

Versnellende ladingen

Sinds het eind van de 19de eeuw weten we dat licht bestaat uit elektrische en magnetische velden die trillen in het vacuüm. Door middel van de Maxwellvergelijkingen kunnen we die trillingen goed begrijpen en een voorspelling doen over hun voortplantingssnelheid, de lichtsnelheid. Een missend onderdeel in dit begrip is echter het ontstaan van licht, of algemener: het ontstaan van straling. Hoe maak je trillende elektrische en magnetische velden? In dit artikel zullen we deze vraag beantwoorden door naar een heel eenvoudig voorbeeld te kijken: een versneld elektron.



Afbeelding 1. Antennes.Antennes vormen waarschijnlijk de bekendste en meest gebruikte toepassing van versnellende ladingen. Foto: [Pexels](#) (CC0).

Het verschil tussen ladingen met een *constante* snelheid en *versnelde* ladingen is erg groot. Ladingen met een constante snelheid hebben een constant, onveranderlijk elektrisch en magnetisch veld. Het elektrische veld wordt gegenereerd door de lading van het deeltje, terwijl het magnetische veld voortkomt uit de constante snelheid van die lading.

Versnelling en straling

Voor versnellende deeltjes is de situatie heel anders. Om dat te begrijpen gaan we kijken wat er gebeurt als een lading met constante snelheid abrupt tot stilstand gebracht wordt. De vraag die we willen beantwoorden is: wat gebeurt er dan met de elektrische en magnetische velden? Laten we eerst kijken naar het magnetische veld. Voordat de lading stilstond, was er een magnetisch veld, maar nadat de lading stilstaat, is er geen magnetisch veld meer. Het magnetisch veld lijkt dus plots verdwenen te zijn!

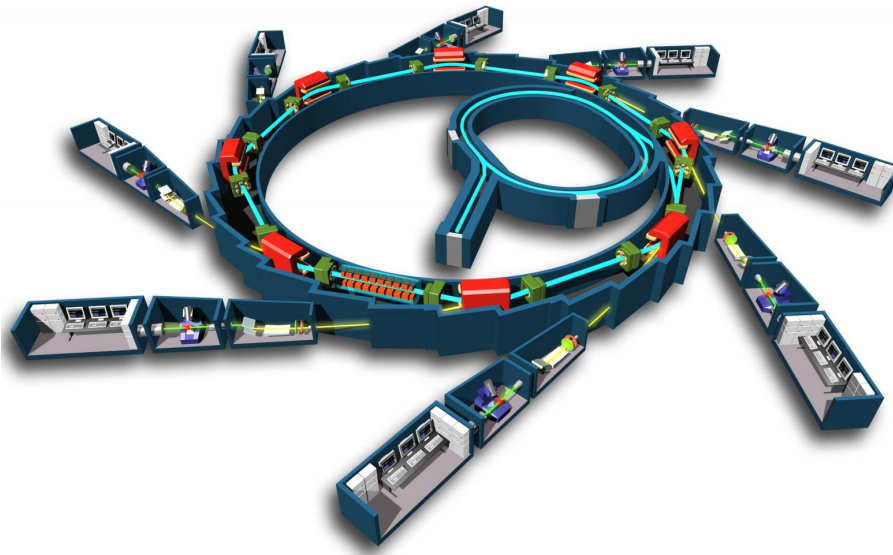
Ook al is de lading van het deeltje niet veranderd: ook het elektrische veld is in het bovenstaande proces wel veranderd. Dit is een gevolg van het plotseling verdwijnen van het magneetveld. Uit de Maxwellvergelijkingen weten we namelijk dat een veranderd magnetisch veld voor een elektrisch veld zorgt.

Het magnetische veld is dus verdwenen, maar dat veld bevatte natuurlijk wel energie. Waar is die dan gebleven? Die energie is in de vorm van straling uitgezonden! Deze straling wordt ook wel *elektromagnetische straling* genoemd, omdat er zoals gezegd ook een elektrisch veld aanwezig is dankzij het veranderende magnetisch veld. Versnellingen, in dit geval het stoppen van een bewegende lading, zorgen dus voor elektromagnetische straling, oftewel licht!

Versnellende ladingen zorgen voor straling, maar dit geldt ook andersom. Straling kan er ook voor zorgen dat ladingen gaan trillen, want een trilling is ook een versnelde beweging. Dit idee vormt de basis van een antenne. Een antenne vangt straling op door middel van een lange metalen strip. Door die straling gaan de elektronen in de strip trillen en zorgen ze voor een meetbaar stroompje. De toepassingen hiervan zijn natuurlijk ontelbaar.

Synchrotronstraling

Een andere interessante toepassing van versnelde ladingen is synchrotronstraling. Deze straling wordt opgewekt door een elektron met relativistische snelheden – dus snelheden in de buurt van de lichtsnelheid – door een grote ringvormige deeltjesversneller (synchrotron) te sturen.



Afbeelding 2. Synchrotron

Franse synchrotron Soleil. In de kamers langs de ringvormige versneller worden experimenten gedaan met straling die afkomstig is van versnellende elektronen. Bron: Wikipedia, EPSIM 3D/JF Santarelli, Synchrotron Soleil - Synchrotron Soleil, Attribution.

Hoewel de *grootte* van de snelheid van het elektron in een synchrotron niet verandert, veroorzaakt de baan van het elektron dan toechen versnelde beweging, want het deeltje moet steeds van *richting* veranderen. Hoe sneller het elektron gaat, hoe intenser de straling die daarbij vrijkomt zal zijn. Bovendien worden er verschillende golflengtes straling gemaakt, waarbij de kleinste het meest gefocust is rond de bewegingsrichting van het elektron. Aangezien de richting van het elektron telkens veranderd, zal de straling langs raaklijnen aan de ringvormige deeltjesversneller uitgezonden worden. Door in het pad van die straling experimenten te plaatsen, kan deze straling gebruikt worden voor vele verschillende soorten onderzoek, bijvoorbeeld bij het bepalen van de kristalstructuur van diamant.

Theorie

Vanuit een theoretisch oogpunt is elektromagnetische straling ook erg interessant, omdat veel resultaten exact afgeleid kunnen worden. Door de tijdsafhankelijke Maxwellvergelijkingen op te lossen, kunnen de theoretici een mooi verband vinden tussen de versnelling, a , van een deeltje met lading q , en het uitgezonden vermogen, P . Deze formule wordt ook wel de *Larmorformule* genoemd en wordt gegeven door,

$$P = \frac{2}{3} \frac{q^2 a^2}{c^3} .$$

In die formule is c de waarde van de lichtsnelheid.

Kortom: versnellende ladingen zijn heel erg interessant en voor heel veel dingen nuttig. In feite zou je kunnen stellen dat de hele moderne wereld gebouwd is op versnellende elektronen, want overal waar draadloze verbindingen zijn, zijn elektronen aan het versnellen!