

Speciale relativiteitstheorie (NS-101B) 7 november 2007

Opgave Botsingen met lage-energie fotonen

Deeltje A met een massa m beweegt met een snelheid van $0,50c$ in het lab en botst tegen een zwaar en stilstaand deeltje B met een massa M . Na de botsing beweegt deeltje A met een snelheid v in de richting van waaruit het was gekomen.

- a) Laat zien dat als we aannemen dat $M \gg m$, dan is de snelheid $v \approx 0,50c$.

Nu blijkt er bij de botsing tevens een massaloos foton te zijn uitgezonden met een zeer lage frequentie $\omega \approx 0$. Ga er voorlopig maar vanuit dat het foton uitgezonden is door het zware deeltje.

- b) Laat zien dat de volgende bewering waar moet zijn: De massa M van het zware deeltje kan voor het uitzenden van het foton niet gelijk zijn geweest aan de massa na het uitzenden van het foton.

Volgens de medewerkers in het lab heeft het zware deeltje B echter voor en na de botsing vrijwel dezelfde massa. Bij de controle van de meetgegevens voor de snelheid van deeltje A na de botsing wordt bevestigd dat toch echt $v = 0,50c$. Een internationale commissie wordt bijeen geroepen om dit te onderzoeken. Hieronder zijn hun bevindingen weergegeven.

1. Zware deeltje: Massa gemeten voor de botsing $M = 1,125 \cdot 10^{-31}$ kg, massa na de botsing $M = 1,124 \cdot 10^{-31}$ kg, voor en na de botsing was het zware deeltje in rust.
2. Lichte deeltje met massa m : snelheid voor de botsing $0,504c$, snelheid na de botsing $0,514c$ in omgekeerde richting, de massa van het lichte deeltje was voor en na de botsing exact gelijk.
- c) Bereken of het op basis van deze gegevens mogelijk is dat er een foton met een zeer lage energie uitgezonden zou zijn.

Opgave 2: Twee schepen

De Imperial Star destroyer *Excellence* vertrekt van de planeet Tatooine naar de planeet Alderaan. Omdat er op de route sprake is van intense rebellen activiteit heeft Kapitein Thrawn van de *Excellence* besloten de kruiser *Avalanche* voortdurend heen en weer te laten vliegen in de bewegingsrichting van de *Excellence*. De *Excellence* heeft een snelheid van $0,50c$ ten opzichte van Tatooine. De *Avalanche* beweegt altijd met een snelheid van $0,75c$ ten opzichte van de *Excellence*; dan wel van hem af, dan wel naar hem toe.

- a) Schets de situatie en bereken de relatieve snelheid van de *Avalanche* ten opzichte van Tatooine, zowel in het geval dat hij net vertrekt van de *Excellence*, alsook wanneer hij weer op weg is naar de *Excellence*.
- b) Thrawn heeft besloten dat de *Avalanche* steeds een halve lichtdag (in het stelsel van de *Avalanche*) vooruit vliegt alvorens instantaan om te keren en terug te vliegen. Hoelang duur één heen- en terugtrip van de *Avalanche* volgens Thrawn, en hoeveel tijd is dan verstreken volgens de bemanning van het vluchtleidingscentrum op Tatooine?
- c) De afstand van Tatooine naar Alderaan is 4 lichtjaren (gemeten in het stelsel van Tatooine). Bereken de afstanden die de *Avalanche* en de *Excellence* afleggen volgens de vluchtleiding op Tatooine.

Opgave 3: Twee deeltjes in een botsing

Deeltje A met massa m en deeltje B met massa $3m$ bewegen in het labstelsel langs de \vec{e}_1 -as naar elkaar toe. Beide deeltjes hebben in het lab een snelheid van $0,75c$.

- a) Bereken de relatieve snelheid van het deeltje A ten opzichte van deeltje B.
- b) Wat zijn de relativistische energie en impuls van deeltje A in het stelsel waarin deeltje B stilstaat?
- c) Maak een energie-impuls diagram van de botsing. Teken en bereken de totale energie-impuls in het lab.

Stel dat als gevolg van de botsing de twee ingaande deeltjes geannihileerd worden en een nieuw deeltje ontstaat.

- d) Maak m.b.v. de tekening een schatting van de maximale massa die het nieuwe deeltje kan hebben, controleer de schatting met een berekening.