

Astronomikurs i Raseborgs medborgarinstitut

Föreläsare: Teemu Willamo
PhD i astronomi, Helsingfors
universitet 2022



Tidtabell

- Torsdagar 6.11. – 4.12. kl. 18 – 19.30
- Om vädret är molnigt, har vi föreläsning på Medborgarinstitutet
- Om vädret är bra, har vi observationsdemonstration i stjärntornet
- Information om var vi träffas skickas kvällen före

Intresserad av mera astronomi?



- Sällskapet Natura

- Astronomiska
föreningen Ursa



- Helsingfors universitet





Astronomi som vetenskap

Bild: Bruno Gilli/ESO

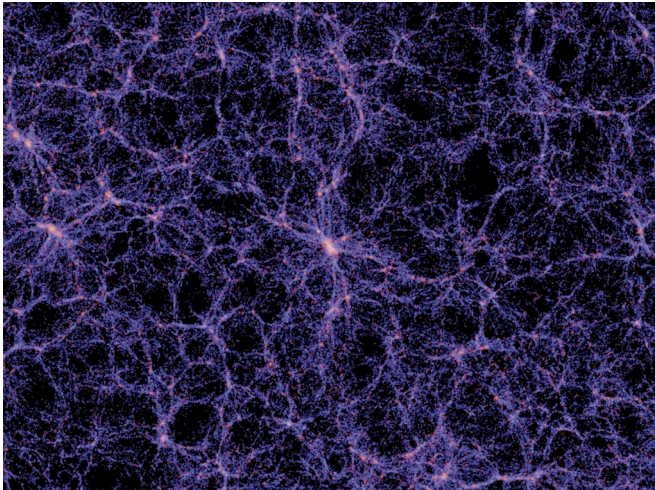
Astronomikurs, Raseborgs
medborgarinstitut 2025

Vad finns i universum?

- Jorden
- Solsystemet
 - Solen, planeterna, dvärgplaneter, månar, asteroider, kometer
- Stjärnor
 - Stjärnors uppkomst, evolution, evolutions slutprodukt, planetsystem
- Interstellär material
 - Gas, stoft
- Vintergatan
- Galaxer
 - Galaxgrupper, -hopar
- Kosmologi
 - Universums struktur, historia, framtid

Hur kan vi veta?

- Observationer
- Teori
- Simulationer



Galaxer i Millenium-simulationen

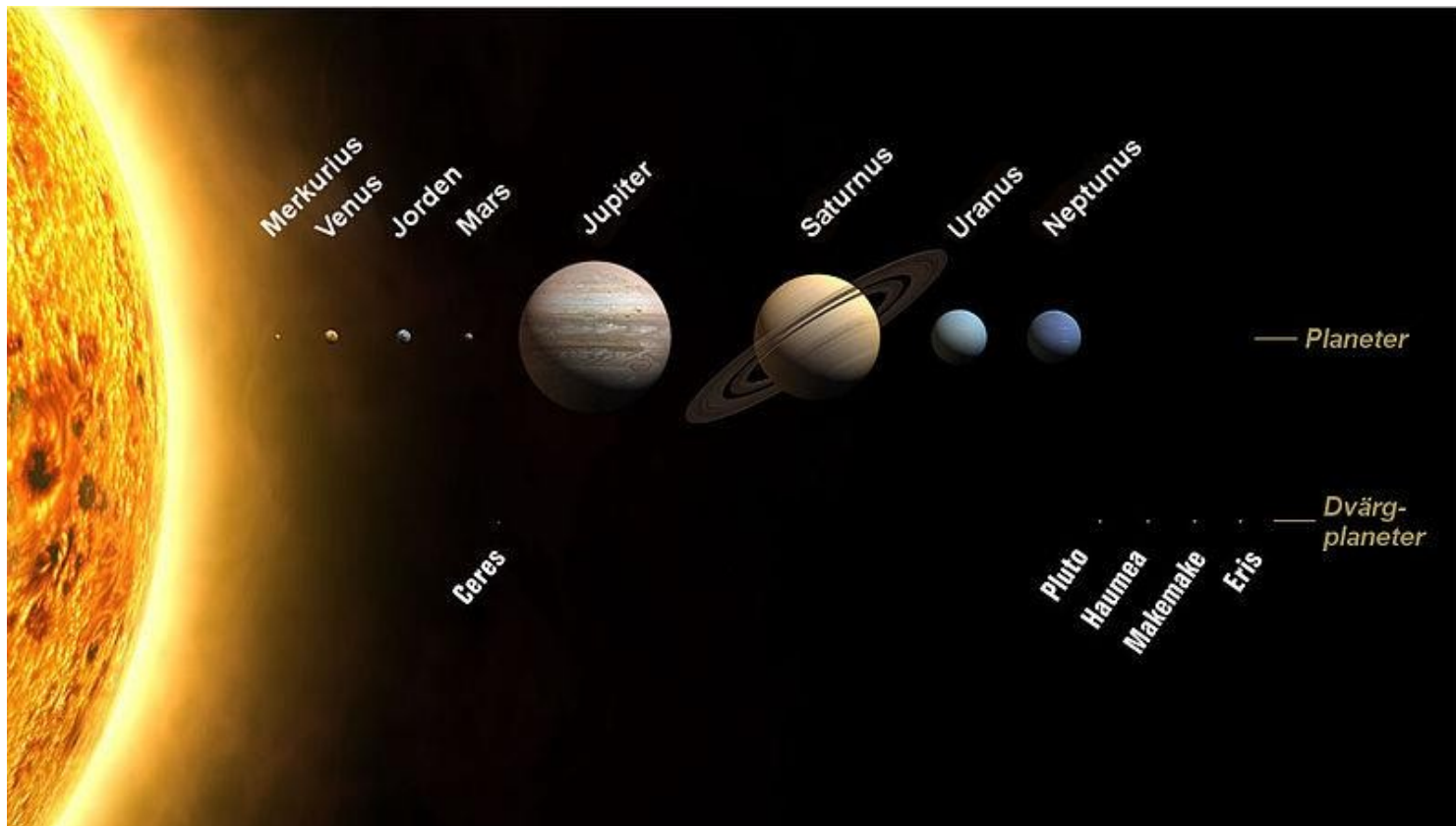


Nordic Optical Telescope (NOT)

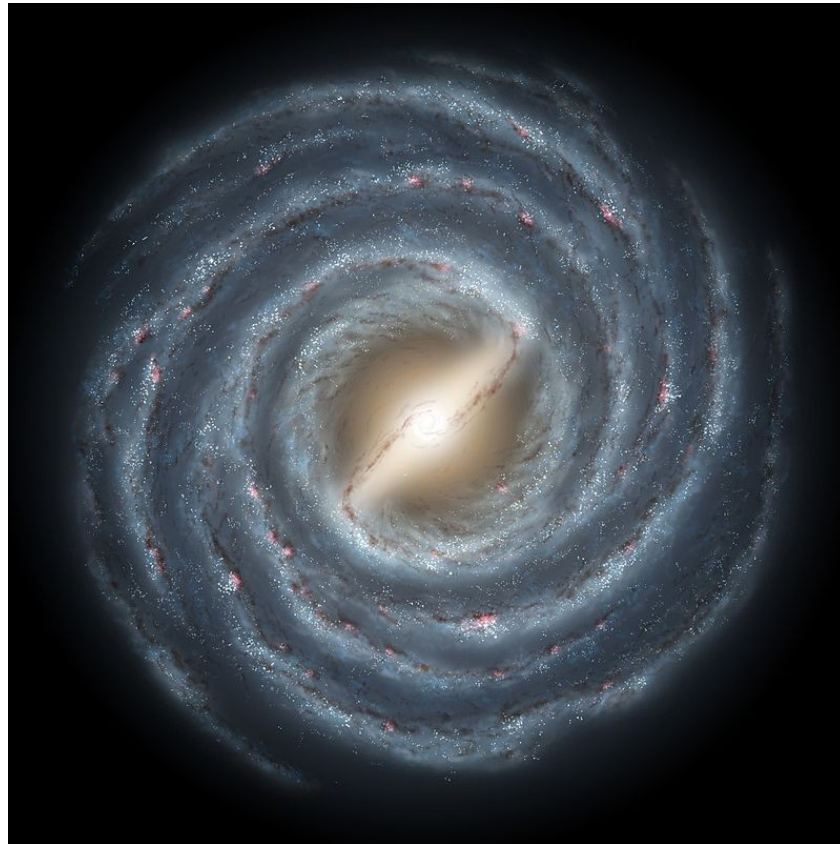
Einstein's field equations

$$G_{\mu\nu} \equiv R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R g_{\mu\nu} = \kappa T_{\mu\nu}$$

Solsystemet



Vintergatan



Astronomikurs, Raseborgs
medborgarinstitut 2025

Universum



Astronomikurs, Raseborgs
medborgarinstitut 2025

En liten bit historia

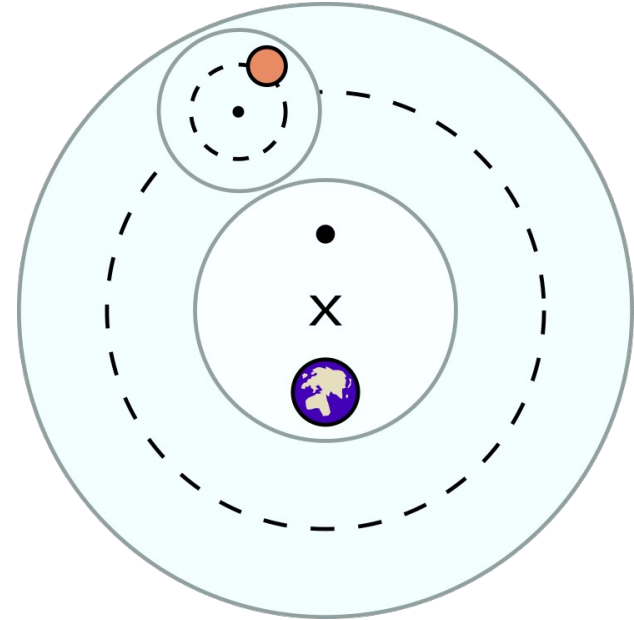


Bild: Gregor Reisch

Astronomikurs, Raseborgs
medborgarinstitut 2025

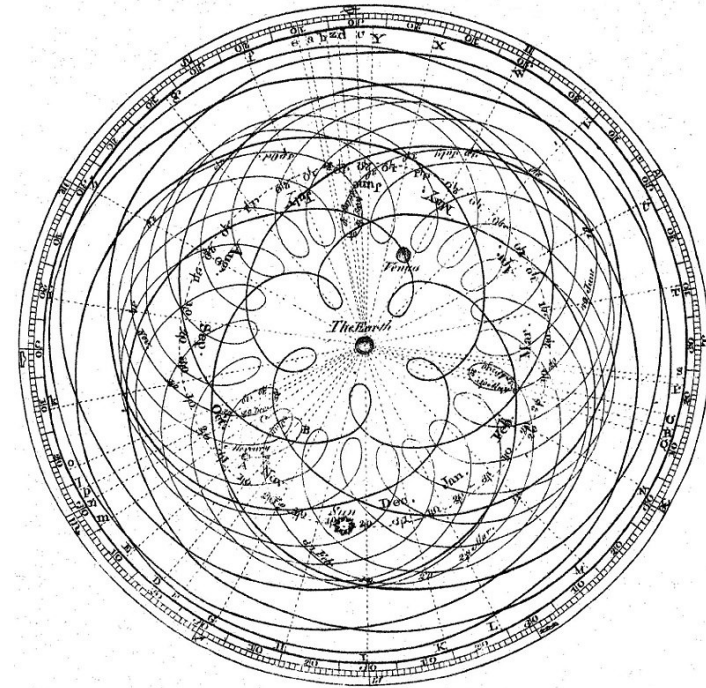
Antikens greker

- Aristoteles
 - Aristoteles världsbild dominerade över tusen år: Jorden är centrum för allting
- Erasthenees
 - Beräknade Jordens diameter
- Hipparkos
 - Stjärnkataloger
- Ptolemaios
 - Almagest: publicerades på 100-talet, bevarade Aristoteles ideer som rådande världsbild till 1600-talet: allting kretsar runt Jorden på perfekta cirkelbanor – cirkelbanorna passade inte ihop med observationer utan flera cirklar inuti varandra, *epicyklar*



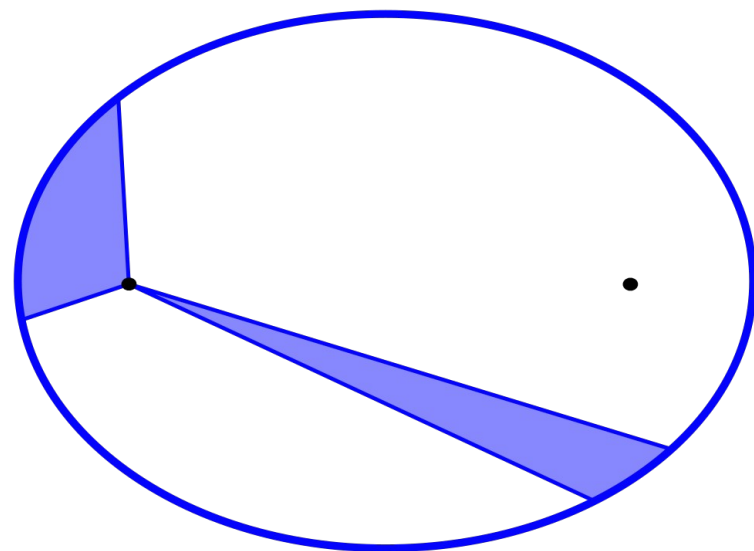
Medeltiden

- Almagest bevarades som kyrkans officiella lära
 - Planeternas rörelser förklarades med epicyklar; modeller som passade ihop med observationerna blev väldigt komplexa
- Grekiska texter bevarades tack vare arabiska översättningar



Vetenskapliga revolutionen

- Nicolaus Copernicus (1473-1543)
 - Placerade Solen i centrum av världen
- Tycho Brahe (1546-1601)
 - Noggranna observationer av planeternas rörelser
 - Observerade en "ny stjärna" (egentligen en supernova) 1572: alltng är inte oförändrat!
- Johannes Kepler (1571-1630)
 - Introducerade baserat på Brahes observationer Keplers lagarna: planeterna kretsar runt Solen på *elliptiska* banor
- Galileo Galilei (1564-1642)
 - Upptäckte med teleskop bl.a. Jupiters månar, Saturnus ringar, Venus faser, gjorde systematiska observationer av solfläckar



Keplers lagar:

I: En planets omloppsbana är en ellips, Solen befinner sig i ellipsens brännpunkt

II: En sträcka från Solen till planeten täcker alltid samma area under samma tid

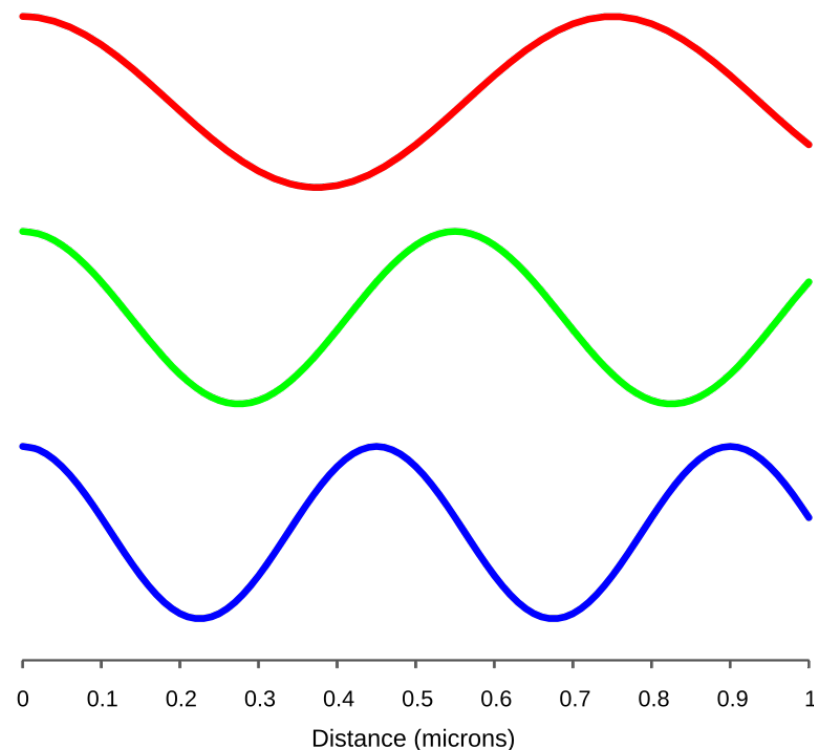
III: $P^2 \sim a^3$ (P = omloppsperiod, a = halv storaxel)

Modern astronomi

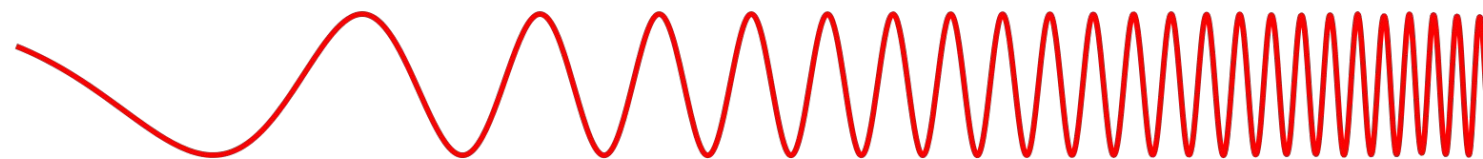
- Newtons lagar: 1687 formulerade Isaac Newton rörelselagarna, som förklarar Keplers lagar, och gravitationslagen
 - I: En kropp förblir i likformig rörelse om ingen yttre kraft påverkar kroppen
 - II: $F = ma$ – kraften F ger massan m accelerationen a
 - III: Varje kraft har en lika stor, motsatt reaktionskraft
 - Gravitationslagen: $F_G = Gm_1m_2/r^2$ (massorna m_1 och m_2 på avstånd r dras mot varandra med kraften F_G , (G är gravitationskonstanten))
- Spektroskopi: Joseph von Fraunhofer upptäcker Solens kemiska konsistens 1814 (Fraunhoferska linjerna)
- Avstånden till närmaste stjärnorna mäts 1838 från deras parallax
- Albert Einstein: speciella relativitetsteorin (1905) ock allmänna relativitetsteorin (1915)
- Jean Perrin & Arthur Eddington (1919): Stjärnornas energi kommer from fusionsreaktioner
- Edwin Hubble: Utanför Vintergatan finns andra galaxer (1925), universum expanderar (1929)
- Big Bang -teorin etableras på 1960-talet
- Mörk energi: observationer på 1990-talet visar, att universum expanderar med en accelerande hastighet

Astronomiska observationer

- Elektromagnetisk strålning
 - Våglängden varierar från gammastrålning till radiovågor – synligt ljus 400-700 nm
 - Elektromagnetisk strålning är vågrörelse, men samtidigt också partiklar – fotoner
 - $c = \lambda f$ (c är ljusets hastighet, λ våglängden och f frekvensen)
 - En kortare våglängd har en högre frekvens och innehåller mera energi
- Andra observationsmetoder (kosmisk strålning, gravitationsvågor, neutrino)



Penetrates Earth's Atmosphere?



Radiation Type
Wavelength (m)

Radio

10^3

Microwave

10^{-2}

Infrared

10^{-5}

Visible

0.5×10^{-6}

Ultraviolet

10^{-8}

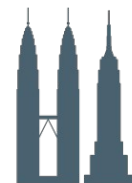
X-ray

10^{-10}

Gamma ray

10^{-12}

Approximate Scale
of Wavelength



Buildings



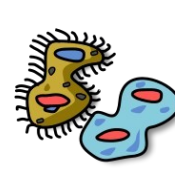
Humans



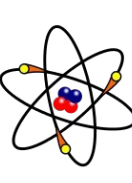
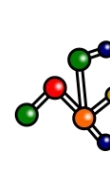
Butterflies



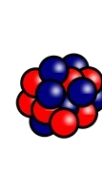
Needle Point Protozoans



Molecules



Atoms

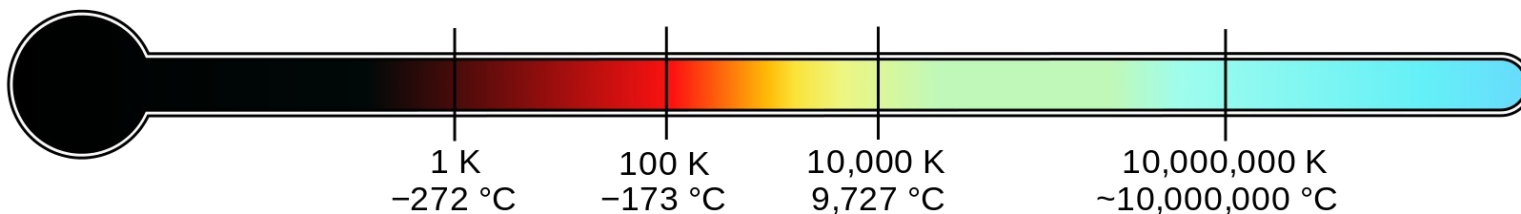


Atomic Nuclei

Frequency (Hz)



Temperature of
objects at which
this radiation is the
most intense
wavelength emitted

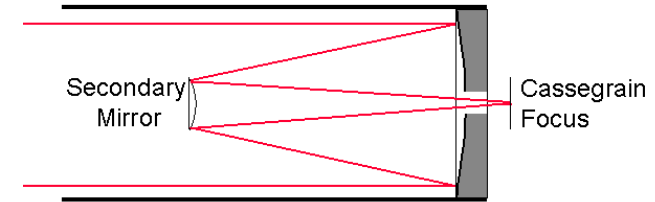
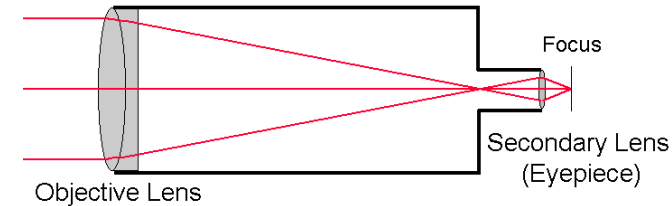


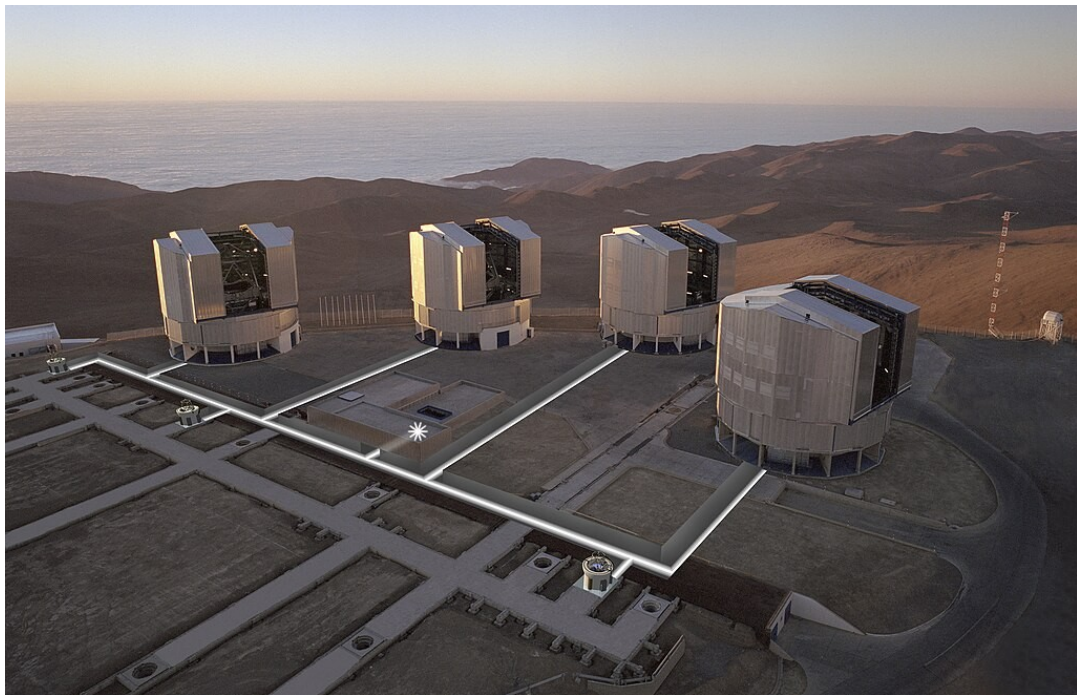
Astronomikurs, Raseborgs
medborgarinstitut 2025

Teleskop

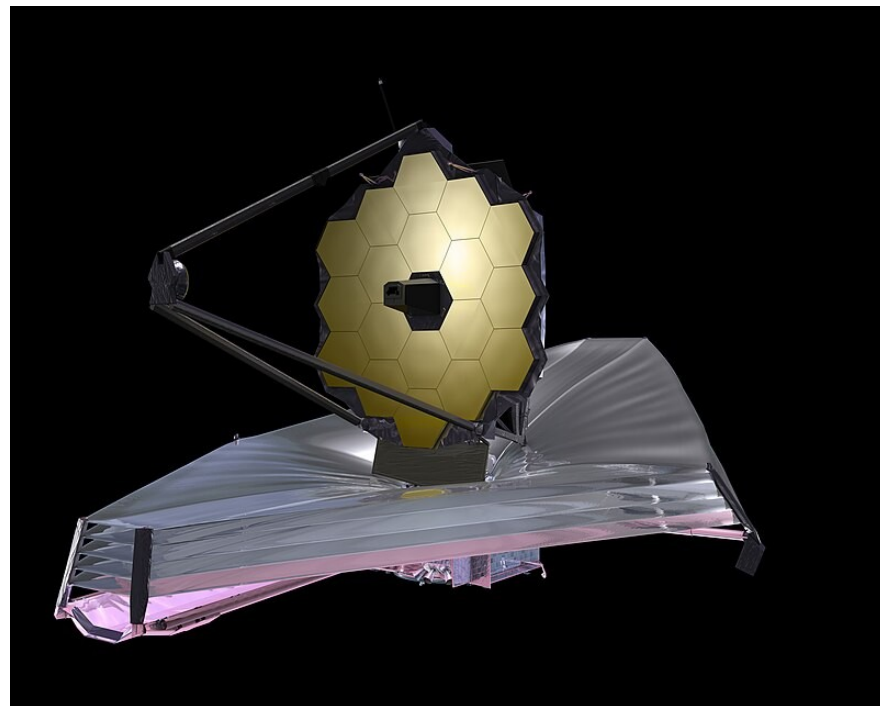
- Teleskopen uppfanns i början av 1600-talet – stor påverkan på astronomi
- Linsteleskop (refraktor)
 - Ljuset går genom linser
 - Tidiga teleskop var linsteleskop, nu främst amatöriteleskop
- Spegelteleskop (reflektor)
 - Ljuset går genom speglar
 - Alla större teleskop spegelteleskop
- Professionella observatorium långt från bebodda trakter, på höga berg i torr luft
 - NOT, VLT, Keck, Vera Rubin, ELT...
- Rymdteleskop (t.ex. Hubble, James Webb)

Simple Refracting Telescope





Very Large Telescope i Chile. Bild: ESO



James Webb -rymdteleskop. Bild: NASA

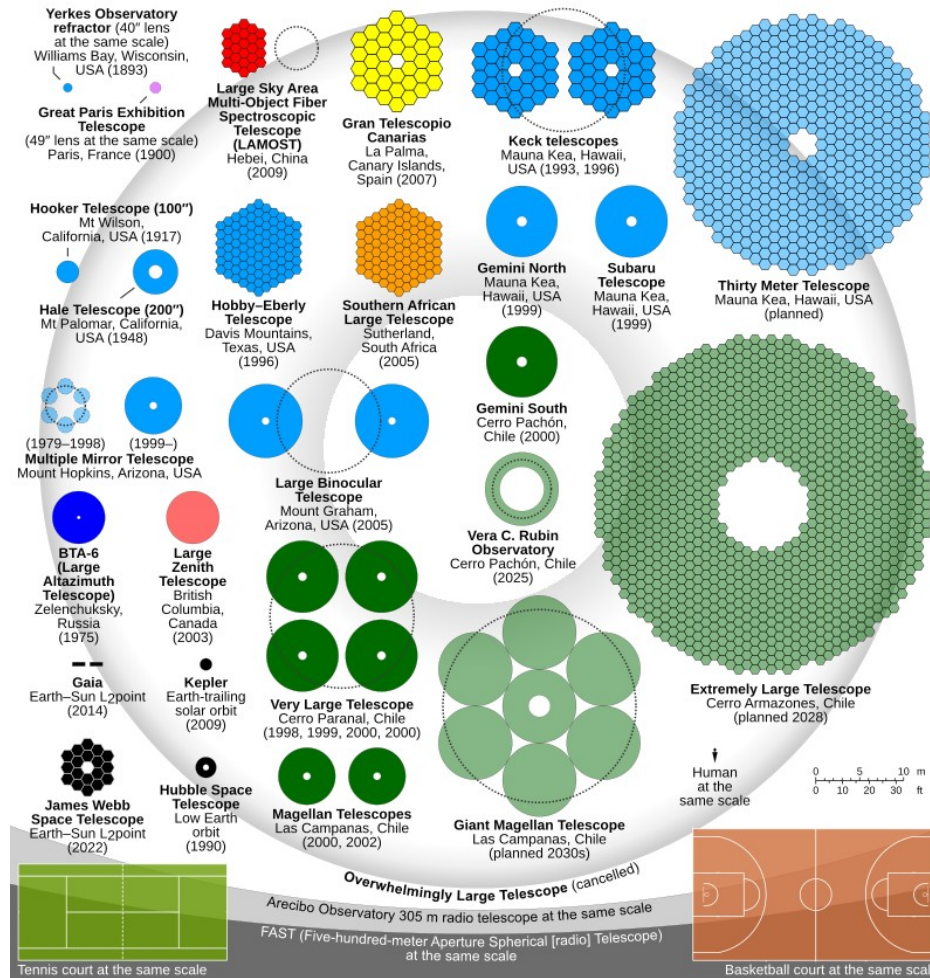


Bild: Cmglee

Kamera

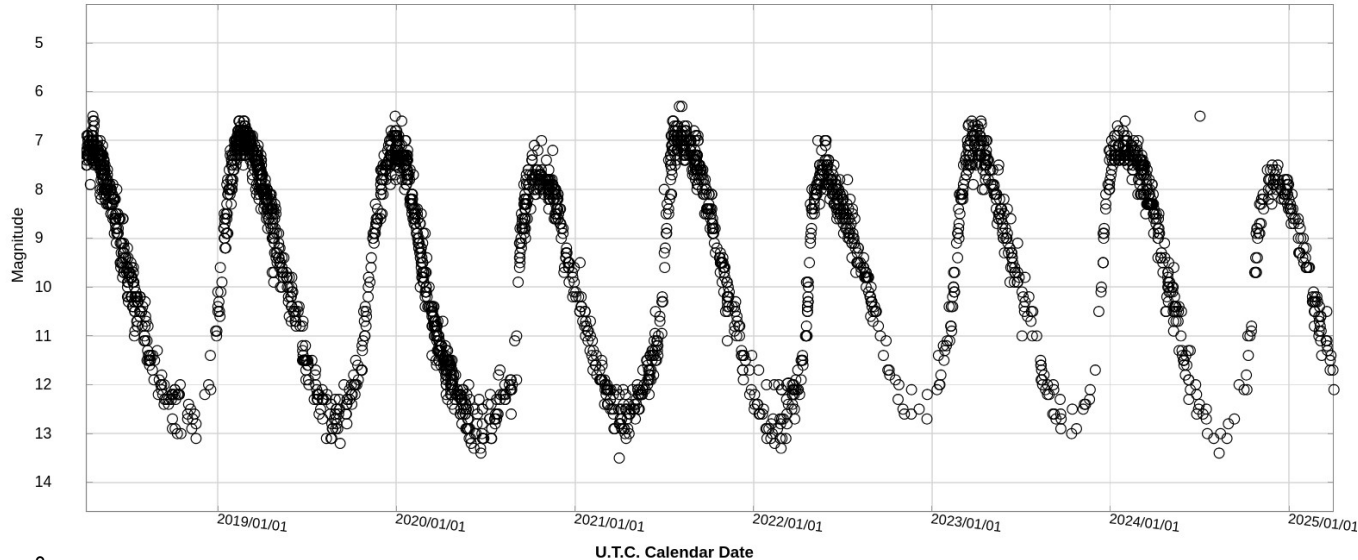
- I slutet av 1800-talet togs kameran i bruk inom astronomin
 - Bilden kan exponeras en längre tid, bilden sparas och kan begränsas senare av andra forskare
- Längre användes fotograferingsskivor av glas
- Efter 1960-talet har digitala CCD-kameran övertagit
 - Nästan 100% av inkommande ljuset registreras
- Kameror för amatörastronomer förhållandevis billiga nuförtiden (CCD eller CMOS)



CCD-kamera för amatörastronofotografi.
Bild: Jyväskylän Sirius.

Fotometri

- Med fotometri studerar man mängden strålning det kommer från en objekt vid en viss våglängd
 - Om strålningsmängden mäts vid flera våglängd (t.ex. blå, grön, röd) kan objektets färg bestämmas
- Ofta följer man hur strålningsmängden förendras (t.ex. variabla stjärnor)



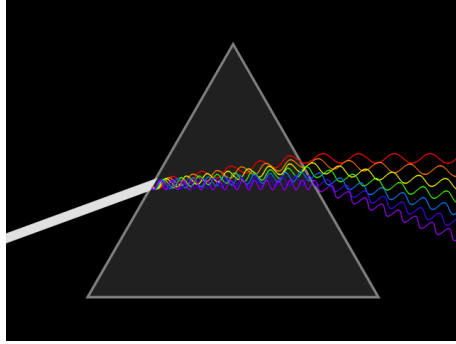
Fotometri från R UMa -stjärnan. Bild: AAVSO

Astronomikurs, Raseborgs
medborgarinstitut 2025

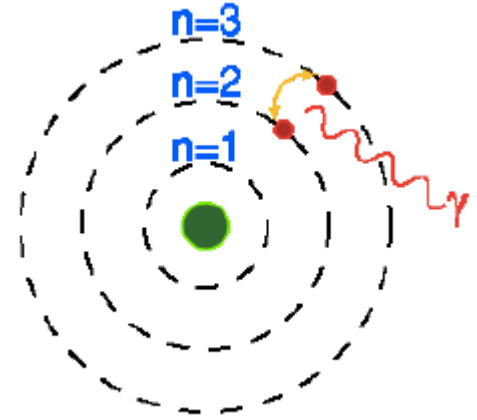
Magnituder

- Antiken greker delade stjärnorna i sex storleksklasser: klaraste har magnitud 1, svagaste 6
- Moderna definitionen baserar sig på den historiska uppdelningen
- Svagaste objekt synliga till blotta ögat har ungefär magnitud 6

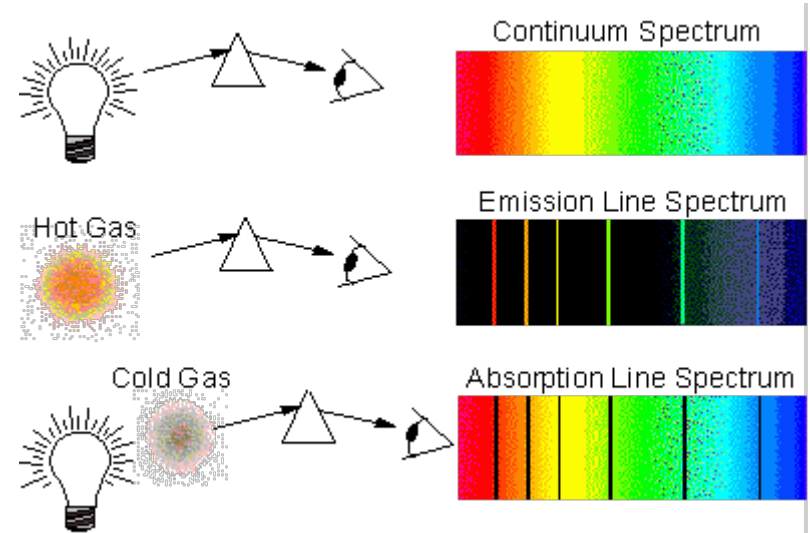
Solen	-27
Fullmåne	-13
Venus	-4
Sirius	-1.5
Vega	0
Polstjärnan	2
Proxima Centauri	11
Pluto	14.5
Hubbles gränsmagnitud	30



Spektrum

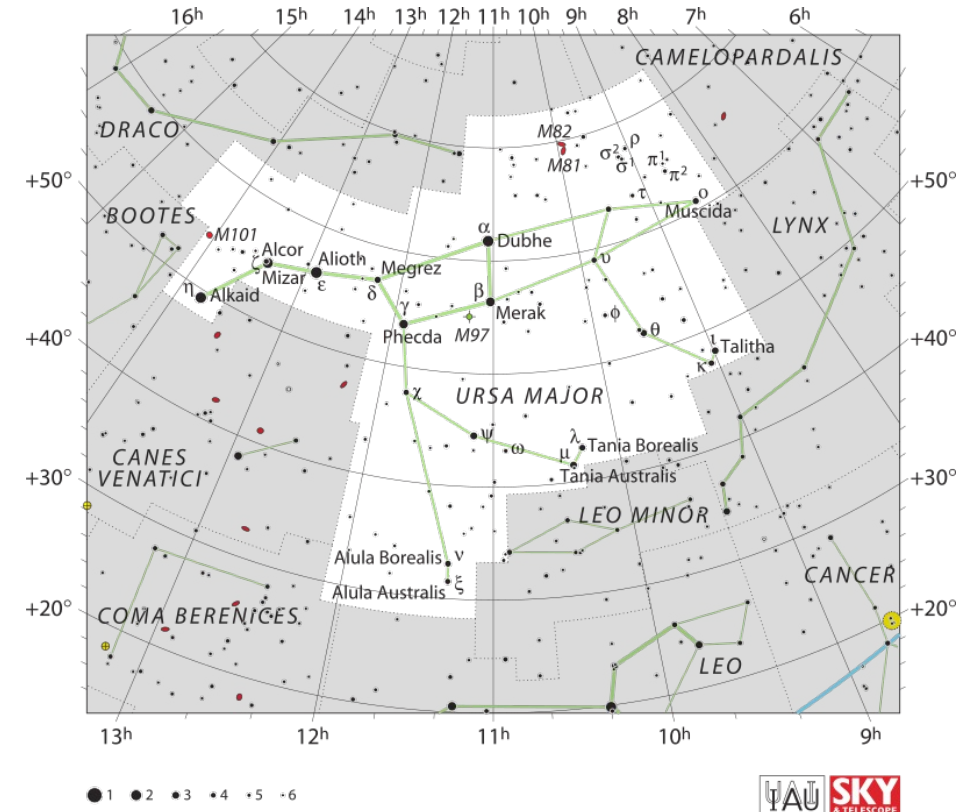


- I spektroskopi mäter man hur strålningen delas till olika våglängd, dvs. objektets spektrum
- Kontinuum spektrum berättar bl.a. objektets temperatur, spektrallinjer om deras kemiska konsistens
 - Absorption: en atom upptar en foton, fotonens energi lyfter elektronen till en högre energinivå
 - Emission: elektronen faller ner till en lägre energinivå, en ny foton med samma energi uppkommer
 - Varje grundämne och kemisk förening har sina speciella våglängder, som de absorberar och emitterar



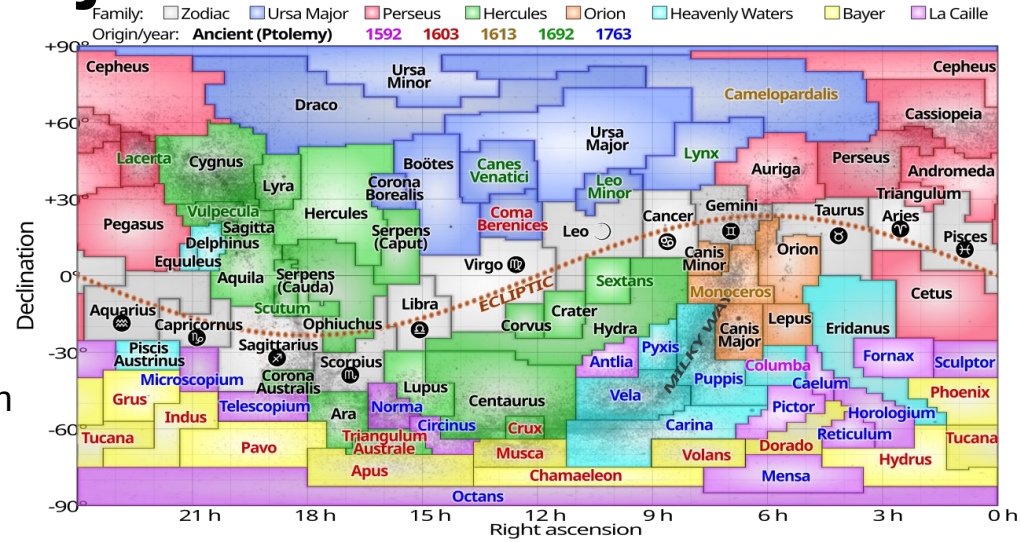
Stjärnbilder

- En stor del av moderna stjärnbilderna på norra himlen kommer från antikens Grekland
- På södra himlen har europeerna namngätt stjärnbilder efter upptäcktsresorna på nya tiden
 - På södra himlen hittas t.ex. Kikaren, mikroskopen, kompassen, luftpumpen och vinkelhaken
 - Namn på stjärnbilder från äldre kulturer lever inte kvar så bra som på norra halvklotet
- Officiellt delas himlen i 88 stjärnbilder med exakta gränser
 - Hur figurerna ritas i stjärnkartor varierar



Planeter på stjärnhimlen

- Stjärnorna rör på sig på himlen så långsamt att stjärnhimlen är i praktik oförändrad under en människas livstid
- Planeter ('vandrare') kretsar runt Solen, därför vandrar de också runt stjärnhimlen
 - Planeterna, Solen och Månen befinner sig alltid nära "ekliptikan", alltså solsystemets plan sett på stjärnhimlen
- Venus och Jupiter (också Mars då den är närmast Jorden) lyser starkare än någon stjärna på natthimlen
- P.g.a. Jordens atmosfär "blinkar" stjärnornas ljus, medan planeternas ljus verkar mera stabilt (vi ser stjärnor som små punkter, som påverkas mera av störningas i atmosfären, medan planeter syns som större klot)



Karta över himlen och alla stjärnbilderna.
Bild: Cmglee, Timwi, NASA

Jupiter och dess 4 största månarna.
Bild: Jan Sandberg



Astronomiska begrepp

- 1 grad ($^{\circ}$) = 60 bågminuter ($'$) = $60 \times 60 (=3600)$ bågsekunder ($''$)
- AU (Astronomical Unit, astronomisk enhet) = medelavståndet mellan Jorden och Solen, ~ 150 miljoner km
- Ljusår = sträckan som ljuset färdas på ett år, 9.5×10^{12} km = 63 000 AU
 - Ljusets hastighet 299 792 458 m/s
- Parsek = avståndet där 1 AU ses som $1''$ stor vinkel, ~ 3.26 ljusår
- "Metaller" = alla grundämnen tyngre än väte och helium
- $M_{\odot}$ = Solens massa
- $R_{\odot}$ = Solens radie
- $L_{\odot}$ = Solens luminositet