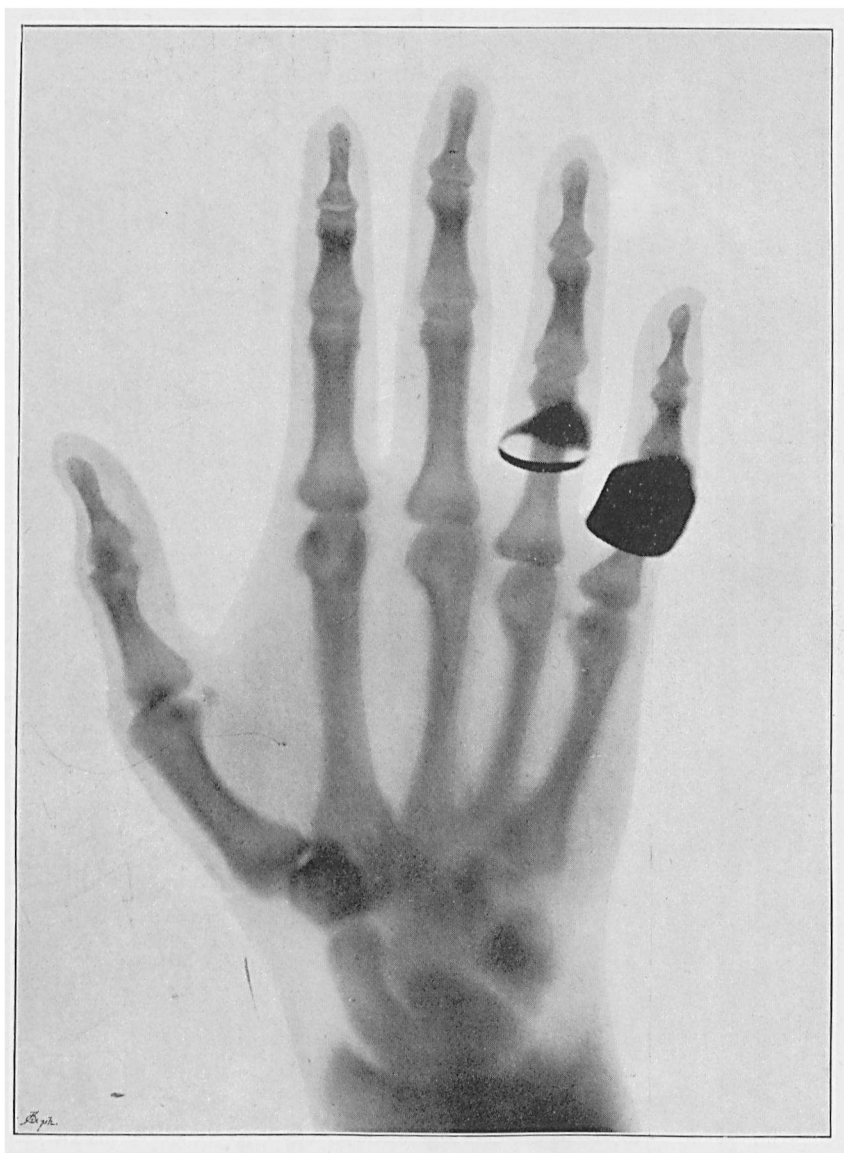




Photographische afbeelding eener hand door middel van X-stralen verkregen door de  
H.H. Dr. H. J. HOFFMANS, directeur der H. B. S. te Maastricht,  
Dr. L. T. VAN KLEEF en JOH. G. VAN DEN EERENBEENT, photograaf (Firma P. STUTZ) aldaar.  
(2/3 der natuurlijke grootte.)

# DE X-STRALEN.

DOOR

Dr. E. VAN DER VEN.

Elke ontdekking op wetenschappelijk gebied vordert, om in den kring van het gemeene weten te worden opgenomen, hare inleiding, dient vastgeknoot te worden aan en afgeleid uit datgene, waarmede zij verband houdt en waaruit zij door den natuurlijken gang der ontwikkeling is voortgekomen. Zoo wordt de beschrijving van iedere ontdekking het schrijven van de historie harer ouders in de rechte lijn, waarin zij zelve, uit den aard der zaak, wel niet anders kan voorkomen dan in de lange kleeren.

En zelfs zóó niet eens. In onze eeuw van groote publiciteit, waarin men met de aankondiging van een ontdekking even snel meent te moeten te werk gaan als met die van een geboorte, kan het voorkomen, dat de historieschrijver niet in staat en toch verplicht is de jonggeborene bij het publiek in te leiden, voor nog haar naam behoorlijk in de registers van den burgerlijken stand der wetenschap werd ingeschreven.

Het verschijnsel, waarvan de naam aan het hoofd van dit opstel is geplaatst, is er een voorbeeld van, draagt in dien naam zelf daarvan het bewijs. Wie »X-stralen» zegt, legt, zoo zeggend, de getuigenis af, dat hij zal schrijven over stralen, waarvan hij hoogstens weet, dat zij anders zijn dan alle andere hem bekende. Zijn schrijven kan voor het publiek alleen in zoover beteekenis hebben, als hij de nauwe betrekking aanwijst, waarin het pas ontdekte verschijnsel staat tot andere, hem van naderbij bekende, en de opzichten, waarin het van deze verschilt. In zoover dus als hij meer doet dan het dagblad, dat

den volke verkondigt, wat best alleen in den intiemsten kring had kunnen worden rondgezegd, zich daarbij er niet over bekreunend, of het gros zijner lezers van de met name genoemde ouders ooit gehoord heeft. Zijn verhaal moet meest over de ouders loopen, wil hij het kind doen kennen; hij schrijft historie.

Dat in ruimten, met verdunde lucht gevuld, de electriche vonk op veel grootere afstanden overspringt dan in lucht van de gewone drukking, is een reeds in den aanvang dezer eeuw ontdekt feit, dat wij dan ook algemeen bekend mogen onderstellen; die afstanden zijn, tot op zekere hoogte, bij hetzelfde spanningsverschil aan de punten, waar tusschen de vonk overspringt — polen, electroden, — omgekeerd evenredig met de drukking van de lucht of het gas, waarin dit plaats grijpt. Dat daarbij die vonk zich uitbreidt tot een lichtzuil van eivormige gedaante en bleek violette kleur, gaf aanleiding tot de algemeene bekendheid van het zoogenaamd *elektrisch ei*, dat langen tijd een voornaam rol speelde in de zoogenaamde *physique amusante*, waardoor ook buiten den kring der natuuronderzoekers de aandacht op de vorderingen der wetenschap werd gevestigd.

Tot veel meer dan tot dit doel strekten, tot op ongeveer de helft dezer eeuw, deze proefnemingen niet. Toen kwam daarin eenige verandering en wel door tweeërlei oorzaak. In de eerste plaats door de ontdekking van de inductiestroom en hare eigenschappen; zij gaven de middelen aan de hand om langs meer eenvoudigen weg het spanningsverschil tusschen de polen te verhoogen, vooral nadat RUHMKORFF en STÖHRER hunne zoogenaamde vonken-inductoren hadden in den handel gebracht. Maar ook de middelen om de lucht te verdunnen werden zeer verbeterd, toen GEISSLER zijne kwik-luchtpomp uitvond. In de richting, die wij boven als die der *physique amusante* aanduiden, werkten beide vindingen nog wel meest; vooral sedert deze uitstekende glasblazer haar voorzag van de naar hem genoemde, met tot op eene spanning van 1 à 2 mm. kwik verdunde lucht gevulde buizen, met ingesmolten pooldraden, waarin hij dan nog spiralen wist te practiseeren, die onder den invloed van den electriche lichtbundel fluoresceerden.

Toch verkreeg, onder deze omstandigheden, het verschijnsel eigenaardigheden, die tot studie opwekten.

In de eerste plaats is dan steeds de negatieve pool (kathode) gehuld in een violet glimlicht, terwijl van de positieve pool (anode) een

purperrood licht uitstraalt, dat niet geheel tot aan de negatieve reikt en door zwarte strepen in een tal van evenwijdige lagen gescheiden wordt. Daarbij wordt, als men den stroom langen tijd in dezelfde richting laat doorgaan, rondom de negatieve electrode de glaswand bedekt met een metallieken aanslag; daar deze verandert met den aard van het metaal, waaruit die electrode bestaat, die daarbij zelf merkbaar wordt aangevreten, ligt het besluit voor de hand, dat hij van haar afkomstig is.

Met de hoogere eischen van de practijk steeg ook voortdurend de volkomenheid der werktuigen, met wier behulp men de ijelheid der lucht in gesloten ruimten tot een bijna volkomen luchtledig kan opvoeren. Zoo leidde, in de jaren die 1881 onmiddellijk voorafgingen, het zoeken naar en het uitvinden van de electriche gloeilampjes, waarin de kooldraad slechts kan blijven bestaan als zij haast luchtledig zijn, SPRENGEL tot de uitvinding en volmaking van zijn kwikluchtpomp.

Onderzoekt men in de met deze tot de uiterste grens verdunde lucht, waaruit dan tevens alle andere, met de lucht gewoonlijk vermengde gassen en dampen langs scheikundigen en hygroskopischen weg zijn verwijderd, de ontlading van den vonken-inductor, dan blijkt wat nieuws. Naarmate dan de spanning beneden een millimeter kwik daalt, breidt zich de donkere ruimte, die de negatieve pool (kathode) omgeeft en evenzoo het negatieve glimlicht uit. Ten laatste wordt die kathode het uitstralingspunt van een bundel lichtstralen, die, zwak divergeerend, zich niet slechts voortplant door het die pool omhullend glimlicht, maar ook ongestoord door de ontlading van de positieve pool heëndringt en rondom deze den glaswand doet fluoresceeren met een geelgroen licht.

Deze stralen nu zijn het, die men in de laatste twee maanden zoo menigmaal onder den naam »kathodestralen" heeft vermeld gezien en waarvan de X-stralen afstammen.

De eigenschappen der kathodestralen zijn door vele natuurkundigen, maar vooral door HITTORF en CROOKES nauwkeurig onderzocht; daaraan, dat laatstgenoemde, door het in den handel brengen van haast luchtledige buizen met ingesmolten electroden, zooveel tot de algemeene bekendheid dezer eigenschappen heeft bijgedragen, is het vooral toe te schrijven, dat zijn naam blijvend aan die buizen is verbonden. Het was dan ook met behulp van deze Crookes-buizen, dat die bijzondere eigenschappen, in 1883, bij gelegenheid van de inwijding van het auditorium van Teylers Stichting, door mij konden worden aangetoond. Die buizen zelve dateeren van ongeveer 1879.

Een der meest kenmerkende eigenschappen is deze, dat de kathodestralen niet, zooals met de ontlading in minder ijle lucht wel het geval is, van de positieve naar de negatieve pool zich richten. Zij planten zich van de kathode rechtlijnig voort door de buis, tot zij tegen den glaswand stuiten en dien op de bovengenoemde wijze doen fluoresceeren.

Men kan deze eigenschap op verschillende wijze aantonen.

Daartoe leent zich, bij voorbeeld, best een Crookes-buis, wier eene electrode, die in het midden van de lengte der buis in den glaswand is ingesmolten, rechthoekig is omgebogen en omgeven door een, evenzoo gebogen, glazen buisje, dat zijne opening afwendt van het uiteinde der buis, waar de andere electrode is ingesmolten.

Indien men nu van de omgebogen electrode de kathode maakt en den stroom laat doorgaan, dan breidt zich het glimlicht uit in die helft van de buis, waarin zich geen electrode bevindt. Wordt daarentegen die omgebogen electrode anode (positieve pool) dan buigt zich het positieve licht om het buisje heen naar dat einde van de buis, waar de andere electrode, de kathode is ingesmolten.

Men kan voor deze proef ook een Crookes-buis nemen van bolvormige gedaante, in wier wand op verschillende plaatsen electroden ingesmolten zijn. Indien men dan één van deze als kathode aanneemt en een van de andere, welke ook, als anode, dan zal, zoolang de lucht niet voldoende is uitgepompt, de ontlading zich buigen tusschen de kathode en de anode. Zoodra daarentegen de spanning van de lucht in de buis beneden een bepaalde grens daalt, gaan de kathodestralen, zonder dat een verandering in de plaatsing der anode daaraan iets verandert, recht voor zich uit en veroorzaken rondom het lijnrecht tegenovergestelde punt van den wand der buis de fluoresceerende plek.

Tusschen beiderlei verschijnselen, die in meer en die in minder volkomen weggepompte lucht, bestaat dus een scherp gecaracteriseerd, specifiek onderscheid.

Een eigenschap, die de kathodestralen, maar in hoogere mate, met de violette en ultra-violette stralen van het zonlicht gemeen hebben, is dat haar licht verschillende stoffen prachtig doet fluoresceeren. Van de wanden der Crookes-buizen vermeldde wij reeds dat die in den regel een geelgroen licht uitstralen. Die kleur hangt echter af van de scheikundige samenstelling van het glas, waaruit die buizen in den regel zijn geblazen; bij kaliglas, bij voorbeeld, zou

de kleur meer naar het blauwe en bij uraniumglas prachtig groen zijn. Overigens stralen de stoffen, die ook fluoresceeren na door het zonlicht te zijn beschienen, in beide gevallen licht uit van dezelfde kleur en duurt dit verschijnsel, al naar den aard der stof, korteren of langeren tijd, na het verbreken van den stroom. Met den oorsprong van het licht en de electriche ontlading schijnt het dus in geenerlei verband te staan; het is een zuiver lichtverschijnsel.

Nog eene andere gewichtige eigenschap, die echter meer het glimlicht in het algemeen toekomt dan bepaaldelijk den kathodestralen en dan ook reeds in minder ijle lucht wordt waargenomen, is, dat elk lichaam, dat in haren weg wordt gesteld, haar tegenhoudt. Is bijvoorbeeld een rechte, cilindervormige buis kort bij de eene electrode rechthoekig omgebogen dan gaat, als men deze tot positieve electrode neemt, de ontlading wel om den bocht heen naar de negatieve electrode. Keert men echter den stroom om, zoodat deze electrode de negatieve wordt, dan worden de van haar uitgaande kathodestralen door den bocht scherp begrensd, als het ware afgesneden. De bekende proef met de Crookes-buis, waarin door haar te schudden, een om een scharnier draaibaar kruis van aluminium al of niet in den weg der ontlading kan worden gesteld, toont deze eigenschap op de meest treffende wijze. Is het kruis neêrgeslagen, dan fluoresceert de glassesche, tegenover de kathode staande glaswand; is het daarentegen opgeslagen, dan vertoont zich op dien wand de donkere schaduw van het kruis. Varieert men deze proef zóó, dat men het aluminium-kruis vervangt door een scherm van mica, waarin een kruis is uitgesneden, dan ziet men het tegenovergestelde: een sterk fluoresceerend kruis op donkeren grond. Wij hebben dus ook hier weder te doen met een verschijnsel dat zich ook zou voordoen, wanneer van de kathode gewone lichtstralen uitgingen.

Voegen wij nu hier nog bij, dat bij aanwending van Crookes-buizen, wier kathode wordt gevormd door het holle oppervlak van een halven bol van aluminium, een deel der stralen wordt teruggekaatst naar één punt, waaruit zij daarna weder divergeeren, dan hebben wij de eigenschappen opgesomd, die de kathodestralen met het licht gemeen hebben.

Toch verloochenen deze stralen hare electriche afkomst niet.

Zoo stooten twee gelijk gerichte bundels kathodestralen, als waren het twee tegenovergesteld gerichte electriche stroomen, elkander af. Men kan in een Crookes-buis een scherm van mica plaatsen, waarin

twee sleufjes zijn gesneden en beurtelings als kathode een van twee aluminiumplaatjes aannemen en die zóó ten opzichte van elkander stellen, dat de stralenbundel door het eene of het andere sleufje gaat, al naar dat het eene of andere plaatje kathode is. Daarbij kan men den onderlingen stand der plaatjes zóó nemen, dat de stralenbundel een verderop geplaatst, met een fluoresceerende stof bestreken schermpje altijd in het midden treft, welk van de twee plaatjes ook kathode zij. Heeft men dit doel bereikt, convergeert dus de stralenbundel in het eene geval naar hetzelfde punt als naar het andere, dan zal, zoodra men beide plaatjes te gelijk tot kathoden maakt, uit het niet meer samenvallen der fluoresceerende streepjes bemerken, dat de nu gelijktijdig door de buis gaande bundels elkander afstooten.

Ook hare verhouding tegenover het magnetisme verraaft den electrischen aard der kathodestralen; een magneet brengt haar uit hare richting. wat gemakkelijk kan aangetoond worden door middel van de Crookes-buis met het kruis, die wij boven beschreven. Wanneer toch die stralenbundel van richting verandert, dan moet ook de schaduw van het kruis zich verplaatsen; wordt daarbij de divergentie dier stralen vermeerderd of verminderd, dan zal ook die schaduw grooter of kleiner worden. Bij deze proef blijkt daarenboven dat de grootte van de verplaatsing en de afmetingen der schaduw evenredig zijn met de magnetische krachten, die haar veroorzaken.

Dat, ten laatste, de kathodestralen ook in staat zijn mechanischen arbeid te verrichten blijkt, als men de ontlading laat gaan door de zeer vernuftig uitgedachte buis, waarin CROOKES een van mica-windtopjes voorzien glazen cilindertje heeft aangebracht, dat met zijn uiteinden rust op een paar in de lengte van de buis loopende glazen rails en zoo is gesteld, dat de bovenste helft van de windvleugels op den weg der ontlading ligt. Zoodra men den stroom laat doorgaan, rolt dit soort van wagentje, als door de kathodestralen gedreven, over de rails naar het uiteinde van de buis waar de positieve elektrode zich bevindt en het keert op zijn weg terug, zoodra men den stroom omkeert.

Tot op deze hoogte stond onze kennis van de eigenschappen der kathodestralen sedert het laatste tiental jaren. Alleen wist men daarbij, en eerst dit sedert den laatsten tijd, hoe het aan LENARD was gebleken, dat die stralen het vermogen schenen te bezitten door sommige stoffen heen andere te doen fluoresceeren, toen in de eerste helft van Januarii. prof. dr. W. C. RÖNTGEN dit feit tot volkomen klaarheid bracht.

Zooals onze dagbladen, naar aanleiding van een uitvoerige mededeeling in de *Neue Freie Presse*, meldden, voerde hij door een Crookes-buis, de ontlading van een sterken vonkeninductor. Bedekte hij dan die buis met een foudraal, waardoor geen ander licht, hoe sterk ook, kon dringen, dan nam hij waar dat het licht daar binnen, schoon daar buiten voor het oog onzichtbaar, de omringende, daartoe zich leenende stoffen deed fluoresceeren. Het was dus duidelijk, dat stralen, die de gezichtszenuwen niet aandoen, die dus niet in den vorm van licht tot het bewustzijn komen, door de stof van het foudraal heëndringen. Bij voortzetting der proeven bleek dit vermogen dezer stralen zeer groot te zijn; als een dik stuk hout of een dik boek op den weg der kathodestralen werd gebracht, wierp het op het overigens fluoresceerend scherm wel een schaduw, maar eene die niet volkomen donker was. Ook bleek het reeds bij deze proeven, dat niet alle stoffen deze stralen in gelijke mate doorlaten; platen van gelijke dikte maar van verschillende aard gaven niet even donkere schaduwen en over het algemeen metalen, vooral lood, de donkerste.

Van deze bevinding tot de onderstelling, dat de doorgelaten stralen zelve in staat zouden zijn haar op de gevoelige plaat photographisch te bevestigen, kon de sprong niet groot zijn. Ook de ultraviolette, evenzoo voor het oog onzichtbare stralen veroorzaken sterke fluorescentie-verschijnselen; en al gaf ook het spectrum der kathodestralen geen aanleiding om te denken, dat men hier met ultraviolette stralen te doen had, het kon toch zijn dat ook hier gelijke gevolgen door gelijksoortige oorzaken werden voortgebracht.

In hoeverre deze proef aan de verwachting beantwoordde kan door de mededeelingen in de dagbladen zoo algemeen bekend geacht worden, dat wij daarover hier niet in bijzonderheden behoeven te treden; ook niet over de verwachtingen, die men meent van deze photographie der toekomst te mogen koesteren. Een bekwaam teekenaar caricatureerde deze in een dier bladen op zoo'n geestige manier, dat een herinnering aan de vrucht zijner fantasie, beter dan vele woorden, die verwachtingen in haren vollen omvang voor den geest roept.

Alleen dit meenen wij daaraan te moeten toevoegen, dat de proeven van RÖNTGEN ook onder de spiritisten groote verwachtingen heeft opgewekt. Zoo meldt het *Journal des Débats* van 30 Januari l.l., dat een zekere dr. EGBERT MÜLLER, dien het blad »une sommité occultiste d'Allemagne» noemt, in een langen brief aan een Berlijnsch blad meent dat »les paroles mystiques, qui surgissent fréquemment



au sein des ténèbres, dans le voisinage de la »femme masquée" sont susceptibles de se transformer en »rayons RÖNTGEN". Weg dan met de Crookes-buizen! »On devrait expérimenter »les rayons RÖNTGEN" avec »la femme masquée", aux frais du gouvernement."

Maar behelpen wij ons, zoo lang »de gemaskerde vrouw" ons daarvan niet voorziet, met de stralen op de ons bekende wijze verkregen.

De photographische opnamen, door RÖNTGEN en na hem door natuurkundigen van allerlei nationaliteit gedaan, bevestigen volkomen wat de fluorescentie-proeven hadden doen vermoeden. De verschillende stoffen hebben een vermogen lichtstralen, voor het oog onzichtbaar, door te laten, dat afhangt van den aard der stoffen en van de dikte der platen, die zij moeten doorklieven; en hoewel de metalen hierbij op den laagsten rang staan, kan men zeggen, dat er tot nog toe niet één stof gevonden is, die voor haar absoluut »ondoorschijnend" is.

Zijn het kathodestralen of vormen zij een deel van die stralen, dat zich verder voortplant dan tot den glaswand dien zij doen fluoresceeren?

Deze vraag moet bepaald ontkennend worden beantwoord. Uit de meer uitvoerige mededeelingen, die later zijn ingekomen, toch blijkt dat zij noch teruggekaatst, noch gebroken worden en dat zij niet interfereeren. Als deze stralen gaan door een bakje met fijn gestampt glas, waarin de millioenen deeltjes zoo ruimschoots aanleiding tot terugkaatsing en breking geven, dan worden zij daarbij niet van den rechten weg gebracht. Met wat wij gewoon zijn lichtstralen te noemen hebben zij dus deze hoofdeigenschappen niet gemeen en wij zagen dat dit wel het geval is met de kathodestralen.

Verraden zij dan misschien, als deze, haren electrischen oorsprong door hare verhouding tegenover electrische stroomen, geleiders en magneten? Ook dit niet; het is gebleken, dat geen magneet in staat is verandering te brengen in hare richting en ook dit zagen wij is met de kathodestralen wel het geval.

Wij hebben hier dus te doen met een straling, waarvan wij alleen weten dat zij of scheikundig en fluorescentie-wekkend werkt, of dit laatste alleen; want het kan zijn, dat haar invloed op de gevoelige plaat van laatstgenoemd vermogen alleen het onmiddellijk, de scheikundige verandering in de broomzilver-gelatine slechts het middellijk gevolg is. Geen wonder dan ook dat men op het denkbeeld is gekomen deze vreemdelingen op natuurkundig gebied voorloopig »X-stralen" te doopen.

In theorieën omtrent haar wezen willen wij ons niet verdiepen; noch de natuur der verschijnselen in de sedert een veertigtal jaren bekende Geissler-buizen, noch de natuur der kathodestralen staat tot heden vast.

Alleen willen wij opmerken dat het ons onverklaarbaar schijnt, hoe nu reeds, op grond alleen daarvan, dat de X-stralen de hoofdeigenschappen der ons als zoodanig bekende lichtstralen missen, door sommigen het vermoeden wordt gegrond, dat wij hier te doen hebben met longitudinale trillingen van den aether. Het kan zijn, dat wij de bedoeling der onderstelling niet juist opvatten, maar wij vragen: »worden dan de geluidgolven ook niet voortgeplant door longitudinale trillingen en worden ook niet deze teruggekaatst en interfereeren zij niet?»

Omtrent den oorsprong der X-stralen is meer bekend; het schijnt dat zij ontstaan in de fluoresceerende plek, waar de kathodestralen den glaswand treffen. De invloed op de gevoelige plaat toch neemt toe naarmate dat fluoresceeren meer intens is, wat onder anderen blijkt, wanneer men, als dr. VALKEMA BLOUW, die plek kleiner maakt, door den bundel kathodestralen, door twee aan weerszijden van de buis geplaatste magneetstaven te doen convergeeren.

Wij willen dit opstel niet sluiten, zonder een hiaat aan te vullen, dat daarin onwillekeurig, door den gang der redeneering, is overgebleven.

Menigeen zal wellicht meenen, dat waar wij van photographische opname spraken, deze geschiedt op de gewone wijze, waarbij, door middel van een lenzenstelsel, eerst op het matte glas en dan op de daarvoor in de plaats gestelde gevoelige plaat, een zoo scherp mogelijk beeld wordt gevormd van het voorwerp, dat men wil weergeven. Eenig nadenken doet echter spoedig inzien, dat dit met de X-stralen zoo niet gaat. Daar zij niet gebroken worden kan men met haar door middel van een lenzenstelsel geen beeld vormen; een bundel X-stralen gaat door een lens, uit welke stof die ook besta, alsof die een vlakke plaat ware.

De beelden, waarvan men spreekt, zijn schaduwbeelden. Om ze te verkrijgen plaatst men een Crookes-buis, met de fluoresceerende plek daarnaar toegewend, op een afstand van een centimeter of acht van het gesloten chassis, waarin de gevoelige plaat is besloten en legt daar op of daar tegenover het voorwerp, dat men wil photographeeren.

De X-stralen zullen nu op de plaat meer of minder inwerken, naarmate zij gaan door voor haar meer of minder gemakkelijk doorgankelijke deelen van het voorwerp; door het deksel van het chassis zelf dus het meest, zoodat die plaat, een zoogenaamd negatief, daar het donkerst zijn zal, waar de stralen door dit plankje alleen gingen. Op dien donkeren grond zal het beeld worden gevormd door de nuances van licht en donker, die getrouw weergeven, welke deelen van het voorwerp minder, welke meer doorgankelijk waren voor de X-stralen.

De platen, die in den handel worden gebracht, vertoonen het tegenovergestelde; zij zijn zoogenaamde positieven en, voorzoover zij voor projectie geschikt zijn, dia-positieven.

Haarlem, 6 Februari 1896.

---