## 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*, … , *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*, … , *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*, … , *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 |

1. Vokser afstandene fra punkterne til *A* ca. med det samme for hvert træk? Denne til­vækst er et mål for farten, målt i cm pr. træk. Udregn gennemsnitsfarten for hvert punkt (galakse) i forhold til *A*. Det er klart, at gennemsnitsfarten for *F* er 10 cm/træk.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | A | B | C | D | E | F |
| Gennemsnitsfart(cm/træk) |  |  |  |  |  | 10 |

2. Tegn farten som funktion af nutidsafstanden til *A* ind på millimeterpapiret på næste side. Du skulle gerne se, at der er tale om en *proportionalitet*. Tegn den bedste rette linje gennem punkterne, tvunget igennem (0,0).

3. Bestem hældningen for linjen i spørgsmål 2. Det er Hubble-konstanten for ”elastik-Universet”. Enheden er  – overvej!

4. 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 aldrene for de øvrige galakser også, vil du få det samme tal – overvej!

5. I Orbit C bogen er angivet formlen:



hvor *t* er Universets alder og *H* er Hubble-konstanten. Hvis du indsætter din værdi for Hubble-konstanten fra spørgsmål 3 i denne formel, får du så den samme værdi for Universets alder, som du fik i spørgsmål 4? Det skulle du gerne!

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



