

Dr. E. Pouders

Waarom moest Röntgen de X-stralen ontdekken

Ontstaan van de X-stralen

X-stralen zijn een verschijnsel dat ontstaat wanneer men een elektrische ontlading in het luchtledige laat doorgaan. Een elektrische ontlading in de lucht is ons allen bekend, bijv. de bliksem: een vonk is te zien tussen de twee polen. Wanneer men nu de ontlading laat doorgaan in een wat luchtledig gemaakte buis, ziet men een oplichting gebeuren aan de wand van deze buis. Verder luchtledig maken van de buis doet dit zichtbare fenomeen verdwijnen en men verkrijgt een onzichtbare doch wel aantoonbare straling: de X-straal. Deze kon men aantonen door haar fluorescerend vermogen (het doen oplichten van fluorescerende stoffen) alsook door het vermogen om fotoplatten te belichten.

Wat leidde tot de ontdekking

Op 8 november 1895, dag van de ontdekking van de X-stralen, waren immers al de factoren die zouden leiden naar de ontdekking ervan aanwezig. Het was als het ware dat de ontdekking in de lucht hing : ze kon niet uitblijven.

De volgende factoren hebben geleid tot de ontdekking van de röntgenstralen:

1. Op wetenschappelijk en technisch vlak was de kennis aanwezig om deze ontdekking te verwezenlijken.
2. Als tweede factor komt een bepaalde fysische eigenschap van prof. Röntgen in aanmerking.
3. Het uitvoeren van het experiment.
4. De interpretatie van het gebeuren.

Wetenschappelijke evolutie

Elke ontdekking of uitvinding berust op de wetenschap die door de voorlopers werd verzameld en opgebouwd. In het geval van de ontdekking van de X-stralen was de kennis inzake de fenomenen vacuüm, fluorescentie, elektriciteit, magnetisme, fotografie en vacuümfabricatie essentieel. Zonder in detail te treden plaatsen we de belangrijkste pioniers in deze verschillende domeinen toch even in het daglicht.

Het fenomeen vacuüm

De start van dit epos is gesitueerd in 1643 bij de ontdekking van het kwikvacuümprincipe door Evangelista Torricelli (1608-1647). Enkele jaren later ontwierp Otto von Guericke (1602-1686) de eerste luchtvacuümpomp (fig. 1). Rond 1850 introduceerde Heinrich Geissler (1814-1879) de eerste praktische kwikvacuümpomp met een gasdruk van minder dan 2 Torr (1 Torr = 133,3 Pascal (Pa) en 1 atmosfeer = 1013 hPa) (fig. 2).

In een kwikvacuümpomp werd het vacuüm verkregen doordat men zware kwikdruppels herhaaldelijk door een dunne buis liet vallen. Hierbij sleepten ze de luchtmoleculen mee zodat de buis meer en meer luchtledig werd. In 1869 verbeterde Johann Wilhelm Hittorf (1824-1914) dit systeem dankzij de nieuwe vacuümpomp, in 1865 door H. Sprengel (1834-1906) ontworpen. Verdere aanpassingen werden o.a. verwezenlijkt door A. Raps (1865-1920); een dergelijke pomp werd door Röntgen gebruikt.

De fluorescentie

Het was opnieuw een Italiaan, V. Casciarolus (1571-1624), die in Bologna, tijdens 'alchemistische' proefnemingen met mineralen, de fluorescentie ontdekte in 1602. George Gabriel Stokes (1819-1903) ondervond in 1852 dat bepaalde stoffen (meer bepaald het bariumplatinocyanide – wat voor Röntgen belangrijk zal zijn), aan UV-licht onderworpen, een fluorescente uitstraling verwekten.

Een groene fluorescentie werd in 1858 door Julius Plücker (1801-1868) aan de wand van vacuümbuizen ontdekt tijdens zijn experiment met kathodestralen (fig. 3).

De glasbuisfabricatie

Het is niet verwonderlijk dat verschillende namen van ontdekkers die we noemden bij het vacuümfenomeen ook hier terug te vinden zijn.

Heinrich Geissler slaagde erin om in 1855 de eerste glazen buis te vervaardigen.

Een gevorderde vacuümbuis werd door J. Hittorf, leerling van Plücker, in 1869 verwezenlijkt.

In 1879 plaatste William Crookes (1832-1919) een concave kathode en een 45°-anode in de vacuümbuis (fig. 4).

O. Schott (1851-1935) kon in 1894 de weerstand van het glas van vacuümbuizen sterk verhogen.

Het was in die tijd een echt kunstwerk en huzarenstuk om een glasbuis perfect luchtledig te krijgen, zeker wanneer er metalen onderdelen in verwerkt waren. De opleiding van de glasblazers nam drie tot vier jaar in beslag. Bovendien beantwoordde meer dan de helft van de buizen niet aan de vereiste kwaliteitsnormen en waren deze enkel goed voor de schroothoop. Beide factoren werkten een hoge productieprijs in de hand.

Elektriciteit en magnetisme

Misschien wel de belangrijkste evolutie was die van de elektriciteit. Op dit gebied is de lijst van voorlopers evenwel veel te lang; wij beperken ons daarom tot de meest bekende.

Het elektriciteitsfenomeen werd rond 1600 door een arts, William Gilbert (1544-1603) ontdekt.

Otto von Guericke vervaardigde de eerste elektrostatische machine in 1650.

In 1746 werd de Leidse fles uitgevonden door de Nederlandse fysicus Petrus van Musschenbroek (1692-1761) (fig. 5). Van Musschenbroek was een fysica- en wiskundeprofessor in Leiden. De statische elektriciteit, verkregen vanuit draaiende bollen, voerde hij via een koperen ketting in een fles. Van Musschenbroek, die de fles vasthield, kreeg een schok waarbij heel zijn lichaam schudde. Hield hij de fles in één hand dan kon hij

met de andere vonken trekken naar de ketting. Ook kon het effect van verschillende flessen gecombineerd worden. De fles kon dus elektriciteit opslaan.

De fles werd langs binnen en buiten omwikkeld met metaalfolie om een betere elektrische geleiding te verkrijgen. Dit toestel liet dus toe de geproduceerde elektriciteit op te slaan en in een fractie van een seconde te ontladen. Het was dus een batterij avant la lettre.

Luigi Galvani (1737-1798) zette de aanloop in tot de 'dynamische' elektriciteit door studie over spieren van kikvorsen.

Het was in 1800 dat Alessandro Volta (1745-1827), Italiaans fysicus, de eerste batterij ontwierp. Volta ontdekte dat er een potentiaalverschil bestaat bij het contact van twee verschillende metalen. Hij ontwierp de voltazuil: de eerste batterij. Deze bestond uit plaatjes van koper en zink, afgewisseld met doekjes vilt die gedrenkt waren in zwavelzuur. Dit kon, in tegenstelling tot de Leidse fles, een continue stroom leveren (de Leidse fles gaf maar één stroomstoot).

Uit onze natuurkundelessen kennen we allemaal André Marie Ampère (1775-1836; introductie van stroomsterkte), Georg Simon Ohm (1787-1854; elektrische weerstand) en Michael Faraday (1791-1867; elektromagnetische arbeid).

De Franse fysicus G. Planté (1826-1901) vond in 1859 de eerste elektrische accu uit.

In 1848 demonstreerde Heinrich Daniel Ruhmkorff (1803-1877) zijn inductieklos (fig. 6a & 6b). De Ruhmkorffklos is een spoel met een klein aantal wikkelingen van dikke draad, gewikkeld om een ijzeren kern. Hieromheen is er een tweede spoel met zeer veel wikkelingen (soms tot 120 km lang) van dunne draad. Wanneer men nu in de eerste spoel een stroom stuurt die constant onderbroken wordt, dan induceert men (vandaar de naam inductiestroom) door verandering van magnetische flux in de tweede spoel een zeer hoge wisselspanning, waarmee men grote elektrische vonken kon produceren. Hierdoor kon men de laagvoltagegestroom van batterijen omzetten naar hoogvoltagegestroom (tot 40-60 kV).

Hoe langer de vonken, hoe hoger de stroom en... hoe belangrijker het laboratorium.

De Belg Zénobe Gramme (1826-1901) stelde in 1871 zijn dynamo aan de Academie voor Wetenschap voor.

Doordat het licht vanuit de kathoden ontstond, sprak Eugen Goldstein (1850-1930) voor het eerst over het concept van kathodisch licht en kathodestralen.

Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) ontdekte rond 1890 dat kathodestralen door dunne metalen plaatjes die in de buis werden geplaatst heen konden dringen.

Zijn leerling Philipp Lenard (1862-1947) ondervond hetzelfde fenomeen op korte afstand buiten de kathodebuis. Dit werd veroorzaakt door de X-straal, doch Lenard kon de hieraan verbonden conclusie niet trekken (later beweerde hij dat niet Röntgen doch hijzelf de X-stralen ontdekt zou hebben).

Fotografie

Indien we de camera obscura in 1553 door Giambattista della Porta (1535-1615) buiten beschouwing laten, werd de eerste echte fotografische opname pas in 1826 door de Fransman Joseph Nicéphore Niepce (1765-1833) gerealiseerd (fig. 7). Deze opname, genomen met de heliograaf, toont aan weerszijden een schaduwbeeld dat tegengesteld is. Dit is te verklaren door de lange belichtingstijd (8 uur!), waardoor de schaduwbeelden tegengesteld werden doordat de zon intussen van plaats veranderde.

De celluloid rolfilm werd door George Eastman (1854-1932) in 1889 ontworpen.

De eerste openbare filmvertoning werd door de gebroeders Lumière te Parijs op 28 december 1895 voorgesteld... de dag van de publicatie van de ontdekking van de X-stralen.

Fysische eigenschap van Röntgen

De tweede grote factor die de ontdekking van de X-stralen heeft bewerkstelligd is eerder een toevalsfactor. Röntgen was kleurenblind, doch tevens had hij een bijzonder scherp zicht in het duister, tot drie keer hoger dan normaal. Vandaar dat hij zeer gemakkelijk lichtopflakkingen kon opsporen, zoals gebeurde bij het experiment waarbij een karton dat bedekt was met bariumplatinocyanide (een fluorescerende stof) oplichtte bij zijn proefnemingen (fig. 8).

Het experiment

Een derde reden waarom Röntgen de X-stralen moest ontdekken is dat hij uiteraard de experimenten gedaan heeft van 8 november tot 22 december 1895. Gedurende meer dan zes weken heeft hij deze proefnemingen herhaald om het fenomeen beter te analyseren. De volgende opstelling (fig. 9) werd gebruikt:

Om te beginnen had hij een batterij (met dank aan Volta) nodig om stroom te hebben. Deze werd gekoppeld aan een inductiespoel (met dank aan Ruhmkorff) om hoogkilovoltstroom te verkrijgen (tot 40 kv).

De elektrische ontlading moest gebeuren in een glazen buis (met dank aan Crookes) die luchtledig gemaakt werd door een vacuümpomp (met dank aan Geissler).

Verder lag er toevallig wat bariumplatinocyanide op een karton. Tevens werden er fotoplaten gebruikt.

Hij ontdekte dat het karton oplichtte, niettegenstaande hij de buis volledig omwikkeld had met materiaal dat geen licht doorliet. Hij herhaalde deze proeven door tussen het karton en de buis verschillende materialen te plaatsen. Uiteindelijk kon hij maar tot één beslissing komen: een tot nog toe onbekende straal werd geproduceerd in de vacuümbuis: de X-straal.

De interpretatie

Last but not least heeft Röntgen de eigenschappen van de X-stralen zodanig in detail beschreven dat er later alleen nog de polarisatie en de diffractie bijkwamen.

Uiteindelijk heeft hij vanaf het begin zijn medemensen kunnen overtuigen van het nut van deze ontdekking: in het bijzonder de menselijke radiografie en de niet-destructieve analyse van voorwerpen door X-stralen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat Röntgen in 1901 de (eerste) Nobelprijs voor natuurkunde ontving.

Eerdere ontdekkingen van de X-stralen

Nu mag men niet uit het oog verliezen dat meerdere wetenschappers reeds röntgenstralen produceerden zonder het verband te leggen.

De ontdekking van Lenard werd reeds beschreven.

Professor Goodspeed, Amerikaans natuurkundige, experimenteerde in 1890 in Pennsylvania met kathodestrallen. Hij had zijn vriend en fotograaf Mr. Jennings uitgenodigd. Deze was met de tram gekomen en had achteloos wat wisselgeld op fotoplatten gelegd.

De volgende dag zag hij de belichte fotoplaat (fig. 10) en oordeelde dat het hier om een slechte kwaliteit van fotoplatten ging (in feite ging het om de projectie van de muntstukken die door de X-stralen belicht werden). Hij bracht deze dan ook terug naar de firma om ze om te wisselen voor een nieuwe plaat.

Pas na de publicatie van Röntgen begreep Goodspeed wat er werkelijk gebeurd was...

Besluit

We mogen stellen dat om een echte ontdekking te verwezenlijken, er aan drie voorwaarden moet worden voldaan: het doen, het begrijpen en de mensen overtuigen dat de ontdekking nuttig is.

Voor de X-stralen is het wel Röntgen, en hij alleen, die op basis van de kennis van zijn voorgangers aan deze drie voorwaarden voldeed.

LEGENDEN BIJ DE FIGUREN

- | | |
|--------|--|
| Fig 1 | De eerste vacuümpompen berustten op het onderdrukprincipe van de spuit. |
| Fig 2 | De kwikvacuümpomp van Geissler. |
| Fig 3 | Proefnemingen met kathodestrallen toonden een groen fluorescentielicht. |
| Fig 4 | Crookes' vacuümbuis. |
| Fig 5 | De Leidse fles. |
| Fig 6 | De Ruhmkorff-inductieklos. |
| Fig 7 | De eerste fotografische opname toont, door de lange belichtingstijd, een tegengesteld schaduwbeeld van de torentjes links en rechts. |
| Fig 8 | Röntgen had een gezichtsscherpte die driemaal hoger lag dan bij een normaal persoon. |
| Fig 9 | Het laboratorium van Röntgen (zoals gereconstrueerd in Würzburg). |
| Fig 10 | De eerste radiografische opname aller tijden: de muntstukken van Mr. Jennings (1890). |

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.