Modul 1 – Introduktion til fusion

FuseNet undervisningsmateriale til gymnasiale uddannelser

Ekstraopgaver v.1.0

Dette dokument indeholder ekstraopgaver til Modul 1: Introduktion 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: Energiens rolle i vores verden

*Opgave A.1

Når vi taler om energi, er den mest anvendte enhed stadig joule (J). For at sætte dette i perspektiv er det vigtigt at få en fornemmelse for, hvad en joule er:

a. Undersøg online, hvordan man udtrykker en joule i SI-enheder. Hvad betyder dette? Sammenlign med enheden for acceleration ($\mathrm{m/s^2}$). Måske kan det være nyttigt at tænke på, hvordan en newton (N) udtrykkes i SI-enheder.

b. [Multiple choice] Hvilke af de følgende scenarier repræsenterer ca. 1 joule energi?

   A. Den kinetiske energi af en tennisbold, der bevæger sig med 22 $\mathrm{km/t}$,

   B. Den nødvendige energi for at løfte et æble 1 meter over jorden,

   C. Den nødvendige energi for at tænde en 1 watt elpære i 1 sekund,

   D. Alle de ovenstående,

   E. Ingen af de ovenstående. En joule kan ikke repræsenteres på denne måde – konceptet er for abstrakt.

c. Hvor mange joule forventer du, at det globale energiforbrug er? Find det globale energiforbrug i joule online, og sammenlign det med dit estimat. Var du tæt på?

*Opgave A.2

Find dit lands **energimix** (energiforbruget opdelt procentvist efter energikilden, som energien stammer fra) online. Vær opmærksom på energienheden, og hvad de tal / figurer, du finder, repræsenterer.

a. Hvor fandt du dine data? Hvordan ved du, om du kan stole på dine data? Forklar, hvorfor du stoler på dine data.

b. Hvilke enheder er dine data udtrykt i?

Den mest almindelige enhed for energi er **joule** (J), som er lig en newton-meter ($\mathrm{N\ m}$, i SI-enheder: $\mathrm{kg\ m^2\ s^{-2}}$). Energi kan dog udtrykkes i mange forskellige enheder. Indenfor energisektoren taler man ofte om **kilowatt-timer** (kWh) eller **ton olieækvivalenter** (toe, **tonnes of oil equivalent**) pga. de store energimængder, man arbejder med. Man tilføjer præfikser for at indikere større (eller mindre) enheder fx MWh, GWh, Mtoe (megawatt-timer, gigawatt-timer, millioner ton olieækvivalenter).

c. Sammenlign en joule (J), en kilowatt-time (kWh) og et ton olieækvivalenter (toe). Hvor mange joule er en kWh? Hvor mange joule er en toe? Hvor mange joule er en Mtoe?

Man bruger ofte **primær energi** for data vedr. energiforbrug.

d. Hvad betyder primær energi? Søg evt. på engelsk 'primary energy'.

e. For de fleste lande udgør **fossile brændstoffer** størstedelen af energikilderne. Sammenlign forskellige landes energiforbrug. Hvor meget anvendes vedvarende energikilder såsom sol- og vindenergi?

f. Stammer en stor mængde af energimixet fra bæredygtige energikilder? Hvad med vedvarende kilder?

<u>*Opgave A.3</u>

a. Estimer, så godt du kan, energiforbruget i joule af følgende: En husholdning, en by, et land og hele verden.
b. Estimer, så godt du kan, det globale energiforbrug, der skyldes henholdsvis industrien og husholdninger.

Prøv at finde kilder, der kan svare på spørgsmål a og b ovenover.

c. Hvilke kilder fandt du?
d. Hvordan passer kilderne med dine tidligere estimater?
e. Hvilke udfordringer mødte du i denne opgave?

Kapitel 2: Fusion i Solen

<u>*Opgave A.4</u>

a. Hvilket grundstof kan ses i figur 4 i hovedteksten til dette modul? Hvilken isotop er det? Er det en ion? Undersøg, hvad dette grundstof kan bruges til.

b. Lav en tegning, ligesom figur 4, af et hydrogenatom.

c. Lav en tegning, ligesom figur 4, af et deuteriumatom.

d. Lav en tegning, ligesom figur 4, af et tritiumatom.

<u>*Opgave A.5</u>

Energiskalaer: Find ud af, hvor mange joule der er pr. kalorie (cal) og pr. kilokalorie (kcal). Find energien i en Mars bar (altså energien, der står i næringsindholdet). Vha. vægten af en Mars bar beregn en værdi for den specifikke energi (energi pr. masse, $\mathrm{J/kg}$) af en Mars bar,

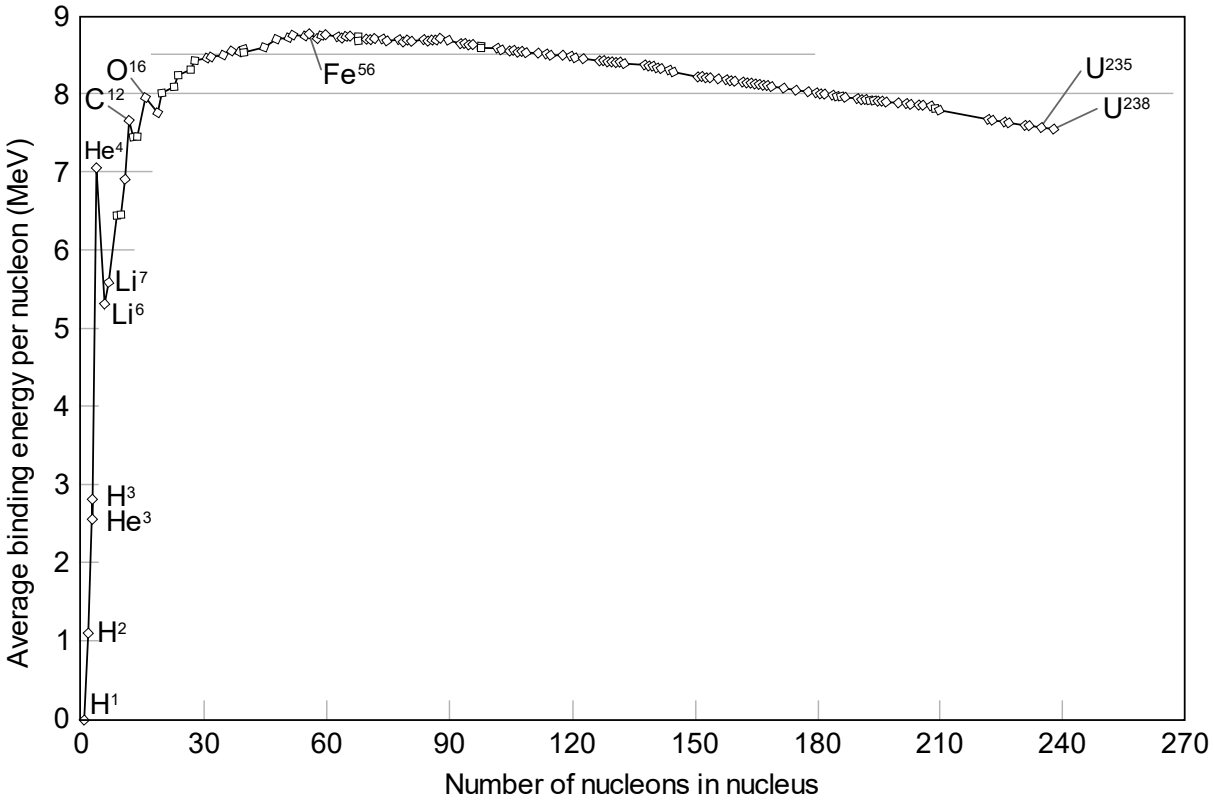
og sammenlign med den specifikke energi af: Benzin, kul, fission (uran) og fusion (D-T fusion). Den engelske Wikipedia-side for 'Energy density' kan måske være brugbar.

**Opgave A.6

Fusion og fission er to fysiske processer, som begge producerer enorme mængder af energi via kernereaktioner. Denne energi kommer fra massedefekten involveret i kernereaktionen.

Hvorvidt en atomkerne kan producere energi via fission eller fusion afhænger af atomkernens bindingsenergi. Dette medfører, at atomkerner med høj bindingsenergi kan beskrives som stabile, mens tungere atomkerner er mere ustabile.

a. Forklar forskellen mellem fusion og fission på et atomart niveau.
b. Beskriv vha. bindingsenergien, hvorfor tungere atomkerner er mere ustabile.
c. Beskriv, hvor på grafen fusion finder sted, og hvor fission finder sted. Hvor er overgangen fra fusion til fission? Kan du forklare hvorfor?
d. Baseret på grafen hvilket stof forventer du er almindeligt at finde i store mængder i meget gamle stjerner?



Figur: Gennemsnitlig bindingsenergi pr. nukleon. Kilde: Wikimedia commons

**Opgave A.7

a. Beregn massedefekten og dermed den frigivne energi via Einsteins ligning for en D-T fusionsreaktion.

b. Beregn massedefekten og dermed den frigivne energi via Einsteins ligning for en (valgfri) fissionsreaktion for uran-235.

***Opgave A.8

Find temperaturen og densiteten i Solens kerne, temperaturen ved Solens overflade, den gennemsnitlige densitet i Solen samt temperaturen og densiteten i en fusionsreaktor på Jorden. Sammenlign disse. Hvorfor er det nødvendigt, at en fusionsreaktor på Jorden har en meget højere temperatur end Solen?

Kapitel 3: Plasma

*Opgave A.9

Et velkendt eksempel på anvendelse af plasma i den virkelige verden er plasma-TV. Undersøg online, hvordan et plasma-TV fungerer, og hvad forskellen er på plasmaet i et plasma-TV og et fusionsplasma som beskrevet i kapitel 3 i hovedteksten.

**Opgave A.10

a. Plasmaer lyser ofte (tænk fx på neonlys). Men hvorfor lyser plasmaer?
b. Hvis et plasma er fuldt ioniseret, kan det så stadig lyse? Hvorfor?

Kapitel 4: Fusionsmaskinen

*Opgave A.11

Lad os tage et kig på, hvordan et toroidalt magnetfelt og et poloidalt magnetfelt sammen danner et spiralformet magnetfelt. Vi vil følge nedenstående trin:

a. Tegn en pil (vektor) i en tilfældig retning.
b. Tegn en ny pil (vektor) i en anden retning, der starter ved slutningen af den første pil.
c. Tegn en tredje pil, der starter samme sted som den første pil og slutter samme sted som den anden pil.

Den tredje pil er resultatet af additionen af de to første pile (vektorer).

Hvis vi gør det samme for en poloidal pil (vektor) og en toroidal pil (vektor), hvad er så resultatet?

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.