

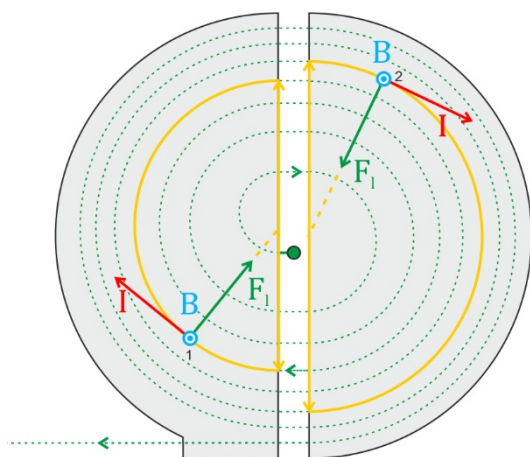
Deeltjesversneller

Opgave: Werking van een cyclotron

a) De relatie tussen richting van de verschillende grootheden wordt bepaald door de linkerhandregel.

- Het betreft positief geladen deeltjes, dus de richting van de **stroomsterkte** is gelijk aan de richting van de snelheid van de protonen.
- De **lorentzkracht** staat loodrecht op de richting van de stroomsterkte, dus richting het middelpunt van de **cirkelboog**.
- De richting van het **magneetveld** wordt bepaald door de linkerhandregel.

Dit leidt tot onderstaand resultaat.



Het magneetveld staat dus in beide trommels dezelfde richting.

b) De formule voor arbeid zegt dat de arbeid gelijk is aan kracht keer afstand. De voorwaarde voor deze formule is dat de kracht constant is en dat alleen de relevante component van de kracht arbeid verricht. Dus alleen de component van de kracht in de richting van de afgelegde weg verricht arbeid.

De elektrische kracht is constant en voor 100% relevant en verricht dus arbeid.

De lorentzkracht is constant, maar staat loodrecht op de relevante richting. Daarmee is de relevante component van de lorentzkracht gelijk aan 0 N en verricht dus geen arbeid.

c) De beweging binnen een trommel is een eenparige cirkelbeweging, dus er geldt:

$$t = \frac{1}{2} \cdot T$$

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

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

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

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

$$\Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = B \cdot q \cdot v$$

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

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

$$\Rightarrow t = \frac{1}{2} \cdot \frac{2\pi \cdot r}{\left(\frac{B \cdot q \cdot r}{m}\right)} = \frac{\pi \cdot m}{B \cdot q}$$

d) Ten eerste

$$t = \frac{\pi \cdot m}{B \cdot q}$$

Deze formule is onafhankelijk van de straal van de baan en/of de snelheid van de protonen. Daarmee is de tijd in de trommels steeds gelijk.

Ten tweede:

$$\Delta E_k = q \cdot U$$

q en U zijn steeds hetzelfde en daarmee is de toename van de kinetische energie steeds gelijk. E_k is echter evenredig met v^2 en niet v .

$v_2^2 - v_1^2 \neq (v_2 - v_1)^2$! Oftewel $2^2 - 1^2 = 3$, $3^2 - 2^2 = 5$, $4^2 - 3^2 = 7$ enz. wordt steeds groter terwijl $v_2 - v_1$ gelijk blijft.

Omgekeerd, als $v_2^2 - v_1^2$ gelijk moet blijven, moet $v_2 - v_1$ steeds kleiner worden.

e) Er geldt:

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

$$* T = \frac{2\pi \cdot m}{B \cdot q}$$

$$* m = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

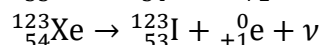
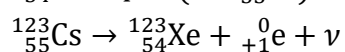
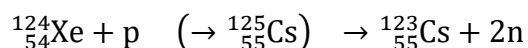
$$* B = 1,5 \text{ T}$$

$$* q = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

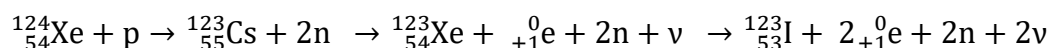
$$\Rightarrow T = 4,373 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

$$\Rightarrow f = 2,3 \cdot 10^7 \text{ Hz}$$

f) Achtereenvolgens vinden onderstaande reacties plaats.



De totale reactievergelijking ziet er dan uit zoals hieronder weergegeven.



Let erop dat links en rechts van een pijl het totale aantal nucleonen steeds gelijk is, oftewel het baryongetal moet behouden blijven.

⇒ steeds 125 nucleonen

Let erop dat links en rechts van een pijl ladingsbehoud geldt, oftewel het ladingsgetal moet behouden blijven.

⇒ steeds 55 +

Let erop dat links en rechts van een pijl het leptongetal behouden blijft.

⇒ steeds 0

g) Voor het rendement geldt:

$$\eta = \frac{\text{geproduceerde nucliden}}{\text{aantal beschikbare protonen}}$$

$$* \text{ geproduceerde nucliden} = 8,0 \cdot 10^{13}$$

$$* \text{ aantal beschikbare protonen} = \frac{Q}{e}$$

$$* Q = I \cdot t = 240 \cdot 10^{-6} \cdot 3600 = 0,864 \text{ C}$$

$$* e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\Rightarrow \text{aantal beschikbare protonen} = 5,3927 \cdot 10^{18}$$

$$\Rightarrow \eta = 1,5 \cdot 10^{-5} = 1,5 \cdot 10^{-3} \%$$