

Hubbles lov - opgaver

Den amerikanske astronom Edwin Hubble (1889–1953) opdagede i 1929, at jo længere væk en galakse befinder sig, desto hurtigere bevæger den sig væk fra os. Denne sammenhæng kaldes *Hubbles lov*, og den kan skrives som:

$$(1) \quad v = H_0 \cdot d$$

Her er v galaksens hastighed væk fra os, og d er afstanden til galaksen. Hubbles lov fortæller os noget vigtigt om Universet: Det er ikke kun galaksernes *egenbevægelse*, der bestemmer deres hastighed. Galakser bevæger sig ganske vist gennem rummet, men denne egenbevægelse er lille sammenlignet med den hastighed, der skyldes, at selve rummet udvider sig. Dette kaldes *Universets udvidelse*. Derfor ser vi, at næsten alle galakser bevæger sig væk fra os.



Edwin Hubble (1889-1953)
Johan Hagemeyer, Public domain, via
Wikimedia Commons.

Hubbles lov viser altså en proportionalitet mellem galaksens hastighed og dens afstand. Proportionalitetskonstanten H_0 kaldes Hubbles konstant.

Nedenfor ses en tabel med data for 6 forskellige galakser. Hastighederne er angivet i km/s, mens afstandene er angivet i den store enhed Mpc (megaparsec).

Galakse	Afstand (Mpc)	Hastighed (km/s)
NGC 2903	6,96	450
NGC 3368	11,89	880
NGC 2775	17,89	1460
NGC 3516	40,0	2530
NGC 5846	65	4600
NGC 7619	120	8700

Før du besvarer opgaverne på næste side, vil det være en fordel, hvis du har set min video eller dele af den:

[Spektre, rødforskydning og universets udvidelse](#)

- a) Benyt et AI-chatværktøj til at finde ud af, hvor meget 1 Mpc er i km og i lysår.
- b) Indsæt de sammenhørende værdier af afstandene og hastighederne for ovenstående 6 galakser i et CAS-værktøj og udfør lineær regression med henblik på at eftervise Hubbles lov (for disse galakser) og bestemme en værdi for Hubbles konstant.

Hjælp: Værdierne i tabellens 2. kolonne er altså x -værdierne og værdierne i tabellens 3. kolonne er y -værdierne ...

Hovedtype af galakser

1. Spiralgalakser (S)

Har en rund kerne og tydelige spiralarme.
Indeholder både unge og gamle stjerner.

Eks: M101

2. Stangspiralgalakser (SB)

Ligner spiralgalakser, men har en aflang stang i midten.
Spiralarme starter fra enderne af stangen.

Eks: M95

3. Elliptiske galakser (E0–E7)

Runde eller ellipseformede.
Ingen spiralarme eller tydelig struktur.
Mest gamle stjerner, næsten ingen ny stjernedannelse.

Eks: M87

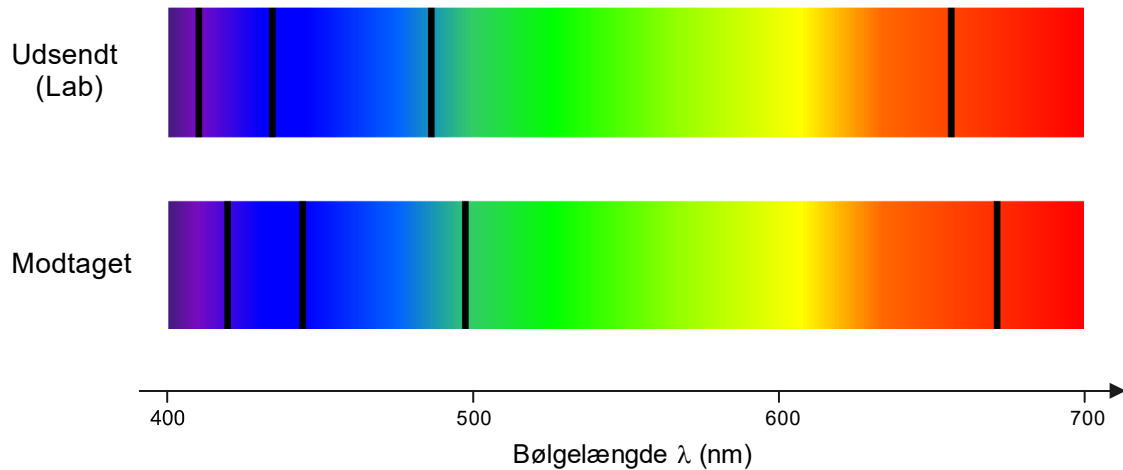
4. Irregulære galakser (Irr)

Ingen regelmæssig form.
Ofte små og kaotiske.

Eks: Den Store Magellanske Sky.

- c) Benyt Wikipedia til at få oplysninger om galakserne NGC 2903 og NGC 5846. Hvilke typer er de i forhold til listen ovenfor?
- d) Forklar med dine egne ord, hvordan man kan bestemme en galakses hastighed ud fra dens spektrum. *Hjælp:* Det er omtalt detaljeret i min video anført på forsiden.

- e) Den elliptiske galakse NGC 4874 fra Coma-hoben befinder sig i en afstand af ca. 100 Mpc fra os. I spektret fra galaksen ses nogle klare absorptionslinjer fra grundstofferne Ca, H og K. Nedenfor er vist udelukkende hydrogenlinjerne fra galaksen, både som hvis galaksen stod stille (Laboratoriet) og det modtagne spektrum set fra Jorden:



Hydrogen-linjen H_{α} på 656 nm observeres med bølgelængden 671 nm. Benyt følgende formler:

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \quad \text{og} \quad v = z \cdot c$$

til at bestemme galaksens hastighed væk fra os – i enheden km/s. For lysets hastighed kan bruges værdien $c = 3 \cdot 10^5$ km/s. I formlerne er λ den observerede bølgelængde, λ_0 laboratoriebølgelængden og z kaldes *rødforskydningstallet*.

NB! Man kunne have foretaget den samme beregning for alle de øvrige spektrallinjer. I princippet burde de give samme værdi for galaksens hastighed v . I praksis vil værdierne dog kun ligge tæt på hinanden, og ved at tage et gennemsnit kan man opnå en mindre usikkerhed. Vi nøjes dog med denne ene beregning her.

- f) (Ekstra – hvis du har energi til det): Forklar kort, hvordan astronomer kan bestemme afstande til galakser – ved at spørge et AI-chatværktøj.