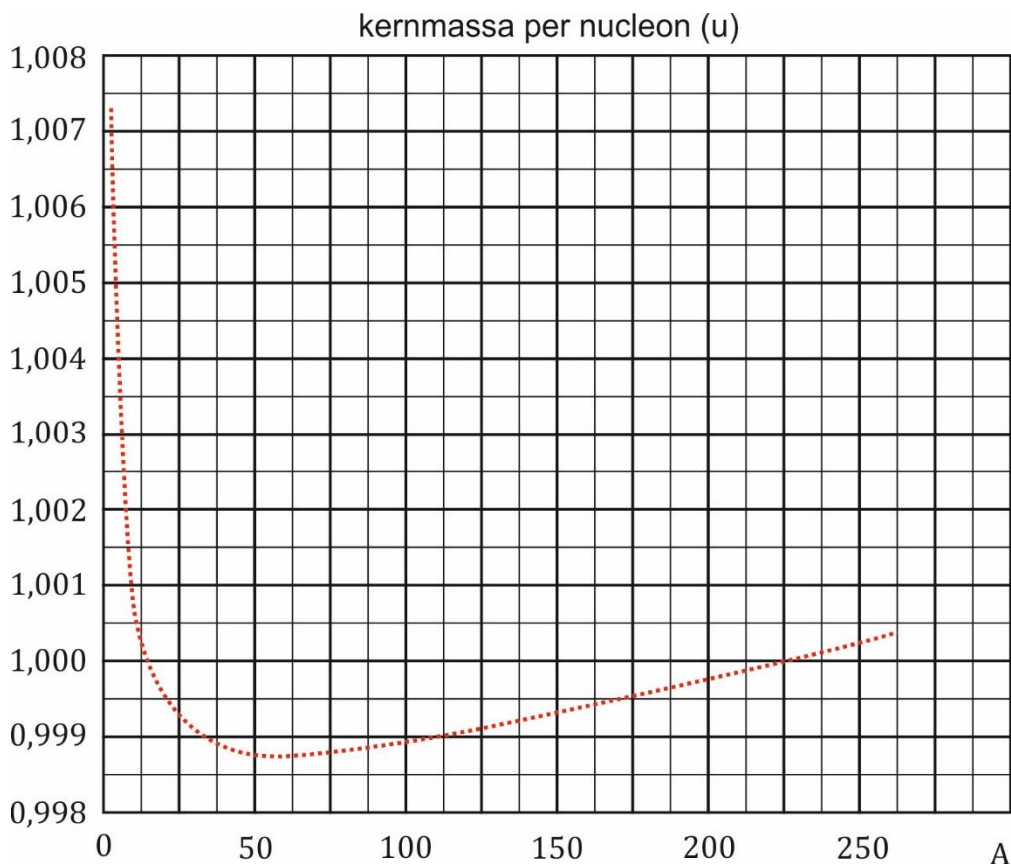


Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!  
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.

**Opgave 1**

- a) **Leg** de functie **uit** van de moderator en leg eveneens de werking van de moderator uit. Anders geformuleerd: wat doet een moderator en hoe kan die dat?  
Het radioactief afval is onder andere gevaarlijk vanwege de  $\gamma$ -straling. Zo ontstaat bijvoorbeeld  $\gamma$ -straling met een fotonenergie van 0,67 MeV.
- b) **Bereken** de golflengte van deze fotonen.  
De mogelijkheid tot energieproductie bij splijting en fusie volgt uit onderstaande grafiek, waarin de kernmassa per nucleon (in u) is uitgezet tegen het aantal nucleonen.



Veronderstel dat een kern met  $A = 250$  zich splitst in twee kernen met resp.  $A = 100$  en  $A = 150$ .

- c) **Bereken** op basis van bovenstaande grafiek welke energieopbrengst je daarbij verwacht.

## Opgave 2

Als splijtstof in een kernreactor wordt uranium-235 gebruikt. De kern hiervan splijt als er een neutron wordt ingevangen. Hierbij ontstaan twee nieuwe kernen en een aantal nieuwe neutronen. Bij een bepaalde splijting ontstaan twee nieuwe neutronen en is barium-147 een van de splijtingsproducten.

a) Geef de reactievergelijking van deze splijting.

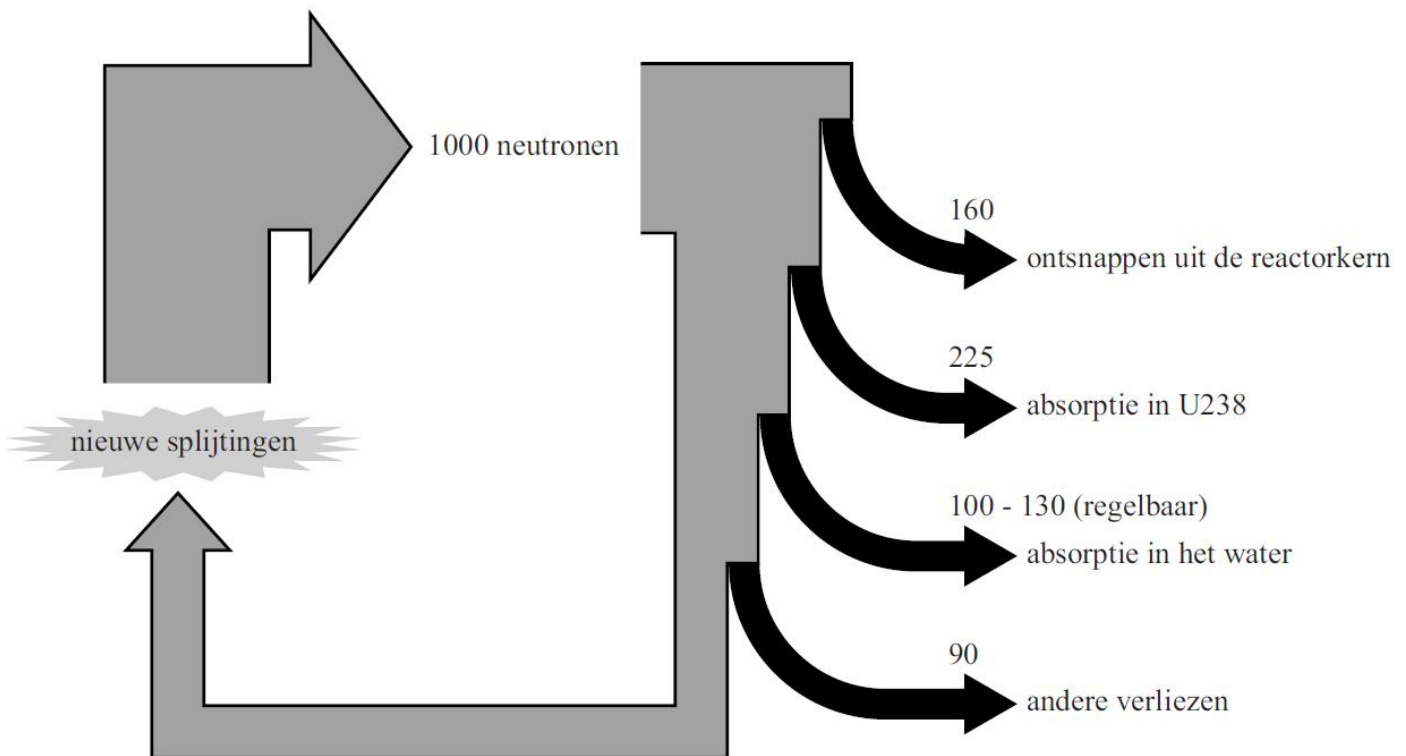
De totale massa van de splijtingsproducten is kleiner dan de totale massa vóór de splijting. Gemiddeld bedraagt dit massaverschil 0,21 u per reactie.

Het gemiddelde vermogen van de kernenergie in een kerncentrale bedraagt 1,8 GW.

b) **Bereken** hoeveel kilogram uranium-235 hierbij per jaar wordt verbruikt.

Gemiddeld ontstaan er per splijting 2,50 nieuwe neutronen.

Een kernreactor bevat regelstaven om in noodgevallen snel neutronen te kunnen absorberen. Voor het regelen van de kettingreactie gebruikt men niet de regelstaven maar water met daarin opgelost boorzuur. In onderstaande afbeelding is dit schematisch weergegeven. Om het proces inzichtelijk te maken is uitgegaan van 1000 nieuwe neutronen.



Deze 1000 nieuwe neutronen zijn lang niet allemaal beschikbaar om een nieuwe splijting te veroorzaken. De getallen in het schema geven aan welke verliezen er optreden.

Het neutronenverlies in het water wordt binnen de aangegeven grenzen geregeld door meer of minder boorzuur aan het water toe te voegen. Het element boor is namelijk een sterke neutronenabsorbeerder.

c) **Bepaal** de waarde van de 'absorptie in het water' om de reactor in kritische toestand te laten werken.

Het water in de kernreactor vervult onder andere de functie van moderator. Een moderator is nodig om neutronen die een zeer grote energie hebben af te remmen, omdat alleen langzame neutronen worden geabsorbeerd in uranium-235. Het afremmen van de neutronen gebeurt door botsingen met de atoomkernen in de moderator.

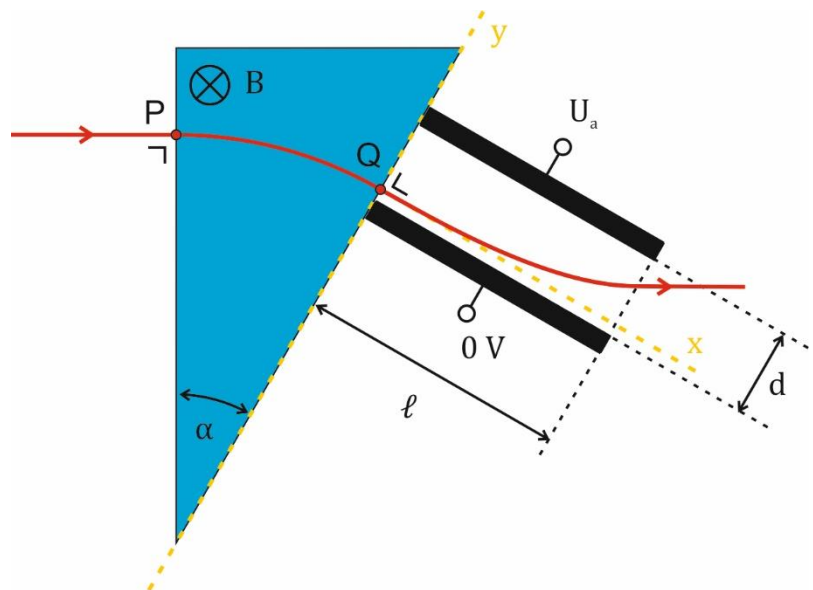
Op de uitwerkbijlage staat een tabel met een aantal eigenschappen van water.

- d) Geef op de uitwerkbijlage met behulp van kruisjes aan welke eigenschappen water geschikt maken voor de functie van moderator en welke eigenschappen hiervoor niet van belang zijn.

eigenschap van water	maakt water geschikt voor de functie van moderator	niet van belang voor de functie van moderator
Water heeft een vrij kleine dichtheid.		
In water ( $H_2O$ ) zitten waterstofkernen.		
In water ( $H_2O$ ) zitten zuurstofkernen.		
(Zuiver) water is een slechte geleider voor elektrische stroom.		
Water is een slechte neutronenabsorbeerder.		
Water is doorzichtig voor zichtbaar licht.		

### Opgave 3

Elektronen treden in punt P met een snelheid van  $2,0 \cdot 10^7$  m/s binnen in een homogeen magnetenveld. Ze beschrijven een cirkelbaan met een straal van 24 cm. De middelpuntshoek  $\alpha$  bedraagt  $30^\circ$ . Zie nevenstaande afbeelding. Bij punt Q verlaten de elektronen het magnetenveld en komen in het elektrische veld van een afbuigcondensator. De lengte  $\ell$  van de afbuigcondensator bedraagt 28 cm.



- Bereken** de tijd die het elektron nodig heeft om van punt P naar punt Q te komen.
- Bereken** de magnetische inductie van het magnetenveld. De plaatafstand  $d$  en de afbuigspanning  $U_a$  worden zo afgesteld dat de elektronen het elektrische veld weer horizontaal verlaten. Zie bovenstaande afbeelding.
- Bereken** de elektrische veldsterkte die een elektron in de afbuigcondensator ondervindt.
- Bereken** de minimaal benodigde plaatafstand  $d$ .