

Osnovi astrofizike

The background of the slide is a deep space image featuring a large, glowing nebula. The nebula has a bright, yellowish-white core that transitions into swirling clouds of purple and magenta. The surrounding space is dark blue and black, filled with numerous small, distant stars of varying brightness.

Osnovi astrofizike

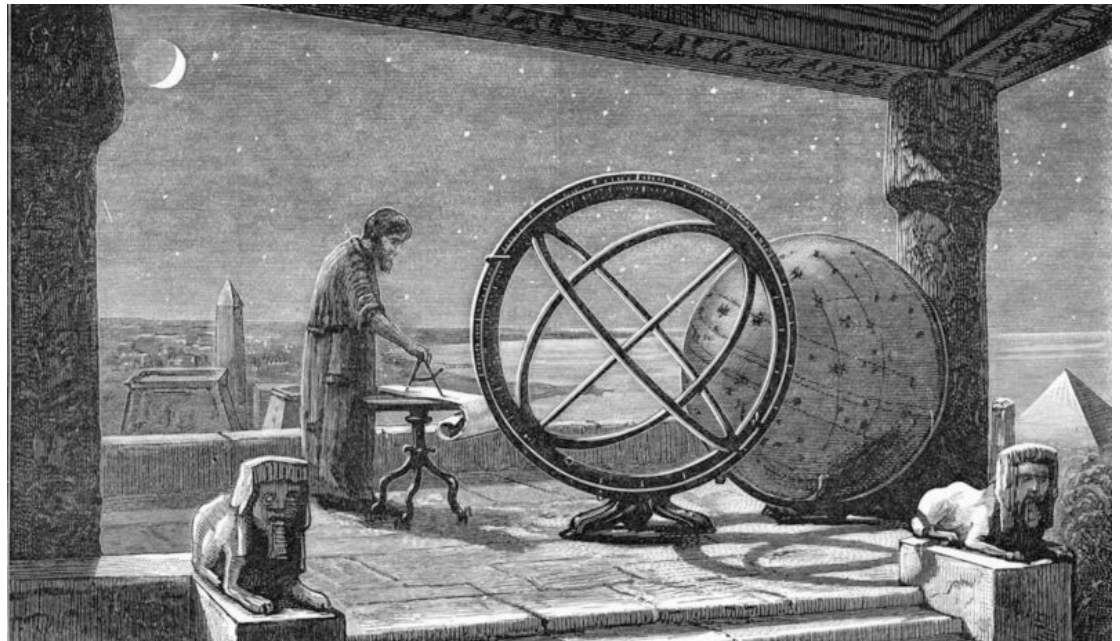
- Profesor: doc dr Dragana Ilić
dilic@matf.bg.ac.rs
- Asistent: Stanislav Milošević
stanislav@matf.bg.ac.rs
- Literatura: Opšta astrofizika, godina 2010, autori:
prof dr Olga Atanacković, prof dr Mirjana
Vukićević-Karabin
- Prezentacije i sve informacije na adresi:
<http://www.matf.bg.ac.rs/~dilic/teaching.html#OAF>

Ocena znanja

- **predispitne obaveze**
 - aktivnost na času: **10 poena**
 - obavezno prisustvo (max. 3 izostanka)
 - priprema sadržaja za čas, učešće u diskusiji,
2 puta kratka kviz-pitanja na početku časa
 - kolokvijum: **30 poena**
 - test sredinom kursa
 - **termin druga polovina maja**
- **pismeni + usmeni ispit: 30 + 30 poena**

ASTRONOMIJA

- spada u prve, fundamentalne nauke
- proučava **kretanje**, **strukturu**, **postanak** i **razvoj** nebeskih tela i njihovih sistema



Osnovne astronomske discipline (zadaci)

- **Klasična astronomija** (**astrometrija, teorijska astronomija, nebeska mehanika**) izučava prividne i prave položaje i kretanja nebeskih tela, dimenzije i oblik
- **Astrofizika i zvezdana astronomija** izučavaju fizičku strukturu nebeskih tela i zakonitosti raspodele i kretanja zvezda i zvezdanih sistema
- **Kosmogonija i kosmologija** izučavaju probleme postanka i evolucije nebeskih tela, njihovih sistema i vasiona kao celine

Astrofizika

izučava

- stanje materije i fizičke procese u vasioni
- strukturu, fizičke osobine i hemijski sastav nebeskih tela
- moguće izvore energije i mehanizme njenog prenošenja
- postanak i evoluciju zvezda i njihovih sistema

Astrofizika

- rođena sredinom XIX veka (1859)
- prema metodama proučavanja deli se na:
 1. **praktičnu astrofiziku**: izučava elektromagnetno zračenje nebeskih tela metodama fotometrije, spektroskopije i polarimetrije
 2. **teorijsku astrofiziku**: daje objašnjenje prirode posmatranih fenomena na osnovu fizičkih zakona
- prema predmetu (objektu) izučavanja deli se na: fiziku Sunca, fiziku zvezdanih atmosfera, zvezdanih unutrašnjosti, međuzvezdane materije, vangalaktičkih objekata, kosmologiju, itd..

Specifičnosti astrofizičkih istraživanja

- u metodama i suštini objekta istraživanja

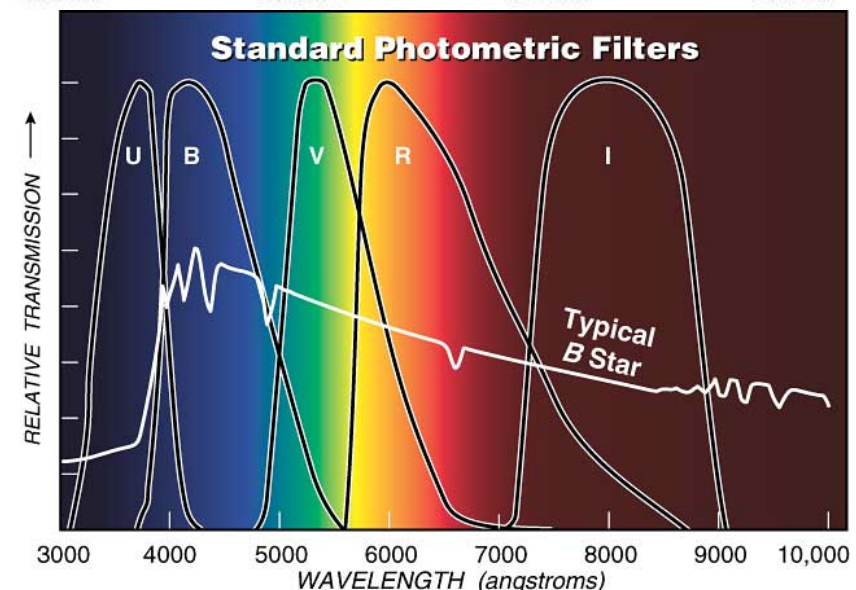
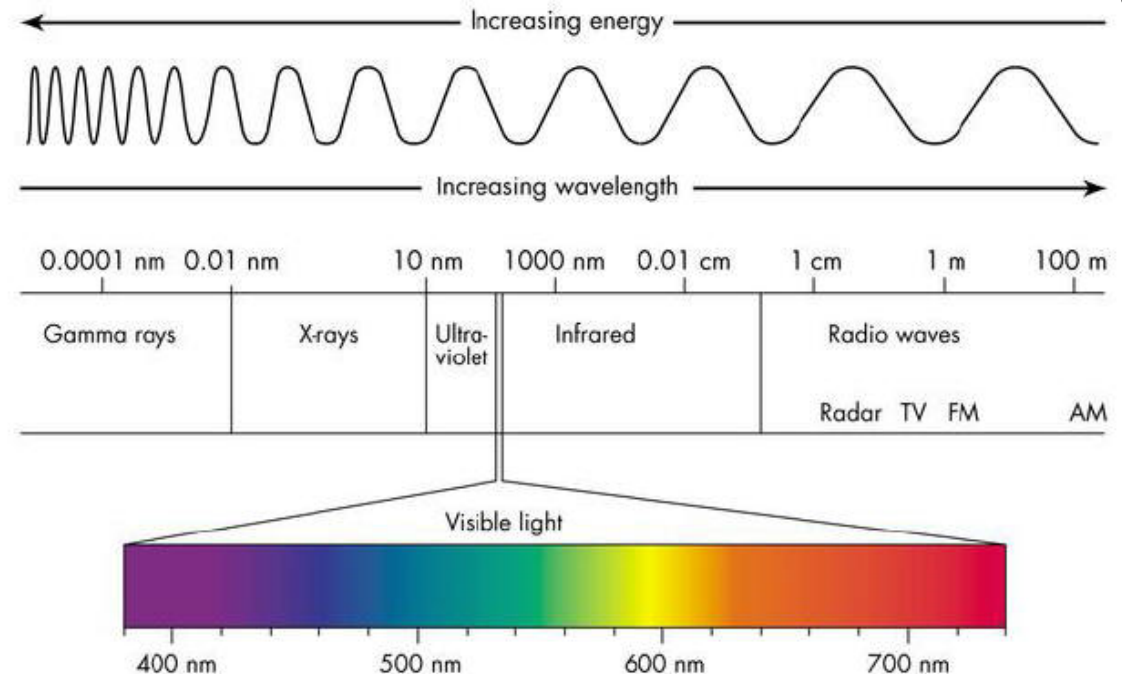
- Osnovni metod je posmatranje
 - Predmet proučavanja je nedostupan i dalek
 - **EM zračenje – osnovni izvor informacija**
 - ali i gravitaciono zračenje, neutrini, itd.
 - EM. zračenje nebeskih tela je rezultat velikog broja fizičkih procesa koji međusobno interaguju i deluju istovremeno
 - **Procesi koji se izučavaju ne mogu se ni ubrzati, ni usporiti. Na njih se ne može uticati.**
- Fotometrija, Spektrometrija, Polarimetrija

Fotometrija i Spektrometrija

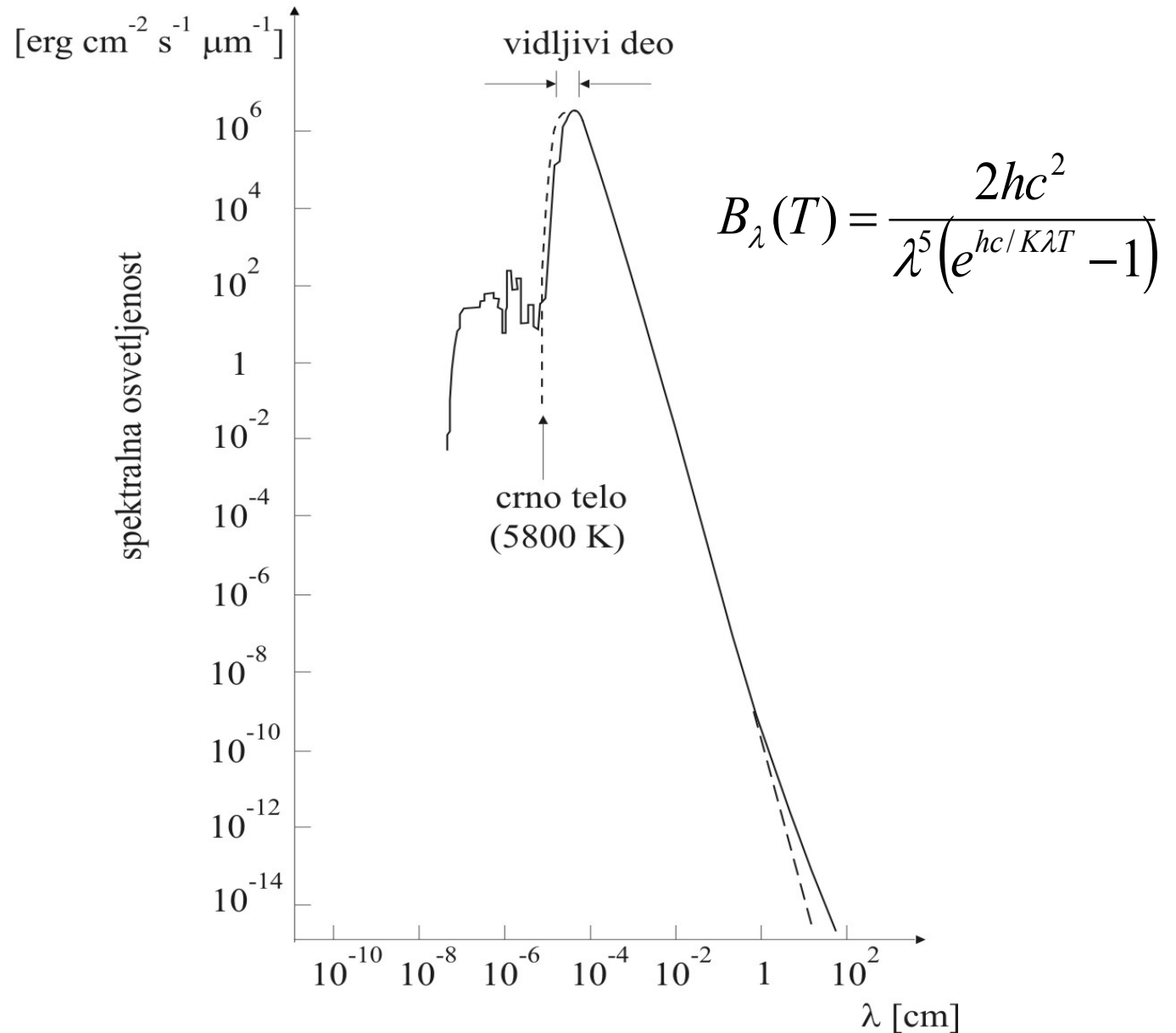
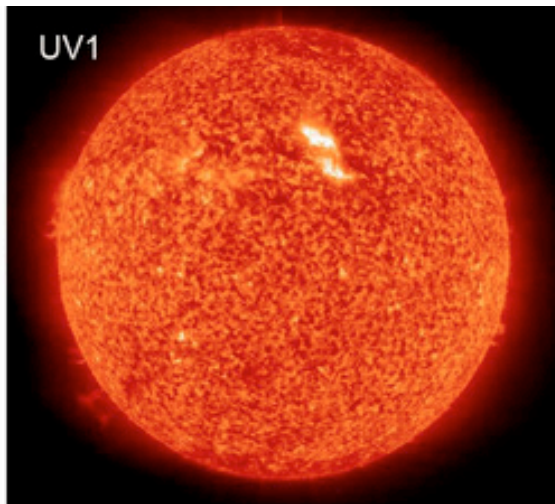
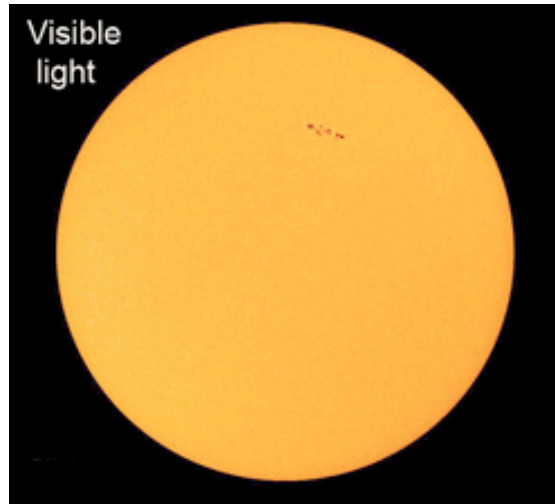
Spektar elektromagnetnog zračenja: od gama do radio

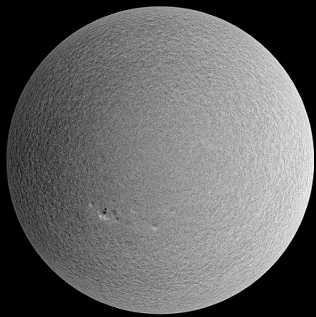
Izdvajamo samo jedan opseg prilikom posmatranja:

- filteri – fotometrija
- spektrograf - spektrometrija

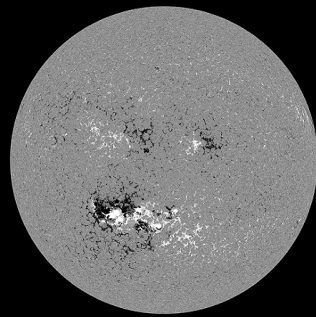


Spektralna raspodela Sunčevog zračenja

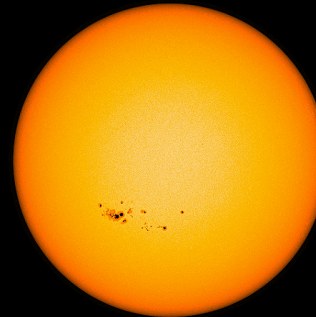




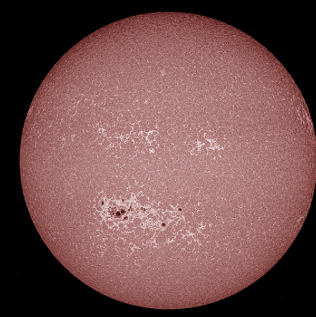
HMI Dopplergram
Surface movement
Photosphere



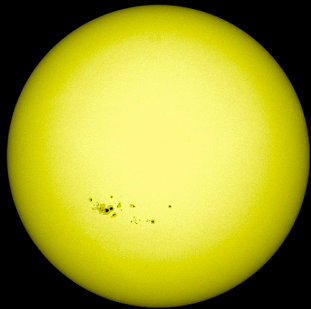
HMI Magnetogram
Magnetic field polarity
Photosphere



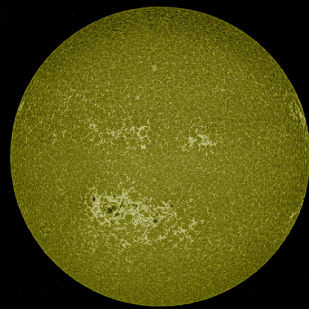
HMI Continuum
Matches visible light
Photosphere



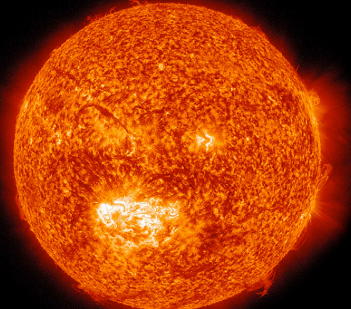
AIA 1700 Å
4500 Kelvin
Photosphere



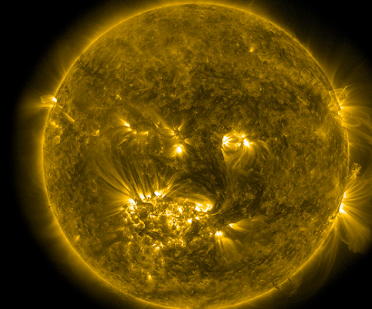
AIA 4500 Å
6000 Kelvin
Photosphere



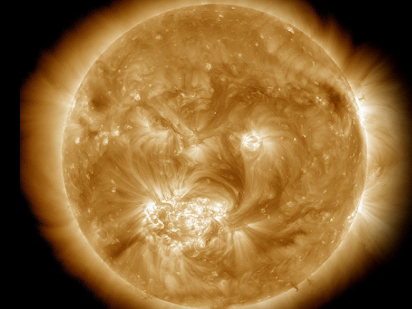
AIA 1600 Å
10,000 Kelvin
Upper photosphere/
Transition region



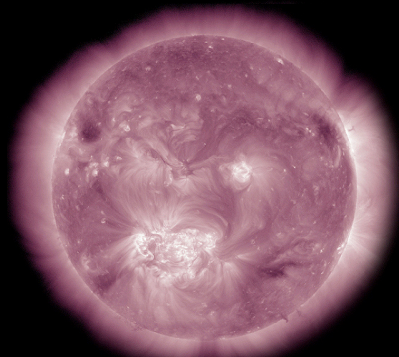
AIA 304 Å
50,000 Kelvin
Transition region/
Chromosphere



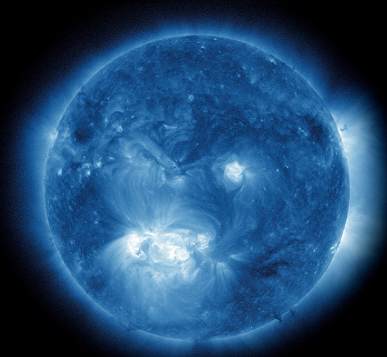
AIA 171 Å
600,000 Kelvin
Upper transition
Region/quiet corona



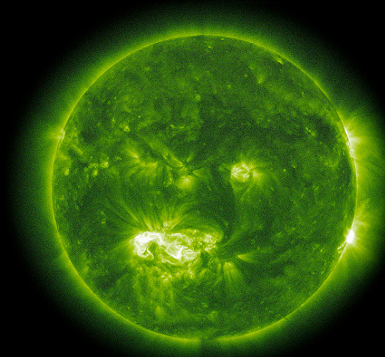
AIA 193 Å
1 million Kelvin
Corona/flare plasma



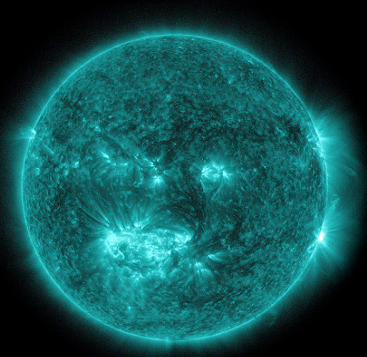
AIA 211 Å
2 million Kelvin
Active regions



AIA 335 Å
2.5 million Kelvin
Active regions



AIA 094 Å
6 million Kelvin
Flaring regions

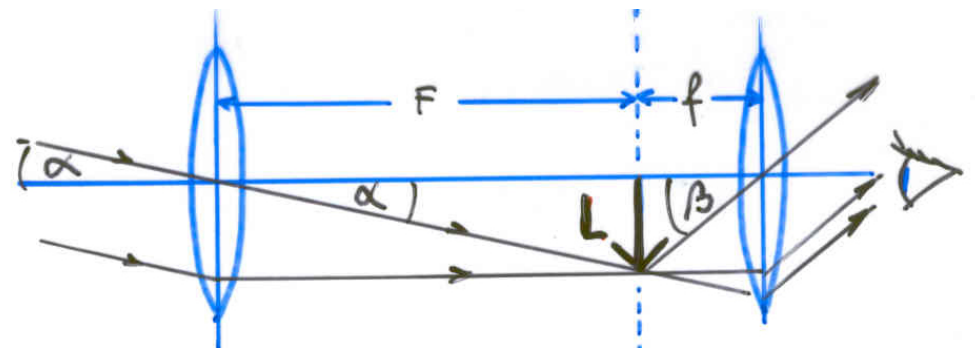


AIA 131 Å
10 million Kelvin
Flaring regions

Optički teleskopi



Funkcije teleskopa



- da sakupi što veću količinu svetlosne energije (da ostvari što svetliji lik): $\Phi_t / \Phi_o = 2.8 D^2$
- da poveća razdvojnu moć (da što bolje razdvoji likove prividno bliskih nebeskih tela)

poluprečnik difrakcionog lika u lučnim sekundama definiše razdvojnu moć teleskopa:

$$\theta = 1.22 \lambda / D \text{ [rad]}$$

$$\text{za } \lambda = 550 \text{ nm} \quad \theta["] = 14/D[\text{cm}]$$

Detektor: CCD kamera

OSNOVNE VRSTE:

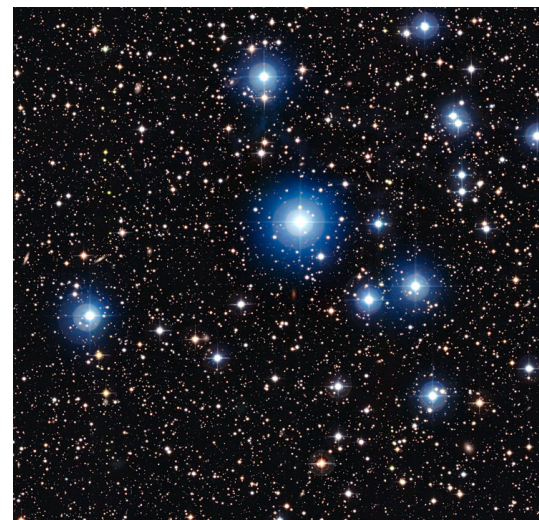
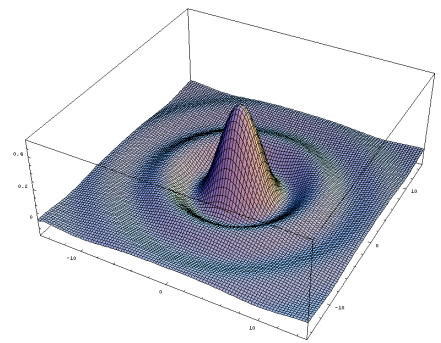
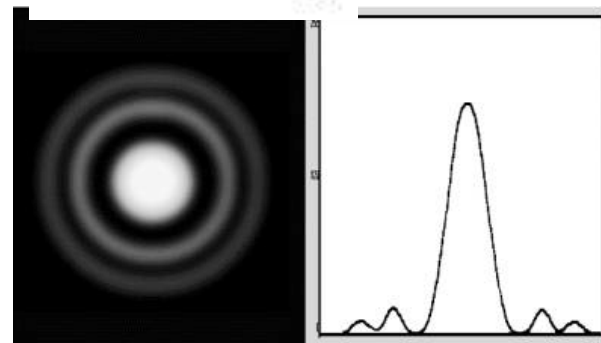
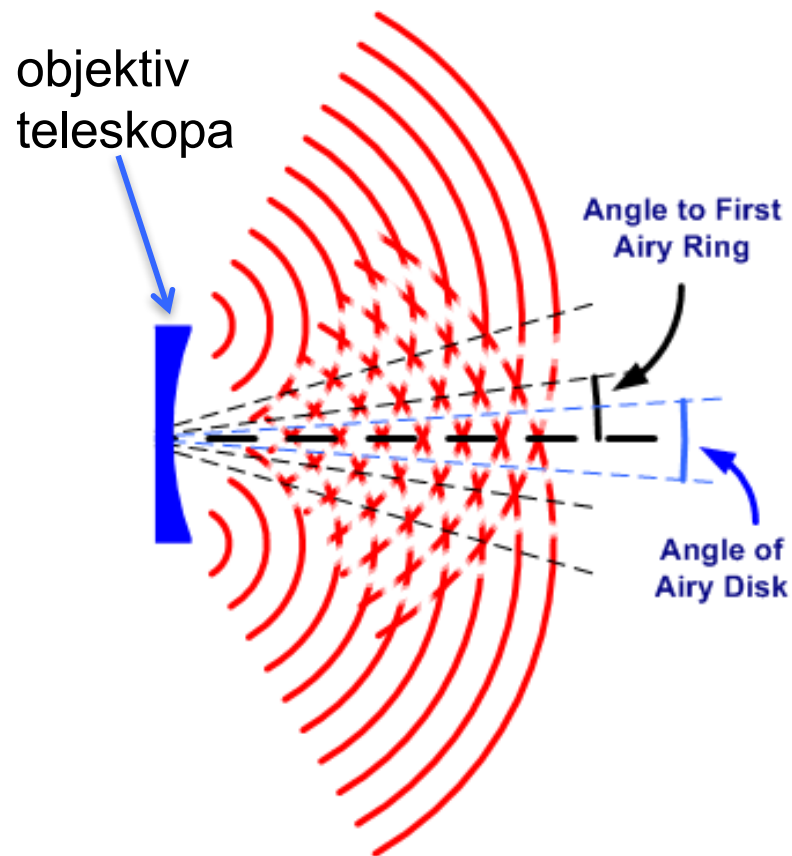
- **REFRAKTORI**
- **REFLEKTORI**

Lik zvezde u teleskopu

dolazi do difrakcije
svetlosti na objektivu

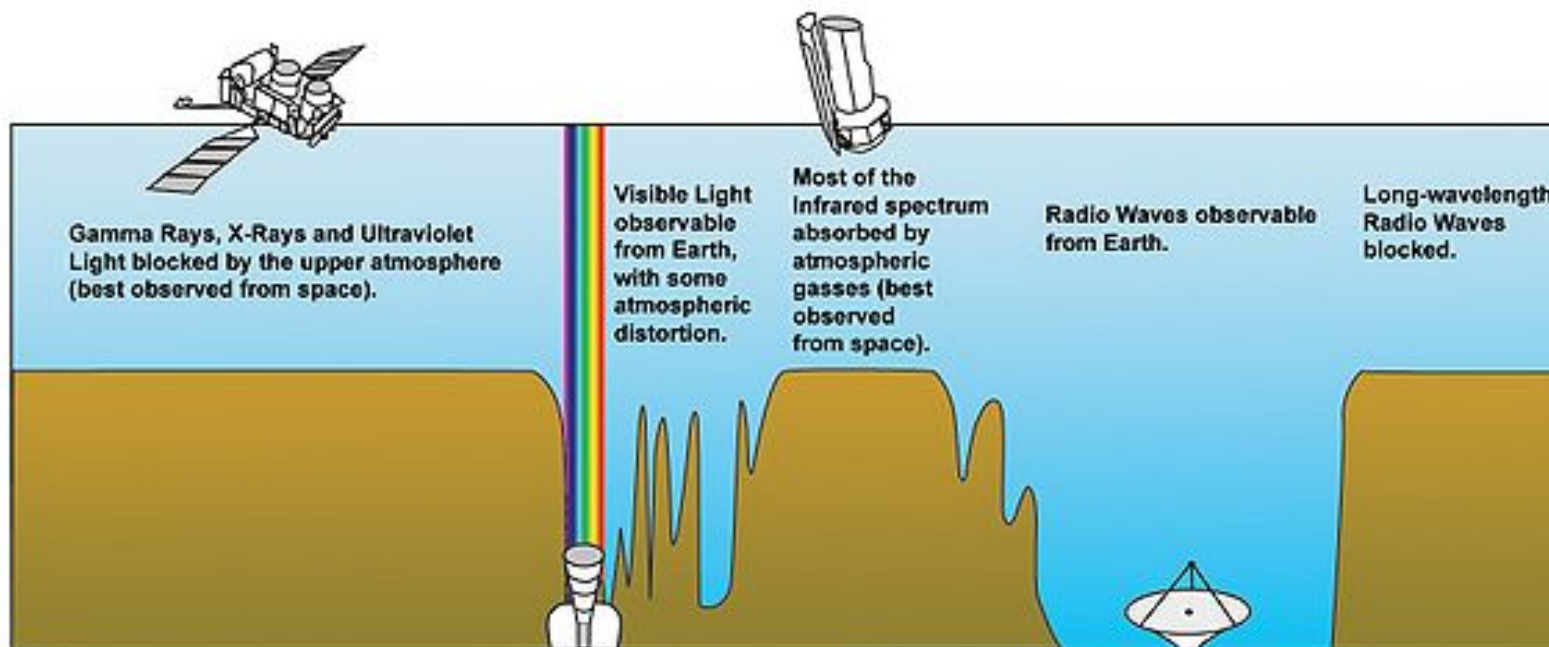
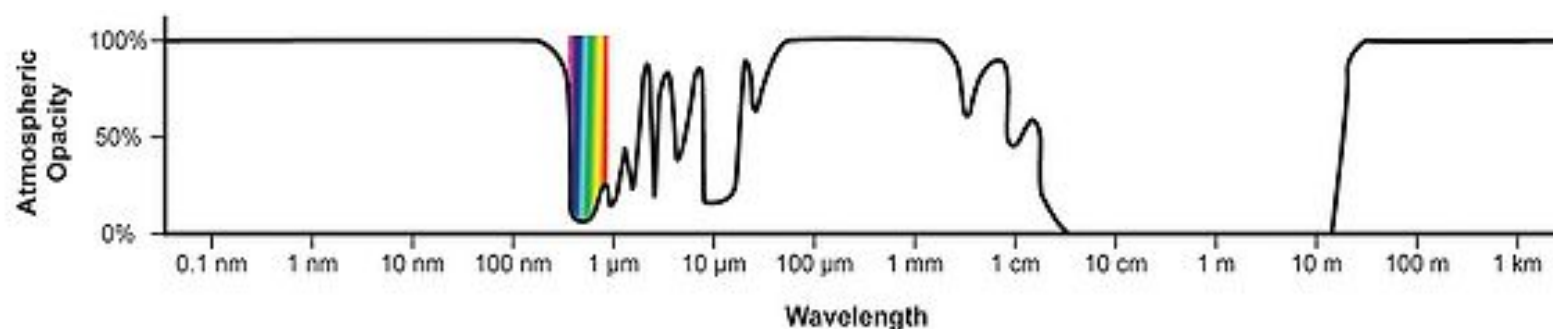
$$\text{precnik.lika} = \frac{1.22 \times \text{talasna.duzina}}{\text{precnik.objektiva}}$$

$$\Delta\theta = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$



lik tačkaste
zvezde posle
prolaska
kroz
teleskop nije
tačka —
difrakcioni lik

Uticaj Zemljine atmosfere na astronomska posmatranja



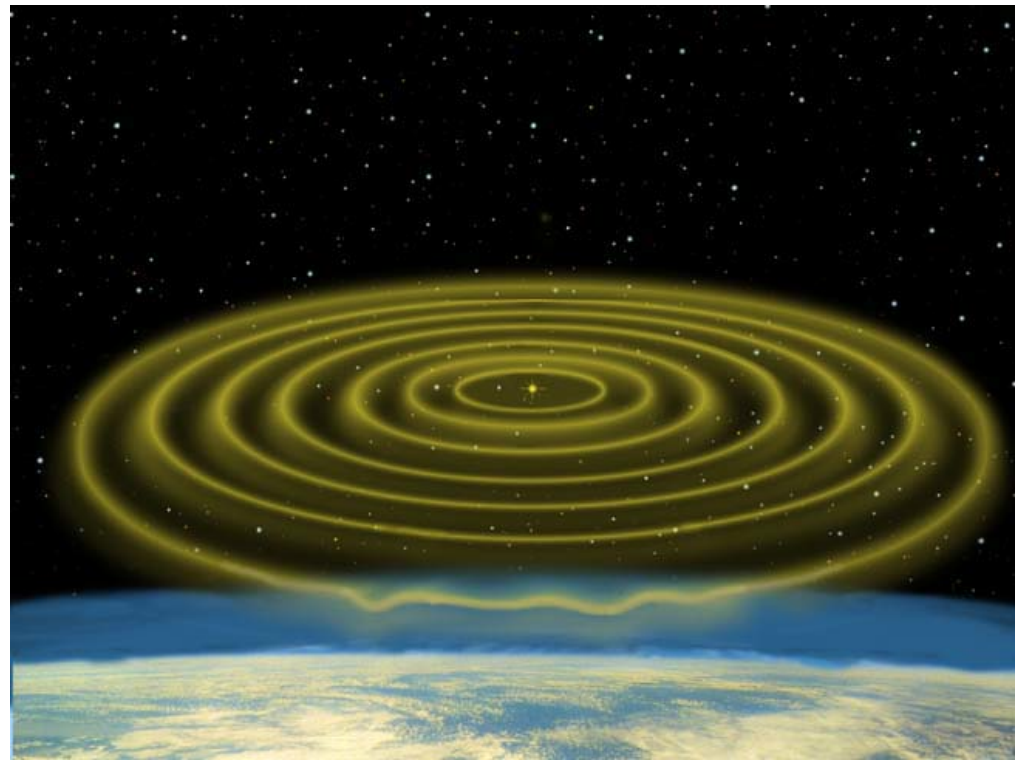
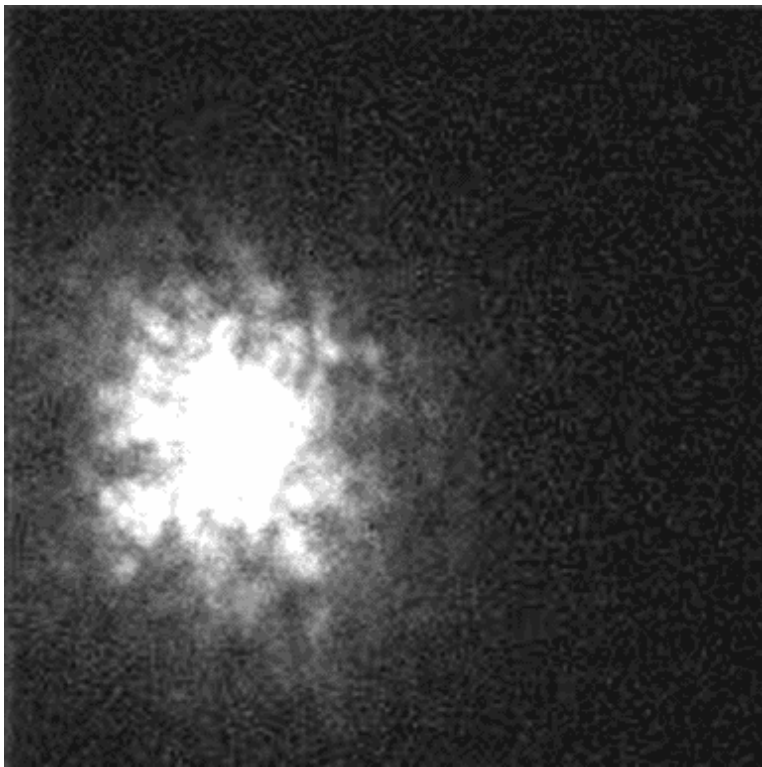
1.Refrakcija
(prelamanje)

2.Scintilacija
(treperenje)

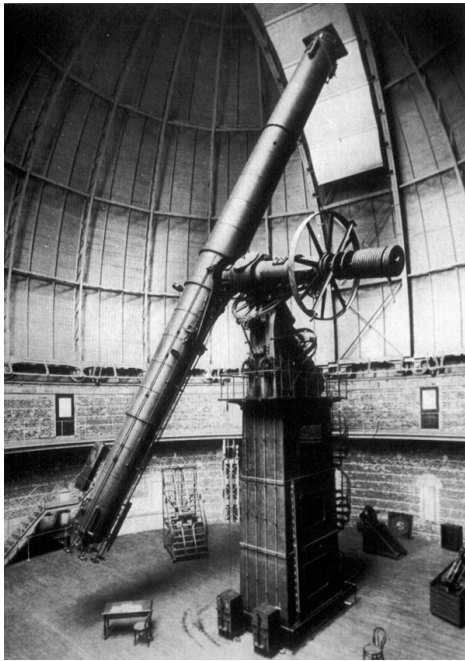
3.Ekstinkcija
(slabljenje)

Uticaj turbulencije u atmosferi

- Turbulencije smanjuju kvalitet slike (lokalni uticaj Zemljine atmosfere)



Atmosfera kviri idealan talas svetlosti koji stiže od zvezde



Najveći teleskopi - refraktori

- Yerkes (102cm)
- Lick (90cm)
- Paris (83cm)
- Pulkovo (76cm)
- ...
- Beograd (65cm)



Najveći teleskopi - reflektori

- Gran Telescopio Canarias (2009) $D=10.4\text{m}$
- Keck Teleskopi – Havaji (1993) $D=10\text{m}$
- VLT (Čile) $D=8.2\text{m}$
- ...
- Kavkaz (1976) $D=6\text{m}$
- Palomar (1948) $D=5\text{m}$
- ...



Gran Telescopio Canarias (GTC)

10.4m - reflektor



Veliki refraktor, AOB



- 1932: Veliki refraktor Zeiss 65/1055 cm (tada četvrti po veličini instrument u Evropi)



Moderni teleskopi

GTC, 10 m



LSST, 8 m



Very Large Telescope (VLT)

- 4 odvojena optička teleskopa (Antu, Kueyen, Melipal, Yepun) na Cerro Paranal-u (2635m) u pustinji Atacama u Čileu (ESO)
- Svaki teleskop ima prečnik ogledala od 8.2m
- 4 pomoćna pokretna teleskopa imaju prečnik ogledala od 1.8m
- Radi kao interferometar, razdvojna moć je oko 1mili-lučne sekunde



Keck teleskopi na Havajima

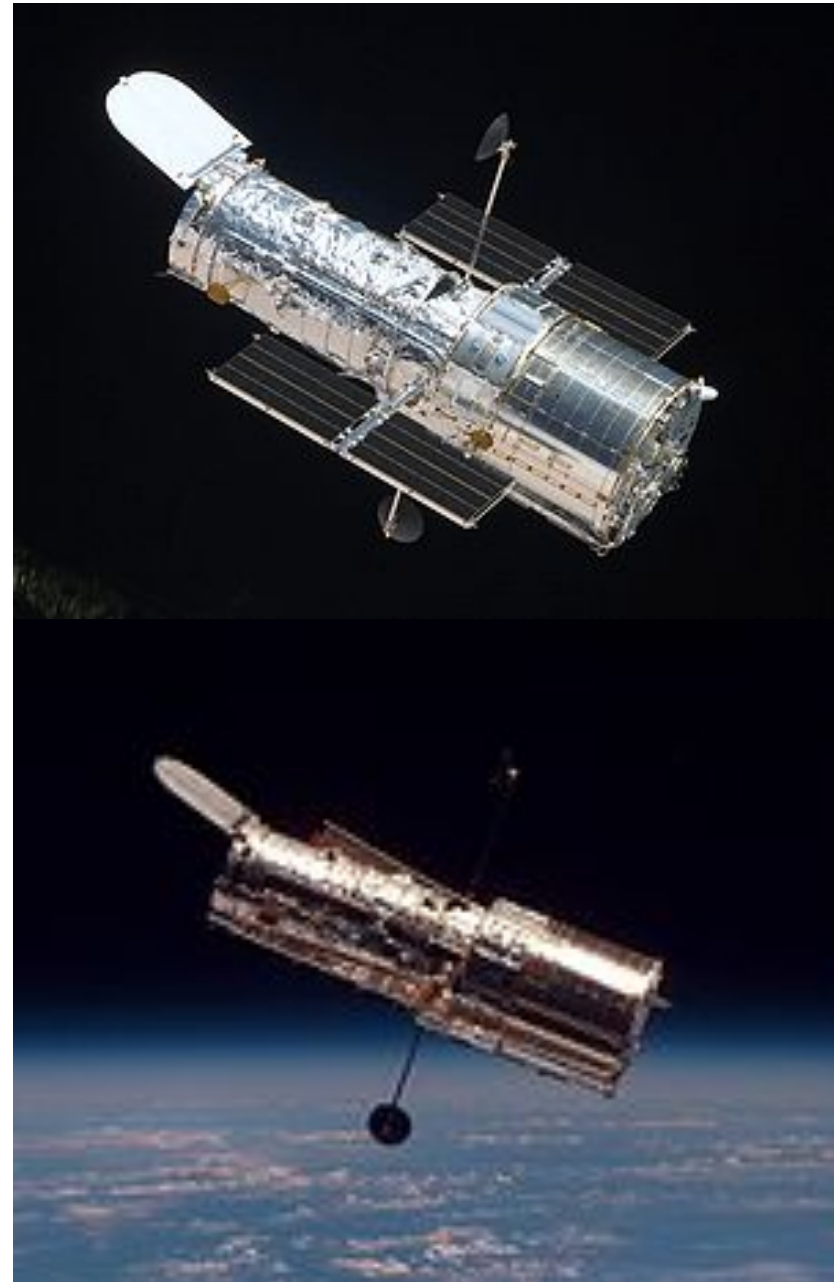
Na visini od oko 4000m blizu vrha vulkana Mauna Kea

- Prečnik ogledala svakog od teleskopa je 10m
- Primarno ogledalo se sastoji od 36 šestougastih ogledala
- $\Theta=0.04-0.4''$
- Aktivna i adaptivna optika
- Drugi po veličini optički teleskop na svetu



Hubble Space Telescope (HST)

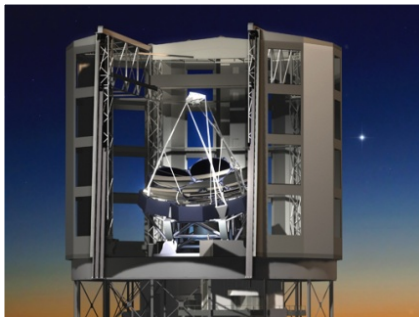
- zajednički projekat NASA i ESA
- lansiran 1990.
- u orbiti oko Zemlje na 600km visine, obiđe Zemlju za 96 minuta
- teleskop – reflektor prečnika ogledala 2.4m
- radi u V, UV i IC



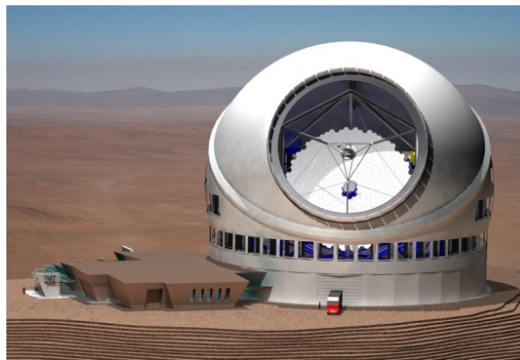
Dalji planovi?

- Amerika: TMT (Thirty Meter Telescope) i GMT (Giant Magellan Telescope) – oba oko **D=30 m**
- ESO (European Southern Observatory): E-ELT (European Extremely Large Telescope) **D=39 m**
objektiv od 400 segmenata veličine 1.75 m
- JWST (James Web Space Telescope) **6.5m**

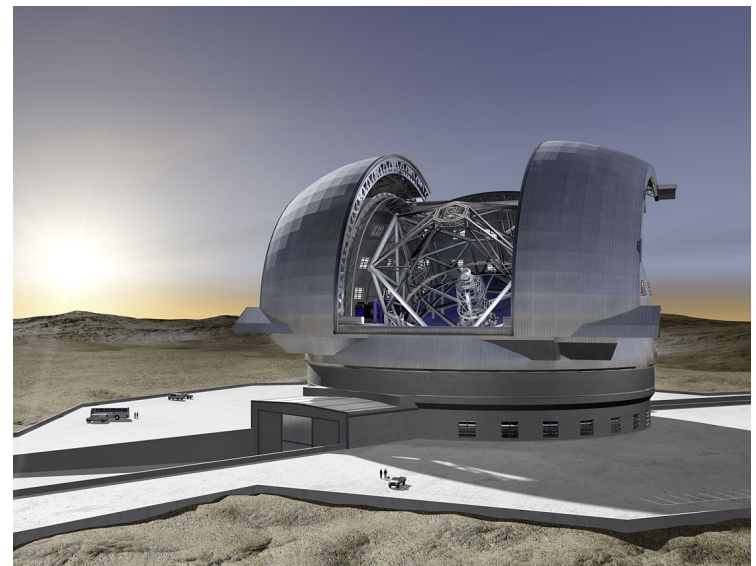
GMT



TMT



E-ELT



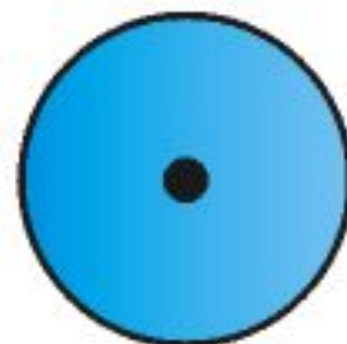
WORLD'S LARGEST OPTICAL TELESCOPES



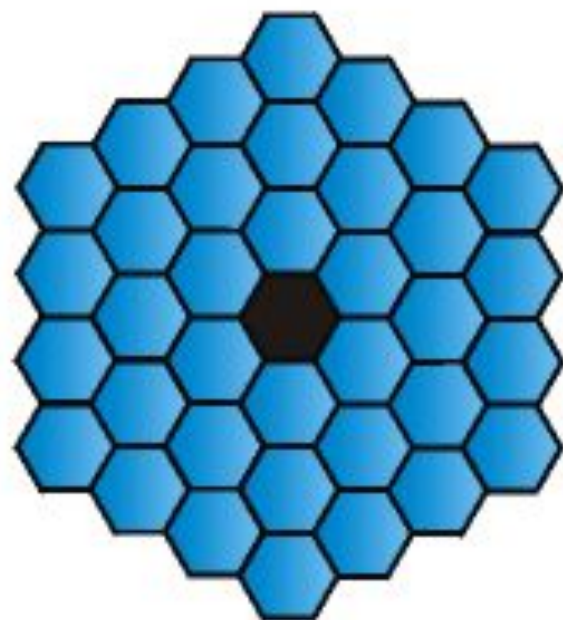
Herschel 4.2m



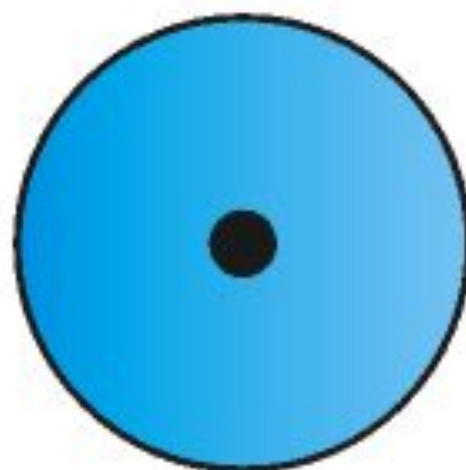
Palomar 5m



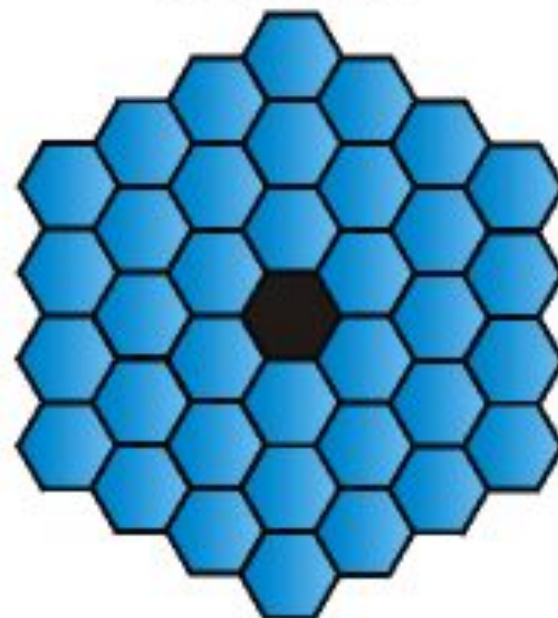
Russian 6m



Keck I 10m



VLT 8.2m

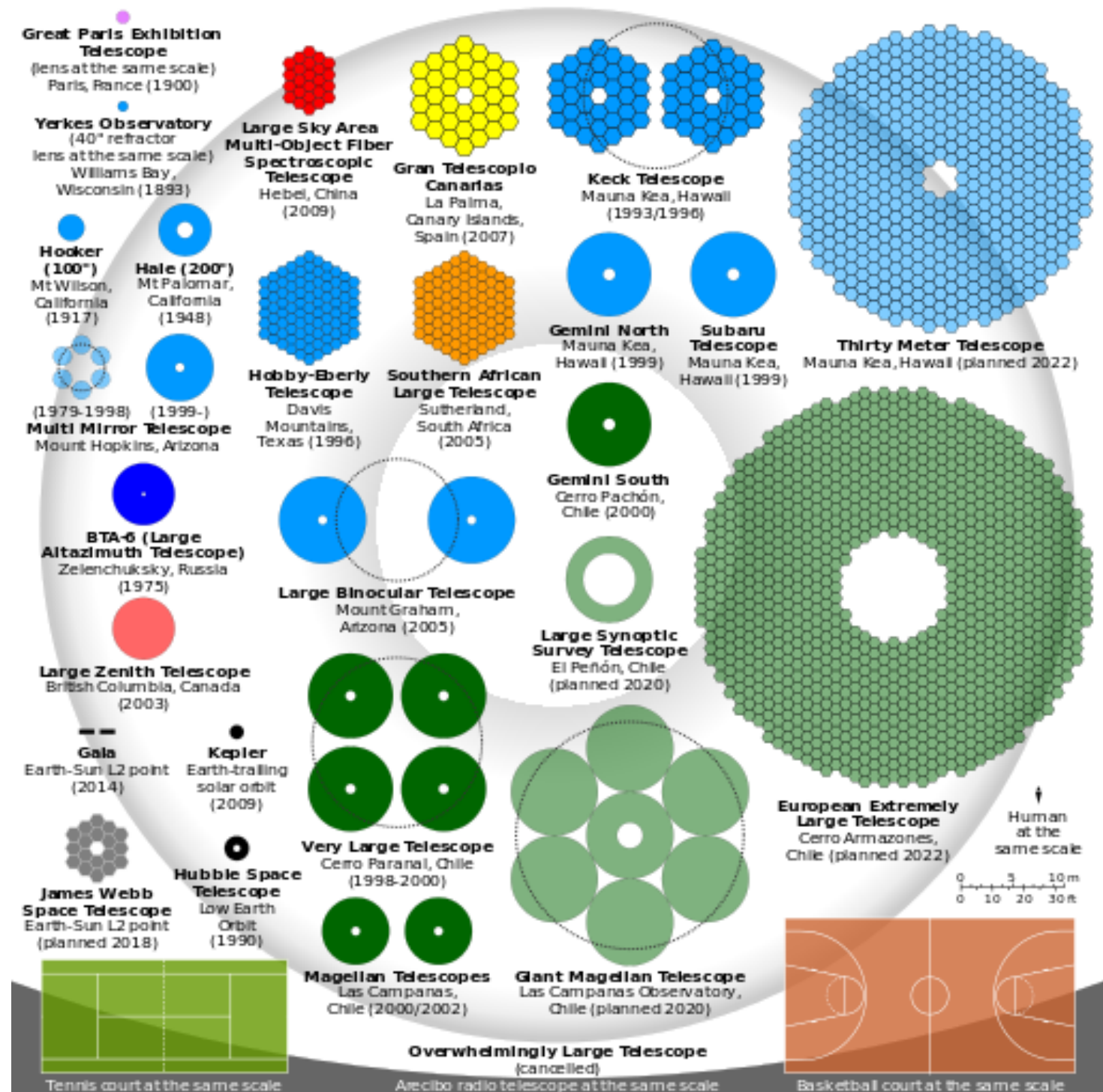


Keck II 10m

Central mirror holes not shown to scale

© W.M. Keck Observatory

- Značajni optički teleskopi kroz istoriju

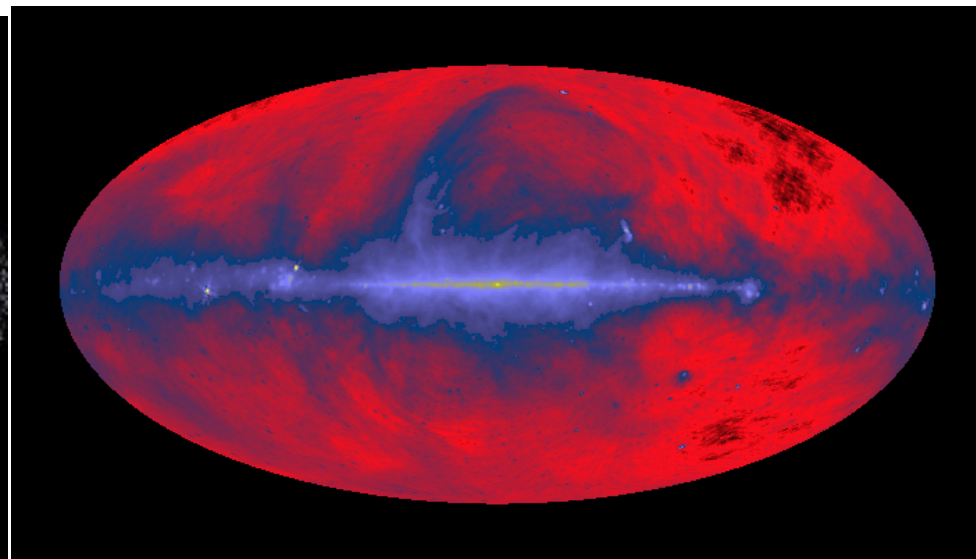


Radio-talasi i radio-astronomija

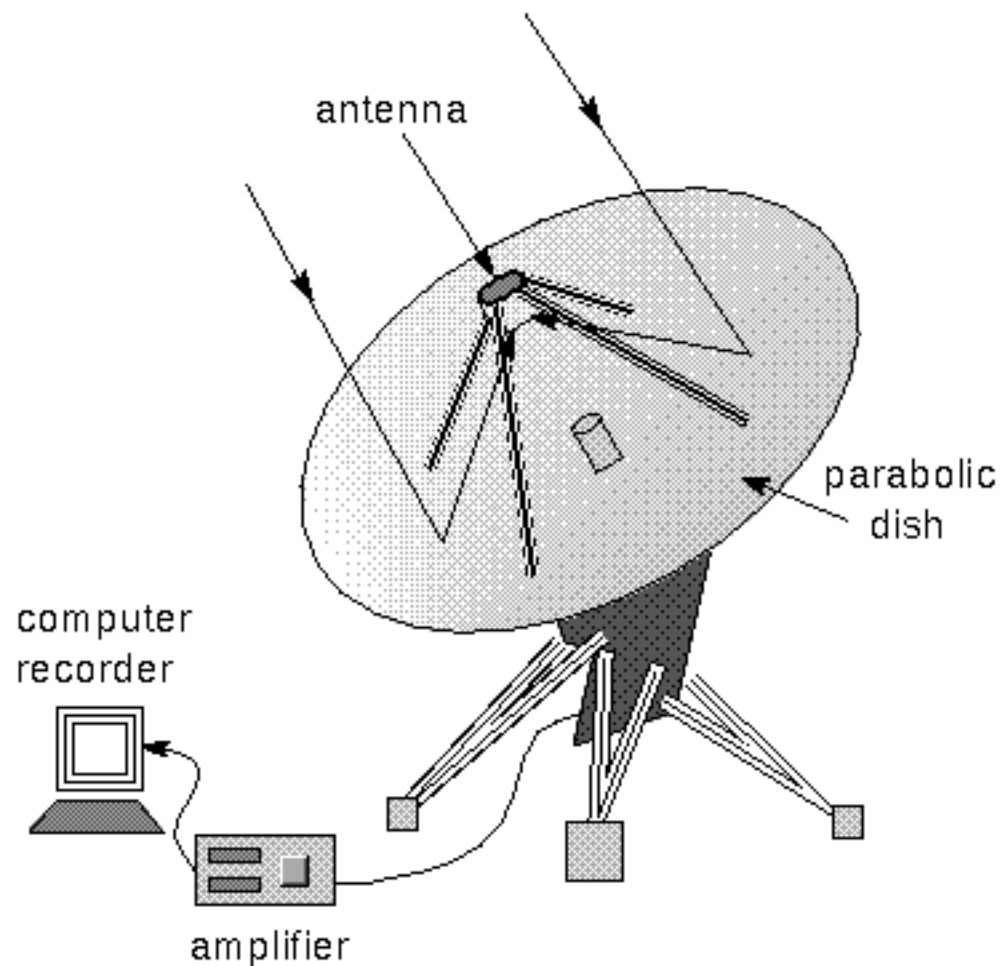
1932. – K. Jansky – otkriće radio-zračenja Mlečnog puta

jedina radio-fluksa: 1 jansky = 10^{-26} W/m²Hz

Radio vasiona ne liči na optičku!



Radio teleskop



Antena (kolektor) je puno ili rešetkasto paraboloidno metalno ogledalo čiji je cilj da u žižu prikupi što veću količinu energije radio-zračenja

Antena – dipol
= polutalasni dipol

A radio telescope reflects radio waves to a focus at the antenna. Because radio wavelengths are very large, the radio dish must be very large.

Problemi u registrovanju kosmičkog radio zračenja:

- Mala snaga kosmičkog radio-zračenja
- Mala razdvojna moć radio-teleskopa

$$\theta \sim \lambda / D$$

100m radioteleskop Efelsberg kod Bona

- primarno ogledalo: 100m, sekundarno: 6.5m
- radi na frekvencijama od 0.800 do 96 GHz



Radioteleskop Arecibo (305m) (Puerto Rico)



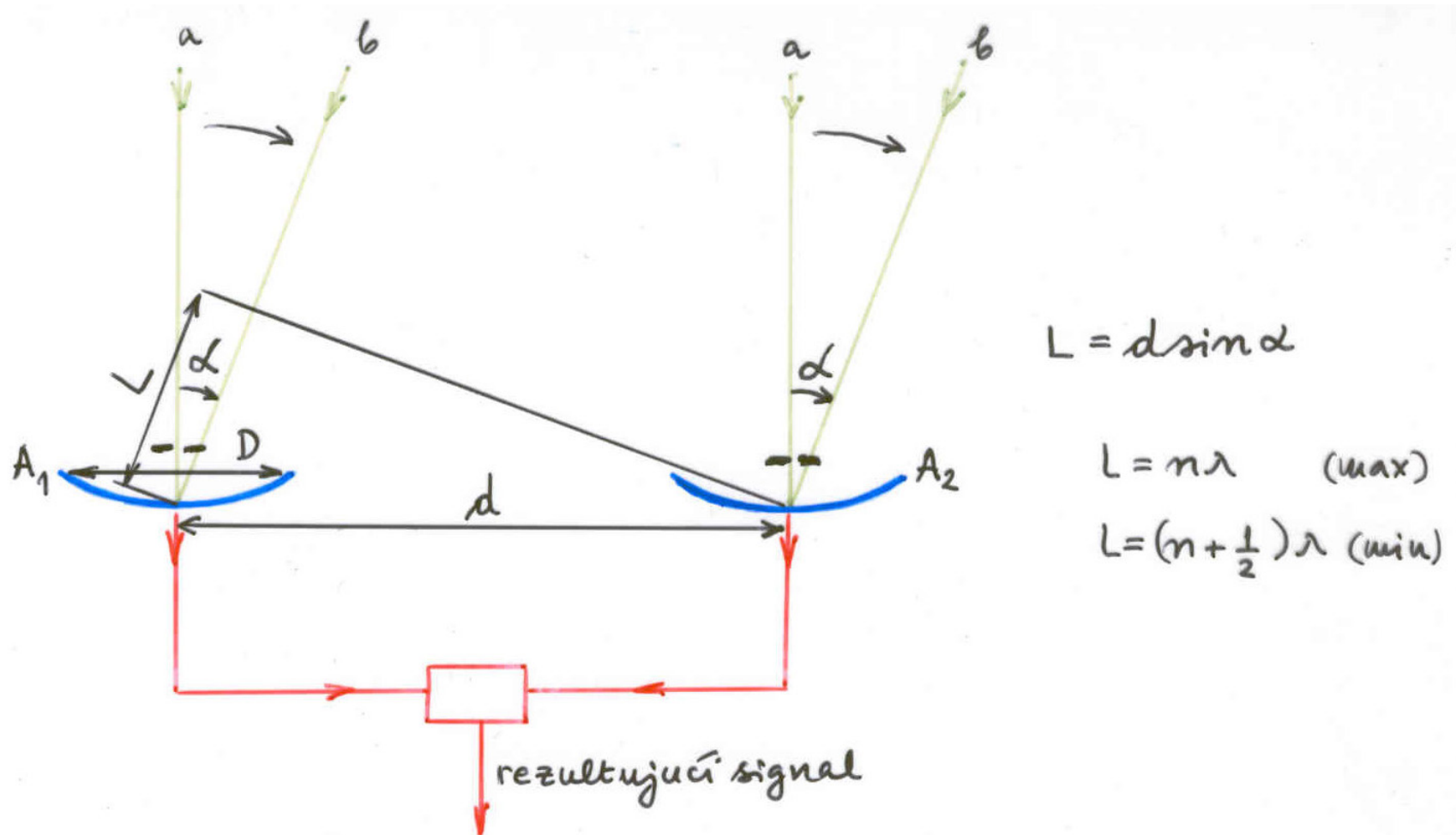
Radio-teleskop 500m, Kina, 2016.god

- FAST - Five 100m Aperture Spherical Telescope
- 4600 segmenata



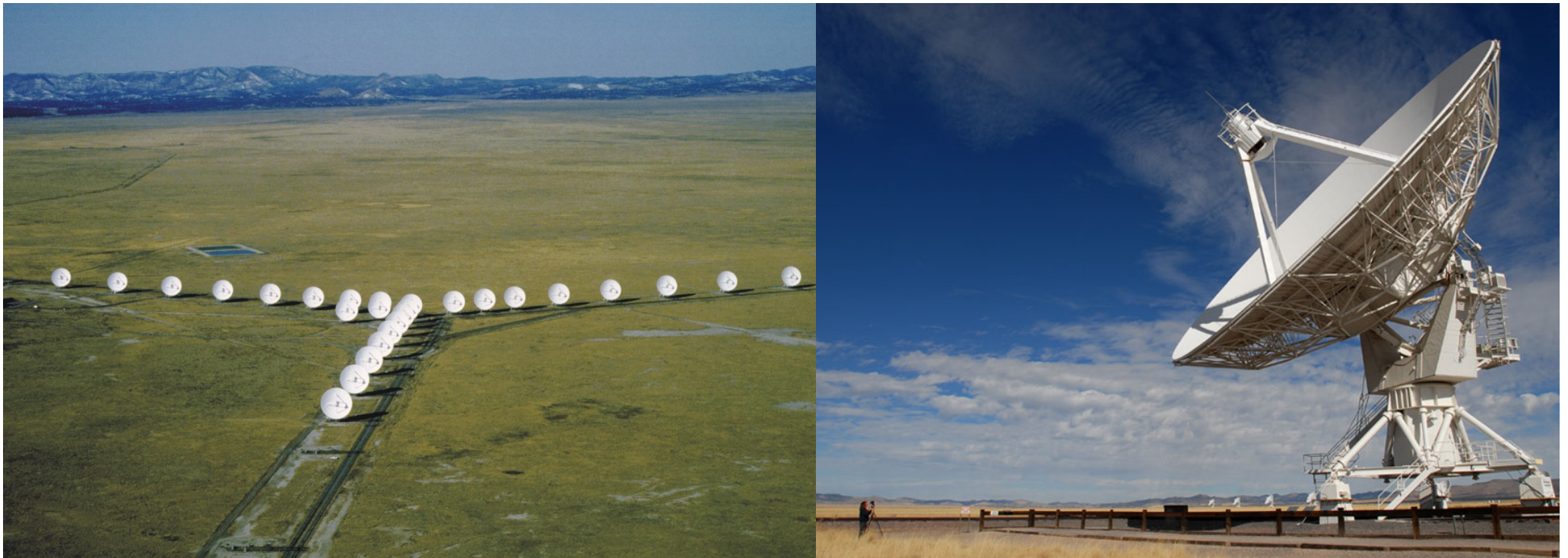
Radio-interferometer

Martin Ryle (1946)



VLA, Novi Meksiko

- 27 radio-antena, Y-konfiguracija
- svaka antena ima dijametar 25 metara
- mogu da daju rezoluciju jedne antene od 36km sa osetljivošću tanjira prečnika 130 m



Vanatmosferska astronomija

Detekcija UV zračenja

1962. – Ariel 1, PRVI satelit: UV zračenje Sunca

1968. – Orbitalna astronomska opservatorija OAO-2 – katalog sjajnih UV izvora i pregled neba na 100-300nm

1972. – OAO-3 (Copernicus) – spektri zvezda u UV oblasti

1978. – International Ultraviolet Explorer (IUE) – spektri zvezda i galaksija

1990. – Hubble Space Telescope (HST) – teleskop prečnika objektiva 2.4m

1992. – Extreme Ultraviolet Explorer (EUVE) – 12-91.2nm

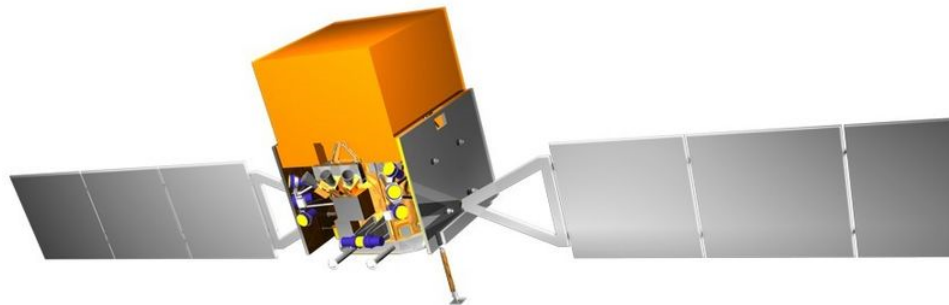
2003. – GALEX (The Galaxy Evolution Explorer) – 0.5 m

Detekcija X zračenja

- Za talasne dužine od 0.01 do 12nm – reflektori: neophodna je refleksija X fotona pod velikim upadnim uglom
- Za talasne dužine manje od 0.01nm - proporcionalni brojači: detektor je gas koji se jonizuje apsorpcijom X fotona – intenzitet struje je proporcionalan energiji upadnog zračenja
- 1970. – UHURU
- 1977. – High Energy Astrophysical Observatory (HEAO) – 3 satelita za X, gama zračenje i kosmičke zrake; HEAO-2 (Ajnštajn) – otkriveno nekoliko hiljada slabih izvora
- 1990. – ROSAT
- 1999. – Chandra (rezolucija 0.5 lučnih sekundi)

Detekcija gama-zračenja

- Interakcijom gama fotona sa jezgrima mete kreira se par – elektron i pozitron
- 1968. – detektovano prvo kosmičko gama zračenje
- 1975. – COS-B
- 1979. – HEAO – 3
- 1991. – Compton Gamma Ray Observatory
- 2008. – Fermi Gamma-ray Space Telescope



Detekcija IC zračenja

Teleskopi reflektori i IC detektori čvrstog stanja

Prijemnik: fotoprovodnik (slojevi emulzije ili kristali poluprovodnika)

1983. – Infrared Astronomical Satellite (IRAS)

1989. – za mikrotalasno pozadinsko zračenje - Cosmic Background Explorer (COBE)

1995. – Infrared Space Observatory

2009. – Herschel i Planck sateliti



Profesionalni teleskopi u Srbiji

Astronomska opservatorija u Beogradu

Veliki refraktor
D=65cm



Astronomska stanica Vidojevica

(kod Prokuplja)

- 60cm teleskop



- 1.4m teleskop Milanković

