

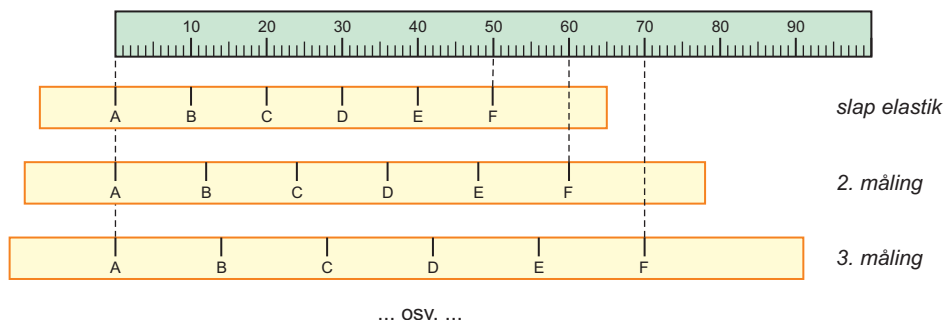
# Kosmologi

## Formål

Vi skal benytte en elastik i en model for *Universets udvidelse*. Vi vil blandt andet undersøge *Hubbles lov*. Øvelsen er efter en idé af Erik Kristensen.

## Forsøg

Tag en elastik, hvor der er afsat punkterne  $A, B, \dots, F$  med 10 cm's afstand, når elastikken er i slap tilstand. Punkterne repræsenterer forskellige galakser i Universet. Som bekendt udvider Universet sig. Det vil vi lade svare til at elastikken udvider sig, når vi trækker i den. For hvert træk vil vi vedtage, at det svarer til, at der er gået 1 mia. år. I slap tilstand, hvilket svarer til *nutiden*, er afstanden mellem  $A$  og  $F$  lig med 50 cm. I første træk sørger vi for, at  $A$  igen er udfor 0 på linealen og at  $F$  står ud for 60 cm på linealen. Afstanden fra  $F$  til  $A$  er altså 60 cm, som anført i skemaet nedenfor. Du skal udfylde de øvrige afstande fra punkterne  $B$  til  $A$ ,  $C$  til  $A$ ,  $\dots$ ,  $E$  til  $A$ . Stræk herefter igen elastikken, så  $A$  er udfor 0 og  $F$  er udfor 70 cm. Aflæs igen afstandene fra  $B$  til  $A$ ,  $C$  til  $A$ ,  $\dots$ ,  $E$  til  $A$  og skriv dem i skemaet. I alt skal du foretage 5 træk.



Træknr. = antal mia år fra nu	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	F (cm)
0	0	10	20	30	40	50
1	0					60
2	0					70
3	0					80
4	0					90
5	0					100

- Vi skal have bestemt *hastighederne* for hvert punkt (galakse). Lav for hver galakse et plot i dit CAS-værktøj af *positionen* (i cm) som funktion af *tiden* (antal træk). Indse at punkterne stort set ligger på en ret linje, hvilket betyder at hastigheden stort set har været konstant i bevægelsen. Foretag lineær regression. Hældningskoefficienten af fittet svarer til hastigheden af galaksen. Skriv dem op her:

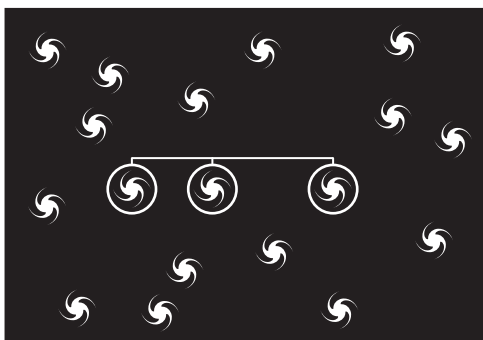
	A	B	C	D	E	F
Fart (cm/træk)						10

2. Lav et plot af *farten* som funktion af *nutidsafstanden til A*. Indse at punkterne ca. ligger på en ret linje gennem (0,0), hvilket svarer til en *proportionalitet*. Foretag igen en lineær regression på data. Hældningskoefficienten for fittet svarer til Hubble-konstanten for "elastik-Universet". Enheden er  $(\text{træk})^{-1}$  – overvej! Med oversættelsen af 1 træk som 1 mia. år er enheden altså  $(\text{mia. år})^{-1}$ .
3. Prøv at tænke processen baglæns, svarende til at elastikken "krymper": Hvis  $F$  bevæger sig med den konstante fart på 10 cm/træk væk fra  $A$ , hvor mange træk (svarende til antal mia. år) var det så siden, at  $F$  og  $A$  var på samme sted? Denne overvejelse kan give en værdi for Universets alder – husk, at ved *Big Bang* startede alle objekter i samme punkt! NB! Hvis du forsøger at udregne aldre for de øvrige galakser også, vil du få det samme tal – overvej!
4. I Orbit C bogen er angivet formelen:

$$t = \frac{1}{H}$$

hvor  $t$  er Universets alder og  $H$  er Hubble-konstanten. Hvis du indsætter din værdi for Hubble-konstanten fra spørgsmål 2 i denne formel, får du så den samme værdi for Universets alder, som du fik i spørgsmål 3? Det skulle du gerne!

5. Hvordan så elastik-Universet ud for 2,5 mia. år siden?



Pointen i øvelsen:

Mange år senere har Universet udvidet sig og galaksernes indbyrdes afstand er øget proportionalt!

