**Tænkevejledningen (stammer fra Lasse Seidelin)**

Ideen med tænkevejledningen er forenklet sagt, at eleverne først aktiverer og arbejder med den viden, som de skal bruge til forsøget. Det gælder typisk både teori, databehandling/opgaveregning og evt. overvejelse om udstyr.  
Har eleverne først aktiveret (og forstået) denne viden, så kan de bedre selvstændigt udføre forsøget og den efterfølgende databehandling. Når eleverne har arbejdet med teori og databehandling **inden** forsøget, så kan de typisk bedre fokusere på, hvordan forsøget skal udføres i praksis og er typisk også mere opmærksomme på evt. fejlkilder (da de jo ved, hvad måleresultaterne skal bruges til).

Den ekstra tid som eleverne bruger i starten på opgaver, gør den markant hurtigere til forsøg og databehandling, hvorfor det i praksis ikke forlænger den samlede tid brugt på en øvelsesgang.  
Man kan også bede eleverne regne nogle eller alle ”opgaver før forsøget” som lektie/forberedelse.

Tænkevejledningen kan have flere eller færre elementer. Elementerne i parentes kan evt. udelades.

|  |  |
| --- | --- |
| **Afsnit** | **Uddybning** |
| (Teori) | Relevant teori for forsøget. |
| Opgaver før forsøget | Her er opgaver, hvor eleverne arbejder sig igennem relevant teori og databehandling for forsøget. Evt. også en opgave, som relaterer sig til fejlkilder.  Det er her eleverne skal arbejde med al relevant viden **før** forsøget udføres. |
| Forsøget | En kort instruktion i, hvilket forsøg der skal udføres (og evt. sikkerhedsanvisninger). |
| (Måleresultater) | Evt. skema eller andet til at støtte opsamlingen af måledata. |
| Databehandling |  |
| (Afvigelse og Fejlkilder) | Kan være under databehandling eller separat afsnit.  Kan også formuleres som spørgsmål:  ”Søren og Lisa taler sammen, Søren har målt en længde for kort, hvad gør det for hans resultat?” |
| (Afrapportering: Journal, Rapport, Mundtligt) | Information om, hvordan forsøget skal afrapporteres. |

|  |
| --- |
| Forsøg: Universets udvidelse  – Hvor gammelt er universet? – |

Målet med forsøget er at undersøge, hvordan galakser bevæger sig væk fra hinanden når universet udvider sig. Herefter vil vi bruge denne vide til at give et bud på universets alder.  
Det vil vi først undersøge med et ”Elastikunivers” og derefter for rigtige galakser vha. *Hubbles lov*.

|  |
| --- |
| Opgaver før forsøget |
| **Opgave 1: Elastikuniverset**    Figur 1: Billede fra FysikCbogen (i-bog, Systime)  Billedet ovenfor viser et *Elastikunivers*. Du kan forestille dig, at ”Galakse 1” er vores egen galakse Mælkevejen, som altså ligger fast ved 0 cm på linealen. Til venstre, hvor elastikken er slap, er vist startsituationen svarende til *i dag*. Her har galakserne forskellige afstande til Mælkevejen. Nu forestiller vi os, at tiden går og universet udvider sig. Det svarer til, at vi strækker elastikken mens Galakse 1/Mælkevejen fastholdes ved 0 cm og vi får situationen på billedet vist til højre. Vi forestiller os, at der er gået 1 mia. år fra situationen til venstre til situationen til højre.   1. Har alle galakser bevæget sig lige langt i løbet af 1 mia. år? Hvis ikke, hvilke galakser har så bevæget sig hhv. kortest og længst? 2. Med hvilken hastighed har hhv. Galakse 2 og Galakse 7 bevæget sig? 3. Hvis Galakse 7 altid havde bevæget sig med denne hastighed, hvor lang tid er det så gået siden *Big Bang* (vi forestiller os, at ved Big Bang har alle galakser været samlet i ét punkt)? |

|  |
| --- |
| Forsøg 1: Elastikuniverset |
| I skal nu lave jeres eget elastikunivers. Jeres univers skal indeholde minimum 5 galakser.  Jeres mål er at bestemme hastighederne for jeres galakser og derefter alderen på jeres univers.  Spørgsmål I skal overveje:   * I Opgave 1 blev universet kun udvidet én gang. Hvordan kan I lave en måleserie for at bestemme galaksernes hastighed? Og hvorfor er det bedre med en måleserie fremfor kun én måling? * Hvordan sikrer I jer, at jeres univers udvider sig med konstant hastighed?  1. Når I har svaret på ovenstående spørgsmål, laver i et måleskema til at notere jeres resultater, samler jeres elastikunivers og udfører forsøget. |

|  |
| --- |
| Databehandling 1: Elastikuniverset |
| 1. Bestem hastigheden for hver af jeres galakser (husk, at vi har valgt: ). **HINT:** Indsæt dataene i Graphical Analysis og bestem hastigheden med lineær regression. 2. Hvor gammelt er jeres univers, hvis I regner baglæns for én af jeres galakser? Får I samme eller et andet resultat, hvis I regner på én af de andre galakser? 3. Lav nu **en ny graf**, hvor I hen ad 1. aksen har *nutidsafstanden* (nutidsafstanden er den første afstand, inden I trak i elastikken), mens I op ad 2. aksen har galaksernes hastighed for alle jeres galakser. 4. Er der en lineær sammenhæng mellem hastigheden og nutidsafstanden ? Er der ligefrem proportionalitet? 5. Opskriv det udtryk, som I når frem til fra spg. c). Hvordan kan I fortolke hældningskoefficienten?   Sammenhængen kaldes **Hubbles lov**, mens konstanten (hældningskoefficienten fra jeres graf) kaldes **Hubblekonstanten**.   1. Angiv **Hubblekonstanten**  for jeres elastikunivers. Husk enhed.   Hvis Universets udvidelse er foregået med konstant fart siden Big Bang, så er Universets alder lig med nutidsafstanden , divideret med galaksens fart :  hvor vi har indsat Hubbles lov for .   1. Bestem alderen på jeres elastikunivers vha. formlen ovenfor. Sammenlign med svaret fra spg. b).  kaldes også for **Hubbletiden**. |

|  |
| --- |
| Forsøg 2: Hubbles lov |
| I forsøget med elastikuniverset undersøgte I sammenhængen mellem afstanden til galakser og deres hastighed væk fra os i et univers, der udvider sig med konstant hastighed. Her så I, at der er en ligefrem proportional sammenhæng mellem afstanden ud til en galakse og den hastighed , hvormed den bevæger sig væk fra os.  Sammenhængen kan udtrykkes ved  hvor er afstanden til galaksen, er galaksens hastighed og er *Hubble-konstanten*, som er opkaldt efter den amerikanske astronom Edwin Hubble, der opdagede sammenhængen i 1923.  Tabellen nedenfor viser afstande og hastigheder for rigtige galakser. *Bemærk*¸ at afstanden er angivet i mega-parsec (Mpc). Én parsec er: .   |  |  |  | | --- | --- | --- | | Navn |  |  | | NGC 4459 | 16,1 | 1200 | | 3C 371 | 234 | 15300 | | NGC 1316 | 19,0 | 1800 | | NGC 4261 | 29,4 | 2100 | | NGC 6251 | 104 | 7500 | | NGC 4945 | 3,6 | 600 | | NGC 3377 | 11,2 | 600 | | 3C 75 | 90,8 | 6900 |   Tabel 1: Tabel der viser afstande og hastigheder for en række galakser. Bemærk, at afstanden er angivet i mega-parsec. |

|  |
| --- |
| Databehandling 2: Hubbles lov |
| 1. Lav en *ligefrem* *proportional* regression, at der en ligefrem proportional sammenhæng mellem og . **HINT:** Det kan gøres i Graphical Analysis eller i Maple ved at bruge *PropReg(X,Y)*, hvor du plejer at bruge *LinReg(X,Y)* for at lave lineær regression. Du skal have hen ad -aksen og op ad -aksen. 2. Forklar, at din graf viser, at ”desto længere en galakse er væk fra os, desto hurtigere bevæger den sig væk fra os”. 3. Aflæs Hubble-konstanten fra forskriften i din regression. Hvilken enhed har Hubblekonstanten?   Tabelværdien for Hubblekonstanten er .   1. Beregn den *absolutte* og den *relative* afvigelse for din værdi af Hubblekonstanten. 2. Hvor gammelt er universet ifølge dit resultat? **HINT:** Benyt som du viste ved elastikuniverset. Omregn km og Mpc til meter. Så er enheden for Hubblekonstanten (så får du i sekunder).   Du har under forsøget antaget, at universet udvidede sig med konstant hastighed.   1. Er Universets alder større eller mindre end Hubbletiden, hvis Universets udvidelse bliver bremset op (dvs. hvis Universet tidligere har udvidet sig med større fart)? 2. Er Universets alder større eller mindre end Hubbletiden, hvis Universets udvidelse bliver accelereret? 3. Find den accepterede værdi for universets alder på nettet og sammenlign med jeres svar fra spg. e). |