

Air showers, events en coïncidenties

N.G. Schultheiss

1 Inleiding

Kosmische deeltjes bestaat uit snel bewegende atoomkernen, neutrino's of gamma fotonen. Als de kosmische straling in de atmosfeer dringt ontstaan er interacties¹. Deze interacties maken onder andere pionen. Deze deeltjes vervallen weer naar muonen, elektronen en hun antideeltjes of gamma fotonen. Gamma fotonen kunnen in paren van een elektron en een anti-elektronen (positronen) worden omgezet. Een interactie tussen een anti-elektronen en een elektronen maakt twee nieuwe gamma fotonen. Als geladen deeltjes worden afgebogen ontstaat er ook (gamma) straling. Deze processen gaan door totdat de energie te laag is voor paarvorming.

Als een enkel kosmisch deeltje voldoende energie heeft, maakt dit deeltje dus een enorme hoeveelheid deeltjes / straling op de grond.

2 Events

Omdat er enorme hoeveelheden deeltjes op de grond ontstaat, kunnen we meten dat er een deeltje in de atmosfeer is binnengedrongen. Meerdere detectoren meten nagenoeg tegelijk iets. Een enkele detector op de grond meet naast deze kosmische straling ook radioactief verval van stoffen op Aarde.

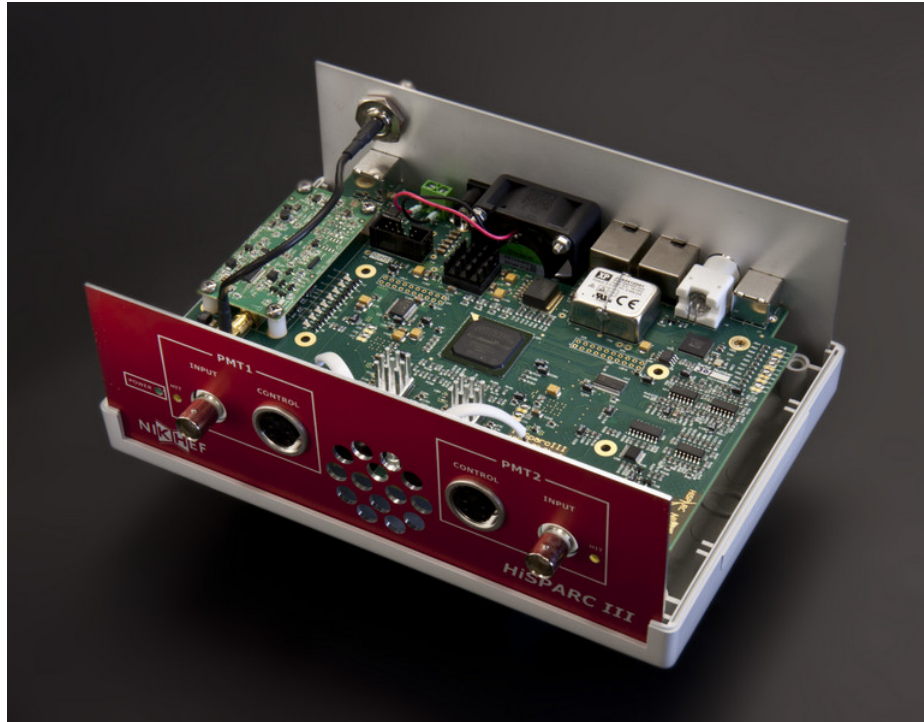
2.1 De nauwkeurigheid van het meten van events

Een event vindt plaats als het station getriggerd wordt. Bij een tweeplaatsstation wordt het station getriggerd als beide detectoren een signaal hoger dan 70 mV afgeven. Een vierplaatsstation wordt ook getriggerd als drie detectoren een signaal hoger dan 30 mV afgeven. Als het station getriggerd wordt, licht er een witte led achter de koelgaten op.

Opdracht 1: *Bepaal 5 maal hoe vaak het witte ledje in 1 minuut oplicht en vul dit hieronder in de tabel in.*

	1	2	3	4	5	$N_{gem.}$
N						

¹Achtergronden over deze interacties zijn op RouteNet te vinden in de modules „Deeltjes in het standaardmodel” en „Krachten in het standaard model”. (<http://www.hisparc.nl/docent-student/lesmateriaal/routenet/>)



Figuur 2.1: Een HiSPARC box. In de blokken PMT 1 en PMT 2 zijn twee gele ledjes te zien. Deze lichten op als er straling door respectievelijk detector 1 of detector 2 wordt gemeten. In de praktijk worden de detectoren ongeveer iedere 5 ms geraakt. Achter de koelgaten is een witte led te zien. Deze licht op als beide detectoren binnen een tijdsinterval van $1.5 \mu\text{s}$ straling waarnemen, dit komt veel minder vaak voor.

Opdracht 2: *Bepaal naast het gemiddelde ook de maximale en de minimale waarde, leg uit welke nauwkeurigheid je verwacht.*

De nauwkeurigheid (spreiding) is ook wiskundig te bepalen.

Opdracht 3: *Wiskundig is de spreiding σ uit te rekenen, bereken eerst het gemiddelde van N^2 .*

	1	2	3	4	5	N_{gem}^2
N^2						

De spreiding is nu te berekenen met $\sigma = \sqrt{N_{gem}^2 - (N_{gem})^2}$, dit is dus de wortel uit het gemiddelde van de kwadraten min het kwadraat van het gemiddelde. (N_{gem} is al in opdracht 1 berekend.)

2.2 Controle van de hypothese

Een enkele detector die een signaal afgeeft, wordt gezien als achtergrondstraling. Twee detectoren die een signaal afgeven wijzen op een event. Beide delen van de hypothese zijn natuurlijk te onderzoeken.

2.2.1 Een enkele detector die een signaal afgeeft, wordt gezien als achtergrondstraling.

Hoe groot is de kans dat het station wordt getriggerd door achtergrondstraling? De detector geeft alleen een signaal af als er een deeltje door de detector gaat. Om van een shower te spreken moeten de deeltjes binnen $1.5 \mu\text{s}$ gedetecteerd worden. De achtergrondstraling zorgt dat er ongeveer iedere 5ms een deeltje door een detector van 0.500 m bij 1.000 m schiet². Als deze netjes verdeeld zouden zijn, is de kans op een tweede toevallig gemeten deeltje van de achtergrondstraling binnen $1.5 \mu\text{s}$ te berekenen.

Opdracht 4: *Bereken hoe groot de kans is dat er een tweede shower binnen $1.5 \mu\text{s}$ van de eerste shower optreedt:*

2.2.2 Twee detectoren die een signaal afgeven wijzen op een event.

In de praktijk is dit een groter probleem dan toevallige triggers. Een experimenteel onderzoek leidt hier het snelst tot inzicht. Eerst wordt een plattegrond gemaakt van het station. Een station met twee detectoren bestaat uit een vierkant waarop op schaal twee rechthoeken in zijn getekend. We maken bijvoorbeeld een plattegrond van het station op een A4 van 21 cm bij 27.9 cm . Deze past in de deksel van een papierdoos. Op de plattegrond zijn dat scintillatorplaten van 0.500 m bij 1.000 m op schaal getekend. De afstand tussen de detectoren ligt in de orde van 10 m . Deze nemen we op de plattegrond bijvoorbeeld 2.0 cm bij 1.0 cm (Schaal 1:50). Aangezien de doos een oppervlak van 586 cm^2 heeft, komen 146 erwten in de doos overeen met een dichtheid van 1 deeltje per m^2 . Door de doos te schudden verspreiden we de erwten zo gelijkmatig mogelijk. Als er in twee hokjes een erwt ligt is het station getriggerd. Let op dat je niet iedere keer schudt tot er „toevallig” een trigger wordt afgegeven. Dit is een aantal malen te herhalen en we kunnen opschrijven of het „station” getriggerd wordt of niet. 292 erwten in de doos komt overeen met een dichtheid van 2 deeltjes per m^2 , etc. De kans dat het station getriggerd wordt is op deze wijze uit te zetten als functie van de dichtheid. Let op, een detector kan maximaal ongeveer 10 deeltjes meten, hierna wordt de PMT overstuurd. In de praktijk heeft het dus geen zin om meer dan 1460 erwten in de doos te doen. (Bij veel deeltjes is het ook mogelijk om over te stappen op bijvoorbeeld couscous.)

Opdracht 5: *Voer het experiment uit en bepaal de kans dat het station wordt getriggerd als functie van de dichtheid van de kosmische straling op het oppervlak.*
 χ^2 -toets?

²Als er op school een Geigerteller is, kan de achtergrondstraling ook worden gemeten. Naast het aantal pulsen per seconde is ook het oppervlak van de detector van belang.