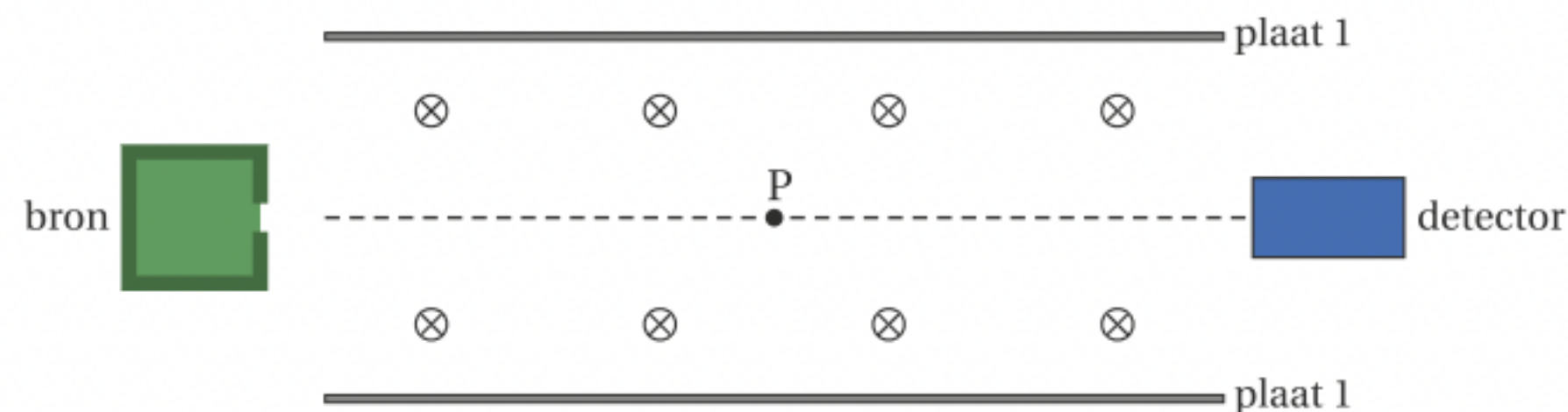


- 29 Zoals bekend bestaat β^- -straling uit elektronen. Om een onderzoek aan β^- -straling te doen, heeft Harald een radioactieve bron met P-32 laten maken. Hierbij is 1,0 gram P-32 gebruikt. Tijdens zijn onderzoek heeft de bron nog maar een activiteit van $2,5 \cdot 10^{12}$ Bq.
- a Bereken de tijd tussen het maken van de bron en het onderzoek van Harald. Druk je antwoord uit in dagen.

Harald wil de snelheid bepalen van de β^- -deeltjes die de bron verlaten. Hij plaatst daarvoor de bron met een detector in een luchtledige ruimte met een homogeen magnetisch en een homogeen elektrisch veld. Deze opstelling is schematisch weergegeven in figuur 30.



Figuur 30

De magnetische veldlijnen staan loodrecht op het vlak van de tekening, het papier in gericht. De zwaartekracht op de deeltjes is te verwaarlozen ten opzichte van de andere twee krachten die op de deeltjes werken: de lorentzkracht en de elektrische kracht.

Door de platen 1 en 2 op de juiste wijze op een spanningsbron aan te sluiten, is het mogelijk de elektronen uit de bron langs een rechte lijn in de detector terecht te laten komen.

- b Geef in figuur 30 in punt P met pijlen de richtingen aan van de stroom I , van de lorentzkracht F_L en van de elektrische kracht F_{el} . Geef een uitleg bij je tekening.
- c Leg uit of plaat 1 op de positieve pool of op de negatieve pool van de spanningsbron moet worden aangesloten.

Bij een bepaalde snelheid gaan de elektronen in een rechte lijn van de bron naar de detector. Voor deze snelheid geldt:

$$v = \frac{U}{B \cdot d}$$

- v is de snelheid in m s^{-1} .
- U is de spanning tussen de platen in V.
- B is de sterkte van het magnetisch veld in T.
- d is de afstand tussen de platen in m.

- d Leid deze formule af met behulp van formules uit BINAS.

De elektronen die uit de bron komen, hebben niet allemaal dezelfde snelheid.

Harald gebruikt zijn opstelling om te bepalen hoe die snelheid verdeeld is. Daartoe varieert hij de spanning U en meet hij het aantal elektronen n dat gedurende een bepaalde tijdsduur de detector bereikt. Uit deze gegevens maakt hij een grafiek van de snelheidsverdeling van de elektronen uit de bron. Zie figuur 31.

Opgave 29

- a De tijd bereken je met de formule voor het aantal moederkernen. Het aantal moederkernen $N(0)$ bereken je uit de massa P-32. Het aantal moederkernen $N(t)$ bereken je met de formule de activiteit.

$$A(t) = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot N(t)$$

$$A(t) = 2,5 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$$

$$t_{1/2} = 14,3 \text{ d} = 14,3 \times 24 \times 60 = 2,059 \cdot 10^4 \text{ s}$$

$$2,5 \cdot 10^{12} = \frac{\ln 2}{2,059 \cdot 10^4} \cdot N(t)$$

$$N(t) = 4,456 \cdot 10^{18}$$

$$N(0) = \frac{\text{massa van bron P-32}}{\text{atoommassa van P-32}}$$

$$\text{massa van bron P-32} = 1,0 \text{ g} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$\text{atoommassa van P-32} = 31,973 \text{ u} = 31,973 \times 1,660 \cdot 10^{-27} = 5,307 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

$$N(0) = \frac{1,0 \cdot 10^{-3}}{5,307 \cdot 10^{-26}} = 1,88 \cdot 10^{22}$$

$$N(t) = N(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$N(t) = 4,456 \cdot 10^{18}$$

$$N(0) = 1,88 \cdot 10^{22}$$

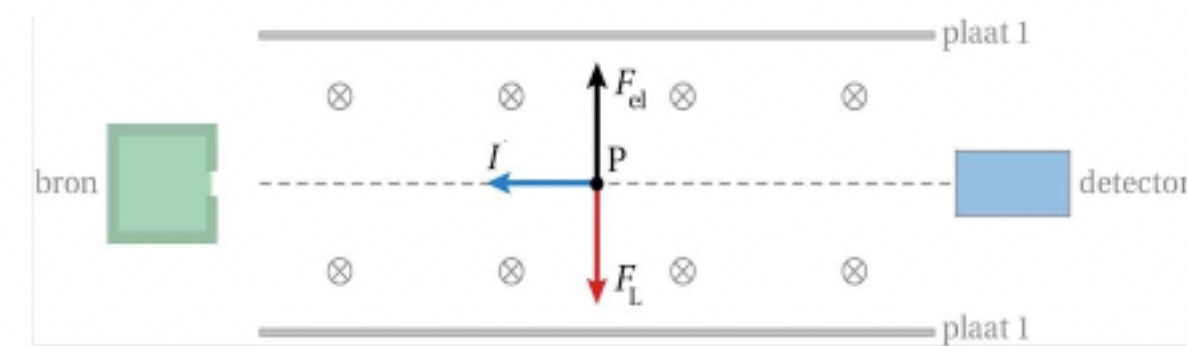
$$t_{1/2} = 14,3 \text{ d}$$

$$4,46 \cdot 10^{18} = 1,88 \cdot 10^{22} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{14,3}}$$

$$t = 1,72 \cdot 10^2 \text{ d}$$

$$\text{Afgerond: } t = 1,7 \cdot 10^2 \text{ dag.}$$

- b Zie figuur 3.



Figuur 3

De elektronen bewegen in punt P naar rechts. Dus de stroomrichting in punt P is naar links. De richting van het magnetisch veld is het papier in gericht. Dus is volgens de FBI-regel de lorentzkracht naar beneden gericht. Om de elektronen rechtdoor te laten bewegen, moet de elektrische kracht naar boven zijn gericht.

- c De elektrische kracht is naar boven gericht. De negatieve elektronen moeten dus aangetrokken worden door de positieve plaat 1. Dus plaat 1 moet op de positieve pool worden aangesloten.

- d Als een elektron rechtdoor beweegt, geldt $F_L = F_{el}$.

$$F_L = B \cdot q \cdot v$$

$$F_{el} = q \cdot E \text{ met } E = \frac{U}{\Delta x} = \frac{U}{d}$$

Zie BINAS tabel 35 D2 in kolom *overige* achter 'veldsterkte en spanning'.

$$q \cdot \frac{U}{d} = B \cdot q \cdot v$$

$$\frac{U}{d} = B \cdot v$$

$$v = \frac{U}{B \cdot d}$$

- e De kinetische energie bereken je met de formule voor kinetische energie.

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$E_k = 1,72 \text{ MeV} = 1,72 \cdot 10^6 \times 1,602 \cdot 10^{-19} = 2,755 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

$$m = m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \quad \text{Zie BINAS tabel 7B}$$

$$2,755 \cdot 10^{-13} = \frac{1}{2} \times 9,109 \cdot 10^{-31} \cdot v^2$$

$$v = 7,77 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Dit is niet gelijk aan de meest voorkomende snelheid $2,75 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

- f De vergelijking van de vervalreactie is ${}^{32}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{32}_{16}\text{S} + {}^0_{-1}\beta$

Bij dit verval is het leptongetal behouden.

Vóór de reactie is het leptongetal gelijk aan nul.

Dus moet na de reactie het leptongetal ook gelijk zijn aan nul.

Een elektron heeft het leptongetal 1.

Dus moet er een deeltje ontstaan met leptongetal -1.

Dus is het deeltje een antineutrino.

- g De energie die vrijkomt, wordt verdeeld over het elektron en het antineutrino.

Dus bij elke waarde van n is de som van de bijbehorende energieën gelijk aan 1,72 MeV.

Volgens figuur 32 hebben de meeste elektronen een energie van (ongeveer) 0,51 MeV. Dan moeten de meeste antineutrino's een energie hebben van 0,71 MeV.

Dus is grafiek d de juiste.