

Megfigyelő eszközeink

„A Világegyetem jelenségeinek csupán egy része az, amely fényjelenséggel jár együtt és optikai eszközökkel megfigyelhető. Sokkal nagyobb azoknak száma, amelyek rádióhullámokon át, vagy az ultraibolya és a röntgen tartomány láthatatlan fényében adnak hírt magukról. Pedig azok a valóságok, amelyeket szemünk nem, csak arra alkalmas műszerek foghatnak fel, éppen annyira csodálatosak, mint a távcsövön át meglátható holdhegyek, vagy a Szaturnusz gyűrűje. A rádiótávcsövek adtak hírt arról, hogy a földi életnek is alapjául szolgáló szerves molekulák már ott vannak a csillagközi gáz- és porködökben, netán elindítva az anyag életté szerveződésének hosszú folyamatát, a kémiai evolúciót. De vajon az ezernyi hullámhosszon felénk áramló hangzavarban ott vannak-e máris a hozzánk hasonló értelmes lények hívó jelei? Ma még nem tudjuk.”

(Dr. Kulin György: Az ember kozmikus lény)

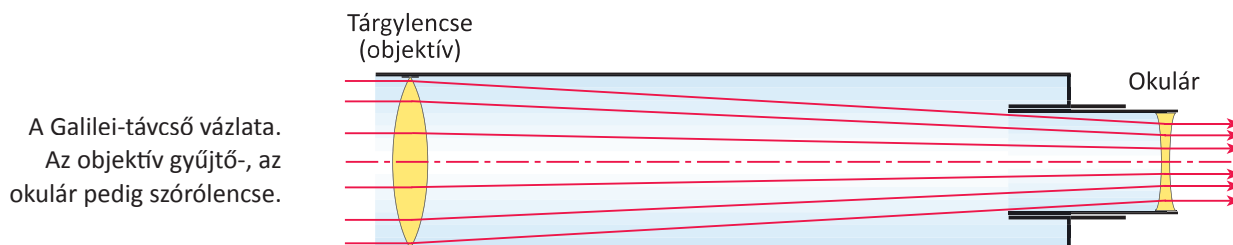
A szemünkről, mint egy nagyszerű megfigyelő eszköztől, már volt szó. Minden műszerünknek van néhány fontos jellemzője – pl. a felbontóképessége, a fényereje.

Vegyük szemügyre az optikai tartományban használt távcsöveket.

A XVII. században Hollandiában készült el az első, lencséből álló távcső, amely Hans Lippershey szemüveg-készítő nevéhez fűződik. Holland kereskedők Padovába is vittek egyet, hogy eladják. Azonban olyan borsos árat kértek érte, hogy nem vette meg senki. A korabeli feljegyzések szerint Galileo Galilei (1564—1642) itáliai tudós is megszemlélte, meg is tapogatta, és arra gondolt, hogy szemüveglencséből készült. Rendelt egy sorozat lencsét, majd addig kísérletezett velük, amíg sikerült egy távcsövet elkészítenie. (Életéről és tudományos eredményeiről *Jean-Pierre Maury: Galilei, a csillagok hírnöke* és *Michael White: Galileo Galilei* című könyvekben olvashatunk.)

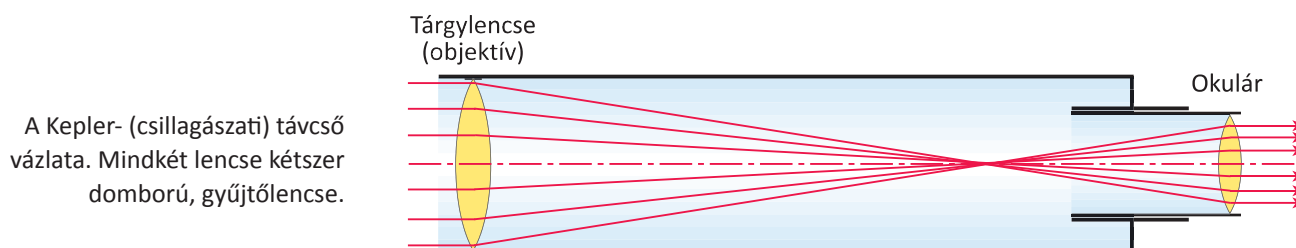
A távcső egy gyűjtő és egy szórólencséből készült. (A vizsgálandó tárgy felé eső lencsét tárgylencsének, objektívnek, frontlencsének hívják, míg a szem felőlit okulárnak.) A lencsés távcsövek neve: refraktor, hiszen a fénytörés törvénye alapján működnek.

Ezt a típust ma hollandi-távcső néven ismerjük. Egyenes állású képet ad, elsősorban színházi távcsőként, illetve látcsőként használják.



Johannes Kepler (1571—1630) német tudós megváltoztatta a Galilei-távcső szerkezetét. Kepler elméleti munkát végzett, míg Galilei a kísérletek híve volt. A Kepler-távcsövet csillagászati távcsőként tiszteljük. Mind az objektív, mind az okulár kétszer domború, azaz gyűjtőlencse, ezért a létrejövő képet ki lehet vetíteni! Ez kulcsfontosságú pl. a Nap megfigyelésénél. (A Nap megfigyelésével kapcsolatban sok hasznos tudnivalót találunk *Pápics Péter István és Iskum József: A Napészlelés kézikönyve* című pdf-ben szerkesztett munkájában. Letölthető a világhálóról.)

A távcső fordított állású képet ad, de ez senkit sem zavar, ha az égitestek megfigyelésével foglalkozik.



Az ember pupillája 1 cm átmérőjűre tud kitágulni. Ekkor halad át rajta a legtöbb foton, azaz a leghalványabb fényforrásokot is észrevesszük, és egy tárgy apró részleteit is megpillanthatjuk. Ez pedig a fénygyűjtő képesség és a felbontás, ami tulajdonképpen a szögfelbontást jelenti.

Ezek az adatok is jellemzik egy távcső teljesítményét. Mindkét jellemzőt az objektív átmérője határozza meg. Minél nagyobb, annál több fényt tud összegyűjteni és a fókuszpontba juttatni. Mivel egy felületről van szó, ezért pl. egy 3 cm átmérőjű (nyílású) objektív 9-szer annyi fényt gyűjt össze, mint a szemünk. Egy 10 cm-es pedig 100-szor többet. Tehát már a szabad szemmel nem látható csillagokról és más égi objektumokról érkező fénysugarakat is észrevesszük.

A felbontó- (feloldó) képesség értéke nemcsak az átmérőtől, hanem a megfigyelt fény hullámhosszától is függ! Ennek nagysága a vörös színű sugarakra sokkal kisebb, mint a kékekre. Szemlencsénk 1 ívperces részleteket tud feltárni. Szemünk a sárgászöld tartományban a legérzékenyebb.

Egy 12 centiméter átmérőjű objektív elméleti felbontóképessége 1 ívmásodperc! Ez 60-szor jobb érték, mint a szemünké. (Azért csak elméleti értékről van szó, mert a légkör nyugtalansága elmosza a finom részleteket.) Tehát a távcsőben látott képet legalább 60-szorosára kell nagyítani ahhoz, hogy a kép minden apró részletét észrevegyük. Valójában ennek az értéknek a két-háromszorosát szokták alkalmazni, persze ez is függ a légkör pillanatnyi állapotától.

A fényerő vagy nyílásviszony is alapvető fontossággal bír. Ez az objektív átmérőjének (D) és fókusztávolságának (f) hányadosa. Ha a tört értéke nagy, akkor fényerős távcsőről van szó.

Szemünk mind a két értéket képes megváltoztatni, így ebben az esetben nincs értelme erről beszélni. A különböző kamerák (fényképező és filmfelvevő) ugyanerre képesek.

A távcsöveknél erre nincs lehetőség. A belépő nyílás nagysága és a fókusztávolság is rögzített. Az objektív átmérője megszabja, hogy távcsövünk mekkora fény mennyiséggel „gazdálkodhat”. Ha csillagokat vizsgálunk, melyek pontszerű objektumok az óriási távolságuk miatt – a fényerőnek nincs jelentősége. De, ha a kiterjedt égitestekre, csillagközi gázködökre, galaxisokra, a bolygókra, a Holdra vagy a Napra irányítjuk műszerünket, akkor már gyökeresen megváltozik a helyzet. Ekkor a beérkező fotonok már egy felületen oszlanak el. Minél nagyobb a felület mérete, annál kevesebb jut belőlük az egységnyi területre. A felületi fényesség értéke – a fókusztávolság növelésével – fokozatosan romlik. (A fizikában közismert a fluxus elnevezés. Ebben az esetben azt mondhatjuk, hogy a fotonok fluxusa – a beérkezési irányukra merőlegesen elhelyezett felületen áthaladó fotonok száma – annál kisebb lesz, minél hosszabb fókusztávolságú objektívet használunk.) Azt szokták mondani, hogy a kevésbé fényerős kép bányadt, fakó.

A nagyításról. Ennek értékét az objektív és az okulár fókusztávolságának hányadosa adja meg. Például: objektívünk fókusztávolsága 1000 mm, az okuláré 4 mm. Már is van egy 250-szeres nagyítású távcsövünk! De vajon milyen lesz a képe, ha a Holdat szemléljük vele? Állítom, hogy nagy csalódást fog kelteni. Csak egy parányi területet fogunk látni. Így érthetővé válik, hogy a nagyítás növelése a látószög értékének csökkenését eredményezi.

Összegezve: olyan távcsövet érdemes kiválasztanunk, ami a megfigyelési céljainknak megfelel. Ha a ködöket, galaxisokat, üstökösöket részesítjük előnyben, akkor fényerős műszerre van szükségünk. Ha pedig a bolygókat, a Holdat, vagy a Napot kívánjuk tanulmányozni, akkor a hosszabb fókusztávolságú távcső lesz erre alkalmas.

Egy fényerős távcsővel is lehet „bolygászni”. Erre találták ki a Barlow-lencsét, ami megnyújtja a fókuszt.

Az egytagú lencsék átka a diszperzió, magyarul: a különböző hullámhosszú fénysugaraknak a fókuszpontja nem esik egybe, ezért színeznek ez a kromatikus hiba, illetve aberráció. Ezért kerüljük el az ilyen optikai rendszereket! Ezen segítenek az összetett lencsék, amelyek két különböző törésmutatójú üvegből készültek. A ragasztott lencséket akromátoknak hívjuk.

Egy bölcs mondás: „Az okulár a távcsöved fele.” Hiába van egy jó leképezést adó objektívünk, ha az okulárunk optikai minősége nem éri el azt a színvonalat. Ez csak pénz kérdése – mondhatja bárki. Nem feltétlenül igaz a megjegyzés, mivel vannak kiváló minőségű okulárok elérhető áron. (A helyzet hasonló a gépkocsi vásárlásához, ahol a márkanév miatt az ugyanazt nyújtó autó sokkal többbe kerül.)

Professzionális okulárok.
Jobbról balra haladva a fókusz távolságuk csökken.
Ha cserélgetjük ezeket, akkor a nagyítás mértékét
tudjuk megváltoztatni.
(A szerző felvétele.)



A kisebb teljesítményű binokulárok kivételével a távcsövet állványra kel helyezni. A Föld tengely körüli forgása miatt minden objektum folyamatosan elmozdul az égen. Ha pedig hosszabb ideig szeretnénk megfigyelni ezeket, akkor követnünk kell a látszó mozgásukat. A leghatékonyabb állvány az, ahol az egymásra merőleges tengelyek közül csak az egyiket kell mozgatni. Ez a parallaktikus rendszer. Az egyik tengely az északi égi pólus felé mutat, amely körül elfordul az éggömb – ez az óratengely. A tengelyt órágép mozgatja, de kézi vezetést is használhatunk.

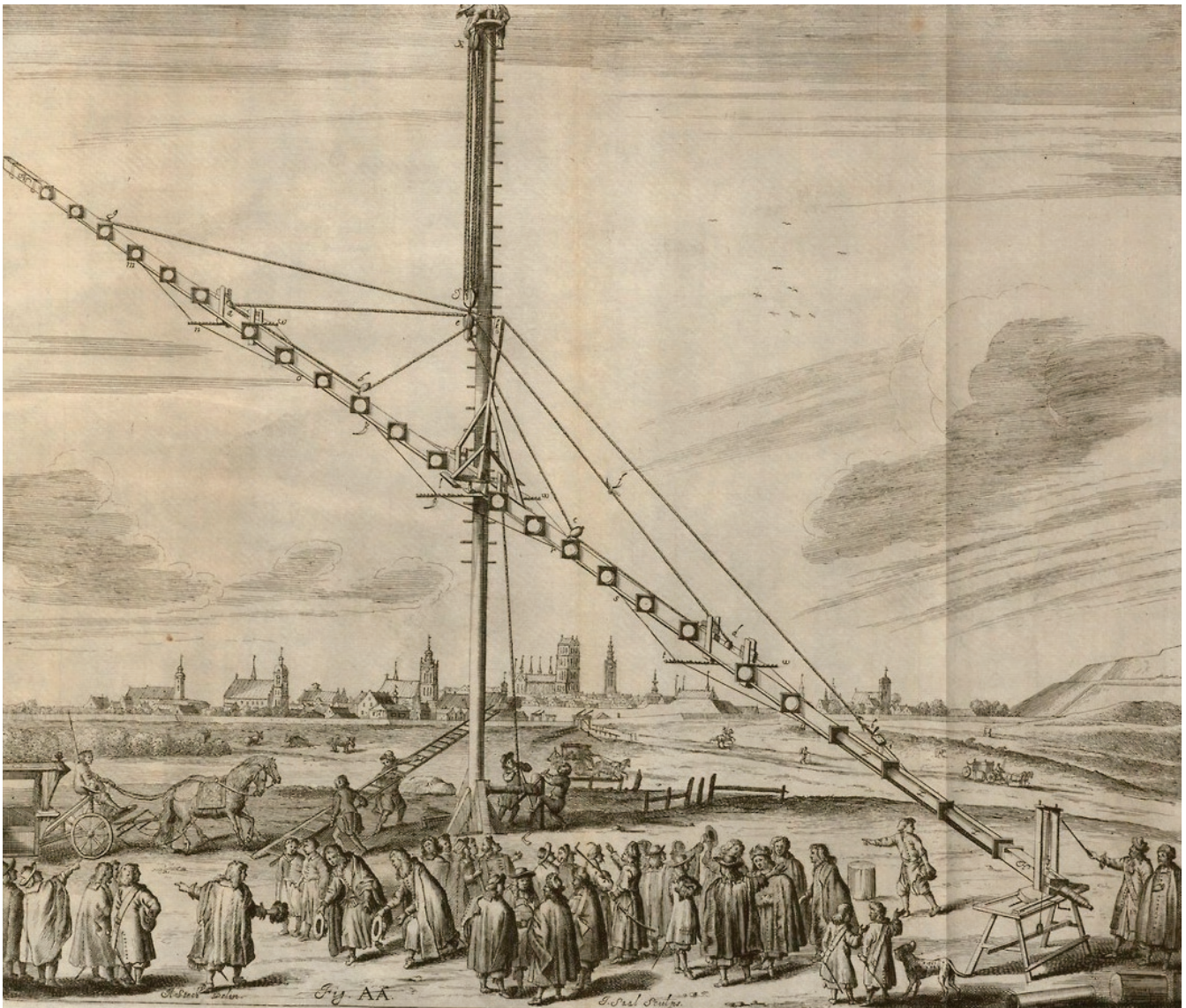


10x50-es binokulár.
Az első szám a nagyítást, a második pedig az objektív átmérőjének nagyságát jelenti milliméterben megadva. Azért is, mert mindkét szemünkkel nézhetjük a földi és az égi objektumokat.
A képe egyenes állású és színhiba mentes.
(A szerző felvétele.)

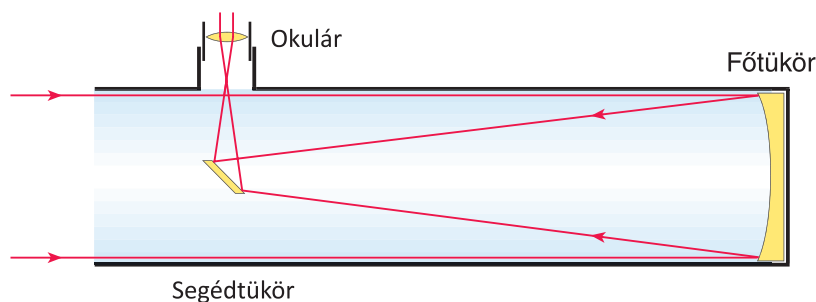
Professzionális refraktor. A távcső elején a Nap megfigyelésére alkalmas fólia látható.
A parallaktikus állvány óratengelye elektromos meghajtású. A távcső nyílása 100 mm, az objektív fókusz távolsága 900 mm.
(A szerző felvétele.)



A Kepler-féle csillagászati távcső hamar kedvelté vált. Az objektívek egyre nagyobb átmérőjűek és fókusztávolságúak lettek. A lencsék alakjának csiszolása precíz munkát kívánt, ráadásul a lencse anyagának nem volt szabad pl. buborékot magába zárnia. A nagy méretű lencsék tekintélyes súlyúak voltak. Sőt, olyan hosszú volt a gyújtótávolságuk, hogy a távcsőből a cső hiányzott. Helyette egy merev rudat használtak. Ennek elején volt a frontlencse. A csillagász pedig a rúd aljánál lévő objektíven át nézte az égitest képét. A cső nélküli lencsés távcsöveknek a mozgatása is sok problémát okozott (akkoriban még nem ismerték a parallaktikus rendszer előnyeit, minden állvány azimutális volt).

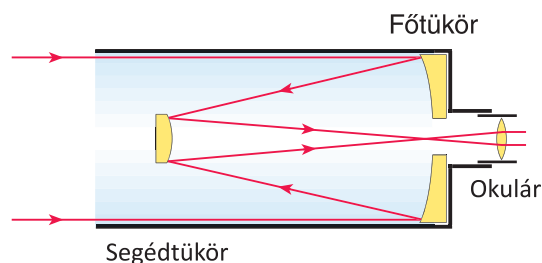


A tükros teleszkópok megjelenése minőségi változást jelentett. Ezeket reflektoroknak hívjuk, hiszen a fény visszaverődése jelenti működésük alapját. Az elsőt James Gregory (1638—1675) skót matematikus 1660-ban készítette el. Három évvel később – az optikai jelenségeket behatóan tanulmányozó – Isaac Newton (1643-1727) angol matematikus, fizikus szintén épített egyet. (Ma a Newton-rendszerű tükros távcsövek roppant népszerűek.) Az objektívet a cső alján lévő homorú, paraboloid felületű tükör helyettesíti. A fénysugarak innen verődik vissza, majd mielőtt elérnék a fókuszpontot, egy sík felületű segédtükör vagy derékszögű prizma révén a csőön kívülre jutnak, ahol az okulárral lehet a keletkezett valódi képet vizsgálni.



A Newton-rendszerű távcsőbe jutó fénysugármenete.

Egy másik – nagyon szellemes – tükörteleszkópot mutatott be 1672-ben a francia Guillaume Cassegrain optikus. A cső végében egy homorú felületű, közepén átfúrt paraboloid tükör helyezkedett el. Vele szemben pedig – az optikai tengely közepén – egy hiperboloid felületű, domború segédtükör volt. Nagy előnye, hogy a cső hossza sokkal kisebb, mint az előbbi esetben. Hátránya: kevésbé fényerős.



A Cassegrain-rendszerű távcső sugármenete.

A tükörteleszkópok egyik előnye az, hogy színhiba mentesek. A tükör mérete jóval nagyobb lehet, mint a lencséé, mivel nincs akkora súlyuk, és a felületet is könnyebb kialakítani. A mai óriástávcsövek tükrének átmérője a 10 métert is meghaladja! Ezek már nem egyetlen üvegtömbből készültek, hanem sok szegmenst illesztettek egymáshoz.

(A távcsövek történetét példaértékűen dolgozza fel az *Égrenéző szemek* című filmsorozat. *Dr. Horváth Árpád*: *A távcső regénye* című munkája is sok érdekességet tartogat.)

Minden távcsőnek számos kiegészítője van. Például a keresőtávcső. Ez egy kis teljesítményű refraktor – mindig lencsés műszert alkalmaznak, amely nagy látómezővel rendelkezik, így a kívánt égterület könnyedén megtalálható, a beállítást fonálkereszt is segíti. A vele párhuzamosított főműszerbe tekintve pedig az égitest részletesen tanulmányozható. A különböző hullámhosszúságú fényt átengedő szűrők is az alap kellékekhez tartoznak. Ezek használatával szinte egy új világ nyílik meg számunkra. A Nap megfigyeléséhez pedig speciális szűrőre van szükség.

A digitális technikának köszönhetően a CCD érzékelők alkalmazása ma már mindennapos. Nemcsak a fényképezőgépekről van szó, hanem a folyamatos képet adó kamerákról is. Ezeket az okulár helyére kell tenni, és egy laptop-hoz csatlakoztatni. A rögzített képet pedig speciális programmal lehet feldolgozni.

A csillagászati obszervatóriumokban – a kutatási profilnak megfelelő – professzionális berendezéseket használnak. Pl.: nagy felbontású színeképelemző készüléket (spektrográf).

A rádiócsillagászat.

Korábban már röviden szó volt erről a területről. Karl Jansky (USA) a Bell Telefonszolgálat mérnöke azt a megbízást kapta, hogy derítse ki, mi okozza a rádióösszeköttetésben fellépő zavarokat. Olyan antenna-rendszert szerkesztett, amely forgatható volt. 1931-ben megfigyelte, hogy a zavarokat okozó rádiósugárzás nem földi eredetű! Rámutatott arra, hogy a Tejútrendszer középponti tartományából érkeznek ezek az elektromágneses hullámok.

Megfigyelési eredményeire felfigyelt Grote Reber (USA) mérnök, aki saját költségén megépítette az első olyan rádióteleszkópot, melynek felépítése azóta sem változott. Egy 9,5 méter átmérőjű parabola készült el úgy, hogy a fókuszpontban a vevőfej helyezkedett el. Ez a természetes berendezés mozgatható volt. Bárki azt kérdezheti, hogy miért kellett ekkora átmérő. A válasz egyszerű. A feloldóképesség a hullámhossz függvénye, és a rádióhullámok hossza jócskán meghaladja az optikai tartományban megfigyelhető sugárzások hullámhosszát! A felbontóképesség pedig kiemelten fontos szerephez jut, ha az égi forrás pontos helyét és szerkezetét szeretnénk meghatározni, illetve feltárni.

Grote Reber volt az, aki elkészítette a Tejútrendszer első rádiótérképét! A 19 méteres hullámhosszon végezte a megfigyeléseket.

A Nap rádiósugárzását James Stanley Hey angol rádiócsillagász fedezte fel 1942-ben, aki a katonai radarokkal foglalkozott.

1944-ben Hendrik C. van de Hulst holland egyetemista kiszámította, hogy a semleges csillagközi hidrogén a 21 cm-es hullámhosszon rádióhullámokat bocsát ki. 1951-ben az Egyesült Államokból és Hollandiából sikerült ezt a sugárzást megfigyelni. Ezáltal lehetővé vált a Tejútrendszer szerkezetének részletes feltárása!

A rádiótávcsőnek semmi köze a csőhöz, hanem egy természetes méretű parabola felületből és annak fókuszában elhelyezett detektorból (vevőfej) áll.



A nagyon nagy Y-nak nevezett rádiótávcső komplexum az USA Új-Mexikó államában. 27 parabola tudja egyszerre az égboltról érkező rádiójeleket szinkronban venni. APOD/Dave Finlay

A felbontás növelése érdekében a rádió-teleszkópokat csoportosítják. Ezekkel ugyanazt az objektumot figyelik meg, azonos időben (szinkron észlelés). A rendszer úgy működik, mintha egyetlen nagy felületű parabola lenne. Ez a rádió interferometria módszere. A beérkező hullámok különböző fázisban (úthosszkülönbséggel) érik el a felfogó berendezéseket. Létezik

interkontinentális megfigyelés is, amikor két különböző földrészén lévő teleszkópok végeznek szinkronmegfigyelést. Ez a nagyon nagy bázisvonalú (a két rádiótávcső közötti távolság) interferometria (VLBI). Így a centiméteres hullámhosszakon való megfigyelés során a felbontóképesség meghaladja (!) az optikai berendezéséket. Ráadásul a rádiótartományban a légkör optikai képmódosító hatásai nem játszanak szerepet.

A legnagyobb mozgatható átmérőjű parabola a németországi Effelsbergben van, átmérője 100 méter. A nála jóval nagyobb méretű, 305 méteres átmérőjű parabola tükör egy természetes völgykatlanba került, Arciboban (Puerto Rico területe). A vevőfejet lehet elmozdítani, így végzik a megfigyeléseket.

Az Arciboban lévő óriás méretű parabola. 1963-ban kezdte meg a megfigyelést. Az innen küldött rádióhullámokkal kezdték meg a Merkúr bolygó felszínének térképezését (radarcsillagászati módszer). APOD

A radarcsillagászat megteremtője Bay Zoltán (1900-1992) fizikus. 1946. február 6-án sikerült a Holdról radarvisszhangot kapnia. A módszer lényege az volt, hogy három másodperces időközönként egy-egy rádióhullámot sugároztak a Holdra, amely onnan visszaverődött. A beérkező jeleket összegezni lehetett! Ez lehetővé tette, hogy nem kellett egyetlen nagy energiájú hullámot kibocsátani. Gyermekkorában – Gyulaváriban – szeretne volna megérinteni a Holdat. Az Egyesült Izzó újpesti gyárából ez sikerült.

Nem sokkal később – politikai okokból – az Egyesült Államokba költözött és ott folytatta tudományos munkáját.

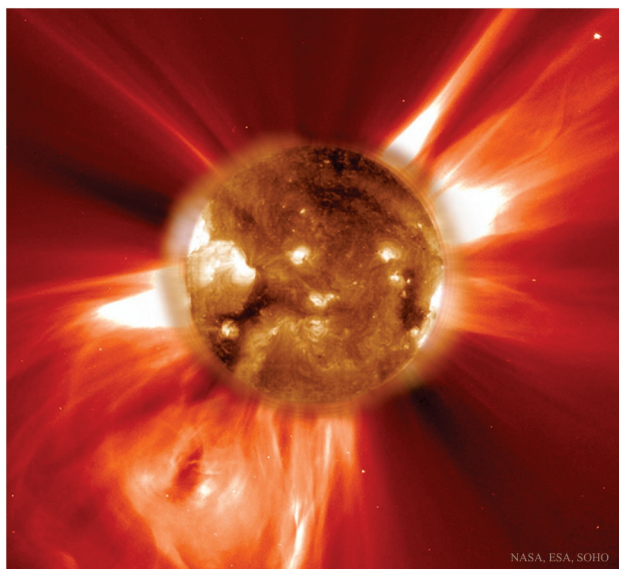


A légkörön kívüli csillagászat és a különböző űreszközök.

Még az űrszondák előtt ballonokra szereltek olyan detektorokat, amelyek nagy magasságba emelkedve azokon a hullámhosszakon érkező sugárzásokat detektálták, amelyeket a felszínről nem lehetett hatékonyan megfigyelni. A mesterséges holdakon elhelyezett műszerek, az űrhajósok által végzett megfigyelések, végül pedig az űrtávcsövek egy „új” univerzumot tártak fel. A röntgen-, a gamma-tartományt érzékelő berendezések révén sok, korábban nyitott kérdésre kaptunk választ. Az űsrobbanás egyik bizonyítékául szolgáló mikrohullámú háttérsugárzás eloszlását is felmérte az egyik űrobszervatórium.

A Hubble űrtávcső már több évtizede ontja a látványosnál-látványosabb képeket A Keplerről elnevezett pedig a Naprendszeren túli bolygók (exobolygók) felfedezésében játszik alapvető szerepet.

Hosszasan lehetne sorolni azokat a mesterséges égitesteket, amelyek pl. a földi időjárást kísérik figyelemmel, segítik az erőforrás kutatást. A Hold űrszondával végzett kutatása több évtizedre nyúlik vissza. A bolygók felderítése szintén hasonló múlttal rendelkezik. De az üstökösök vagy a törpebolygók tanulmányozása is fontos szerepet kapott. A későbbiekben még visszatérünk a konkrét eredményekre.



Egy látványos kép a Napról. Jól látható a csillagunkról kiáramló forró anyag. A naplégkör külső tartományának – korona – sugaras szerkezete is kiválóan megfigyelhető. A SOHO napszonda felvétele/APOD

Ma már az űridőjárás nem idegen fogalom. A SOHO nevű napszonda folyamatosan figyelemmel kíséri csillagunk „viselkedését”.

Szinte minden nap felkerül a világhálóra egy új felfedezés.