

Flogiston en elektron

Tot in de 18^e eeuw geloofde men dat in brandbare stoffen een gewichtloze en onzichtbare stof *flogiston* was opgesloten. Flogiston – de drager van hitte – zou vrijkomen bij roesten en verbranding. Tijdens het uitademen verloor je flogiston en dus levenskracht. Als je kwik verhitte, dan werd het rood en dat was een bewijs dat het flogiston eruit was verdwenen; dan pas was het zuivere kwik ontstaan. Dat werd ‘per se’ genoemd, ‘uit zichzelf’ ontstaan, want alleen verhitten was voldoende. Maar metalen werden juist zwaarder bij dit proces. Richt maar eens een brander op een metalen pannenspons tot die rood-gloeiend is. Dan is de spons merkbaar zwaarder geworden. Geen probleem volgens de geleerden van toen: flogiston heeft dus een negatieve massa! Wij zouden flogiston nu zoiets als *negatieve zuurstof* noemen.

Priestley ontdekte vele gassen, onder andere zuurstof en verhitte kwik boven de 500 °C. De rode stof (HgO) verdween weer volgens de reactie: $2\text{HgO} \rightarrow 2\text{Hg} + \text{O}_2$. Dat was voor hem echter geen reden de theorie te verwerpen. Lavoisier, een rijke belastinginspecteur, splitste water (een van de vier elementen) in zuurstof en waterstof en beweerde dat zuurstof een apart gas was.



Het Nederlandse woord ‘gas’ werd overigens ingevoerd door Van Helmont en wordt in vele talen gebruikt. Vuurstof werd zuurstof, want zuurstof zit in ‘alle’ zuren. Lavoisier liet grote laboratoria bouwen, deed nauwkeurige experimenten en schreef een beroemd leerboek. Helaas viel zijn knappe kop onder de guillotine tijdens de Franse revolutie.

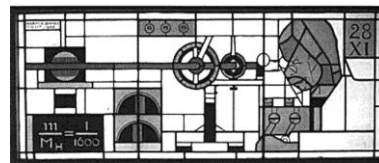
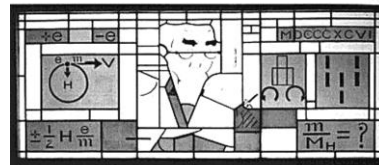
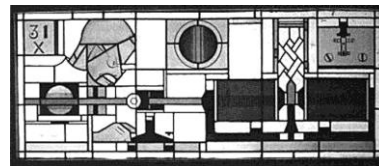
Begin 20^{ste} eeuw was er weer zo’n vreemde, gewichtloze en onzichtbare stof bedacht: de ether – dit keer als tussenstof voor licht, want licht moest toch érgens in bewegen. Toen Michelson en Morley in 1887 bewezen dat licht zich niets van ether aantrekt, trok Einstein de conclusie: ether is nergens voor nodig, hij bestaat niet. De lichtsnelheid is altijd hetzelfde – althans in vacuüm. Zo hoort het ook, één experiment is voldoende om een hele theorie onderuit te halen.

Elektron

Nu over een theorie die het wél haalde. Omstreeks 1870 werden proeven gedaan met een glazen buis, voorzien van twee elektroden, een anode(+) en een kathode(-). Bij zeer lage druk (10^{-3} Pa) leken er stralen uit de kathode te komen. Was dat een nieuw soort straling of waren dat snelle deeltjes? Het bleken deeltjes. In het algemeen wordt de Engelsman Thomson in 1897 als de ontdekker gezien. Hij liet zien dat de stralen een negatieve lading hadden en konden worden afgebogen in een magneetveld.

Maar Lorentz en zijn assistent Zeeman waren het elektron een jaar eerder bij proeven met natriumlicht in een gasvlam al tegengekomen.

In de gebrandschilderde ramen van de universiteit van Leiden is de ontdekking van het elektron door Zeeman en Lorentz weergegeven.



In het bovenste deel staat links Zeeman en rechts een gasvlam tussen de twee spoelen van een elektromagneet. In de gasvlam werd keukenzout (NaCl) gestrooid. Zeeman keek door een spectroscop naar het licht van de vlam en zag tot zijn verrassing dat de gele natriumlijn *twee à drie malen breder* werd als de magneet werd aangezet. Op 31 oktober (linksboven) maakte Zeeman deze waarneming bekend. Lorentz kon nu uitrekenen dat de magnetische verbreding van de gele natriumlijn het gevolg was van een kracht op een negatief geladen deeltje (de zogenaamde lorentzkracht). Dit negatief geladen deeltje zou volgens zijn berekening 1600 keer lichter moeten zijn dan het atoom waterstof. De verhouding $m/M_H = 1/1600$ staat links onderaan. Zeeman en Lorentz kregen de nobelprijs in 1902, Thomson in 1906. Zeeman sprak tijdens de uitreiking: ‘*which vibrates in the light source is the same as that which travels in cathode rays*’.