

HET ELECTRONENMICROSCOOP

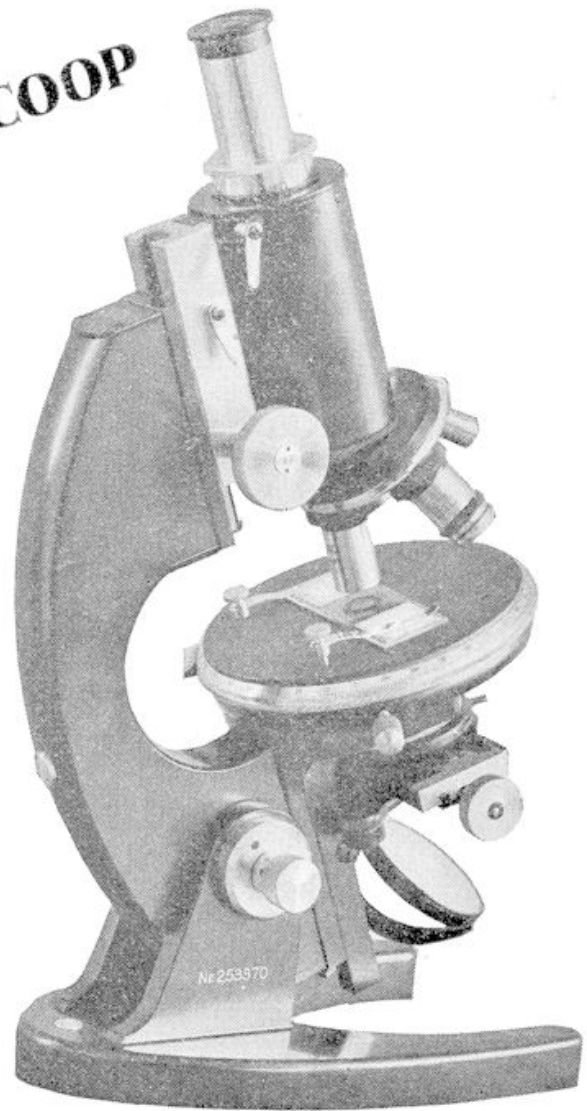
☆ door Dr. W. J. A. Schouten

Bij de Vaderlandse Geschiedenis hebben wij vroeger geleerd, dat Anthonie van Leeuwenhoek in de tweede helft der zeventiende eeuw het microscoop heeft uitgevonden. En indien hij al niet de eigenlijke uitvinder was, dan was hij toch zeker een der eerste gebruikers van dit instrument. Het microscoop, dat hij zelf vervaardigde, ontsloot voor hem een geheel nieuwe wereld. Hij ontdekte in een waterdruppel, zoals een schrijver uit die tijd mededeelt, diertjes, „duysend mael kleyner dan het oog van een luys“.

Deze plastische beschrijving van de infusoriën of afgietseldiertjes moet ons niet in de war brengen. De sterkste vergroting, waarmede Van Leeuwenhoek gewerkt heeft, is een vergroting van 160. In vergelijking met moderne microscopen was zijn instrument zeer primitief. De goede resultaten, welke Anthonie van Leeuwenhoek bereikte, zijn te danken aan zijn grote bekwaamheid en zijn buitengewoon sterk gezichtsvermogen.

Van de zeventiende tot de twintigste eeuw zijn de microscopen steeds meer verbeterd. De kwaliteit van het glas werd veel verbeterd, de lenzen werden met grotere nauwkeurigheid geslepen en de enkelvoudige lenzen werden door samengestelde vervangen. Het gevolg was, dat men scherpere beelden verkreeg en met sterkere vergrotingen kon werken.

De natuurkunde leert echter, dat de aard van het licht een grens stelt aan de vergroting. Men kan bij een microscoop de vergroting niet willekeurig opvoeren. Het is niet mogelijk een optisch instrument te maken, waarmede men voorwerpjes en details van een bepaald object kan zien, wier afmetingen beneden een bepaalde



Een modern microscoop, zoals het door Carl Zeiss en andere optische firma's wordt vervaardigd. Met dit instrument kan men hoogstens 2000 X vergroten.

grens liggen. Populair kan men zich daar wel een voorstelling van maken, wanneer men let op een golf, die zich in het water voortplant. Wanneer een golfstraal tegen een betrekkelijk groot voorwerp botst, wordt hij teruggekaatst. Maar wanneer het voorwerp kleiner is dan de lengte der golven, dan treedt geen terugkaatsing op, de golven spoelen erom heen. Doch licht bestaat ook uit golven. Bij de lichtgolven doet zich een soortgelijk verschijnsel voor als bij de watergolven. Wij zien een voorwerp doordat een teruggekaatste lichtstraal — of golfstraal, zoals men vaak in de natuurkunde zegt — ons oog bereikt. De golflengte van het zichtbare licht bedraagt 0,0008 tot 0,0004 mm. Wanneer een voorwerp kleiner is dan ongeveer 0,0004 milli- 252



meter, kan men er ook met het grootste microscoop geen duidelijk beeld van ontwerpen.

Bij de moderne microscopen, zoals deze in het begin van deze eeuw in de fabrieken van Carl Zeiss te Jena en andere optische firma's zijn geconstrueerd, is de theoretische grens der vergroting bereikt. Men werkt dan met een vergroting van 2000 maal en is niet in staat deze bij het gewone microscoop verder op te voeren.

Om de sterkere vergrotingen te krijgen, waar de voortgang der techniek om vroeg, was het nodig geheel andere instrumenten uit te vinden. Het was een verrassing, toen men er in 1934 in slaagde het electronenmicroscoop te bouwen, waarmede een veel en veel sterkere vergroting bereikt wordt dan met het gewone microscoop. Al jaren had men op dit gebied proeven gedaan. Een grote overwinning was het, toen in Duitsland bekwame ingenieurs er in slaagden een electronenmicroscoop te construeren, dat praktisch bruikbaar is.

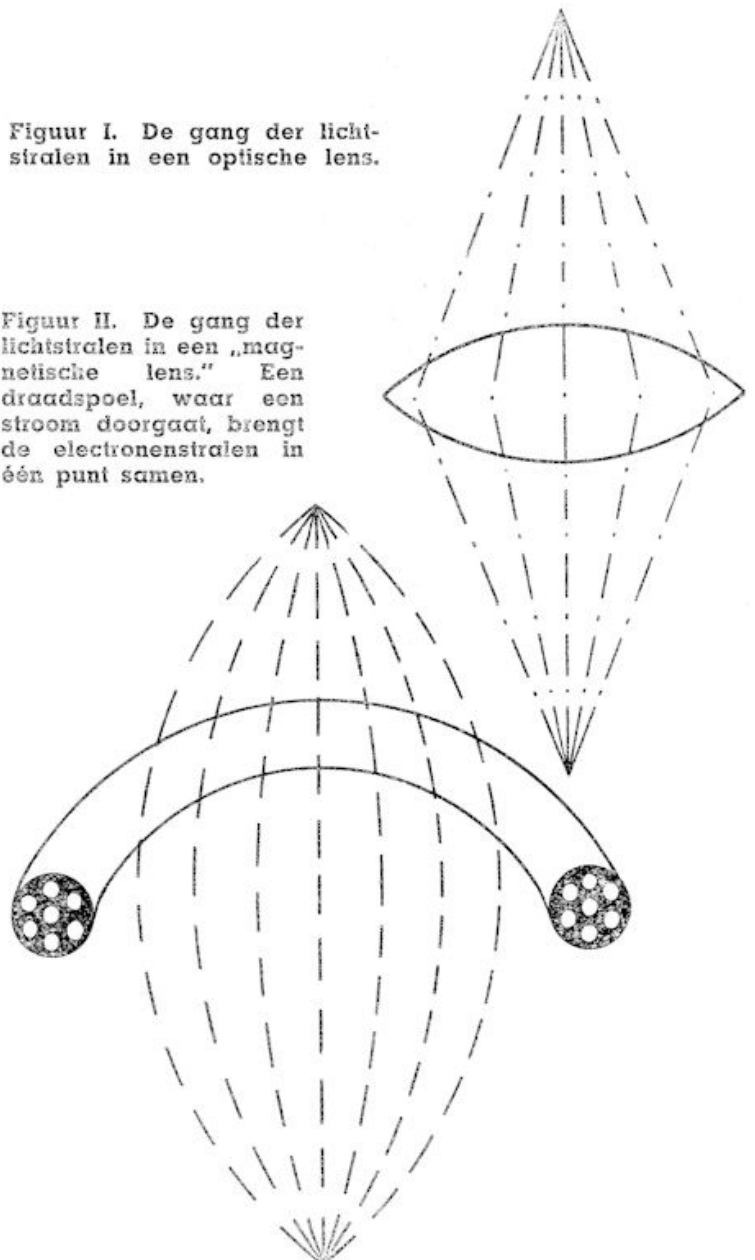
Reeds veertig jaren kent men de electronenstralen of bèta-stralen, die in een elektrische ontledingsbuis van de kathode (de negatieve pool) uitgaan. Deze stralen bestaan uit negatief geladen elektrische deeltjes. Het is een bekende schoolproef, die aantoont, dat dergelijke stralen onder de invloed van een magneet van richting veranderen.

Hoe wordt in een gewoon microscoop van een voorwerp een vergroot beeld gevormd? Dit berust op de eigenschappen der glazen lens. Wanneer een lichtstraal van de lucht overgaat in het glas of omgekeerd, dan treedt er een breking en dus een richtingsverandering op. Men laat in het microscoop een lichtbundel vallen op het doorzichtig voorwerp. Er ontstaat dan een divergente bundel, d.i. een bundel, waarvan de stralen uitwijken naar verschillende kanten. Indien deze divergente bundel op een lens valt, wordt hij veranderd in een convergente bundel, d.w.z. de stralen worden in één punt samengebracht (Zie figuur I). In werkelijkheid is de stralengang in een microscoop, dat praktisch gebruikt wordt, heel gecompliceerd, maar hij berust toch op de eigenschap der lens, die figuur I voorstelt.

Een electronenstraal verandert van richting, wanneer hij een magnetisch veld

Figuur I. De gang der lichtstralen in een optische lens.

Figuur II. De gang der lichtstralen in een „magnetische lens.“ Een draadspool, waar een stroom doorgaat, brengt de electronenstralen in één punt samen.



doorloopt. Op deze natuurwet berust de constructie van het electronenmicroscoop. Om een magnetisch veld te krijgen gebruikt men dan een electromagneet. Men voert dus een elektrische stroom door een ringvormige draadspool. Een dergelijke draadklos wordt naar analogie van de optische lens een magnetische lens genoemd. Zij verandert een divergente bundel van electronenstralen in een convergente (zie figuur II). Hierop berust de beeldvorming in een electronenmicroscoop. De begrippen voorwerpsafstand, beeldpunt, brandpunt e.d. uit de theorie der optische lenzen kan men evenzo gebruiken in de theorie der magnetische lenzen.

Het heeft verscheidene jaren geduurd, voordat het gelukte deze theorie in de praktijk toe te passen. In de laboratoria



DE PALENG VAN DE HERE.

Arie Galis en z'n Griet, die in ien van de mólens van de Schermerpolder weunden hadden ien keer in 't jaar een houge dag. Dat was as de „Here van 't polderbestuur“ kwamme te vergaren.

In de ochend kwamme de Here al opperdan en as ze op 'e vergaring wat lollepot hadden, dan most Arie komme.

„Wel, Arie,“ zai de Daikgraaf den, „bin ze dik van 't jeer.“

„Dat zal ik je zien laite, Heren,“ zai Arie en metien haalden ie een grote kaar paleng uit de kolk, zokke knapen!“ As de Heren een stuk of zeuven, acht van de aldervetste uitzocht hadden, kon ie weer gaan. En dan was 't ville en stove, wat weergal! De vergaring gong onderdehand z'n gang, d'r werd in 't gnappe een glaasie bai dronken en den was 't gien wonder, dat aifternei de mage wel ders wat aars hewwe woue as maderá en port. Nou, wat Arie en Griet angong kon 't maal beginne, een koningsmaal!

Nou wil ik je vertelle, dat Arie as vissermanje dodelijk 't mier had an hengelaars. As hai ze zag peuren in z a i n sloot naar z a i n paleng, den vloog 't klaine kirrelje op de indringers of. Maar je begraipe dat die hengelaars 't ok as de weerschoen op Arie staan hadden. Teunis Paiper, ien van die lui, had al oftig zaid: „Ik zel je nog wel es te grazen neme“.

De gróte dag naderde weer es. Negen palenge as slange zwommen in de kaar, en Arie had 's eivends te voren al teugen z'n vrouw zaid: „Wat zelle ze smikkele, Griet!“

't Wier ochend; de Here kwamme en Arie naar de kolk. Verlegen, wat was die kaar zweer! Arie was bekant bek of, toen ie zai: „Zo vet as deuz reis benne ze nog nooit west, Here!“

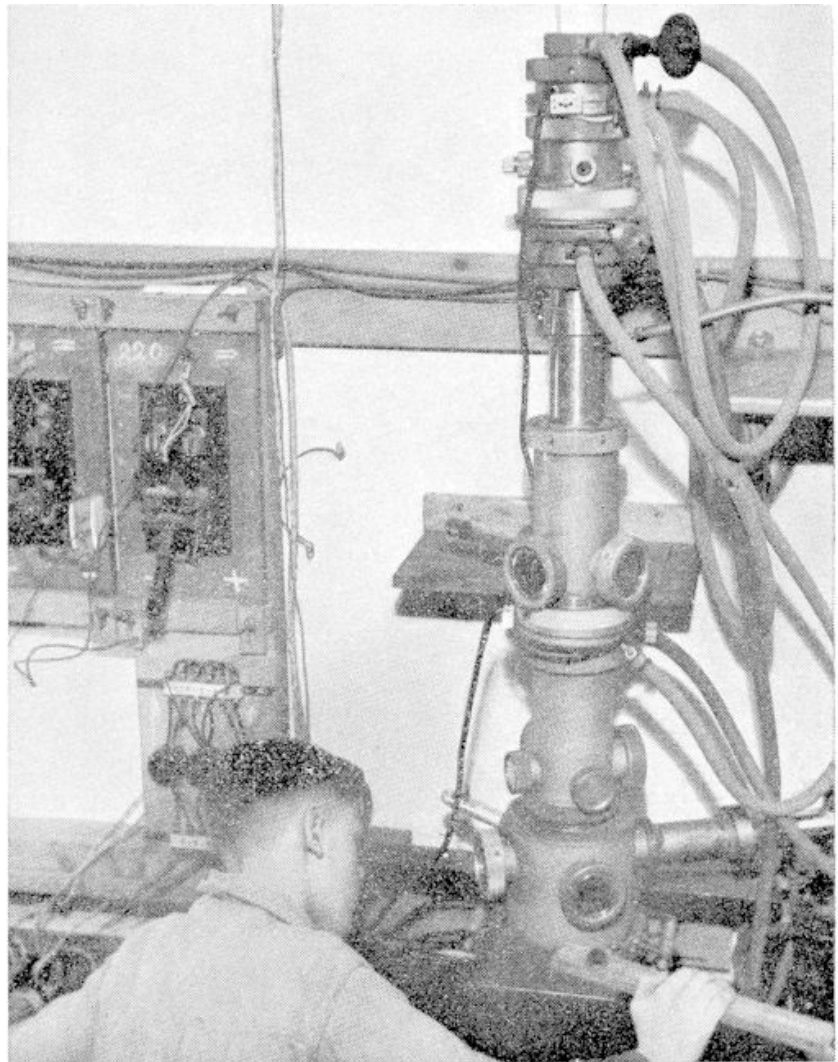
't Gróte fait ging beuren alle hoofden bogen zich over de kaar. Arie lichtte het deksel

„Wat weerlicht!“ skrouwde Arie. Vaif grote stiene lagge in de kaar en de paleng was vort!

't Was deuze keer mit 't feistmaal van de Here lillik mis.

D'are eivend gong Teunis Paiper langs de mólens. Hai streek over z'n buuk en zai: „Zókke palenge, ze wazze verlegen lekker, Arie!“ Toen beet Arie van naidighaid z'n dierber paipke stuk.

(Westfries dialect).



Een electronenmicroscop, waarmede een vergroting van 14000 X bereikt kan worden. De electronenstralen worden verkregen met behulp van een ontladingsbuis van hoge spanningen. De stralen bewegen zich door de luichtledig gemaakte buis.

der Berlijnse Technische Hogeschool slaagden Knoll en Ruska erin een bruikbaar electronenmicroscop te ontwerpen. Ongeveer tegelijkertijd hebben Brücke en Johansson in het laboratorium der A. E. G. een soortgelijk instrument gebouwd.

Uit onze foto's blijkt, dat zulk een electronenmicroscop geen eenvoudig instrument is. Het microscop, dat afgebeeld werd, is 1,50 meter hoog. Het bevat bovenaan allereerst een ontladingsbuis, waarin de electronenstroom wordt opgewekt. Daar is een spaning van 60000 tot 80000 Volt voor nodig. De electronenstroom doorloopt dan een voorwerp, dat op de objectdrager is neergelegd. De dikke, moeilijk te doordringen gedeelten van het object zullen minder electronen doorlaten dan de dunne delen. De stralen worden daarna door een „magnetische lens“ in één punt samengebracht. Zij vormen daar een reëel beeld. Om een sterke vergroting te krijgen wordt dit beeld gebruikt als voorwerp voor een tweede magnetische lens. Er zijn oculairglazen aangebracht, waardoor men het eerste en het tweede beeld kan bekijken. Verder is er een fluorescerend scherm, waarop het eindbeeld gevormd wordt.



Het principe van het electronenmicroscop is dus heel eenvoudig. De praktische uitvoering bracht echter grote moeilijkheden met zich. De electronenstroom moet zich bewegen in een nagenoeg luchtledige ruimte. Wanneer de electronen telkens botsten tegen lucht moleculen, dan zouden zij niet de rechte lijnen beschrijven, die nodig zijn om een scherp beeld te vormen. Het gehele apparaat moet dus voortdurend in verbinding staan met een luchtpomp van grote capaciteit.

Verder is het nodig het object aanhoudend sterk te koelen met stromend water. Wanneer wij een lineaire vergroting van $10000 \times$ gebruiken (dit is bij deze microscopen mogelijk), dan zal een bepaald oppervlak van het voorwerp door honderd miljoen maal zoveel electronen worden getroffen als een even groot oppervlak van het beeld. Het voorwerp wordt dus blootgesteld aan een waar bombardement van electronen. Deze elektrische deeltjes, die in hun beweging geremd worden, zullen een sterke warmteontwikkeling veroorzaken. Daarom is een krachtige koeling van het object noodzakelijk. De dikke gummislangen, die men op de foto waarneemt, dienen voor de circulatie van het koelwater.

Een andere moeilijkheid biedt de instelling. Boven de objectdrager bevindt zich een spleet, waarvan de opening slechts 0,1 millimeter bedraagt. Dit is heel weinig, maar het is ondoenlijk deze opening groter te maken. Wanneer mij bij de vorming van het eerste beeld 200 maal vergroot, dan wordt van een voorwerp met een middellijn van 0,1 mm. een beeld gevormd van 2 cm. Op de foto ziet men in het midden der buis de oculairglazen, waardoor dit eerste beeld waargenomen kan worden. Met het oog op de verdere vergroting kan men het eerste beeld bezwaarlijk groter maken dan 2 cm.

Het apparaat is zo ingericht, dat de objectdrager van buiten af versteld kan worden. Er is veel bekwaamheid en handigheid nodig om dit instrument goed te bedienen.

Vooraf wanneer men met een vergroting van 14000 werkt, is een zeer nauwkeurige instelling noodzakelijk. Men kan het voorwerp, dat onderzocht moet worden, slechts bij gedeelten bestuderen. Een minimale verschuiving van het object doet direct 't beeld in het gezichtsveld veranderen. Het electronenmicroscop is een vinding van het jaar 1934. Reeds thans zijn er belangrijke ontdekkingen mede gedaan. Men gebruikte daarbij de vergroting 14000, terwijl men met optische microscopen zelden meer dan 2000 maal kan vergroten. Het zal zeker nog enige jaren vorderen om de techniek te ontwikkelen, die nodig is om uit een dergelijk nieuw apparaat alles „uit te halen“, wat ermede te bereiken is. Toch mag verwacht worden, dat men spoedig scherpe beelden zal kunnen krijgen bij een vergroting van 20000 of 30000 maal.

Het electronenmicroscop is het microscop der toekomst. Het is een der merkwaardigste vindingen der moderne techniek. Dit instrument ontsluit voor het menselijk oog een wereld, die tot dusver ontoegankelijk was.



De aarde legt per jaar ongeveer 940.000.000 km. af. Dat is pl.m. 30 km. per seconde.

Iedereen weet dat men tegen een rijksdaalder een „achterwiel“, en tegen een gulden een „pop“ zegt. Maar weet u ook, dat een $2\frac{1}{2}$ centstuk een „plak“ en in Friesland een „botje“ heet, dat in Amsterdam „maffie“ en „heintje“ synoniem zijn met kwartje, en dat een „stoter“ $12\frac{1}{2}$ cent is?

In een normale 6-cylinder automotor hebben bij topsnelheid en per minuut ongeveer 12000 ontploffingen plaats.

Een thans overleden filmster in Amerika verdiende 1926—1930 3000 tot 4000 dollar per week.

Door verschillende technici wordt momenteel een nieuw ontwerp onderzocht voor een nieuwe doorboring van de St. Gothard. Het betreft de bouw van een verkeerstunnel van ongeveer tien kilometer.

Voortaan kan in Frankrijk iemand onder de 21 jaar zonder schriftelijke toestemming van ouders of voogd geen rijbewijs meer krijgen.

In Vancouver heeft een politie-inspecteur een nieuw procédé uitgevonden om menselijke sporen met behulp van een spectraalanalyse te ontdekken. Hij beweert, dat ieder mens zijn eigen spectrum bezit, dat streng individueel blijft, net als vingerafdrukken.

Engeland rapporteerde voor de laatste twaalf maanden honderden-vijftien moorden en drie duizend honderd inbraken, terwijl Amerika over de laatste negen maanden al een recordcijfer boekte van twee duizendvierhonderd-veertig moorden en honderd-dertig-duizend inbraken.

