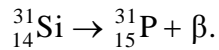


### Opgave 6 Stralingsrisico's

Medewerkers van radiodiagnostische laboratoria werken veel met radioactieve stoffen. In deze opgave worden de eigenschappen en het effect van ioniserende straling bestudeerd.

De vervalvergelijking van Si-31 is:



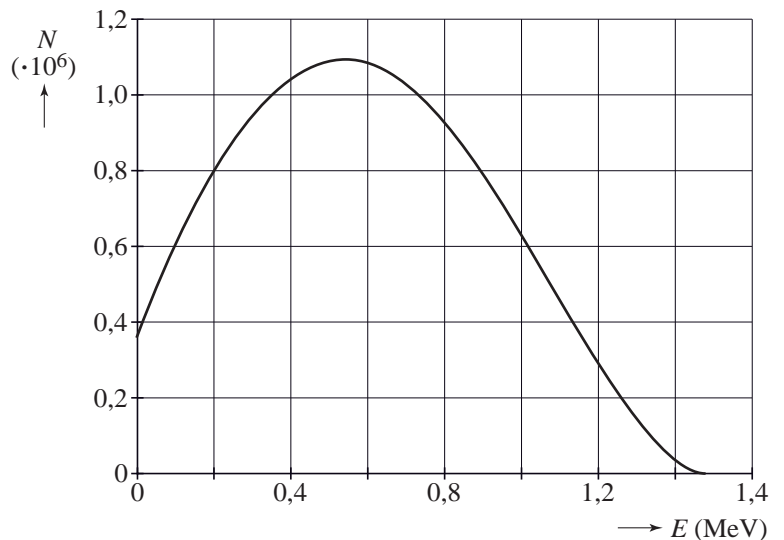
De maximale energie van de uitgezonden  $\beta$ -deeltjes bij het verval van de isotoop Si-31 staat in Binas.

- 4p **18** Toon met behulp van het massadefect aan dat de energie die de P-31-kern krijgt, te verwaarlozen is ten opzichte van de energie die het  $\beta$ -deeltje krijgt.



In werkelijkheid hebben de door Si-31 uitgezonden  $\beta$ -deeltjes niet allemaal de in Binas genoemde maximale energie. In figuur 13 is de verdeling van de uitgezonden  $\beta$ -deeltjes met bijbehorende energie  $E$  gegeven.

figuur 13



- 3p **19** Leg uit hoe je met figuur 13 kunt bepalen hoeveel procent van de uitgezonden  $\beta$ -deeltjes een energie kleiner dan 1,0 MeV heeft. (Je hoeft de bepaling niet uit te voeren.)

Het ontstaan van  $\beta$ -deeltjes met minder energie dan de maximale energie wordt verklaard doordat er bij elk  $\beta$ -verval ook één antineutrino vrijkomt.

- 3p **20** Bepaal de meest voorkomende energie van de antineutrino's bij het verval van Si-31.

De onderzoeker gaat werken met een puntvormige stralingsbron die in alle richtingen even sterk  $\gamma$ -straling uitzendt. Hij wil weten hoever hij zich minimaal van de bron moet bevinden zodat niet meer dan 3,0% van het stralingsvermogen hem bereikt.

Hij schat de bestraalde oppervlakte van zijn lichaam op  $0,60 \text{ m}^2$  en gaat ervan uit dat deze oppervlakte op een bol met straal  $r$  om de bron ligt. Zie figuur 14.

Hij verwaarloost het energieverlies van de straling ten gevolge van de lucht en de kleding.

- 3p **21** Bereken op welke afstand  $r$  3,0% van het uitgezonden stralingsvermogen de onderzoeker bereikt.

De  $\gamma$ -bron straalt met een constant vermogen van  $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ W}$ . 50% van de opvallende  $\gamma$ -straling wordt geabsorbeerd door 80 kg lichaamswefsel. Een maat voor de stralingsbelasting is de equivalente dosis (dosisequivalent)  $H$ , gegeven door:

$$H = Q \frac{E}{m}$$

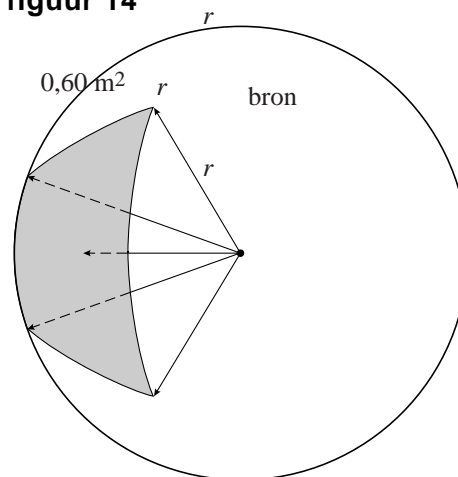
Hierin is:

- $Q$  de (stralings)weegfactor (kwaliteitsfactor),  $Q = 1$  voor  $\gamma$ -straling;
- $E$  de geabsorbeerde stralingsenergie in J;
- $m$  de bestraalde massa in kg.

De maximaal toegestane stralingsbelasting is 20 mSv per jaar. 3,0% van het uitgezonden stralingsvermogen bereikt de onderzoeker.

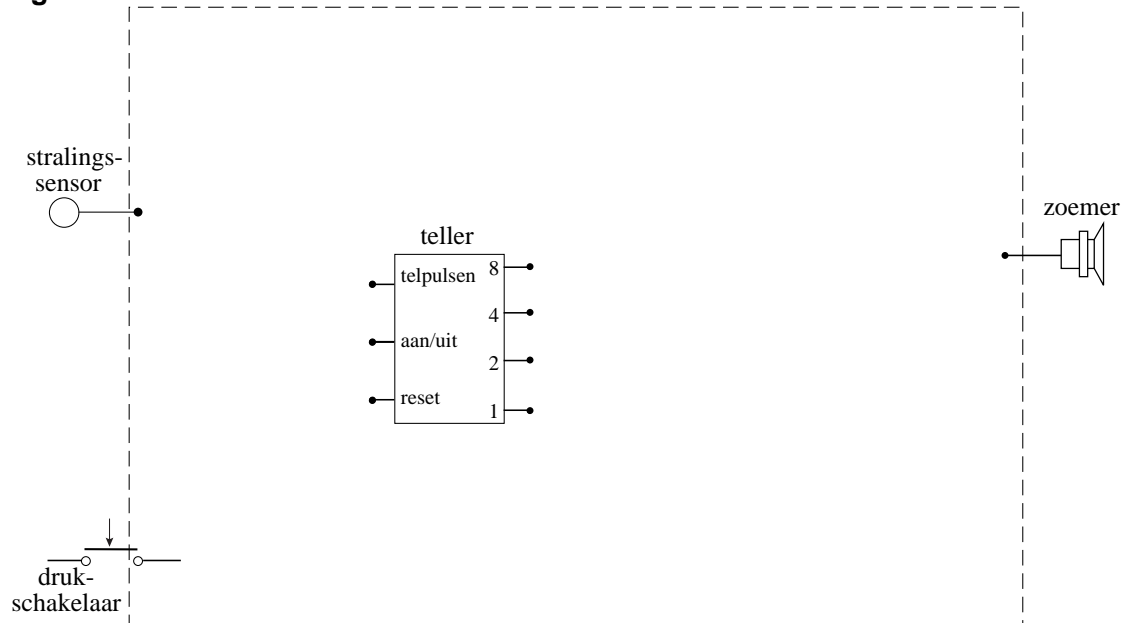
- 4p **22** Bereken hoe lang de onderzoeker in een jaar onder deze omstandigheden met deze bron mag werken als dit de enige stralingsbelasting zou zijn.

figuur 14



De stralingsbelasting wordt gemeten met badges die een alarm kunnen afgeven. Dit type badge bevat een stralingssensor en een geautomatiseerd systeem dat de door de stralingssensor afgegeven spanning verwerkt. In figuur 15 is een gedeelte van dit systeem getekend. Figuur 15 staat ook op de uitwerkbijlage.

**figuur 15**



- 5p **23** Teken in de figuur op de uitwerkbijlage een automatisch systeem dat aan de volgende eisen voldoet:
- Het alarm gaat af als de drager eenmalig wordt blootgesteld aan een stralingsniveau dat overeenkomt met een spanning hoger dan 3,0 V.
  - Het alarm gaat ook af als de drager voor de derde keer is blootgesteld aan een stralingsniveau dat overeenkomt met een spanning hoger dan 1,0 V.
  - Het alarm moet handmatig afgezet worden met de drukschakelaar waarmee tevens de teller gereset wordt.
- Deze pulsenteller staat aan als er niets is aangesloten op de aan/uit-ingang.

**uitwerkbijlage**

23

