

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

In de zon vindt voortdurend kernfusie plaats. Bij een van de mogelijke fusiereacties fuseren een deuteriumkern en een tritiumkern. Deuterium is een waterstofisotoop met een neutron in de kern; tritium is een waterstofisotoop met twee neutronen in de kern. Bij de fusie komt een neutron vrij.

a) Geef de reactievergelijking van deze fusiereactie. Ook de fusie van twee deuteriumkernen is mogelijk. Daarbij ontstaan een ^3He -kern en een neutron. In nevenstaande tabel zijn de massa's van een deuteriumkern en een ^3He -kern in atomaire massa-eenheden gegeven.

massa (u)	
Deuteriumkern	2,01355
^3He -kern	3,01493

b) **Bereken** de hoeveelheid energie die bij de fusie van twee deuteriumkernen vrijkomt. Geef de uitkomst in drie significante cijfers.

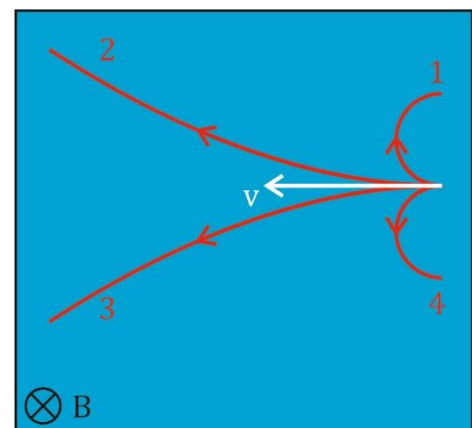
Op dit moment straalt de zon een vermogen uit van $3,9 \cdot 10^{26} \text{ W}$.

c) **Bereken** hoe groot de massa is die in de zon in een jaar in stralingsenergie wordt omgezet.

De zon zendt fotonen met allerlei verschillende golflengtes uit. Sommige daarvan veroorzaken ionisaties in de hogere luchtlagen boven de aarde (de ionosfeer). Daar worden onder andere moleculen van het gas stikstofmono-oxide (NO-moleculen) geïoniseerd. De ionisatie energie van een NO molecuul is $1,48 \cdot 10^{-13} \text{ J}$.

d) **Beredeneer** aan de hand van een berekening of een foton met een golflengte van 120 nm in staat is om een NO-molecuul te ioniseren.

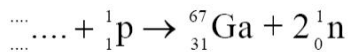
Behalve elektromagnetische straling zendt de zon ook geladen deeltjes uit, zoals protonen en elektronen. In de buurt van de aarde komen deze protonen en elektronen in het magnetische veld van de aarde. In nevenstaande afbeelding staat de richting van het aardmagnetisch veld is de richting van de snelheid, waarmee een elektron of proton het magnetisch veld binnenkomt, aangegeven. Tevens zijn in deze afbeelding vier kromme lijnen getekend die schematisch banen van geladen deeltjes kunnen voorstellen. Zo'n kromme lijn is een deel van een cirkel. Een elektron en een proton komen met dezelfde snelheid het magnetisch veld binnen.



e) **Leg uit** welke van de vier getekende kromme lijnen de baan is van het elektron en welke lijn de baan is van het proton.

Opgave 2

De isotoop gallium-67 kan worden gemaakt door een geschikt element te beschieten met protonen. Wanneer de kern van dat element een proton invangt, ontstaan naast gallium-67 ook twee neutronen:



a) Neem de vergelijking over en vul de ontbrekende gegevens in.

De totale massa links van de pijl bedraagt: 68,9157 u.

De totale massa rechts van de pijl bedraagt: 68,9285 u.

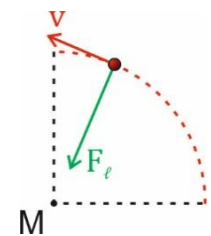
b) **Bereken** de energie die een proton minimaal moet hebben om de reactie te kunnen laten plaatsvinden. Geef de uitkomst in drie significante cijfers.

De protonen worden versneld in een zogenaamd cyclotron. In dit apparaat doorloopt een proton een steeds grotere cirkelbaan. Per omloop doorloopt het proton vier keer een versnelspanning van 50 kV. Per omloop neemt daardoor zijn kinetische energie toe met 200 keV.

c) **Bereken** de snelheid van een proton dat vanuit rust één omloop heeft doorlopen.

In de gebieden waar het proton niet wordt versneld, is zijn snelheid constant. Een magnetisch veld zorgt ervoor dat het proton daar een kwart cirkelbaan beschrijft. De middelpuntzoekende kracht F_{mpz} die nodig is om deze cirkelvormige baan te doorlopen, wordt geleverd door de lorentzkracht F_ℓ op het proton. Zie nevenstaande afbeelding.

Op een gegeven moment heeft een proton een snelheid van $2,5 \cdot 10^7$ m/s. Met deze snelheid doorloopt het een cirkelbaan met een straal van 48 cm.



d) **Bereken** de sterkte van het magnetisch veld in het cyclotron.

Gallium-67 is een radioactieve isotoop die wordt gebruikt in de medische diagnostiek.

Op het moment van gebruik moet de activiteit van het gebruikte gallium $5,0 \cdot 10^4$ Bq zijn.

Er verlopen 10 dagen vanaf het moment dat het gallium-67 in het cyclotron is gemaakt tot het moment dat het wordt gebruikt. De halveringstijd van gallium-67 is 3,33 dagen.

e) **Bereken** de activiteit die het gallium bij de productie moet hebben.