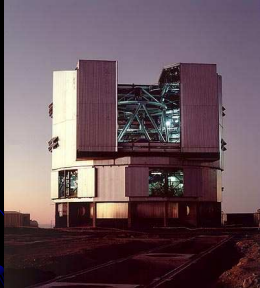


Översiktskurs i astronomi Lektion 3: Ljus och teleskop



Upplägg

- Ljus och spektra
 - Elektromagnetisk strålning
 - Våglängd vid frekvens
- Teleskop och detektorer
 - Seeing
 - Reflektor- och refraktorteleskop
 - CCD-chip
 - Atmosfäriska fönster
 - Extinktion
 - Optiska teleskop
 - Teleskop vid andra våglängder
 - Rymdteleskop
 - Neutrino teleskop

Budbärare i universum

Universum ger sig främst till känna genom:

Elektromagnetisk strålning



samt:

Gravitation



Den elektromagnetiska strålningen, som färdas med ljusets hastighet ($300\,000\text{ km s}^{-1}$), har stort omfång i våglängd (frekvens).

Elektromagnetisk strålning

Relationen mellan ljushastigheten c (mäts i meter per sekund), frekvensen f (mäts i "svängningar per sekund" alt. Hertz) och våglängden λ (mäts i meter) kan skrivas:

$$c = f \lambda$$

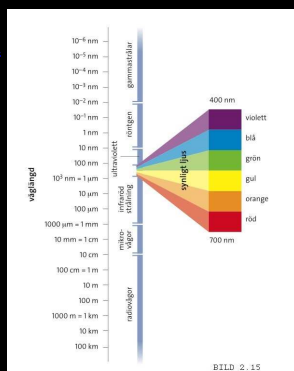
Relationen mellan energi (mäts i Joule), våglängd och frekvens kan skrivas:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{och} \quad E = hf \quad (h = \text{Plancks konstant})$$

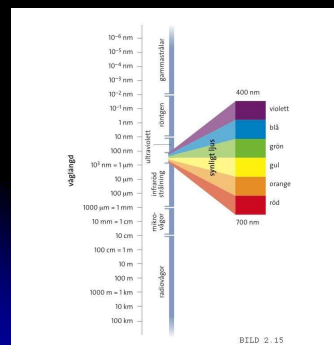
D.v.s. gammastrålning, synligt ljus, radiovågor etc. är samma typ av strålning, endast energin (alt. f eller λ) skiljer dem åt.

En användbar enhet för våglängder i synligt ljus är Ångström ($1\text{\AA} = 10^{-10}$ meter).

Optiskt astronomi utnyttjar vanligtvis våglängd medan radioastronomi använder frekvens.



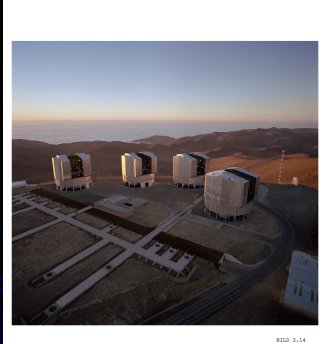
Olika sorters ljus



Synligt ljus:
Ljus med våglängder av ca 400—700 nm

Optiskt ljus:
Betyder ibland synligt ljus, men innefattar ibland även en delar av de infraröda och ultravioletta delarna av spektrumet.

De fyra VLT-teleskopen på Mount Paranal i Chile



Optiska teleskop

Optiska teleskop ställer höga krav på observationsorten. Man strävar efter att placera teleskopen:

- 1) på hög höjd,
- 2) på torra platser,
- 3) långt från störande stadsljus.

Vanligaste teleskoptypen:

Reflektorteleskop (spegelteleskop). De kan göras stora samt utnyttjar aktiv (ändrar spegelns form) såväl som adaptiv (korrigerar för atmosfärisk turbulens) optik för att förbättra bildkvaliteten.

Exempel på optiska, markbaserade teleskop

- GranTeCan 10.4 m (La Palma)
- Very Large Telescope 4 x 8.2 m (Chile)
- Keck 10 m (Hawaii)
- Subaru 8.2 m (Hawaii)
- Gemini 2 x 8.1 m (Hawaii + Chile)
- Nordic Optical Telescope 2.5 m (La Palma)
- AlbalNova Telescope 1.0 m (Stockholm)
- Westerlund Telescope 0.9 m (Uppsala)
- Umevatoriet 0.35 m (Umeå)

Repetition: Vinkelmått

- Ett varv runt himlen: 360°
- Varje grad består av $60'$ (bågminuter)
- Varje bågminut består av $60''$ (bågsekunder)

→ Varje grad = $3600''$

Seeing

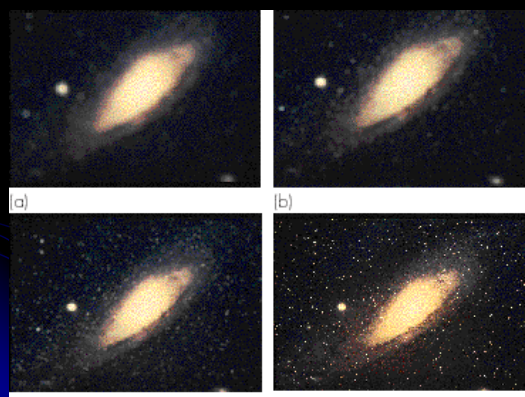
Mått på atmosfärens inverkan på astronomiska observationer. Mäter den minsta ytan som låter sig upplösas.

Alltså:

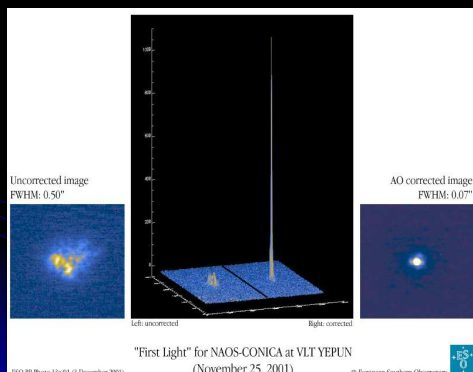
- Hög seeing: Dålig upplösning
- Låg seeing: Bra upplösning

Professionella optiska teleskop på jordytan når som typiskt en seeing av $0.7\text{--}0.8''$ och som bäst ca $0.2\text{--}0.3''$

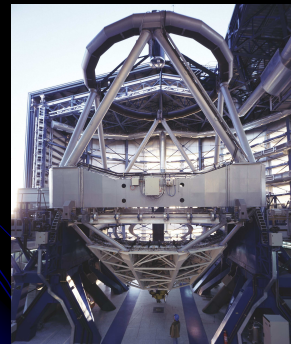
Typisk seeing i Stockholm: $2\text{--}3''$, som bäst ca $1''$



Bildförbättring genom adaptiv optik

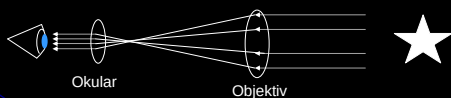


Ett av VLT-teleskopen, spegeldiameter: 8,2m

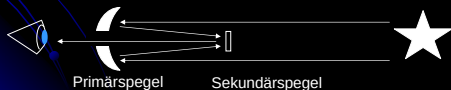


Reflektor- och refraktorteleskop

- Refraktorteleskop: Linsteleskop
 - Principen bakom en vanlig kikare
 - Går inte att göra särskilt stora

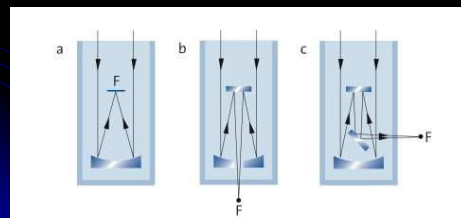


- Reflektorteleskop: Spegelteleskop

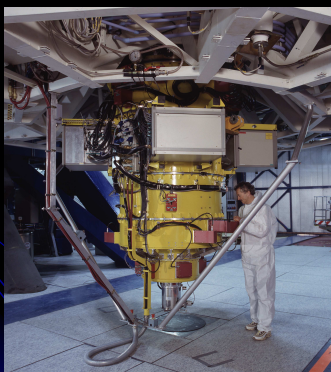


Fokusering av ljus

- Primärfokus (kortast möjliga brännvidd för mycket ljussvaga objekt)
- Cassegrainfokus (mest vanlig ty mest praktisk)
- Coudéfokus (bra för vissa spektrografer)



Spektrograf i Cassegrainfokus



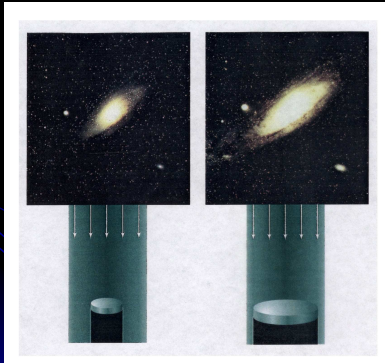
Storleken har betydelse!

Förstoringen hos ett teleskop är inte det viktigaste utan den fotonuppfångande ytan!

Fotoner = ljuspartiklar

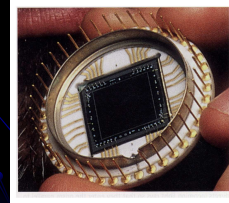
Ju fler fotoner vi kan fånga in desto längre ut i universum (och längre tillbaka i tiden) ser vi.

Samma förstoring, samma exponeringstid men olika spegeldiametrar

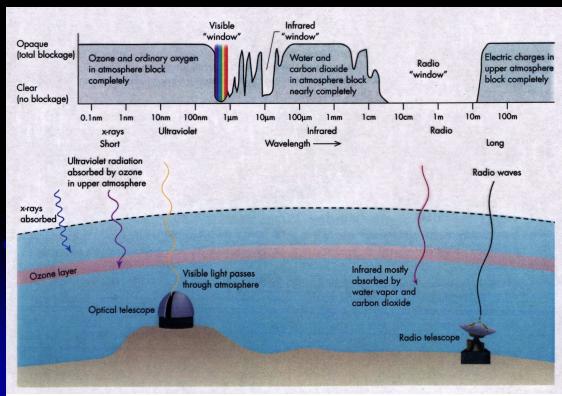


CCD-chipen som fotonsamlare

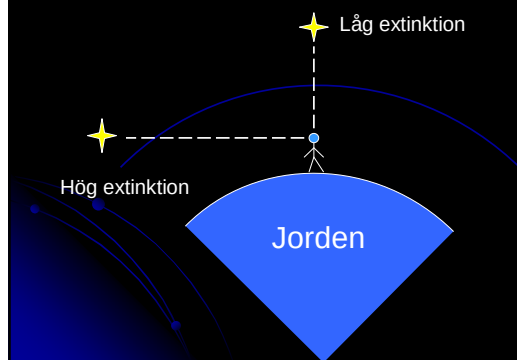
- 1) Stor känslighet, > 90% av fotonerna registreras.
- 2) Stort dynamiskt omfång (såväl ljusa som ljussvaga detaljer synliga).
- 3) Linjär (intensiteten proportionell mot laddningen i en punkt, d.v.s. en pixel, picture element).



Atmosfäriska fönster



Atmosfärisk extinktion



Varför rymdteleskop?

- Atmosfären försämrar bildkvaliteten (seeing)
- Atmosfären blockerar strålning (extinktion)
 - Speciellt vid gamma-, röntgen och ultravioletta våglängder, men även vid vissa infraröda våglängder
- Vid vissa våglängder är atmosfären i sig mycket ljusstark (exempelvis i infrarött)

Hubbleteleskopet (HST), spegeldiameter 2,5m



Några teleskop i rymden

Exempel på nuvarande rymdteleskop:

HST (Hubble Space Telescope): Ultraviolett, visuellt, nära-infrarött
Spitzer Space Telescope: Infrarött
GALEX: Ultraviolett
XMM-Newton, Chandra: Röntgen
WMAP: Radio
Fermi: Gamma

Exempel på framtida rymdteleskop:

Herschel: Infrarött (2009)
James Webb Space Telescope: Infrarött (2013)
VSOP-2: Radio (2013)

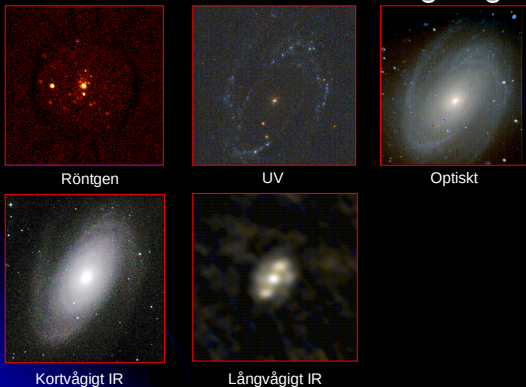
Andra lösningar: flygplan och ballonger



Sofia (infrarött)

Boomerang (radio)

Galaxen M81 – vid olika våglängder



Radioteleskop

Vinkelupplösningen, α (bör vara så liten som möjligt):

$$\alpha = \frac{2,5 \times 10^5 \lambda}{D}$$

där λ är våglängden och D är diskens diameter, båda givna i enheten m. α ges i bågsekunder.

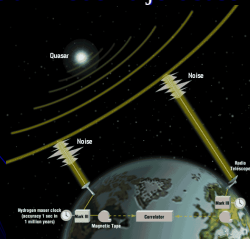
Arecibo-teleskopet, Puerto Rico



Radioteleskop forts.

VLBI (Very Large Baseline Interferometry):

Sammakoppling av radioteleskop på stora avstånd. Ger vinkelupplösningar på ≈ 0.001 d.v.s. ungefär 100 ggr bättre än moderna jordbaserade, optiska teleskop.



Infraröda teleskop I



Golv, synligt ljus



Golv, infrarött ljus

Infraröda teleskop II

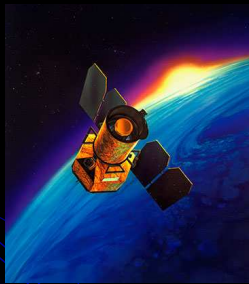
Problem (vid vissa IR-våglängder):

- Himlen ljusstark även nattetid
- Teleskopet utsänder själv värmestrålning

Lösningar:

- Kyl ned instrumentet
- Gör observationerna på en kall plats med kall, klar luft (ex. sydpolen) eller från rymden

Ultravioletta teleskop

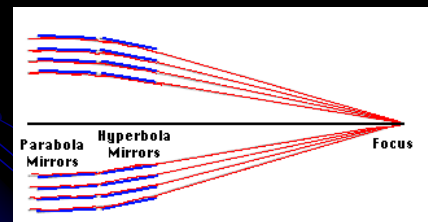


GALEX

Atmosfären ogenomskinlig →
Satelliter eller raketer nödvändiga

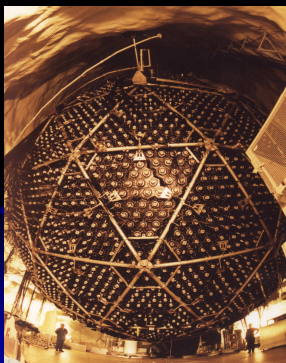
Röntgen- och gammateleskop

Himlens ogenomskinlig → Satelliter eller raketer krävs
Röntgen- och gammastrålning passerar
rakt igenom optiska speglar → Avancerad optik krävs



Trattformad spegel i röntgenteleskop

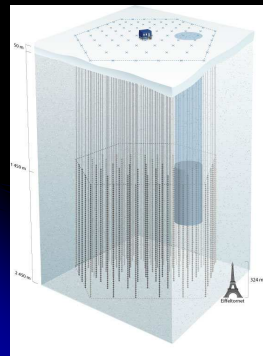
Neutrino teleskop



Infångar inte
ljus, utan
neutrinos/neutriner

Sudbury Neutrino
Telescope (Ontario)

Neutrino teleskop II



IceCube (Sydpolen)
Förhoppningsvis klart 2011