

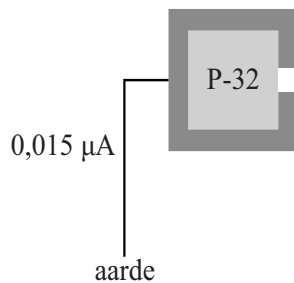
## Opgave 5 Onderzoek aan $\beta^-$ -straling

Zoals bekend bestaat  $\beta^-$ -straling uit elektronen. Om een onderzoek aan  $\beta^-$ -straling te doen heeft Harald een radioactieve bron met P-32 laten maken. Hierbij is 1,0 gram P-32 gebruikt. Ten tijde van het onderzoek heeft de bron nog een activiteit van  $2,5 \cdot 10^{12}$  Bq.

- 5p 17 Bereken de tijd tussen het maken van de bron en het onderzoek van Harald.

De radioactieve bron heeft een metalen omhulsel. Dit omhulsel heeft een opening, waar  $\beta^-$ -deeltjes door naar buiten kunnen bewegen. Zie figuur 1.

figuur 1



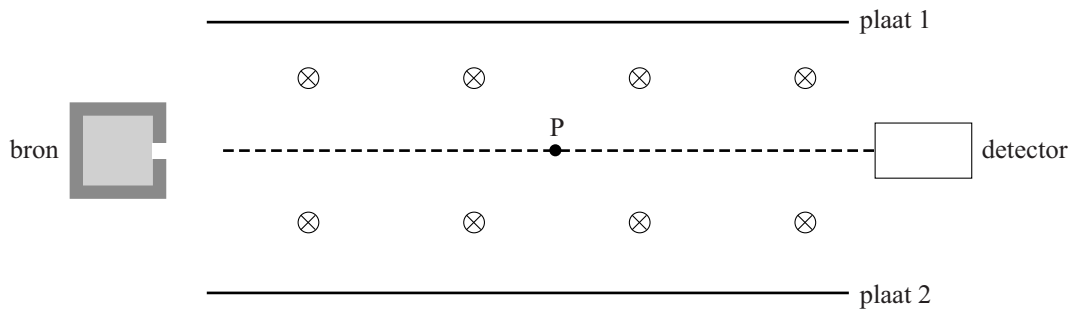
Een groot gedeelte van de geproduceerde  $\beta^-$ -deeltjes wordt door het metalen omhulsel opgenomen. Een klein gedeelte verlaat de bron door de opening en wordt gebruikt in het onderzoek.

Om te voorkomen dat de bron geladen wordt, is hij met een koperen draad verbonden met de aarde. Door de draad loopt een stroom van  $0,015 \mu\text{A}$ .

- 3p 18 Bereken welk gedeelte van de geproduceerde  $\beta^-$ -deeltjes de bron door de opening verlaat.

Harald wil de snelheid bepalen van de  $\beta^-$ -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 2.

figuur 2



De magnetische veldlijnen staan loodrecht op het vlak van tekening, het papier in gericht. De zwaartekracht op de deeltjes is te verwaarlozen ten opzicht van de andere twee krachten die er op 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 om de elektronen uit de bron langs een rechte lijn in de detector terecht te laten komen. Figuur 2 staat ook op de uitwerkbijlage.

4p 19 Voer de volgende opdrachten uit:

- Geef in de figuur op de uitwerkbijlage in punt P met pijlen de richtingen aan van de stroom  $I$ , van de lorentzkracht  $F_L$  en van de elektrische kracht  $F_{el}$ .
- Leg uit of plaat 1 op de positieve pool of op de negatieve pool van de spanningsbron moet worden aangesloten.

Voor de elektrische veldsterkte tussen de platen geldt:

$$E = \frac{U}{d} \quad (1)$$

Hierin is:  $U$  de spanning tussen de platen;  
 $d$  de afstand tussen de platen.

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

$$v = \frac{U}{Bd} \quad (2)$$

Hierin is:  $B$  de sterkte van het magneetveld.

3p 20 Leid formule (2) af uit formule (1) en uit formules in 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.

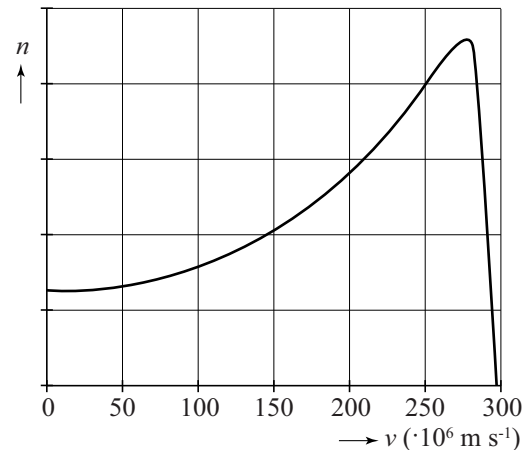
Daartoe varieert hij de spanning  $U$  en meet hij het aantal elektronen  $n$  dat gedurende een bepaalde tijdsduur de detector bereikt. Uit deze gegevens maakt hij een grafiek van de snelheidsverdeling van de elektronen uit de bron. Zie figuur 3.

Harald ziet in BINAS tabel 25 de waarde van 1,72 MeV die staat bij P-32 onder “*verval en energie van het deeltje*”.

Hij denkt dat die energie de kinetische energie is die hoort bij de meest voorkomende snelheid uit figuur 3.

- 3p 21 Toon met een berekening aan dat dit **niet** zo is.

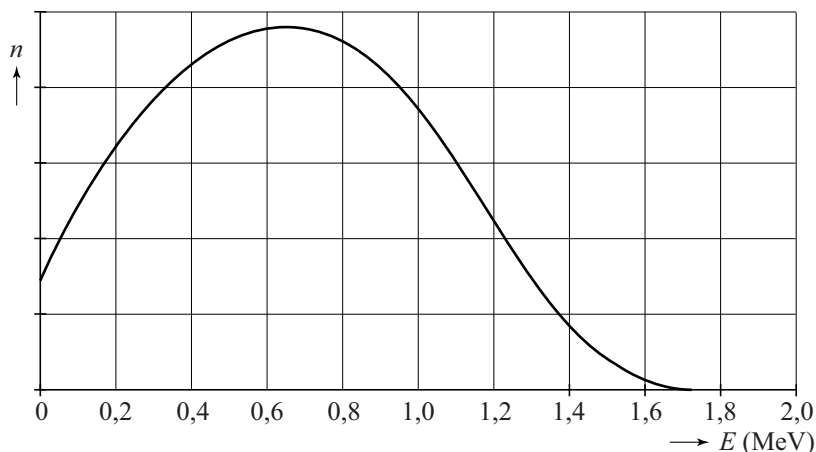
figuur 3



Harald realiseert zich dat bij deze snelheden van de elektronen de relativiteitstheorie gebruikt moet worden om de snelheidsverdeling van figuur 3 naar een energieverdeling om te rekenen.

Deze omrekening levert de energieverdeling van de elektronen die is weergegeven in figuur 4.

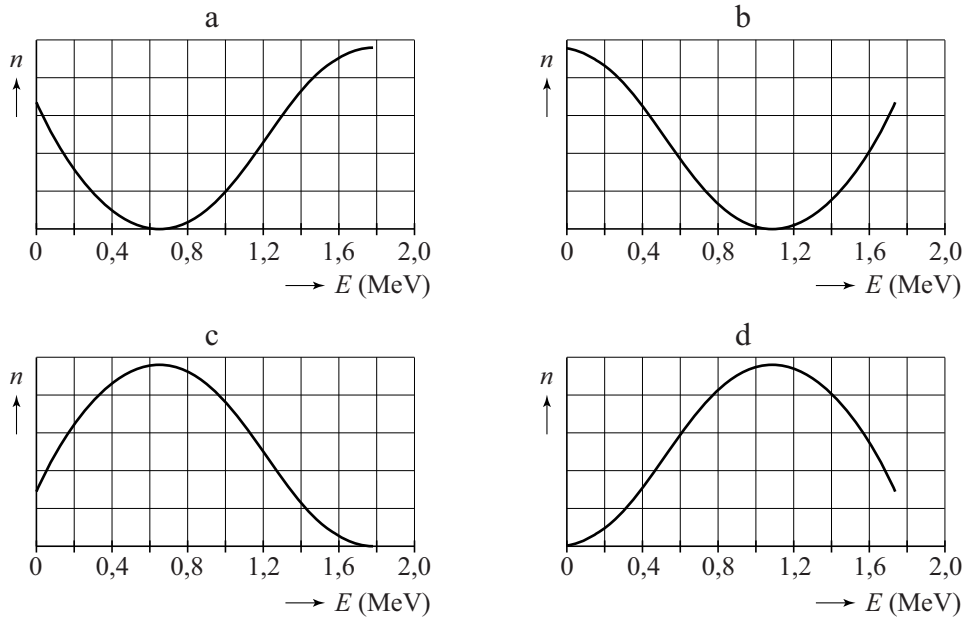
figuur 4



Omdat bij  $\beta^-$ -verval elke keer dezelfde totale hoeveelheid energie vrijkomt (in dit geval 1,72 MeV), toont het experiment van Harald aan dat bij  $\beta^-$ -verval tegelijk met elk elektron nog een ander deeltje vrij moet komen dat de rest van de energie meedraagt. Dit deeltje heet antineutrino en is zeer moeilijk rechtstreeks aan te tonen.

Harald wil de energieverdeling van de vrijkomende antineutrino's vergelijken met de energieverdeling van de elektronen uit figuur 4. In figuur 5 staan vier grafieken met een energieverdeling van de vrijkomende antineutrino's.

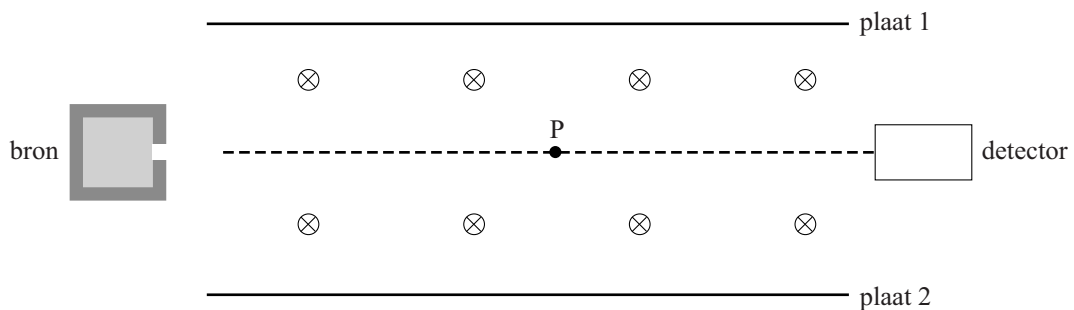
**figuur 5**



- 2p **22** Leg uit welke grafiek de energieverdeling van de antineutrino's het beste weergeeft.

**uitwerkbijlage**

19



plaat 1: .....

plaat 2: .....