

Opgave 4 Verval van muonen

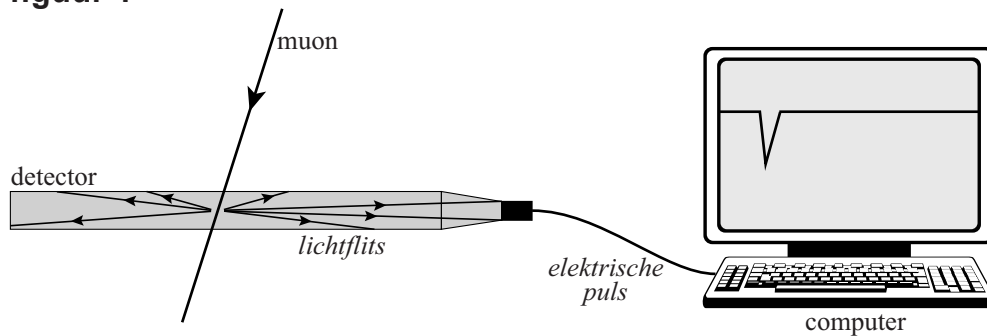
Lees onderstaand artikel.

Als kosmische straling de atmosfeer van de aarde treft, treden kernreacties op waarbij muonen ontstaan. Deze muonen bewegen met vrijwel de lichtsnelheid naar het aardoppervlak en kunnen daar met speciale detectorapparatuur worden waargenomen.

Een muon is een niet-stabiel elementair deeltje. Bij verval komt een elektron vrij. De halveringstijd van het vervalproces is maar een fractie van een seconde, maar toch is het mogelijk om die halveringstijd te meten.

Figuur 1 laat schematisch zien hoe muonen worden waargenomen.

figuur 1

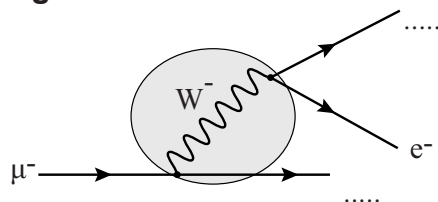


Een muon gaat door de detector en veroorzaakt in het materiaal een lichtflits. Deze lichtflits wordt omgezet in een elektrische puls, die zichtbaar is op het scherm.

De lichtflits ontstaat doordat het muon iets van zijn energie afgeeft aan de detector via één van de vier fundamentele wisselwerkingen.

1p **19** Welke van de vier fundamentele wisselwerkingen is dat?

figuur 2

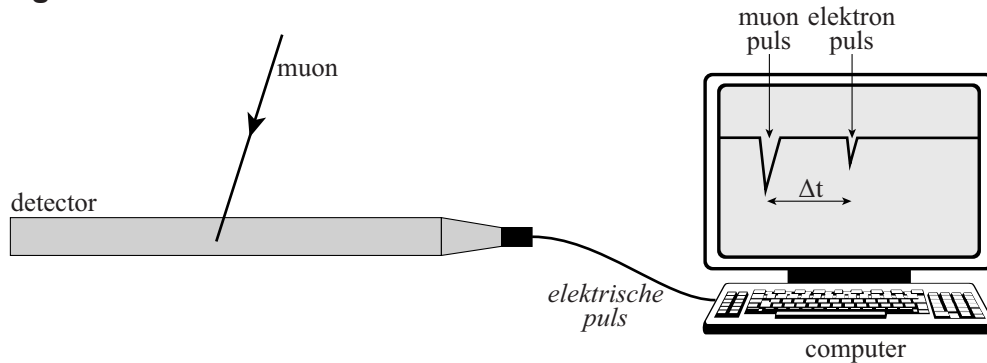


Een muon is een zogenaamd tweede-generatie-deeltje. Een muon heeft hetzelfde leptongetal als een elektron. De vervalregels en behoudswetten voor een muon zijn hetzelfde. Bij het verval van een muon komen, behalve het elektron, nog twee deeltjes vrij. Dit proces is schematisch weergegeven in figuur 2.

2p **20** Geef aan welke twee deeltjes nog meer vrijkomen.

De meeste muonen bewegen door de detector heen. Maar soms komt een muon in de detector tot stilstand. Op het scherm zijn dan twee pulsen zichtbaar. De eerste puls is afkomstig van het muon zelf als het de detector binnenkomt; de tweede puls is afkomstig van het elektron dat even later vrijkomt als het muon vervalt. Dit is weergegeven in figuur 3.

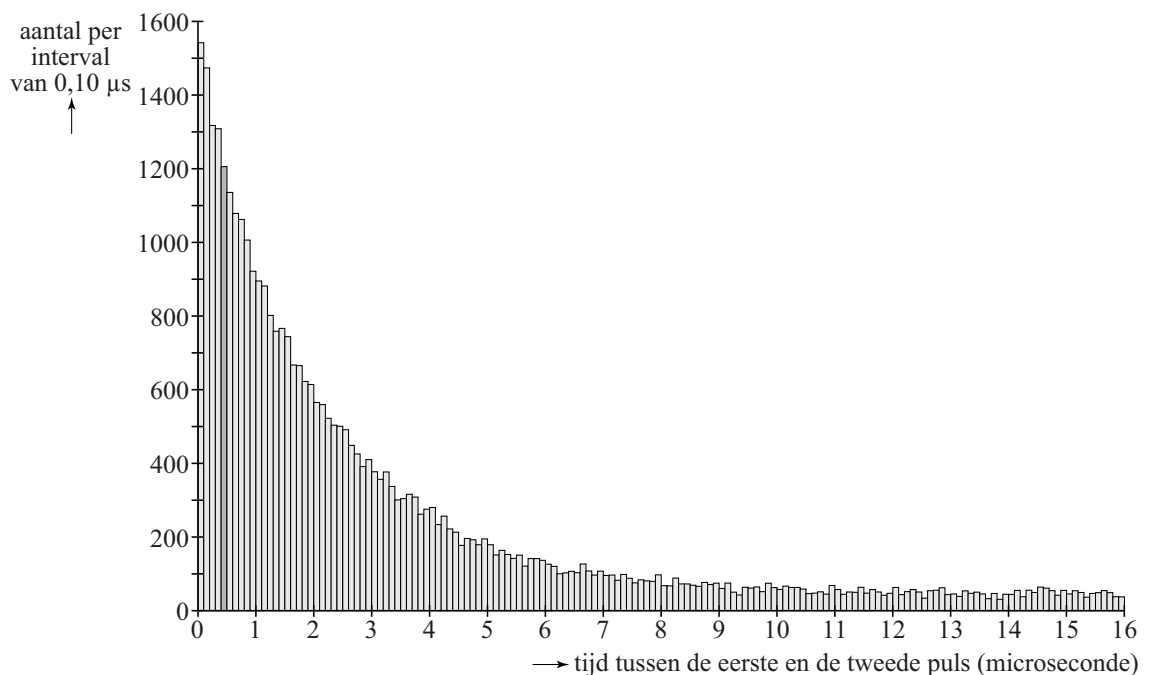
figuur 3



Als er zo'n 'tweelingpuls' optreedt, wordt steeds de tijd tussen de eerste en de tweede puls gemeten. Met behulp van de gemeten tussentijden kan de halveringstijd van muonen bepaald worden.

Kaj doet metingen in de kerstvakantie van 23-12-2011 15:00 uur tot 02-01-2012 15:00 uur. Het resultaat is ingedeeld in tijdsintervallen van $0,10 \mu\text{s}$ en is verwerkt in het histogram van figuur 4.

figuur 4



In het histogram is één van de staafjes iets donkerder weergegeven. Hieruit is af te lezen dat er ongeveer 1200 keer een tweelingpuls is waargenomen waarbij de tussentijd in het interval van 0,40 tot 0,50 μs lag. Als de tussentijd groter was dan 16 μs , werden de pulsen niet als tweelingpuls beschouwd, maar als twee afzonderlijke pulsen.

Kaj maakt een schatting van het totaal aantal keren dat er een tweelingpuls tijdens zijn metingen is waargenomen.

Hieronder staan zes waarden:

- a ongeveer 3300
- b ongeveer 10000
- c ongeveer 33000
- d ongeveer 100000
- e ongeveer 330000

3p 21 Welke waarde is de beste schatting? Licht je antwoord toe.

Figuur 4 vertoont overeenkomsten met een vervalcurve van een radioactieve stof. Op dezelfde manier als bij zo'n vervalcurve kan uit figuur 4 de halveringstijd bepaald worden.

2p 22 Bepaal de halveringstijd van muonen die op die manier uit figuur 4 volgt.

De aantallen in het histogram van figuur 4 gaan voor toenemende waarde van de tussentijd niet naar nul maar naar een constante waarde.

1p 23 Geef hiervoor de reden.

Bob denkt dat de halveringstijd van de muonen veel groter is dan op deze manier bepaald wordt. Hij zegt: "De muonen hebben al 30 km door de atmosfeer afgelegd. Ze gaan (bijna) met de lichtsnelheid dus dat duurt minstens 100 microseconden. Die tijd moet je dus nog bij de gevonden halveringstijd optellen."

Bob heeft ongelijk.

1p 24 Waarom moet je die tijd er **niet** bij optellen?