın ölçülmesini sağlar. Bu da genellikle içine ancak bir yıldızı alabilecek genişliktedir. Ancak yine de yıldızın çevresindeki gökyüzünün parlaklık değerleri ölçümlere ilave olur. Bir çok ışıkölçerde farklı diyafram seçenekleri bulunmaktadır. Genellikle bunların içinden en küçük olanının kullanılması tercih edilir. Böylece gökyüzünden gelen ışık minimuma indirilmiş olur. Ancak diyaframın boyutunun küçülmesi, takipte yapılabilecek hataların da küçük kalmasını gerektirir. Işıkölçerin bir diğer elemanı ise yönlendirici aynadır. Bu ayna ile ışıkölçere giren ışık bir göz merceğine yönlendirilir. Bu ışıkölçere giden görüntünün nasıl olduğunu görmemizi sağlar. Yani önce bu göz merceğinden bakarak yıldız diyaframın ortasına alınır daha sonra 45° dönebilen düz ayna yardımıyla ışığın fotokatlandırıcı tüpe gitmesi sağlanır. Fotokatlandırıcıya giden ışınlar teleskoptan ya da yıldızın titreşmesinden kaynaklanan sapmalar gösterebilir. Bu etkiler, doğrudan ölçümleri etkileyeceğinden arındırılması gerekir. Bunu gidermek için ışınlar fotokatlandırıcıya gitmeden önce ışınları paralel hale getirecek bir mercek konur. Bu merceğe Fabry Merceği denir ve bunun sayesinde tüm ışınlar tek bir noktada toplanır.

Şekil 27. SSP-5 serisi bir fotometre

Işınların ulaştığı fotokatlandırıcı elektrik akımını yaratan ve bunu yükselten esas elemandır. Ölçümlerin hassasiyeti için etrafı manyetik bir kalkanla çevrilmiştir. Işık ölçümünün temeli

fotoelektrik olaydır. Bu yüzden çoğu yerde fotoelektrik ışık ölçüm diye de anılır. Gökbilimde çok uzun bir zamandır kullanılan ışıkölçerler yerini artık CCD'lere bırakmaktadır.

İyi bir dedektörü onun kuantum etkinliği belirler. Kuantum etkinliği bir dedektör üzerine gelen sinyalin, dedektör tarafından ölçülebilen sinyal miktarına oranı olarak verilir. Bir dedektörün kuantum etkinliği 1'e (%100'e) kadar yakınsa, o derece doğrusal davranır. Burada kastedilen dedektör üzerine düşen ışık şiddeti iki katına çıkarıldığı zaman, dedektörün ürettiği değerin de yaklaşık olarak iki katına çıkmasıdır. Şekil 28'te bazı dedektörlerin kuantum etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Görüldüğü gibi CCD dedektörler en yüksek kuantum etkinliğine sahip dedektörlerdir. Bu özellikleri, popülerliklerinin artmasında başlıca etkendir. Arkadan aydınlatmalı CCD'ler ile de, dedektör üzerine düşen mavi ışınıma cevap verebilmeleri sağlanmış ve kuantum etkinlikleri daha da artırılmıştır.



Şekil 28. Bazı dedektörlerin kuantum etkinlikleri

KAYNAKLAR

http://tr.wikipedia.org

http://www.gokbilim.com/

http://www.gokyuzu.org/

http://www.ccastronomy.org/reference_telescope_tips.htm

http://www.tug.tubitak.gov.tr/belgeler/ccd_bilgisi

Özdemir, S., Gürol, B., Demircan, O., 2006, Astronomi ve Astrofizik kitabı