

Fusion i stjerner med NetLogo – en forløbsbeskrivelse.

Forløbet er et mini-forløb om fusion i stjerner. Det omhandler simpel modellering af fusion af hydrogen til helium via pp-processen samt fusion af helium til carbon via triple-alfa processen. Forløbet forudsætter at man berørt emnet kernereaktioner med sine elever og har kendskab til begrebet henfald (bruges i triple-alfa-processen).

Forløbet har været afprøvet på dels et valghold (astronomi) dels en 1.g klasse i fysik (studieretningsfag). Til forløbet hører et par arbejdsark (i odt-format, så man selv kan kopiere/klippe/ændre efter eget behov) samt et par NetLogo-programfiler.

Det er tanken, at eleverne ikke nødvendigvis har været introduceret for NetLogo inden de går i gang med forløbet. Skulle eleverne have en vist kendskab til Netlogo (eksempelvis fra tidligere forløb) kan man blot springe en introduktionen til Netlogo over eller skære den ned efter behov.

Forløbet kan afvikles på 2 moduler á 90 min. hvor eleverne arbejder i par (mindre grupper).

### 1. modul.

Eleverne får udleveret arbejdsark 1 (filnavn `fusion-1.odt`) sammen med NetLogo filen `fusion-simpel.nlogo`

Hvis eleverne ikke har været introduceret for NetLogo før, skal man sørge for at de inden start har downloadet og installeret Netlogo på deres computere (gives evt. som en del af en lektie)

Arbejdsark 1 har til formål at introducere til en simpel fusionsmodel og NetLogo.

Det er tanken at eleverne hurtigt er relativt selvkørende og at ens opgave som underviser er, at gå rundt og hjælpe med de konkrete problemer, som må opstå i de enkelte grupper.

Ved den første del af arbejdsarket forklares ultra-kort, hvordan man bruger interface-delen. Hvis der er behov, kan man starte denne del op sammen med holdet og så eleverne kan få en passende introduktion til brug af NetLogo.

Når programmet kører skal eleverne observere, hvad der sker – hvordan bliver fusionsprocessen simuleret. Hvad kan man se på skærmen?

Herefter skal eleverne gå ind i selve programkoden og finde ud af hvordan de enkelte programstumper hænger sammen med det man ser i interfacet. Det er tanken at eleverne selv arbejder undersøgende med koden og interfacet.

Eleverne skal kunne identificere de enkelte dele af programmet, forklare hvad de konkret gør og hvordan det kommer til udtryk, når man ser på interface-delen.

Eleverne skulle meget gerne kunne nå frem til at en betingelse for fusion af hydrogen til helium i modellen er, at der er 4 hydrogenkerner i nærheden af hinanden. At 4 hydrogen fusionerer direkte til helium er selvfølgelig en ganske forsimplet version af, hvad der faktisk sker. Pointen med denne simple model er blot at vise hvad netto-resultatet af fusionsprocessen er - nemlig at de 4 kernepartikler (hydrogenkerner) omdannes til en enkelt heliumkerne (som består af 4 kernepartikler). Der ses bort fra udsendelse af positroner og gamma-partikler m.m. i modellen

I den sidste del af arbejdsarket skal eleverne ændre i programkoden. Der er her mere eller mindre lagt op til fri leg. Dog er der listet et par ting, som eleverne skal forsøge at ændre på. Erfaringen viser, at eleverne her gerne vil afprøve mange forskellige ting af teste grænserne for programmet. Selv uden den helt store introduktion vil mange elever selv kunne rette i koden og få visualiseret forskellige ting på interfacet.

Man kan evt. vise forskellige muligheder for tilføjelser i koden/interfacet for holdet via projektor og/eller lade eleverne afprøve deres forslag til kodeændringer for hinanden,

## 2. modul

I dette modul er tanken, at eleverne skal simulere fusion i stjerner med en større detaljegråd end i den simple model fra det første modul.

Eleverne får udleveret arbejdsark 1 (filnavn `fusion-2.odt`) sammen med NetLogo filen `fusion.nlogo`

Arbejdsarket indeholder en skematisk fremstilling af pp-processen som beskriver en måde at fusionere hydrogen til helium (s.2) og triple-alfa-processen som angiver en måde af fusionere helium til carbon (s.3). Eleverne skal lave et program, som kan simulere fusionsprocesserne, hvor man tager hensyn til de enkelte led i kæden af kernereaktioner.

1. del af arbejdsarket fokuserer på pp-processen. Her kan eleverne med fordel bygge videre på programmet `fusion.nlogo`.

Eleverne skal her lære at læse/skrive et program, hvor man kalder forskellige procedurer, som hver især beskriver de enkelte led i pp-processen.

Eleverne skal selv lave det sidste trin i pp-processen (hvor 2 helium-3 går sammen til helium-4 og 2 hydrogen). Her skal eleverne sørge for at holde styr på hvilke partikler, der "dør" og hvilke der "fødes". Det kan være en fordel at få eleverne til at lave forskellige monitorer i interfacet, som viser antallet af de forskellige kerner. Eleverne kan så teste lødigheden af deres model ved at se om antallet af kernepartikler er bevaret, efterhånden som tiden går.

Når eleverne efterhånden får bygget deres model af pp-processen, kan man lade dem eksperimentere med den og undersøge om den passer med deres forventninger. Passer det de ser ske i interfacet, med deres ide om hvad der sker i det indre af stjerner?

2. del af arbejdsarket ser på triple-alfa-processen. Denne process er interessant, da den er meget temperaturfølsom idet halveringstiden af beryllium-8 er meget lille.

Eleverne skal her først forsøge at lave en model, hvor 2 helium-4 (alfa) danner beryllium-8 som så igen fusionerer med helium-4 til carbon-12.

Når denne fusionsprocess er lavet, skal eleverne indføre en mulighed for henfald af beryllium. Ved at ændre på sandsynligheden for henfald, bør eleverne se at processen mere eller mindre går i stå, hvis beryllium-8 når at henfalde inden det møder en helium-4 kerne. Dette skulle gerne få eleverne til at indse at partiklerne skal møde hinanden indenfor et kort tidsrum, og at de derfor skal have meget fart på – temperaturen skal være høj.

Eleverne kan vælge af lave simuleringen af triple-alfa-processen i et selvstændigt program eller blot bygge videre på deres program med pp-processen.

Vælger eleverne at lave et selvstændigt program, vil både kodedelen og det visuelle udtryk i interfacet være mere enkelt og overskueligt. Omvendt vil et samlet program virke måske mere tiltalende på nogle elever, da man så kan have alle processer i samme program og dermed kan følge med i fusionsprocesserne fra hydrogen og helt til carbon i et og samme vindue i interfacet.

Et par eksempler på hvordan færdige nlogo-filer til de enkelte arbejdsark kunne se ud er vedlagt materialet.

/Svend Runge Nielsen