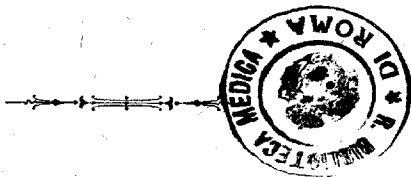


W. A. BOEKELMAN.

HET PANTOKYMOGRAPHION

EN

eenige daarmee verrichte physiologische
proeven.



DELFT.
F. GRÄFE.
1894.

HET PANTOKYMOGRAPHION

EN

eenige daarmee verrichte physiologische proeven.

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

DOCTOR IN DE GENEESKUNDE

aan de Rijks-Universiteit te Utrecht,

NA MACHTIGING VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

Dr. H. C. DIBBITS,

Hoogleeraar in de Faculteit der Wis- en Natuurkunde,

MET TOESTEMMING VAN DEN SENAAAT DER UNIVERSITEIT

TEGEN DE BEDENKINGEN VAN

DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE

TE VERDEDIGEN

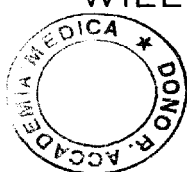
op Vrijdag 16 November 1894, des namiddags te 3 uur,

DOOR

WILLEM ANTON BOEKELMAN,

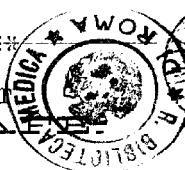
ARTS,

GEBOREN TE MAASTRICHT.



DELEET
F. GRÄBE

1894.

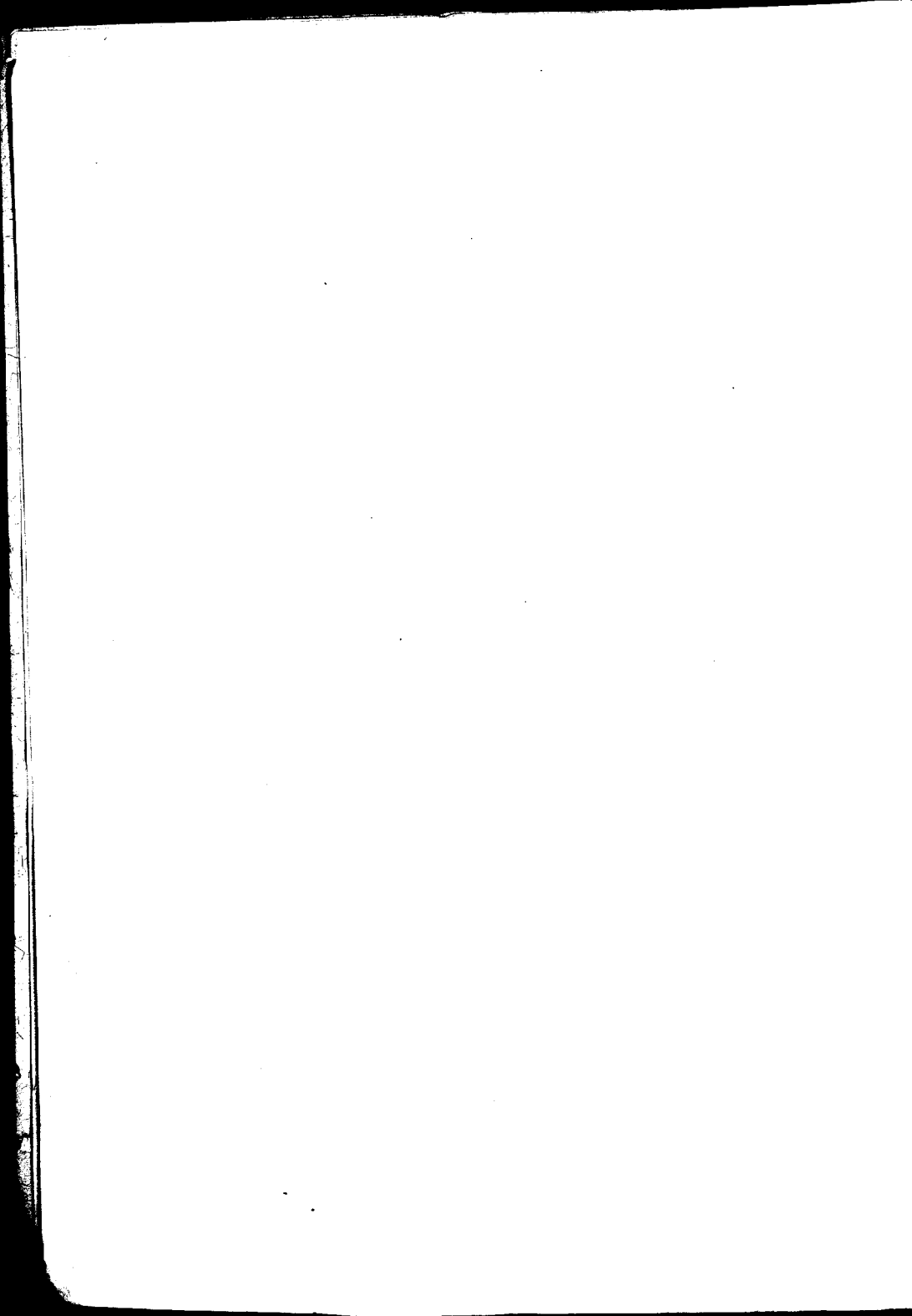


Typ.-, Lithographie en Phototypie van F. GRAFE. — Delft.

HET PANTOKYMOGRAPHION

EN

eenige daarmee verrichte physiologische proeven.

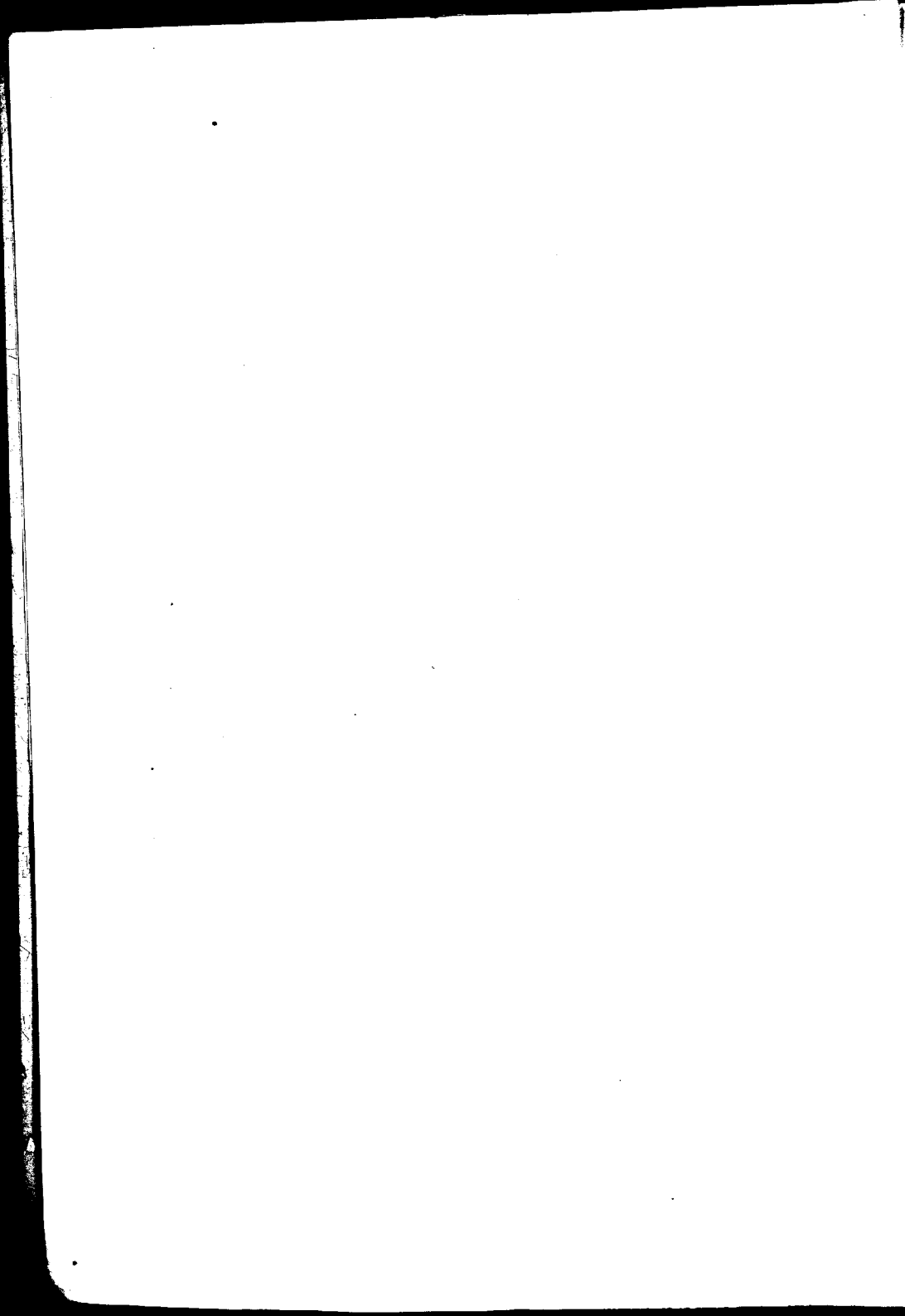


Aan het einde van mijnen Academischen studietijd gekomen, is 't mij eene aangename taak U, Hoog Gel. Professoren en Lectoren der Philosophische en Medische Faculteit mijnen innigen dank te betuigen voor het onderricht, dat ik van U heb mogen genieten.

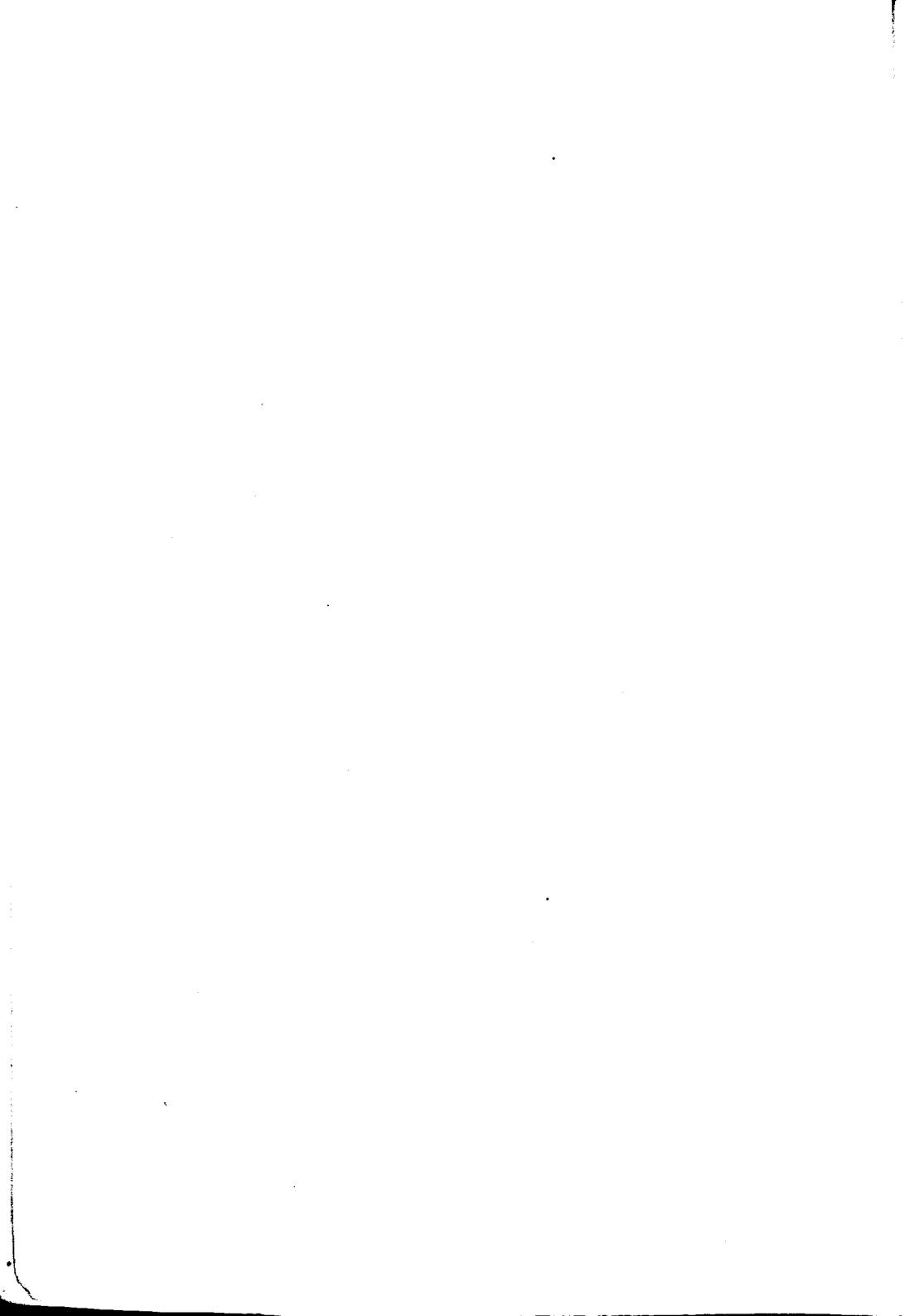
Mogen vooral Uwe zeer gewaardeerde lessen en wenken, Hooggeachte Talma, mij steeds in den moeielijken werkring van Medicus blijven bijstaan.

De uren, die ik bij en met U, Hoog Geleerde Engelman, zeer geachte Promotor, mocht doorbrengen, zullen mij altijd als de aangenaamste in herinnering blijven, niet alleen door Uwe groote welwillendheid en niet genoeg te waardeeren hulpraardigheid bij het samenstellen van dit proefschrift, maar ook door Uwe uitgebreide kunde en kennis, waarvan Gij mij steeds trachtet mede te deelen.

Ook U, geachte Heer Kagenaar, Mechanicus aan het Physiologisch Laboratorium, mijn dank voor Uwen steun bij de technische beschrijving van 't pantokymographion.



Aan de nagedachtenis van mijnen Grootvader.



INLEIDING.

De toestellen voor graphisch onderzoek van levensverschijnselen, tot dusverre beschreven en in de physiologische laboratoria in gebruik, zijn ieder, zonder uitzondering, slechts voor een beperkt aantal doeleinden te gebruiken. Ze veroorloven of slechts verschijnselen van zeer korten duur (Myographion van *von Helmholtz*, Slingermiographion van *Fick*, Veermiographion van *du Bois Raymond*, e. a.) op te schrijven, of slechts betrekkelijk langzaam verloopende bewegingen gedurende korteren of langeren tijd te registreeren (Kymographion van *Ludwig* met roteerenden cylinder, met papier sans fin en andere modificaties); andere laten slechts het gebruik van een klein aantal bepaalde snelheden toe (Registreertoestel van *Marey* met reguleur van *Foucault*); slechts enkele zijn met automatisch werkende inrichtingen voor de zoo dikwijls vereischte elektrische prikkeling voorzien en ook deze inrichtingen zijn maar voor zeer beperkte gevallen berekend.

Door aan het gewone Kymographion met grooten roteerenden cylinder een veermechanisme, tot het verkrijgen van zeer groote snelheden, te verbinden en door verder het rhythmisch polyrheotoom tot een integreerend deel van het toestel te maken, scheen het Professor

Engelmann mogelijk, zonder aan de juistheid en doelmatigheid der werking afbreuk te doen, de voordeelen, aan de verschillende registreertoestellen verbonden, te vereenigen en buitendien nog eene grootere verscheidenheid in de toepassing der inrichtingen voor automatische sluiting en opening van electrische stroomen te verkrijgen.

Dit streven heeft geleid tot de constructie van het „Pantokymographion”, waarvan ik de beschrijving en het experimenteel onderzoek, op verzoek van Prof. *Engelmann* tot onderwerp mijner dissertatie heb gekozen.

Beschrijving van het instrument.

Op de mahoniehouten grondplaat *A* (zie Plaat I) van het Pantokymographion, rustende op vier pooten, door stelschroeven volkomen vast en horizontaal te plaatsen, bevindt zich de verticale gietijzeren stang *B*, met den horizontalen arm *C*, eveneens van gietijzer. Tevens staat op genoemde plaat 't uurwerk, verbonden met 't rhythmisch polyrheotoom, waarvan bij *N* de schijf te zien is. Tusschen den horizontalen arm *C* en 't uurwerk draait de as *E*, waarop de voor registreeren bestemde cylinder *D* bevestigd kan worden, die met beroet glanspapier wordt bekleed.

Het uurwerk wordt door de gewichten *L* in beweging gebracht, meer of minder snel, al naar mate 't koord, waaraan ze hangen, over één katrol *I*, over twee *I* en *K*, of over drie *H*, *I* en *K* loopt.

Als 't uurwerk afgehoopen is, kan men het met 't handvat *G* opwinden.

Onder aan de plaat zijn, ter regulatie en wijziging van de snelheid der beweging van den cylinder, een paar groote windvleugels *M* aangebracht, terwijl een kleiner paar boven op 't uurwerk geplaatst is.

Nog bevinden zich op de grondplaat *A* twee holle, stevige, geelkoperen kolommen *F* en *F'*, waarin één enkele groote of twee kleinere tafeltjes verticaal verplaats-

baar, en ter plaatsing der schrijftoestellen, enz. bestemd, kunnen vastgeschroefd worden (*Q*).

Na aldus in hoofdtrekken 't instrument geschetst te hebben, zal ik achtereenvolgens de onderdeelen meer in bijzonderheden behandelen.

De zwartgemaakte cylinder kan op twee wijzen in beweging gebracht worden en wel:

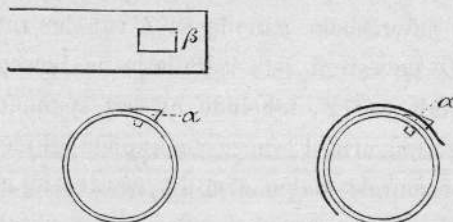
- 1°. door een veerméchanisme (*O* en *P*)
- 2°. door een uurwerk.

I. Het Veermechanisme.

Op den horizontalen arm *C* van de stang van 't pantokymographion is eene koperen schijf 1 (zie Plaat II) door eene schroef en twee stelpennen onbewegelijk bevestigd. Aan deze koperen schijf zit de doorboorde as 2 van de koperen veertrommel 3 vast. Deze laatste rust niet direct op die schijf, doch is er van gescheiden door eene laag pergamentplaatjes, teneinde de wrijving bij de ronddraaiing zoo gering mogelijk te doen zijn. De veertrommel zelf kan om de doorboorde as draaien; door deze laatste loopt vrij de schroef 4, die verder door eene moer aan 't einde van den gietijzeren horizontalen arm loopt, zoo diep mogelijk ingeschroefd, haar conische punt 5 onder dezen arm te voorschijn doet komen en in eene kom op het eindvlak der stalen as doet rusten, waarop de cylinder bevestigd is.

In de veertrommel 3 zit eene opgerolde stevige stalen veer, van 2 M. lengte, 3 cM. breedte, 0.4 mM. dikte, zooals in de schematische figuur 2 (Plaat VI) is afgebeeld.

't Eene einde van de veer is op eigenaardige wijze in verband gebracht met de doorboorde as van de veertrommel; aan de as nl. is een schuinafgeslepen blokje α (zie figuur in den tekst) geklonken, dat geplaatst is



tegenover eene vierkante opening aan 't einde β van de veer, welk einde een weinig van de as is afgebogen.

Draait men nu de trommel in den zin tegengesteld aan dien, waarin de wijzers van een uurwerk draaien, dan schiet 't blokje α in de opening, houdt 't eene einde van de veer vast en deze wordt opgewonden, daar 't andere einde binnen aan den buitenwand van de veertrommel vastzit; maar bij rotatie in anderen zin glijdt 't blokje, juist door zijn schuinen kant, uit de opening en nu kan men zonder nadeel in deze richting blijven draaien.

De trommel is boven gesloten door een deksel, dat met eene moer 6 op as 2, op zijn plaats gehouden wordt.

Aan den wand van de trommel 3 is onder eene stevige schijf 7 als eene kraag onbewegelijk bevestigd, welke twaalf genommerde, in onderling gelijke hoekafstanden geplaatste, cylindervormige doorboringen bevat (zie fig. 1, Plaat VI) In eene van deze kan men eene stalen stift 8 brengen, die met 't tusschenstuk 9 en de schroef 10 stevig aan de kraag bevestigd wordt. Deze stalen stift 8 draagt onderaan het stalen palletje 11, beweeg-

baar om eene horizontale as 12, (fig. 3 en 4, Plaat VI,) geven afbeeldingen van stift en palletje.) 't Palletje dient om na 't opwinden van de veer, deze opgewonden te houden en wel daardoor, dat de pal achter een horizontalen stalen arm 13 komt (Plaat II), die door schroef 14 onwrikbaar aan de as *E* van den roteerenden cylinder *D* bevestigd is. 't Palletje is bewegelijk om de horizontale as 12, teneinde bij het spannen der veer over den stalen arm 13 heen te kunnen glijden.

Deze horizontale stalen arm 13 wordt, bij gespannen veer, op zijn beurt tegengehouden door 't metalen blokje 19 (Plaat II en fig. 1 Plaat VI), bevestigd aan de veerende metaalstrook 15 (fig. 1 Plaat VI), die met haar eene uiteinde geklemd zit aan het in verticale richting beweegbare massieve stuk 16; dit stuk is door schroef 17 in draaibare verbinding met den horizontalen arm van de stang; zoodat, als men 't uiteinde *P* (Plaat V en fig. 1 Plaat VI) naar boven beweegt, 't andere uiteinde (16, 18) met de daaraan bevestigde deelen (20, 15 en 19) in tegengestelden zin gaat en dus de horizontale stalen arm 13 vrijkomt en de veer den cylinder door tusschenkomst van de pal 11 in beweging kan brengen.

Opdat de stalen arm 13 na eene omdraaiing met niet te groote kracht tegen 't blokje 19 aansla, zijn aan het beweegbare stuk 16 twee verstelbare horizontale stalen platen 20 en 21 aangebracht, die door de schroeven 22 en 23 meer of minder naar elkaar toegebracht kunnen worden, waardoor de stalen arm 13 bij 't doorglijden meer of minder wrijving ondervindt.

Teneinde het terugslaan van den arm 13 tegen

genoemd blokje 19 te verhinderen, is aan de veerende metaalstrook 15 nog eene kleine schuin oploopende verhevenheid aangebracht, zoodat als de arm deze gepasseerd is, hij in de gleuf 24 (fig. 1 Plaat VI) gevangen zit. Nog is de weerstand voor den arm 13 te verhoogen, door de veerende metaalstrook 15 met de schroef 25 (zie ook Plaat V) verder van 't stuk (18, 16) af te stellen.

Bij zeer groote spanning van de veer en dus bij zeer groote snelheid van rotatie zou evenwel toch de arm 13 met te groot geweld door de stalen platen 20 en 21 heenvliegen; om dit te voorkomen en om dus de werking van de veer op gewenschten tijd te doen ophouden, kan men aan de kraag 7 in eene andere opening, meer of minder van de stift 8 verwijderd, eene andere stalen stift 26 zetten (Plaat II), die op dezelfde wijze als stift 8 aan de kraag bevestigd wordt en die bij rotatie van de trommel na regelbaren tijd tusschen twee koperen veeren 27 en 28 gevangen wordt (aldus afgebeeld op Plaat II); waarbij dus de veertrommel stil staat, doch de cylinder met zekere snelheid verder draait.

Dit alles is natuurlijk te regelen door den pal 8 en de metalen stift 26 verschillend ten opzichte van elkaar en van de kraagopeningen te plaatsen, waardoor de veer meer of minder gespannen wordt en langer of korter op 13 werkt.

Wordt de veer als beweegkracht voor den cylinder gebruikt, zoo moet men 't vaste verband tusschen reo-toomschijf N en de as d van 't uurwerk opheffen door schroef ω (Plaat III) los te draaien.

Door de draaiende beweging van de as van den

cylinder wordt de onderste, in de as vastgeschroefde, horizontale stalen arm (*e* Plaat III) mede bewogen en zijn uiteinde brengt door middel van den meenemer (*f* Plaat III en IV) de rheotoomschijf *N* in roteerende beweging, terwijl de as van 't uurwerk stilstaat en slechts dient als as, waarom de rheotoomschijf en waarop de as van den cylinder draaien.

II. De beweging door 't uurwerk.

Deze beweging kan op twee wijzen geschieden en wel:

- a.* in horizontale richting;
- b.* spiraalsgewijze met zakkenden cylinder.

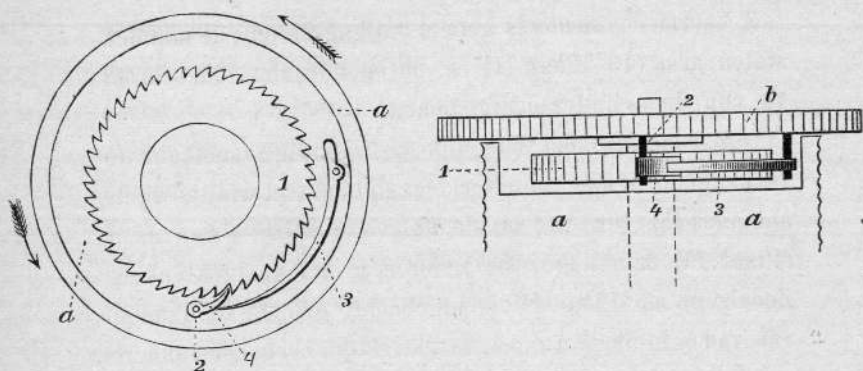
a. Horizontale beweging.

't Uurwerk wordt, zooals we bij de algemeene beschouwing zagen, door gewichten in beweging gebracht, die aan eene snaar hangen, welke snaar over katrol *I*, zoo noodig nog over katrol *H* en de losse katrol *K* loopt. 't Uiteinde van de snaar is bevestigd aan den spiraalsgewijze gegleufden klos *a* (Plaat IV) en hier opgerold door middel van 't handvat *G*, dat zich onder de grondplaat *A* van het pantokymographion bevindt.

Door de snaar over verschillende katrollen te laten loopen, kan men verschillende drijfkracht krijgen, 't geen ook te bereiken is door lichtere of zwaardere gewichten (van 1—12 KGr.) aan de snaar te hangen.

Bij 't opwinden van de snaar op den spiraalsgewijze gegleufden klos blijft 't rad *b*, dus ook de zwartgemaakte

cylinder *D* stilstaan. De inrichting is aldus: (zie figuren in den tekst.)



't Rad *b* zit los om de *a*s, waaraan klos *a* bevestigd is; in dezen laatsten is een palrad 1 aangebracht. Rad *b* nu heeft een om eene verticale as 2 draaibare en door eene veer 3 tegengehouden pal 4, welke tusschen de tanden van rad 1 reikt.

Draait men nu den klos *a* op, in den zin van 't pijltje (zie fig. in den tekst.), zoo glijdt de pal voortdurend over de tanden en wordt 't rad *b* niet medegenomen; draait men in tegengestelden zin (zooals gebeurt, als de gewichten 't uurwerk in beweging brengen) dan neemt een tand van rad 1 den pal 4 mede en doet daardoor rad *b* draaien.

De tanden nu van rad *b* (Plaat IV) grijpen in die van rad *c*; dit laatste is stevig verbonden aan as *d*, waarop de as *E* van den cylinder *D* rust.

Deze cylinderas draait mede, doordat ze met een

horizontalen arm e rust in den meenemer f , dien we bij 't veermechanisme reeds ontmoet hebben; doch nu evenwel is de rheotoomschijf N door de schroef ω aan as d verbonden.

't Veermechanisme is geheel buitengesloten; de metalen stalen arm (13 Plaat II) is, na opendraaien van schroef 14 van de cylindras afgenomen.

Om eene zooveel mogelijk gelijkmatige snelheid te verkrijgen, is aan 't uurwerk een dubbel stel windvleugels aangebracht, en wel op de volgende wijze: Aan as d (Plaat IV) zijn nog twee raderen g en h vastgeklonken. Zooals nu op Plaat IV is afgebeeld, grijpen de tanden van rad g in die van rad i , dat bevestigd is om eene andere as j , die nog het rondsel k en 't rad l draagt. Dit laatste rad l , grijpende in rondsel m (fig. 5 Plaat VI) brengt daardoor rad n in beweging, dat op zijn beurt in rondsel o grijpt, dat de reguleerende kleine windvleugels p en q draagt. Met deze windvleugels heeft men 't in zijn macht de snelheid binnen zekere grenzen te varieeren, al naarmate hun stand ten opzichte van as r .

Maar deze snelheid is nog, onafhankelijk van windvleugels, katrollen en gewichten te wijzigen door eene andere radercombinatie dan die, welke op Plaat IV is aangegeven. Wanneer we nl. den knop s (Plaat IV) naar boven trekken, gaat de as j door hefboomwerking naar beneden en zakken ook de daaraan bevestigde raderen i , l en k , waardoor de tanden van rad i niet meer in die van g grijpen, doch de nieuwe combinatie ontstaat van rondsel k met rad h , terwijl rad l in zijn rondsel m blijft loopen. Deze combinatie geeft, zooals uit de teekening blijkt een veel geringere snelheid.

Een middel om de snelheid nog kleiner te maken bestaat in het vervangen der kleine windvleugels door de groote M , die in verband staan met rondsel t door middel van as u . Deze verwisseling van windvleugels geschiedt op de volgende wijze: (zie daartoe de schematische figuur 5, Plaat VI).

Om eene schroef 1 is 't metalen stuk 2, waaraan de assen der rondsels o en t op eigenaardige wijze verbonden zijn, in horizontale richting draaibaar, en wel door 't schuifstuk r , boven op 't dekstuk van 't uurwerk aangebracht, te verschuiven. Beweegt men dit schuifstuk naar zich toe, dan grijpt rondsel t in rad n en is 't rondsel der kleine windvleugels afgesteld, de groote daarentegen met 't uurwerk door n verbonden.

Ook door aan de groote windvleugels verschillende standen te geven, kan men de snelheid van rotatie binnen ruime grenzen wijzigen.

Het tot stilstand brengen van 't uurwerk geschiedt aldus: Boven op het deksel van 't uurwerk is een hefboom w (Plaat III en fig. 5 Plaat VI) aangebracht, draaibaar om eene verticale as; aan 't eene uiteinde daarvan zit eene stift x , die de metalen veer ij naar beneden drukt, door welker wrijving rad n , dus ook 't uurwerk stilstaat; beweegt men w in tegengestelden zin, zoo komt 't rad n vrij en 't uurwerk in gang.

b. Spiraalbeweging.

Hierbij blijft alles, wat 't uurwerk aangaat hetzelfde, zooals bij de horizontale beweging beschreven is; alleen in plaats van de gewone cylinderas heeft men eene

andere, waarlangs de cylinder gedurende de rotatie kan zakken. Verder is nog eene nieuwe radercombinatie noodig.

Op 't bovenvlak α (zie Plaat V en fig. 6 en 7 Plaat VI) van den cylinder D vindt men twee raadjes β en γ , die door middel van de steunstukken δ , ε en ζ en η boven den cylinder om horizontale assen kunnen draaien en wel langs den metalen reep ι , die aan de holle cylinderas is bevestigd.

Verder is op 't zelfde bovenvlak nog eene schuifinrichting T aangebracht, waardoor 't stuk x door de opening λ van de as geschoven en daar op zijn plaats gehouden kan worden door schroef μ .

De beroete cylinder wordt aan de stift r (fig 7 Plaat VI) opgehangen, die bevestigd is aan 't koord qq (Plaat IV en V), doordat deze stift in eene cylindrische inboring o van 't stuk x past en hierin vastgehouden wordt door schroef π aan te draaien. De stift nu hangt geheel los in de holle cylinderas aan het koord q , dat eerst door de doorboorde schroef s (Plaat V), dan over de katrollen r en v loopt. Van hier gaat het door eene opening in den horizontalen gietijzeren arm C van de stang B naar de katrol φ (Plaat III en IV), waarvan de as beneden aan den voet van de stang is bevestigd. 't Koord is nu verder opgewonden om en bevestigd aan 't klosje χ (Plaat III en IV), dat door schroef ψ op zijn plaats gehouden wordt.

't Koord is nu juist zoo lang, dat als de cylinder D beneden op den horizontalen arm e van zijne as rust, 't koord nagenoeg geheel van 't klosje is afgewonden.

Aan de as, waarop dit klosje vastgeschroefd is, zit

't rad *aa* vast, welks tanden in die van rad *b* van 't uurwerk kunnen grijpen. De zoo juist genoemde as steunt en draait in den koperen beugel *bb*, welke laatste in zijn geheel in horizontale richting draaien kan om schroef *cc* (Plaat IV), vastgemaakt op de grondplaat van het pantokymographion. Deze draaiing is op te heffen en te regelen door schroef *dd* (Plaat III).

Wil men nu, na met het veermechanisme gewerkt te hebben, gebruik maken van de spiraalbeweging, zoo wordt natuurlijk de veertrommel 3 (Plaat II), na losschroefing van schijf 1, van den horizontalen gietijzeren arm C verwijderd en met dezelfde schroef, die schijf 1 bevestigd had, de katrol *x* er op vastgezet; men windt nu 't koord *q*, dat den bovengenoemden weg beschrijft, op 't klosje *z*, waarbij dus de cylinder naar boven wordt geheschen. Is deze boven gekomen, dan schuift men 't rad *aa* door middel van den beugel *bb* tegen 't rad *b* (Plaat III), zoodat deze twee raderen in elkaar grijpen. Men houdt rad *aa* in dezen stand door schroef *dd* vast te stellen.

Brengt men nu 't uurwerk op de bekende wijze in beweging, dan draait 't rad *aa* in tegengestelden zin als waarin 't koord om 't klosje *z* is opgewonden, waardoor het koord afgewonden wordt, en de daaraan hangende cylinder in spiraaltouren langs de as naar beneden glijdt.

Omdat bij 't in elkaar doen sluiten der raderen *aa* en *b* het rad *aa* niet ontglipt en de cylinder naar beneden valt, is nog schroef *ee* aangebracht, welke dienen kan, om na opwinden van 't koord op het klosje, 't rad *aa* vast te stellen.

Om verschillend steile helling van de enkele om-

gangen van de spiraal te krijgen, kan men andere klosjes bezigen, die in dikte verschillen, waardoor dus 'tkoord meer of minder windingen beschrijft en de helling der spiraaltouren minder of meer steil wordt.

Ten slotte blijft nog ter beschrijving over:

III. 'tVerband tusschen het uurwerk en 'trhythmisch polyrheotoom.

Op de as *d* (Plaat III) van het uurwerk kan de rheotoomschijf *N* gezet worden, en 'tverband tusschen deze schijf en genoemde as kan men met schroef *o* regelen, alnaarmate de veer of 'tuurwerk den cylinder in roteerende beweging moet brengen, zooals op blz. 7 en blz. 10 beschreven is.

Het tafeltje met zijn twee beweegbare contactbanken *ff* en *gg* staat op de grondplaat *A* van 'tpantokymographion (zie Plaat III), en wel zoodanig dat de punten der contactstoppen (*hh* en *ii*), welke in de openingen van de schijf *N* geplaatst worden, over de koperen platen *kk* en *ll* heenstrijken. Men kan in plaats van de koperen platen kwik gebruiken. (Zie daartoe de beschrijving van 'trhythmisch polyrheotoom van Prof. *Th. W. Engelmann*. *)

Om de geleiddraden vast te klemmen, dienen de schroeven *mm* en *nn* aan de contactbanken en de schroeven *oo* en *pp* aan den beugel *qq* (Plaat III), waarin de kleine windvleugels draaien.

Het metaal van den beugel, het deksel en de grondplaat van 'tuurwerk, de as *d* en 'tuurwerk zelf, de

*) Vgl. Onderzoekingen gedaan i. h. physiol. lab. te Utrecht. Viende reeks. II. blz. 164.

rheotoomschijf N en de contactstoppen fungeeren als „gemeinschaftliche Strecke” van oneindig kleinen weerstand. **)

Wil men niet op bepaalde plaatsen van een omgang electrisch prikkelen, dan kan men zoo noodig desverkiezend de rheotoomschijf N geheel wegnemen en een eenvoudigen meencmer op de as d zetten.

**) Vgl. Das Princip der gemeinschaftlichen Strecke l. c. blz. 148.

Onderzoek van het Instrument.

Zooals we in de inleiding opmerkten en zooals uit beschrijving en afbeelding blijkt, is de bestemming van het nieuwe pantokymographion eene dubbele: het vereenigt de functies van registreertoestel met die van een rhytmisch polyrheotoom. Beide functies dienen aan een afzonderlijk onderzoek te worden onderworpen.

I. De beweging van den cylinder.

Teneinde zooveel mogelijk aan alle praktische eischen van physiologisch-graphisch onderzoek te kunnen voldoen, is de constructie eene zoodanige, dat de beweging van den cylinder in drie opzichten binnen ruime grenzen gevarieerd kan worden en wel ten opzichte van de snelheid, van den duur en van de richting.

De grenzen van de snelheid, waarmede het schrijfvlak zich voortbewegen kan, liggen tusschen $\pm 0,5$ en 150 mM. in 1 seconde. Alle snelheden, tusschen deze grenzen gelegen, kunnen worden verkregen, waardoor 't mogelijk is voor elke soort van verschijnselen, van de traagste tot de snelste, telkens de meest gewenschte snelheid aan den cylinder te geven.

Het verloop der bewegingen van gladde spieren kan dus evengoed als de snelheid der zenuwgeleiding worden bestudeerd en gemeten.

Het veermechanisme veroorlooft aan den cylinder eene beweging van uiterst korten duur ($\pm \frac{1}{2}$ sec.) mede te deelen, terwijl bij 't gebruik van 't uurwerk in verband met de inrichting tot spiraalbeweging (zakkenden cylinder) gedurende 8 uur en langer onafgebroken op denzelfden cylinder kan geregistreerd worden. De noodzakelijkheid, bewegingen van nog korteren of langeren duur te kunnen verkrijgen, zal zich dus wel niet licht voordoen.

A. Onderzoek van de beweging bij 't gebruik van het veermechanisme.

Dient de veer als drijfkracht, dan maakt de cylinder telkens slechts ééne, of, bij gebruik van den dubbelen arm op de as, slechts eene halve omwenteling. Hierbij is de beweging, zooals uit de constructie blijkt, aanvankelijk zeer snel klimmende, later tot nul afnemende.

In 't algemeen neemt de snelheid van den cylinder toe, zoolang de veer door middel van het palletje (11, zie de platen) op den horizontalen arm (13) van de cylinder-as blijft werken. De duur van die inwerking hangt af van den stand van de tweede stift (26). Laten we deze korthedshalve de „vangstift” noemen. Hoe eerder deze opgevangen wordt tusschen de beide koperen veeren (27 en 28), des te vroeger houdt de versnelling op. De cylinder draait dan verder met eene snelheid, die aanvankelijk nagenoeg constant is, maar snel afneemt, zoodra de horizontale arm tusschen de twee verstelbare horizontale stalen platen (20 en 21) weerstand ondervindt. Door die platen meer of minder naar elkaar toe te schroeven, kan men de vertraging steeds zoodanig regelen, dat de cylinder juist tot rust komt, wanneer

precies ééne, respectievelijk eene halve omwenteling volbracht is. De arm (13) bereikt dan met eene snelheid, die na genoeg nul is, 't blokje (19).

De absolute snelheden, die de cylinder op verschillende momenten na het losdrukken der veer bereikt, klimmen, ceteris paribus, met de spanning, die de veer in 't begin bezit. In de volgende tabel zijn de duur van één geheel omgang en de maximale snelheden, die het cylinderoppervlak daarbij verkrijgt, bij verschillende spanning der veer en verschillende stand van de vangstift (26) opgeteekend. De cijfers in de eerste kolom geven het nummer der opening aan, waarin de spannende stift (8), die in de tweede kolom het nummer der opening, waarin de vangstift (26) was vastgeschroefd. De tijd werd hierbij door eene stemvork van 50 trillingen in de secunde opgeschreven.

TABEL I.

Spannende stift in opening.	„Vangstift” in opening.	Duur van een omwenteling in sec.	Maximale snelheid per sec. in m. M.
4	—	1.40*	276.5
5	—	1.66*	375
6	—	1.62*	490
7	—	1.36*	590
8	—	1.16	680
8	10	1.20	680
8	12	1.34*	635
8	12 + 2	1.66*	525
10	—	0.92	900
10	12	0.96	850
10	12 + 2	1.14	775
10	12 + 4	1.32*	585

* het. volbrengt geen geheele omwenteling.

Spannende stift in opening.	„Vangstift” in opening.	Duur van een omwenteling in sec.	Maximale snelheid per sec. in m. M.
11	—	0.84	990
12	—	0.82	1040
12	12 + 2	0.88	960
12	12 „ 4	1.08	850
12	12 „ 6	1.08*	660
12 + 1	12 „ 2	0.79	1110
12 „ 2	—	0.74	1200
12 „ 2	12 + 3	0.76	1150
12 „ 2	12 „ 4	0.78	1095
12 „ 2	12 „ 6	0.88	950
12 „ 2	12 „ 7	1.02	862
12 „ 2	12 „ 8	1.04	830
12 „ 3	—	0.71	1250
12 „ 3	12 + 4	0.73	1190
12 „ 4	—	0.68	1280
12 „ 4	12 + 6	0.72	1150
12 „ 4	12 „ 8	0.80	1010
12 „ 4	12 „ 9	0.96	875
12 „ 4	12 „ 10	0.96*	725
12 „ 5	—	0.67	1330
12 „ 6	—	0.64	1400
12 „ 6	12 + 8	0.68	1260
12 „ 6	12 „ 10	0.76	1025
12 „ 6	12 „ 11	0.88	900
12 „ 6	12 „ 12	0.96*	775
12 „ 8	12 „ 10	0.68	1300
12 „ 8	12 „ 12	0.73	1075
12 „ 8	2 × 12 + 1	0.82	950
12 „ 8	2 „ 12 „ 2	1.10	800
12 „ 12	2 „ 12 „ 2	0.63	1415
2 × 12 + 6	2 „ 12 „ 8	0.59	1470

Ook bij gelijke beginspanning van de veer en gelijken stand van de „vangstift” kan de duur der omwenteling en in 'talgemeen het verloop der beweging nog eenigszins variceeren met

a. DE FIXATIE DER CYLINDERAS OP DE SCHIJF *A*
 VAN 'T POLYRHEOTOOM' DOOR DEN HORIZONTALEN
 ARM *e* EN DEN MEENEMER *f*.

Wordt de arm *e* aan 't ondereinde der as in den meenemer *f* op de schijf van 't polyrheotoom door middel van de schroef aan den meenemer geheel vastgezet, dan ondervindt de beweging der as eenen grooteren weerstand dan wanneer de arm tusschen de beide branches van den meenemer eene kleine speling in horizontale richting heeft. Dit blijkt uit Tabel II, waar in de derde en vierde kolom de maximale snelheden zijn opgegeven, verkregen bij dichtgeschroefden (3e kolom) of geopenden (4e kolom) meenemer.

TABEL II.

Spannende stift in opening.	„Vangstift” in opening	Snelheid per sec. in m.M. bij dicht- geschr. meenemer.	Snelheid p. sec. in m.M. bij ge- opend meen.
4	—	241.6	276.5
5	—	343.7	375
6	—	461	490
7	—	560	590
8	—	650	680
8	10	640	680
10	—	850	900
10	12 + 2	730	775
11	—	935	990
12	—	1010	1040
12	12 + 2	940	960
12 + 4	12 „ 8	987.5	1010
12 „ 6	12 „ 8	1245	1260
12 „ 8	12 „ 10	1290	1300
12 „ 12	2 × 12 + 2	1400	1415
2 × 12 + 6	2 „ 12 „ 8	1450	1470

b. DE WRIJVING DER OP DEN CYLINDER SCHRIJVENDE PUNTEN.

Deze invloed doet zich alleen dan gevoelen, wanneer een grooter aantal schrijvende pennen met eene kracht, veel grooter dan tot 'tverkrijgen van goede curven noodig of gewenscht is, tegen de oppervlakte van den cylinder drukken. En ook dan nog is slechts eenige invloed merkbaar, wanneer de hoeksnelheid van den cylinder gering is, dus bij geringe spanning van de veer of in 'tbegin of aan 'teinde van eene omwenteling.

Bij eene veerspanning van 5 (d. w. z. de spannende stift in opening 5) en daarboven, was zelfs, als er 5 pennen (stemvork, electrisch signaal, cardiograaf, enz.) tegelijk op den cylinder teekenden, geen invloed op het maximum der bereikte snelheid aan te toonen. Bij eene veerspanning van slechts 4 bedroeg het maximum met één schrijvende punt (stemvork) 276 m.M. in de sec; met 5 registreerende punten 272, dus een zeer gering verschil.

c. DE WRIJVING DER CONTACTEN VAN HET POLY-RHEOTOOM.

Deze invloed is nul bij het gebruik der kwikecontacten en ook zoo goed als nul bij gebruik van koperen pen-seelen en koperen banken, ja, zelfs bij 'tgebruik van koperen veeren en koperen banken, wanneer men door regeling van den stand der contactbanken en der contactstoppen zorg draagt, dat de wrijving niet veel grooter wordt, dan voor vorming van een goed contact toereikend is.

Ook doet zich die invloed in 'talgemeen slechts voe-

len, wanneer er een groot aantal veercontacten op één omgang worden gebruikt en bij geringe snelheid van den cylinder. De maxinale snelheden, verkregen met en zonder 16 contacten (koperen veercontact.) bedroegen bijv.

TABEL III

Spannende stift in opening.	„Vangstift” in opening.	Snelheid p. sec. met 16 contacten.	Snelheid p. sec. zonder contacten.
6	—	478	490
8	—	670	680
8	10	675	680
8	12	630	635
10	—	885	900
10	12	840	850
10	12 + 2	760	775
12	—	1010	1040
12	12 + 2	950	960
12	12 „ 4	840	850
12	12 „ 6	650	660

B. Onderzoek van de beweging bij 't gebruik van het uurwerk.

Wordt het raderwerk met de gewichten als motor van den cylinder gebruikt, dan verkrijgt men met behulp der windvleugels eene beweging, die na korten tijd in het algemeen constant wordt en blijft, totdat de beweging wordt tegengehouden.

De snelheden, door verschillende gewichten in verband met de twee verschillende wisselraden en de groote en kleine windvleugels (bij verschillende weerstanden dezer vleugels), verkregen, blijken uit de

volgende tabel, bij de twee extreme standen der windvleugels (radiaal en tangential).

Door aan de platen der windvleugels verschillende standen te geven, kunnen ook alle tusschen de beide uitersten liggende snelheden verkregen worden.

In de tabel zijn met een * gemerkt de combinaties, waarbij de beweging in merkbare mate, met ** die, waarbij ze in hooge mate, met „slecht“ die, waarbij ze geheel onregelmatig en daardoor onbruikbaar was.

TABEL IV.

SNELHEID IN MM. EN PER SECONDE.

Gewichten in Kgr.	Windvleugels		1 Katrol.		2 Katrollen.		3 Katrollen.	
	kleine	grootte	Wisselrad		Wisselrad.		Wisselrad.	
	Weerstand		snel.	langz.	snel.	langz.	snel.	langz.
12	klein- ste.	af- gesteld	235	34	190	22	150	15.5
10	"	"	212	30.1	170	20	132.5	14
8	"	"	165	27.5	150	18	115	12
6	"	"	116	23	125	+ 15*	92.5	+ 9*
4	"	"	95	18.8	100	+ 11.7*	+ 65	+ 5.4**
2	"	"	+ 67*	+ 7.5*	70*	+ 6.5**	slecht.	slecht.
12	groot- ste.	af- gesteld	111	11.7	74	7.8	55	5.4
10	"	"	101	10.6	68	7	49	4.6
8	"	"	90	9.6	60	6.2	42*	3.9
6	"	"	75	7.9	50	5.4	33**	3.1*
4	"	"	65	6.6	42	+ 5*	slecht.	slecht.
2	"	"	+ 45*	+ 4.2*	25	slecht.	slecht.	slecht.
12	af- gesteld	klein- ste.	41	4.5	27.4	2.9	22	2
10	"	"	37.5	4	25	2.6	19	1.8
8	"	"	32	3.5	22.8	2.3	17	1.4
6	"	"	28	2.9	19.2	1.9	+ 14*	+ 1*
4	"	"	+ 22.5*	2.4	14.5	+ 1.4*	+ 11*	slecht.
2	"	"	+ 15*	+ 1.3*	+ 8.6*	slecht.	slecht.	slecht.
12	af- gesteld	groot- ste.	20.5	2.2	13.3	1.5	10.5	1.1

SNELHEID IN M.M. EN PER SECONDE.

Gewichten in KGr.	Windvleugels		1 Katrol.		2 Katrollen.		3 Katrollen.	
	kleine	grootte	Wisselrad.		Wisselrad.		Wisselrad.	
	Weerstand		snel.	langz.	snel.	langz.	snel.	langz.
10	af- gesteld	groot- ste	19.2	1.9	12	1.3	9.7	0.8
8	"	"	17	1.7	10.6	1.1	8.2	0.7
6	"	"	14.3	1.4	8.4	0.9	6.7	0.55
4	"	"	11.7	$\pm 1.2^*$	7	$\pm 0.68^*$	$\pm 5.2^*$	slecht.
2	"	"	$\pm 7.8^*$	$\pm 0.7^{**}$	4.2	slecht.	slecht.	slecht.

Het blijkt uit de tabel, 't geen a priori te wachten was, dat de beweging onregelmatig begint te worden, zoodra de drijfkracht beneden eene zekere grootte, in 't algemeen beneden 6 KGr. bij 2 Katrollen daalt.

De snelheden, beneden welke de constantie der beweging gebrekkig wordt, zijn verschillend, naar gelang der combinatie. Zoowel bij vrij grootte als bij geringe snelheid kan de inconstantie hinderlijk worden.

Daar men dezelfde snelheid door verschillende combinaties verkrijgen kan, dient men dus, wanneer men bij eene bepaalde snelheid wenscht te registreeren, de meest geschikte combinatie te kiezen; welke, blijkt voldoende uit tabel IV.

In 't algemeen zal men goed doen, met grootte drijfkracht (gewichten boven 6 KGr.) te werken.

Aangezien de gang van het raderwerk, wat fijnere bijzonderheden aangaat, bij ieder exemplaar van het pantokymographion verschillen, en ook bij 't zelfde toestel met den tijd eenigzins veranderen zal, is 't overbodig hierop verder in te gaan.

In het gelijktijdig registreeren van eene stemvork heeft men altijd het middel om eventueele onregelmatigheden in den gang van den cylinder praktisch onschadelijk te maken.

Het spreekt van zelf, dat bij het gebruik van het uurwerk de beweging door dezelfde invloeden zal gewijzigd kunnen worden, die boven bij het veermechanisme onder $a-c$ besproken werden.

Practisch van gewicht zijn alleen de punten a en c .

Men moet zorg dragen, dat de verbinding tusschen de cylinderas en de rheotoomschijf niet onbewegelijk is; dus dat de schroef van den meenemer niet vast aangeschroefd wordt, maar dat eene minimale speling van den horizontalen arm e in den meenemer f mogelijk blijft. Buitendien is het ook wenschelijk de rheotoomschijf niet zeer vast aan de as van het uurwerk te schroeven, maar de schroef a niet meer aan te draaien dan noodig is om de rheotoomschijf en den cylinder zeker te doen meenemen.

Met betrekking tot punt c , nl. de wrijving der contacten, is, althans bij geringe drijfkracht, er op te letten, dat bij het gebruik van koperen veeren de wrijving op de koperen banken niet meer dan hoog noodig zij. Bij langzame beweging (30 m.M. en minder in de sec.) zal men in het algemeen veel beter van kwikcontacten gebruik maken, die onder deze omstandigheden even veilig werken als de koperen contacten.

Wordt met de beweging door het uurwerk tevens de inrichting tot 't zakken van den cylinder gebezigd, dan beschrijft ieder punt van het cylinderoppervlak eene spiraallijn, waarvan men de belling tot de horizontale

en daarmede het aantal omgangen op een vel kan variëren, door verschillende klossen op de as van het rad *aa* te schroeven. Bij de dunste klos is de helling een minimum: 1°, het aantal omgangen dus een maximum (30); bij de beide andere klossen respect. 1,5 en 18, en 2° en 12.

Naarmate de snelheid van rotatie verschilt, verschilt ook de tijd binnen welken de cylinder van den hoogsten tot den laagsten stand op de as afzakt, dus de duur der geheele spiraalbeweging. Die tijd bedraagt bij de grootste, door 't uurwerk te verkrijgen snelheid (235 mM. per sec.) voor de 3 klossen resp. ongeveer 73, 45 en 30 sec.; bij de kleinste snelheid (0.55 mM. per sec.) resp. 8 uur 44 min., 5 uur 24 min., 3 uur 36 min. *) De uitersten, binnen welke de duur continueel gevarieerd kan worden, staan dus ongeveer tot elkaar als 1 : 1050.

Het zakken heeft zeer regelmatig plaats, zonder schokken, wanneer de stift *r*, waaraan de cylinder wordt opgehangen, goed in de as gecentreerd is. Hiervoor kan men door middel van de schuifnrichting *F* (fig. 6 Plaat VI) zorgen.

Overigens zijn ook bij de spiraalbeweging dezelfde cauteelen in acht te nemen, die bij de horizontale beweging werden besproken.

In twijfelachtige gevallen, waar het op zeer nauwkeurige tijdsbepalingen aankomt, zal men onder de physiologische curven de chronoscopische lijn moeten blijven teekenen.

*) De omtrek van de horiz. doorsnede van den cylinder is $\pm$ 60 cM.

II. De functies van het rhythmisch polyrheotoom.

Door de vaste verbinding van het rhythmisch polyrheotoom met het pantokymographion wordt het laatste tevens eene inrichting tot sluiten en verbreken van electrische stroomen, dus tevens een toestel voor electrische prikkeling.

De veelvuldige toepassingen, die de eigenaardige inrichting van het polyrheotoom toelaat, zijn in de beide verhandelingen van Prof. *Engelmann* *) uitvoerig, zoo-wel uit een theoretisch als uit een praktisch oogpunt besproken. Ik kan daarom naar deze opstellen verwijzen en mij hier beperken tot de bijzonderheden, die uit de combinatie met het pantokymographion voortkomen.

De vaste verbinding van rheotoomschijf en cylinderas met behulp van den meenemer had ten doel, telkens bij precies dezelfde standen van den cylinder de sluiting of verbreking van eenen stroom te doen plaats hebben. Bij horizontale beweging van den cylinder, hetzij door het veermechanisme, hetzij door het uurwerk, zouden dus de momenten van sluiting en opening (laten we ze in 't kort „nulpunten” noemen) telkens op dezelfde plaatsen moeten vallen van de cirkelvormige abscis, hoe dikwijls ook de omdraaiing herhaald wordt.

Bij trapsgewijze verticale verplaatsing van den cylinder langs de as met de hand en met behulp van de beide schroeven (boven en onder aan den cylinder), moesten de corresponderende „nulpunten” der verschillende omgangen in ééne verticale lijn boven elkander liggen; evenzoo bij de spiraalbeweging van den zakkenden cylinder.

*) I. e., zie ook Pflügers Arch. Bd. 52, pg. 592 en pg. 603. 1892.

Aan dien eisch zal volkomen streng alleen kunnen voldaan worden bij gebruik van de koperen contactveeren, minder streng bij koperen penseelen of platina-kwik-contact. De stand van de koperen penseelen en hunne haartjes zal immers allicht onder de proef een weinig kunnen veranderen en evenzoo zullen, vooral bij snelle omwenteling de momenten, waarop de sluiting en opening door kwik plaats heeft, niet altijd volkomen dezelfde zijn, al blijft alles schijnbaar volmaakt hetzelfde. De ondervinding bevestigt die verwachtingen en gebiedt dus daar, waar het op werkelijk absoluut constante ligging der nulpunten aankomt, van de koperen veeren voor contactvorming gebruik te maken.

De koperen stoppen, waaraan deze veeren zitten, moeten vast in de conische openingen der rheotoomschijf gedrukt, en de koperen banken zoo geplaatst worden, dat de punten der veeren bij het overheen glijden niet te weinig, maar ook niet te veel weerstand ondervinden, iets, dat steeds gemakkelijk te bereiken is.

Het is verder wenschelijk, vóór 't begin der proef telkens eerst eenige omgangen te doen uitvoeren, daar ook de veeren wegens hunne niet volkomen elasticiteit aanvankelijk nog een weinig in stand kunnen veranderen.

De rheotoomschijf moet buitendien met de as van den cylinder zoo goed als onbewegelijk verbonden zijn door de schroef van den meenemer zoo aan te draaien, dat de arm *e* van de cylinderas slechts eene minimale horizontale speling tusschen de branches van den meenemer heeft.

En eindelijk moet de cylinder geen tangentialen verplaatsing ten opzichte van zijne as kunnen ondergaan.

Het laatste doel wordt in die gevallen, waar niet van de spiraalbeweging gebruik gemaakt wordt, volkomen bereikt door den cylinder met behulp der beide stevige schroeven op de stalen as vast te zetten. Daar de conische punten dezer schroeven in de wigvormige verticale sleuf der as grijpen, wordt niet alleen eene horizontale verschuiving van den cylinder op de as gedurende de enkele omwenteling geheel voorkomen, maar ook een verplaatsen van den cylinder langs de as in volkomen verticale richting mogelijk gemaakt en daarmede eene streng verticale superpositie der nulpunten.

Ten bewijze van die absolute standvastigheid van de ligging der nulpunten gedurende eene reeks van opeenvolgende proeven, dienen de figuren 1—8 (Plaat VII), terwijl fig. 9 als model en controle van de spiraalbeweging is bijgevoegd.

Uit de afbeeldingen, vooral uit de figuren 3, 5, 6 en 8 blijkt tevens de bijzondere geschiktheid van het instrument voor onderzoek en demonstratie van verschillende belangrijke physiologische feiten en wetten, de spier- en zenuwphysiologie betreffende.

Figuur 1. VEERMECHANISME.

Verticale verplaatsing van den cylinder langs de as met de hand. Bevestiging op de as door beide schroeven. 18 paar curven bij verschillende (tusschen 450 mM. (n°. 18) en 1000 mM. (n°. 3) per sec. varieerende) snelheden van beweging, boven elkaar geteekend. Op de bovenste lijn van ieder paar is eene kortdurende sluiting van eenen galvanischen stroom van 2 Groves door een electrisch signaal (model van Pfeil), daaronder

de stemvork van 50 trillingen in de sec. opgeschreven. De stemvork heeft telkens slechts één enkele keer geteekend, de beweging van het electrisch sein is telkens 5 maal op dezelfde abscis geregistreerd. Niettegenstaande er dus telkens bij dezelfde snelheid op dezelfde plaats van den omgang 5 curven op elkaar vallen, is er toch slechts eene enkelvoudige lijn geteekend, die in de meeste gevallen zelfs minder dan 0,1 mM. dik is. *) De congruentie der 5 curven in iedere proef strekt zich tot op de kleinste bijzonderheden uit. Dit verdient te meer opmerking als de vorm der curven uiterst samenges teld is. Er blijkt tevens hieruit de nagenoeg ideale constantie in de werking van het gebruikte electro-magnetische signaal.

De verticale rechte lijn, getrokken door de nulpunten, aan de sluiting beantwoordende, bewijst de streng verticale verplaatsing van den cylinder langs de verticale sleuf der as.

Figuur 2. VEERMECHANISME.

Verticale verplaatsing van den cylinder langs de as met de hand, als in figuur 1. Isotonische contracties van een *Musc. gastrocnemius* van *Rana temporaria* bij prikkeling van den Nerv. ischiadicus, 1 mM. boven de knie door een enkelen sluitingsinductieslag van gelijke sterkte. Hefboom 25 cM. lang; vergrooiting 6 maal. Belasting 50 gr. op 2,3 mM. afstand van de as. Stemvork $\frac{1}{50}$. Snelheid ongeveer 550 mM. in de sec.

Op de onderste abscis zijn 10 contracties, op de daaropvolgende 34 omgangen telkens één contractie ge-

*) Slechts in de curve 7 en gedeeltelijk ook in 11 en 17 is hier en daar de lijn iets dikker of zelfs dubbel.

schreven; tusschen deze laatste liggen telkens ongeveer 20 seconden, waarin eene abscis, zonder prikkeling, geschreven en de cylinder telkens ongeveer $\frac{1}{2}$ cM. langs de as, die eene verdeeling in halve centimeters draagt, verplaatst werd.

De eerste verticale rechte lijn ($o-o$) verbindt de momenten van sluiting van den prikkelenden stroom; de tweede de momenten van begin der stijgende energie. Deze laatste lijn helt niterst zwak naar rechts over; de horizontale afstand van beide lijnen op de onderste abscis bedraagt 9,8 mM., op de bovenste, die ongeveer 12 minuten later geteekend is, 10,5 mM. In die verhouding is dus het stadium van latende energie gedurende dien tijd langer geworden. De hefhoogte is in dien zelfden tijd van 23,3 mM. tot 22,2 mM. gedaald.

Figuur 3. VEERMECHANISME.

Contracties van eenen *Musc. gastrocnemius* van *Rana* temp. tengevolge van prikkeling van den Nerv. ischiadicus door een enkelen sluitingsinductieslag van constante sterkte, afwisselend 5 maal 69 de knie (a) en 5 maal 40 mM. hooger op (b). Stemvork $\frac{1}{50}$.

De 5 contracties a en eveneens de 5 contracties b vallen althans in het begin zoo volkomen samen, dat de bepaling van het begin van contractie in beide gevallen even scherp mogelijk is, alsof er slechts ééne enkele contractie ware geteekend. Uit het verschil in latentie kan in dit geval eene snelheid van zenuwgeleiding van 12,3 M. in de sec. berekend worden. De werkelijke waarde is een weinig lager, daar de contracties b iets hooger zijn dan de contracties a , dus een

weinig vroeger komen dan ze bij gelijke hoogte als *a* zouden gekomen zijn. De zenuw was tot minder dan 10° C. afgekoeld.

Figuur 4. VEERMECHANISME.

Contracties van eenen gecurariseerden *Musc. gastrocnemius* van *Rana temp.*, bij prikkeling met eenen openings-inductieslag van constante sterkte op dezelfde abscis geregistreerd in pauzen van 15 sec. Stemvork. $\frac{1}{50}$ ".

De 5 curven dekken elkaar volkomen tot aan het einde der verslapping. Eerst de natrillingen toonen, dat er meer dan eens geprikkeld werd. Stadium van latente energie is 0,01 sec.

Figuur 5. VEERMECHANISME.

Verticale verplaatsing van den cylinder met de hand als in fig. 1 en 2. Bepaling der latente energie bij direkte prikkeling van een' gecurariseerden *Musc. gastrocnemius* van *Rana tempor.* met sluitingsinductieslagen van klimmende sterkte in intervallen van ongeveer 20 sec. Bloedstroom in de spier ongestoord. Vergroting der beweging door den hefboom 25 maal; stemvork $\frac{1}{50}$ ".

De stroomsterkten klimmen van de onderste tot de bovenste abscis van 35 tot achtereenvolgens 40, 50, 75, 100, 125 en 150 (op dezelfde abscis), 250, 300, 500 en 750 (de stroomsterkte bij 0 rolafstand = 1000 gerekend).

Het allengs korter worden van het stadium der latente energie met stijgende intensiteit van den stroom (van $\pm 0,035$ sec. bij $i = 35$ tot $\pm 0,013$ bij $i = 750$) blijkt hier op de meest aanschouwelijke wijze.

Figuur 6. VEERMECHANISME.

Dezelfde proef als bij figuur 5, 6.5 maal vergroot door een hefboom van 10 cM. lengte, de verschillende contracties echter niet boven elkaar maar op dezelfde abscis van hetzelfde nulpunt uit geteekend. Het verband tusschen sterkte van prikkeling, lengte van contractie en duur van latente energie blijkt hier op niet minder aanschouwelijke wijze dan uit figuur 5.

Figuur 7. BEWEGING DOOR 'TUURWEK.

Contracties van eenen gecurarieerden *Musc. gastrocnemius* van *Rana tempor.*, bij prikkeling door een openingsinductieslag van telkens gelijke sterkte, 5 maal achtereenvolgens op dezelfde abscis, in pauzen van 15 sec. geregistreerd. Bloedeirculatie in de spier zoo goed als normaal; stemvork $\frac{1}{50}$ ".

Ook hier vallen de 5 curven, evenals in fig. 4 zoo volmaakt samen, dat ze in 't origineel alleen bij onderzoek met de loep op den eersten en tweeden top der verkorting niet eene enkelvoudige lijn blijken te zijn.

Figuur 8. BEWEGING DOOR 'TUURWEK.

Vermoeienis van eenen gecurarieerden *Musc. gastrocnemius* van *Rana tempor.* door dikwijls herhaalde directe maximale prikkeling in korte intervallen met eenen sluitingsinductieslag.

Op de middelste lijn sluiting en opening van den primairen stroom, op de onderste de stemvork in $\frac{1}{50}$ ".

De cylinder maakte 5 omgangen; op elken omgang werd 8 maal in intervallen van 1.7" geprikkeld; één dier plaatsen van den omgang is afgebeeld. De 5

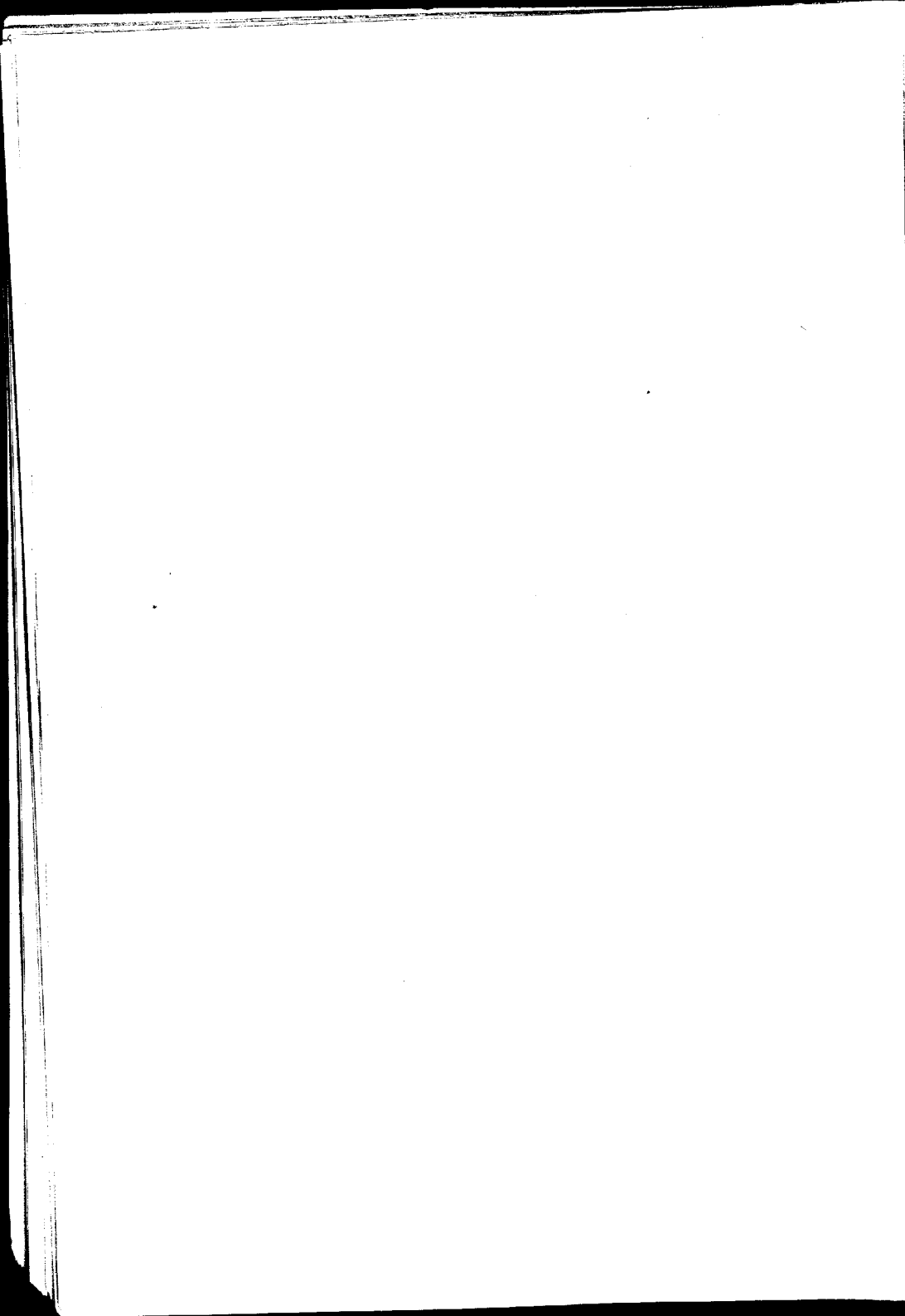
contracties beginnen op precies hetzelfde punt, ongeveer 0.01" na het moment van sluiting.

De eerste is de hoogste, het maximum van verkorting wordt het vroegst bereikt en de verslapping geschiedt het snelst, met groote elastische naschommelingen der nog zeer uitrekbare en zeer volkomen elastische spier. De volgende contracties worden telkens kleiner, het maximum wordt later bereikt en de verslapping heeft telkens langzamer plaats, zoodat de curven elkander in het neerdalende gedeelte snijden.

Figuur 9. SPIRAALBEWEGING.

Uurwerk en continueel zakkende cylinder. Electrisch signaal en stemvork van $\frac{1}{10}$ ". De momenten van sluiting en opening liggen op de 22 omgangen vertikaal boven elkander, nauwelijks minder precies als in de fig 1, 2 en 5. De snelheid van rotatie op de verschillende omgangen verschilt nauwelijks merkbaar; groote constantie van den vorm der curven door het electromagnetisch signaal getcekend.

OVER DE SNELHEID VAN GELEIDING
IN DE
MERGVRIJE ZENUWFIBRILLEN DER CORNEA.



Over de snelheid van geleiding in de mergvrije zenuwfibrillen der cornea.

Het pantokymographion levert door zijne verbinding met veermechanisme en polyrheotoom onder vele andere ook het groote voordeel op, dat bepalingen der snelheid van zenuwgeleiding in zeer groot getal snel achter elkaar er mede kunnen worden verricht.

Van dit voordeel heb ik op verzoek van Prof. *Engelmann* gebruik gemaakt ter beslissing van de vraag, welke de snelheid is der zenuwgeleiding in mergvrije terminale zenuwfibrillen.

Alle bepalingen omtrent zenuwgeleiding zijn tot dusverre gedaan op grootere zenuwstammen, hebben dus in hoofdzaak betrekking op merghoudende dikkere zenuwvezelen.

De vraag of de snelheid van geleiding tot aan de laatste dunste uiteinden der zenuwvezelen dezelfde, of althans van dezelfde orde blijft als in de stammen, moet om verschillende redenen belangrijk geacht worden. In de eerste plaats met 't oog op de algemeene physiologie der zenuwvezelen zelve en dan met 't oog op de theorie van verschillende geleidingsprocessen, waarbij zenuwvezelen medewerken of waarbij zoodanige medewerking wordt ondersteld of beweerd.

Tot de verschijnselen van laatstgenoemden aard be-

hooren bovenal die der peristaltische beweging van gladde spierrokken (ureter, darm, vas, deferens, oviduct, enz.) en de daarmee verwante van het hart.

Hoewel door de proeven van *Engelmann* en *Bouvin* op den ureter, door die van *Engelmann* en *van Brakel* op de darmen, die van *A. Fick*, *Engelmann*, *Gaskell*, e. a. op het hart streng is bewezen, dat eene peristaltische voortplanting van den prikkel door zuivere spiergeleiding — zonder medewerking van zenuwen — bestaat, worden er toch steeds nog stemmen gehoord, die — althans voor sommige gevallen — de oude hypothese willen blijven handhaven, volgens welke peristaltische beweging door gecoördineerde werking van gangliën en zenuwen, in de betreffende organen gelegen, zouden tot stand kunnen komen.

Men moet erkennen, dat de verklaring der peristaltiek door zuivere spiergeleiding geen rekenschap geeft van de functie der zenuwvlechten, die in vele (niet in alle) gevallen in de peristaltisch bewegelijke spiermassa's worden gevonden. Het schijnt o. a. moeielijk aan den plexus van *Auerbach*, aan de intracardiale zenuwgangliën andere dan motorische functies toe te schrijven.

Zonder op alle argumenten vóór en tegen deze opvatting nader in te gaan, is echter dit zeker, dat de peristaltiek in spiermassa's zonder gangliëncellen (kamerpunt, middelste gedeelte van den ureter e. a.) slechts dan op zenuwgeleiding zouden *kunnen* (maar niet *moeten*) berusten, als de snelheid van geleiding in de betreffende zenuwen honderde malen kleiner ware dan in de zenuwstammen.

De snelheid der peristaltische en antiperistaltische ge-

leiding in den ureter van 'tkonijn bedraagt zelfs bij normale lichaamstemperatuur zeker niet meer dan 50 m.M. in de secunde; in de kamerpunt van het uitgesneden kikvorschhart bij $\pm 15^{\circ}$ C. eveneens slechts eenige centimeters, en onder het afsterven daalt die snelheid allengs tot op eenige millimeters in de secunde en minder, terwijl de snelheid van geleiding in de vezelen der zenuwstammen bij warmbloeders gemiddeld zeker hooger dan 30 Meter, bij kikvorschen zeker niet veel minder dan 30 M. bedraagt, en bij 'tafsterven ook slechts weinig beneden deze waarde daalt. Zelfs in den Anelectrotonus en in door ijs sterk afgekoelde zenuwen plant zich de prikkel nog met eene snelheid van Meters, dus 1000 en meer malen sneller voort dan de peristaltische prikkel in hart of ureter onder gelijke voorwaarden.

De zenuwvezelen in de spiermassa van hart en ureter nu verschillen van die der zenuwstammen morphologisch vooral daarin, dat ze in hoofdzaak zijn naakte, mergvrije fibrillen.

Men kan a priori de mogelijkheid niet betwisten dat deze bleeke terminale fibrillen de prikkels langzamer geleiden dan de dikkere merghoudende vezelen der zenuwstammen. Hoewel het in de hoogste mate onwaarschijnlijk mocht heeten, dat het verschil in geleidingssnelheid zoo enorm groot zoude zijn als ter verklaring der peristaltick door zenuwgeleiding zoude moeten worden aangenomen, scheen het toch wenschelijk door proeven rechtstreeks uit te maken of er zoodanig groot verschil bestaat.

Teneinde dit te beslissen moesten objecten gekozen

worden, waarin bleeke zenuwvezelen op verschillende plaatsen hunner lengte op macroscopische afstanden van elkander verwijderd konden geprikkeld, en waarbij het effect der prikkeling tevens geregistreerd kon worden.

Aangezien de snelheid, volgens de zenuwtheorie der peristaltiek, hoogstens weinige cM. in de secunde groot mocht zijn, behoeften die macroscopische afstanden een of weinige millimeters niet te overtreffen. Bij eene snelheid b. v. van 50 mM. zoude immers aan een verschil van 1 mM. zenuwlengte reeds een verschil in reactietijd van $\frac{1}{50}$ sec. beantwoorden; een verschil, reeds bij een betrekkelijk zeer geringe rotatiesnelheid van den cylinder met zekerheid te meten.

Een geschikt object meende Prof. *Engelmann* in de cornea te zien, waarin met uitzondering van de peripherie uitsluitend bleeke fibrillen van de dunste afmetingen zich verspreiden, en waarvan de prikkeling zeer gemakkelijk te registreeren reflexbewegingen van oog en oogleden uitlokt.

Bij prikkeling, afwisselend in het centrum en aan de peripherie der cornea — dus op plaatsen, bij groote kikvorschen 3 à 4 mM. van elkaar verwijderd — moesten de reflexen in 't eerste geval merkbaar later komen dan in 't tweede, indien het onderstelde verschil in geleidings-snelheid bestond.

Ik heb een groot getal van dergelijke bepalingen met ons toestel verricht, waarbij ik deels van electrische, deels van mechanische prikkeling gebruik maakte en de reflexbewegingen (*retractio bulbi*) registreerde door middel van een licht 100 mM. lang aluminiumhefboompje, waaraan het oog bevestigd was door een fijnen zijden

draad, die met eene fijne naald door den bovensten bulbuswand heengevoerd en hier vastgeknoopt werd. De reflexbewegingen werden bij eene snelheid van meestal 300-1000 mM. 6 of 10 maal vergroot, opgeschreven.

De kikvorsch lag door een vochtigen zwachtel omhuld, onbewegelijk op een aan 't statief bevestigd plankje. In den zwachtel was op de hoogte van 't oog een vierkant gat van $\pm 1 \text{ cm}^2$ uitgeknipt.

Bij de electriche prikkeling bezigden wij enkel sluitings- of openingsslagen, afkomstig van een slede-toestel van du Bois-Reymond-Bowditch met eene cel van Grove verbonden. Sluiting en verbreking van den primairen stroom geschiedde door twee koperen contactbanken en twee koperen veeren in de polyrheotoomschijf van het pantokymographion; één der banken was met den primairen, de andere met den secundairen klos verbonden; de andere polen der beide klossen met de klemschroeven aan den koperen beugel (gg Plaat III) van 't uurwerk.

Alles kwam op nauwkeurige localisatie van den electriche prikkel aan. Deze trachtten wij te bereiken door de electroden (zilveren naalden met stukjes darm overtrokken) zoo dicht mogelijk naast elkander, meestal op $\pm 1 \text{ mM.}$ afstand op de cornea te zetten en verder door met de zwakste stroomen te werken, die nog een duidelijk effect gaven.

Ter controle werd door bevochtiging met cocaine onderzocht of de bewegingen van het oog werkelijk van de zenuwen der geprikkelde plaats uitgingen en niet aan stroomlissen waren te danken, die hetzij

verder afgelegen sensibele draden van cornea, bulbus of huid, of misschien zelfs de oogspieren en hunne zenuwen hadden geraakt.

Allcen van zoodanige gevallen is in 'tvolgende melding gemaakt, waarbij strenge localisatie der prikkeling op de gewenschte plaats mocht worden aangenomen.

Om ieder gevaar, aan de electriche prikkeling verbonden, uit te sluiten, hebben we ook nóg van mechanische prikkels gebruik gemaakt.

Daartoe werd aan het schrijvende puntje van 't electromagnetisch signaal van *Pfeil* een klein stukje kurk met lak bevestigd en het toestel zoo geplaatst, dat bij sluiting van den stroom (eveneens door het koperenvoercontact van de rheotoomschijf bewerkstelligd) de kurken punt even óf het centrum óf de peripherie der cornea raakte. Die aanraking lokte eene reflexbeweging uit, waarvan de grootte ook bij veelvuldig herhaalde prikkeling derzelfde plaats dikwijls vrij constant bleef. Bij de snelheid en gelijkmatigheid, waarmede het signaal van *Pfeil* reageert, (zie de vroeger medegedeelde proeven en fig. 1 Plaat VII) komt, bij plaatsing van 't kurkje telkens op gelijken minimalen afstand van 't epithelium, de tijd tusschen moment van stroomsluiting en moment van mechanische prikkeling der sensibele zenuwen bij de bepaling van den rextijd niet in aanmerking, want hij is te kort en daarbij voldoende constant.

Van groot gewicht was het de sterkte der prikkeling zoodanig te regelen, dat de grootte der reflexcontracties in de te vergelijken gevallen niet verschilde. Is dit reeds vrij moeielijk bij directe prikkeling van een motori-

schen zenuwstam op verschillenden afstand van de spier, nog grooter is de moeielijkheid bij reflectorische prikkeling. In dit geval hangt buitendien in nog hoogere mate dan in 't eerste, naar men reeds uit *Helmholtz's* eerste onderzoekingen weet, de duur van de latentie van de sterkte van den prikkel af. Evenwel bleek het bij het oog toch mogelijk, deze bron van fouten onschadelijk te maken, want én grootte én vorm van reflexbeweging van 't oog waren niet zelden ook bij dikwijls herhaalde prikkeling op de twee verschillende plaatsen gelijk en constant.

In zulke gevallen werd dan gedurende langeren tijd achtereen een groot aantal bepalingen gedaan, afwisselend bij prikkeling van het centrum der cornea en van de peripherie of van de huid in de naaste omgeving van den bulbus. In elk geval werden alleen de latentietijden vergeleken van reflexcontracties van gelijken vorm en gelijke grootte bij gelijken aard van prikkeling (electrisch of mechanisch) van hetzelfde oog met denzelfden hefboom bij gelijke belasting en vergrooting verkregen.

In de volgende tabellen zijn de uitkomsten van mijne proeven vereenigd.

Tot nadere toelichting nog het volgende: terwijl in Tabel III en volgende slechts de gemiddelde waarden uit de bijeenhoorende reeksen van proeven zijn opgegeven, zijn in Tabel I en II twee proeven in extenso medegedeeld, teneinde eene voorstelling te geven van aard en grootte der afwijkingen in hefhoogte (H) en latentieduur (L) der reflexbewegingen, die onder schijnbaar gelijke omstandigheden werden waargenomen.

TABEL I.

Proef van 26 Sept. 1894. *Rana temporaria*. Cornea-centrum en sclera afwisselend met een openingsinductieslag geprikkeld, in pauzen van 20 sec. Naaldelectroden met dunnedarm overtrokken. 1 Grove. Kleine slede, toestel van *du Bois-Reymond* zonder ijzerkern. Sluiting en opening van den primairen stroom door koperen veerecontact van polyrheotoomschijf op de cylinderas. Sluitingsduur 0,004". Telkens na eene reeks van 8 proeven (2 cornea, 4 sclera, 2 cornea) wordt de sterkte van den prikkelenden stroom verhoogd door wijziging van den rolafstand. Aangezien bij de reflexbewegingen van het oog het contact tusschen electrodenuiteinden en epithelium en daarmee de dichtheid op de plaatsen van prikkeling een weinig veranderen kan, is de sterkte der prikkeling niet in volkomen standvastige verhouding tot de (in procenten der maximale) opgegeven intensiteit i der prikkelende stroomen. De vorm der contracties was in alle proeven dezelfde, althans in de 3e—6e serie zooals bij de meeste reflexcontracties van een duidelijk tetanisch karakter.

Veermecanisme. Geregistreerd bij eene snelheid van 685 mM. 1 mM. abscislengthe = 0,00146 sec.

De proeven in Tabel I staan in streng chronologische volgorde.

REEKS I $i = 25$.

	H.		L.	
Cornea	7.0	mM.	26.5	mM.
"	8.6	"	26.0	"
Sclera	9.2	"	25.8	"
"	8.8	"	25.7	"

	<i>H.</i>		<i>L.</i>
Sclera	9.8 mM.	24.8 mM.	
"	9.4 "	24.8 "	
Cornea	9.8 "	24.8 "	
"	9.8 "	24.8 "	
Cornea gemidd.	8.8 mM.	25.52 mM. = 0.03726 sec.	
Sclera gemidd.	9.3 "	25.28 " = 0.03691 "	

REEKS II $i = 30.$

	<i>H.</i>		<i>L.</i>
Cornea	8.8 mM.	24.5 mM.	
"	8.6 "	25.0 "	
Sclera	9.5 "	24.5 "	
"	8.6 "	24.5 "	
"	12.0 "	23.0 "	
"	8.2 "	24.0 "	
Cornea	4.3 "	26.5 "	
"	5.6 "	26.5 "	
Cornea gemidd.	6.83 mM.	25.05 mM. = 0.03657 sec.	
Sclera gemidd.	9.57 "	24.00 " = 0.03504 "	

REEKS III $i = 40.$

	<i>H.</i>		<i>L.</i>
Cornea	8.8 mM.	22.2 mM.	
"	7.5 "	23.8 "	
Sclera	10.8 "	22.0 "	
"	7.4 "	22.5 "	
"	7.8 "	23.0 "	
"	8.8 "	22.9 "	
Cornea	7.8 "	22.9 "	
"	8.0 "	23.4 "	
Cornea gemidd.	8.02 mM.	22.82 mM. = 0.03317 sec.	
Sclera gemidd.	8.70 "	22.60 " = 0.03300 "	

REEKS IV $i = 50.$

	<i>H.</i>		<i>L.</i>
Cornea	10.0 mM.	22.4 mM.	

	<i>H.</i>		<i>L.</i>
Cornea	10.0 mM.	22.4 mM.	
Sclera	9.8 "	22.3 "	
"	12.5 "	23.8 "	
"	13.0 "	22.0 "	
"	11.4 "	22.0 "	
Cornea	10.0 "	22.2 "	
"	10.0 "	22.0 "	
Cornea gemidd.	10.0 mM.	22.25 mM. = 0.03248 sec.	
Sclera gemidd.	11.67 "	22.52 " = 0.03288 "	

REEKS V $i = 60.$

	<i>H.</i>		<i>L.</i>
Cornea	13.5 mM.	20.4 mM.	
"	13.5 "	20.8 "	
Sclera	11.0 "	20.2 "	
"	10.4 "	21.2 "	
"	12.3 "	20.8 "	
"	13.8 "	19.8 "	
Cornea	15.0 "	18.6 "	
"	15.0 "	18.3 "	
Cornea gemidd.	14.125 mM.	19.52 mM. = 0.0285 sec.	
Sclera gemidd.	11.9 "	20.5 " = 0.02993 "	

REEKS VI $i = 70.$

	<i>H.</i>		<i>L.</i>
Cornea	14.0 mM.	19.0 mM.	
"	14.2 "	18.3 "	
Sclera	14.8 "	19.0 "	
"	13.8 "	19.3 "	
"	14.2 "	19.3 "	
"	13.0 "	19.6 "	
Cornea	12.4 "	20.0 "	
"	14.5 "	18.0 "	
"	14.5 "	18.0 "	
"	14.5 "	18.0 "	
Cornea gemidd.	14.01 mM.	18.55 mM. = 0.02708 sec	
Sclera gemidd.	13.95 "	19.30 " = 0.02818 "	

Nu 't gemiddelde uit alle proeven:

Cornea (26 bepalingen) $H = 10.4$ mM. $L = 22.22$ mM. =
0.03244 sec.

Sclera (24 bepalingen) $H = 10.84$ mM. $L = 22.21$ mM. =
0.03243 sec.

TABEL II.

Proef van 27 Sept. 1894. Afwisselend corneacentrum en huid boven den bulbus geprikkeld met een openings-inductieslag.

Deze proeven zijn gerangschikt in 3 groepen volgens de grootte van verkorting of hefhoogte H . (d. i.: de hoogte van den top der contractiecurve boven de abscis.) L is de duur der latentie in mM., 1 mM. beantwoordende aan 0.00149".

$$H = 7-8 \text{ mM.}$$

't Centrum van de Cornea
geprikkeld.

H .	L .
7.6 mM.	27.6 mM.
7.8 "	33.0 "
8.0 "	34.0 "
7.6 "	36.0 "
7.5 "	39.1 "
7.5 "	40.5 "
46.0 mM.	210.2 mM.

gemiddelde
uit 6 bepa-
lingen:
7.66 mM.

gemiddelde
35.93 mM.
= 0.05219
sec.

De Huid boven den bulbus
geprikkeld.

H .	L .
7.7 mM.	29.5 mM.
7.5 "	30.3 "
7.3 "	36.9 "
8.0 "	38.4 "
7.9 "	39.8 "
7.6 "	40.8 "
7.4 "	41.3 "
53.4 mM.	257.0 mM.

gemiddelde
uit 7 bepa-
lingen:
7.63 mM.
36.7 mM.
= 0.05468
sec.

Het bestendig grooter worden van den duur der latentie

in deze reeks wijst op vermoeienis. Het is daarom wenschelijk tusschen de enkele proeven telkens eene pauze van tenminste 10 sec. te maken.

$$H = 8-9 \text{ mM.}$$

EERSTE REEKS.

<i>H.</i>	<i>L.</i>	<i>H.</i>	<i>L.</i>
8.3 mM.	28.5 mM.	8.4 mM.	29.0 mM.
8.5 "	28.3 "	9.0 "	29.0 "
8.4 "	28.8 "	8.7 "	27.6 "
8.4 "	29.1 "	8.8 "	28.3 "
8.8 "	27.9 "	8.5 "	30.7 "
8.8 "	29.4 "		
51.2 mM.	172.0 mM.	43.4 mM.	144.6 mM.
gemiddelde uit 6 bepa- lingen: 8.53 mM.	gemiddelde 28.7 mM. = 0.0427 sec.	gemiddelde uit 5 bepa- lingen: 8.68 mM.	gemiddelde 28.9 mM. = 0.0431 sec.

TWEDE REEKS ($\frac{1}{4}$ h. later).

<i>H.</i>	<i>L.</i>	<i>H.</i>	<i>L.</i>
8.0 mM.	34.0 mM.	8.2 mM.	34.5 mM.
8.1 "	36.7 "	8.7 "	36.3 "
8.9 "	35.5 "	8.7 "	36.3 "
9.0 "	37.0 "	8.0 "	38.4 "
8.8 "	36.5 "	8.7 "	38.5 "
		8.4 "	39.9 "
42.8 mM.	179.7 mM.	50.7 mM.	223.9 mM.
gemiddelde uit 5 bepa- lingen: 8.56 mM.	gemiddelde 35.9 mM. = 0.0535 sec.	gemiddelde uit 6 bepa- lingen: 8.45 mM.	gemiddelde 37.3 mM. = 0.0556 sec.

$$H = 9-10 \text{ mM.}$$

<i>H.</i>	<i>L.</i>	<i>H.</i>	<i>L.</i>
10.0 mM.	28.6 mM.	9.7 mM.	28.8 mM.

<i>H.</i>	<i>L.</i>	<i>H.</i>	<i>H.</i>
9.8 mM.	28.7 mM.	9.0 mM.	29.9 mM.
9.7 "	29.0 "	9.4 "	29.3 "
9.5 "	29.1 "	9.6 "	30.0 "
9.5 "	28.1 "		
9.6 "	28.4 "	37.7 mM.	117.1 mM.
10.0 "	28.2 "		
68.1 mM.	200.1 mM.		
gemiddelde uit 7 bepa- lingen:	gemiddelde 28.6 mM. = 0.0426 sec.	gemiddelde uit 4 bepa- lingen: 9.42 mM.	gemiddelde 29.3 mM. = 0.0437 sec.

Reeds uit deze proef evenals uit de vorige blijkt met groote waarschijnlijkheid, dat de snelheid van geleiding in de blecke zenuwdraden der cornea niet merkbaar van die der merghoudende vezelen der huid kan verschillen. De latentieduur is in het algemeen zelfs iets korter bij prikkeling van het corneacentrum dan bij prikkeling der huid boven den bulbus.

Bij de aanzienlijke grootte der gemiddelde afwijkingen en het in betrekking daartoe gering aantal proeven kan dit een toeval zijn. Het verschil werd dan ook gemist of bestond in tegenovergestelden zin in andere proefreeksen, waarvan de gemiddelde waarden in Tabel III en IV zijn bijeengebracht. Ook in deze beiden reeksen werd afwisselend het centrum der cornea en de huid boven den bulbus met een enkelen openingsinductieslag geprikkeld.

TABEL III.

Proef van 2 October 1894. Snelheid van den cylinder gedurende den reactietijd 640 mM., dus 1 mM beantwoordt aan 0.00157 sec. Het aantal proeven, waaruit de ge-

middelste waarden zijn genomen is tusschen twee haakjes achter de hefhoogte *H* geplaatst.

Cornea geprikkeld.

<i>H.</i>	<i>L.</i>
1.57 mM. (27)	44.04 mM. = 0.0691 sec.
2.35 " (21)	42.20 " " 0.0663 sec.
3.58 " (13)	39.9 " " 0.0627 sec.

Huid boven den bulbus geprikkeld.

<i>H.</i>	<i>L.</i>
1.42 mM. (39)	46.8 mM. = 0.0735 sec.
2.51 " (21)	41.3 " " 0.0656 sec.
3.32 " (10)	39.98 " " 0.0628 sec.

TABEL IV.

Proef van 3 Oct. 1894. Snelheid, waarbij geregistreerd wordt 625 mM., dus 1 mM. abscis = 0.0160 sec

Cornea geprikkeld.

<i>H.</i>	<i>L.</i>
8.5 mM. (2)	32.05 mM. = 0.0512 sec.
10.4 " (4)	34.3 " " 0.0549 sec.

Huid boven den bulbus geprikkeld.

<i>H.</i>	<i>L.</i>
8.3 mM. (2)	33.25 mM. = 0.0532 sec.
10.4 " (4)	30.95 " " 0.0495 sec.

Bij direkte zwakke prikkeling der bulbusspijeren na wegnippen der huid en na vernietiging van hersenen en ruggemerg met eene naald werd in dit geval gemiddeld uit 15 proeven een latentieduur van 0.0439 sec. bij eene hefhoogte van slechts 1.47 mM. gevonden.

Daar in de proeven van Tabel II, III en IV niet dezelfde zenuwfibrillen op verschillende afstanden, maar

in hoofdzaak verschillende zenuwvezelen van het centrum der cornea en van de huid in de naaste omgeving van den bulbus werden geprikkeld, kon het uitblijven van een duidelijk verschil in reactietijd nog — hoewel met weinig recht — gezocht worden in verschillende snelheid der centrale geleiding, van den gereduceerden reflextijd (Exner) in beide gevallen. Voor de zenuwfibrillen in de cornea zoude deze tijd, wanneer ze werkelijk zeer vele malen langzamer geleiden dan de vezelen der zenuwstammen, zeer veel korter hebben moeten zijn dan voor de andere, om het verschil wegens langzamere geleiding te kunnen compenseren.

Alle onzekerheid dienaangaande verdwijnt, wanneer men den reflextijd afwisselend voor het centrum en de peripherie der cornea bepaalt.

Hierbij mag men veilig aannemen, dat dezelfde vezelen op verschillende afstanden van het centrum in de hersenen worden geprikkeld; een eventueel verschil in reactietijd berust dus op ongelijk langen duur der geleiding in de zenuw.

TABEL V.

In de eerste plaats eene proef met *electrische* prikkeling afwisselend van centrum en peripherie der cornea van eene groote *Rana temporaria*.

Centrum.

<i>H.</i>	<i>L.</i>
7.57 mM. (3)	25.03 mM. — 0.0384 sec.
8.53 " (9)	22.3 " " 0.0339 sec.
9.6 " (8)	22.8 " " 0.0346 sec.

Peripherie.

<i>H.</i>	<i>L.</i>
7.4 mM. (11)	24.3 mM. = 0.0369 sec.
8.34 " (11)	24.3 " " 0.0369 sec.
9.54 " (7)	23.7 " " 0.0360 sec.

Ook hier is dus geen merkbaar verschil in latentie-duur bij gelijke grootte der contractie.

Teneinde van strenge localisatie van den prikkel geheel zeker te zijn, werden de volgende proefreeksen met mechanische irritatie genomen. Hierbij werd nog buitendien de controle door kortdurende bevochtiging van de cornea met cocaine van 10% verricht. Zonder uitzondering verdwenen hierbij binnen weinige oogenblikken de reflexen van de gecocainiseerde plaatsen volkomen.

TABEL VI.

Proef van 6 Oct. 1894. *Rana temporaria*. De bewegingen zijn geregistreerd bij eene snelheid van 560 mM.; 1 mM. abscislengte = 0.00179".

Centrum.

<i>H.</i>	<i>L.</i>
1.2 mM. (12)	38.4 mM. = 0.0708 sec.
1.48 " (21)	39.44 " " 0.0706 sec.
2.37 " (11)	39.2 " " 0.0702 sec.
3.38 " (4)	35.02 " " 0.0626 sec.
4.63 " (7)	34.12 " " 0.0611 sec.
5.34 " (5)	33.84 " " 0.0606 sec.

Peripherie.

<i>H.</i>	<i>L.</i>
1.19 mM. (8)	38.8 mM. = 0.0716 sec.
1.43 " (12)	38.65 " " 0.0691 sec.
2.3 " (12)	37.3 " " 0.0677 sec.
3.88 " (5)	39.14 " " 0.0701 sec.
4.07 " (3)	40.4 " " 0.0723 sec.
5.55 " (2)	36.6 " " 0.0655 sec.

Na afloop dezer proeven werden twee naaldelectroden door de huid heen achter den bulbus gestoken teneinde de latentie bij rechtstreeksche electrische prikkeling der oogspieren en harer motorische zenuwen te bepalen.

Hierbij werd gevonden:

Bij eene hefhoogte van:

2.65 mM. eene latentie van $30.07 = 0.0543$ sec.

Bij eene hefhoogte van:

26.01 mM. eene latentie van $25.10 = 0.0453$ sec.

Bij eene hefhoogte van:

43.24 mM. eene latentie van $13.96 = 0.0252$ sec.

Na vernietiging van hersenen en ruggemerg op dezelfde plaats en op dezelfde wijze geprikkeld, werd verkregen:

Bij eene hefhoogte van:

1.57 mM. eene latentie van $24.13 = 0.0436$ sec.

Bij eene hefhoogte van:

24.2 mM. eene latentie van $12.86 = 0.0232$ sec.

TABEL VII.

Proef van 8 Oct 1894. Corneareflex geregistreerd bij eene snelheid van 560 mM.; 1 mM. abscis dus = 0.00179"

Centrum.

<i>H.</i>		<i>L.</i>
1.5	mM. (3)	40.3 mM. = 0.0721 sec.
2.33	" (3)	35.5 " " 0.0635 sec.
4.53	" (6)	33.8 " " 0.0605 sec.
5.32	" (7)	33.98 " " 0.0608 sec.
14.4	" (3)	31.9 " " 0.0571 sec.

Peripherie.

<i>H.</i>		<i>L.</i>
1.3 mM. (4)	41.25 mM. =	0.0768 sec.
2.45 " (2)	40.05 " "	0.0717 sec.
4.95 " (2)	40.5 " "	0.0725 sec.
5.3 " (2)	41.95 " "	0.0751 sec.
14.3 " (13)	32.9 " "	0.0589 sec.

Bij direkte electrische prikkeling der spieren en zenuwen op de achtervlakte van den bulbus door een openingsinductieslag werd gevonden:

bij eene hefhoogte van:

14.38 mM. (6) eene latentie van 13.5 mM. = 0.0243 sec.
 en na vernieling van hersenen en ruggemerg en wegnippen der huid, bij eene hefhoogte van:

2.63 mM. (12) eene latentie van 11.75 mM. = 0.0210 sec.

Bij eene hefhoogte van:

3.55 mM. (23) eene latentie van 10.9 mM. = 0.0196 sec.

TABEL VIII.

Proef van 9 Oct. 1894. *Rana temporaria*. Alles als in de vorige proef.

Centrum.

<i>H.</i>		<i>L.</i>
0.9 mM. (4)	55.9 mM. =	0.1032 sec.
1.65 " (27)	52.73 " "	0.0973 sec.
1.78 " (20)	52.25 " "	0.0964 sec.
2.17 " (16)	49.3 " "	0.0909 sec.
2.78 " (24)	47.43 " "	0.0875 sec.
3.53 " (19)	47.04 " "	0.0868 sec.
6.73 " (21)	43.7 " "	0.0807 sec.
13.03 " (14)	37.84 " "	0.0698 sec.

Peripherie.

<i>H.</i>			<i>L.</i>
0.75 mM. (16)	55.06 mM.	=	0.1016 sec.
1.48 " (39)	50.68 "	"	0.0935 sec.
1.73 " (20)	49.47 "	"	0.0913 sec.
2.2 " (15)	49.4 "	"	0.0911 sec.
2.23 " (16)	49.4 "	"	0.0911 sec.
3.34 " (7)	48.06 "	"	0.0887 sec.
6.1 " (13)	46.9 "	"	0.0865 sec.
10.96 " (6)	40.96 "	"	0.0756 sec.

TABEL IX

Proef van 12 Oct. 1894. *Rana escul.* Snelheid 590
mM. 1 mM. abscis = 0.00170 sec.

Centrum

<i>H.</i>			<i>L.</i>
0.85 mM. (13)	48.08 mM.	=	0.0817 sec.
1.22 " (14)	47.05 "	"	0.0800 sec.

Peripherie.

<i>H.</i>			<i>L.</i>
0.76 mM. (15)	47.4 mM.	=	0.0806 sec.
1.3 " (15)	46.05 "	"	0.0783 sec.

TABEL X.

Proef van 13 Oct. 1894. *Rana escul.* Snelheid 565
mM. 1 mM. abscis = 0.00176 sec.

Centrum.

<i>H.</i>			<i>L.</i>
2.5 mM. (8)	48.25 mM.	=	0.0850 sec.
3.5 " (12)	45.01 "	"	0.0793 sec.
4.03 " (19)	45.61 "	"	0.0803 sec.
4.46 " (21)	43.66 "	"	0.0769 sec.
5.53 " (10)	43.48 "	"	0.0766 sec.
6.26 " (3)	42.9 "	"	0.0756 sec.
7.6 " (8)	43.0 "	"	0.0757 sec.
8.58 " (10)	43.16 "	"	0.0760 sec.

Peripherie.

<i>H.</i>			<i>L.</i>		
2.4	mM.	(35)	45.4	mM.	= 0.0799 sec.
3.49	"	(17)	43.6	"	" 0.0768 sec.
3.8	"	(16)	43.88	"	" 0.0773 sec.
4.43	"	(8)	44.45	"	" 0.0783 sec.
5.5	"	(6)	44.01	"	" 0.0775 sec.
6.5	"	(7)	41.75	"	" 0.0735 sec.
7.7	"	(2)	40.95	"	" 0.0721 sec.
8.4	"	(7)	38.87	"	" 0.0685 sec.

Eene vergelijking der corresponderende cijfers van *L* in al deze proeven bewijst, dat bij gelijke hoogte der reflexcontractie de duur van de latentie niet meetbaar verschilt bij prikkeling van de zenuwfibrillen der cornea in het centrum en aan de peripherie van het hoornvlies. Ook wanneer men de gemiddelde waarden uit alle proefreeksen neemt, komt hetzelfde resultaat voor den dag.

Er was namelijk:

bij mechanische prikkeling:

in 't centrum der cornea gemid. uit 362 proeven

$$H = 4.501 \text{ mM. } L = 0.0743 \text{ sec.}$$

aan de peripherie der cornea gemid. uit 343 proeven

$$H = 4.366 \text{ mM. } L = 0.0764 \text{ sec.}$$

Het kleine verschil ten voordeele van het centrum der cornea vindt zijne verklaring in de iets grootere gemiddelde waarde van *H* bij prikkeling in het centrum der cornea.

De vermindering van den latentieduur met het klimmen der grootte van verkorting blijkt uit alle proefreeksen ten duidlijkste, bovenal schoon uit Tabel VIII maar ook uit alle andere.

Geheel hetzelfde leeren de proeven met electrische

prikkeling. Men vindt bij prikkeling in 't centrum der cornea gemiddeld uit 137 proeven

$$H = 7.81 \text{ mM. } L = 0.04653 \text{ sec.}$$

van Sclera of de huid in den omtrek van den bulbus gemidd. uit 151 proeven

$$H = 7.54 \text{ mM. } L = 0.04795 \text{ sec.}$$

Wij hebben het niet noodig geacht de waarschijnlijke fout dezer waarden van L volgens de methode der kleinste kwadraten te berekenen. Zij is blijkbaar zoo gering, dat we met volkomen zekerheid uit de identiteit der gevonden waarden der beide reflextijden mogen besluiten:

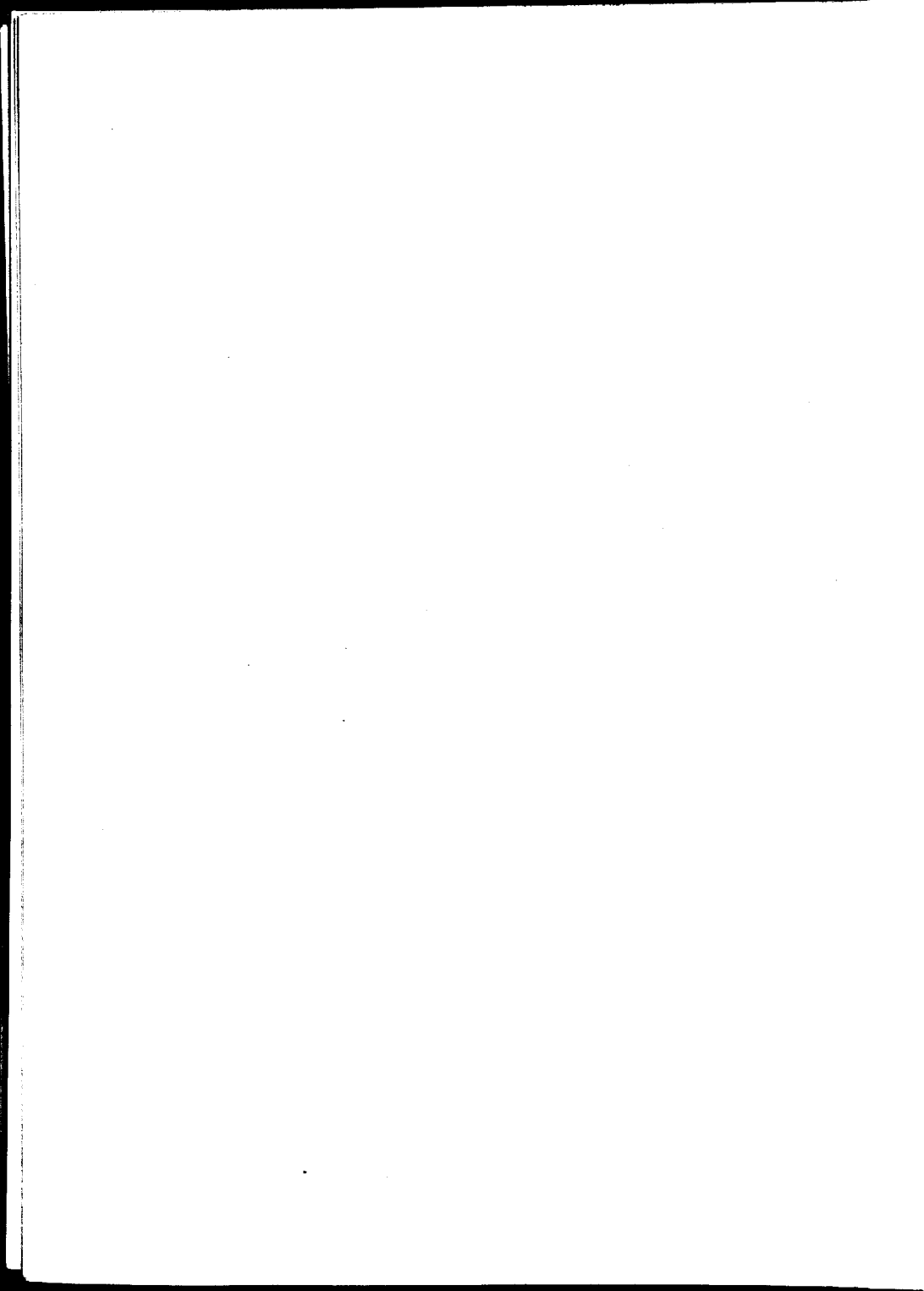
De snelheid van geleiding in de bleeke zenuw-fibrillen, loopende van het centrum naar de peripherie der cornea, is van dezelfde orde als die der geleiding in de zenuwstammen, althans in geen geval zoo gering, dat zij tot steun van de verklaring der peristaltische beweging van gladde spieren of hart door zenuwgeleiding zoude mogen gebezigd worden.

Bij het groote aantal onzer proeven en de betrekkelijk geringe afwijkingen der enkele proeven eener reeks van de gemiddelde waarden, zoude een verschil in latentie van 0.001 sec. zeker nog voor den dag gekomen zijn. Bij een radius van den omtrek der cornea van 3 mM. zoude een verschil van 0.001 sec. ten voordeele van de peripherie aan eene geleidingssnelheid van iets meer dan 3 Meter in de secunde beantwoorden, dus aan eene snelheid, honderd en meer malen grooter dan die der peristaltiek in de hartkamer onder gelijke voorwaarden.

Aangezien nu de gemiddelde waarden der latentie uit

al onze proeven bij prikkeling van het hoornvlicscentrum zelfs na reductie op gelijke hefhoogte nog iets kleiner zijn dan die bij prikkeling aan de peripherie der cornea verkregen, is ongetwijfeld de snelheid van geleiding in de bleeke terminale zenuwfibrillen nog aanmerkelijk grooter dan 3 Meter; ze zouden zelfs grooter dan in de merghoudende vezelen der zenuwstammen kunnen zijn.

STELLINGEN.



STELLINGEN.

I.

Zeer vele verschijnselen van *tabes dorsalis* worden zeer aannemelijk verklaard door de functiehypothese van *L. Edinger*.

II.

De dieetkuur van *Prochownik*, ter vervanging van *partus praematurus*, verdient aanbeveling.

III.

De kleurentheorie van *Young-Helmholtz* is te verkiezen boven die van *Hering*.

IV.

Tot nog toe zijn parasieten niet als oorzaak van *carcinoom* aan te nemen.

V.

't Gebruik van *Flores Cinac* is verkieselijker dan dat van *Santonine*.

VI.

De theorie van *Martius* aangaande den puntstoot van

II

het hart, als zijnde alleen afhankelijk van den „Verschlusszeit” is niet verdedigbaar.

VII

Atresia ani, atresia recti en atresia ani et recti ont staan niet door eene stremming in de ontwikkeling, maar door obliteratie.

VIII.

Onjuist is de meening van *Heidenhain*, dat de resultaten, verkregen bij proeven aangaande de lymphproductie (door sluiting van Aorta, vena portae of vena cava inferior) alleen te verklaren zijn door aan te nemen, dat de lympe een secretieprodukt is.

IX.

Van staatswege dient een instituut opgericht te worden, waar immuniseerende stoffen, wier werking betrouwbaar gebleken is, bereid en verkregen kunnen worden.

X.

De meeste wedstrijden op sportgebied moeten uit een geneeskundig oogpunt afgeraden worden.

XI.

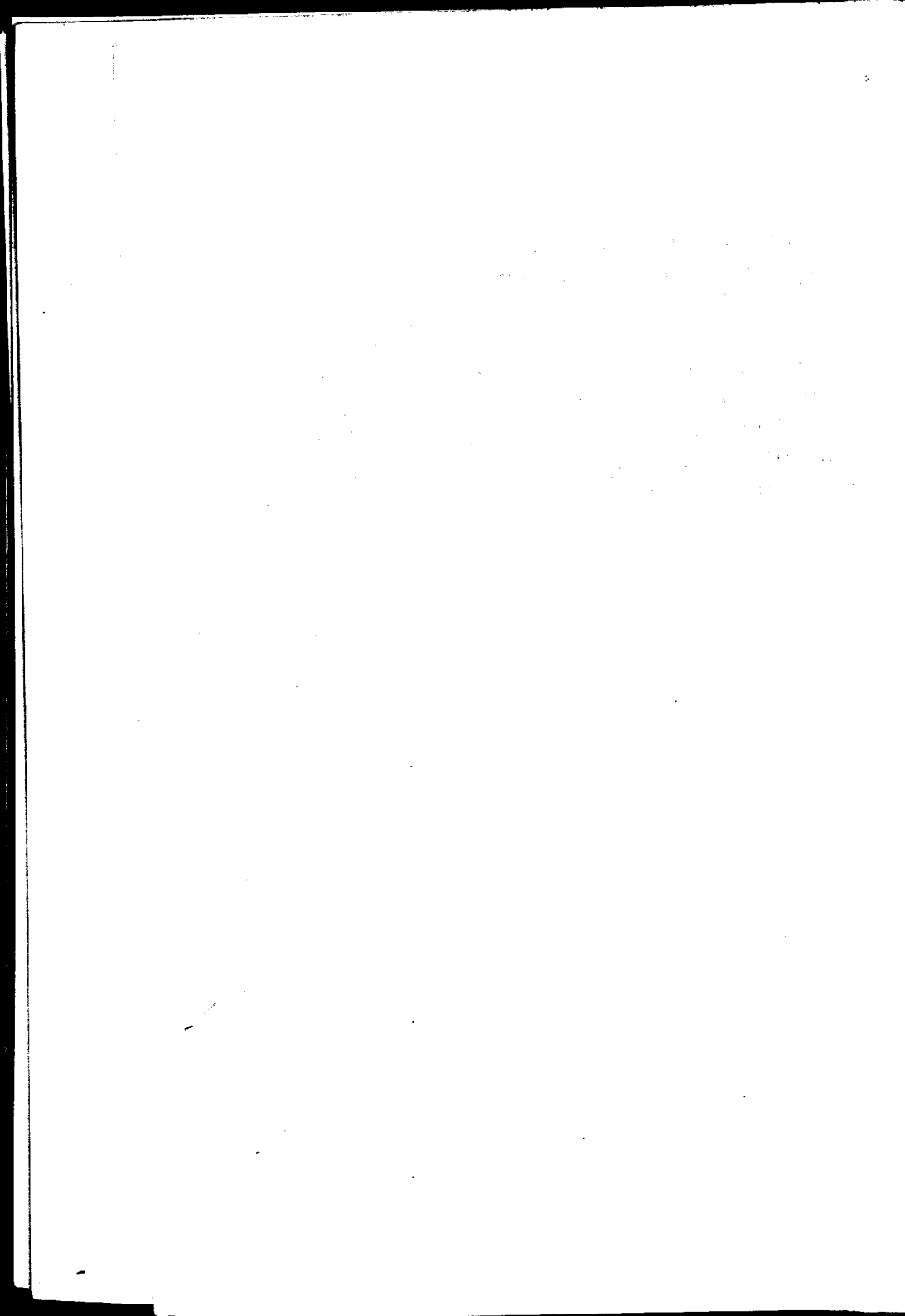
De wederzijdsche bepalingen bij voorkomende honds-dolheid in de grensdistricten zijn niet voldoende tot wering der besmetting.

XII.

De beste wijze om morfinisten te genezen is snelle demorphinisaatie in een daartoe ingericht asyl.

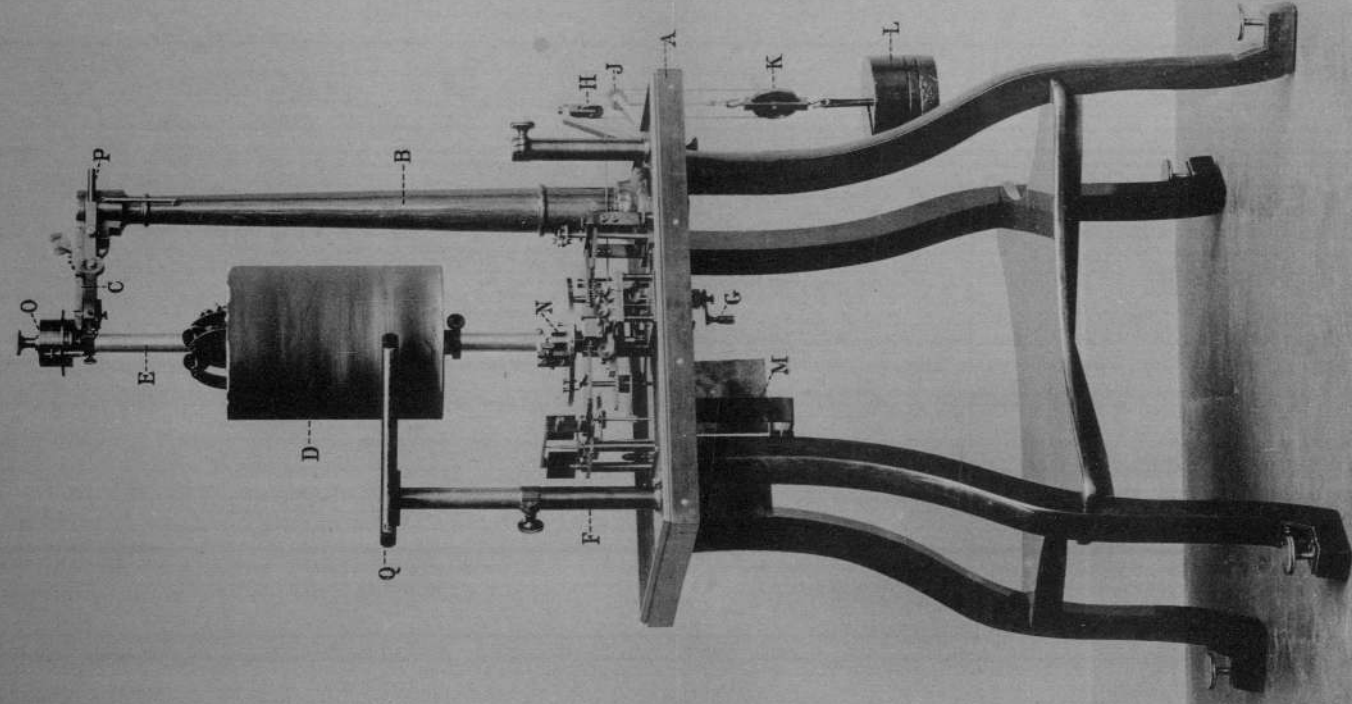
XIII.

Volgens alle waarschijnlijkheid berust de beschutten-
de werking van immuniseerend bloed of bloedserum
niet op directe werking van dit bloed of bloedserum op
de bacteriën of hunne toxinen, maar op inwerking op
het te beschutten organisme.





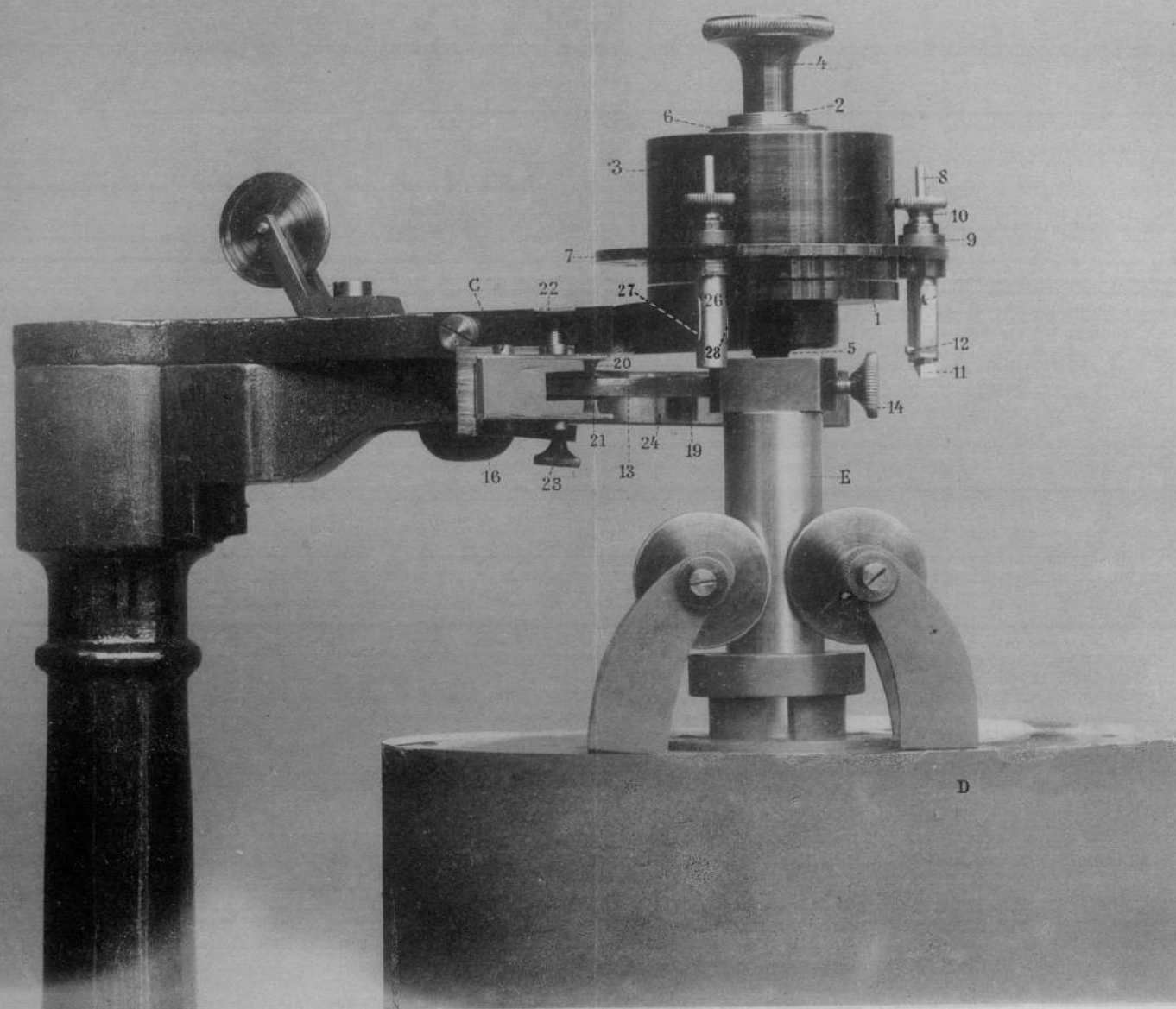
Plaat I.



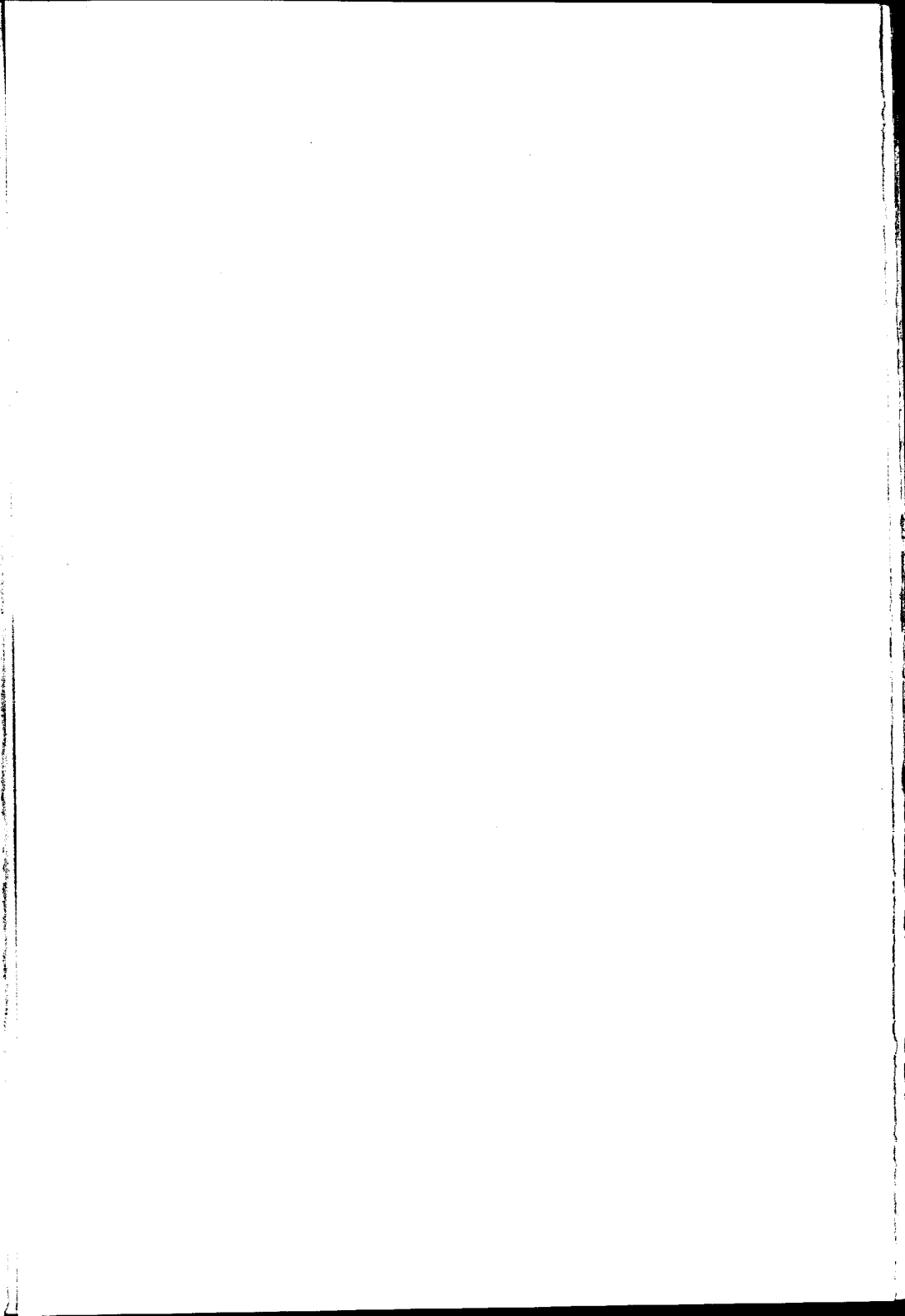




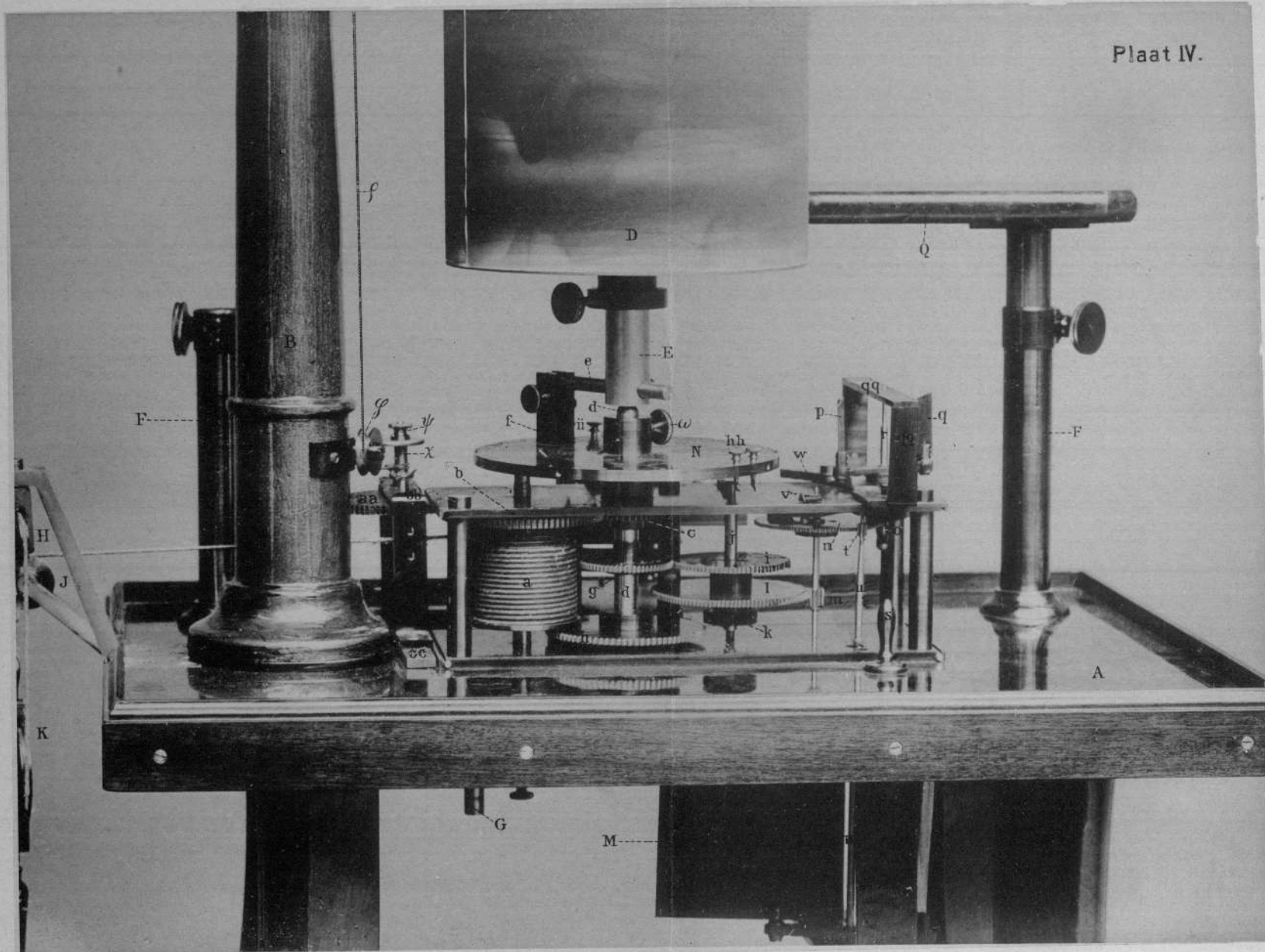
Plaat II.

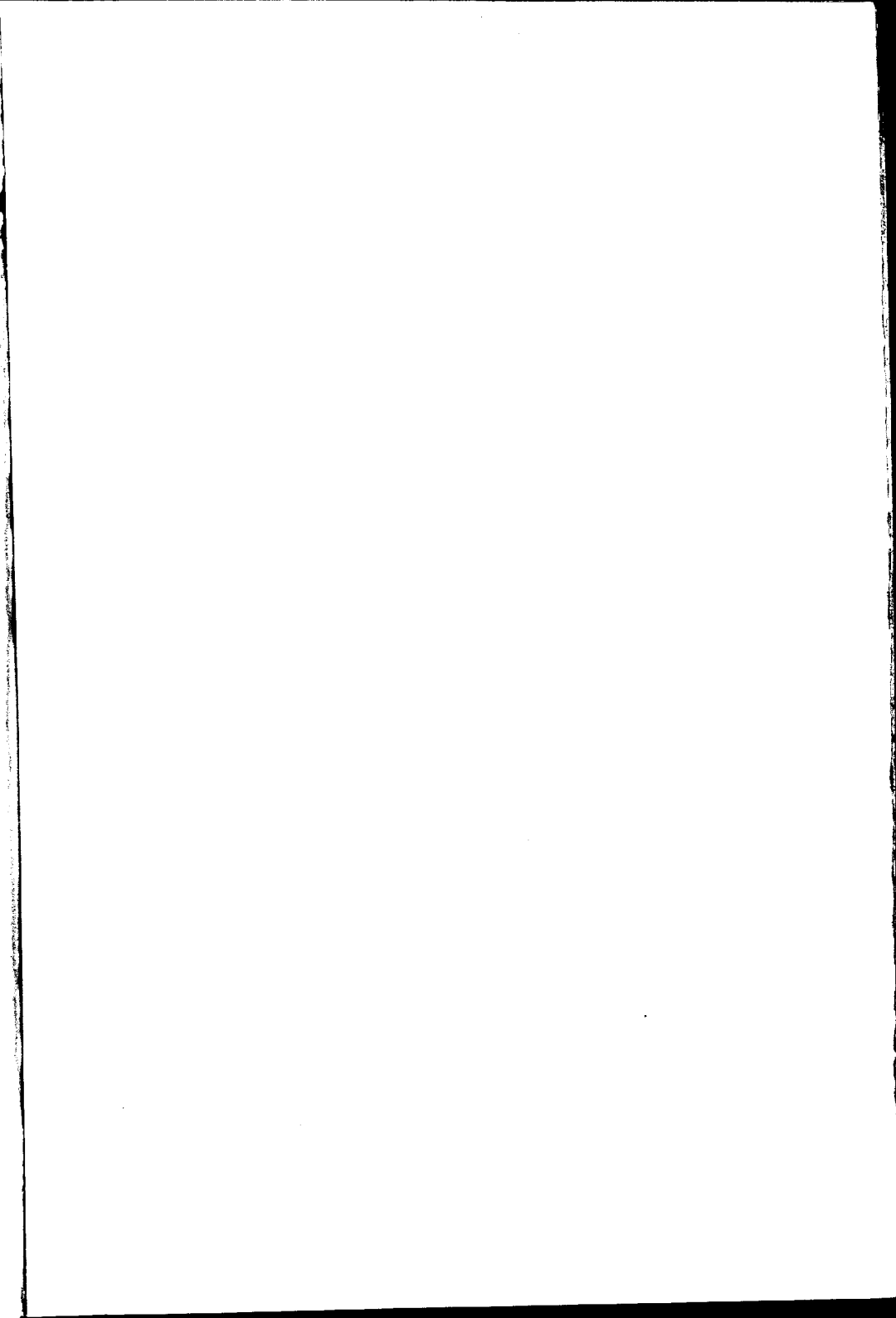






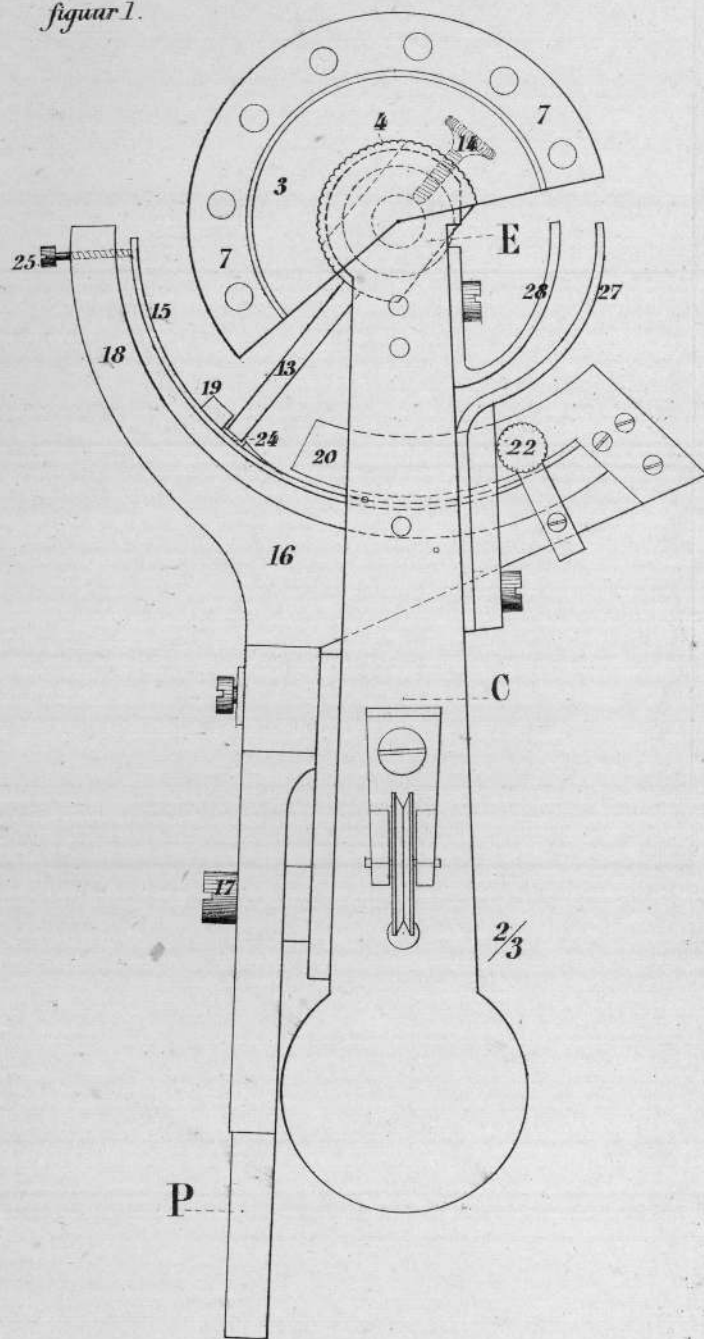
Plaat IV.



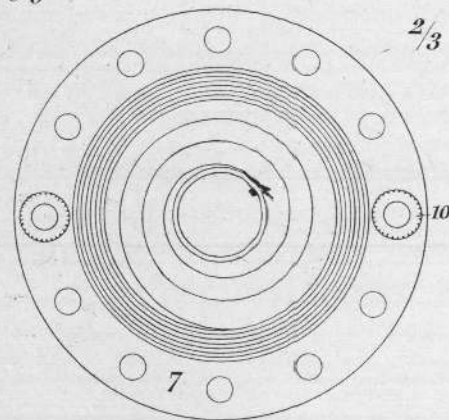




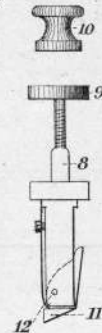
figuur 1.



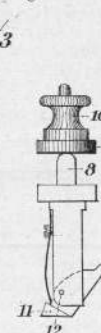
figuur 2.



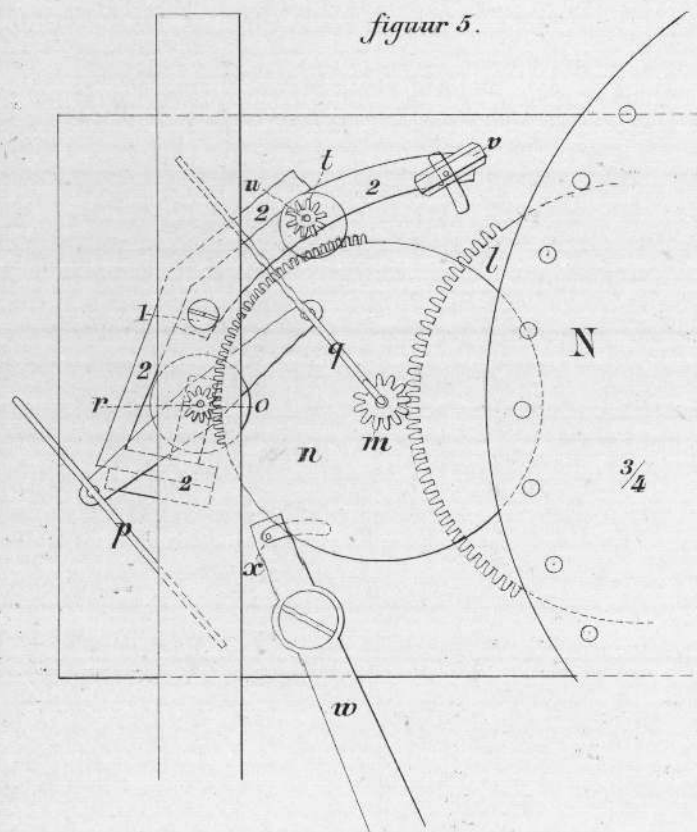
figuur 3.



figuur 4.



figuur 5.



D

figuur 7.
plaat VI.

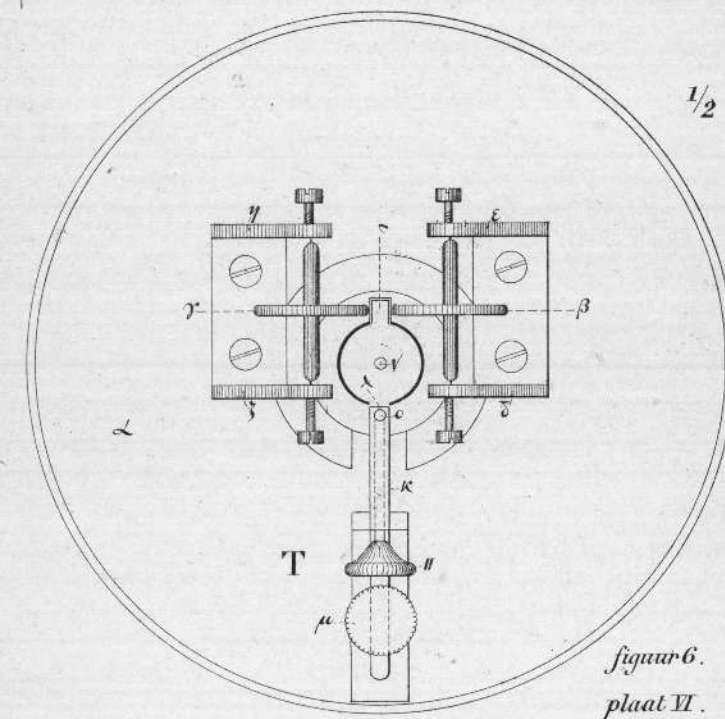






Fig. 1.

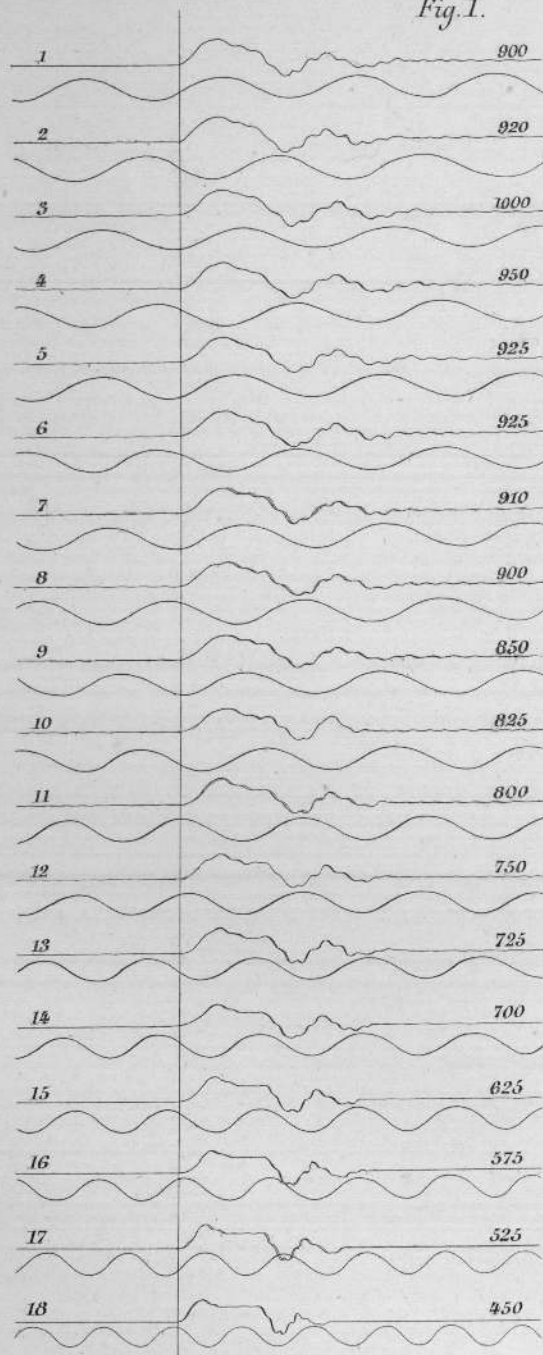
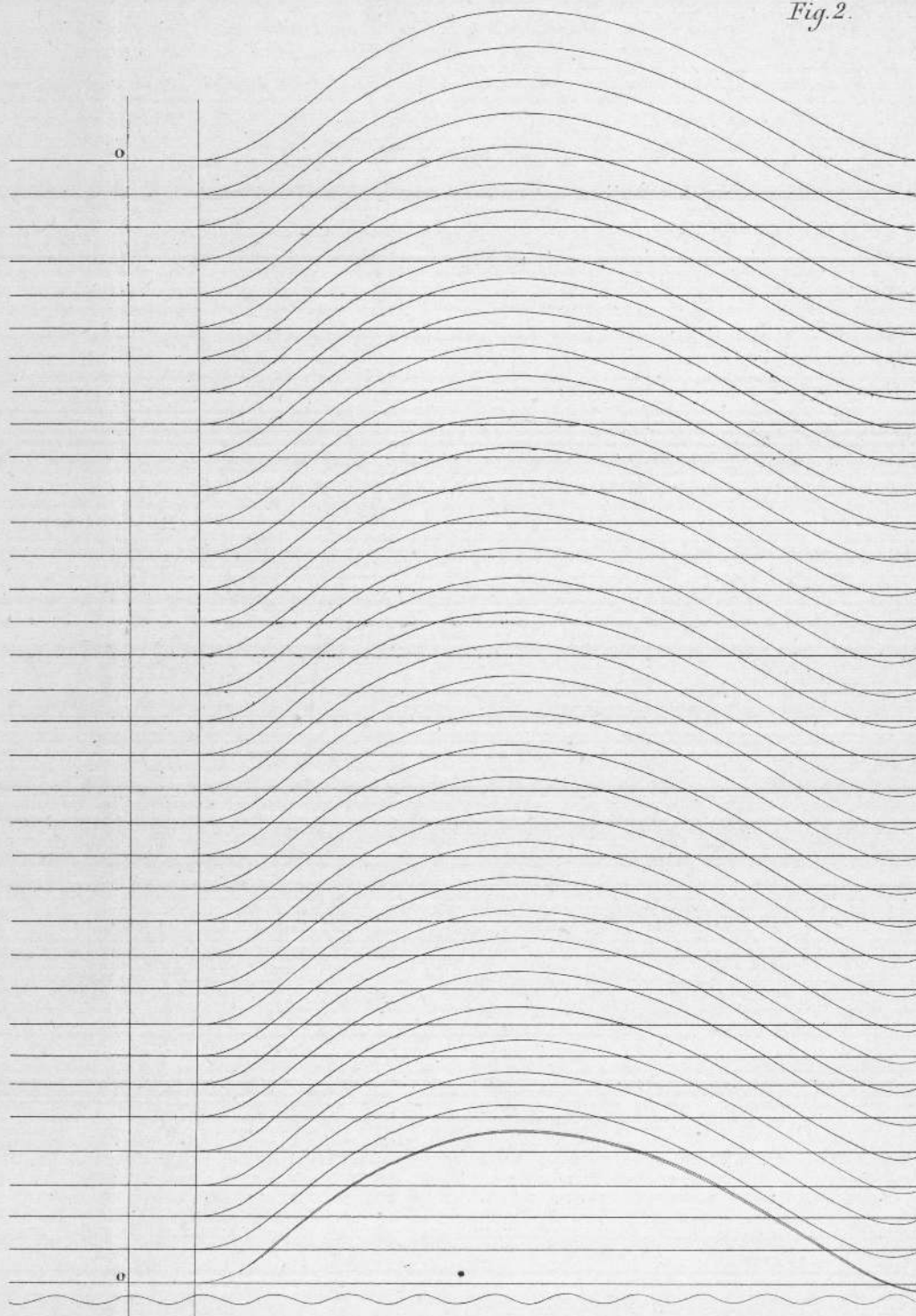


Fig. 2.



1mm = 0.00095"

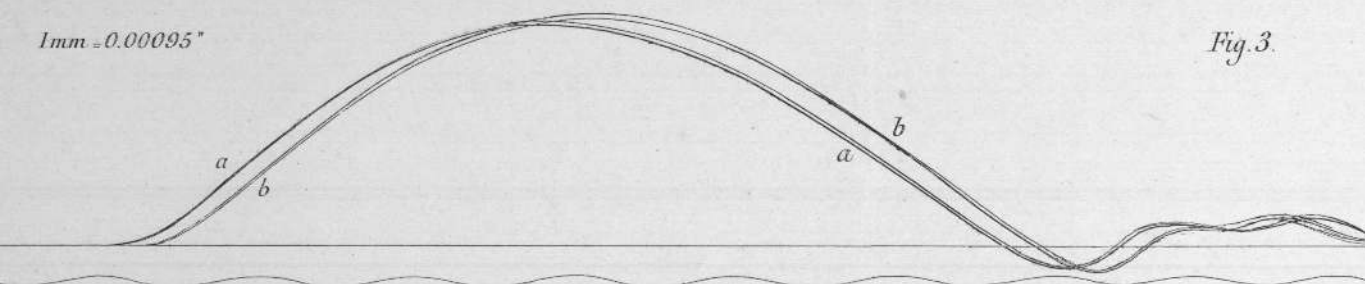


Fig. 3.

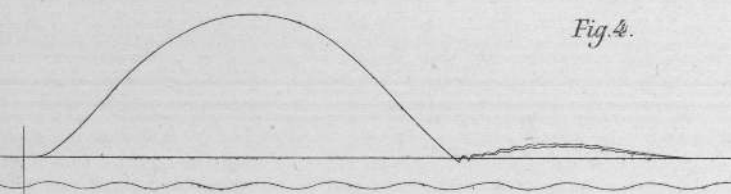


Fig. 4.

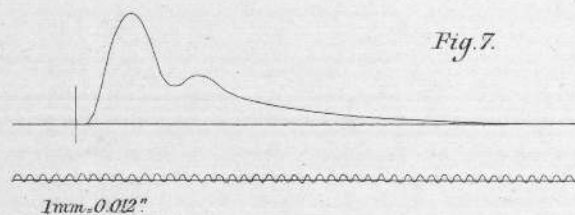


Fig. 7.

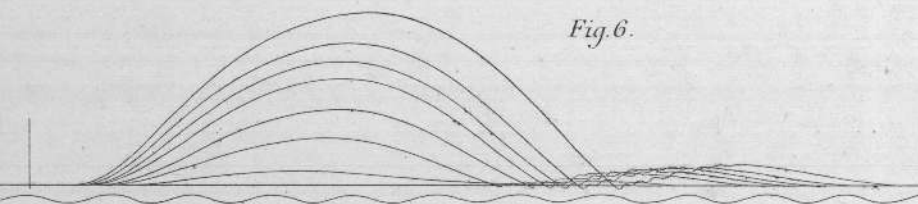


Fig. 6.

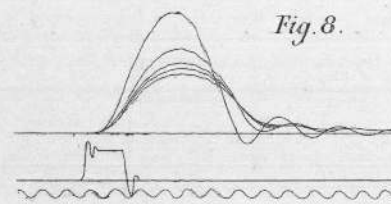


Fig. 8.

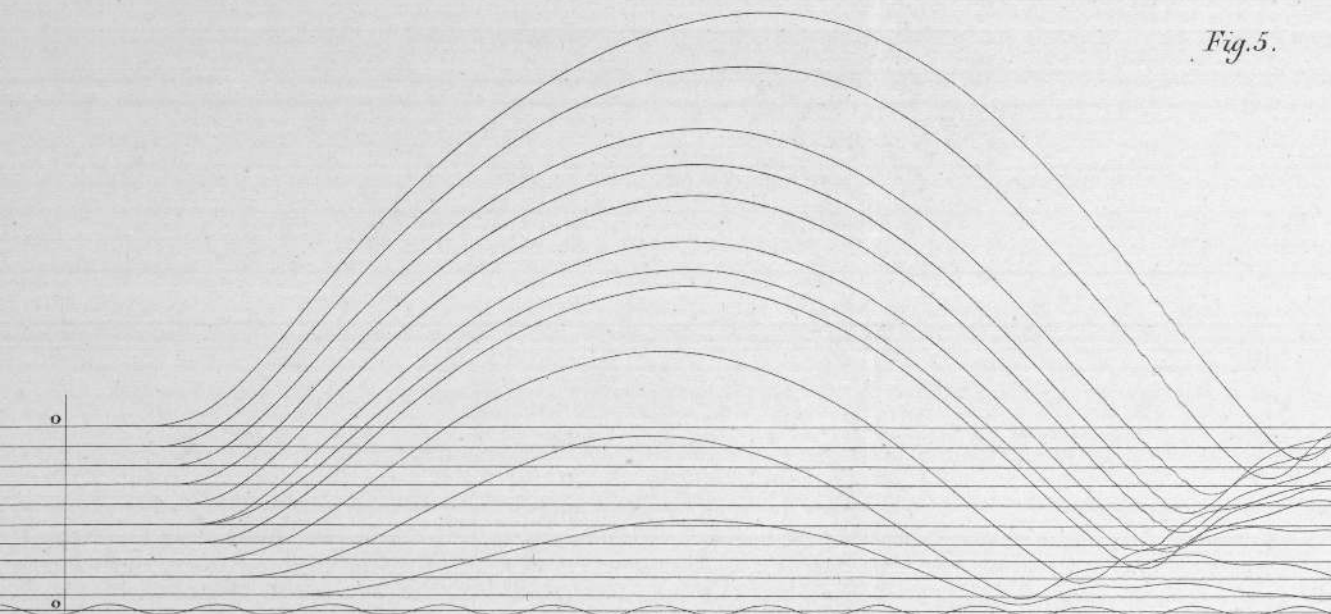


Fig. 5.

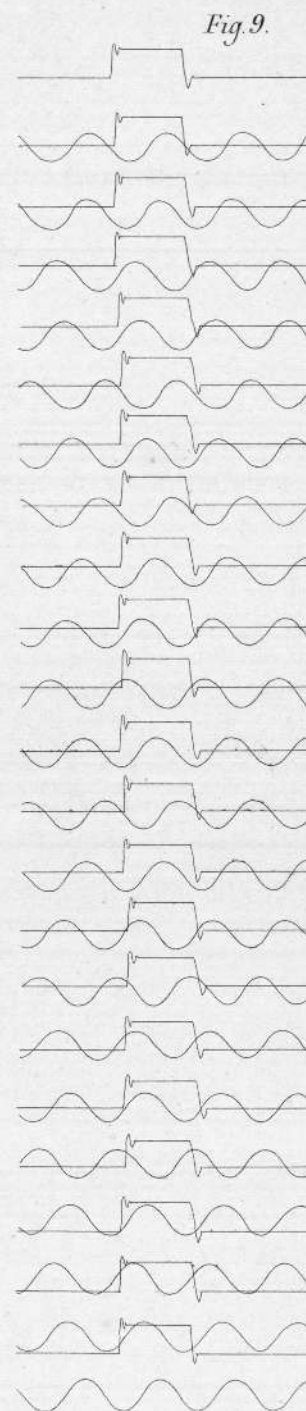


Fig. 9.



