



# Alpha-stralen en hartswerking

<https://hdl.handle.net/1874/281457>

*N 4 192*  
*Med. diss. 1923*

# ALPHA-STRALEN EN HARTSWERKING

Diss.  
Utrecht

1923

JOH. N. VOORSTAD











# ALPHA-STRALEN EN HARTSWERKING



*Diss. Utrecht 1923*

# ALPHA-STRALEN EN HARTSWERKING

PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN DEN  
GRAAD VAN **DOCTOR IN DE GENEESKUNDE**  
AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT  
OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS  
DR. A. J. P. VAN DEN BROEK, HOOGLEERAAR  
IN DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE,  
VOLGENS BESLUIT VAN DEN SENAAAT DER  
UNIVERSITEIT TE VERDEDIGEN TEGEN DE  
BEDENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER  
GENEESKUNDE OP DINSDAG 16 OCTOBER 1923,  
DES NAMIDDAGS TE 4 URE, DOOR

**JOHANNES NICOLAAS VOORSTAD**

ARTS

GEBOREN TE 's-GRAVENHAGE







*AAN MIJNE MOEDER*

*AAN DE NAGEDACHTENIS VAN MIJN VADER*



*In het beëindigen van mijn academische loopbaan, vind ik een welkome aanleiding om U, HOOGLEERAREN, OUD-HOOGLEERAREN, LECTOREN en PRIVAAT-DOCENTEN der Leidsche Medische- en Philosophische Faculteiten mijn diepgevoelden dank aan te bieden voor het van U genoten onderwijs.*

*Hooggeleerde ZWAARDEMAKER, hooggeachte promotor, U wil ik mijne groote erkentelijkheid betuigen voor de gelegenheid mij geboden om onder Uwe leiding mijn proefschrift te bewerken.*

*Uwe hulpvaardigheid en onverflauwde belangstelling daarbij betoond, alsmede Uwe opbouwende kritiek, zullen in dankbare herinnering, onverzwakt bij mij voortleven.*

*Zeergeleerde SCHOEMAKER en Zeergeleerde DE JONGH, den korten, doch zeer leerzamen tijd bij U als assistent aan het Haagsche Gem. Ziekenhuis doorgebracht, zal ik nimmer vergeten.*

*Collega's, M. J. E. M. STEIJNS en J. B. ZWAARDEMAKER, aan U mijn oprechten dank voor de aangename verstandhouding en de zeer gewaardeerde hulp, mij bij mijn werk geboden.*

*Ten slotte mijn erkentelijkheid aan het technisch personeel van het Physiologisch Laboratorium te Utrecht voor hun bereidwillig verleenden bijstand.*



## INHOUD

### HOOFDSTUK I

|                                | Blz. |
|--------------------------------|------|
| § 1. Inleiding . . . . .       | 1    |
| § 2. Radioactiviteit . . . . . | 8    |

### HOOFDSTUK II

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| § 1. Eigen onderzoek . . . . .       | 14 |
| § 2. Proefopstelling . . . . .       | 15 |
| § 3. Polonium-bestraling . . . . .   | 20 |
| § 4. Emanatie-doorstrooming. . . . . | 39 |

### HOOFDSTUK III

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| § 1. Doordringbaarheid van Polonium-stralen . . . | 44 |
| § 2. Beschouwingen . . . . .                      | 52 |
| CONCLUSIES . . . . .                              | 54 |
| STELLINGEN . . . . .                              | 55 |

---

## HOOFDSTUK I.

### § 1. INLEIDING.

Wordt het hart van een kikvorsch, na uit het lichaam te zijn verwijderd, op een canule à double courant geplaatst en doorstroomd met een oplossing van 0.65 % NaCl, 0.02 %  $\text{CaCl}_2$ , 0.01 % KCl en 0.02 %  $\text{NaHCO}_3$ , dan blijft zulk een hart uren — ja zelfs dagen-lang doorkloppen.

Bovenbedoelde oplossing draagt den naam van *Ringersche vloeistof*, naar diens samensteller Sydney Ringer, die in 1884 bij dergelijke proeven op het overlevende hart, naast het NaCl, de noodzakelijke aanwezigheid van calcium en kalium in de met de inwendige cellen van het hart in aanraking zijnde vloeistof vaststelde.<sup>1)</sup>

De toevoeging van het natriumbicarbonaat geschiedt hierbij om de oorspronkelijk zwak zure oplossing, alcalisch te doen zijn en ook om aldus de bij de stofwisseling ontstane zure producten direct door neutralisatie onschadelijk te maken.

De graad dezer alcaliciteit moet echter zeer zwak zijn en wel zoodanig dat neutraalrood juist ontkleurd wordt.

Voor een goede hartswerking moet verder de vloeistof noodzakelijk isotonisch zijn, hetgeen door een osmotischen druk, varieerend tusschen dien van 0.4 % en 0.8 % NaCl,

<sup>1)</sup> S. Ringer, Journal of Physiol. Vol. III, bl. 380, 1880—'82.

idem Vol. IV, bl. 29 en 222, 1883.

idem Vol. V, bl. 247, 1884.

wordt bereikt, terwijl tevens wat zuurstof voortdurend in circulatie dient te worden gebracht.

Hier moet ook worden aangemerkt, dat de aanwezigheid van Na, K en Ca in de Ringersche vloeistof, zonder meer, niet voldoende is. Deze elementen moeten in bepaalde onderlinge verhouding tot elkander worden opgelost. Die verhouding is dusdanig, dat de ionen elkaar in evenwicht houden wat betreft hun werking op de hartcellen.<sup>1)</sup>

Loeb<sup>2)</sup> vatte in het kort het begrip „ionenbalanceering“ in de volgende formule samen :

$$\frac{\text{Na} + \text{K}}{\text{Ca}} = \text{constant.}$$

Volgens het, in bovenaangehaalde dissertatie, door Feenstra verrichte onderzoek heeft deze formule alleen globale beteekenis. Immers de uitkomsten voor zomer- en winterkikvorschten zijn geheel afwijkend. Deze afwijkingen meent hij te kunnen verklaren door de werking van sensibilisatoren, die in de grenslaag worden opgehoopt.

In het algemeen kunnen wij volgens Feenstra aannemen, dat balanceering is een tot onderling evenwicht komen van ionenwerkingen, wat betreft de electrische spanningen. De *onderlinge* werking der elementen en hunne verhoudingen wordt door deze verklaring theoretisch eenigszins vastgelegd. De *afzonderlijke* werking echter is voor de meeste elementen nog een punt van veel strijd. Over de werking van het kalium is men het in het algemeen eens. Het behoort tot de obligate elementen van de levende cel. De noodzakelijke

1) Feenstra. Proefschrift Utrecht 1921. Ionenbalanceering.

2) J. Loeb. Amer. Journ. of Physiol. Vol. III. p. 327, 1900.



aanwezigheid van het kalium in de Ringersche vloeistof verklaarde men vroeger door den invloed van dit element als kation bij de balanceering. Welke invloed op heden door Zwaardemaker aan het kalium wordt toegeschreven zal later uitvoerig worden besproken.

Wat betreft het calcium, werd dit door Ringer<sup>1)</sup>, Howell<sup>2)</sup> en Greene<sup>3)</sup> noodig geacht voor de contractiliteit, terwijl zij natrium slechts noodzakelijk achtten voor den osmotischen druk.

Loeb<sup>4)</sup> en Lingle<sup>5)</sup> daarentegen schreven aan het NaCl de contractiliteit toe, terwijl CaCl<sub>2</sub> een tegengif zou zijn voor het teveel aan natrium.

Een volledige samenvatting van deze onderzoekingen vindt men bij J. P. Slooff<sup>6)</sup>, terwijl straks door mij de tegenwoordig vrijwel algemeen gangbare meeningen dien-aangaande zullen worden besproken.

Laat men nu een of meer dezer stoffen uit de Ringersche

1) S. Ringer. Journal of Physiol. Vol. V, p. 98 en 247, 1884.

idem Vol. VI, p. 36 en 154, 1885.

idem Vol. VII, p. 118 en 291, 1885.

idem Vol. VIII, p. 15, 1887.

2) W. Howell. Automaticity a. sequence of Heart-beat. American Journal of Phys. Vol. II, p. 42, 1898.

W. Howell & E. Cooke. Action of inorganic salts of serum upon the isolated working heart. Journal of Phys. Vol. XIV, p. 198, 1893.

3) G. Greene. Relation of blood salts to heart-beat. Americ. Journal of Phys. Vol. II, p. 82, 1898.

4) J. Loeb. Über Physiol. Ionenwirkungen etc. in C. Oppenheimer. Handbuch der Biochemie. Bd. II, p. 104, 1910.

5) D. Lingle. The action of certain ions on ventricular tissue. Amer. Journal of Phys. Vol. IV, p. 265, 1901.

6) J. P. Slooff. Het ventrikel electrogram van kikvorsch en aal, onder invloed van Radio-actieve atomen. Dissert. Utrecht 1922.



vloeistof weg, dan ziet men, dat zulks gepaard gaat met belangrijke functiestoornissen.

De bestudeering dezer functiestoornissen heeft geleid tot een juiste beoordeeling der kwalitatieve waarden van de in die vloeistof opgeloste zouten. Zoo vond Ringer, dat calcium de hartspier in tonus bracht, terwijl kalium zoowel als natrium, maar vooral het eerste, antagonistisch werkte. Tegenwoordig neemt men algemeen aan, dat het *kalium* dient voor de instandhouding der *automatie*, het calcium voor den autotonus en de kracht van de hartspier, terwijl het natrium voor de geleiding der prikkels en de osmotische drukregeling aansprakelijk wordt gesteld.

In de plaats van kaliumchloride kon Ringer met evenveel succes rubidiumchloride gebruiken. Ook het caesiumchloride is in staat het KCl te vervangen, alhoewel niet zoo zeker en in veel mindere mate.<sup>1)</sup>

Bij zulk een substitutie moest echter steeds gezorgd worden voor ongeveer aequimoleculaire hoeveelheden, wilde men de proef goed zien slagen.

Men beschouwde dus de werking van het kalium of diens vervangers als een zuiver *chemische*.

Campbell<sup>2)</sup> toonde in 1906 aan, dat de elementen kalium en rubidium radioactieve eigenschappen bezitten en  $\beta$ -stralen uitzenden. De activiteit is echter zeer zwak en staat voor het kalium gelijk met  $1/1000$  der beta-radioactiviteit van

---

<sup>1)</sup> S. Ringer. Journal of Phys. Vol. IV, 1883.

E. Smits. Dissert. Utrecht 1923, Caesium en Hart.

<sup>2)</sup> Campbell a. Wood. Proc. Cambr. Phil. Soc. Vol. XIV, p. 15, p. 211, p. 557, p. 340. 1906 Vol. XV, p. 11, 1909.

een gelijke gewichtshoeveelheid eener uraanverbinding.<sup>1)</sup>

Deze ontdekking in verband met het feit, dat het kalium hierdoor het eenig radioactieve element uit het dierlijk organisme werd, bracht H. Zwaardemaker ertoe de chemische verklaring voor de automatie van de hartspier in twijfel te trekken en deze veeleer op te vatten als gevolg van *radioactieve* werking.

Was dit werkelijk het geval, dan moesten ook andere radioactieve elementen het kalium uit de Ringersche vloeistof kunnen vervangen.

Dit bleek inderdaad juist te zijn, indien maar gezorgd werd, dat de hoeveelheid van het te gebruiken radio-actieve element, wat zijn totale radio-activiteit betreft, ongeveer aequivalent werd gesteld aan de hoeveelheid kalium in de vloeistof van Ringer.<sup>2)</sup>

Aldus werden positieve resultaten verkregen met uranium, thorium, radium en emanatie.

De harten werden eerst zóólang met kalilooze Ringer doorstroomd tot stilstand optrad. Wanneer dan bestraald werd, zag men na korter of langer tijd de automatie herleven. Dit zag men zoowel bij in- als uitwendige bestraling gebeuren.

Bij deze proeven kwam het merkwaardige feit voor den dag, dat het er niets toe deed of men  $\alpha$ -, dan wel  $\beta$ -stralers liet inwerken. Op beide soorten reageerde het hart met continu

<sup>1)</sup> Rutherford in Marx' Handbuch der Radiologie, Deel 2, bl. 11, 1913.

<sup>2)</sup> H. Zwaardemaker, C. E. Benjamins en T. P. Feenstra, Radiumbestraling en hartswerking. Tijdschrift voor Geneeskunde, 1916, 2e helft, no. 22.



kloppen. Verving men echter een  $\alpha$ -, door een  $\beta$ -straler of omgekeerd, dan zag men zeer dikwijls, even na de substitutie, een kortdurenden stilstand intreden. Dit feit werd aanvankelijk niet begrepen en daarom bestempeld met den naam van „*Paradoxon*”. Later zag men in dat paradoxon niets anders dan een tijdelijke evenwichtstoestand, aangezien dan juist aequivalente hoeveelheden  $\alpha$ - en  $\beta$ -stralen, met hunne respectievelijke + en - lading elkanders werking ophieven. Deze compensatie duurde dan zóólang, tot één van beide stralensoorten wederom de overhand kreeg.<sup>1)</sup>

Varieerde men tusschen  $\alpha$ - of tusschen  $\beta$ -stralers onderling, dan bleef het paradox achterwege.

De inwendige bestraling geschiedde behalve met kalium- en rubidium-chloride (ook caesiumchloride kan dienen, indien men een niet opzettelijk gereinigd handelspreparaat neemt) met uranyl-nitraat, thorium- en radiumbromide en emanatie; de uitwendige met mesothorium- en radiumbromide, met of zonder mica scherm, welk scherm diende om de  $\alpha$ -stralen te absorbeeren.

Het bleek toen interessant na te gaan hoe een hart zich onder gelijke omstandigheden gedroeg ten opzichte van de *uitwendig geapplianceerde  $\alpha$ -stralen* van het Polonium.

G. Grijns<sup>2)</sup> heeft over dit onderwerp eenige onderzoekingen verricht. Het polonium, waarmede hij experimenteerde, was als een dun laagje galvanoplastisch op een

<sup>1)</sup> H. Zwaardemaker. Über die Bedeutung der Radio-activität für das tierische Leben, Ergebnisse der Phys., bl. 362, 1921.

<sup>2)</sup> H. Zwaardemaker et G. Grijns. Arch. de Phys. Tome II p. 500. „Sur l'action du Polonium sur le coeur de grenouille immobilisé par la solution de Ringer privée de potassium.”

koperen plaatje van 4 c.M.<sup>2</sup> aangebracht. Bij de proeven werd het koperplaatje hoefijzervormig om het hart gebogen, zoodat dit van drie zijden werd bestraald op afstanden van  $\pm 3$  m.M.

Drie en dertig kikvorschharten werden op deze manier aan de polonium inwerking blootgesteld, nadat ze eerst korter of langer tijd op kalilooze Ringer hadden geklopt en, door uitspoeling van het kalium, spontaan tot stilstand waren gekomen. In dezen stilstand werd het hart, voortdurend doorstroomd, gedurende  $\pm 15$  min. aan zich zelf overgelaten alvorens met bestraling werd begonnen

Over de resultaten schrijft Grijns: „Sur 33 coeurs examinés 19 fois le résultat a été nettement négatif; 10 fois le coeur a commencé à battre, mais il n'est pas tout à fait sûr qu'il n'y ait pas lieu d'admettre une coïncidence; il en reste quatre qui ont donné une réponse affirmative indiscutable.”

Na te hebben vastgesteld, dat de gemiddelde pericard dikte voor dezelfde kikkersoort varieerde tusschen 7.6- en 10.2 micra en dit voor de doordringbaarheid der Pol.stralen geen noemenswaard beletsel was, kwam hij tot de conclusie dat alleen dan positieve uitkomsten mochten verwacht worden, wanneer de harten zeer gevoelig waren of hunne centra voor het automatisme dicht bij de periferie hadden.

Ook beschreef Grijns een aantal harten, waarvan hij het percentage op 10 stelde, dat zich voor deze proeven in het geheel niet leende. Zij bleven op kalilooze Ringer doorkloppen, hetzij continu, hetzij groepen vormend. Trad dan op den langen duur toch eindelijk stilstand op, dan waren deze harten door uitputting, voor verdere proefneming ongeschikt.



## § 2. RADIO-ACTIVITEIT.

Voor een duidelijk overzicht is het noodig allereerst de eigenschappen van radio-actieve stoffen in het algemeen en van Polonium en Radiumemanatie in het bijzonder, als zijnde de beide elementen waarmede ik mijne onderzoeken verrichtte, kortelings toe te lichten.

Soddy en Rutherford<sup>1)</sup> vatten in hunne „*desintegratie-hypothese*” het radio-actieve element op, als een, waarbij een breukdeel zijner atomen door een nog onbekende oorzaak in onstabilen toestand verkeert. Deze atomen vallen voortdurend explosief in andere producten uiteen onder uitzending van stralen van verschillende natuur.

Bij dit desintegratieproces komen enorme hoeveelheden energie vrij, welke in allerlei vormen als licht-, electriciteit- en warmteverschijnselen kenbaar worden.

De snelheid, waarmede de desintegratie plaats heeft, is voor elk radio-actief element constant. Men heeft daarop nog geen invloed kunnen uitoefenen.

Zij is onafhankelijk van temperatuur en druk en ook van den vorm van chemische binding waarin het element mocht voorkomen.

De bovengenoemde stralen zijn drieërlei:  $\alpha$ ,  $\beta$  en  $\gamma$ .

Zij bewegen zich rechtlijnig en werken op een fotografische plaat in. Ze kunnen echter niet teruggekaatst, gebroken of gepolariseerd worden. Als ze door gassen heen gaan, maken zij deze tot geleiders voor de electriciteit.

De drie soorten onderscheiden zich door hun doordringings-

<sup>1)</sup> E. Rutherford en F. Soddy, Phil. mag. (6) 5, 576, 1903.

vermogen en door hun gedrag in een magnetisch veld. In een zoodanig veld worden  $\alpha$ -stralen weinig,  $\beta$ -stralen sterk en  $\gamma$ -stralen in het geheel niet afgebogen.

Wat hun doordringingsvermogen betreft, zoo worden de  $\alpha$ -stralen reeds geheel tegengehouden door een aluminium-blaadje van  $\frac{1}{10}$  m.M. dikte. Een luchtlaag van  $\pm 4$  c.M. dikte absorbeert hen totaal.

De  $\beta$ -stralen hebben  $100 \times$  grooter doordringingsvermogen. Naar hun sterkte brengt men hen in drie groepen onder. De krachtigste hiervan, ook wel „harde  $\beta$ -stralen” genaamd, worden eerst door 1 c.M. lood geabsorbeerd.

De  $\gamma$ -stralen passeeren deze 1 c.M. lood nog, alhoewel ongeveer de helft daarbij verloren gaat

Als algemeene regel voor de doordringbaarheid geldt, dat de dikte der absorptielaag omgekeerd evenredig is met de dichtheid der substantie.<sup>1)</sup>

Wat het wezen der stralen betreft, zijn  $\alpha$ - en  $\beta$ - van corpusculaire aard. Het zijn deeltjes van het atoom, die bij de explosie met enorme snelheden worden weggeslingerd.

De  $\alpha$ -deeltjes zijn brokstukken van het atoom zelve met  $+$  lading, de  $\beta$ -deeltjes zijn de bij het atoom behorende electronen met  $-$  lading, de  $\gamma$ -stralen electromagnetische trillingen.

De snelheid, waarmede een  $\alpha$ -deeltje wordt weggeslingerd verhoudt zich tot die van het licht als 1 : 15. Deze verhouding wordt voor een  $\beta$ -deeltje = 1 : 2

De  $\gamma$ -stralen zijn niet corpusculair. Het zijn aethertrillingen

<sup>1)</sup> Rutherford in Marx' Handbuch der Radiologie 1913, p. 79, 80, 81, 82.



met een golflengte die ongeveer  $10.000 \times$  kleiner is dan die van het gewone licht. Bij radium vertegenwoordigen de  $\alpha$ -stralen 99 % van de geheele door de radio-actieve atomen uitgestraalde energie. Voor andere elementen is dit anders. Tot nu toe zijn drie seriën bekend van door desintegratie uit elkander ontstane stoffen en bovendien nog twee afzonderlijke, zwak stralende, elementen (*kalium* en *rubidium*). Aan het hoofd van elk dezer seriën staan respectievelijk: Uranium I, Uranium II en Thorium. Volledigheidshalve volgt hier een overzicht van de uit elkander ontstane elementen met de erbij behorende stralen.

|                        |                       |               |                       |             |                 |
|------------------------|-----------------------|---------------|-----------------------|-------------|-----------------|
| Uranium I              | $\alpha$              | Uranium II    | $\alpha$              | Thorium     | $\alpha$        |
| Uranium X <sub>1</sub> | $\beta \gamma$        | „ Y           | $\beta$               | Mesothor. I | $\beta$         |
| Uranium X <sub>2</sub> | $\beta \gamma$        | Protactinium  | $\alpha$              | „ II        | $\beta \gamma$  |
| Uranium II             | $\alpha$              | Actinium      | $\beta$               | Radiothor.  | $\alpha$        |
| Ionium                 | $\alpha$              | Rad actinium  | $\alpha \beta \gamma$ | Thorium X   | $\alpha \beta$  |
| Radium                 | $\alpha \beta \gamma$ | Actinium X    | $\alpha \beta$        | Thorium     |                 |
| Rad. Emanatie          | $\alpha$              | Act. Emanatie | $\alpha$              | Emanatie    | $\alpha$        |
| Radium A               | $\alpha$              | Actinium A    | $\alpha$              | Thorium A   | $\alpha$        |
| „ B                    | $\beta \gamma$        | „ B           | $\beta \gamma$        | „ B         | $\beta \gamma$  |
| „ C                    | $\alpha \beta$        | „ C           | $\beta \alpha$        | „ C         | $\beta \alpha$  |
| „ C', C''              | $\alpha, \beta$       | „ C', C''     | $\alpha, \beta$       | „ C', C''   | $\alpha, \beta$ |
| „ D                    | $\beta \gamma$        | „ D           |                       | „ D         |                 |
| „ E                    | $\beta \gamma$        |               |                       |             |                 |
| (Polonium =)           |                       |               |                       |             |                 |
| Radium F               | $\alpha$              |               |                       |             |                 |
| Radium G               |                       |               |                       |             |                 |



We zien hieruit dat radium het 5e desintegratieproduct van het uranium I is, dat weer op zijn beurt onder uitzending van  $\alpha$ -,  $\beta$ - en  $\gamma$ -stralen overgaat in de gasvormige radium-emanatie, waaraan Ramsay den naam „Niton” gaf.

Uit dit niton ontstaat als 7e product het radium F, ook wel „*Polonium*” genaamd

Zoowel niton als polonium zenden uitsluitend  $\alpha$ -stralen uit.

Polonium, dat het eerst door Mad. Curie werd afgezonderd in 1899, wordt bereid uit uraanpikerts. Uit 15000 K.G. van dit erts wint men  $\pm 3$  m.gr. poloniumzout.

1 m.gr. polonium zendt evenveel  $\alpha$ -deeltjes uit als 5 gr. radium <sup>1)</sup>

De „halveeringstijd”, waaronder men te verstaan heeft den tijd waarin een radioactief preparaat op de helft van zijn oorspronkelijke sterkte is gekomen, bedraagt voor polonium 136 dagen.

De draagwijdte der Po-stralen bereikt in de lucht bij 76 c.M. Hg. en 15° C. een lengte van 377 c.M. <sup>1)</sup>

In verband met *radiumemanatie* zij nog het volgende gememoreerd. In de jaren 1899 en 1900 onderzochten Mc Owens <sup>2)</sup> en Rutherford <sup>3)</sup> den invloed van thorium-verbindingen op den erover strijkenden luchtstroom wat betreft zijn radio-activiteit. Zij vonden daarbij dat die lucht, na over het thoriumzout gestreken te zijn, voorbijgaand radio-actieve eigenschappen had verkregen.

---

<sup>1)</sup> E. Rutherford. Marx' Handbuch der Radiologie 1913, p. 462 en p. 608.

<sup>2)</sup> Mc. Owens. Phil. Mag. Oct. 1899.

<sup>3)</sup> Rutherford. idem. Jan. 1900.

In 1899 vond het echtpaar Curie<sup>1)</sup> hetzelfde voor vaste stoffen, die eenigen tijd in een gesloten ruimte in de nabijheid van een radiumzout waren bewaard. Zij gaven hieraan den naam van „geïnduceerde radioactiviteit”.

Rutherford was de eerste die deze eigenschappen toeschreef aan gassen, welke hij den naam „Emanatie” gaf.

Dat de emanatie als werkelijk gas te voorschijn komt, zich geheel gedragend volgens de wet van Boyle, is tot nu toe proefondervindelijk alleen voor de radium-emanatie bewezen. Deze wordt tegenwoordig algemeen als een direct door het uiteenvallen van het radiumatoom ontstaan product opgevat. Zij ontwijkt slechts in zeer geringe mate uit de *vaste radiumzouten*, terwijl de hoeveelheid emanatie niet voor alle radiumverbindingen dezelfde is. De hoeveelheid hangt ook voor *eenzelfde* zout af, van den momenteelen moleculairen toestand waarin het verkeert, van zijn bereidingswijze (vooral op welke manier het neergeslagen en gedroogd is) van vochtigheidsgraad en van temperatuur.<sup>2)</sup>

De proeven van Kolowrat<sup>3)</sup> hebben aangetoond, dat het emanatie-vermogen van een vast radiumzout toeneemt met het stijgen der temperatuur en dat het maximum ligt op het oogenblik van het smelten van het zout. (Radium-chloride smelt bij  $\pm 950^{\circ}$ .)

Daarentegen produceeren *oplossingen* van het een of andere radium-zout de geheele hoeveelheid emanatie zeer gemakkelijk.

1) Mad. P. Curie. *Traité de Rad. activité*. Tome I, p. 201.

2) Herschfinkel. *Compt. rend. Acad. sc.* 1909.

3) Kolowrat. *Le Radium* 1907—1909



Emanatie is in water en ook in andere vloeistoffen oplosbaar. Traubenberg<sup>1)</sup> en Hofmann<sup>2)</sup> vonden, dat de oplosbaarheid van emanatie in gedestilleerd water sterker was dan in zoutoplossing. Dank zij den relatief langen levensduur van de radium-emanatie zijn daarover verschillende onderzoeken gedaan. Ramsay en Soddy<sup>3)</sup> is het gelukt de emanatie te zuiveren van zuurstof, waterstof en koolzuur. Ook het helium, dat steeds bij hare spontane veranderingen ontstaat, kon door condensatie van emanatie (bij  $-182\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ ) worden verwijderd. Zij vonden dat één gram radium bij atmosph druk  $0.6\text{ m.m.}^3$  emanatie vormde.

Door Debierne<sup>4)</sup> werd op grond van theoretische en proefondervindelijke gegevens het atoomgewicht van radium-emanatie op 220 gesteld.

Volgens Rutherford en Geiger<sup>5)</sup> zijn de uitgezonden  $\alpha$ -deeltjes niets anders dan met groote snelheid weggeslingerde heliumatomen, die van een tweevoudige + lading voorzien zijn.

---

1) Traubenberg. Phys. Zeitschrift p. 130, 1904.

2) Hofmann. idem p. 337, 1905.

3) Ramsay & Soddy. Proc. Royal soc. 1904.

4) Debierne. Compt. Rend, 1910.

5) Rutherford & Geiger. Le Radium 1909.



## HOOFDSTUK II.

---

### § 1. EIGEN ONDERZOEK.

In het voorjaar van 1923 stelde Prof. Zwaardemaker mij in de gelegenheid in zijn laboratorium het reeds door G. Grijs begonnen onderzoek, aangaande de inwerking van Polonium-stralen op het hart, nader te bestudeeren en uit te breiden.

De bedoeling was na te gaan welken invloed uitwendige  $\alpha$ -bestraling op het, met kalilooze Ringer doorstroomde, tot stilstand gebrachte hart kon hebben.

Dat ik tenslotte ook den invloed van  $\alpha$ -bestraling van binnen uit naging, vond zijn oorzaak in het feit, dat de uitsluitend uitwendige bestraling niet geheel bevredigende resultaten opleverde.

De proeven werden genomen in voorjaar en zomer van 1923, waarbij ik tevens wederom in de gelegenheid was aan eigen proefdieren het groote verschil in zomer- en winter-dosis vast te stellen.

De Boer<sup>1)</sup> onderzocht dit verschijnsel nader en kon aantoonen, dat de door hem in Juli en Augustus gebruikte

<sup>1)</sup> S. de Boer. Arch. neerl. de Phys. Tome II p. 352, 1918.

kikvorschharten een andere samenstelling van de Ringersche vloeistof noodig hadden, dan in de overige maanden van het jaar.

H. Zwaardemaker<sup>1)</sup> is van meening, dat hierbij sensibilisatoren in het spel zijn.

In den overgangstijd waren herhaalde teleurstellingen, ontstaan door de moeilijkheid de juiste doseering der elementen in de Ringersche vloeistof te kiezen, hiervan het gevolg.

De proeven werden genomen bij kamertemperatuur en, toen deze in de warme zomerdagen te veel opliep, in een waterthermostaat bij 15° C.

---

## § 2. PROEFOPSTELLING.

Als proefobjecten werden steeds kikvorschharten gebruikt. Het dier werd gedood door vernieling van hersenen en ruggemerg en vervolgens het hart blootgelegd.

Na verwijdering van het pericardium, werd de sinus venosus ingeknipt, van daaruit het septum atriorum vernietigd en in de gemaakte opening voorzichtig een canule van Kronecker gebracht. Deze canule „à double courant" bestaat uit twee naast elkaar gesoldeerde buisjes van nieuw zilver, van ongelijke wijdde, waarvan het nauwste dient voor toevoer en het wijdeste voor afvoer van de doorstroomingsvloeistof.

<sup>1)</sup> H. Zwaardemaker. Versl. Kon. Acad. van Wetensch. Wis- en Natuurk. Afd. Dl. 29, 390 van 25 Sept. 1920; Dl. 29, 29 Jan. 1921.



Op ongeveer 2 m M. afstand van de cardiale openingen van de canule bevindt zich een borstje, dienstig om het afglijden van de ligatuur te verhinderen.

Vóór het inbrengen van de canule werd altijd even nagegaan of niet door oxydatie een communicatie was ontstaan tusschen aan- en afvoerbuis

De canule werd zóóver ingevoerd, dat het borstje kwam te liggen op de hoogte van den sulcus atrioventricularis, zoodat een vlak onder het borstje gelegde ligatuur juist den sulcus atrioventricularis omsnoerde.

Op die manier experimenteert men dus uitsluitend met den ventrikel.

Nauwkeurig werd er tegen gewaakt, dat luchtbelllen in de canule of ventrikel binnen drongen, die later storend op de doorstrooming zouden kunnen werken.

Het doorstroomingstoestel bestond uit eenige flesschen volgens Mariotte, die door glazen buizen, ieder voorzien van een kraan, uitmondden in een gemeenschappelijk buisje, ongeveer 8 c M lager gelegen dan de onderste opening van de luchttoevoerende buis in de Mariottesche flesch.

Aan het gemeenschappelijk buisje werd met korte gummi slang de Kronecker canule verbonden.

Aan de punt van het hart werd een serre-fine bevestigd, welke door een dunnen draad was verbonden met een hefboompje, dat nauwkeurig de contracties van het hart op een draaiende trommel noteerde.

Op deze wijze was het mogelijk afzonderlijk de vloeistoffen uit de verschillende flesschen onder steeds gelijken druk het hart te doen doorstroomen.



De inhoud van een der flesschen bestond uit Ringersche vloeistof van de volgende samenstelling:

$\text{NaCl}$  = 6.5 gram.

$\text{CaCl}_2$  = wisselend van 200 tot 300 m.gr.

$\text{NaHCO}_3$  = 200 m.gr.

$\text{KCl}$  = wisselend van 20 tot 150 m.gr.

Aqua dest. = 1000 gram.

De andere flesch bevatte kalilooze Ringer van overigens dezelfde samenstelling.

Op deze wijze konden het hart dus de benoodigde zouten worden toegevoerd, terwijl de onophoudelijk doorborrelende lucht in de Mariottesche flesch zorgde voor voldoende zuurstof-voorziening.

Ter bestraling werd gebruik gemaakt van een *Polonium*-preparaat, dat, afkomstig van de „Chininfabriek Buchler en Co.” te Braunschweig, op 8 April 1923 was vervaardigd. Het bestond uit een hoeveelheid Polonium langs galvanoplastischen weg op een koperplaatje van 4 c M.<sup>2</sup> oppervlak aangebracht.

Dit plaatje werd hoefijzervormig omgebogen, met een middellijn, groot genoeg om overal op ongeveer 3 m M. afstand van een in het centrum geplaatst hart te blijven. Vervolgens werd het bevestigd aan een staafje, dat op een statief zoodanig was aangebracht, dat het door middel van een drievoudige schroefbeweging in alle richtingen kon bewogen worden.

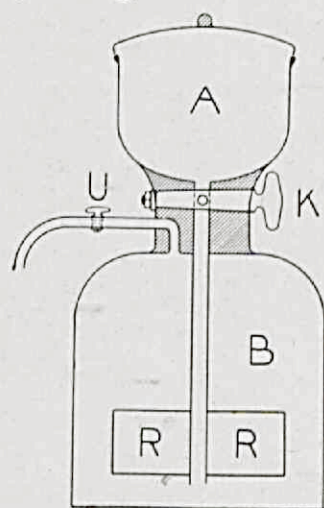
Het preparaat, dat drie weken oud was alvorens ik er mede experimenteerde, werd eerst op zijn activiteit onderzocht. Hiertoe werd gebruik gemaakt van phosphoresceerend

zinksulfide, dat als een dunne laag op ééne zijde van een dekglas was uitgestreken.

Wordt zulk een zinksulfide schermpje, met de bestreken zijde naar het polonium toegekeerd, zoover daarvan verwijderd, dat de  $\alpha$ -stralen het treffen, dan ontstaan bij genoegzame activiteit intermitterende lichtflikkeringen (*scintilleeren*), welke onder het microscoop, in de donkere kamer, na volledige adaptatie, zeer duidelijk zijn waar te nemen.

Het Braunschweigsche-preparaat, op deze manier onder het microscoop bekeken met een apochroomaat objectief 16 m.M. en een compensatie oculair 4 Zeiss, gaf helder scintilleeren te zien. Bij een dergelijk preparaat dateerende van 1919 was dit verschijnsel uiterst zwak; slechts nu en dan was een enkel flauw lichteffect waar te nemen.

Voor mijne later te beschrijven proeven met  $\alpha$ -bestraling van binnen uit maakte ik gebruik van *Radium-emanatie oplossing*.



EMANATORIUM

Deze oplossing werd geleverd door een toestel volgens nevensgaande afbeelding, van de Alg. Radiogen Act. Gesellschaft te Berlijn. Het bestaat uit twee vaten: een open vat A, dat door middel van de kraan K in verbinding gebracht kan worden met een vat B. De kraan K laat in A gegoten gedistilleerd water, door middel van een buis, die tot bijna op den bodem reikt, in B toe.

Is het vat B eenmaal geheel gevuld,



dan zal het uit A toegelaten water vloeistof uit de uitvoerbuis U doen stroomen. In B bevindt zich een radiumhoudende bougie, die de emanatie levert welke zich oplost in de omringende vloeistof.

Het toestel werd steeds met in glas gedestilleerd water gevuld en minstens 24 uur aan zich zelf overgelaten alvorens emanatie houdend water werd afgetapt.

Het tevoren beschreven doorstroomingstoestel werd voor deze emanatieproeven in zooverre veranderd, dat de tot nu toe door mij gebruikte flesschen van Mariotte vervangen werden door kleinere van 300 c.c. inhoud, waarin gebracht werd 200—250 c.c. van een oplossing, zóóveel malen sterker dan gewone kalilooze Ringer, dat na toevoeging van 100 tot 50 c.c. aq. dest. waarin emanatie, het mengsel den juisten osmotischen druk had. In de praktijk kwam dit hierop neer, dat 150 c.c. Ringer van dubbele concentratie in de flesch van 300 c.c. inhoud werd gedaan; daarna van 50 tot 100 c.c. gedestilleerd water en vervolgens de flesch voor het resteerende deel aangevuld met emanatiewater, door middel van een buisje, reikend vanaf het emanatorium tot onder de vloeistofspiegel in de kleine Mariottesche flesch.

Om het ontwijken van het emanatiegas tegen te gaan, — een bezwaar waarmede vorige onderzoekers voortdurend te kampen hadden — werd gebruik gemaakt van een vinding van Steijns, in zijn proefschrift beschreven.

Deze bestaat hierin, dat de flesch gesloten wordt met een doorboorde kurk. Door de opening van de kurk steekt een gewoon gummi draineerbuisje, waarin zijdelings eenige



openingen zijn geknipt. Om het buisje en de kurk heen wordt een gummi condoom aangebracht. Wordt nu de flesch, terwijl de doorboorde kurk stevig wordt aangedrukt, in liggende houding van uit de onderste opening gevuld, dan vouwt het condoom zich geheel samen en veroorlooft, zonder eenige ruimte van belang in te nemen, de vulling van de flesch.

Op deze wijze kan de flesch leeg loopen, daar de lucht vrij in het condoom kan binnen treden, terwijl zij evenwel niet in aanraking met de vloeistof kan komen. Aldus bleek het mogelijk, gedurende ruim een uur met het mengsel emanatie-Ringer te werken.

Één bezwaar is aan deze methode verbonden, n.l. dat de lucht nu ook niet, door geregeld doorborrelen, voor voldoende zuurstof-voorziening van de doorstroomings-vloeistof kan zorgen.

Dit bezwaar werd ondervangen door, alvorens het emanatie-water toe te voegen, zuurstof in ruime mate door de in de flesch aanwezige Ringer te blazen.

Bij mijne experimenten maakte ik, ter vermijding van te hoogen tonus tevens gebruik van de eveneens door Steijns beschreven geringere hoeveelheid calcium, zoodat ik in maximum met 50 m.gr. daarvan per Liter werkte.

### § 3. POLONIUM-BESTRALING.

Om na te gaan welken invloed uitwendige  $\alpha$ -bestraling op de automatie van het hart had stonden mij twee wegen open :

*a.* Uitgaande van een, door kalilooze Ringer-doorstrooming, tot stilstand gebracht hart,

*b* Uitgaande van een hart, dat regelmatig op kalium- of rubidium-Ringer klopt.

Wordt na poloniumbijzetting bij *a.* een automatie in het leven geroepen, terwijl de bestaande automatie bij *b.* slechter wordt en eventueel in een stilstand verandert, welke verhoudingen omkeeren na wegname van het polonium, dan is m.i. het bewijs geleverd voor het positief-chronotrope effect der  $\alpha$ -stralen.

Het spreekt wel vanzelf, dat eerst meerdere gelijkwaardige resultaten een dergelijke conclusie rechtvaardigen.

#### *Sub a.*

Bespreken wij eerst het sub *a* genoemde geval, dan moet daarbij wel in het oog gehouden worden, dat deze eisch met groote moeilijkheden gepaard kan gaan.

Immers er zijn harten, die na eenige uren op kalilooze Ringer geklopt te hebben, plotseling of soms langzamerhand tot stilstand komen, terwijl dan echter het hart nog in uitstekende conditie verkeert en het alleen het gebrek aan electrolyt, of om met Zwaardemaker te spreken, het gebrek aan  $\beta$ -straling is, dat het hart tot stilstand brengt; maar er zijn eveneens harten <sup>1)</sup>, die steeds doorkloppen op

---

<sup>1)</sup> H. Zwaardemaker et G. Grijns. „Sur l'action du Polonium sur le coeur de grenouille immobilisé par la solution de Ringer privée de potassium”. Arch. Néerl. de Phys. de l'homme et des animaux. Tome II 4e livr. p. 500 (1918). „Il y a cependant des coeurs, disons 1 sur 10, qui pendant des heures montrent des groupes de contractions alternantes avec des pauses, ou qui continuent à battre.”



kalilooze Ringer totdat voor hen totale uitputting en dood volgt.

Bij het proefnemen zijn deze laatste harten natuurlijk onbruikbaar. In het begin van de proef is er echter, zelfs voor een ervaren experimentator, geen de minste aanwijzing hoe dit speciale hart zich zal gedragen.

Ook zijn er harten, die op kalilooze Ringer tot stilstand komen, om na korter of langer tijd, ceteris paribus, spontaan weer te gaan kloppen. Deze harten zouden, eventueel met polonium bestraald positieve resultaten kunnen geven, resultaten, die echter ook zonder polonium verkregen zouden zijn.

Daarom bleek het na enkele proefnemingen noodzakelijk den tijd van stilstand steeds langer te nemen en hem te varieeren vanaf 15 minuten, tot een tijd die experimenteel zou blijken lang genoeg te zijn, om een hart, ook na langdurige poloniumbestraling te laten blijven stilstaan.

Als tegenwerping zal nu oogenblikkelijk de opmerking gemaakt worden: gesteld nu eens, een hart gaat na langer of korter stilstand op kalilooze Ringer, na bestraling met polonium, weer kloppen, hoe is het dan met zekerheid te zeggen, of we hier te doen hebben met  $\alpha$ -kloppen, dan wel met  $\beta$ -kloppen, op het in het hart nog aanwezige kalium?

Daartoe maakte ik gebruik van het door H. Zwaardemaker<sup>1)</sup> beschreven paradoxon I, zijnde een tijdelijke stilstand optredend bij plotselinge overgang van  $\alpha$ - op  $\beta$ -straling of omgekeerd.

<sup>1)</sup> H. Zwaardemaker, *Ergebn. der Phys.* herausgeg. von L. Asher u. K. Spiro. Band XIX, 1921. Über die Bedeutung der Radioaktivität für das tierische Leben. p. 363.



Immers ging een stilstaand hart na bestraling met polonium weer kloppen en eindigde dit kloppen plotseling na toevoeging van kalium in doelmatige doseering aan de doorstroomingsvloeistof, dan hadden we door het optreden van het paradoxon de zekerheid, dat het eerste kloppen zoogenaamd  $\alpha$ -kloppen was geweest en dus veroorzaakt door de poloniumbestraling.

Nog een ander middel stond mij ten dienste om na te gaan of inderdaad een weer kloppend hart dit kloppen te danken had aan de bestraling met polonium.

Dit middel bestond in het weer verwijderen van het poloniumpreparaat. Trad dan na eenigen tijd weer stilstand in, dan mocht toch wel worden aangenomen, dat het wel degelijk het polonium was, dat de automatie ondersteunde. Natuurlijk mag men noch bij bijzetten van polonium, noch bij wegname ervan, steeds een *directe* werking verwachten.

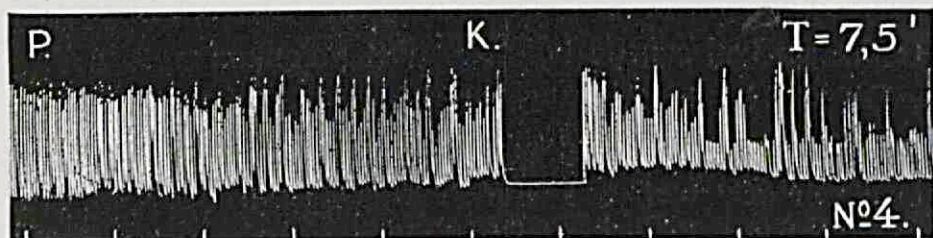
Het doordringingsvermogen n.l. van de  $\alpha$ -stralen is, zooals later nog zal worden aangetoond, gering.

Daarom zal ook in 't algemeen eenigen tijd noodig zijn voor het gewenschte resultaat optreedt.

De harten werden genummerd naar het tijdstip van proefneming. In de volgende bespreking zal blijken, dat ik, met opzet door elkander, de harten met korter en langer tijd van stilstand, onderzocht.

De aan de opnamen toegevoegde tijden zijn steeds berekend per c m. reproductie, volgens op de curven voorkomende schaalverdeling.

Ik onderzocht 4 gevallen van harten, die gedurende 15 minuten stilstonden, na langdurige doorstrooming met kalilooze Ringer. Drie van deze gevallen n.l. de nos. 47 en 13, gaven met eenige variatie in duur en oogenblik van ontstaan, allen regelmatig kloppen te zien na bestraling met Polonium. Bij nos. 4 en 13, trad na kalium-toediening (100 m.gr. p. L.) een paradox op.



Reproductie van no. 4       $\frac{1}{4}$  uur stilstand.

Kloppen op Polonium.

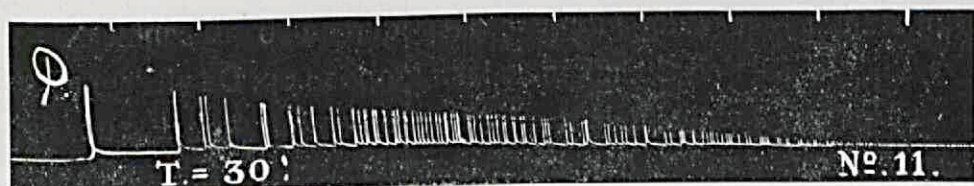
Paradoxon met kalium 100 m gr. p. L.

bij doorgaande Pol. bestraling.

Drie harten die op kalilooze Ringer 30 min. hadden stil gestaan werden onderzocht. Nos. 11, 16 en 25. Deze 3 gaven fraai positieve resultaten.

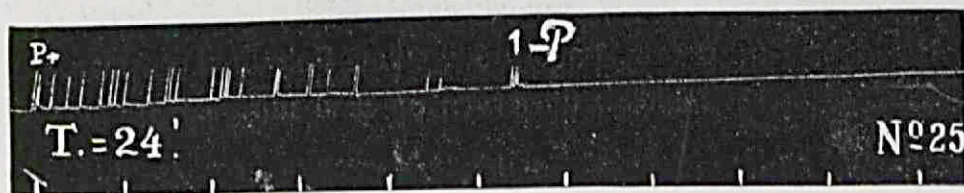
Bij nos. 11 en 16 trad vrij regelmatig kloppen op, dat na vele uren uitstierf.





Reproductie van no. 11.  $\frac{1}{2}$  uur stilstand.  
Polonium kloppen.

Bij no. 25 werd na 2 uur onregelmatig kloppen op Polonium, het Pol. weggenomen en trad vrijwel *plotseling* stilstand in.



Reprod. no. 25.  $\frac{1}{2}$  uur stilstand.  
Herleven op Pol.  
Wederom stilstand na wegname Pol.

De drie harten, die na  $\frac{3}{4}$  uur stilstand met Polonium werden bestraald, gaven allen positieve resultaten. Het zijn de nos. 8, 10 en 18.

Bij no. 8 trad 20 min. na bijzetting van het polonium kloppen op gedurende ongeveer 10 minuten. Daarna stilstand gedurende  $2\frac{1}{2}$  uur en vervolgens weer kloppen gedurende 3 uur. Dit eindigde pas bij wegname van het polonium.

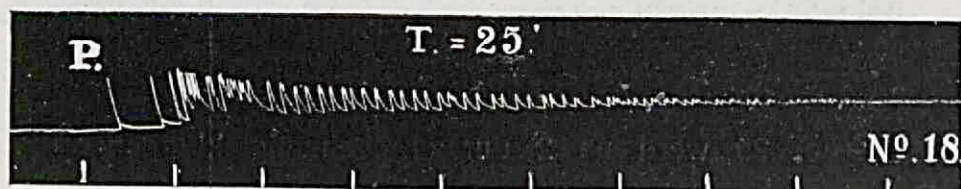
Bij no. 10 kregen we pas 2 uur na bijzetting van het



polonium regelmatig kloppen, dat gedurende 6 uur aanhield.

Bij no. 18 trad 30 minuten later kloppen op. De uitslagen werden regelmatig kleiner en stierven tenslotte na  $\pm 4$  uur geheel uit, zonder dat het polonium was weggenomen.

Van dit laatste voorbeeld volgt hier een afbeelding.



Reproductie no. 18.

$\frac{3}{4}$  uur stilstand.

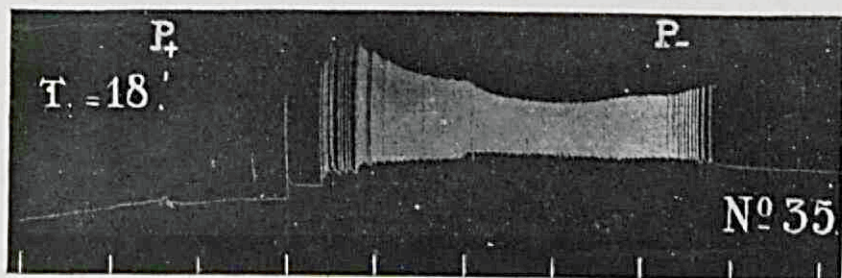
Pol. kloppen 30 min. na bijzetting van Polonium ontstaan.

Geleidelijk uitsterven na  $\pm 4$  uur.

De drie harten, die bestraald werden na 1 uur stilstand, gaven allen positieve resultaten.

Nos. 19 en 22 klopten, niet zeer regelmatig, na  $\pm 1\frac{1}{2}$  uur bestralen, gedurende ruim 7 uur.

No. 35 begon te kloppen na 30 minuten, om na  $1\frac{1}{2}$  uur plotseling hiermede op te houden, na wegname van het polonium.



Reproductie no. 35.

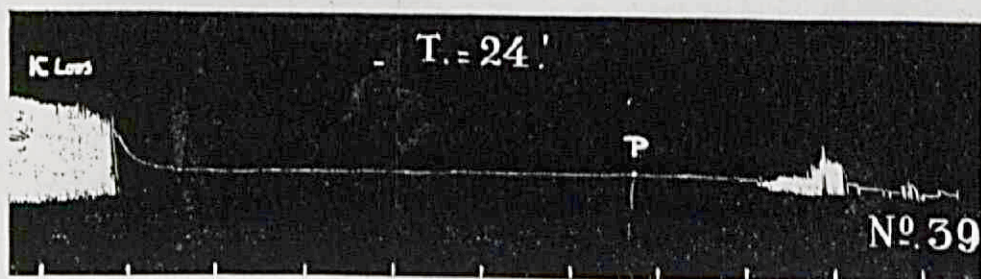
1 uur stilstand.

Pol. kloppen gedurende  $1\frac{1}{2}$  uur.

Plotselinge stilstand na wegname van het polonium.

Na stilstand van 2 uur werden drie harten onderzocht  
De nos. 5 en 23 gaven matige resultaten.

No. 39 gaf een gering positief resultaat. Wel ging het hart  
na poloniumbestraling kloppen, maar het kloppen was on-  
regelmatig en kort van duur, zooals onderstaande reproductie  
laat zien.



Reproductie no. 39.

2 uur stilstand.

Onregelmatig pol. kloppen, van korten duur.

Na 3 uur stilstand werden eveneens eenige harten onder-  
zocht. Deze bleven zonder uitzondering, ook na zeer lang-



durige bestraling met polonium en terwijl uitwendig het hart in goeden staat leek (wat betrof kleur en vochtigheidstoestand) stilstaan.

Hierin meen ik dus de in het begin bedoelde tijd gevonden te hebben, waarin een hart, door *te langdurige* doorstrooming met kalilooze Ringer, geheel is uitgeput en Poloniumstralen geen invloed meer kunnen uitoefenen.

Noodzakelijk blijkt het, ter controle van de boven beschreven positieve resultaten met poloniumbestraling verkregen, na te gaan wat harten, stilstaande gedurende wisselenden tijd bij doorstrooming met kalilooze Ringer, aan zichzelf overgelaten zouden te zien geven.

Hiertoe werden opzettelijk verschillende proeven verricht.

Verschillende harten gedroegen zich zooals reeds door Gr i j n s beschreven, m.a.w. klopten regelmatig of met groepen door, totdat uitputting en dood volgden.

Nos. 14, 16 en 27 klopten  $\pm$  18 uur regelmatig door, weliswaar met steeds kleiner wordende uitslagen, maar waren, eindelijk tot stilstand gekomen, ook na sterke mechanische prikkeling niet meer in staat één enkele contractie uit te voeren. Zulke harten zijn voor deze proeven onbruikbaar.

Nos. 15, 17, 19 en 21 vormden vrijwel van het begin af aan groepen, die zich met onregelmatige pauzen herhaalden gedurende 12—18 uur en waren, daarna tot stilstand gekomen, eveneens volkomen onprikkelbaar.

Nooit zag ik harten, die na  $\frac{1}{2}$  uur of langer stilstand, spontaan weer gingen kloppen.



De overige harten bleven, na korter of langer tijd te hebben geklopt op kalilooze Ringer, stilstaan en volhardden, aan zich zelf overgelaten, urenlang in dezen stilstand; om na ongeveer 3 uur, als bewijs van uitputting, niet meer op een mechanischen prikkel te reageeren.

Deze harten zijn het, die als contrôle tegenover de met  $\alpha$ -stralen bewerkte, te gebruiken zijn. Immers juist met zulke harten heb ik geëxperimenteerd, blijkens de langdurige stilstanden (van 15 min. tot 3 uur), die ik afwachtte alvorens tot  $\alpha$ -bestraling over te gaan.

Hadden daarentegen mijn proefharten behoord tot die, welke spontaan hun automatie herkregen, dan was deze in den tijd, dat ik hen, alvorens polonium bij te zetten, aan henzelf overliet, zeker tot uiting gekomen.

De reden waarom de verschillende harten, onder volmaakt dezelfde omstandigheden, zich zoo verschillend gedragen, ligt in het duister. Of we hierin ook weer de geheimzinnige invloed van den overgang van winter- op zomerkikvorschen moeten zien, m.a.w. het, volgens H. Zwaardemaker<sup>1)</sup>, in mindere of meerdere mate aanwezig zijn van sensibilisatoren, is nog niet uitgemaakt.

In mijn proeven vond ik geen enkele aanknooping ter verklaring van het feit.

Ik meen door de contrôles voldoende duidelijk te hebben aangetoond, dat er harten zijn, die, na stilstand van wisselenden duur, uit zichzelf niet meer tot kloppen komend

---

<sup>1)</sup> H. Zwaardemaker. Verslag Kon. Academie v. Wetenschappen. Wis- en Natuurkund. Afd. Dl. 29, 390. van 25 Sept. 1920. Dl. 29, 29 Jan. 1921.

door  $\alpha$ -bestraling van buiten af, in staat zijn, de verloren automatie, na korter of langer tijd, in meerdere of mindere mate, terug te krijgen.

### *Sub b.*

Uitgaande van een hart, dat regelmatig op kalium- of rubidium-Ringer klopt <sup>1)</sup>

Deze wijze van proefneming bleek eenvoudig te zijn, hetgeen ook wel van te voren verwacht had kunnen worden. Immers we werken hierbij met regelmatig kloppende harten, doorstroomd met een vloeistof, die urenleng hun leven verzekert.

De bedoeling hierbij was paradoxen of evenwichten te verkrijgen tusschen den *inwendig* toegedienden  $\beta$ -straler en den *uitwendig* aan te brengen  $\alpha$ -straler.

Fraai positieve resultaten, die m.i. geen twijfel overlaten, werden hierbij verkregen

### *K. + Pol.*

Bespreken we no. 31, waarvan hieronder twee reproducties, nader, dan kunnen wij het volgende daarbij opmerken.

Nadat na eenig zoeken, de voor dit hart laagst-gunstige kaliumdosis was vastgesteld op 20 m.gr. KCl. p. Liter, en het hart hierop gedurende  $\pm 15$  minuten regelmatig en krachtig had geklopt, werd Polonium bijgezet.

Vrijwel onmiddellijk zien we vermindering van de frequentie

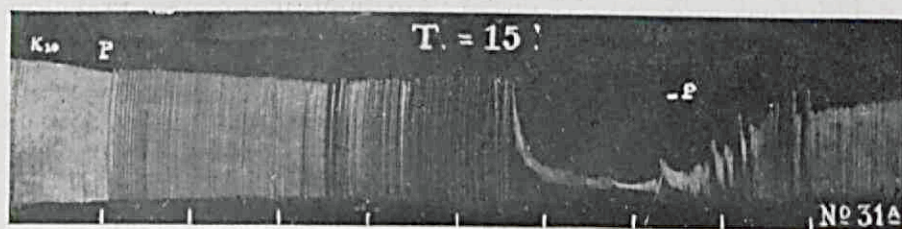
<sup>1)</sup> Ook een caesium-oplossing kan dienen, mits het handelspreparaat van caesium-chloride niet een opzettelijke reiniging heeft ondergaan. H. Zwaardemaker, W. E. Ringer en E. Smits, Kon. Academie v. Wetenschappen. Amsterdam, Juni 1923.



optreden. Het aantal pulsaties neemt steeds af om tenslotte in een zwak fibrilleeren over te gaan.

Ik meen dit te mogen verklaren als een evenwicht tusschen de  $\beta$ -stralen inwendig, en de  $\alpha$ -stralen uitwendig.

Wordt daarna het polonium weggenomen, dan treedt spoedig herstel op; de contracties worden grooter, en langzamerhand frequenter, totdat na ongeveer 20 minuten het hart zijn oorspronkelijke frequentie van 20 m.gr. KCl. p. Liter weer heeft teruggekregen.



Reproductie No. 31a.

Regelmatig kloppen op Kalium. 20 m.gr. p. L.

Evenwicht tusschen Kalium en Polonium.

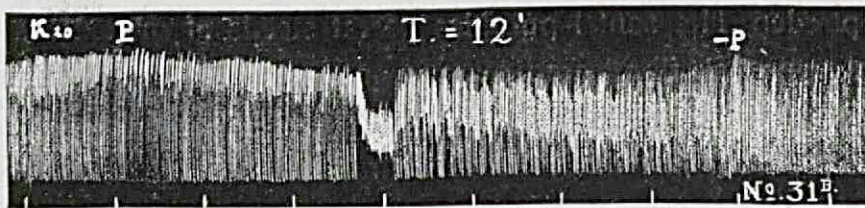
Herstel na wegname van Polonium.

Fig. No. 31b sluit onmiddellijk aan bij de voorgaande. Zij is een reproductie van dezelfde curve, op een later tijdstip.

Hier wordt echter de proef eenigszins gewijzigd en zien we wederom krachtig regelmatig pulseeren op 20 m.gr. KCl. per Liter, terwijl ook de sterke vermindering in frequentie na polonium-bijzetting onmiddellijk in het oog springt.

Hier treedt in tegenstelling met de vorige curve, omdat het Pol. niet wordt verwijderd,  $\alpha$ -kloppen op.





Reprod. No. 31b.

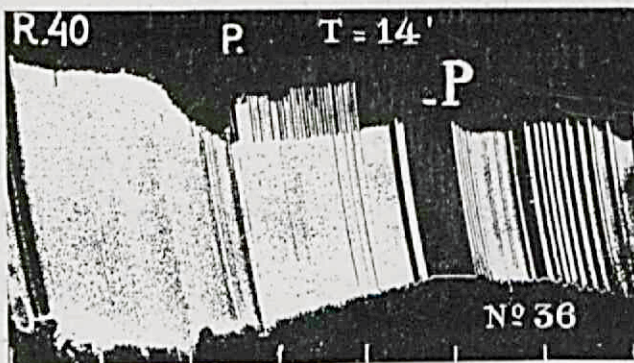
Regelmatig kloppen op kalium. 20 m.gr. p. L.  
Frequentie-vermindering na Pol.-bijzetting, overgaande in  
Pol.-kloppen.

De curven 28, 29, 32 en 34 vertoonen met eenige variaties  
hetzelfde beeld.

*R. + Pol.*

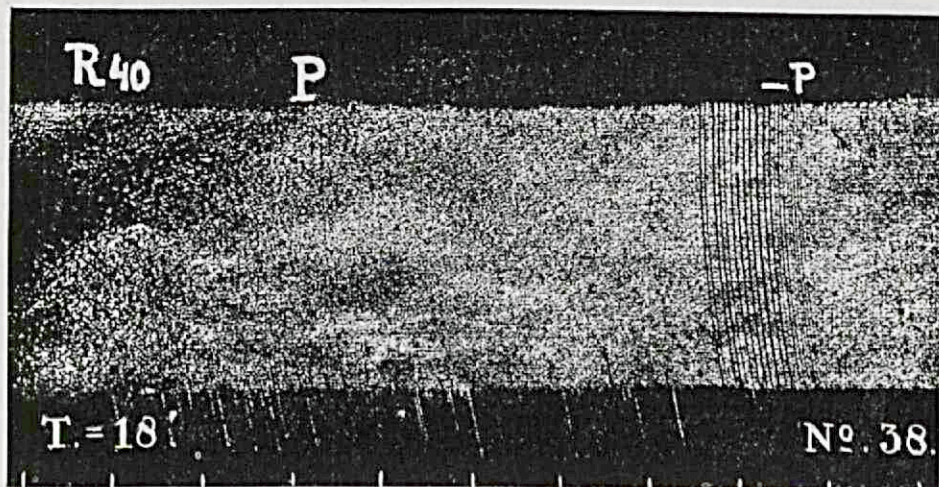
Tusschen Rubidium 40 m.gr. p. Liter en Polonium vond  
ik, zooals onderstaande curven aangeven, soortgelijke ver-  
houdingen.

We zien dit in curve 36 en 38, eenige malen herhaald.



Reprod. No. 36.

Regelmatig kloppen op Rubidium 40 m.gr. p. L.  
Evenwicht tusschen Rubidium en Polonium.



Reprod. No. 38.

Zeer regelmatig kloppen op Rubidium 40 m.gr. p. Liter.

Duidelijk slechtere zône bij Rub. + Pol.

Weer regelmatig kloppen op Rub. na wegname van  
Polonium.

*U. + Pol.*

A priori was reeds aan te nemen, dat tusschen uraan en polonium geen paradoxen of evenwichten zouden ontstaan.

Verschillende proeven gaven hiervan het bewijs. Zoo b.v. No. 54, waarvan hieronder de reproductie.

Nadat de uraandosis (zomerdosis) was vastgesteld op  $\frac{1}{2}$  m.gr. per Liter en het hart hierop eenigen tijd regelmatig had geklopt, werd polonium bijgezet.

Kort daarna zien we, bij gelijkblijvende frequentie, een aanzienlijke verbetering in de grootte der uitslagen optreden.

Ik meen dit te mogen opvatten als een addeeren van inwendige en uitwendige  $\alpha$ -stralen.



Reproductie curve No. 54.  
 Kloppen op Uraan Ringer  $\frac{1}{2}$  m.gr. p L  
 Verbetering met Polonium.

Met het oog op de steeds toenemende verzwakking van het poloniumpraeparaat van 8 April 1923, dat langzamerhand zijn halveeringstijd genaderd was, werd te Braunschweig een nieuw preparaat aangevraagd.

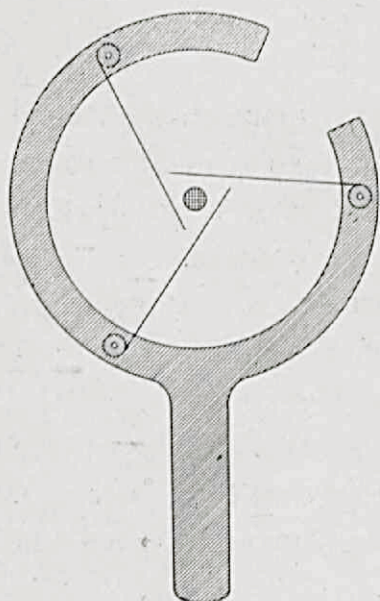
Hiermede werd in het begin van Augustus geëxperimenteerd.

Het bestond uit 3 koperen, rechthoekig afgesneden plaatjes van 1 c.M. breedte, en 4 c.M. lengte.

Aan één der uiteinden van ieder der plaatjes was over een oppervlak van 1 c.M.<sup>2</sup>, galvanoplastisch, polonium aangebracht. Aan de andere uiteinden werden ronde koperen stiftjes bevestigd, welke stiftjes draaibaar pasten in drie even vervan elkander gelegen openingen, in een koperen ring met een straal van 3 c.M.

Een blik op nevensgaande schets, laat direct zien, dat een in het centrum van den ring opgesteld hart, op deze manier aan alle zijden door de drie polonium vlakten kan worden bestraald.

Aan den ring is nog een koperen





handvat gesoldeerd, waardoor het geheel onwrikbaar in een statief kan worden vastgeklemd.

De uit den ring geknipte sector is dáártoe dienstig, dat door deze opening, een eenmaal opgesteld en doorstroomd hart in het centrum van den ring kan worden geplaatst, op een oogenblik dat de polonium lamellen naar buiten zijn weggedraaid.

Deze methode heeft, bij het vorige preparaat vergeleken, dit voordeel, dat men, alle omstandigheden dezelfde latende, zeer gemakkelijk de stralingsafstanden naar willekeur kan wijzigen, terwijl dan toch het hart van alle zijden bestraald blijft.

Aldus herhaalde ik met dit nieuwe preparaat, enkele mijner proeven, ter contrôleering der verkregen uitkomsten.

### *Cs. + Pol.*

Allereerst werd een hart, nadat het regelmatig gedurende een kwartier op caesium <sup>1)</sup> Ringer 350 m.gr. p. liter had geklopt, aan de polonium-werking blootgesteld.

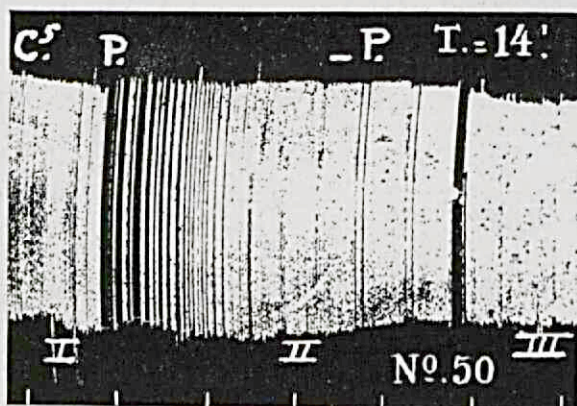
Vrijwel plotseling zien we de frequentie slechter worden en treedt groepvorming op. Langzamerhand vervloeien deze groepen weder en laat de curve, na ongeveer een  $\frac{1}{4}$  uur, weer zeer regelmatig kloppen zien.

De vraag doet zich nu voor of deze tweede periode van regelmatig kloppen, zijn ontstaan te danken heeft aan het polonium. Was dit werkelijk het geval, dan moest ook, bij wegname van het polonium, langs een slechter worden van

<sup>1)</sup> Het caesium-paeparaat was een gewoon handelspaeparaat niet opzettelijk gereinigd.

den toestand, een derde periode van regelmatige contracties optreden, welke dan weer voor rekening van het caesium zou komen

Inderdaad zien we dit, zooals onderstaande curve illustreert, gebeuren.



Reprod. curve no. 50.

- I = regelmatig Cs. kloppen. (350 m.gr. p. L.)  
 II =       "      Pol.       "  
 III =       "      Cs.       "  
       Tusschen I en II een evenwicht.  
       "      II en III       "      "

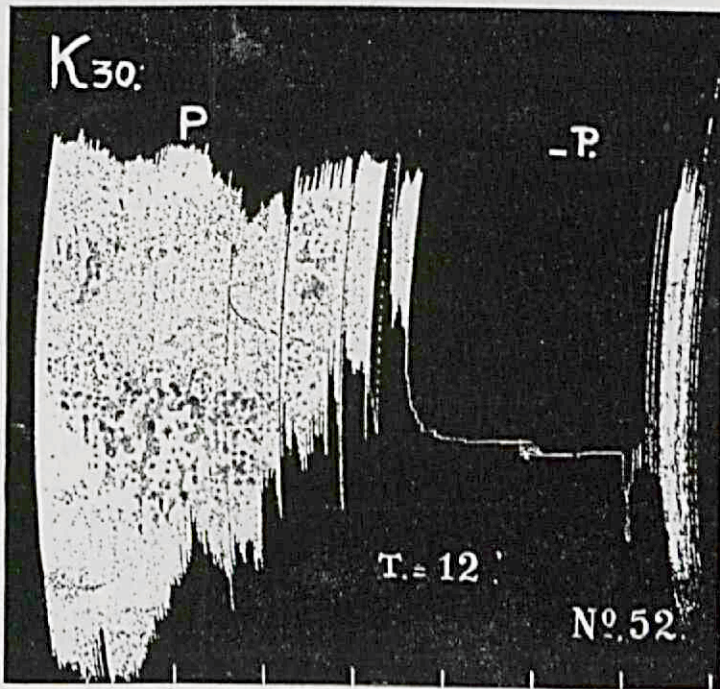
### *K. + Pol.*

Als tweede proef werd het kalium-Ringer hart bestraald, waarvan curve no. 52 een beeld geeft.

Nadat het hart gedurende een  $\frac{1}{4}$  uur zeer regelmatig op kalium Ringer, 30 m.gr. p. liter had geklopt, werd polonium bijgezet.



Als gevolg hiervan trad na een  $\frac{1}{2}$  uur stilstand op. Toen deze stilstand  $\pm 20$  min. had geduurd, werd het Pol. weggenomen, met het gevolg dat het hart 10 min. later plotseling weer zeer regelmatig en krachtig ging pulseeren.



Reprod. curve no. 52.

Evenwicht tusschen Pol. en K. 30 m.gr. p. L.

Herleving, 10 min. na wegname van het polonium, op kalium.

Door wegname van het polonium, wordt het evenwicht verbroken, ten gunste van de  $\beta$ -straler, met dat gevolg,



dat 10 min. later het hart weer regelmatig op zijn oorspronkelijke kalium dosis gaat kloppen.

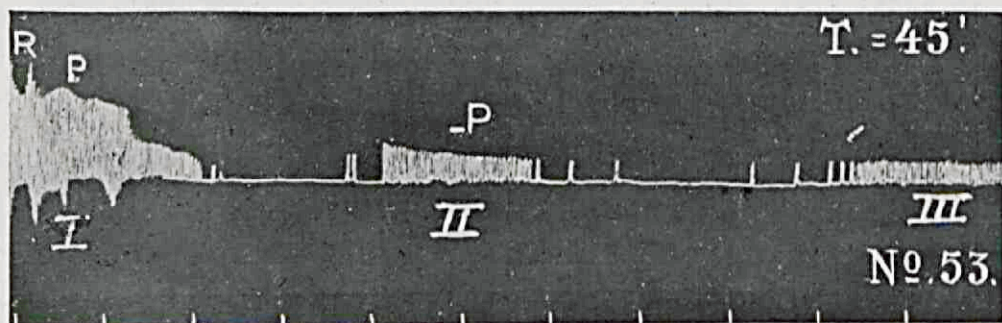
*R. + Pol.* Curve No. 53.

Nadat het hart regelmatig op rubidium 40 m.gr. p. L. 25 min. geklopt had, werd met Pol. bestraald.

Ongeveer 70 min. later zien we een stilstand optreden. Nadat deze stilstand 60 min. heeft aangehouden, begint langzamerhand weer zeer regelmatig pulseeren. De stilstand is dus blijkbaar een evenwicht geweest, tusschen aequivalente hoeveelheden  $\alpha$ - en  $\beta$ -stralen, terwijl het weder op-levens is op te vatten als het overwegen van één der beide stralensoorten.

Een uur later wordt het Pol. weggenomen.

Was nu dit herleven een gevolg van rubidium inwerking, dan moesten de contracties in frequentie toenemen na de wegname van het Polonium.



Reprod. curve No. 53 (geteekend.)

bij I en III:  $\beta$ -kloppen op Rubidium 40 mgr. p. L.

„ II:  $\alpha$ - „ „ Polonium.

Daartusschen: Evenwichten.

Werd het daarentegen veroorzaakt door het Pol. zoo moest een wegname van den  $\alpha$ -straler noodwendig een vermindering in frequentie en eventueel een stilstand ten gevolge hebben, welke vermindering dan geleidelijk aan weer plaats moet maken voor een verbetering, als gevolg van ongeremde  $\beta$ -straling.

In de curve wordt deze laatste opvatting bevestigd.

#### § 4. EMANATIE-DOORSTROOMING.

Alles samengenomen, heb ik, bij de bestraling van harten met  $\alpha$ -stralen van buiten uit, slechts matige resultaten verkregen.

De sterke wisselingen in den tijd, noodig om een stilstaand hart na polonium-bestraling weer te doen kloppen, de verschillende teleurstellingen daarbij ondervonden door het onbruikbaar worden der harten, de groote variaties in nawerking der poloniumstralen, dit alles, in verband met het gering doordringingsvermogen der Poloniumstralen (zie photo's), deed mij ertoe besluiten mijne proeven over  $\alpha$ -bestraling niet te beeindigen alvorens ook de  $\alpha$ -straling van binnen uit te hebben onderzocht.

De wijze van opstelling vindt men beschreven in Hoofdstuk II § 2.

Vooreerst herhaalde ik enkele malen de proeven van Feenstra<sup>1)</sup> en zag, evenals hij, dat een op kalilooze

<sup>1)</sup> H. Zwaardemaker et T. P. Feenstra. Substitution du Potassium par l'Emanation de radium, dans le liquide de Sidney Ringer C.R. Soc. de Biol. T. 84 p. 377, 1921. Onderzoekingen Phys. Lab, Utrecht 1921. Reeks 6 Deel II, p. 226.



Ringer stilstaand hart, spoedig op doorstrooming met emanatie-Ringer ging kloppen.

Dit werd gedaan voor verschillende tijden van stilstand, met steeds positief resultaat.

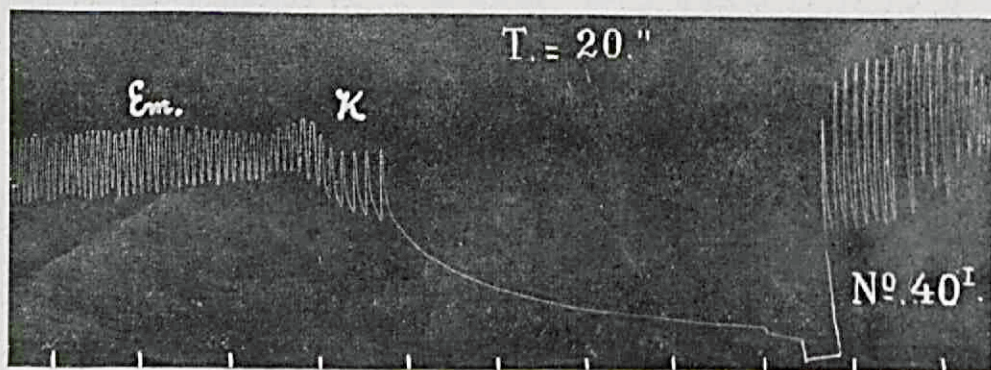
Op groote schaal zijn zulke proeven door Steijns uitgevoerd en ook door mij eenige malen.

Het bleek nu interessant na te gaan, of een regelmatig op kalium of rubidium kloppend hart paradoxen zou geven op emanatie.

*K. + Em.*

Dit bleek, zooals de curven nos. 40, 41, 42 en 43 doen zien, inderdaad het geval en wel met verrassende snelheid en promptheid, zoowel van kalium op emanatie, als van Em. op K. Dit laatste vaker en meer regelmatig dan het eerste.

In de reproducties van de curven 40 en 41 zien we zeer



Reprod. curve 40 I.

Paradoxon Em.  $\frac{7}{300}$  — K. 50 m.gr. p. L.

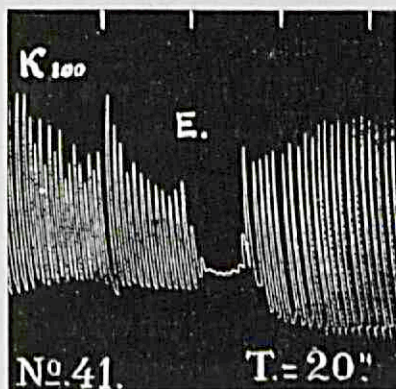


duidelijk een paradoxon van Em.  $^{75/300}$  <sup>1)</sup> op kalium 50 m.gr. p. L. optreden en omgekeerd.

Reprod. curve 41.

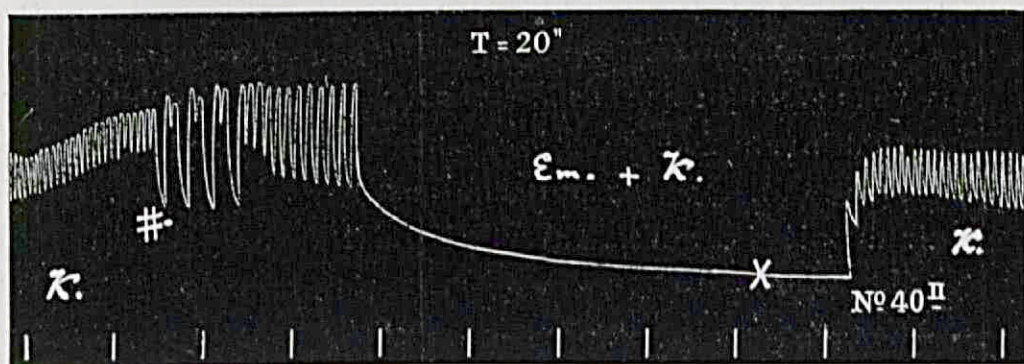
Paradoxon K. 50 m.gr. p. L.

— Em.  $^{75/300}$ .



Omdat het paradoxon snel intrad en vrij langen tijd bleef bestaan, kwam ik op de gedachte, dat tusschen deze doses Emanatie en Kalium mogelijk een langdurig evenwicht zou kunnen worden tot stand gebracht.

Daarom opende ik bij  $\frac{1}{2}$ , op curve 40 II, nadat het hart eenigen tijd regelmatig op kalium had geklopt, beide kranen en zag toen een evenwicht optreden, dat gedurende 4 minuten bewaard bleef.



Reprod. curve 40 II.

<sup>1)</sup> D.w.z. 75 c.c. emanatiehoudend gedestilleerd water op 300 cc. Ringer (samen phys. concentratie; zie pag. 21).

Evenwicht tusschen Em  $^{75}_{300}$  — K. 50 m.gr. p. L.

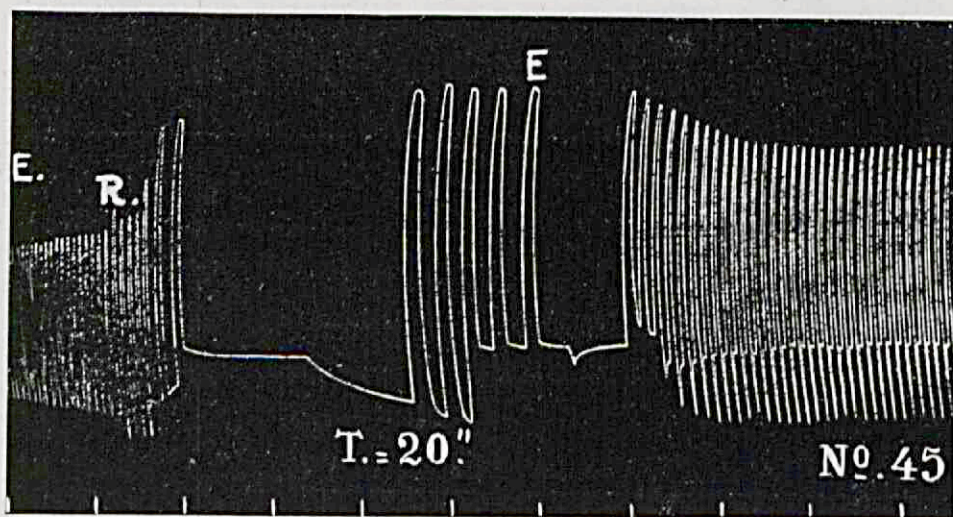
Bij  $\equiv$  beide kranen geopend.

Bij  $\times$  werd de trommel gedurende 2 min. stopgezet.

Moeilijk is het een dergelijke proef, met zekere kans op slagen, te herhalen.

Het spreekt toch wel van zelf, dat, hoewel met de gevolgde methode het verlies van emanatie gering is te achten, het toch voortdurend optredende verlies ervan nooit met zekerheid toelaat op een gegeven moment de juiste sterkte der vloeistof aan emanatie te zeggen.

Ik kon dan ook, ondanks herhaalde pogingen, slechts  $2 \times$  een evenwicht tusschen Emanatie en Kalium verkrijgen. Deze evenwichten zijn in de curven 40 en 43 vastgelegd.



Reproductie curve No. 45.

Duidelijke paradoxen van Em.  $^{75}_{300}$  op Rubid.  
60 m.gr. p. L. en omgekeerd.



*R. + Em.*

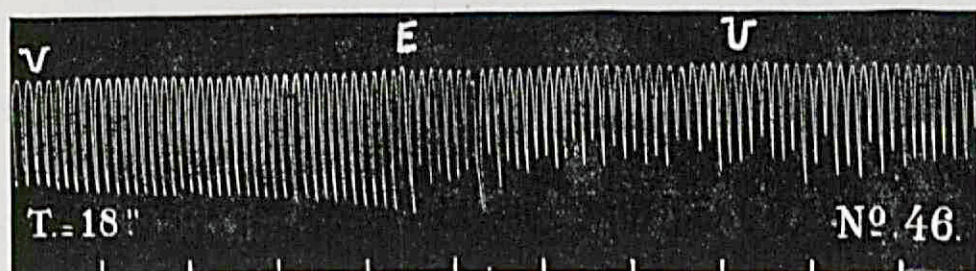
Tusschen Rubidium en Emanatie zag ik herhaaldelijk paradoxen optreden, zooals de curven 44 en 45 bewijzen.  
Een reproductie van 45 gaat hierbij.

*U. + Em.*

Theoretisch mag tusschen Uraan en Emanatie geen paradoxon optreden.

Immers beide zijn  $\alpha$ -stralers

Eenige proeven, waarvan de curven 46 en 47 getuigen, werden daartoe door mij verricht, waarbij, tijdens den plotselingen overgang van Emanatie op Uraan of omgekeerd, *wel* soms eenig verschil in frequentie optrad maar *nimmer* een stilstand.



Reproductie curve No. 46.

Geen paradoxon op Em  $^{75}_{300}$  en Uraan Ringer  
4 m.gr. p. Liter.



## HOOFDSTUK III

---

### § 1 DOORDRINGBAARHEID VAN POLONIUM- STRALEN.

Uit verschillende onderzoeken, o.a. van Rutherford,<sup>1)</sup> Bragg en Kleeman<sup>2)</sup> is gebleken, dat van de drie tot nu toe bekende stralen, die het karakter van een radioactief praeparaat bepalen, de  $\alpha$ -stralen de minste doordringbaarheid bezitten.

Zij worden zooals reeds tevoren werd opgemerkt, door een laagje aluminium van  $\frac{1}{10}$  m.M. dikte geheel tegengehouden, terwijl een luchtlaag van enkele centimeters dikte hen totaal absorbeert. Dit doordringingsvermogen voor verschillende stoffen werd bestudeerd met gevoelige electroscoopen, of wel door gebruik te maken van het scintilleeren der  $\alpha$ -stralen. (Zie pag. 18).

Het leek mij nu interessant het penetreeren der  $\alpha$ -stralen door verschillende dierlijke weefsels, langs fotografischen weg, vast te leggen.

Daartoe werd gebruik gemaakt van een groote platte

---

<sup>1)</sup> E. Rutherford in Marx Handbuch der Radiologie 1913, p. 80.

<sup>2)</sup> Bragg u. Kleeman. Phil. mag. 8, p. 726, 1904. 10, p. 318, 1905.

kurk van 2 c.M. dikte. In deze kurk werd door de geheele wanddikte een opening geboord van 2 c.M. middellijn, loodrecht staande op grond en bovenvlak.

Op het bovenvlak der kurk werd over de opening heen het te onderzoeken weefsel uitgespreid en door korte pennetjes gefixeerd.

Hier vlak bovenop, doch zonder contact, kwam een gevoelige Wellingtonplaat <sup>1)</sup> van 500 H. & D. te liggen, terwijl het geheel, met de onderste opening der kurk, boven het galvanoplastisch poloniumpraeparaat van 1 c.M.<sup>2</sup> werd gebracht.

Weefsel en plaat werden nu in een donkere kamer, gedurende 5 min., aan deze  $\alpha$ -straling op 2 c.M. afstand blootgesteld. Vervolgens werd de gevoelige plaat verwijderd en op de gewone wijze ontwikkeld en gefixeerd.

Aldus werden achtereenvolgens opnamen gemaakt van:

Kopergaas.

Vogelveer.

Aluminiumblad van verschillende dikte.

Vlindervleugel.

Pericardium, parietale van een kikvorsch.

Mesenterium                   "   "   "

Atrium                         "   "   "

Cornea                         "   "   "

Het kopergaas en de vogelveer werden alleen dáártoe benut om te onderzoeken of met het poloniumpreparaat, scherp omlijnde contrasten konden worden verkregen.

Zooals de reproducties bewijzen, laat dit niets te wenschen over.

<sup>1)</sup> Wellington-Studio-Antiscreen 500 H.D. (Tabel Hurter & Driffield.)



Vooraf bij het kopergaas steken de mazen scherp af tegen de voor de  $\alpha$ -stralen ondoordringbare draden.

Dit contrast zien we, alhoewel in mindere mate, ook bij de vogelveer, waar de kleinste nerven nog een beletsel vormen voor het doordringen der stralen.

Met aluminiumblaadjes van verschillende dikte wordt nu getracht de grens van doorgankelijkheid te bepalen en wordt deze, voor bovengenoemde verhoudingen, gevonden op 18  $\mu$ .

Vervolgens worden verschillende dierlijke weefsels doorstraald:

#### 1. *Vlindervleugel.*

Duidelijk valt de nuanceering in het oog, terwijl de nerven als minst doorlaatbaar, zich scherp afteekenen.

#### 2. *Pericardium-parietale van een kikvorsch.*

Dit wordt door de  $\alpha$ -stralen makkelijk doorboord. De dwars over het beeld loopende band is de schaduw van een kunstmatig verkregen omslagplooï. Om dezelfde reden laat ook de periferie niets door.

#### 3. *Mesenterium van den kikvorsch*

Van teekening is bijna niets te zien. Bij deze dikte van weefsel ligt onder bovengenoemde omstandigheden dus ongeveer de grens van doorlaatbaarheid voor de  $\alpha$ -stralen. Aan de periferie zijn eenige stippen te zien, veroorzaakt door kleine scheurtjes, ontstaan tijdens het prepareren.

#### 4. *Atriumwand van den kikvorsch.*

We zien dat deze dunne, voorzichtig uitgespannen wand, bij een bestraling op 2 c.M. afstand gedurende 5 minuten alle stralen absorbeert.



### 5. *Cornea van den kikvorsch.*

Ook de cornea, bij uitstek doorgankelijk voor de lichtstralen, laat geen enkele  $\alpha$ -straal door.

Evenals bij het licht, hangt ook bij de  $\alpha$ -bestraling de intensiteit der broomzilverontleding, behalve van de gevoeligheid der plaat en de sterkte der stralingsbron, af van den afstand, waarop de plaat zich van de energiebron bevindt en van den duur van bestraling. (Vergelijk photo's No 12, 14, 15 en 16).

Zoo zal ook de invloed der  $\alpha$ -stralen op een bepaald weefsel intenser zijn, naarmate langer bestraald wordt, of de afstand tusschen weefsel en stralingsbron kleiner is

Ter demonstratie van dit laatste werden door mij daarom opnamen gemaakt van een atriumwand, op een anderen afstand boven het poloniumpreparaat uitgespannen, bij achtereenvolgende bestraling van 5 minuten, 15 minuten,  $\frac{1}{2}$  uur en 1 uur.

Met opzet koos ik 3 m.M. afstand, omdat al mijne proefharten op dezen afstand door het polonium bestraald werden.

Men ziet nu, zooals de reproducties Nos. 14, 15 en 16 duidelijk aantoonen, dat op den *langen duur* een effect van het doordringen der  $\alpha$ -stralen verkregen wordt.

Het aantal doordringende  $\alpha$ -deeltjes is n.l. bij 5 minuten expositie nog gering, bij  $\frac{1}{4}$  uur daarentegen komen op enkele plaatsen zwakke aanduidingen van een fotografisch effect. Vermoedelijk beantwoorden deze aan de dunste plekken in het weefsel. Bij  $\frac{1}{2}$  uur expositie worden dezelfde plekjes duidelijker zichtbaar. Na een uur verbreidt zich de photochemische verandering over de tusschengelegen

gedeelten van de plaat, beantwoordende aan een zwak gelijkmatig doordringen der  $\alpha$ -stralen over het geheele weefsel-oppervlak.<sup>1)</sup> Dit resultaat is volkomen in harmonie met den langen tijd, die dikwijls moest worden afgewacht, alvorens een gegeven proefhart op polonium-stralen verkoos te reageeren.

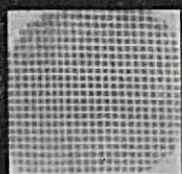
---

<sup>1)</sup> Dit effect is op het negatief duidelijk zichtbaar, maar heeft door de reproducties veel geleden.

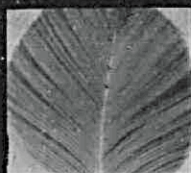
---







1



2



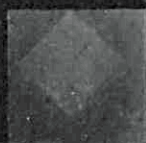
3



4



5



6



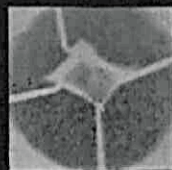
7



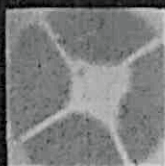
8



9



10



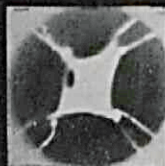
11



12



13



14



15



16

# NEGATIEVEN MET POLONIUM-STRALEN VERKREGEN.

*Afstand = 2 c M. Bestralingstijd = 5 minuten*

|     |     |                                          |      |         |   |
|-----|-----|------------------------------------------|------|---------|---|
| No. | 1.  | Kopergaas.                               |      |         |   |
| "   | 2.  | Vogelveer.                               |      |         |   |
| "   | 3.  | Aluminium                                | 0.6  | $\mu$ . |   |
| "   | 4.  | "                                        | 1.2  | $\mu$ . |   |
| "   | 5.  | "                                        | 2.4  | $\mu$ . |   |
| "   | 6.  | "                                        | 4.8  | $\mu$ . |   |
| "   | 7.  | "                                        | 9.6  | $\mu$ . |   |
| "   | 8.  | "                                        | 19.2 | $\mu$ . |   |
| "   | 9.  | Vlindervleugel.                          |      |         |   |
| "   | 10. | Pericardium parietale van den kikvorsch. |      |         |   |
| "   | 11. | Mesenterium                              | "    | "       | " |
| "   | 12. | Atrium                                   | "    | "       | " |
| "   | 13. | Cornea                                   | "    | "       | " |

*Afstand = 3 m.M.*

|     |     |                           |   |                    |
|-----|-----|---------------------------|---|--------------------|
| No. | 14. | Atrium van den kikvorsch. | 5 | minuten.           |
| "   | 15. | " " " "                   | " | $\frac{1}{2}$ uur. |
| "   | 16. | " " " "                   | " | 1 uur.             |

## § 2. BESCHOUWINGEN.

---

In dit proefschrift meen ik alle mogelijkheden, waartoe bestraling van een hart met  $\alpha$ -stralen aanleiding zou kunnen geven, te hebben onderzocht.

Immers ik zag achtereenvolgens onder invloed van uitwendige  $\alpha$ -bestraling:

Een stilstaand hart zijn automatie herkrijgen;

Wederom een stilstand optreden na wegname van het polonium;

Paradoxen en evenwichten verschijnen met  $\beta$ -stralers;

Addeering met  $\alpha$ -stralers.

Bovendien kon ik opmerken, dat al deze resultaten fraaier en vooral sneller werden verkregen bij  $\alpha$ -bestraling van binnen uit.

Dit laatste mag geen verwondering baren als men bedenkt, hoe gering het doordringingsvermogen der  $\alpha$ -stralen is (zie photo's), hoeveel inniger het contact bij inwendige bestraling, en vooral hoeveel malen grooter het inwendige bestraalbare oppervlak, met zijn vele lacunen, is dan het uitwendige.

Wat betreft het groote verschil in tijd, noodig voor het beginnen der automatie na polonium bijzetting en voor het weder optreden van een stilstand na wegname ervan, zoo wordt dit duidelijk, wanneer we met Grijns aannemen,



dat niet alle harten even gevoelig zijn of hunne centra voor het automatisme even ver van de periferie verwijderd hebben. Chemisch is deze werking der  $\alpha$ -stralen wel niet te verklaren, want een dergelijke verklaring, die toch alleen op mogelijk vrij maken van Kalium uit het hart zou berusten, is in lijnrechte tegenspraak met het optreden van paradoxen en evenwichten tusschen  $\alpha$ -bestraling en Kalium.

Dat ik tenslotte het caesium, na mijn op pag. 39 beschreven proef, niet verder onderzocht, berust op het onderzoek van E. Smits <sup>1)</sup>, dat gedeeltelijk gelijktijdig met het mijne werd verricht en waarbij werd aangetoond, dat niet het caesium zelf, doch zijne verontreinigingen radio-actieve eigenschappen bezaten

Daarmede moest dus het caesium zijn plaats als Kalium-  
vervanger inruimen.

---

<sup>1)</sup> E. Smits. Dissert. Utrecht 1923. Caesium en Hart.

## CONCLUSIES

---

- I. Een hart, door kaliumonttrekking tot stilstand gebracht, gaat door uitwendige  $\alpha$ -bestraling weer pulseeren, tenzij de stilstand te lang heeft geduurd.
- II. Als uitwendige  $\alpha$ -straler kan zeer goed dienen een galvanoplastisch neerslag van polonium op koper, mits van recenten datum.
- III  $\alpha$ -Straling van buiten uit, met een  $\beta$ -straler inwendig, geeft paradoxen en evenwichten.
- IV. Inwendige  $\alpha$ -straling in combinatie met een inwendigen  $\beta$ -straler doet dit eveneens.
- V. Uitwendige  $\alpha$ -bestraling en  $\alpha$ -bestraling van binnen uit versterken elkanders werking, tenzij door deze additie de dosis van maximaal nuttig effect is overschreden.
- VI. Hetzelfde geldt voor 2 inwendig toegediende  $\alpha$ -stralers.
- VII. Doorstrooming met Emanatie-houdende Ringer geeft beter resultaten dan uitwendige  $\alpha$ -bestraling.
- VIII De werking der  $\alpha$ -stralen op de automatie van het hart berust niet op het vrijmaken van kalium.

## STELLINGEN.

1. De sympathische ophthalmie dient te worden bestreden met intraveneuse neo-salvarsan injecties.
  2. De anaalfistel behandelde men liever door excisie der fistel, dan door splijting.
  3. Tamponade bij ruptura uteri is nutteloos en gevaarlijk.
  4. Het voorbeeld van Amerika en Zwitserland om aan kinderen in kropdistricten prophylactisch kleine hoeveelheden jodium te verstrekken, verdient ook voor sommige bergdistricten van Ned. Indië te worden gevolgd.
  5. De *Monilia psilosis* Ashfordii, die volgens Bailey Ashford de oorzaak is van Indische spruw, moet men opvatten als een parasiet die graag secundaire infecties veroorzaakt bij spruwpatienten.
  6. De vaatverwijding onder invloed van zuren wordt, althans ten deele, veroorzaakt door een vermindering van de zwelling der eiwitstoffen, waaruit de wand der vaten is opgebouwd.
  - 7-  $\alpha$ - en  $\beta$ -stralen zijn, gelijktijdig aangewend, in het levend organisme antagogenisten, op de photographische plaat synergisten.
-















