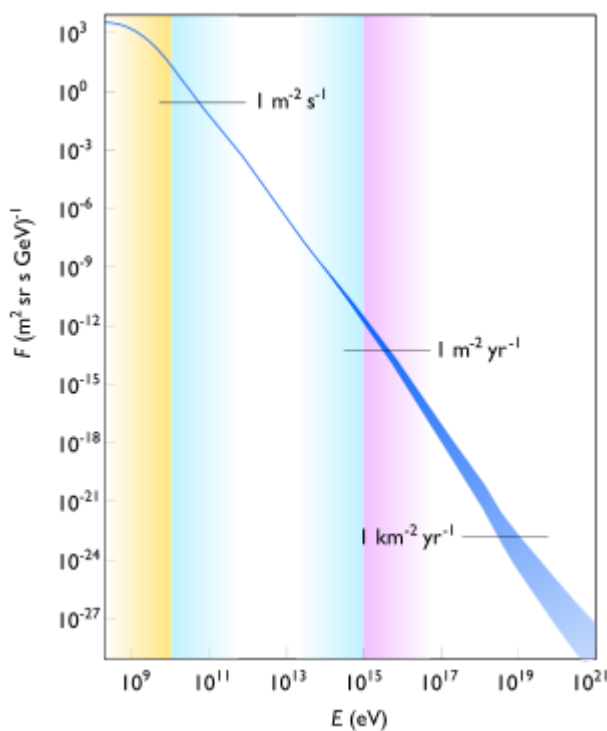


# Kosmische Straling

N.G. Schultheiss

## 1 Inleiding

In de module “De zon” is te lezen dat de Zon zonnwind uitzendt. Deze zonnwind valt uiteen in twee groepen. Een deel van de zonnwind komt van de magnetische polen van de zon. Deze deeltjes hebben een snelheid van ongeveer 400km/s. Een andere deel van de zonnwind komt uit de zonnevlekken. Deze deeltjes hebben een snelheid van ongeveer 800km/s. Als we aannemen dat andere sterren zich op gelijke wijze gedragen, komen hier ook deeltjes met vergelijkbare snelheden uit.



Figuur 1.1: Kosmische straling

Zoals in figuur 1.1 te zien is, is de gemeten energie van de kosmische straling echter veel groter. Waar komt deze extra energie vandaan?

## 2 Ladingen in magnetische velden

Als een lading in een magnetisch veld beweegt ondervindt deze een Lorentzkracht. In een divergerend veld zal de snelheid van de deeltjes toenemen. Als er in het heelal een heel sterk divergerend veld is zal de energie van de deeltjes die hier uitgezonden worden heel groot worden. We kunnen dus op zoek gaan naar heftige kosmische verschijnselen om figuur 1.1 te verklaren. Twee heftige verschijnselen zijn zwarte gaten en supernova's.

**Opdracht 1:** *Wat kun je over de intensiteit van hoogenergetische kosmische straling zeggen als deze afkomstig is van zwarte gaten? Wat is er aan de hand als deze straling afkomstig is van supernova's?*

Gelukkig vinden supernova's ver van ons vandaan plaats. Als een nabijgelegen ster een supernova wordt, betekent dit het einde van het leven op Aarde en hoeven we dus verder geen onderzoek meer te doen.

Stel dat we een proton met een energie van 100GeV detecteren en dat deze afkomstig is van een supernova op een afstand van 100 lichtjaar. Op kosmische schaal is dit vlakbij. Hoeveel eerder is het licht dan bij ons als het proton?

Omdat de energie van het proton erg groot is, mogen we dit niet meer oplossen met de formule  $E = \frac{1}{2}mv^2$  maar moeten we  $E = mc^2$  gebruiken. In de module "Relativiteit" wordt uitgelegd hoe deze formule te gebruiken is. De formule wordt hier geschreven als  $E = \gamma mc^2$ , hierin is de Lorentzconstante  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$ . In de Binas is te vinden dat de massa van een proton te schrijven is als  $938,3 \frac{\text{MeV}}{c^2}$ . Invullen geeft:

$$E = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} mc^2 \quad (2.1)$$

$$100\text{GeV} = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} 938,3 \frac{\text{MeV}}{c^2} c^2 \quad (2.2)$$

$$100\text{GeV} = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} 938,3\text{MeV} \quad (2.3)$$

$$\frac{100000}{938,3} = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} \quad (2.4)$$

$$0,09669 = 1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2 \quad (2.5)$$

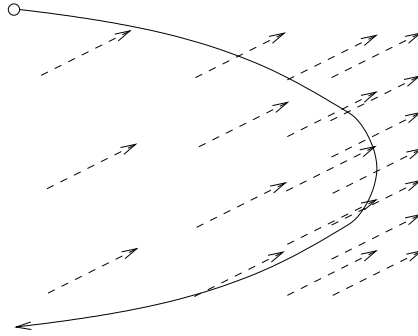
$$\left(\frac{v}{c}\right)^2 = 1 - 0,09669 = 0,90331 \quad (2.6)$$

$$\frac{v}{c} = 0,95043 \quad (2.7)$$

$$v = 0,95043c \quad (2.8)$$

Het licht legt 100 lichtjaar in 100 jaar af. De protonen doen hier  $\frac{1}{0,95043}$  maal zo lang over. De protonen hebben dus  $\frac{100}{0,95043} = 105,22$ jaar nodig en komen ruim 5 jaar na het licht aan.

**Opdracht 2:** *Stel dat we protonen detecteren met een energie van 1000GeV. Hoeveel later komen deze van de supernova op 100 lichtjaar aan?*



Figuur 3.1: Bewegende deeltjes in een stilstaand veld

### 3 Velden in de ruimte

In de module “Meten met telescopen” is te lezen dat de Andromeda nevel met een snelheid van 300 km/s naar ons toe komt. We kunnen aannemen dat er in de Andromeda nevel magnetische velden zijn, deze komen ook met 300km/s naar ons toe. Als een deeltje in een magnetisch veld komt, ondervindt dit deeltje een Lorentzkracht.

Zoals te zien is, keert deeltje in het magnetisch veld om. Als de Andromeda nevel op een stilstaand proton botst, krijgt het proton op een vergelijkbare wijze een snelheid van 600km/s. Let op! Dit geldt nu alleen omdat de snelheid van de Andromeda nevel ten opzicht van de lichtsnelheid erg laag is. Als de snelheid hoger is moeten we de botsing relativistisch berekenen.

In hoofdstuk 2 hebben we het verschil in snelheid van protonen vergeleken met de snelheid van fotonen (licht). Protonen ondervinden krachten als ze door magnetische velden in de ruimte bewegen omdat ze een lading hebben. Bij fotonen, die geen lading hebben, is dit niet het geval.

**Opdracht 3:** *Leg uit of het tijdsverschil tussen het licht uit een supernova en de protonen uit een supernova groter of kleiner zal worden door magnetische velden in de ruimte.*

**Opdracht 4:** *Leg uit of de richting van waaruit de deeltjes op Aarde komen iets te maken heeft met de richting van de bron vanaf Aarde.*

Binnen het Melkwegstelsel zijn ook allerlei bewegende magnetische velden te vinden, zoals bijvoorbeeld het veld van de Aarde. Als dit veld op een geladen deeltje botst, zal dit deeltje ook versnellen. Op deze manier kunnen er dus ook hoogenergetische deeltjes ontstaan.

**Opdracht 5:** *Beredeneer dat de kans op een botsing die deeltjes versneld groter, evengroot of kleiner is dan de kans op een botsing die deeltjes vertraagd.*

**Opdracht 6:** *Als de Andromeda nevel recht naar het melkwegstelsel komt, zullen ze vroeg of laat botsen. Leg uit dat bij een dergelijke botsing veel snelle geladen deeltjes vrijkomen.*