



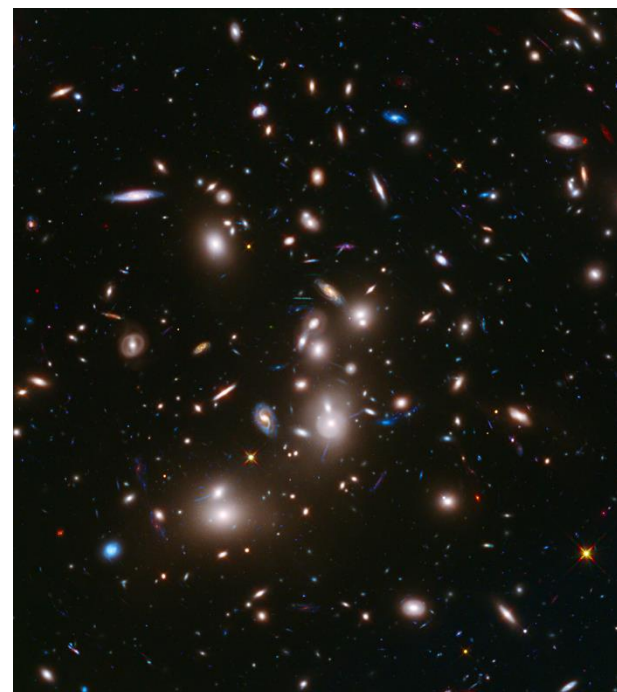
Universum nu

1. Introduktion, astronomi som vetenskap



Universum nu

- Kursens mål:
 - Ge en populärvetenskaplig helhetsbild över den moderna astronomin
 - Förklara vad universum består av, presentera de olika typerna av astronomiska objekt
 - Förklara hur man genom teori och observationer kan undersöka fenomen i rymden
- Språkbadskurs, består av astronomidel (3 sp) och en skild språkdel (3 sp)
 - Möjligt att gå endast astronomidelen



Abell 2744 (Hubble ST).



67P/Churyumov-Gerasimenko (Philae/ESA).



Astronomidelen – praktisk information

- Föreläsare: Docent Thomas Hackman (Thomas.Hackman@helsinki.fi, Physicum D327)
- Hemsida: <https://wiki.helsinki.fi/xwiki/bin/view/UnivNu>
- Föreläsningar, fredagar kl. **12-14** period 3-4 i sal **Exactum D122**
 - För att bli godkänd i språkdelen krävs närvaro på minst 9 av astronomidelen föreläsningar
- Observationskväll i mån av möjlighet
- Slutförhör i maj
- Kursen baserar sig på föreläsningsfolier som publiceras på kursens hemsida
- Som extra material passar t.ex.
 - [Palviainen & Oja: Maailmankaikkeus 2023-2024 \(Ursa\)](#)
 - [Karttunen et al.: Tähtitieteen perusteet \(Ursa\)](#)
 - [Karttunen et al.: Fundamental astronomy \(Springer\)](#)
 - [Bennett et al.: The Cosmic Perspective \(Pearsson\)](#)
 - [Lagerkvist - Olofsson: Astronomi - en bok om universum \(Bonniers\)](#)
 - [Lagerkvist - Lodén: Planeter, Stjärnor, Galaxer \(Liber Utbildning\)](#)



Dagens föreläsning

- 1) Vad är astronomi? - dimensioner och objekt
- 2) Den astronomiska världsbilden - historisk överblick



Hipparchos och ALMA radioteleskopet



1.1 Definition på astronomi

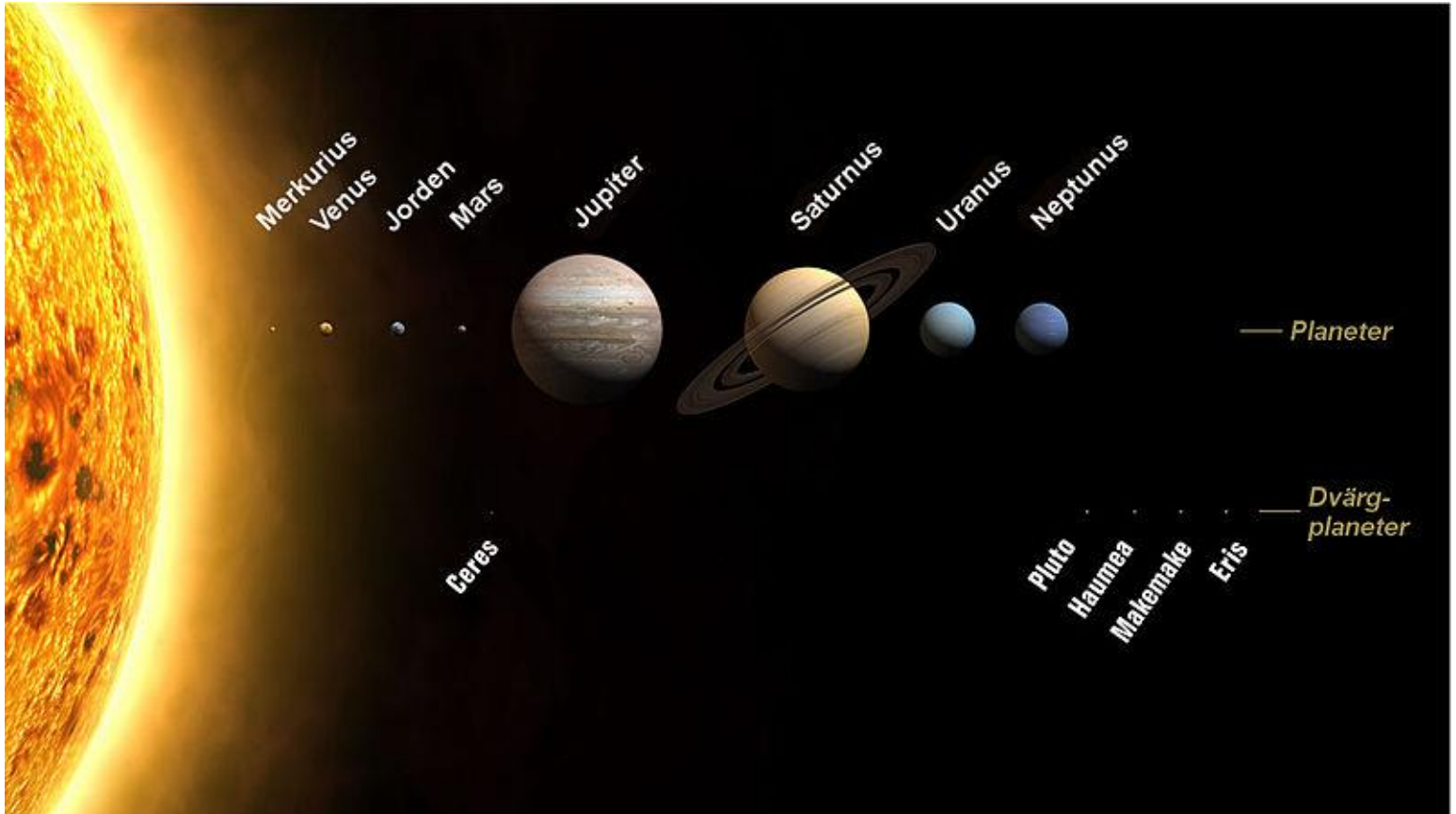
- Astronomi = "stjärnornas lag" (grek.)
"studien av objekt och materia utanför jordens atmosfär samt deras fysikaliska och kemiska egenskaper" (Wikipedia)
- Astrofysik = stjärnornas fysik
"fysikaliska metoder och begrepp för att studera och beskriva fenomen i världsrymden" (Wikipedia)



Panoramabild från VLT teleskopet i Chile (ESO)



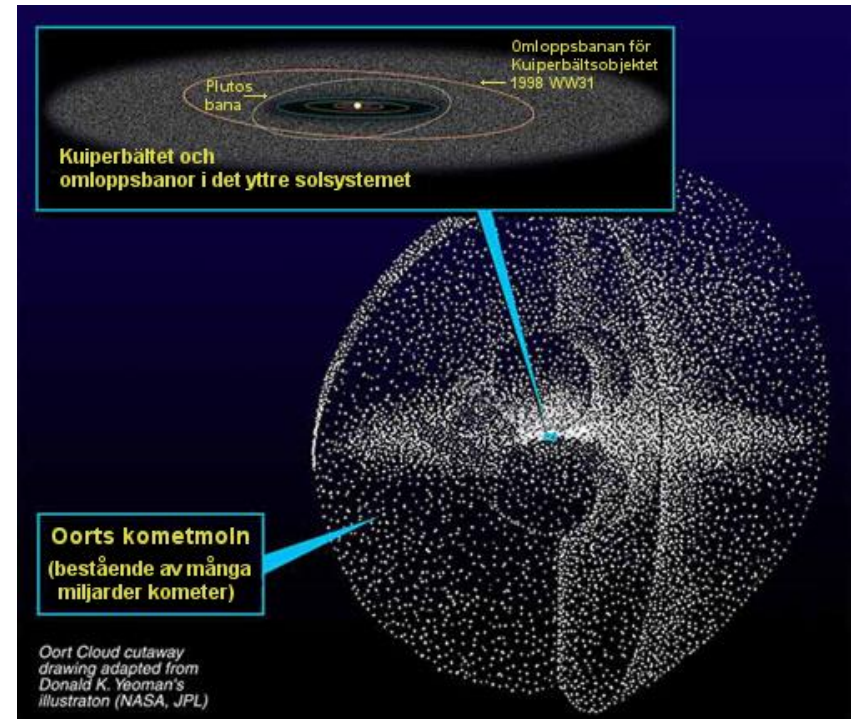
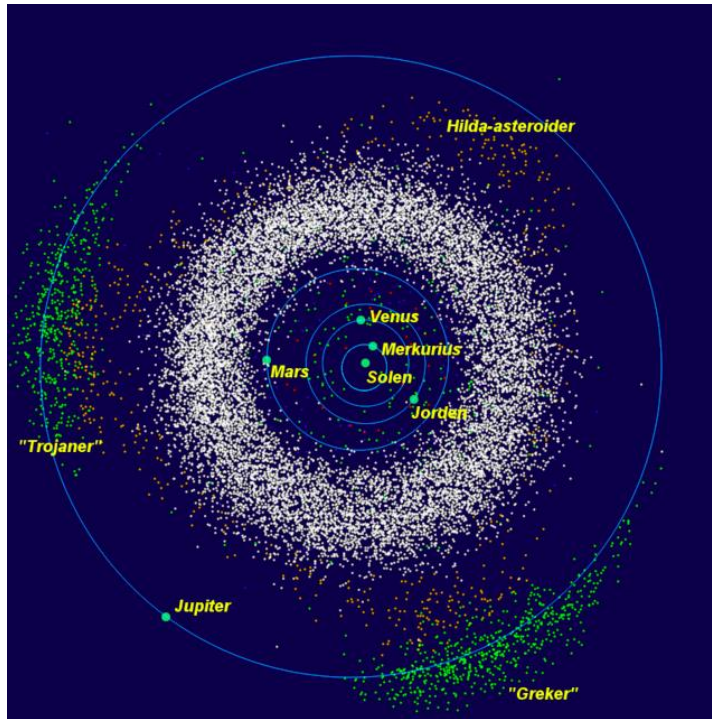
1.2 Vår plats i universum: Solsystemet



Solsystemet; solen, planeter, dvärgplaneter, månar, asteroider, kometer.



1.2 Vår plats i universum: Solsystemet



Medelvståndet mellan jorden och solen är ca 150 miljoner km
Medelavståndet mellan Pluto och solen är ca 6 miljarder km

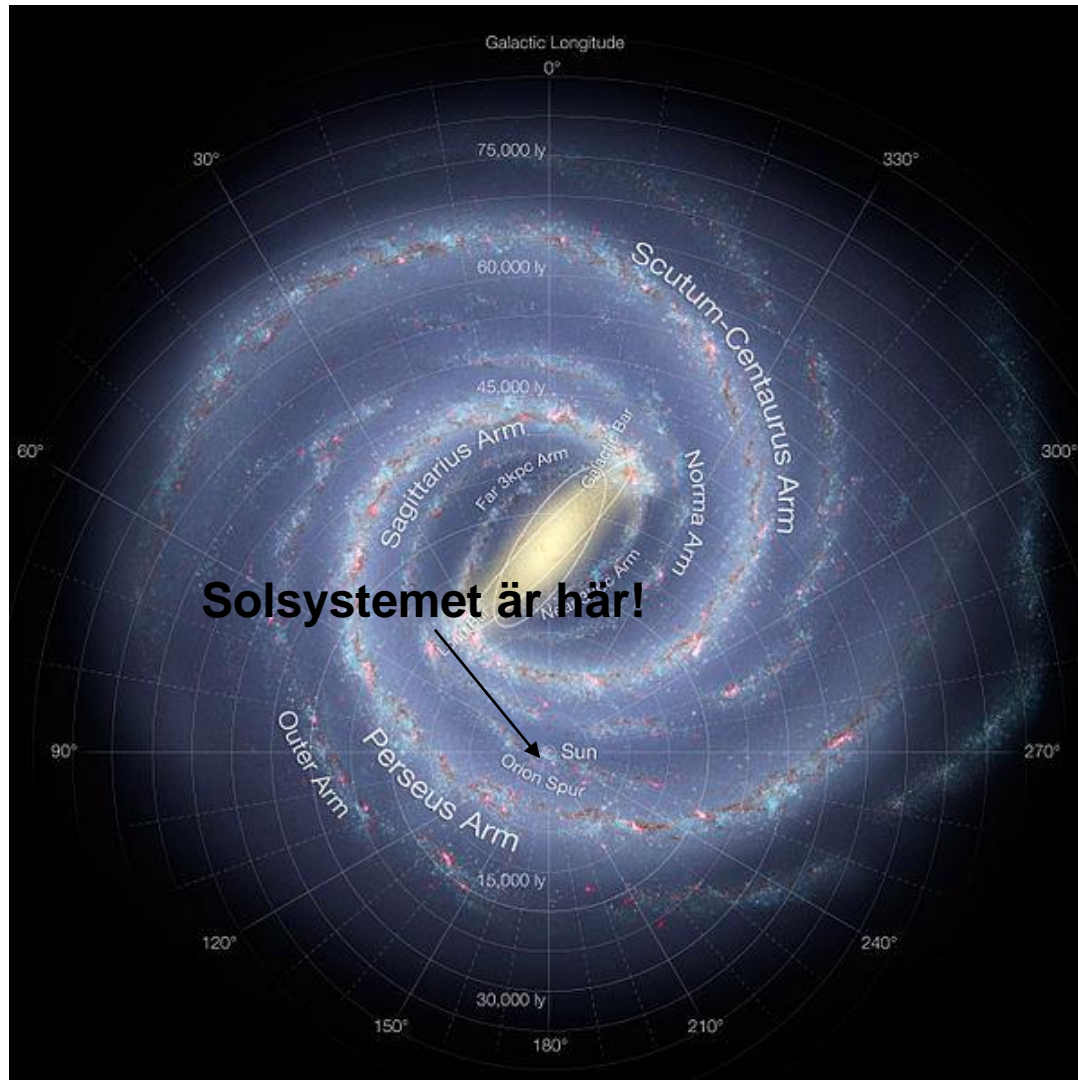


1.3 Vår galax: Vintergatan

Vintergatan: Upp till 400 miljarder stjärnor + interstellär materia + massivt svart hål i centrum + halo av mörk materia

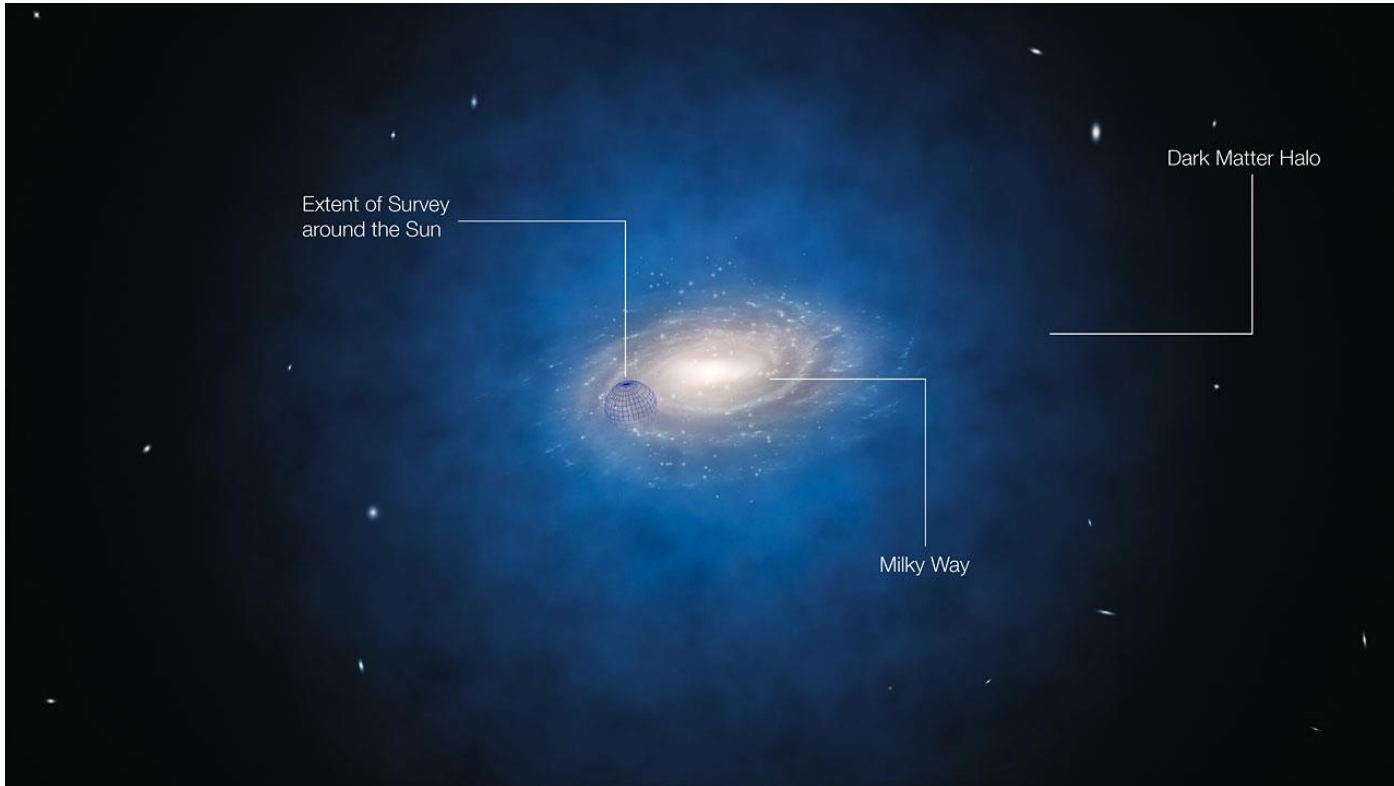
Vintergatans synliga diameter: ca 100 000 ly eller 10^{18} km

Solens närmaste Grannstjärna: Proxima Centauri, 4,3 ly (ljusår)





1.3 Vår galax: Vintergatan



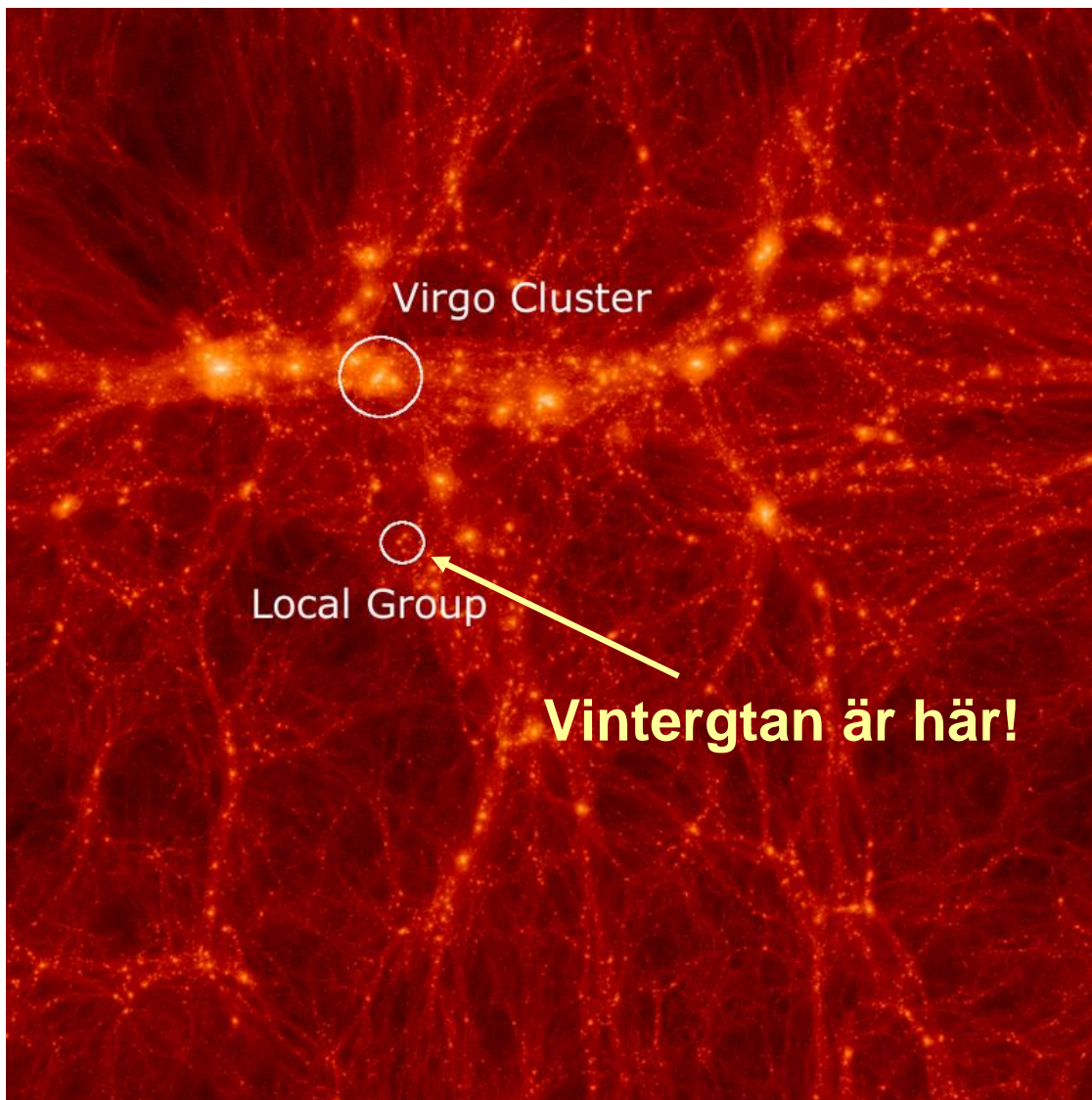


1.4 Lokala superhopen

Vintergatans närmaste stora granngalax Andromeda är på $2 \cdot 10^{19}$ km avstånd

Extragalaktisk astronomi;
Galaxer, aktiva galaxer,
galaxgrupper och -hopar,
intergalaktisk gas, mörk
materia

Lokala superhopen:
Bilden visar ett område på
ca 200 miljoner ljusår eller
 $2 \cdot 10^{21}$ km med ca 6600
galaxer

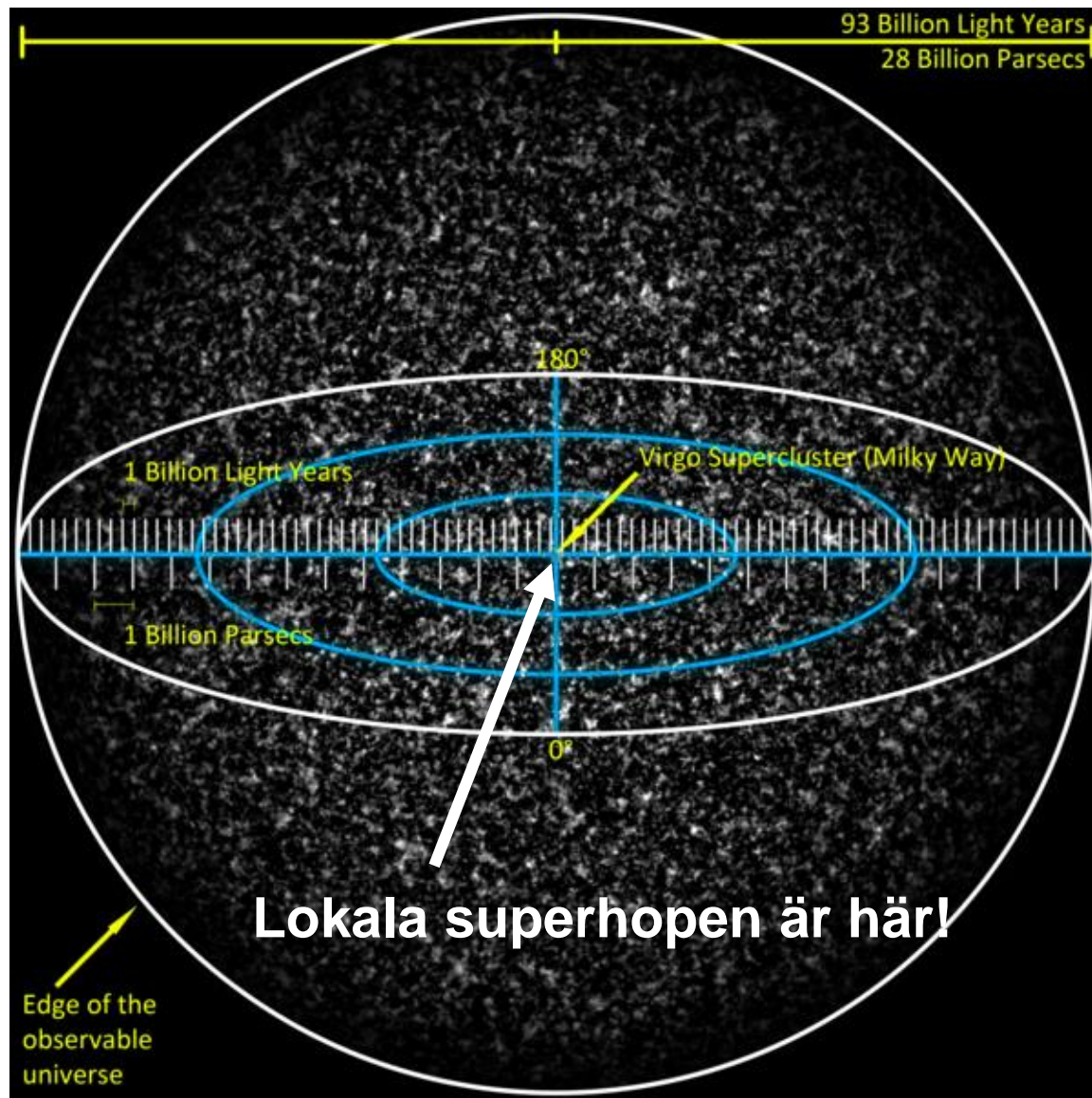
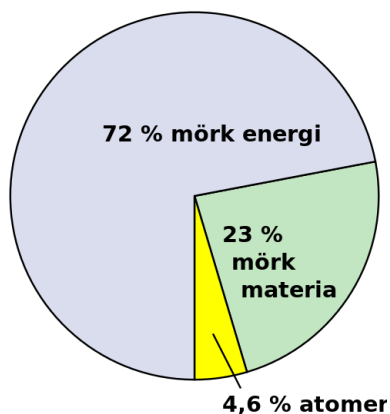




1.5 Det "synliga" universum

Kosmologi; hela universums struktur, mörk materia, mörk energi, bakgrundsstrålning

Vi kan studera den del av universum som är innanför ca 10^{24} km





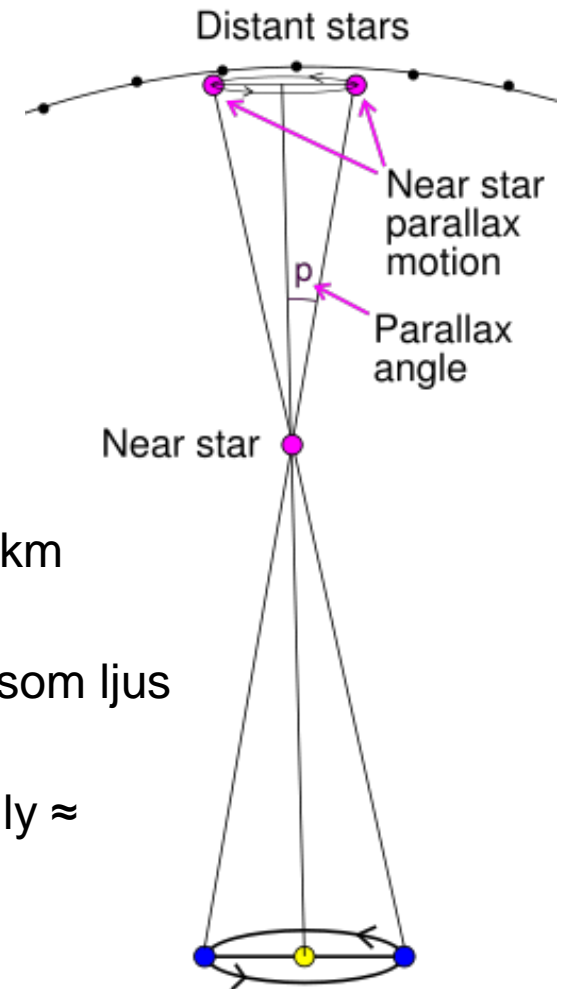
Uppgift

- Miniaturmodellen av solsystemet i Smedjebacka i Helsingfors har en skala på 1:1 000 000 000, d.v.s. 1 mm motsvarar 1000 km i verkligheten. => Solens diameter 1,4 m och jordens 12,8 mm.
- Hur långt från solen skulle följande objekt vara i miniatyrens skala:
 - a) Jorden (avstånd från solen 150 miljoner km)
 - b) Pluto (ca 6 miljarder km)
 - c) Proxima Centauri (4.3 ly $\sim 4 \cdot 10^{13}$ km)
 - d) Andromeda galaxen (2.5 miljoner ly $\sim 2 \cdot 10^{19}$ km)



1.6 Astronomiska enheter

- Vinkelmått
 - Grad ($^{\circ}$), 360° = full cirkel
 - Bågminut ($'$) = $1 / 60$ grad
 - Bågsekund ($''$) = $1' / 60 = 1^{\circ} / 3600$
 - $1 \text{ h} = 15^{\circ}$, $1 \text{ min} = 1/60 \text{ h}$, $1 \text{ s} = 1/60 \text{ m}$
- Avstånd
 - 1 astronomisk enhet (AU) = $1,496 \cdot 10^8 \text{ km}$ (jordens medelavstånd från solen)
 - 1 ljusår (ly) = $9,4607 \cdot 10^{15} \text{ km}$ (sträcka som ljus färdas i tomrum på ett år)
 - 1 parsek (pc) = $3,0857 \cdot 10^{16} \text{ km} \approx 3,26 \text{ ly} \approx 206264,81 \text{ au}$
- Solens massa: $1 M_{\odot} \approx 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$



Earth's motion around Sun



1.7 Gravitation

- Gravitation är attraktionskraften mellan två eller flera kroppar
- Astronomiska kroppars rörelse styrs av gravitation
- *Newtons gravitationslag:*

$$\mathbf{F}_g = -Gm_1m_2\frac{\mathbf{r}}{r^3}$$

G = gravitationskonstanten, m_1, m_2 = kropparnas massa, r = avståndet mellan kropparna, \mathbf{r} = avståndsvektorn.

- Noggrann för ”medelstora objekt med låga hastigheter”, vilket inkluderar största delen av astronomi
 - T.ex. planeters banor eller stjärnors rörelse i galaxer
- För hastigheter nära ljusets hastighet eller t.ex. svarta hål krävs *Einsteins relativitetsteori*



2. Den astronomiska världsbilden

Historisk överblick



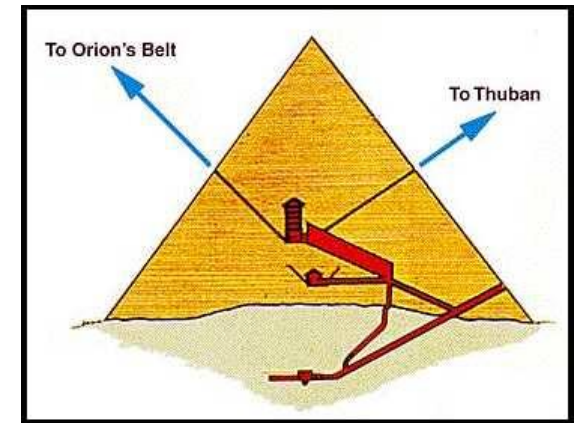
2.1 Förhistoria

- Astronomi antagligen den äldsta vetenskapsgrenen
- Studier himlakropparnas periodiska rörelser gav de första kalendrarna
 - Stjärnhimmelen förskjuts varje natt
 - Efter ett år kommer stjärnorna på samma plats vid samma tidpunkt att se lika ut (bortsett från mycket långsamma förändringar)
 - Planeter rör sig avsevärt på kort tid
 - Merkurius, Venus, Mars, Jupiter och Saturnus kändes till före teleskopen
- Kalendrar viktiga för jordbruk
- Himlakropparna associerades oftast med gudar och andra övernaturliga fenomen
 - Astrologi
 - Präster hade ofta astronomiska uppdrag



2.2 Astronomi i gamla kulturer

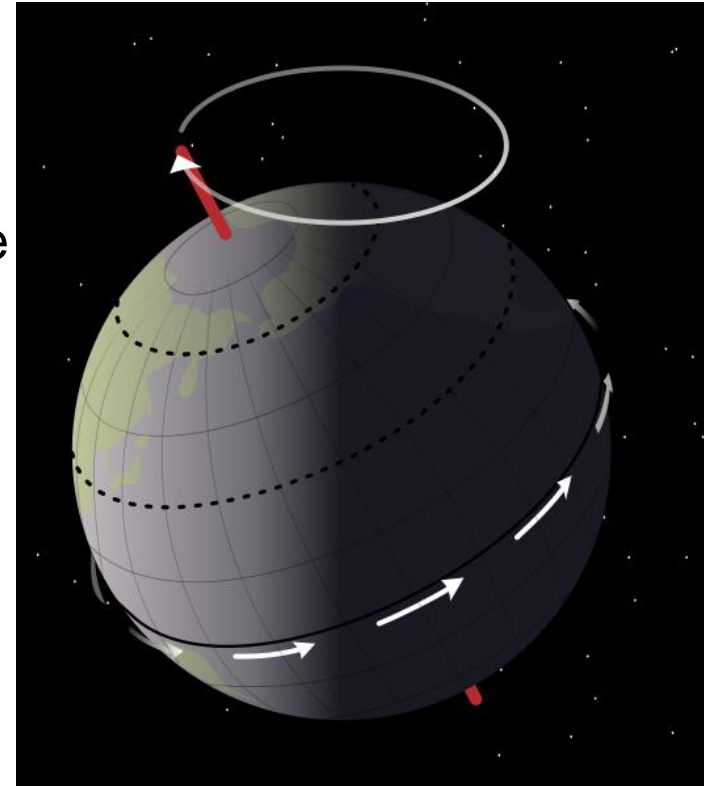
- Egypten
 - Kalender för jordbruket och religiösa behov
 - Pyramiderna riktade enligt stjärntecken
- Mesopotamien
 - Västerländska astronomins ursprung
 - Babylonierna märkte att astronomiska fenomen är periodiska och utnyttjade matematik för att förutspå dem
 - Mån-solkalender med skottår
- Kineser
 - Kunde förutse sol- och månförmörkelser
 - Dokumenterade kometer, solfläckar och supernovor ("gäststjärnor")
- Maya
 - Utvecklad matematik
 - Mycket noggrann kalender





2.3 Grekerna

- *Pythagoreerna* (ca 500 f.Kr.): Jorden är ett klot
- *Erastosthenes* (276 – 194 f.Kr): Beräknade jordens omkrets
- Både heliocentriska (t.ex. *Aristarchos* från Samos, 320 – 240 f.Kr.) och geocentriska världsbilder (t.ex. *Aristoteles*, 384 – 322 f.Kr.)
- *Hipparchos* (190 – 120 f.Kr): Upptäckte jordens precession, sammanställde stjärnkatalog och införde stjärnornas magnitudsystem

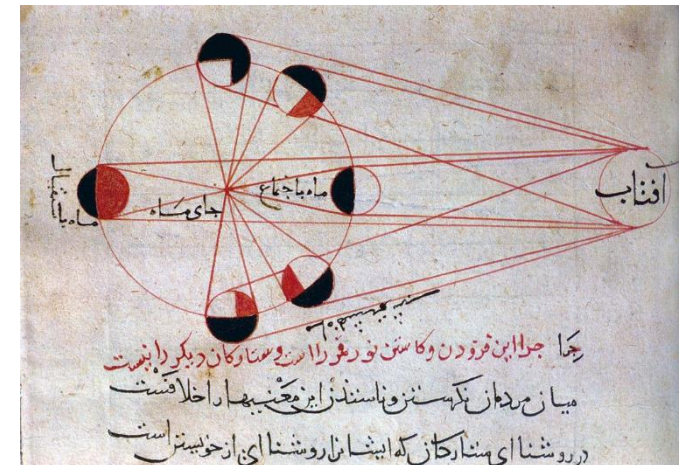
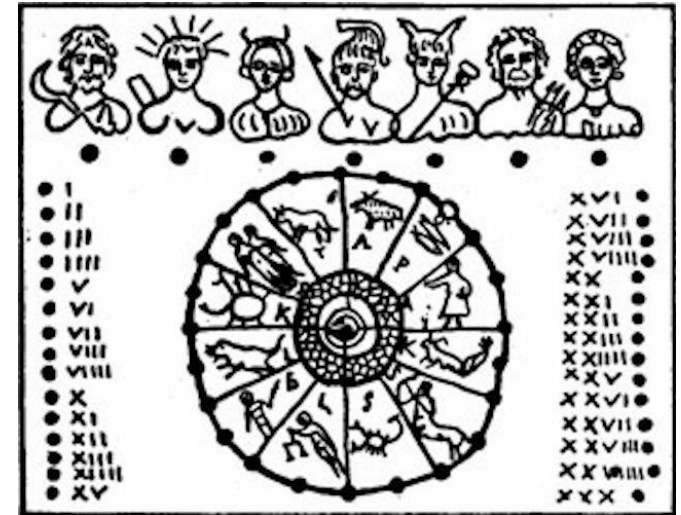


Jordens precession



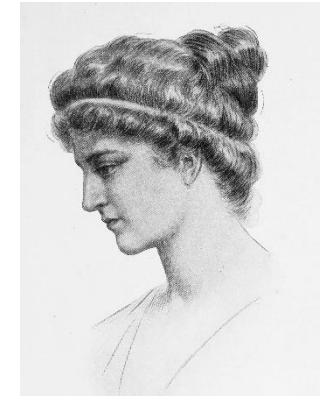
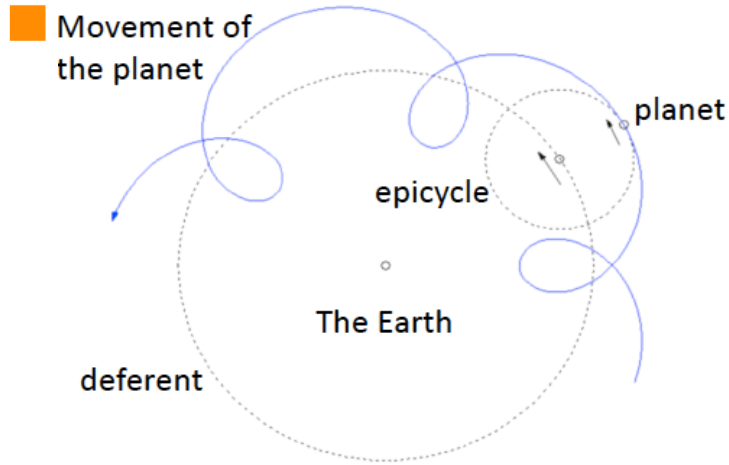
2.4 Romarna och araber

- Romarna
 - Byggde på egyptisk och grekisk tradition
 - Införde *julianska kalendern* (46 f.kr.), 1 år = 365 dagar, men vart fjärde år skottår med 366 dagar
- Araberna (medeltiden)
 - Bevarade den grekiska traditionen över medeltiden
 - Utvecklade noggrannare metoder och instrument för observationer





2.5 Ptolemaiska världsbilden



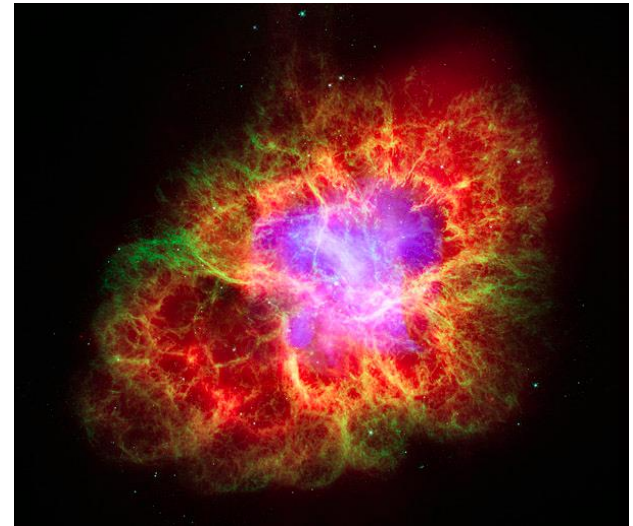
Hypatia, en av de första kända kvinnliga astronomerna (ca 360 – 415)

- "Almagest" av *Ptolemaios* (100 – 160 e.kr.)
- Geocentrisk modell med epicykler och korrektioner
- Månen, solen och planeter fästa på sfärer som roterar kring jorden; yttersta sfären har stjärnorna, som är oföränderliga: *fixstjärnor*
- Präglade västerländsk astronomi fram till nya tiden



2.6 Problem för den Ptolemaiska modellen

- Kristendomen omfattade den geocentriska världsbilden under medeltiden.
- Noggrannare instrument och observationer ledde till diskrepanser mellan observationer och rådande uppfattning
- År 1054 exploderade en stjärna som en supernova, som gav upphov till Krabbnebulosan
 - Supernovan var synlig dagtid 23 dygn och på natten 653 dagar
 - Noterades av bl.a. asiatiska astronomer.
 - Supernovan noterades knappt alls i Europa, sannolikt eftersom fixstjärnorna ansågs vara oföränderliga



Krabbnebulosan



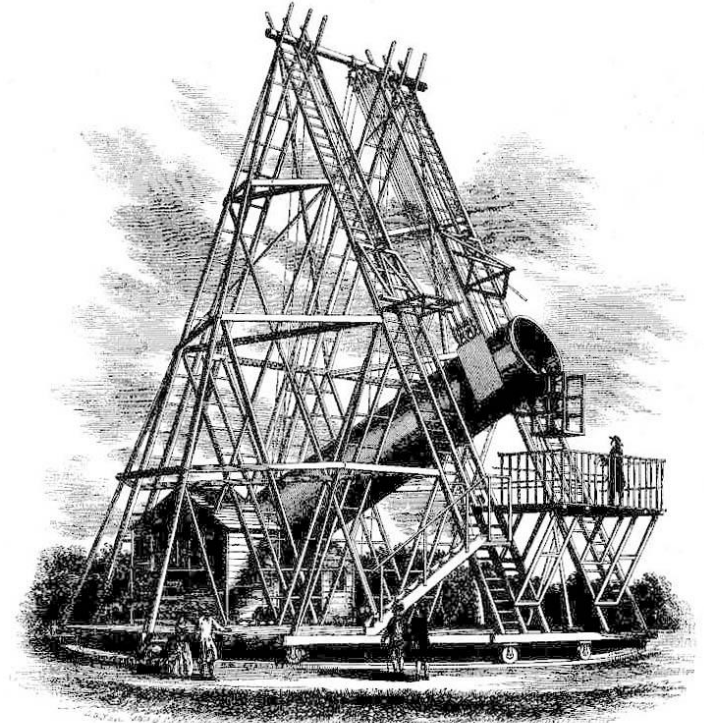
2.7 Nya tiden

- *Nicolaus Copernicus* (1473 -1543): Heliocentrisk modell, Kopernikanska principen: jorden är *inte* i mitten eller på någon speciellt utvald plats
- *Giordano Bruno* (1548 – 1600): Universum oändligt, solen en vanlig stjärna, planeter och liv kring andra stjärnor
- *Tycho Brahe* (1546 – 1601): Gjorde systematiska och noggranna observationer
- *Johannes Kepler* (1571 – 1630): Keplers tre lagar baserade sig på Brahes observationer
- *Galileo Galilei* (1564 – 1642): Introducerade teleskopet, såg Jupiters månar, Saturnus ringar och solfläckar
- *Isaac Newton* (1642 – 1727): Förklarade planeternas banor med sin gravitationslag



2.8 1700 – 1800 talet

- Solsystemet uppkommit ur ett gasmoln (*Emanuel Swedenborg*, *Immanuel Kant* & *Pierre-Simon Laplace*; 1734, 1755 & 1796)
- Sir *William Herschel* hittade planeten Uranus (1781), konstruerade kataloger av stjärnor, Nebulosor och dubbelstjärnor
- *Friedrich Bessel* mätte avståndet till närliggande stjärnor (1838)
- *Gustav Kirchhoff* förklarade solens spektrum (1860)



Ett av Herschels teleskop,
diameter 1,26 meter



2.9 1900-talet

Den moderna astronomi uppstod parallellt med den moderna fysiken i slutet av 1800-talet och början av 1900-talet.

- *Henrietta Swan Leavitt*: Standardljus för avståndsmätning (1908)
- *Albert Einstein*: Allmänna relativitetsteorin (1916)
- *Arthur Eddington* och *Jean Perrin*: Solen och stjärnor producerar energi genom kärnreaktioner (1919)
- *Edwin Hubble*: Andromeda en skild galax (1923). Hubble upptäckte även avlägsna galaxers rödförskjutning => universum expanderar



2.9 1900-talet (forts.)

- *Jansky* (1930): Radiostrålning från Vintergatans centrum
- *Gamow* (1948): Big Bang kosmologi
- *Penzias* och *Wilson* (1964): Kosmisk bakgrundsstrålning
- *Vera Rubin* (1970): Bevis på mörk materia
- *Rymdastronomin* öppnade det fulla elektromagnetiska spektret under senare halvan av 1900-talet
- *Mayor och Queloz* (1995): Exoplanet kring 51 Peg
- *Perlmutter, Schmidt och Riess* (1998): Bevis på mörk energi



2.10 Modern astronomi

- Den moderna astronomin är en fysikalisk vetenskap
- Samspel mellan *teori* och *observationer*
 - Observationer ger kunskap om astronomiska objekt
 - Teori för att förklara och förstå olika objekt och fenomen
 - Observationer för att verifiera/falsifiera teorin
- I Finland bedrivs astronomisk forskning vid **Helsingfors universitet**, **Åbo universitet**, **Uleåborgs universitet** samt **Aalto universitetet**
 - Vid HU forskas i allt från små kroppar i solsystemet till hela universums struktur och uppkomst
- För historieintresserade: *Karttunen; Vanhin tiede (Ursa)*