



Instrumenti za raziskovanje vesolja

Gal Matijević
Fakulteta za matematiko in fiziko

Рис.3. Ракета-носитель с космическим кораблем «Восток-1»:
1 — головной обтекатель, 2 — спускаемый аппарат, 3 — толкатель, 4 — ферма-перехватчик;

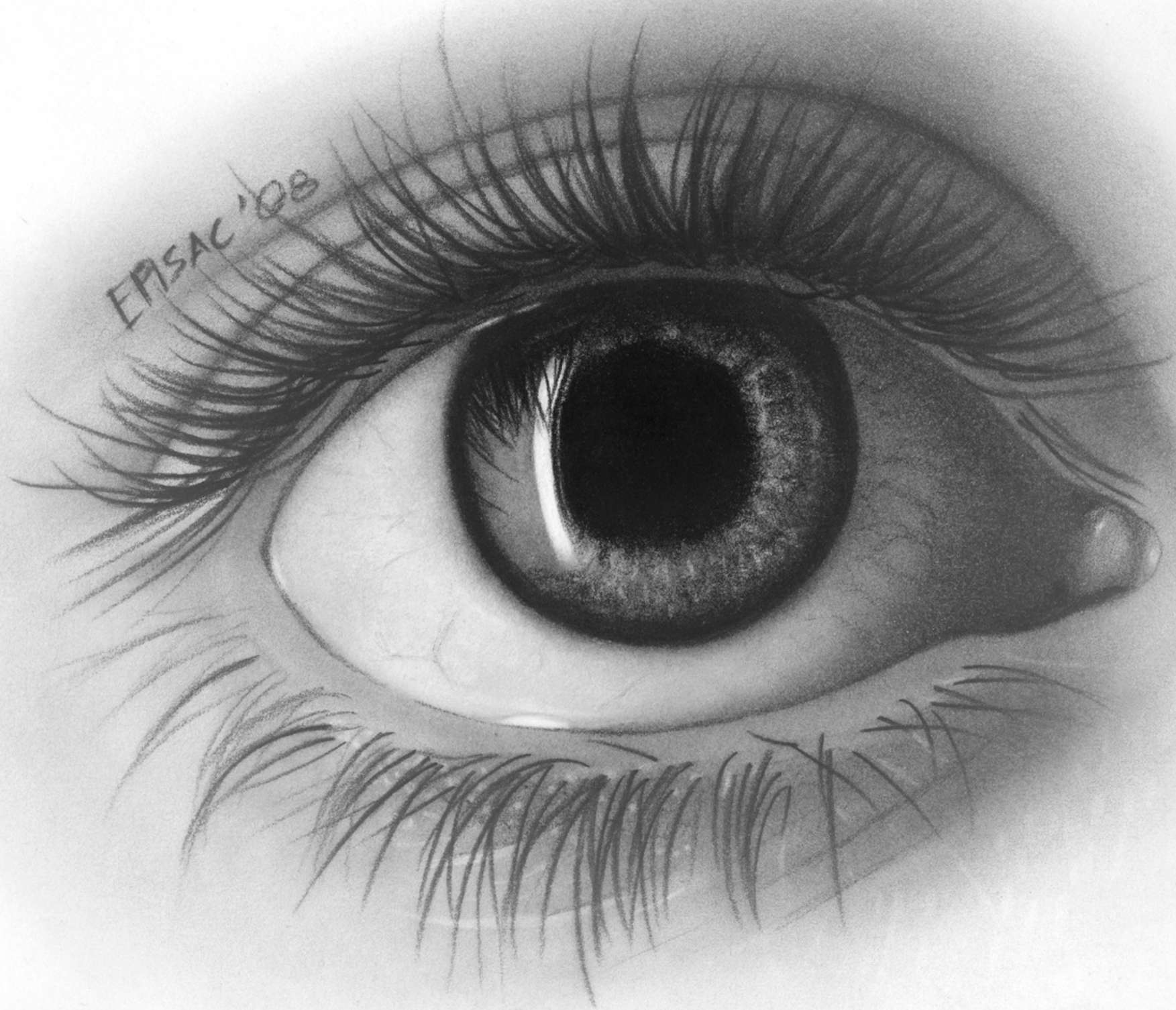
5 — рулевое сопло блока E, 6, 14 — выхлопные сопла приборного отсека блока A; 8 — бак окислителя блока A, 9 — кронштейн, 10 — бак жидкого топлива; 11 — бак окислителя бокового блока, 12 — бак горючего блока A, 13 — бак горючего бокового блока, 14 — стержни стержней, 15 — двигатель РД-108, 16 — двигатель ДВ-10Р, 17 — двигатель РД-7, 18 — двигатель РД-7.
VI — заключительный шов (окислительной стержневой), VII — шов точечной сварки; VIII — заключительный шов (окислительной стержневой), IX — старый шов


Uvod

- Astronomija se razlikuje od ostalih znanosti, saj ni nikoli mogoče izvesti nadzorovanega eksperimenta
- [Podobno z arheologijo]
- [Posledica dejstva, da smo ujeti v prostoru in času]

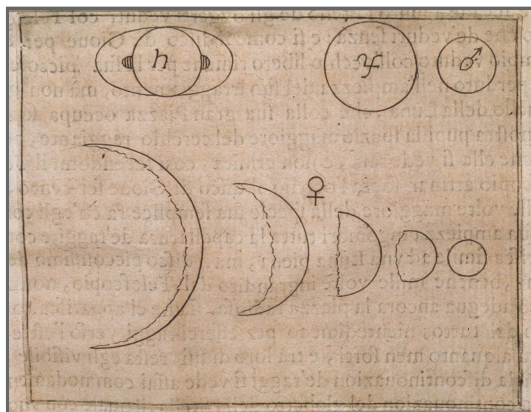
- **Opazovanje!**

EPISAC '08



- 
- Astronomija ena najstarejših znanosti
 - Mnoge antične civilizacije so metodično opazovale nočno nebo
 - Praktični razlogi (koledar, poplave Nila...)
 - Imena planetov (Merkur, Venera, Mars...)
 - Imena ozvezdij (Kasiopeja, Kefej, Andromeda...)

- Razvoj teleskopa v začetku 17. stoletja [Hans Lippershey]
- Galileo Galilei prvi uporabil teleskop za opazovanje nočnega neba [začetek sodobne opazovalne astronomije]
 - Luna in kraterji na njej
 - Venerine mene
 - Jupitrove lune
 - Saturnov obroč
 - Sončeve pege



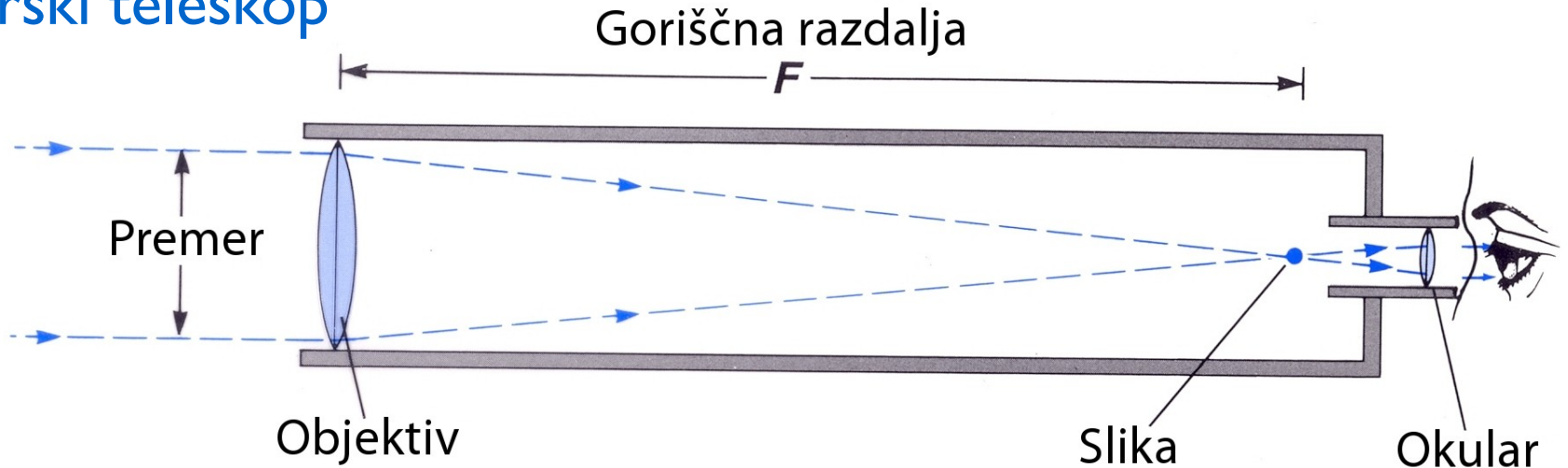
Observations de Venus
1610

20. mars.	○ **
30. mars.	** ○ *
2. avr.	○ ** *
3. mars.	○ * *
3. Ho. s.	* ○ *
7. mars.	* ○ **
6. mars.	** ○ *
8. mars. H. 13.	* * * ○
10. mars.	* * * ○ *
11.	* * ○ *
12. H. 4. vesp.	* ○ *
17. mars.	* * ○ *
14. Mars.	* * * ○ *

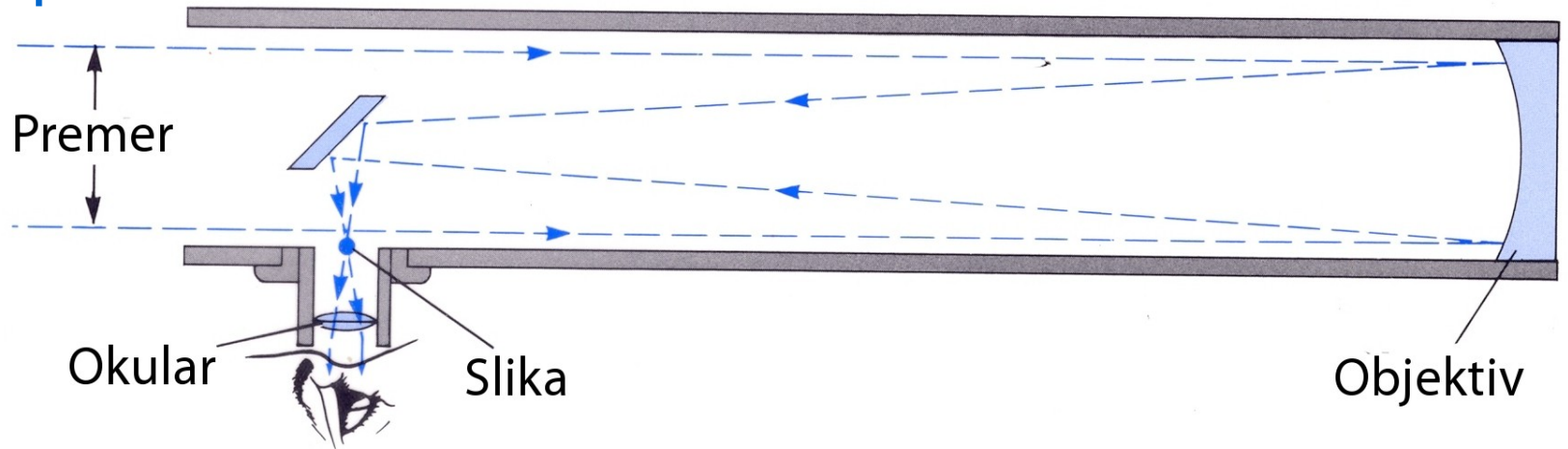


Teleskop

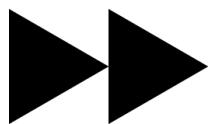
Refraktorski teleskop



Zrcalni teleskop

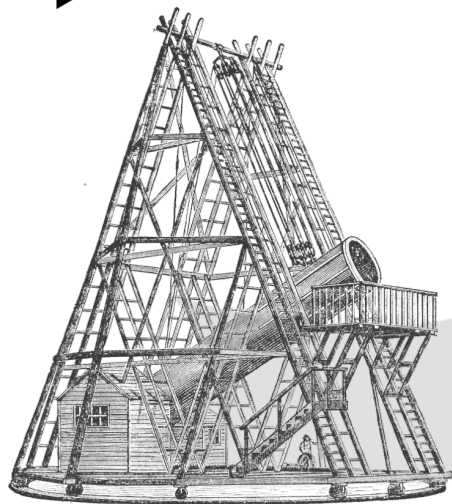


Ločljivost teleskopa (najmanjša podrobnost, ki jo lahko razločimo) je neposredno povezana s premerom objektiva

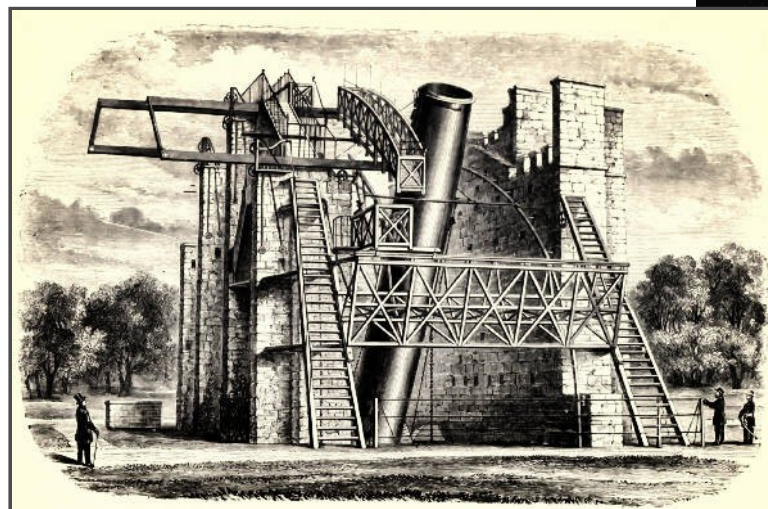


v 20. stoletje

[večje **je** boljše]



William Herschel (1789) - **1.2m**

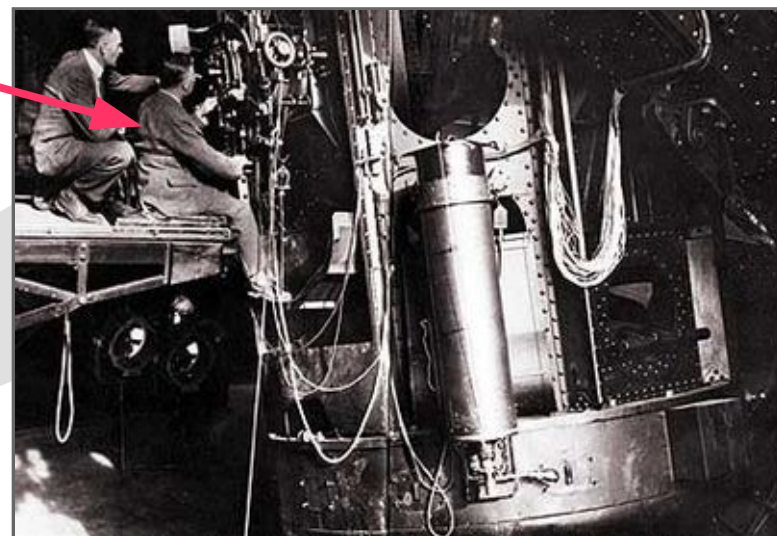


Lord Rosse (1845) - **1.8m**

E. Hubble



Haleov teleskop (1949) - **5m**



Hookerjev teleskop (1917) - **2.5m**

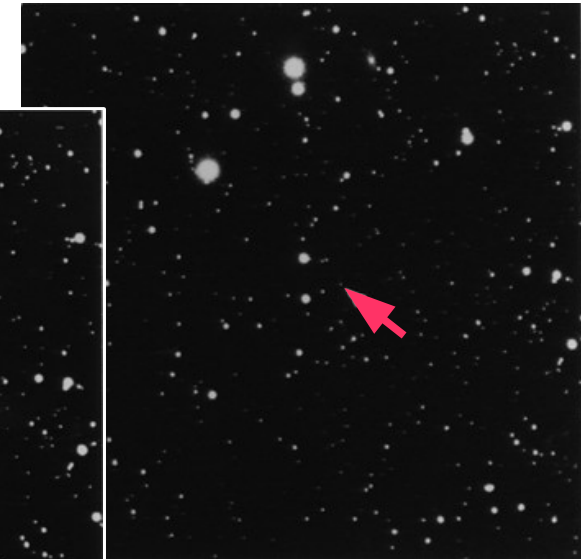
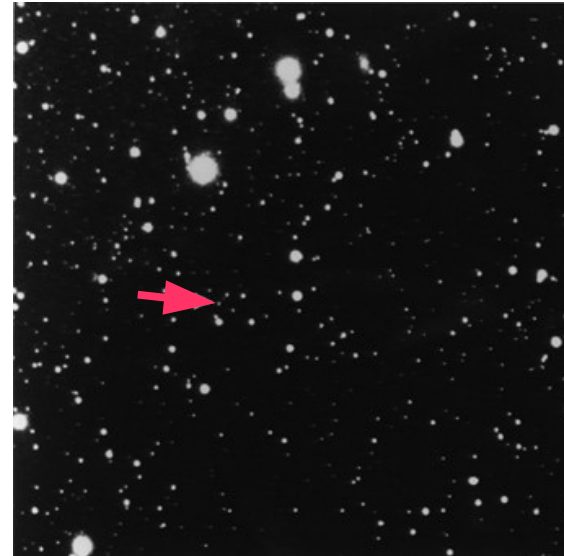
• Fotografija namesto vizualnih opazovanj

- Precej boljša občutljivost v primerjavi z očesom
- Posnetke je mogoče analizirati kasneje
- Posnetek je bolj objektivni

Prva astrofotografija



John Draper (1839)



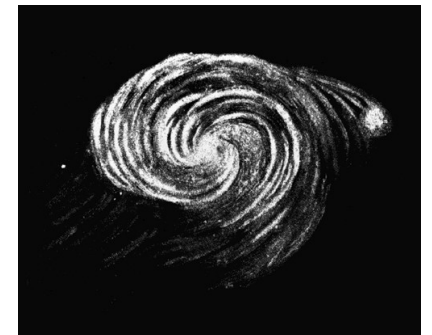
Odkritje Plutona

Clyde Tombaugh (1930)



George Ritchey (1910)

Galaksija M51

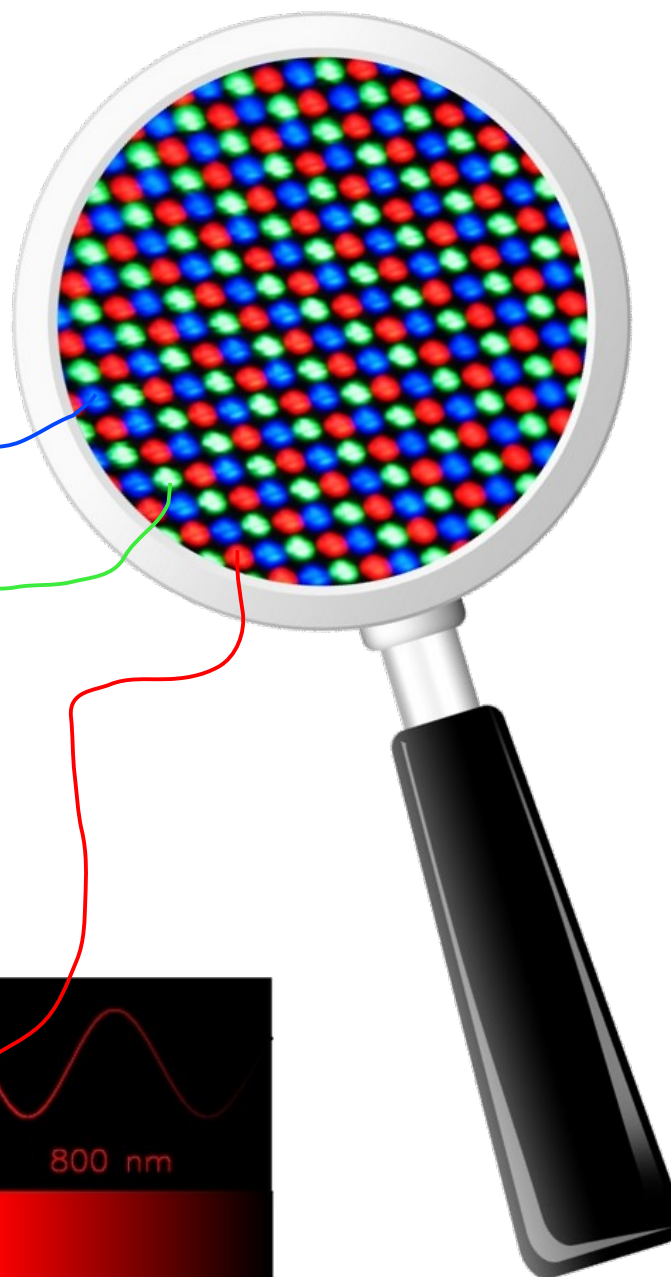
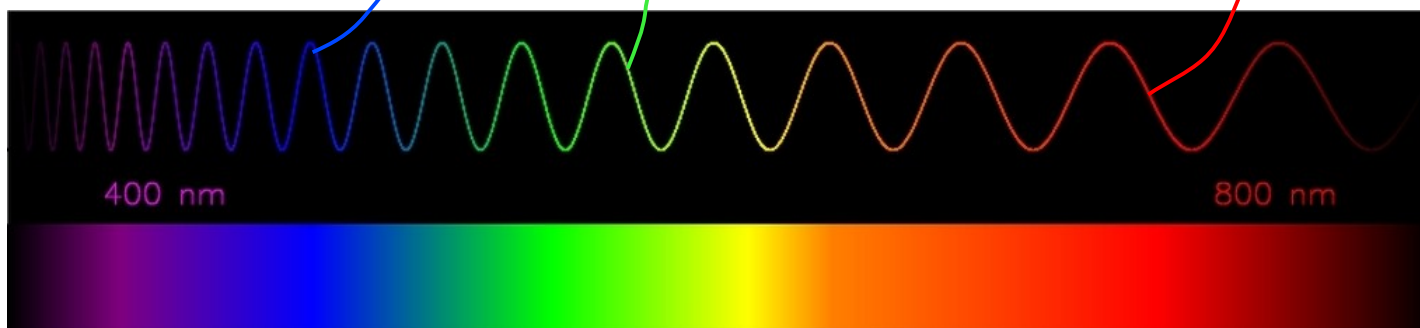


Svetloba

- Elektromagnetno valovanje
- Bela svetloba je sestavljena iz **barv**

- $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$
 - ↑ energija
 - ↑ frekvenca
 - ← valovna dolžina

- Spekter

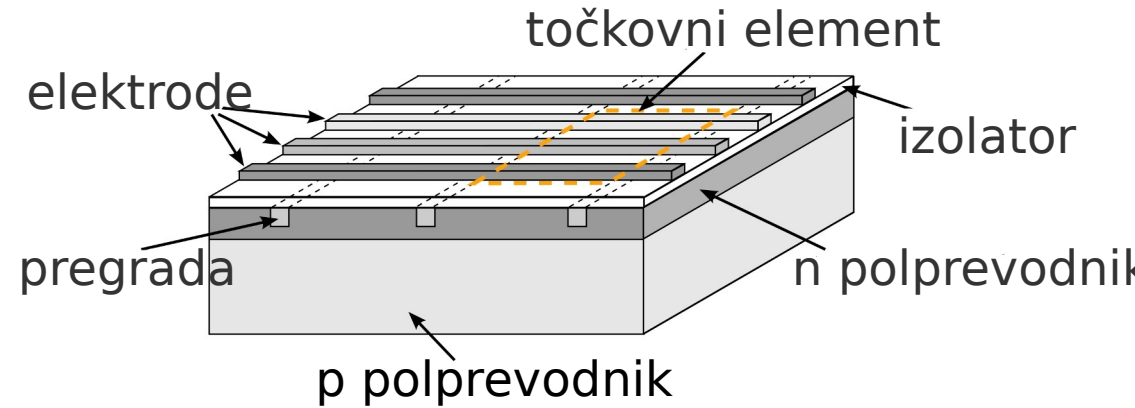
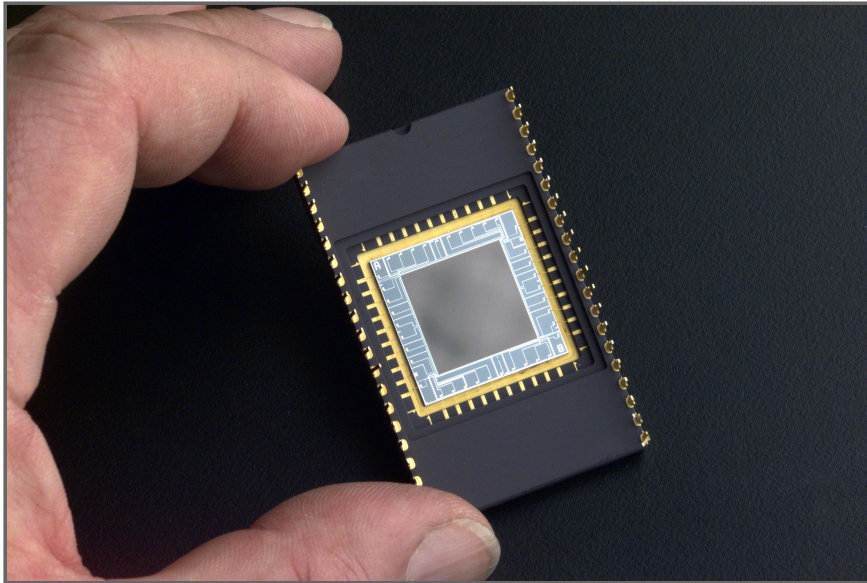


Teleskop + detektor

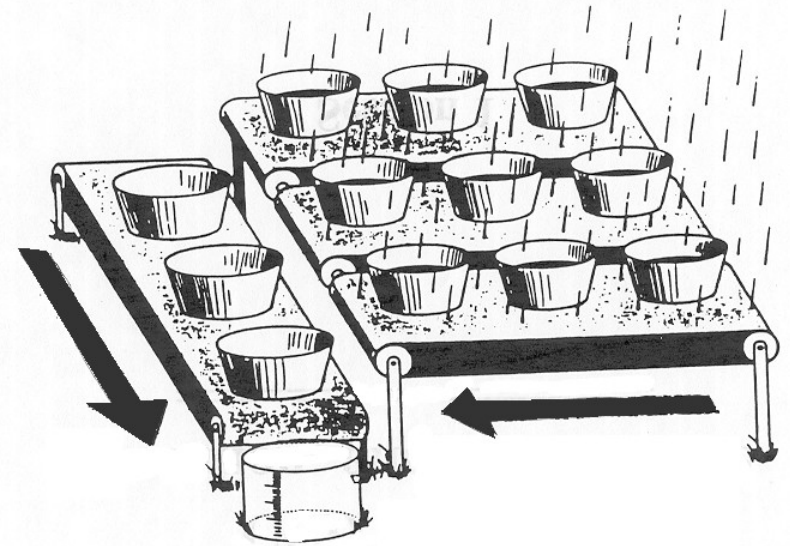
Teleskop (zbira svetlobo)

Detektor – oko, fotografska plošča/film, CCD kamera (zajema svetlobo)

CCD kamera

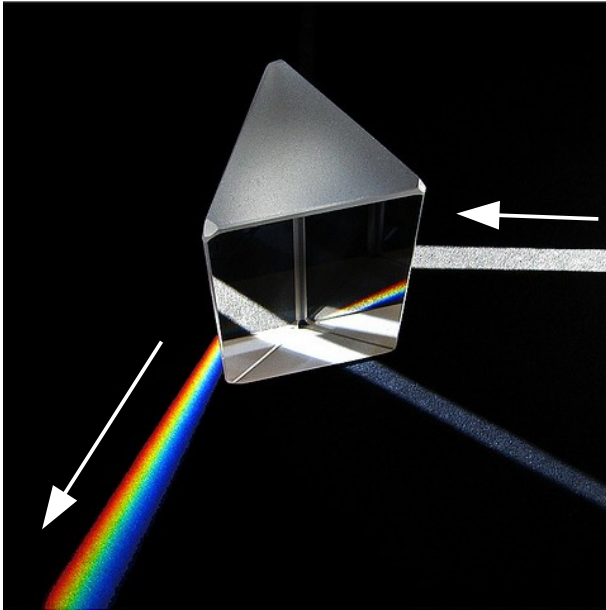


- Danes najpogostejši detektor
- **Linearnost** odziva
- Kamera zaznava le intenziteto -
barvni filtri

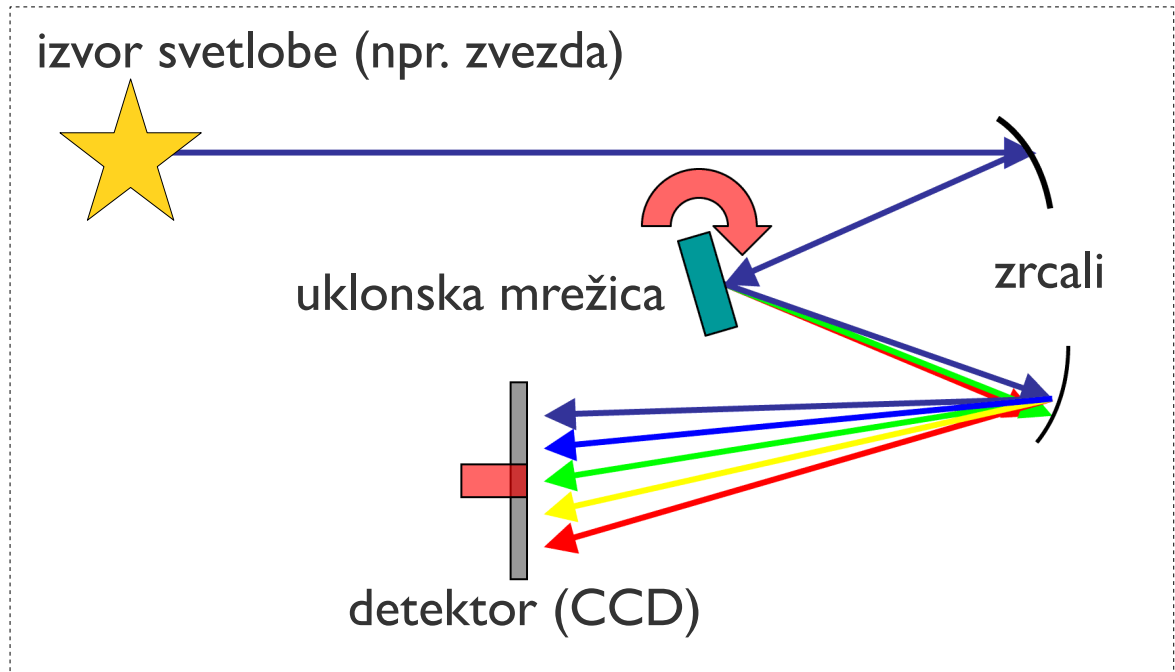


Spektrograf

Prizma



Spektrograf na uklonsko mrežico



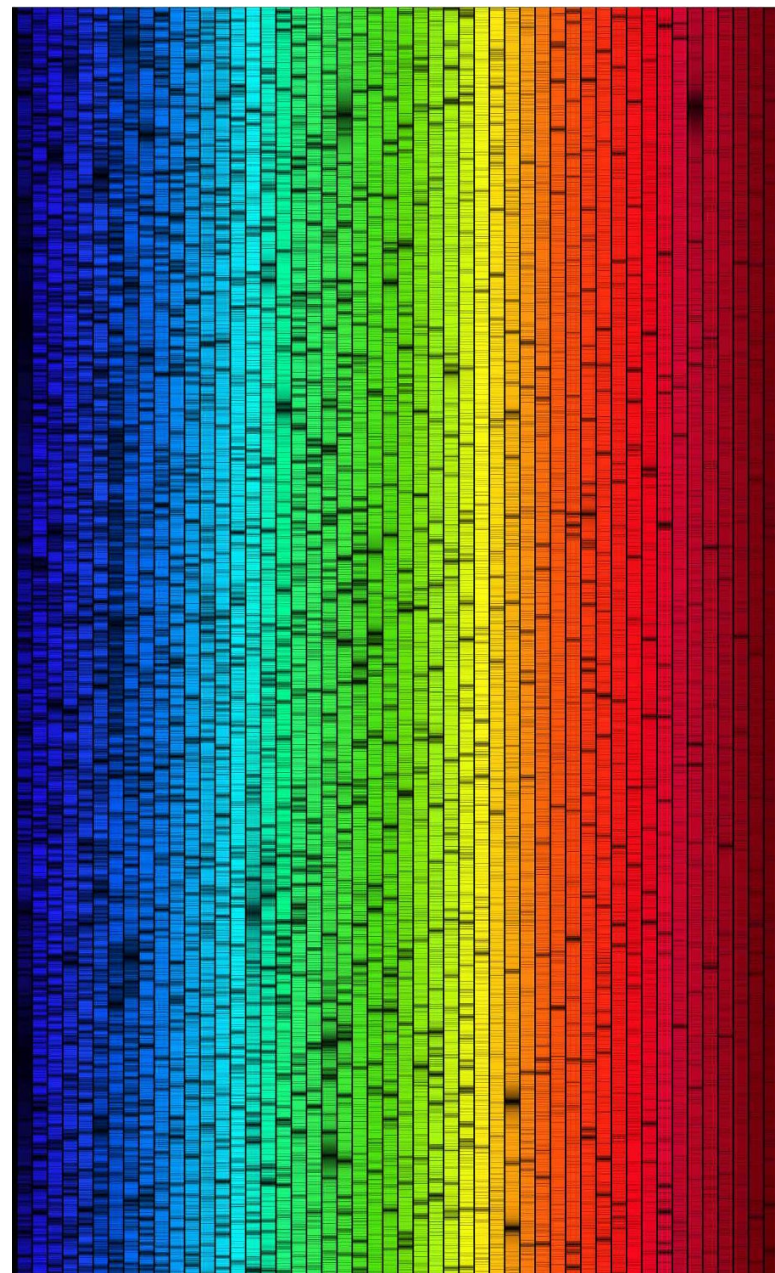
- Porazdelitev intenzitete svetlobe po barvi (energiji)

Fotometrija



(Keith Schlottman)

Spektroskopija

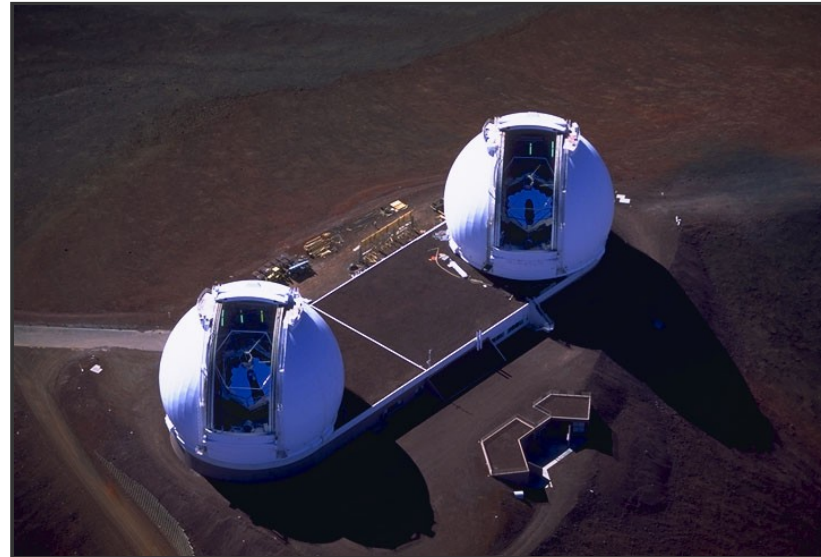


(NOAO/AURA/NSF)

Moderni instrumenti za raziskovanje vesolja

Optični teleskopi

Keck (Mauna Kea) – 2 × 10m



VLT (Cerro Paranal) – 4 × 8.2m



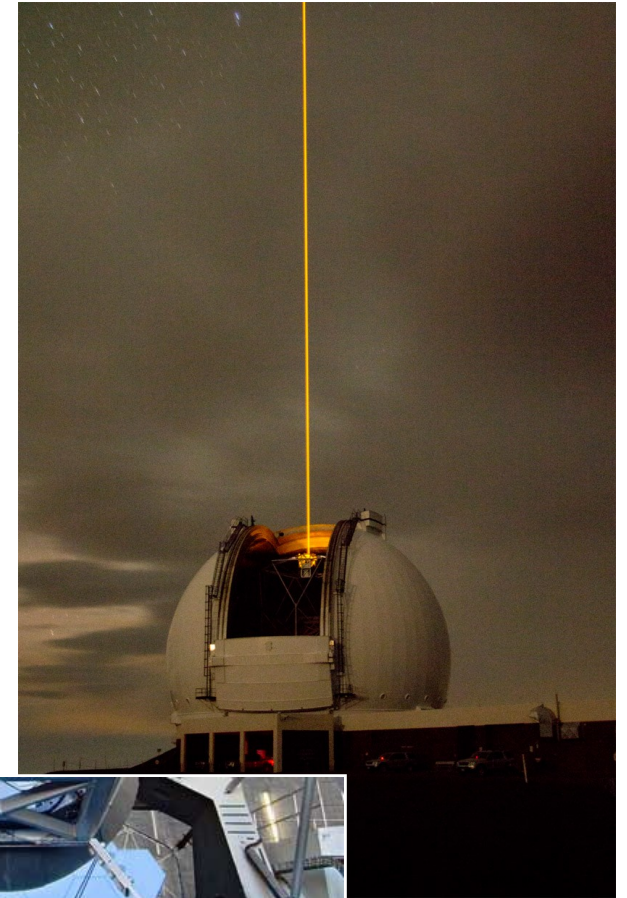
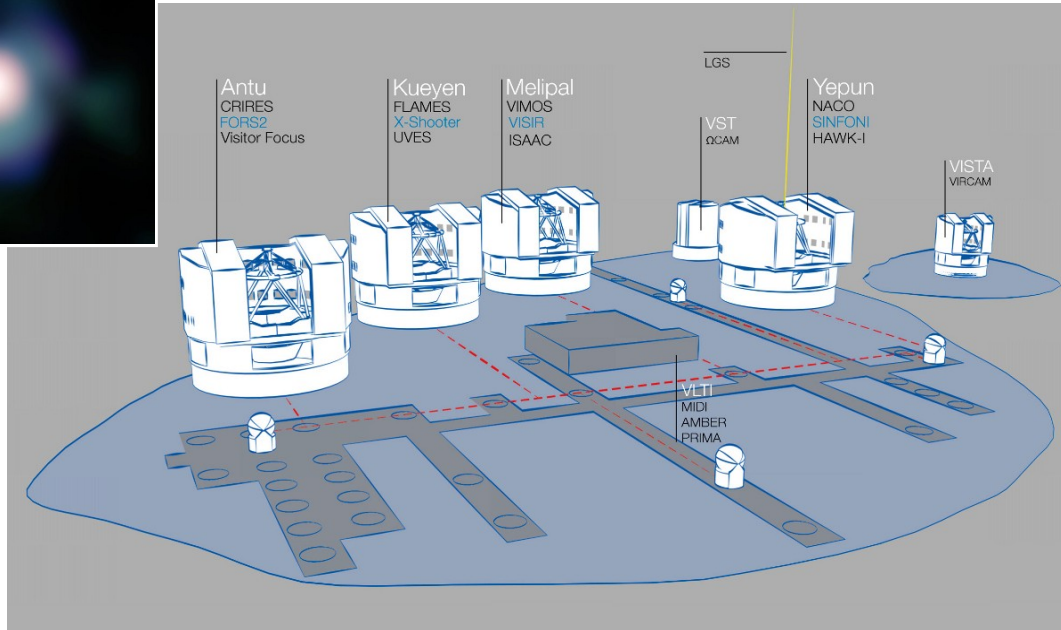
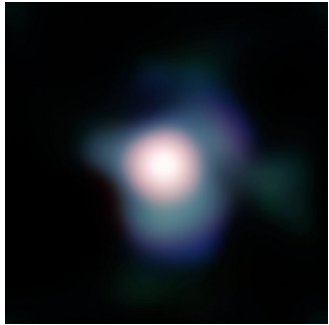
Subaru (Mauna Kea) – 8.3m



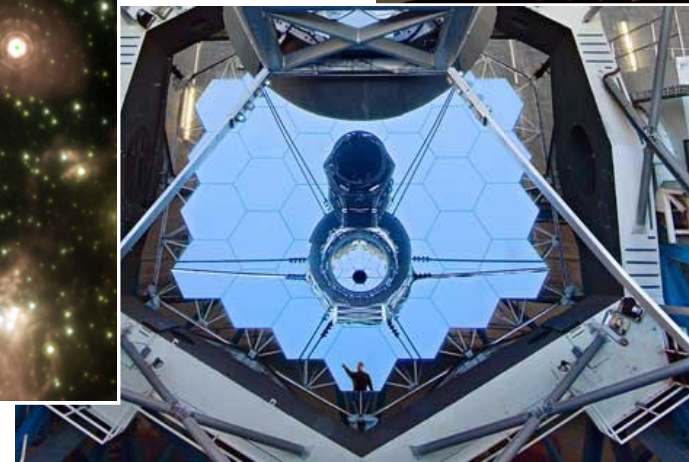
Teleskop	Cassegrain	Nasmyth A	Nasmyth B
1	FORS 2	CRIRES	uporabnik
2	X-Shooter	FLAMES	UVES
3	VISIR	ISAAC	VIMOS
4	SINFONI	HAWK-I	NACO

Interferometrija in adaptivna optika

Betelgeza



središče Galaksije



Kemična sestava zvezd in galaksij

Rjave pritlikavke

Masivne dvojne zvezde

Kvazarji (aktivna galaktična jedra)

Spektroskopija zasijev izbruhov sevanja gama

Nevtronske zvezde, pulzarji

Supernove

Eksoplaneti

Gravitacijsko lečenje

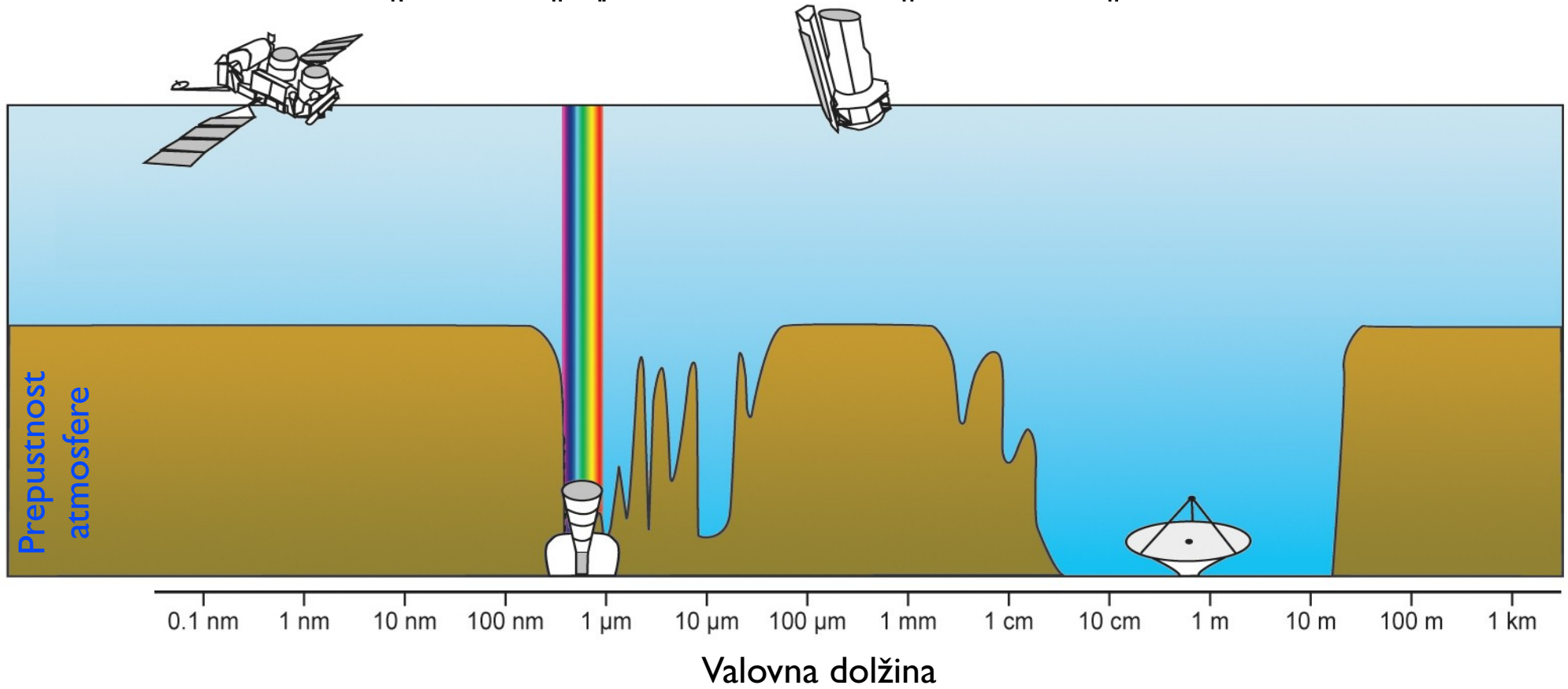
Struktura Rimske ceste

...

Nepopoln seznam projektov,
katerih rezultati so bili objavljeni v
zadnjem letu

Celoten spekter elektromagnetnega valovanja

sevanje gama rentgensko sevanje ultravijolična svetloba V infrardeča svetloba mikrovalovi radijski valovi

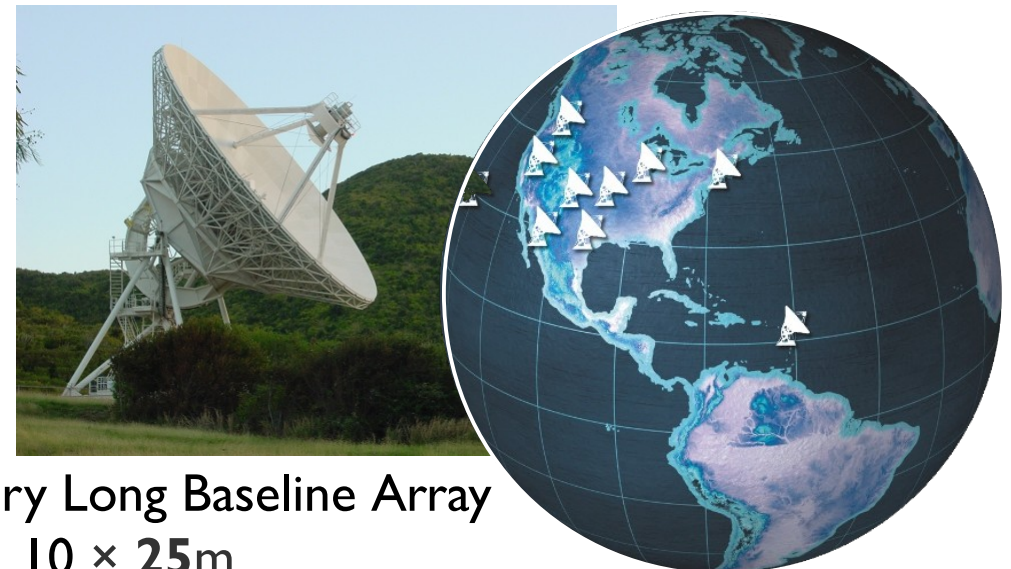


Radijska astronomija

Arecibo - **305m**



VLA – Very Large Array
 $27 \times 25\text{m}$

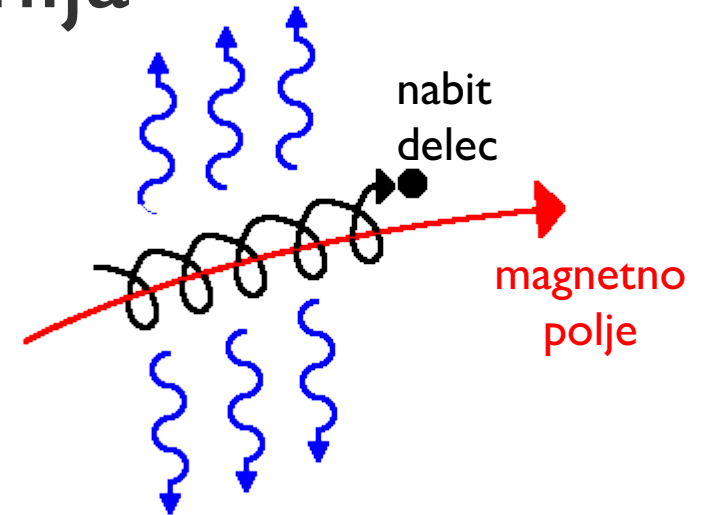


VLBA - Very Long Baseline Array
 $10 \times 25\text{m}$

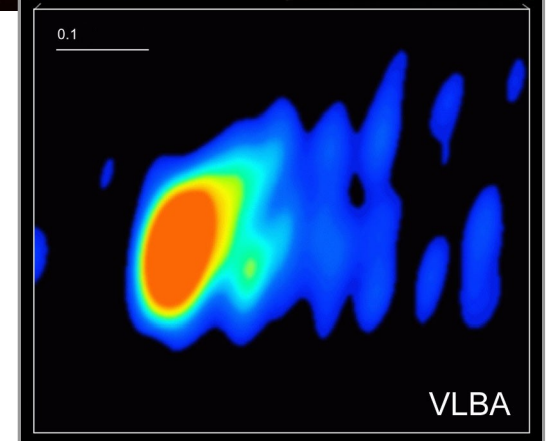
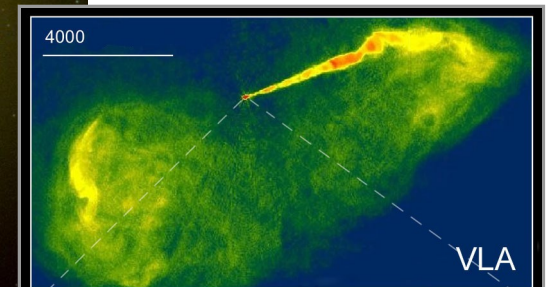
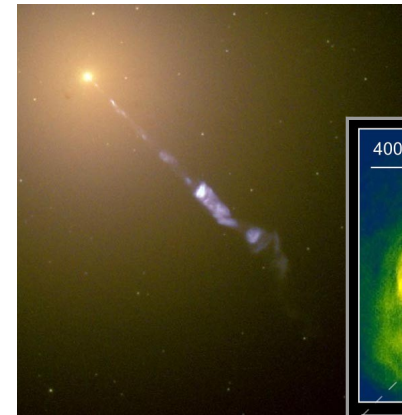
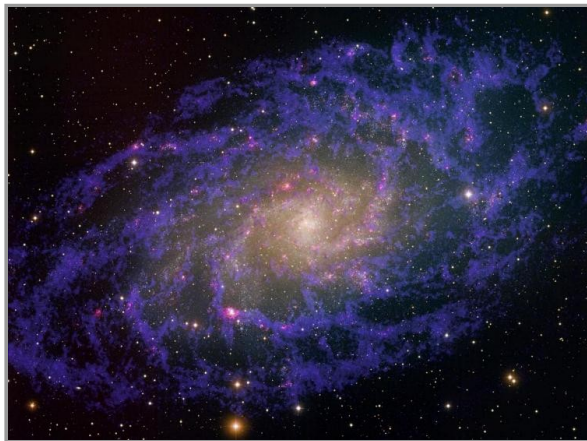
Radijska astronomija

- Aktivna galaktična jedra
- Pulzarji
- Ostanke supernov

Sinhrotronsko
sevanje



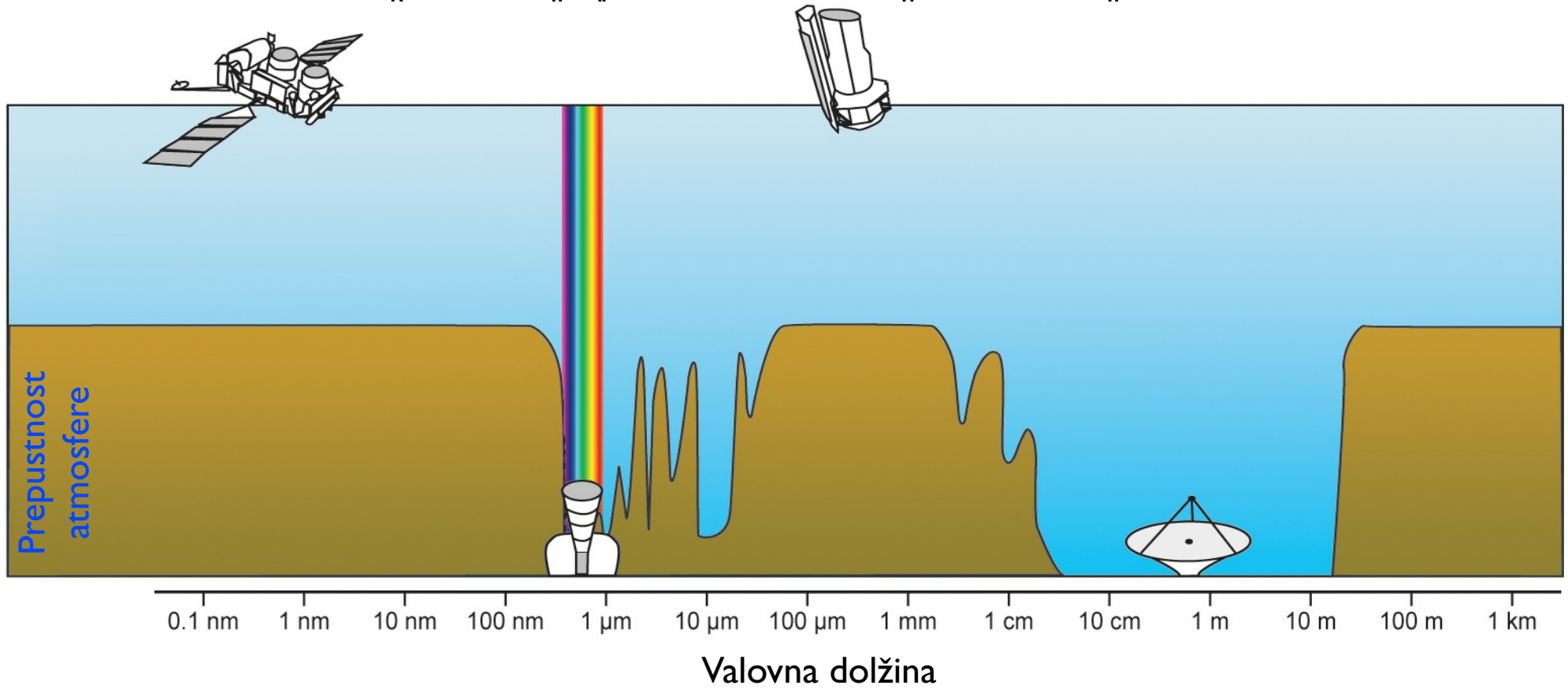
- Hladen nevtralen vodik (21 cm)



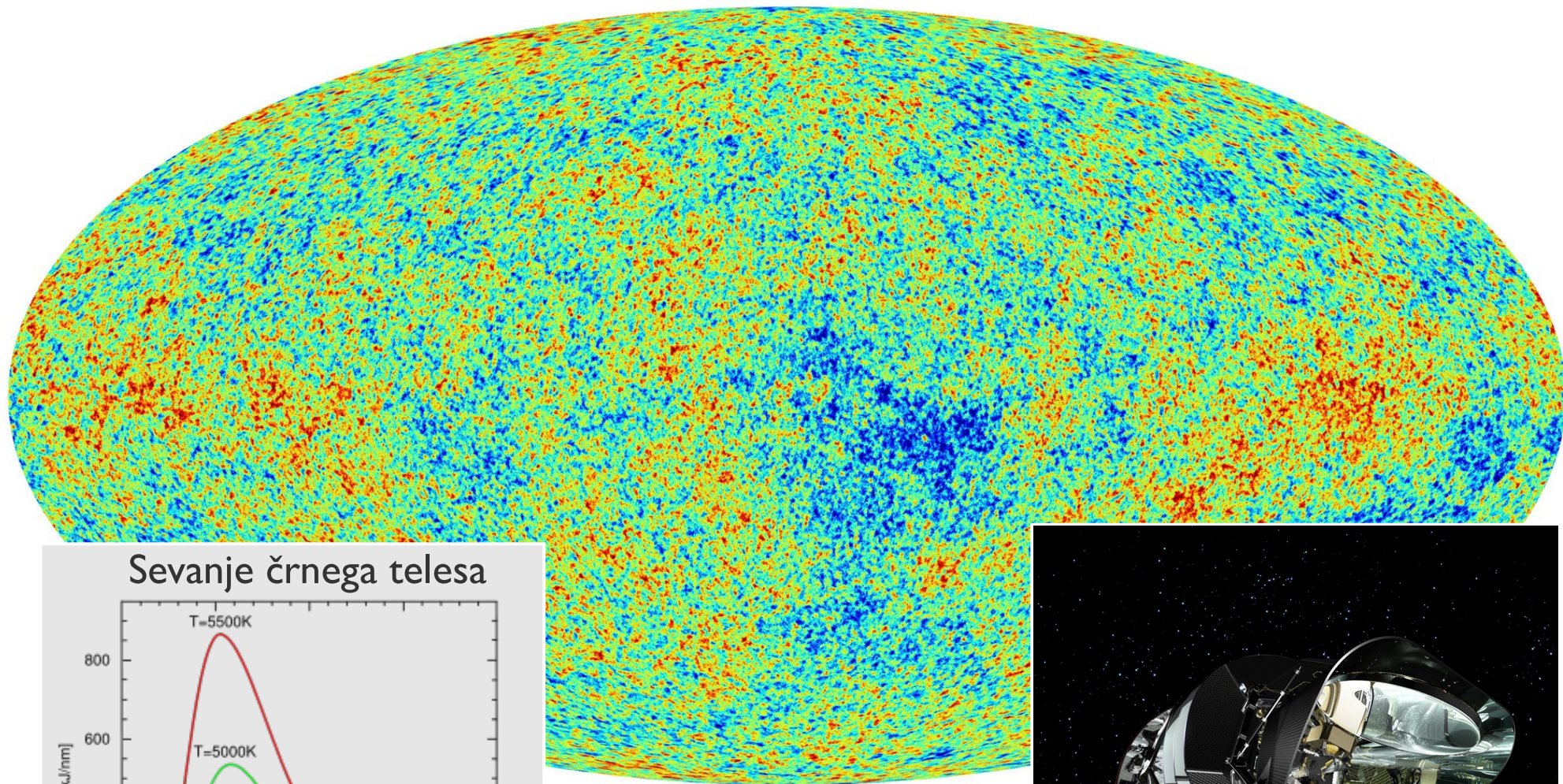
- Sonce (kadar je aktivno) in ostale zvezde
- SETI – Search for Extra-Terrestrial Intelligence

Celoten spekter elektromagnetnega valovanja

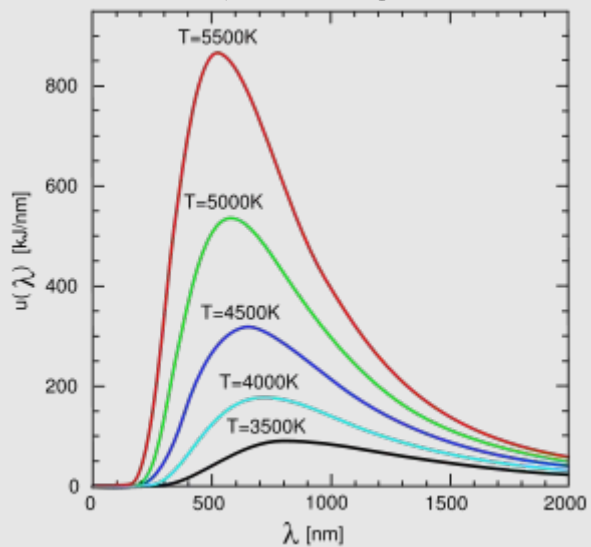
sevanje gama rentgensko sevanje ultravijolična svetloba V infrardeča svetloba mikrovalovi radijski valovi



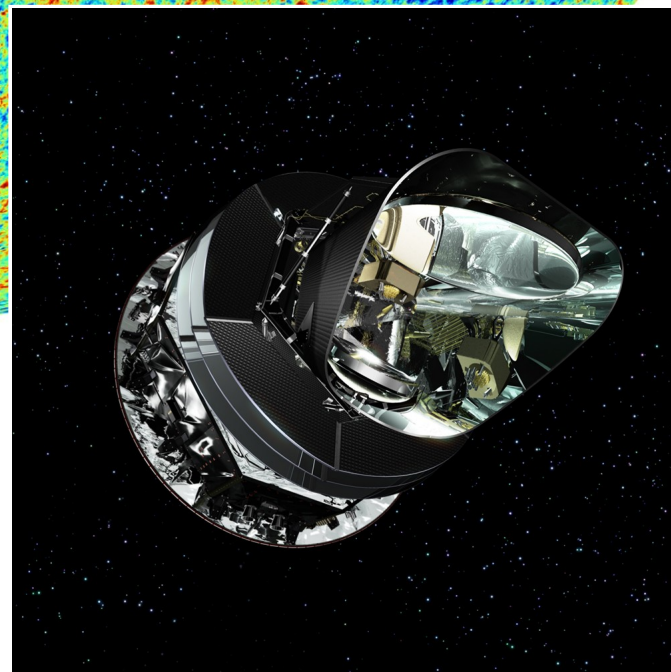
Mikrovalovi - prasevanje



Sevanje črnega telesa



Satelit Planck
30 - 70 GHz
100 - 860 GHz
(nekaj mm)



Infrardeče območje

Herschel – 60 - 670 μ m



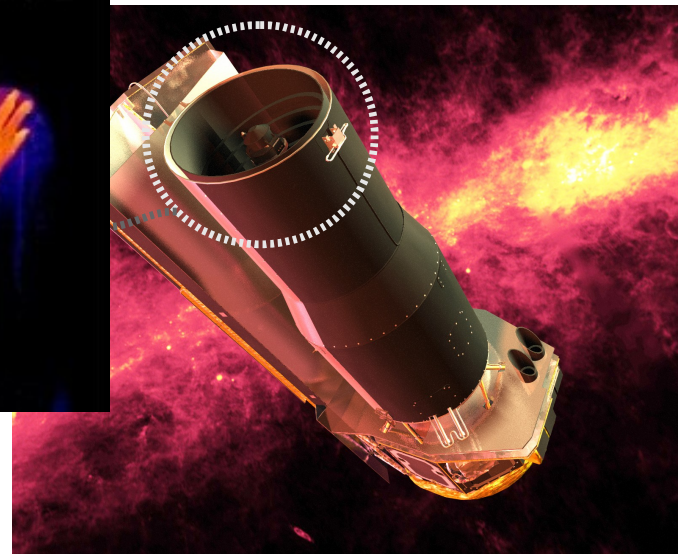
SOFIA



NASA/IPAC



Spitzer – 3 - 180 μ m



Infrardeče območje

vidna svetloba



IR - Spitzer



3.6 μm (modra)
4.5 μm (zelena)
5.8 μm (oranžna)
8.0 μm (rdeča)

Vidno območje



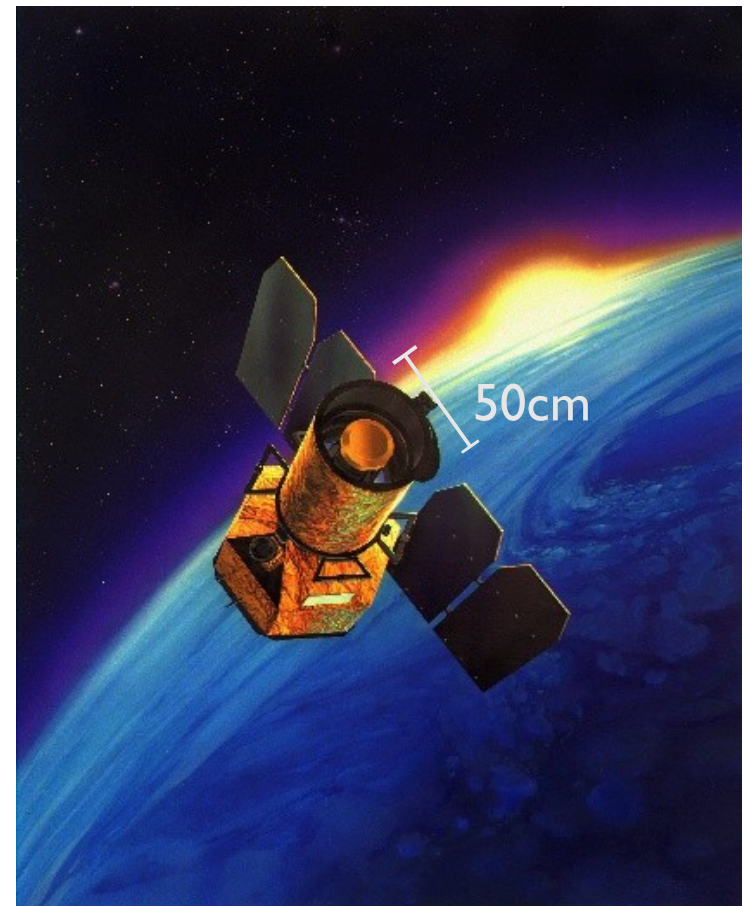
Vesoljski teleskop Hubble
(tudi IR in UV)

Ultravijolična svetloba

- GALEX (135 - 280 nm), IUE, EUVE (7 - 76 nm)



Vroče zvezde v galaksiji M81



GALEX (2003)

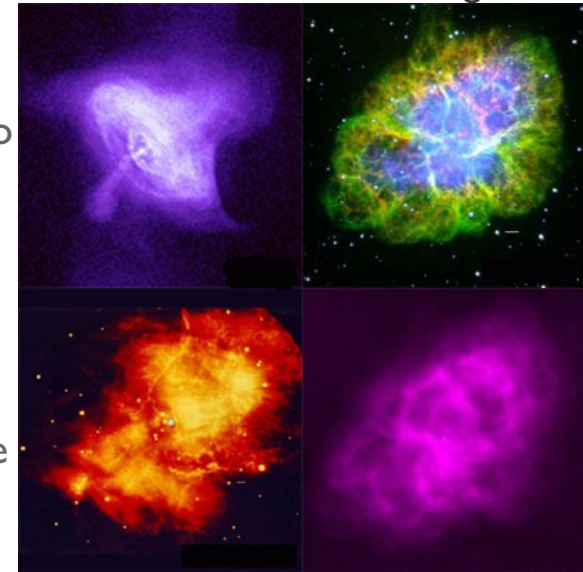
Visoke energije (rentgensko sevanje)

XMM Newton (0.5 keV - 15 keV)



rentgensko sevanje

Meglica M1



vidna svetloba

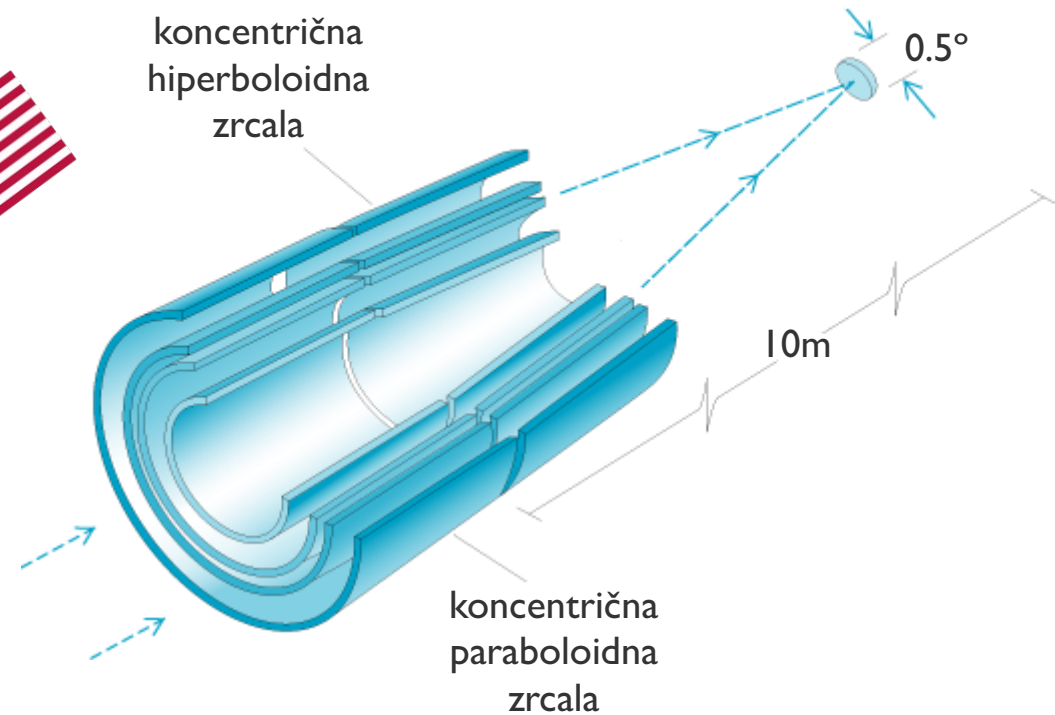
IR sevanje

radijsko sevanje

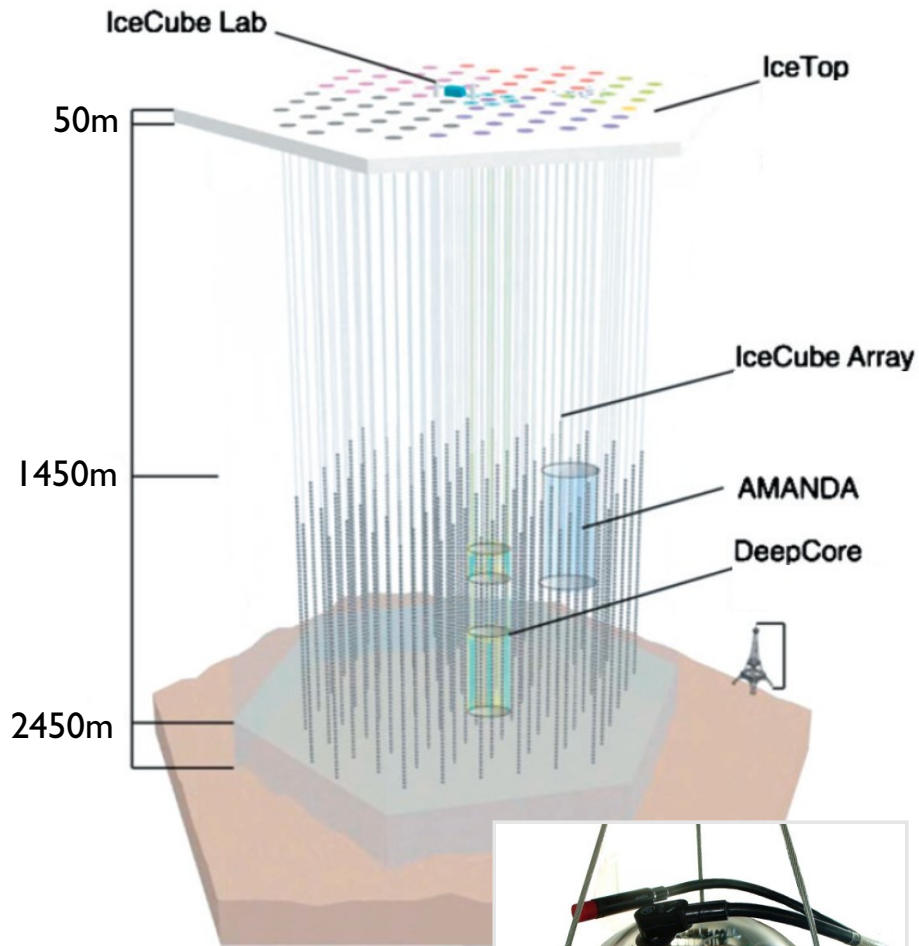
Chandra (0.1 keV - 10 keV)



koncentrična hiperboloidna zrcala



Nevtrini, temna snov in gravitacijski valovi



IceCube



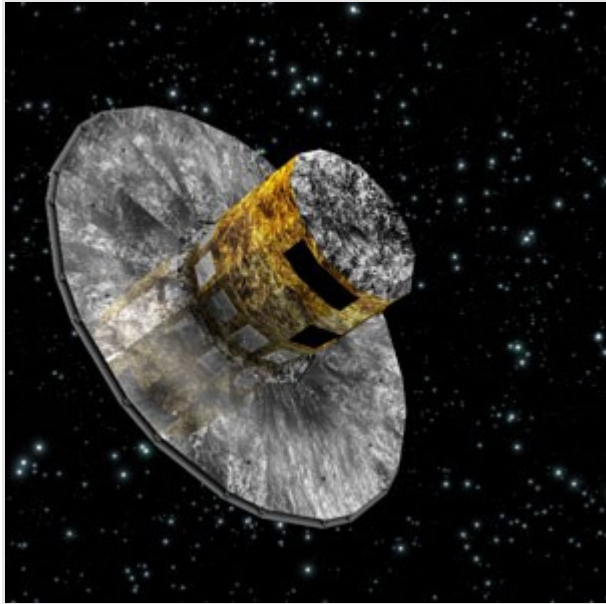
DAMA/LIBRA



LIGO

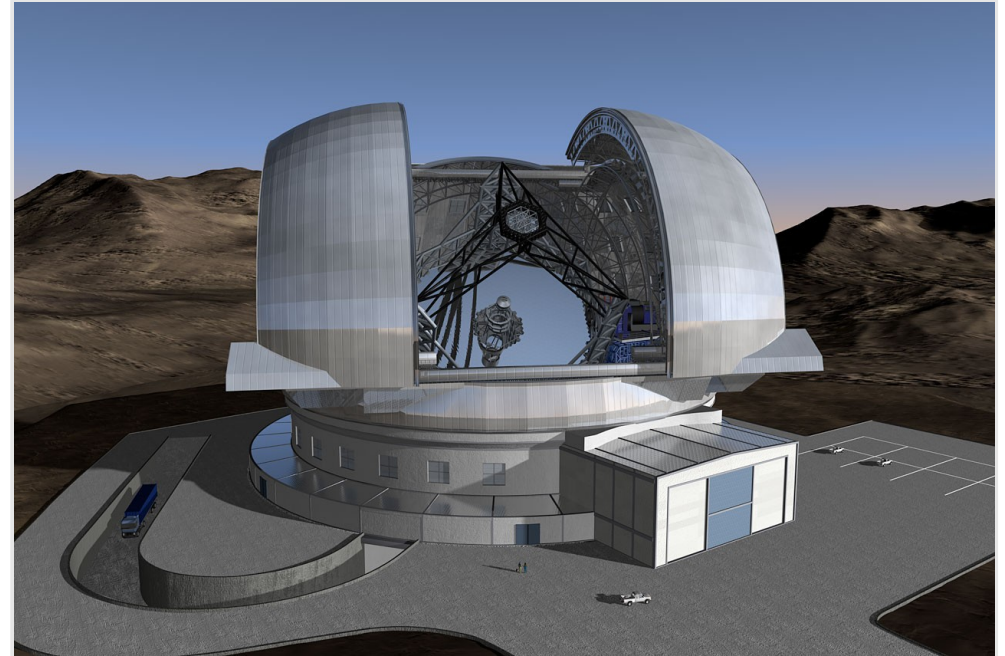


Kaj bo prinesla prihodnost?

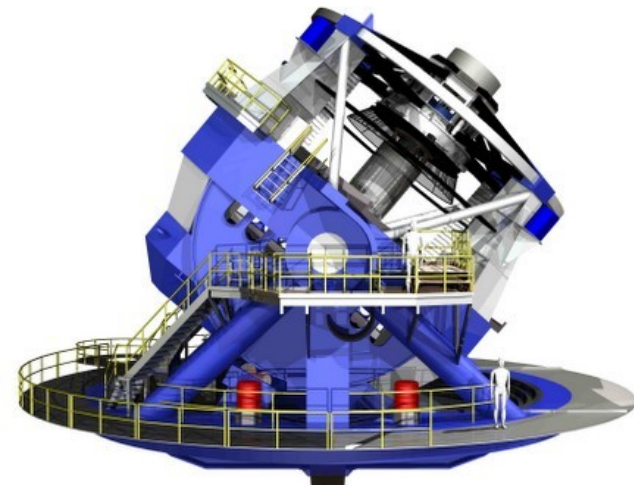
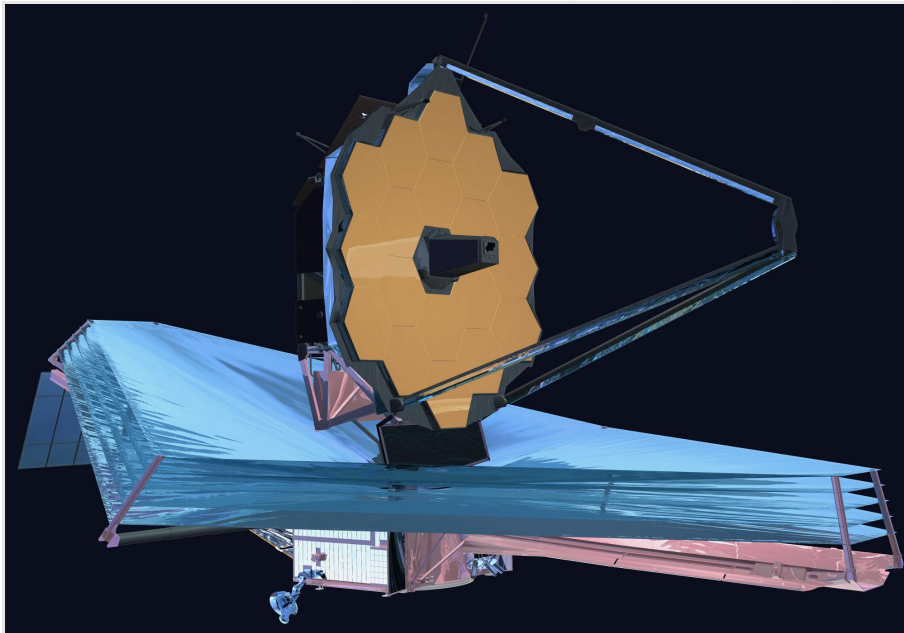


Gaia
(2013)

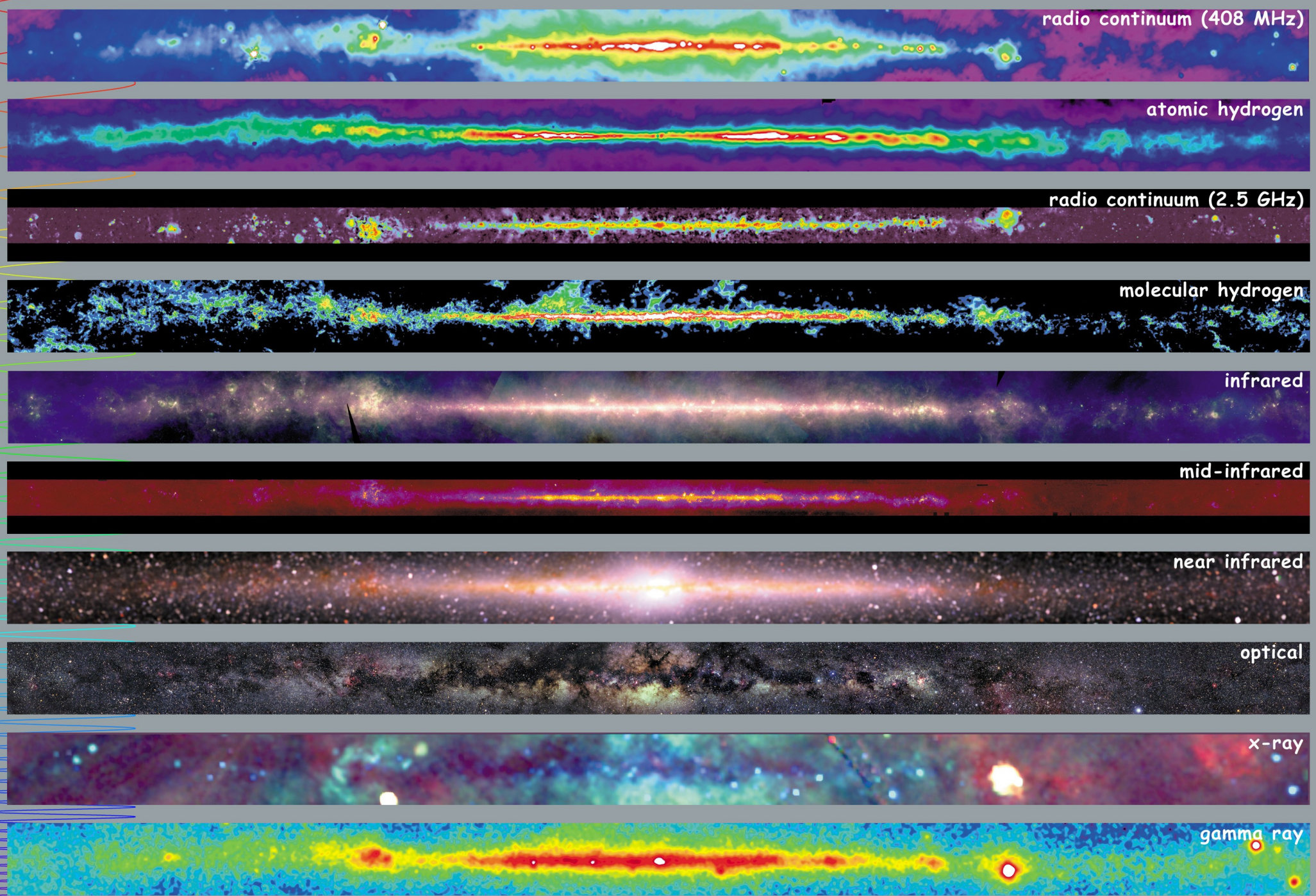
E-ELT – 42m (2018)



James Webb Telescope – 6.5m (0.6 – 28 μ m) (2015)



LSST
(2015)



radio continuum (408 MHz)

atomic hydrogen

radio continuum (2.5 GHz)

molecular hydrogen

infrared

mid-infrared

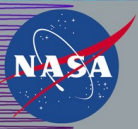
near infrared

optical

x-ray

gamma ray

<http://adc.gsfc.nasa.gov/mw>



Multiwavelength Milky Way