

Massen af en galakse

Hvor meget masse er der i en galakse, og hvordan regner vi det ud?

Dette er blevet et meget vigtigt spørgsmål, da det vil vise sig, at sådanne analyser afslører noget om vores virkelighed.

Vi skal i denne øvelse se på 10 udvalgte galakser i Virgo hoben. For den første galakse får du demonstreret, hvordan man kan regne dens masse ud på 2 forskellige måder. Derefter skal du selv udregne massen for de 9 andre galakser på samme måde.

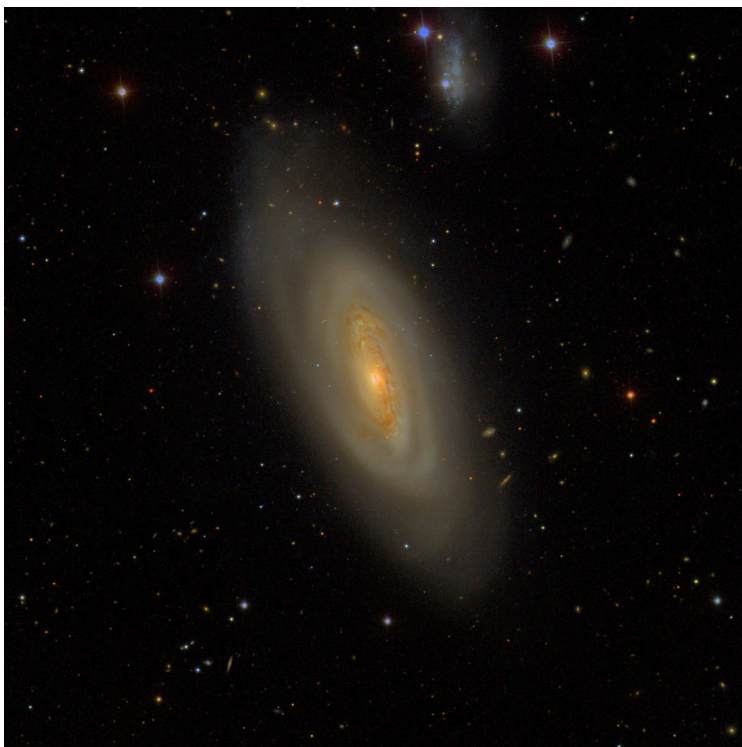
Selve de data for galakserne, som vi skal bruge findes på de billeder af galakserne som er tilknyttet øvelsen.

Vi kigger nærmere Messier 90 (M90)

I denne opgave skal du udregne massen af galaksen Messier 90, som også kaldes M90. Du skal udregne massen på to måder:

1. ved at se på det lys, den udsender
2. ved hjælp af den bevægelse, som M90 laver i Virgo-hoben

Til sidst skal du sammenligne de to resultater.



M90 er en spiralgalakse i galaksehoben Virgo.

1. Udregn massen på M90 ved at se på det lys, den udsender

Formlen du skal bruge lyder :

$$\left(\frac{\text{afstand til objektet jeg observerer}}{\text{afstand til objektet jeg sammenligner med}} \right)^2 \cdot \frac{1}{\text{forholdet mellem de to objekters lysstyrker}} = \text{hvor meget mere objektet lyser i forhold til det objekt, jeg sammenligner med.}$$

Du skal bruge følgende oplysninger:

- Afstanden til M90: 50.000.000 lysår
- Afstanden til Andromeda: 2.300.000 lysår
- M90 er 132 gange mere lyssvag på himlen end Andromeda.
- M90 bevæger sig med hastigheden 383 km/s imod os.

Alle objekter (galakser) bliver sammenlignet med Andromeda galaksen. Andromeda galaksen bliver brugt som sammenligningsstandard, fordi det er den galakse, vi kender bedst og kan se overskueligt.

Nu skal du bruge formelen til at svare på følgende spørgsmål:
Hvor meget mere lys udsender M90 end Andromeda?

$$\frac{\left(\frac{50 \cdot (10)^6}{2,3 \cdot (10)^6} \right)^2}{132} = 3,580225696$$

M90 udsender altså 3,580225696 gange mere lys end Andromeda.

Hvis Andromeda kun indeholdt soltype stjerner, skulle der være 16.000.000.000 stjerner. Det er en af grundene til, at du kan bruge Andromeda, da man kan "oversætte" alt lys fra Andromeda til, hvis lyset fra Andromeda skulle udsendes af stjerner som Solen.

Bemærk, at tallet er meget mindre end de +200.000.000.000 stjerner, der er i Andromeda. Det er fordi, Solen er en "stor" stjerne i de små stjerners skala. Og der er mange flere små stjerner end store stjerner i galakserne.

Det betyder, at HVIS M90 *kun* indeholdt soltypestjerner, skulle der være:

$$3,580225696 \cdot 16 \cdot (10)^9 = 5,728361114 \cdot 10^{10} \text{ soltype-stjerner i M90.}$$

Det er vigtigt, at man kan "oversætte" stjernernes lys til soltype-stjernelys, fordi man så kan finde ud af, hvad stjernerne og galakserne vejer. Og Solens vægt er velkendt: $1,99 \cdot 10^{30}$ kg.

Ud fra ovenstående kan man beregne, at M90 ville veje:

$$5,728361114 \cdot 10^{10} \cdot 1,99 \cdot 10^{30} = 1,139943862 \cdot 10^{41} \text{ kg}$$

Ud fra lyset fra M90 og vores viden om Solen vejer M90 altså: $1,399 \cdot 10^{41}$ kg.

2. Udregn massen på M90 ved at se på den bevægelse, den laver i galaksehoben Virgo

Formlen du skal bruge lyder :

$$\frac{3 \cdot (v_{pek})^2 \cdot D}{2 \cdot G}$$

Denne formel handler om at se på bevægelsen med Newtons øjne.

D er Virgohobens udstrækning

G er Newtons gravitationskonstant.

Pekularhastigheden forklares i udregningerne.

Nu ser vi på M90's bevægelse rundt i Virgo-hoben.

M90 har hastigheden 383 km/s imod os.

$$v(M90) = -383.000 \text{ m/s}$$

Du skal nu regne Virgohobens hastighed:

Dette gøres ved at tænke hobens hastighed som hastigheden af alle de enkelte galaksers hastighed.

Galaksers observerede hastigheder vil ikke afsløre dette, men et gennemsnit vil give et godt bud. Det er grunden til, at man ser på mange galakser.

$$(1.730.000 + 854.000 - 419.000 + 1.180.000 + 1.989.000 + 165.000 - 383.000 + 403.000 + 2.324.000 + 1.543.000)/10 = 938.600$$

Du kan nu regne M90 pekuliarhastighed ud:

$$(-383.000 - 938.600)^2 = 1.746.626.560.000 \text{ (m/s)}^2$$

Faktisk er det pekuliarhastigheden i anden potens, men det er også, den værdi du skal bruge i den næste udregning.

Massen af M90 kan nu regnes ud fra M90 bevægelse:

$$(3 \cdot 1.746.626.560.000 \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot \tan(8) \cdot 9,46 \cdot 10^{15}) / (2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11})$$

$$\frac{3 \cdot 1.746.626.560.000 \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot \tan(8) \cdot 9,46 \cdot (10)^{15}}{2 \cdot 6,67 \cdot (10)^{-11}} = 2,611133967 \cdot 10^{45}$$

Så ud fra bevægelsen vejer M90 $2,611133967 \cdot 10^{45}$ kg.

Tilbage er nu at tænke lidt.....

Du har nu regnet massen af M90 ud på 2 måder, og efter almindelig logik bør de to resultater være det samme. Men det er de ikke!

En forskel på en faktor 10.000 er rigtig meget. Hvis du regnede din egen højde ud med den samme skalafejl, ville du få en højde på flere km. Og hvis du regnede skalafejlen omvendt, ville din højde blive mindre end 1 mm.

Så noget er galt, men hvad?

Selve formlerne virker i mange andre sammenhænge, og den teoretiske logik bag dem er også solid.

Det kunne naturligvis være, at lige præcis M90 havde nogle udfordringer i forhold til observeret lys eller underlige bevægelsesmønstre. Det svarer til, hvis du skulle undersøge indholdet i en sodavandsflaske, og du kun fik ét mikroskopisk bud på at lave en måling af indholdet. I en sådan måling, ville du "risikere" at udtage en måling fra en enkelt kulsyreboble – og så vil du få et billede af en sodavand, der kun består af kulsyre. Og du opdagede ikke vandet og sukkeret, som jo i virkeligheden udgør det meste af indholdet i en sodavand. Hvis du så fik lov til at udtage prøver fra flere steder i sodavanden, så ville du nedsætte risikoen for at ramme noget misvisende for den sodavand, du undersøgte.

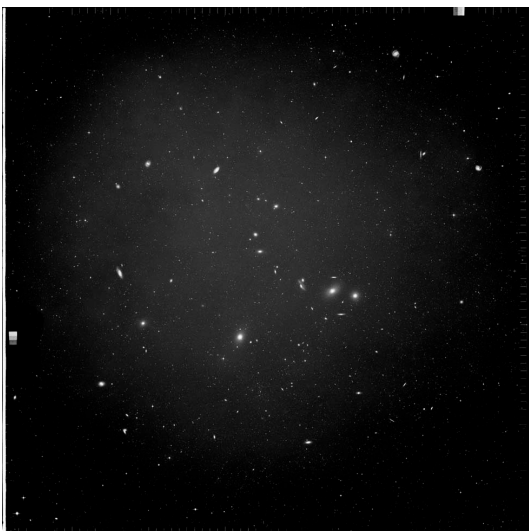
Dette problem kan løses ved at gennemføre regningerne for M90, på de 9 andre galakser, som vi har data fra billederne.

Problemet viser sig dog at gentage sig, og tilbage er kun nogle ubehagelige muligheder (set med teoretiske klassisk fysik's øjne).

En af de 2 metoder må nødvendigvis give et forkert resultat, og megen forskning antyder, at der er noget i universet som har masse, men som ikke udsender elektromagnetisk stråling (bl.a. synligt lys). Dette har fået navnet Mørkt stof, fordi det netop ikke kan "ses".

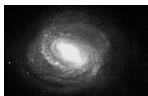
Nu er det din tur til at beregne massen af galakser

Nu skal du udregne massen af de 9 andre galakser, ud fra de data, der er i billederne nedenfor.



Billedet viser en række galakser i Virgohoben.

På billedet her er der indsat navnene på 10 galakser. Den ene er M90, som blev brugt til gennemgangen ovenfor. De 9 andre skal du nu udregne massen for. Under billedet er de nødvendige data for de ni andre galakser indsat.



Galakse M58

M58 er 158 gange lyssvagere på himlen end Andromedagalaksen.

M58 har en hastighed på 1730 km/s væk fra os.



Galakse M84

M84 er 91.2 gange lyssvagere på himlen end Andromedagalaksen.

M84 har en hastighed på 854 km/s væk fra os.



Galakse M86

M86 er 75.9 gange lyssvagere på himlen end Andromedagalaksen.

M86 har en hastighed på 419 km/s imod os.



Galakse M87

M87 er 57.5 gange lyssvagere på himlen end Andromedagalaksen.

M87 har en hastighed på 1180 km/s væk fra os.



Galakse M88

M88 er 145 gange lyssvagere på himlen end Andromedagalaksen.

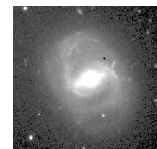
M88 har en hastighed på 1989 km/s væk fra os.



Galakse M90

M90 er 132 gange lyssvagere på himlen end Andromedagalaksen.

M90 har en hastighed på 383 km/s imod os.



Galakse M91

M91 er 251 gange lyssvagere på himlen end Andromedagalaksen.

M91 har en hastighed på 403 km/s væk fra os.

**Galakse M99**

M99 er 191 gange lyssvagere på himlen end Andromedagalaksen.

M99 har en hastighed på 2324 km/s væk fra os.

**Galakse M100**

M100 er 110 gange lyssvagere på himlen end Andromedagalaksen.

M100 har en hastighed på 1543 km/s væk fra os.

Opgaven er udviklet af Henning Afzelius, som underviser i astronomi, fysik og matematik på Nørre Gymnasium.