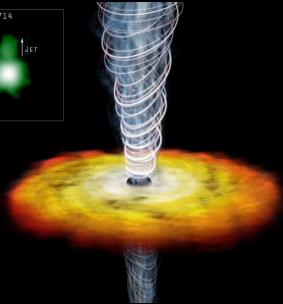


Översiktscurs i astronomi Lektion 11: Galaxer och kosmologi

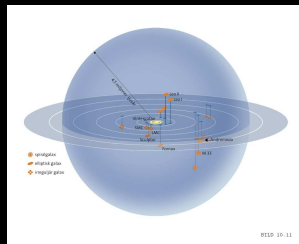


Upplägg

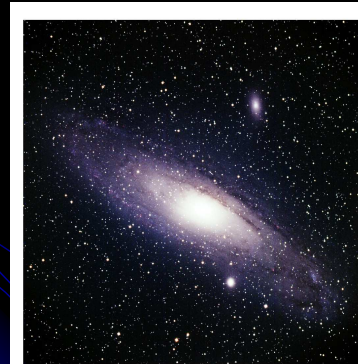
- Storskalig struktur
 - Galaxgrupper och galaxhopar
 - Filament och tomrum
- Aktiva galaxkärnor
 - Kvasarer, blazarer, seyfertgalaxer och radiogalaxer
- Introduktion till Big Bang
- Universums expansion

Vår lokala galaxgrupp

- Ca 45 medlemmar, varav Vintergatan är en, de flesta andra är dvärggalaxer.
- Andromedagalaxen och Vintergatan är de största medlemmarna. Avståndet, från oss, till Andromeda-galaxen är ca 2,5 miljoner ljusår.
- Lokala gruppens diameter är ca 8-9 miljoner ljusår.

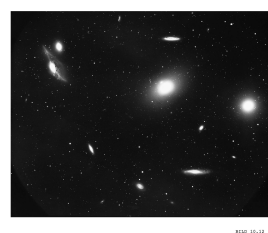


Andromedagalaxen med M 110 och M32



Virgohopen

- Avstånd till dess centrum: ca. 50 miljoner ljusår.
- Har ca. 2 000 medlemmar. Diameter ca 10 miljoner ljusår.
- Oregelbunden med alla typer av galaxer från E till S.
- Största (tyngsta) galaxen: M87 nära hopens centrum (E-galax)



Kannibalgalaxer i galaxhopars centrum

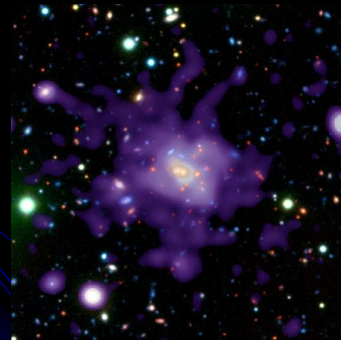


Comahopen

- Avstånd ca 90 Mpc $\approx$ 300 miljoner ljusår.
- Har ca. 10 000 medlemmar, kanske fler.
- Består till stor del av E och S0-galaxer.
- I centrum finns två jätteellipser, NGC 4874 och NGC 4889 (NGC= New General Catalogue).



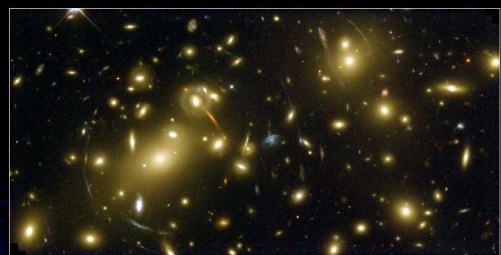
Gas i galaxhopar



Gravitationslinseffekter



Hur mycket väger en galaxhop?



Galaxy Cluster Abell 2218

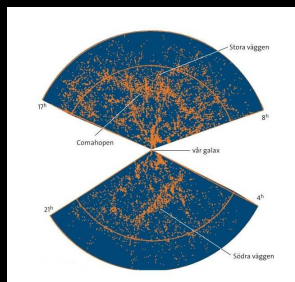
NASA, A. Fruchter and the ERO Team (STScI) • STScI-PRC00-08

HST • WFPC2

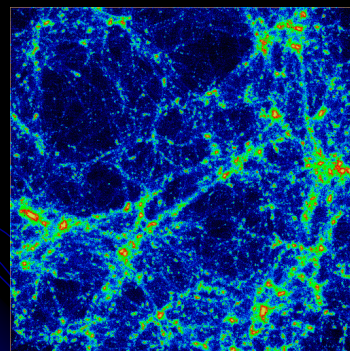
Studier av gasegenskaper, galaxhastigheter och gravitationslinseffekter $\rightarrow$ Ca 10^{14} — 10^{15} solmassor

Superhopar

Galaxhoparna grupperar sig och bildar superhopar med diametrar på uppemot 30 Mpc. Lokala gruppen ingår i Virgosuperhopan, även känd som Lokala superhopan.



Filament, väggar och tomrum



Växelverkande och kolliderande galaxer



Växelverkande och kolliderande galaxer

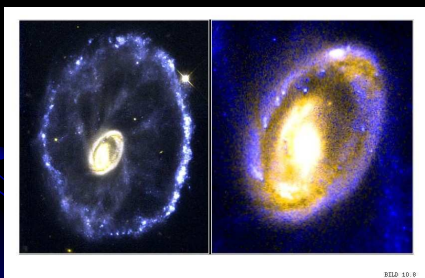
- Gravitationell växelverkan mellan galaxer och galax-kollisioner tros ge upphov till kraftig stjärnbildning.



Antennerna, på avståndet 65 miljoner ljusår.

Växelverkande och kolliderande galaxer

- The Cartwheel tros ha uppkommit genom en galaxkollision för 200 miljoner år sedan (nedan).



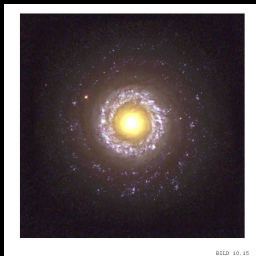
Hubble Ultra Deep Field - Galaxer från universums barndom -



Aktiva galaxkärnor I

Seyfertgalaxer ($L_{\text{kärna}} \approx 10^{36} - 10^{38} \text{ W}$, $L_{\text{VG}} \approx 10^{37} \text{ W}$).

- Emitterar icke-termisk strålning, (synkrotronstrålning).
- Seyfert 1 uppvisar breda emissionslinjer i spektra, Seyfert 2 uppvisar smala.
- Emissionslinjerna kan befinna sig i höga stadier av excitation och jonisation t.ex. FeX .
- Varierar i ljusstyrka.



Aktiva galaxkärnor II

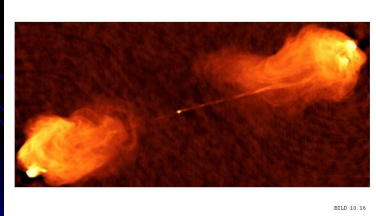
Blazarer ($L_{\text{kärna}} \approx 10^{36} - 10^{38} \text{ W}$)

- Emitterar icke-termisk strålning
- Inget synligt gasinnehåll (inga emissionslinjer i spektrum), kontinuumstrålning dominerar.
- Varierar snabbast och kraftigast i ljusstyrka bland de aktiva galaxerna.

Aktiva galaxkärnor III

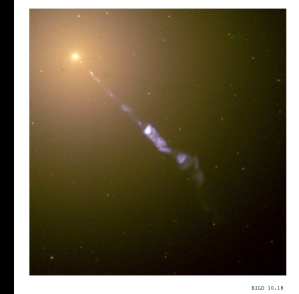
Radiogalaxer ($L_{\text{kärna}} \approx 10^{36} - 10^{38} \text{W}$)

- Emitterar "jets" i form av icke-termisk strålning.
- Syns i visuellt ljus och framförallt i radiostrålning.
- Delar Seyfertgalaxernas övriga egenskaper och klassificeras ofta som både och.

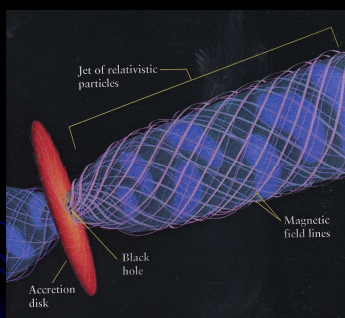


Aktiva galaxkärnor IV

- Kärnan hos radiogalaxen M87 i centrum av Virgohopen. Jetstrålens längd är ca. 2,5 miljoner ljusår.



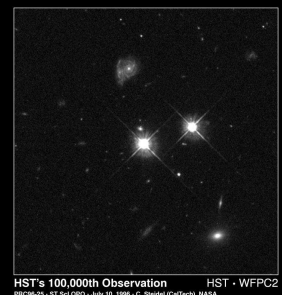
Uppkomsten av jets



Aktiva galaxkärnor V

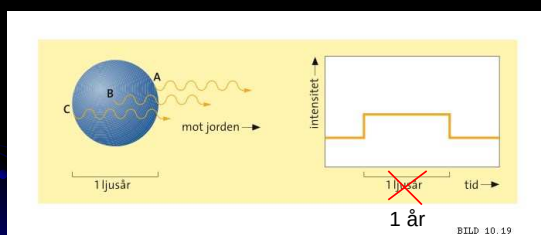
Kvasarer ($L_{\text{kärna}} \approx 10^{38} - 10^{42} \text{W}$)

- Emitterar icke-termiskt strålning.
- Kan ses på extremt stora avstånd därför att de är så ljusa.
- Ljusstyrkan kan variera på tidsskalor mindre än ett par veckor vilket betyder att objekten kan vara mindre än ett par ljusveckor i diameter!



HST's 100,000th Observation HST - WFPC2
PRC96-25 - ST Sci GRP - July 10, 1995 - C. Steidel (CalTech), NASA

Ju snabbare variationer, desto mindre strålningskälla



Den förenade/enhetliga modellen för aktiva galaxkärnor

Har kvasarer, Seyfertgalaxer, radiogalaxer och blazarer samma ursprung?

Troligen!

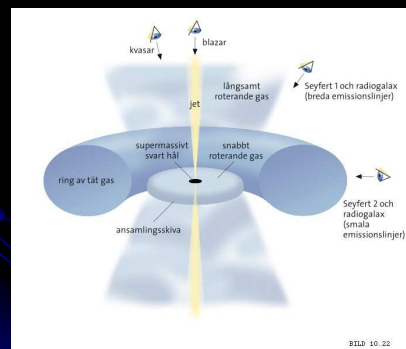
- Består av ett supermassivt svart hål (kanske flera tusen miljarder $M_{\odot}$) samt en ansamlingsskiva av gas i kärnan av en vanlig galax (eng. AGN = Active Galactic Nuclei).

Den förenade/enhetliga modellen för aktiva galaxkärnor II

- Enligt Keplers 3:e lag: roterar gasen närmast supermassiva svarta hålet snabbast vilket leder till friktionsupphettning och produktion av bl.a. röntgenstrålning.
- Infallande materialet stoppas p.g.a. centrifugalkrafter, gasen, med mycket högt tryck, rör sig i höghastighetsbanor runt hålet och skapar chockvågor. Ansamlad material trycks ut i 90 graders riktning.

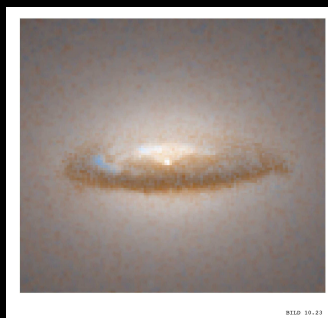


Det objekt vi ser beror av i vilken vinkel vi betraktar det!



Aktiva galaxen NGC 7052

- Centraldelarna har en diameter av 1100 ljusår.
- Massan i kärnan har uppskattats till 300 miljoner $M_{\odot}$.



Introduktion till Big Bang

Universums skapelse kallas Big Bang och skedde för ca 14 miljarder år sedan.

Big Bang-teorin innebär att universum utvecklades från en s.k. singularitet, en punkt med oändlig densitet. Einstein skulle säga: En singularitet är en oändligt krökt fyrdimensionell rumtidstruktur.

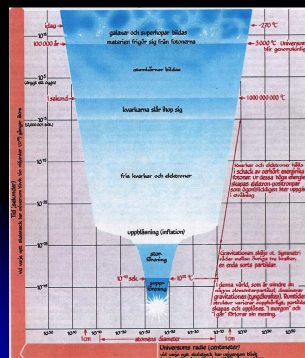
Kontenta: Universum har ändlig ålder

Men vad hände egentligen i Big Bang?

$$t_{\text{Planck}} \sim 10^{-43} \text{ s}$$

Före Planck-eran:
????

Från Big Bang till idag



- Det universum vi idag kan observera runt omkring oss idag växte fram ur Big Bang
- Det tidiga universumet var mindre och hetare det är idag
- Än idag fortsätter universum att expandera
- I det tidiga universumet bestod materia av subatomära partiklar

Fyra viktiga stöd för att universum är sprunget ur ett hett Big Bang

1. **Universum expanderar**
2. Den kosmiska mikrovågsbakgrundstrålningen med en temperatur av $\approx 2,73$ Kelvin IDAG
3. Den URSPRUNGLIGA heliumhalten (${}^4\text{He}$) i universum var $\approx 24\%$
4. Olika kosmokronometrar ger universums ålder $\approx 13\text{--}14$ miljarder år

Astronomiska avståndsskalan I

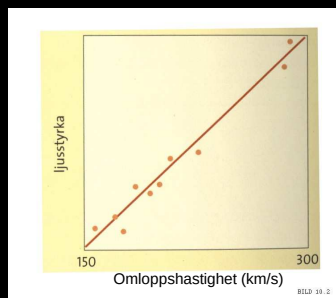
Flera metoder finns för att erhålla M för olika sorters Objekt, exempelvis:

- a) Huvudseriestjärnor,
- b) Variabla cepheidstjärnor,
- c) Supernovor,
- d) **Skivgalaxer**

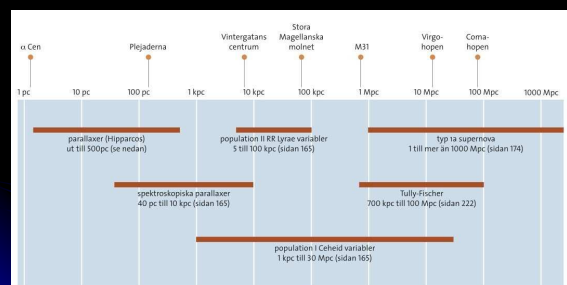
För samtliga metoder gäller att r , för de olika objekten som används i kalibreringen, har erhållits genom någon annan oberoende metod. Därefter har M beräknats.

Avståndsbestämning med skivgalaxer

- **Tully-Fisher metoden** för spiralgalaxer: Bredden hos den neutrala vätgasens emissionslinje (våglängd 21 cm) relaterar till M_v , sedan används avståndsformeln.



Den kosmiska avståndsskalan (sid. 55)

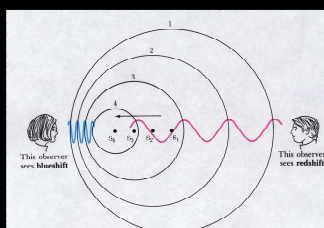


Rödförskjutning I

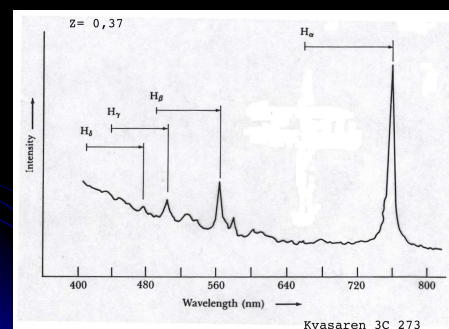
Inte alltför närbelägna galaxers spektra är förskjutna mot längre (rödare) våglängder av universums expansion.

Effekten liknar Dopplerförskjutning, men beror på att rummet vidgar sig, och inte rörelse genom rummet.

Varning: Kursboken gör ingen skillnad mellan dessa effekter.



Rödförskjutning II

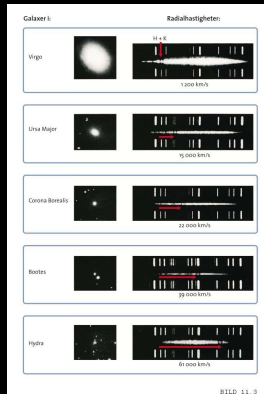


Rödförskjutning III

Den kosmologiska rödförskjutningen, z , definieras som:

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

λ_0 = vilovåglängden,
 λ = observerade våglängden.



Hubbles lag I

Hubbles lag:

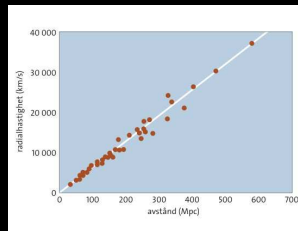
$$r = \frac{cz}{H_0}$$

R = avståndet (Mpc),
 z = rödförskjutningen
 c = ljushastigheten (km s^{-1})
 H_0 = Hubble-parametern ($\text{km s}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$).

Hubbles lag II

Hubble själv tolkade rödförskjutningen som en **Dopplereffekt** (rörelse genom rummet). Formeln för radialhastigheten blir då (för små z):

$$v = H_0 r$$



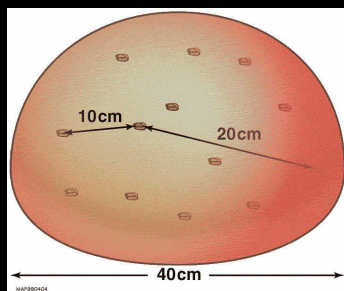
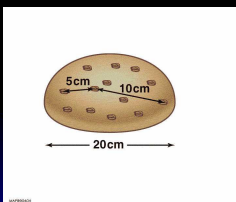
Universums expansion I

OBS! Det är rymden (rummet) mellan galaxerna som expanderar.

Galaxerna och galaxhoparna blir inte större!

Gravitationen inom galaxer och galaxhopar motverkar universums expansion (Hubbleflödet) och håller dem samman.

Universums expansion II

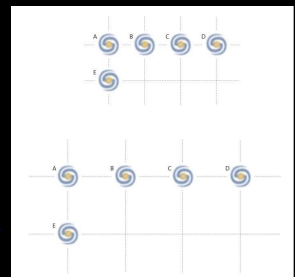


Är vi i universums centrum?

Jämför vår galax och några granngalaxer, långt tillbaka i tiden (ovan) och en tid senare (nedan).

Kontenta?

Alla observatörer i de olika galaxerna upplever att de andra galaxerna rör sig bort från just dem. **Detta betyder inte att den egna galaxen är i centrum!**



I vilken riktning från oss ägde Big Bang rum?

- Big Bang skall inte ses som en explosion i rummet, utan en expansion av rummet
- Big Bang hände alltså överallt
- Det finns alltså ingen riktning till "platsen för Big Bang"