

Modul 2 – Vejen til fusion

FuseNet undervisningsmateriale til gymnasiale uddannelser

Ekstraopgaver

v.1.0

Dette dokument indeholder ekstraopgaver til Modul 2: Vejen til fusion som led i FuseNets undervisningsmateriale til gymnasiale uddannelser.

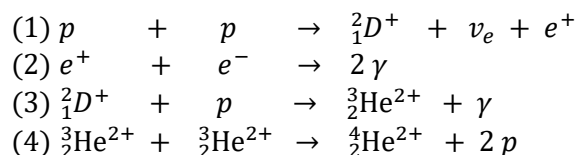
Opgavesværhedsgrad:

- *: Indledende opgave: Relativ hurtig opgave, kræver minimal eller ingen beregning.
 - ** : Semiudfordrende opgave: Kræver måske beregninger og mere avanceret tankegang.
 - ***: Udfordrende opgave: Kræver måske mere avancerede beregninger eller udledninger.
-

Kapitel 1: Opdagelsen af fusion

**Opgave A.1: Proton-proton-kæden

I dette modul er du blevet introduceret til proton-proton-kæden (P-P-kæden). P-P-kæden er en række reaktioner, som Solen bruger til at producere energi. Det er ikke en kædereaktion, eftersom én reaktion ikke påbegynder den næste reaktion. Hver reaktion kan finde sted uafhængigt, hvis de rigtige partikler er til stede. Ydermere selvom P-P-kæden betegnes som en enkelt kæde, så består den af forskellige "grene". Den mest enkle af disse grene kaldes PP I og består af følgende fire reaktioner:



Hvor mange gange skal hver reaktion finde sted, således det samlede resultat for grenen bliver $4 p + 2 e^- \rightarrow {}^4_2He^{2+} + A \gamma + B \nu_e$? A og B er ukendte. Hvad er værdierne af A og B ?

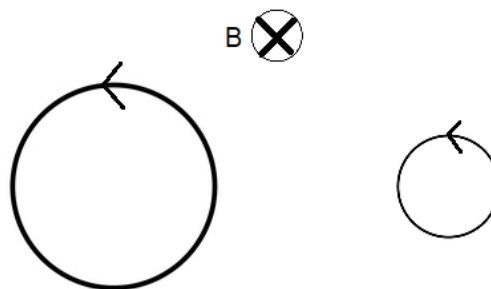
**Opgave A.2: Acceleratorfusion

De første menneskeskabte fusionsreaktioner på Jorden fandt sted ved at bombardere hydrogen-isotoper med andre hydrogen-isotoper ved at bruge partikelacceleratorer. Denne metode bruges ikke længere i fusionsforskning, eftersom spredning kraftigt forværrer effektiviteten af denne metode. Kan du forklare, hvorfor spredning har denne effekt?

Kapitel 2: De første maskiner

****Opgave A.3: Gradientdrift**

To hydrogen-ioner med samme hastighed bevæger sig rundt i en cirkel i et magnetfelt. Magnetfeltet peger ind i papiret. Styrken af magnetfeltet er ikke homogen men ændrer sig lineært fra venstre mod højre. På figuren er ionernes cirkelbevægelse tegnet, som hvis magnetfeltet lokalt var homogent rundt i hver cirkelbevægelse. Dette er en approksimation.



- Er magnetfeltet stærkere tæt på den venstre eller den højre partikel? Hvorfor?
- Baseret på forrige delopgave stiger eller falder styrken af magnetfeltet, når man bevæger sig fra venstre mod højre?
- Hvordan forventer du, at partiklens bevægelser ser ud, hvis du nu skal tage højde for at styrken af magnetfeltet ændrer sig i løbet af cirkelbevægelsen? Dette har vi set bort fra indtil nu. Er bevægelsen stadig en lukket cirkel? Driver ionerne i en bestemt retning?

***Opgave A.4: Vigtige navne**

I kapitel 2 blev en masse vigtige navne nævnt. Prøv at se, om du kan huske dem. Udfyld følgende tabel:

Design			
Oprindelsesland			
Opfinder(e)			
Maskinnavne			

Skriv i første række navnene på de tre primære designs til fusionsmaskiner, som blev forklaret i kapitel 2. I anden række skriv navnene på det land, hvor designet primært blev opfundet. I tredje række skriv navnene på opfinderne for hvert design. I den sidste række skriv navnene på de maskiner, som blev nævnt i kapitel 2, der er bygget ud fra hvert design.

***Opgave A.5: Stellarator vs Tokamak**

I kapitel 2 blev du introduceret til tre forskellige designs til fusionsmaskiner. Af disse er tokamakken og stellaratoren temmelig ens. Der er dog især én meget vigtig forskel mellem disse to designs.

- Hvad er denne vigtige forskel?
- Hvad er en vigtig konsekvens af forskellen?

Kapitel 3: Gennembrud og nedbrud

*** / **Opgave A.6: Q-faktor**

I mange år har fusionsforskere prøvet at opnå en Q-faktor over 1.

- Hvad er Q-faktoren, og hvorfor er $Q > 1$ så vigtig?
- Hvis vi lige nu kunne opnå $Q > 1$, kunne vi så med det samme begynde at bygge fusionskraftværker og producere bæredygtig elektricitet?

Kapitel 4: ITER

*Opgave A.7: Fusionsforskning for et land – internetopgave.

Hvert land har sin egen politik og investering i fusionsforskning. Nogle lande fokuserer på få mindre projekter, mens andre lande har store forskningsafdelinger og mange maskiner. Nogle lande har ikke lagt en plan om fremtidig fusionsforskning, mens andre lande har lavet detaljerede planer – fx hvornår den store tokamak DEMO skal bygges. I denne opgave opfordres du til at undersøge, hvordan Danmark, EU eller et andet land arbejder med fusion. Prøv at svar på følgende:

- Hvor mange penge bruger landet på fusionsforskning?
- Har landet sine egne eksperimenter, samarbejder det med andre lande på større projekter eller ingen af delene?
- Har landet planer om at bygge en fusionsmaskine, fx tokamakken DEMO?
- Er du tilfreds med, hvor mange ressourcer landet bruger på fusionsforskning? Ville du selv investere mindre eller mere i fusion?

* / ***Opgave A.8: Fusion og dig

Nu hvor du ved mere om historien bag fusion, hvordan ser du på det? Er du tilfreds med, at så mange lande arbejder sammen for at gøre fusion til en realitet, eller du mere skeptisk? Hvad ville du tænke, hvis dit elnetværk begyndte at indeholde strøm fra fusionsreaktorer? Hvad tror du, er de største udfordringer og fordele ved fusionsenergi?

This material has been created and distributed by FuseNet for educational purposes. This work has been carried out within the framework of the EUROfusion Consortium, funded by the European Union via the Euratom Research and Training Programme (Grant Agreement No 101052200 — EUROfusion). Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Commission. Neither the European Union nor the European Commission can be held responsible for them. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

