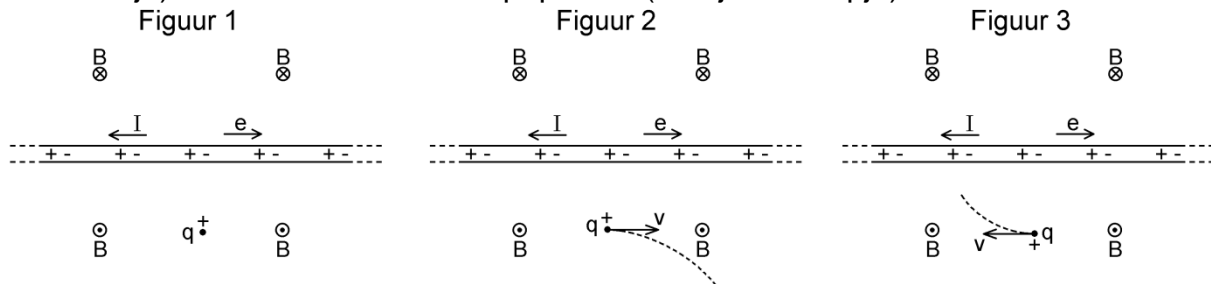


Lorentzkracht en relativiteit

In elk van de onderstaande figuren is een rechte stroomdraad getekend waarin een elektrische stroom I naar links loopt. Deze stroom wekt een magneetveld B rond de draad op. In de figuren gaat het magneetveld boven de draad het papier in (rondje met kruisje) en onder de draad het papier uit (rondje met stipje).



In elke figuur is een deeltje met een positieve lading q getekend. In figuur 1 is het deeltje in rust. Omdat er geen kracht op het deeltje werkt (de zwaartekracht wordt buiten beschouwing gelaten), komt het ook niet in beweging. In figuur 2 beweegt het deeltje naar rechts met snelheid v . Het deeltje ondervindt een naar beneden gerichte kracht waardoor het van de stroomdraad afbuigt (zie de stippellijn). In figuur 3 beweegt het deeltje naar links met snelheid v . Het deeltje ondervindt een naar boven gerichte kracht waardoor het naar de stroomdraad toebuigt (zie weer de stippellijn).

Het is interessant om de kracht op het deeltje te bekijken vanuit verschillende referentiestelsels. Daarom maken we onderscheid tussen drie waarnemers.

Waarnemer W staat stil ten opzichte van de stroomdraad.

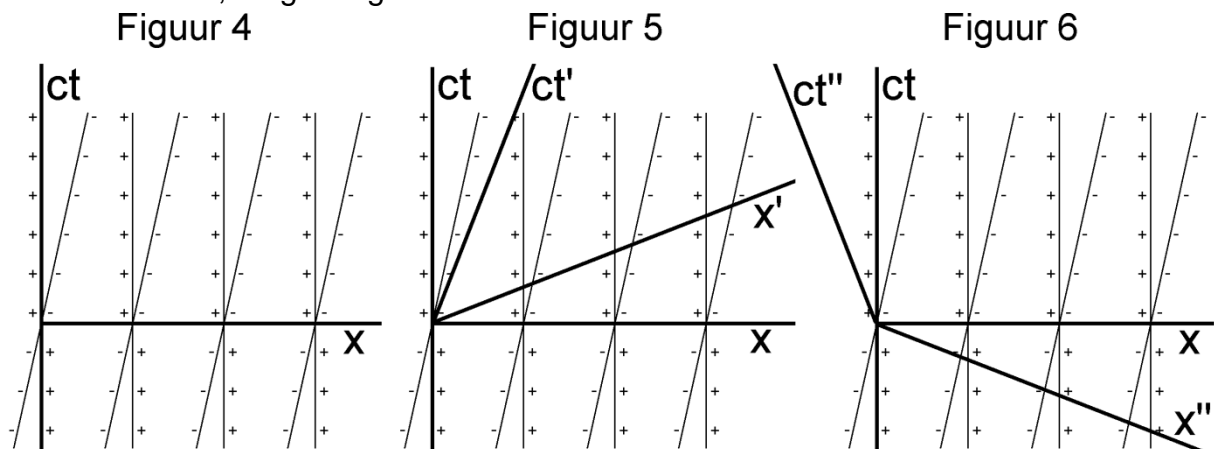
Waarnemer W' beweegt ten opzichte van de stroomdraad met snelheid v naar rechts. Voor W' staat het deeltje in figuur 2 dus stil.

Waarnemer W'' beweegt ten opzichte van de stroomdraad met snelheid v naar links. Voor W'' staat het deeltje in figuur 3 dus stil.

Voor waarnemer W werkt er een lorentzkracht F_L op het deeltje in de figuren 2 en 3. Voor de lorentzkracht geldt: $F_L = B \cdot q \cdot v$. In figuur 2 werkt de lorentzkracht naar beneden en in figuur 3 werkt de lorentzkracht naar boven. Voor waarnemer W' werkt er echter geen lorentzkracht in figuur 2 omdat voor hem de snelheid van het deeltje nul is. Om dezelfde reden werkt er voor waarnemer W'' geen lorentzkracht in figuur 3. Je kunt je afvragen welke kracht het deeltje in figuur 2 dan naar beneden trekt in de ogen van W' . Zoals hierna zal blijken, is het antwoord hierop: een elektrische kracht. Analooq zal een elektrische kracht het deeltje in figuur 3 naar boven trekken in de ogen van W'' .

Om dit laatste te begrijpen versimpelen we de ladingsverdeling in de draad door uit te gaan van positieve en negatieve ladingen die zich op regelmatige afstanden van elkaar bevinden. Deze ladingen zijn in de figuren 1, 2 en 3 met plus- en mintekens weergegeven. De plusladingen kunnen zich niet in de draad verplaatsen en de minladingen bewegen in de draad naar rechts. Deze minladingen stellen de vrije elektronen voor (zie de letter e in de figuren).

De onderstaande figuur 4 toont het minkowskidiagram waarin de wereldlijnen van de plus- en minladingen volgens waarnemer W zijn weergegeven. Voor W is de stroomdraad elektrisch neutraal. In figuur 5 zijn de ct' -as en x' -as, behorend bij waarnemer W' , toegevoegd. Tenslotte zijn in figuur 6 de ct'' -as en x'' -as, behorend bij waarnemer W'' , toegevoegd.



Uit figuur 5 blijkt duidelijk dat voor waarnemer W' de plusladingen dichter bij elkaar zitten dan de minladingen. Kijk hierbij langs de x' -as. Voor W' is de draad dus positief geladen. Daarom wordt het deeltje in figuur 2 in de ogen van W' elektrisch afgestoten door de draad. In figuur 6 blijkt dat voor waarnemer W'' de minladingen dichter bij elkaar zitten dan de plusladingen. Kijk hierbij langs de x'' -as. Voor W'' is de draad dus negatief geladen. Daarom wordt het deeltje in figuur 3 in de ogen van W'' elektrisch aangetrokken door de draad.

Opgemerkt moet worden dat de hoeken in de minkowskidiagrammen onrealistisch groot genomen zijn. Ten eerste is de hoek tussen de wereldlijnen van de minladingen en de ct -as veel te groot. In de praktijk is de snelheid van de elektronen in een stroomdraad meestal niet veel meer dan 0,1 mm/s. Ten tweede is de hoek tussen de x' -as (en x'' -as) en de x -as zeer groot. Het is opmerkelijk dat bij snelheden die veel en veel kleiner dan de lichtsnelheid zijn, toch relativistische effecten optreden.