

Kernreactoren

Opgave: Waarom is de fusiereactor er nog niet?

- a) Het plasma wordt opgesloten in een magnetische kooi. Deze kooi is gebaseerd op de werking van de Lorentzkracht. De Lorentzkracht werkt echter alleen op lading die beweegt en wel op die snelheidscomponent die loodrecht op het magneetveld staat. Een stroom is niets anders dan een hoeveelheid lading die beweegt.
- b) Een proton, dat zich exact in de richting van het magneetveld beweegt, zal geen Lorentzkracht ondervinden. Een proton dat een snelheidscomponent loodrecht op de richting van het magneetveld heeft, zal wel een Lorentzkracht ondervinden.

Er geldt:

$$1) F_r = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

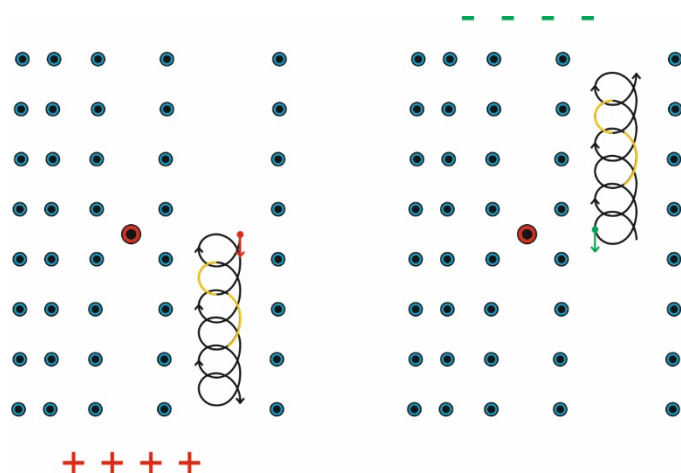
$$2) F_r = F_l = B \cdot q \cdot v$$

$$\Rightarrow r = \frac{m \cdot v}{B \cdot q}$$

Hieruit volgt dat een proton aan de binnenkant van de torus, waar het magneetveld sterker is, een kleinere baanstraal heeft dan aan de buitenkant. Dit resulteert in een baan zoals weergegeven in onderstaande linker afbeelding.

Neem een willekeurig punt. Neem voor de snelheidscomponent loodrecht op het magneetveld een willekeurige richting in het vlak van tekening. Het resultaat is altijd hetzelfde, protonen bewegen omlaag.

Voor een elektron staat de Lorentzkracht precies de andere kant op omdat het een negatief deeltje is. Dit resulteert in een baan zoals weergegeven in onderstaande rechter afbeelding. Ook hier geldt dat de elektronen omhoog bewegen ongeacht het startpunt en de startrichting.



In beide gevallen is de **baanstraal** links kleiner dan rechts. Dit is in beide tekeningen met geel weergegeven.

Op deze manier ontstaat er dus een ladingsscheiding in verticale richting.

- c) Door het elektrisch veld zullen protonen worden versneld als zij omhoog bewegen en worden vertraagd als zij omlaag bewegen. Er geldt nog steeds

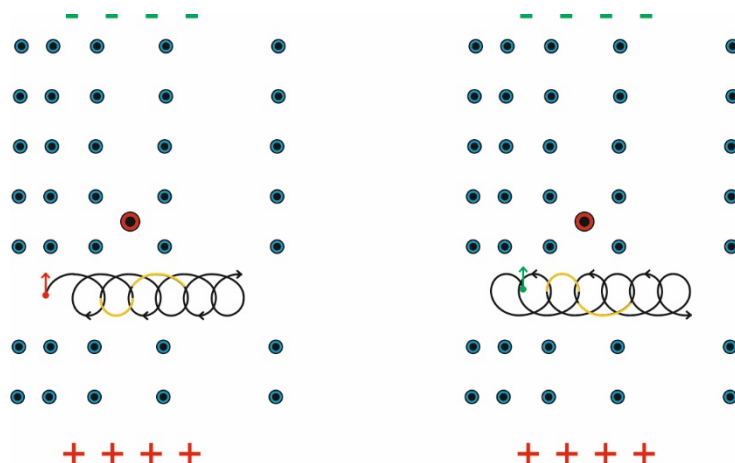
$$r = \frac{m \cdot v}{B \cdot q}$$

De baanstraal zal dus aan de bovenkant kleiner zijn dan aan de onderkant. Dit resulteert in een beweging zoals weergegeven in onderstaande linker afbeelding.

Ook nu weer geldt:

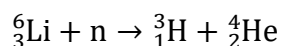
Neem een willekeurig punt. Neem voor de snelheidscomponent loodrecht op het magneetveld een willekeurige richting in het vlak van tekening. Het resultaat is altijd hetzelfde, protonen bewegen naar rechts.

Voor de elektronen geldt dat deze worden vertraagd als zij omhoog bewegen en worden versneld als zij omlaag bewegen. De baanstraal zal voor elektronen aan de bovenkant klein zijn en aan de onderkant groot. Dit resulteert in een baan zoals weergegeven in onderstaande rechter afbeelding. Ook hier geldt dat de elektronen naar rechts bewegen ongeacht het startpunt en de startrichting.



Je ziet dat zowel de protonen als de elektronen naar rechts bewegen en daarmee uit de kooi dreigen te ontsnappen.

- d) De magnetische kooi is gebaseerd op de lorentzkracht die werkt op geladen deeltjes. Daar een neutron neutraal is werkt er dus geen lorentzkracht op en kan het neutron probleemloos uit de kooi ontsnappen.
- e) Het aantal nucleonen links en rechts van de pijl moet gelijk zijn en de lading links en rechts van de pijl moet gelijk zijn. Dit resulteert in onderstaande vergelijking.



- f) De energie die vrijkomt, ontstaat doordat massa wordt omgezet in energie.

$$E = m \cdot c^2$$

$$* m = m_{\text{na}} - m_{\text{voor}}$$

$$* m_{\text{voor}} = m({}_3^6\text{Li}) + m(\text{n})$$

$$* m({}_3^6\text{Li}) = 6,015122 - 3 \cdot 0,0005485799 = 6,01347626 \text{ u} \quad \text{6 cijfers achter de komma}$$

$$* m(\text{n}) = 1,008664916$$

$$\Rightarrow m_{\text{voor}} = 7,02214118 \text{ u}$$

$$* m_{\text{na}} = m({}_1^3\text{H}) + m({}_2^4\text{He})$$

$$* m({}_1^3\text{H}) = 3,016049 - 1 \cdot 0,0005485799$$

$$* m({}_2^4\text{He}) = 4,002603 - 2 \cdot 0,0005485799$$

$$\Rightarrow m_{\text{na}} = 7,01700626 \text{ u} \quad \leftarrow \text{6 cijfers achter de komma}$$

$$\Rightarrow m = 0,0051349197 \text{ u} \quad \leftarrow \text{6 cijfers achter de komma}$$

$$\Rightarrow m = 8,52673956 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

$$\Rightarrow E = 7,66345134 \cdot 10^{-13} \text{ J} \quad \leftarrow \text{4 significante cijfers}$$

$$\Rightarrow E = 4,783 \text{ MeV}$$

Het eindantwoord moet in vier significante cijfers.

- g) Het kwantummechanische effect van tunnelen. Er is altijd een zekere kans dat een golf functie een barrière doordringt.

h)

$$f = \frac{1}{T}$$

$$* T: v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi \cdot r}{v}$$

$$* v: 1) F_r = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$2) F_r = F_l = B \cdot q \cdot v$$

$$\Rightarrow v = \frac{B \cdot q \cdot r}{m}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi \cdot r}{\left(\frac{B \cdot q \cdot r}{m}\right)} = \frac{2\pi \cdot m}{B \cdot q}$$

$$\Rightarrow f = \frac{B \cdot q}{2\pi \cdot m}$$

- i) Het probleem is dat het magneetveld, zoals eerder in de opgave vermeld, evenredig is met $1/r$, dus niet overal gelijk is. Dus ieder gebied van het plasma heeft zijn eigen frequentie.