

# Poszukiwania nad zmianami elektrotonicznemi pobudliwości nerwów

wykonane za pomocą kondensatora.

Przez

J. Zanietowskiego.

(Z tablicą VI i VII oraz 18 rycinami w tekście).

Rzecz przedstawiona na posiedzeniu Wydz. mat.-przyr. z d. 6 maja 1895;  
ref. czł. Cybulski.

## I.

Spostrzeżone pierwotnie przez Rittera, Nobilego, Valentina i Eckharda między r. 1802 a r. 1866, a dokładnie dopiero przez Pflügera zebrane i systematycznie opracowane w r. 1859 zjawiska elektrotoniczne, dotyczące się wpływu prądu stałego na pobudliwość nerwów, były pobudką do rozpoczęcia całego szeregu badań, ciągnących się przez lat dwadzieścia kilka, a mających na celu sprawdzenie sformułowanych przez Pflügera praw. Wszystkie usiłowania następców Pflügera zwrócone były do tego, aby zbadać, czy prawo jego o podniesieniu się pobudliwości nerwowej w okolicy bieguna ujemnego prądu galwanicznego, a obniżeniu jej w okolicy bieguna dodatniego zastosować można do każdego przypadku, do każdego doświadczenia, czy też od tych praw istnieją pewne wyjątki i jakie. Wszystkie te badania robią to wrażenie, że nie kusząc się o ulepszenie metody Pflügera, położyły sobie z góry za cel szukanie wyjątków. W końcu znajdują badacze tych wyjątków tyle

że zamiast sformułowania mniej lub więcej prawdopodobnych praw, dochodzą do ostatecznego wniosku, iż jak na dziś bardzo dalecy jesteśmy od jakiegokolwiek zgody w tym przedmiocie („*noch sehr weit von einer wissenschaftlichen Einsicht*“ Schiff. Molesch. Unters. X. 431. 1867).

Niepotrzeba chyba udowadniać, że taki chaos wyników, o których słusznie Hermann mówi w swoim podręczniku, że one żadną miarą pogodzić się nie dadzą („*stimmen keineswegs untereinander überein*“)<sup>1)</sup>, nie może być skutecznym środkiem do rozwiązywania zagadnień naukowych, a ocenianie tych wyników przez innych badaczy i referentów za pomocą takich zdań jak: „*nicht weiter erläutert*“<sup>2)</sup>, „*ganz unverständlich*“<sup>2)</sup> *vor der Hand ganz unerklärlich*“<sup>3)</sup>, „*nicht hinreichend aufgeklärt*“<sup>4)</sup> i t. p., nie posunie badań ani o krok naprzód, jeśli sami nie powtórzymy poprzednich doświadczeń i nie postaramy się ulepszyć metody do nich zastosowanej. I tu właśnie stwierdzić musimy ten fakt, na każdym kroku w nauce się powtarzający, że badanie zjawiska nie będzie ścisłe, dopóki nie będziemy mieli możności mierzenia jego przyczyny. A jeżeli w pierwszej pracy<sup>5)</sup>, ogłoszonej w roku 1892 przez prof. Cybulskiego i przeze mnie, wyraziliśmy na str. 45 nadzieję, iż proponowana przez nas metoda pozwoli „osiągnąć tak pożądaną jednostajność postępowania i jednostajność warunków drażnienia u wszystkich badaczy, którzy nią będą się posługiwali“, pomijając już to, iż uczyni „zadość pięknej kwestyi w fizyologii, zapełniając brak ściśle określonej podniety elektrycznej“ — to z tem większym naciskiem te dwa wyrażenia: „jednostajność warunków“ i „ściśłość określenia podniety“ powtórzyć musimy w badaniach elektrotonicznych zjawisk, w których mamy do czynienia nie z jednym, lecz aż z dwoma nieznanymi dokładnie bodźcami elektrycznymi, bo z prądem indukcyjnym i stałym, lub z dwoma prądami stałymi.

Ta właśnie możność, jaką nam daje zastosowanie kondensatora, ścisłego mierzenia podniety i wyrażania przyrostów pobudliwości w jed-

<sup>1)</sup> Handbuch der Physiologie des Nervensystems. Leipzig 1879. s. 45.

<sup>2)</sup> W referacie Meisnera o pracy Budgego: „Über verschiedene Reizbarkeit eines und desselben Nerven u. über den Werth des Pflüger'schen Electrotonus“. Archiv für Pathologie, Anatomie und Physiologie. XXVII. s. 282. Zeitschrift für Ration. Med. 1863. s. 358.

<sup>3)</sup> Hermann loc. cit. s. 46.

<sup>4)</sup> Hermann ibid. s. 45.

<sup>5)</sup> Cybulski i Zanietowski. O zastosowaniu kondensatora do podrażniania nerwów i mięśni zamiast cewki Du Bois-Reymonda. Kraków. Nakładem Akademii Umiejętności. 1892.

nostkach fizycznie określonych, a będących wyrazem ilości elektryczności lub energii bodźca, była pierwotną przyczyną niniejszych badań, a każdy bezstronnie przyzna, że dla nas, dążących dziś do wprowadzenia „ilościowego myślenia“ do wszystkich dziedzin nauki, ta dokładność, którą się posługiwali Pflüger i jego następcy wystarczyć dłużej nie może. Dla ilustracyi przytoczę tu jeden przykład z pomnikowego bądź co bądź dzieła Pflügera, wydanego w sporej objętości 500 stronic. Autor na str. 242 podaje np. jako określenie danej siły prądu „wychylenie 70° na moltiplikatorze, którego wskazówkę prąd mięśniowy wychylał o 40° wtedy, gdy włączano w obwód prądu 300 do 350 cm. drutu żelaznego na 0,3 mm. grubego, a stopy Grove'go, w liczbie 7, świeżym były napełnione kwasem azotowym dymiącym.

Dokładność ta opisywania szczegółów, które mimo to razem wzięte najnie dokładniejsze dają wyobrażenie o mierzyć się mającym bodźcu, przenika także wszystkie dalsze badania zjawisk elektrotonicznych. Wystarczyłoby dla przykładu zestawić kilka wyników badań po Pflügerze przeprowadzonych. Jeżeli oznaczymy znakiem < podniesienie pobudliwości, a znakiem > zmniejszoną pobudliwość, strzałkami zaś ↑ ↓ kierunek wstępujący lub zstępujący drażniącego prądu, to otrzymamy:

	Przy katodzie		Przy anodzie	
Pflüger	zawsze <		zawsze >	
Valentin	<		<	
	lub >		>	
	lub <		>	
	lub >		<	
Munk jeśli pobudliwość badamy przy mięśniu	dla słab. pr.	dla siln. pr.	dla słab. pr.	dla siln. pr.
	↓ < ↑ >	↓ < ↑ >	↓ < ↑ >	↓ > ↑ <
jeśli pobudliwość badamy dalej od mięśnia po 2 ej stronie pr. polar.	↑ < ↓ >	> zawsze	↓ < ↑ >	> zawsze
Budge	jeżeli pr. polaryzujący = podrażniającemu <	jeż. pr. polaryz. > podrażniającego ↓ < ↑ >	zawszę >	

i t. d., i t. d.

W jaki sposób przedstawiano sobie szereg tych zmian wzdłuż nerwu i ilościową wartość tych zmian dla każdego punktu nerwu, o tem najlepiej przekonają nas załączone schemata z 4 podręczników fizjologii, różniące się kształtem już na pierwszy rzut oka (Fig. 1—4).

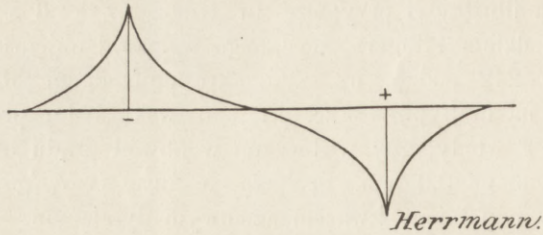


Fig. Nr. 1.

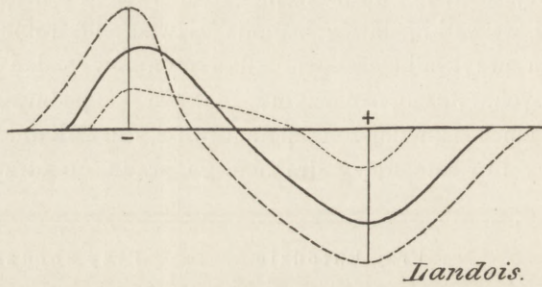


Fig. Nr. 2.

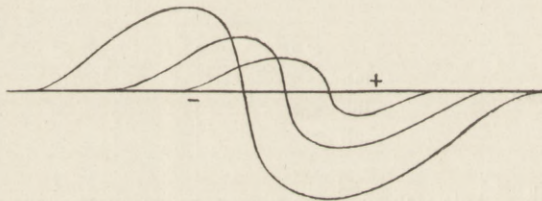


Fig. Nr. 3.

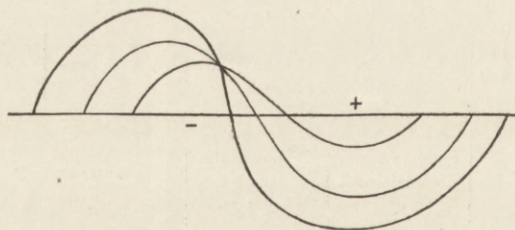


Fig. Nr. 4.

Rzeczywiście możnaby powiedzieć z Wundtem, że z tych wszystkich doświadczeń chyba żadnych praw wysnuć nie można.

## II.

Zanim przystąpimy do opisu naszych doświadczeń wykonanych za pomocą kondensatora, które już z góry pozwalały rokować, że wymienione dwa warunki ścisłości w pomiarach i jednostajności warunków niejedno może wyjaśnić nieporozumienie, wypadami jeszcze zwrócić uwagę na dwa punkta, z powodu których niniejsza metoda jest lepsza i ściślejsza od dotychczasowych. Pierwszy punkt odnosi się do tego smutnego faktu, że dotychczasowi badacze używając powszechnie do drażnienia cewki indukcyjnej, musieli wyrażać siłę bodźca w liczbach, nie mających ściśle ilościowego znaczenia, bo w liczbach skoli saneczkowego przyrządu. Absolutnie nie jest też do pojęcia, dlaczego używając prądu galwanicznego, polaryzującego o rozmaitej sile, — siły tej albo nie mierzono całkiem, zadawalając się wyrażeniami: „słaby, silniejszy, silny, bardzo silny“, albo przestawano i to rzadko na podaniu wychylenia jakiejś busoli o nieznaney czułości. To też do naszych doświadczeń wprowadziliśmy obok wyrażania bodźca w jednostkach fizycznych i tę innowacyą, że prąd galwaniczny postanowiliśmy mierzyć galwanometrem o znanej czułości, aby w każdym doświadczeniu podawać siłę prądu w miliamperach, a ponieważ w każdym doświadczeniu mierzono nadto opór nerwu w Ohmach, — także i różnicę potencyałów w milivoltach.

Drugim punktem, zapewniającym niniejszym badaniom wyższość nad metodą dotychczasową jest to, że zastosowanie kondensatora do podrażnienia nerwu wyklucza komplikacye, jakie się mogą wytworzyć przy sumowaniu się lub różniczkowaniu dwóch krzyżujących się prądów, t. j. prądu drażniącego i prądu polaryzującego. Ta komplikacya, jak wiadomo, nie pozwoliła Pflügerowi śledzić za przebiegiem zjawisk elektrotonicznych między biegunami prądu polaryzującego czyli w tak zwanej sferze intrapolarnej, i zmusiła go do zastosowania bodźców chemicznych, wobec tego, że podrażnienie jednobiegunowe (*unipolare Reizung*<sup>1)</sup> i podrażnienie poprzeczne (*Galvani's Quererregung*<sup>2)</sup> nie dały żadnych wy-

<sup>1)</sup> Pflüger. Untersuchungen über die Physiol. d. Electrotonus. Berlin 1859. S. 409.

<sup>2)</sup> Pflüger, loc. cit. 410.

Rozprawy Wydz. mat.-przyr. T. XXX.

ników, a badania pobudliwości całkowitej (*totale Erregbarkeit*) doprowadziło go tylko do teoretycznych rozumowań.

Inni badacze<sup>1)</sup> zastosowali do sfery intrapolarnej podrażnienie mechaniczne, jak wiadomo, bardzo niekorzystne wpływające na sam nerw; inni<sup>2)</sup> wreszcie włączali znaczne opory w obwód prądów, zapominając o tem, że gdzie dwa prądy przebiegają w kierunku przeciwnym, — tylko dwie alternatywy są możliwe, t. j., że albo się zniosą, albo jeden z nich musi być silniejszy.

Zastosowanie kondensatora, który nie daje prądu w sobie zamkniętego, lecz rozładowuje się po drutach, łączących z nerwem dwie ściśle izolowane miką lub parafiną powierzchnie, rozwiązuje właśnie tę trudną kwestyę; nie mamy tu bowiem do czynienia z dwoma komplikującymi się prądami, lecz z jednym, który o tyle chyba tylko może wpłynąć na nabój kondensatora, że zależnie od kierunku rozładowania może powiększyć lub zmniejszyć jego energią o kilka lub kilkanaście tysięcznych ergi, co w każdym przypadku z największą da się obliczyć dokładnością.

Nie mogąc ze względu na obszerność literatury podawać choćby pobieżnego streszczenia wszystkich wyników dotychczasowych badań zjawisk elektrottonicznych, poprzestaję na załączeniu w końcu tej rozprawy tytułów najważniejszych prac, do których w miarę potrzeby odwołam się w ciągu swej pracy i przystępuję do opisu metody, którą się posługiwałem w moich poszukiwaniach.

### III.

Pierwszą część pracy rozpocząłem od wyszukania sposobu mierzenia siły prądu polaryzującego i od ilościowego określenia przynajmniej w pewnych granicach tabliczki tak zwanej Pflügera, dzielącej prądy stałe na słabe, średnie i silne. Ponieważ z instrumentów do mierzenia siły prądu rozporządzałem tylko bardzo czułymi galwanometrami Platha i Meyera lub też za mało do moich celów czułym miliampermetrem sprężynowym Siemens — przeto skombinować musiałem sobie metodę tak, iż przez rozsunięcie możliwie wielkie cewek galwanometru Platha i odsunięcie jego magnesu zmniejszałem jego czułość do

<sup>1)</sup> Tigerstedt. Die durch einen constanten Strom.. 1882. Mitth. a. d. ph. Labor. d. Carol. med. chir. Inst. Stockholm.

<sup>2)</sup> up. Werigo. Die secundären Erregbarkeitsveränderungen an der Kathode. Archiv. für d. gesam. Phys. XXXI. 417.

potrzebnych mi granic, oznaczałem zaś ją za pomocą wymienionego miliamperometru Siemens'a i odpowiednich shuntów. Główne dane są następujące:

Galwanometr Platha o oporze 9400 Ohmów.

Cewki były rozsunięte, odległość magnesu od cewki galwanometru = 167 mm.

Czułość galwanometru obliczałem w sposób następujący:

natężenie prądu = 141 mili amp. na galw. Siemens'a;

shunt = 0.2  $\Omega$  (więc stos. oporów 0.2 : 9400 = 1 : 47000);

wychylenie = 510 do 215 = 295 mm.

$$\text{Czułość galw.} = \frac{0.141 \text{ Amp.}}{47000.295 \text{ mm.}} = \frac{3.10^{-6}}{295} 1.10^{-8} \text{ Amp. na mm.}$$

Dla prądów silnych używano tego samego galwanometru, ale odległość magnesu = 282 mm.

Natężenie prądu = 129 mili amp.;

shunt = 5  $\Omega$  (więc stos. oporów 5 : 9400 = 1 : 1880);

wychyl. = 429 mm.

$$\text{Czułość galw.} = \frac{0.129 \text{ Amp.}}{1880.429 \text{ mm.}} = \frac{7.10^{-5}}{429 \text{ mm.}} = \text{Amp. } 16.10^{-8} \text{ na mm.}$$

Mając w ten sposób obliczoną czułość przeprowadziłem szereg doświadczeń w celu oznaczenia granic natężenia, potrzebnego do wywołania skurczu przy samem zamknięciu, przy zamknięciu i otwarciu, i przy otwarciu.

Dla przykładu podaję ich kilka poniżej.

### Nerw 1.

	Przy pr. zstępującym	Przy pr. wstępującym	Wychylenie	Natężenie prądu w Amperach.
zamknięcie	mały skurcz	—	552—542	10.10 <sup>-8</sup>
otwarcie	—	—	542—552	
zamknięcie	mały skurcz	—	552—540	12.10 <sup>-8</sup>
otwarcie	—	—	540—552	
zamknięcie	skurcz na łydce	—	552—538	14.10 <sup>-8</sup>
otwarcie	—	—	538—552	
zamknięcie	skurcz	mały skurcz	570—552	18.10 <sup>-8</sup>
otwarcie	—	—	552—570	

	Przy pr. zstępującym	Przy pr. wstępującym.	Wychylenie	Natężenie prądu w Amperach
zamknięcie otwarcie	skurecz —	skurecz —	580—550 550—580	$30 \cdot 10^{-8}$
zamknięcie otwarcie	skurecz —	skurecz skurecz	580—540 540—580	$40 \cdot 10^{-8}$
zamknięcie otwarcie	skurecz —	skurecz skurecz	580—500 500—580	$80 \cdot 10^{-8}$
zamknięcie otwarcie	skurecz —	skurecz skurecz	580—490 490—580	$90 \cdot 10^{-8}$
zamknięcie otwarcie	skurecz słaby skurecz	skurecz skurecz	580—480 480—580	$100 \cdot 10^{-8}$

## Nerw 2.

6 stosów chromowych + 4 Daniele, shunt od 1 do 10 Ohmów.

	Przy pr. zstępującym	Przy pr. wstępującym	Wychylenie	Natężenie prądu w Amperach
zamknięcie otwarcie	skurecz mały skurecz	mały skurecz silny skurecz	980—920 920—980	$9 \cdot 10^{-6}$
zamknięcie otwarcie	skurecz czasem skurecz	— silny skurecz	983—890 890—983	$1 \cdot 10^{-5}$
zamknięcie otwarcie	skurecz —	— skurecz	983—850 850—983	$2 \cdot 10^{-5}$
zamknięcie otwarcie	skurecz —	— skurecz	983—790 790—983	$3 \cdot 10^{-5}$
zamknięcie otwarcie	skurecz —	— skurecz	983—693 693—983	$4 \cdot 10^{-5}$



## Nerw 3.

Drażniono prądem zstępującym.

Wychylenie  (Czuł. 1 mm. = $1 \cdot 10^{-8}$ )	22 mm. = $22 \cdot 10^{-8}$	zam-	skurecz	otwar-	—
	40 mm. = $40 \cdot 10^{-8}$	knięcie	"	cie	"
	66 mm. = $66 \cdot 10^{-8}$	"	"	"	"
	84 mm. = $84 \cdot 10^{-8}$	"	"	"	"
	99 mm. = $99 \cdot 10^{-8}$	zam-	skurecz	otwar-	skurecz
	112 mm. = $112 \cdot 10^{-8}$	knięcie	"	cie	"
	141 mm. = $141 \cdot 10^{-8}$	"	"	"	"
(Czuł. 1 mm. = $16 \cdot 10^{-8}$ )	20 cm. = $3200 \cdot 10^{-8}$	zam-	skurecz	otwar-	—
	15 cm. = $2400 \cdot 10^{-8}$	knięcie	"	cie	"

## Nerw 4.

Dla kontroli nastawiono galwanometr na inną czułość.

Natężenie prądu = 45 mili Amp.

Wychylenie =  $520 - 320 = 200$  mm.

$$1 \text{ cm.} = \frac{0,045}{20,9410 \text{ Ohm.}} = \frac{0,0045}{2,9410} = 0,00225 \text{ mili amp.}$$

$$1 \text{ mm.} = 22 \cdot 10^{-8} \text{ Amp.}$$

Drażniono znowu prądem zstępującym.

S k u r e c z	W y c h y l e n i e	N a t ę ż e n i e
zamknięcie	620—622 = 2 mm.	$44 \cdot 10^{-8}$
zamknięcie	620—624 = 4 mm.	$88 \cdot 10^{-8}$
zamknięcie i otwarcie	620—630 = 10 mm.	$220 \cdot 10^{-8}$
zamknięcie i otwarcie	620—670 = 50 mm.	$1120 \cdot 10^{-8}$
zamknięcie i otwarcie	620—730 = 110 mm.	$2470 \cdot 10^{-8} = 2,47 \cdot 10^{-5}$
tylko zamknięcie	540—700 = 160 mm.	$3600 \cdot 10^{-8} = 3 \cdot 10^{-5}$
tylko zamknięcie	540—750 = 210 mm.	$4720 \cdot 10^{-8} = 4,7 \cdot 10^{-5}$

Jak widać z załączonych przykładów granice obliczone dla pojedynczych części tabliczki Pflügera nie ulegają wielkim wahaniom, a mianowicie:

dla prądu słabego	0·0000001. — — 0·000001
dla prądu średniego	0·000001 — 0,00002
dla prądu silnego	powyżej 0,00002

A jeżeli uwzględnimy, że doświadczenia wykazały, iż czas, którego się używa zwykle do zamykania prądu stałego (nawet dla pewności modyfikowany młotkiem Pflügera) nie ulega także takim wahaniom, któreby mogły przy jednym natężeniu różny wywołać skutek, — to sądzę, że mogłem spokojnie wśród każdego doświadczenia zanotować wychylenie galwanometru, a zmierzwszy po doświadczeniu opór nerwu, obliczyć różnicę potencjałów na obu drażnionych punktach nerwu, jak nie mniej tę różnicę potencjałów, która przypadać będzie na punkta nerwu drażnione nabojem kondensatora. Jeżeli n. p. opór wynosił 160000 Ohmów, natężenie =  $1 \cdot 10^{-8}$  Amp., to różnica potencjałów =  $160000 \times 10^{-8}$  Volt, czyli 0,0016 Volt. Skoro jednak opór tego kawałka nerwu, który leżał między elektrodami drażniącego prądu, był 10 razy mniejszy od całkowitego oporu, przeto różnica potencjałów w dwóch punktach drażnionych wynosi w przybliżeniu 0,00016 Volt. Z tego łatwo można było obliczyć, ile kulombów ( $x = uc$ , gdzie  $u =$  Voltom,  $c =$  pojemności w Faradach) lub erg ( $y = \frac{1}{2} u^2 c \cdot 10^7$ ) w każdym przypadku należało wedle kierunku dodać lub odjąć od wartości bodźca wyrażonego w kulombach lub ergach.

#### IV.

Przystępując teraz do badania samej pobudliwości, zauważyć z góry musimy, iż trzymaliśmy się nomenklatury przez Pflügera proponowanej, który podzielił wszelkie możliwe przypadki zjawisk elektrotonicznych na cztery kategorie. Jak wiadomo, Pflüger drażnił nerw kuloszowy żaby za pomocą prądu stałego lub indukcyjnego, zwanego prądem drażniącym, a na pobudliwość, o której zmianach wnosił z graficznie zapisywanych skureczów, wpływał drugim prądem stałym, zwanym „prądem polaryzacyjnym“; elektrody prądu drażniącego mogły leżeć wzglę-

dem elektrodów prądu polaryzującego w położeniu czworakiem, a mianowicie powyżej lub poniżej prądu polaryzującego i to w sąsiedztwie bieguna ujemnego lub dodatniego. Załączone figury (5—8) wyobrażają

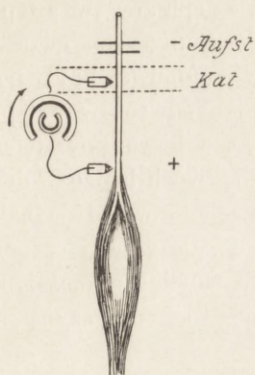


Fig. 5.

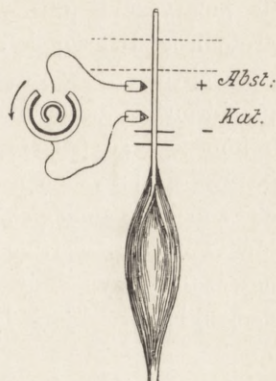


Fig. 6.

te cztery przypadki wraz z niemiecką nomenklaturą, przez Pflügera wprowadzoną.

Otóż, jak widać z tych rycin, zmiany pobudliwości w okolicy bieguna dodatniego, t. j. „Anelectrotonus“ i w okolicy bieguna ujemnego, t. j. „Katelectrotonus“ wtedy się zowią wstępującymi lub centrypolarnymi, gdy elektrody prądu drażniącego leżały powyżej elektrod prądu polaryzacyjnego; w przeciwnym razie, t. j. gdy elektrody

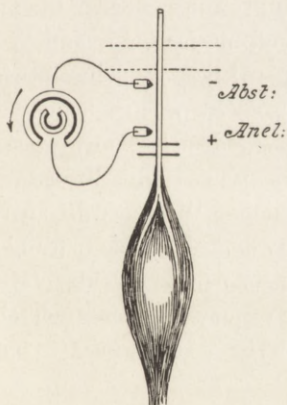


Fig. 7.

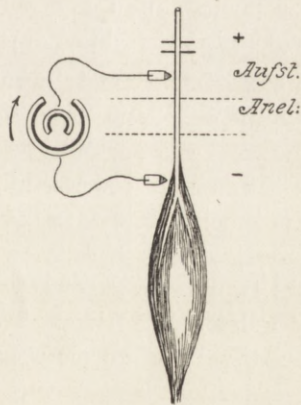


Fig. 8.

prądu drażniącego leżały poniżej elektrod prądu polaryzacyjnego, mamy do czynienia z Anelectrotonusem i Katelectrotonusem zstępującymi czyli m y o p o l a r n y m.

Łatwo się przekonać, że w zjawiskach katelektrotonicznych obojętną jest rzecz, czy będziemy je mianować według Pflügera, czy według kierunku prądu polaryzacyjnego, bo w wstępującym katelektrotonusie kierunek polaryzacji jest wstępujący, zaś zstępujący w zstępującym katelektrotonusie. Inaczej się rzecz ma z anelektrotonusem, gdzie właśnie wprost przeciwnie — w zstępującym anelektrotonusie prąd polaryzacyjny przebiega w kierunku wstępującym i naodwrot w wstępującym anelektrotonusie prąd polaryzacyjny przebiega w kierunku zstępującym.

Nasuwa się przy tem uwaga, czy, jeżeli dwóch badaczy dostawało w dwóch zupełnie analogicznych przypadkach i wśród jednakowych warunków wprost przeciwne wyniki, — nie należy tego przynajmniej w pewnej części przypadków kłaść na karb zawiłej a raczej dwuznacznej nomenklatury, która łatwo mogła się stać przyczyną nieporozumień.

Podniósłszy tę uwagę, odnoszącą się do używanej przeze mnie Pflügerowskiej nomenklatury, aby uniknąć powtarzających się w dalszym ciągu objaśnień, przystępuję do samego opisu moich doświadczeń.

Chodziło mi przedewszystkiem o takie urządzenie doświadczeń, aby ich warunki się nie zmieniały. Przedewszystkiem elektrody prądu drażniącego powinny być, możliwie dokładnie pokładane pod to samo miejsce nerwu, gdyż o ile doświadczenia wykonane dawniej przez nas<sup>1)</sup> z zastosowaniem kondensatora do podrażnienia nerwów wykazały, że jeżeli ta ostrożność była zachowana, to skurcze pojedyncze wywołane rozbieniami tej samej energii są do siebie zupełnie podobne pod względem wielkości i charakteru<sup>1)</sup> — o tyle z drugiej strony doświadczenia dalsze<sup>2)</sup> pokazały, że podczas drażnienia różnych miejsc tego samego nerwu nadzwyczaj łatwo można wykazać wybitne różnice w pobudliwości.

Najlepiej zatem było urządzić szereg elektrod nieruchomych, pozostających w stałej odległości od mięśnia i od siebie, aby mieć absolutną pewność, iż podczas kilkakrotnego mierzenia pobudliwości zawsze te same miejsca nerwu są przez nas drażnione. W tym celu sporządziłem szereg elektrod platynowych, ustawionych koło siebie parami w odległości  $1\frac{1}{2}$  mm., a izolowanych od siebie ściśle parafiną (Tabl. VIIa—w). Nerw kulszowy (N) wraz z mięśniem (M) spoczywały na tych elektrodach zawsze tak, że pierwsza elektroda była w odległości 2 mm. od

<sup>1)</sup> Czego ilustracją może być krzywa 21 w pracy wyżej wspomnianej. (Cybulski i Zanietowski. O zastosowaniu kondensatora....)

<sup>2)</sup> Cybulski i Zanietowski. Dalsze badania nad zastosowaniem kondensatora do podrażniania nerwów i mięśni. *Bullet. Akad. Umiej. w Krakowie*. Czerw. 1892. Nr. 46. Dośw. 2.

samego mięśnia. Aby teraz te elektrody połączyć w sposób możliwie pewny z przyrządem drażniącym sporządziłem szereg kółek parafinowych (I—XI), do których powtapiano po dwie pary rurek szklanych wypełnionych rtęcią. Wewnętrzny szereg rurek był połączony za pomocą drutów ściśle izolowanych i zalanych parafiną z wymienionymi elektrodami ( $a-w$ ); z zewnętrznego zaś szeregu ( $1'-11'$ ) wszystkie rurki lewe były połączone z kontaktem B, a wszystkie prawe z kontaktem A, — za pośrednictwem zaś tych kontaktów mogły być połączone i z przyrządem drażniącym odrysowanym na Tabl. VII. Rozbrojenie kondensatora udzielało się tylko wtedy za pomocą wymienionych połączeń łączącemu na elektrodach nerwowi, gdy do któregoś z kółek parafinowych wkładano czteroramienny koziółek D, łączący zewnętrzną parę rurek z wewnętrzną, a przez to i przyrząd drażniący z dowolną parą elektrod. Nie potrzeba dodawać, iż komutator L służył do zmieniania kierunku rozbrojenia.

Do przepuszczania przez nerw prądu galwanicznego polaryzującego, używałem naturalnie niepolaryzujących elektrod w formie zwykłej przez Du Bois-Reymonda podanej, a końce glinianych szpiców ( $G, H$ ) przytykałem do dwu wałeczków ( $E, F$ ) również glinianych, zwykle tak umieszczonych między elektrodami platynowymi, aby między biegunami prądu polaryzującego było 5 par elektrod platynowych, a po każdej stronie zewnętrznej bieguna po 3 pary. Wałki te naturalnie można było jednak przesuwać w miarę potrzeby bliżej lub dalej od mięśnia lub od siebie.

Aby na jednej i tej samej łapce módz robić więcej doświadczeń, aby módz śledzić za przebiegiem zjawisk elektrotonicznych w czasie, aby wreszcie podczas jednego i tego samego doświadczenia nie wprowadzać komplikacyj, jakimby mogła ulegać pobudliwość pod wpływem wysychania nerwu — urządziłem kamerę wilgotną, przykrywającą całkowicie nerw z elektrodami, opatrzoną z boków trzema małymi otworami na mięsień  $M$ , leżący na zewnątrz, i na elektrody  $G, H$ , oraz szklanym wieczkiem. Cały aparat wraz z kółkami parafinowymi i połączeniami był przykryty, aby uniknąć zanieczyszczenia kontaktów, szklanym kloszem, o rozsuwającej się na obie strony szklanej przykrywce, umożliwiającej przesuwanie koziółka  $D$  na żądane miejsce.

Prócz tego aparatu wchodziły jeszcze w skład doświadczenia:<sup>1)</sup> baterja  $J$ , służąca jako prąd polaryzacyjny, reochord  $K$ , służący do odgałęzienia dowolnej części tego prądu, klucz pojedynczy  $N'$  do za-

<sup>1)</sup> p. Tabl. VII.

mykania i otwierania prądu polaryzacyjnego, w miejscu którego można było włączyć, dla unormowania czasu zamykania, młotek Pflügera lub pachytrop o powolnych drganiach; wreszcie galwanometr  $O$ , służący do mierzenia natężenia prądu polaryzującego za pomocą metody już wyżej podanej. Nadto jeśli byśmy chcieli badać zjawiska wstępujące i zstępujące kat- i anelettrotonu bez naruszania położenia nerwu, można było włączyć w obwód drutów  $KM$  i  $KM'$  kommutator  $L$ .

Do podrażnienia używano rozbrojeń kondensatora według metody opisanej w Rozprawach Akademii Umiejętności<sup>2)</sup> w Krakowie i w archiwum Pflügera<sup>3)</sup>, do których też, o ile chodzi o szczegóły, musimy się tu odwołać. Połączenia kondensatora ze źródłem elektryczności i z nerwem były te same, co na tablicy VIII-iej ostatniej z wymienionych prac, z tą tylko różnicą, że wszystkie tam używane i przedstawione części składowe doświadczenia znajdowały się zestawione i stale już połączone w jednym przyrządzie, który będziemy dla krótkości nazywali ekscytatorem absolutnym. Ekscytator odrysowany na tablicy VI ma takie złożenie: Z prądu idącego od baterii  $O$ , a którego natężenie można odczytać na galwanometrze  $E$  i regulować zapomocą opornicy  $F$ , możemy dowolną część odgałęzić zapomocą rheochordu  $G$  i oznaczyć zarazem na mocy prawa Ohma różnicę potencyałów istniejącą na obu punktach rheochordu, od których prąd odprowadzamy, t. j. na punkcie stałym  $a$  i ruchomym  $P$ . Tą różnicą potencyałów, dowolnie dającą się zmieniać przez przesuwanie kontaktu  $P$ , nabijamy schowany w przyrządzie kondensator  $H$  o znanej nam pojemności, a wartość tego naboju w jednostkach energii lub ilości elektr. t. j. ergach lub kulombach obliczamy już z góry dla każdego położenia kontaktu  $P$ . Nabijanie i rozbrajanie kondensatora odbywa się zapomocą kommutatora elektrycznego  $L$ , poruszanego osobną baterią  $K$ . Kommutator ten jest tak urządzony, iż w stanie spokoju druty  $c$ ,  $d$ , idące od kondensatora połączone są zapomocą prętów  $e$ ,  $f$ , zanurzonych w miseczkach z rtęcią  $i$ ,  $j$ , z punktami  $a$ ,  $P$ , rheochordu, a więc ze źródłem elektr., umożliwiając nabijanie się kondensatora; w chwili zaś zamknięcia prądu  $k$ . kotwica  $x$  zostaje przyciągnięta do elektromagnesu  $k$ , przyrząd się przechyla w stronę przeciwną a kondensator łączy się zapomocą prętów  $g$ ,  $h$ , nurzających się w miseczkach  $l$ ,  $m$ , z nerwem i podrażnia go swem rozbrojeniem.

<sup>2)</sup> Cybulski i Zanietowski. O zastosowaniu kondensatora. loc. cit.

<sup>3)</sup> Ueber die Anwendung des Condensators zur Reizung der Nerven und Muskeln statt des Schlittenapparates von Du Bois Reymond von N. Cybulski u. J. Zanietowski. Archiv. für Physiol. Pflüger. Bd. 55. s. 45—148. Taf. VIII. Fig. 1.

## V.

Przebieg doświadczeń moich nad elektrotonem mógł być dwojaki: albo można było oznaczać pobudliwość normalną wszystkich jednastu punktów, obranych na nerwie, a następnie po zamknięciu prądu polaryzującego oznaczyć obniżoną lub podwyższoną pobudliwość tych jednastu punktów — albo można było dla każdej z 11 par elektrod osobno oznaczyć pobudliwość normalną, zamknąć prąd polaryzacyjny, oznaczyć pobudliwość zmienioną, otworzyć prąd polaryzacyjny i oznaczać tak samo pobudliwość dalszych punktów.

Pierwszy sposób eksperymentowania znacznie jest krótszy i na-  
pózór praktyczniejszy, może być jednakże w razie nieostrożnego zasto-  
sowania powodem licznych błędów. Pierwsze doświadczenia próbne wy-  
konane tym sposobem wskazały bowiem, iż przez Pflügera tak stanow-  
czo postawiona, a przez nikogo z jego następców mimo chaosu wyników  
nie zaprzeczona teza o stosunku natężenia zmian elektrotonicznych do  
odległości miejsca drażnionego od bieguna prądu polaryzacyjnego łatwo  
może być przecoczona. Teza ta brzmi, jak wiadomo, tak: im dalej się  
odsuwamy od bieguna ujemnego, tem natężenie zmiany katelektrotonicz-  
nej jest mniej wyraźne, im dalej od bieguna dodatniego, tem natężenie  
zmiany anelektrotonicznej jest mniej wybitne. O natężeniu tych zmian  
wnioskował Pflüger z wielkości skureczu zapisanego graficznie przy tej  
samej podniecie; inni z wielkości użytej podniety do wywołania tego  
samego skureczu; mimo to w tym dwojakim kierunku przeprowadzone  
badania do jednego doszły celu, a schematyczne linie oznaczające prze-  
bieg elektrotonicznych zmian po nerwie, choć w szczegółach różne,  
zawsze tę wspólną, ogólną nosiły dotąd cechę, że zmiany elektrotoniczne  
najwybitniejsze były przy samym biegunie. Nie małe mogło zatem być  
nasze zdziwienie, gdy liczby, wyrażające przyrost dodatni lub ujemny  
pobudliwości w znaczeniu Pflügerowskim wypadały nam w pewnych  
razach tem większe, im bardziej się odsuwaliliśmy od bieguna. Pozwo-  
limy sobie przytoczyć przykłady, ilustrujące to zjawisko.

Oznaczano w dziesięciotysięcznych częściach ergi energią rozbro-  
jenia, potrzebną do wywołania minimum skureczu łapki, i starano się  
zawsze wywołać skurecz tych samych mięśni. Jeżeli pobudliwość wzra-  
stała pod wpływem prądu polaryzacyjnego, to oczywiście wypadało  
użyć słabszego rozbrojenia; w takim razie różnice między energią rozbro-  
jenia, które wywoływało minimum skureczu w nerwie normalnym,  
a energią rozbrojenia użytą w nerwie o pobudliwości większej ozna-  
czamy znakiem + i wyrażamy ją podobnie jak samo rozbrojenie

w dziesięciotysięcznych częściach ergi. Przeciwnie znakiem — oznaczaliśmy liczby tam, gdzie pobudliwość się zmniejszała i gdzie energia rozbrojenia, potrzebna do wywołania minimum skureczu w nerwie, o pobudliwości zmienionej, musiała być większa, niż w nerwie normalnym.

Uważając za prawdopodobne, że pobudliwość nerwu zostaje w odwrotnym stosunku do siły rozbrojenia, te różnice uważaliśmy za wyraz zmian pobudliwości i przyjęliśmy, że stosunek ich do siebie jest taki sam, jaki przedstawia stosunek pobudliwości w nerwie.

Jeżeli w przytoczonym niżej doświadczeniu mamy różnicę + 40, + 25, + 11, to na podstawie tego przypuszczenia, a innego w dzisiejszym stanie rzeczy być nie może, i stosunek pobudliwości w tych 3 punktach nerwu musi być jak 40:15:11.

### Doświadczenie 1.

Żaba samiec. *Nervus ischiadicus*. Kierunek polaryzacji zstępujący. Badano zjawiska katelektrotoniczne przy mięśniu (a zatem Pflügerowski zstępujący katelektrotonus na 3 pierwszych extrapolarnych elektrodach. Kierunek rozbrojenia był:

Prąd wstępujący				Prąd zstępujący			
Nr. elektrody	Pobudl. normalna	Pobudl. zmieniona	Różnica	Nr. elektrody	Pobudl. normalna	Pobudl. zmieniona	Różnica
1 najdalej od bieguna	0·0051	0·0011	+ 40	1	0·0129	0·008	+ 40
2 bliżej do bieguna	0·0041	0·0016	+ 25	2	0·0029	0·0004	+ 25
3 przy sam. biegunie	0·0027	0·0016	+ 11	3	0·0026	0·0016	+ 16

Uwaga: Pobudliwość wyrażona jest w ergach.

### Doświadczenie 2.

Żaba samiec. *Nervus ischiadicus*. Kierunek polaryzacji wstępujący. Badano jak wyżej zjawiska anelektr. na 3 pierwszych elektro-



dach extrapolarnych przy mięśniu (a zatem Pflügerowski zstępujący anelektrotonus). Kierunek rozbrojenia był:

Prąd wstępujący				Prąd zstępujący			
Nr. elektrody	Pobudl. normalna	Pobudl. zmieniona	Różnica	Nr. elektrody	Pobudl. normalna	Pobudl. zmieniona	Różnica
1	0·001	0·010	— 90	1	0·024	0·008	— 160
2	0·016	0·022	— 60	2	0·029	0·024	— 50
3	0·008	0·004	— 40	3	0·032	0·027	— 50

### Doświadczenie 3.

Żaba samica mało pobudliwa. *Nervus ischiadicus*. Kierunek prądu polaryzacyjnego zstępujący. Badano zjawiska anelektrotoniczne na 3 ostatnich elektrodach leżących extrapolarnie od bieguna dodatniego (a zatem Pflügerowski wstępujący anelektrotonus). Kierunek rozbrojenia był zstępujący (I); poczem odwrócono kierunek prądu polaryzacyjnego, tak iż prąd polaryzacyjny był wstępujący i badano na tych samych elektrodach zjawiska Pflügerowskiego wstępującego katelektrotonu (II). Pobudliwość oznaczono w ergach.

I.

II.

Prąd zstępujący				Prąd wstępujący			
Nr. elektrody	Pobudl. normalna	Pobudl. zmieniona	Różnica	Nr. elektrody	Pobudl. normalna	Pobudl. zmieniona	Różnica
9	0·34	5·20	— 4·86	9	0·33	0·28	+ 0·05
10	0·26	13·0	—12·74	10	0·26	0·19	+ 0·07
11	0·17	14·0	—13·83	11	0·20	0·12	+ 0·08

Przytoczone dla przykładu doświadczenia, były robione bardzo szybko, t. j., starałem się po zamknięciu prądu polaryzacyjnego jak najszybciej nerw drażnić przez połączenie go z przyrządem drażniącym i możliwie szybko przechodziłem z 1-ej elektr. do 2-ej. Robiły one wrażenie,

iż wyniki zostały jak gdyby naumyślnie wypisane w doświadczeniu 1 i 2 w odwrotnym porządku, niż tego by wymagała teza Pflügera. Że jednak to zjawisko powtarzało się przy kierunku zstępującym i wstępującym polaryzacji, w katelektrotonie i anelektrotonie, przy kierunku zstępującym i wstępującym rozbrojenia — jednym słowem we wszystkich przypadkach nomenklatury Pflügerowskiej, nie mogłem ich odnosić do do przypadku lub prostej pomyłki. Wtedy też postanowiłem zwrócić uwagę na przebieg badanego zjawiska w czasie, przypuszczając, iż może błąd popełniono w tem, że pomimo szybkości w eksperymentowaniu, oznaczano bądź co bądź pobudliwość każdego następnego miejsca o kilkadziesiąt sekund później od poprzedniego. Jeżeli zjawisko elektrotoniczne jest jakimś stanem przebiegającym w czasie według pewnej krzywej, jeżeli po zamknięciu prądu polaryzacyjnego zmieniona pobudliwość nie pozostaje na tej samej wysokości, lecz ulega ujemnym lub dodatnim wahaniom, to w takim razie błąd byłby zrozumiały. Gdyby n. p. pobudliwość podniesiona w katelektrotonie z czasem spadała, to każdy następny pomiar pobudliwości będzie mniejszy od poprzedniego, jak to widzimy właśnie w doświadczeniu 1 i 2, a że drażnimy różne miejsca nerwu, posuwając się od ręki lewej ku prawej, czyli zbliżając się do katody przy mięśniu położonej, przeto łatwo moglibyśmy to opadanie pobudliwości zależne od czasu, fałszywie odnieść do wpływu miejsca drażnienia. Jeżeli tak jest, to posuwając się w powyższym przypadku od ręki prawej ku lewej, powinniśmy dostać wynik wprost przeciwny poprzedniemu, a z tezą Pflügera zgodny. Przeciwnie rzecz by się miała w doświadczeniu 3. Tam postępując od ręki lewej ku prawej, tak samo jak i w doświadczeniu 1 i 2 oddalaliśmy od bieguna, a nie przybliżaliśmy się do niego, jak w doświadczeniu 1 i 2, — przeto, gdyby przypuszczenie powyższe o czasie było prawdziwe, musielibyśmy dla każdego, później badanego miejsca mniejszą zmianę pobudliwości, a żeśmy badali coraz to dalsze miejsca od bieguna, przeto i sprzeczności z tezą Pflügera być nie powinno, jak to w rzeczywistości doświadczenie 3 wykazuje.

Przed przeprowadzeniem doświadczeń, mających stwierdzić wymienione teoretyczne przypuszczenia rozejrzałem się w literaturze przedmiotu co do zależności natężenia zmian elektrotonicznych od czasu, a raczej ich przebiegu w c z a s i e. Pflüger, jak wiadomo, znajduje tylko tę różnicę między powstawaniem zjawisk katelektrotonicznych i anelektrotonicznych, że pierwsze mają powstawać bardzo prędko<sup>1)</sup>, drugie zaś

---

<sup>1)</sup> „Die aufsteigende extrapoläre katelectrotonische Veränderung tritt mit wunderbarer Schnelle ein“ S. 265. „Der absteigende extrapoläre Katelectrotonus erscheint mit den Sinnen entschwindender Geschwindigkeit“ S. 349.

bardzo powoli<sup>1)</sup>. O ile dalej dokładną bardzo zwraca uwagę na wszystko to, co się dzieje po otwarciu prądu, i osobną nawet na to proponuje nomenklaturę „modyfikacyj“, o tyle znów tylko luźnie rzuca kilka uwag o przebiegu zjawiska podczas samego zamknięcia prądu polaryzacyjnego. Tylko omawiając wstępujący katelektroton extrapolarny, Pflüger rozróżnia 3 gatunki prądów co do siły, z których jedno pobudliwość stale podnoszą, drugie z początku podnoszą, aby ją potem obniżyć, trzecie wreszcie stale obniżają<sup>2)</sup>; nawiasowo zaś dodaje, że ten objaw obniżonej pobudliwości w silnym wstępującym katelektrotonie tłumaczono nieprzepuszczalnością, że się tak wyrażę, bieguna dodatniego, przy mięśniu leżącego, w którym pobudliwość zanadto była obniżoną, aby mogła przepuścić podrażnienie do mięśnia. W trzech innych przypadkach Pflügerowskich, t. j. we wstępującym katelektrotonie, w zstępującym i wstępującym anelektrotonie znajdujemy tylko luźną wzmiankę o powolnem zmniejszaniu się natężenia zmian elektrotonicznych po zamknięciu prądu polaryzacyjnego<sup>3)</sup>. Brak ten, zdaje się, ściślejszych danych, a przedewszystkiem krzywej przebiegu natężenia zmian elektrotonicznych w czasie, spowodował, iż z pośród szeregu następujących badaczy Werigo<sup>4)</sup>, badając między innymi zachowanie się pobudliwości co parę minut po zamknięciu prądu polaryzacyjnego na czas dłuższy, pomija powyżej wspomniane luźne uwagi Pflügera i jako własne spostrzeżenie podaje zmniejszanie się podniesionej pierwotnie pobudliwości przy katodzie, proponując nawet dla tych zjawisk nazwę — „zmian wtórnych“ w celu łatwiejszego odróżnienia ich od zmian przez Pflügera obserwowanych.

Kilka przytoczonych przez Werigę przykładów o tyle nie posu-  
nęło jednak kwestyi tej naprzód, że 1-o doświadczenia autora odnosiły

1) „Der absteigende extrapoläre Anelectrotonus schwillt sehr langsam an“. S. 319. „Der aufsteigende extrapoläre Anelectrotonus wächst sehr langsam an“. S. 391.

2) S. 266. „je nach der Stromstärke, welche angewandt worden ist“, albo „Erhöhung der Erregbarkeit“, albo „anfangs positiver und nach einigen Minuten negativer Zuckungszuwachs“ — albo „negativer Zuckungszuwachs“, der „immer kräftiger auftritt je länger geschlossen bleibt“.

3) 1) „...nimmt ganz langsam und allmähig ab“... S. 349. 2) „...nimmt nachher ab...“, wenn man fortwährend geschlossen hält“... S. 320. 3) „...nimmt später... bei fortdauernder Schliessung in seiner Wirkung wieder langsam ab“... S. 390.

4) Werigo loc. cit. S. 426—427. „Änderungen der extrapolären Erregbarkeit während der Polarisation“. — Die Erregbarkeit erleidet einen Umschwung, indem dieselbe aus einem im Vergleich mit der Norm gesteigerten Zustande in eine Depression übergeht; ...diese Erscheinung will ich im Gegensatz zu der Pflügerschen primären Änderung mit dem Namen „secundäre Erregbarkeitsänderung“ belegen.

się tylko do katody, 2-o, że autor nie podał ani graficznej krzywej ani liczebnej zależności, określającej ściśle stosunek ilościowy tych drugorzędnych zmian do czasu, do miejsca drażnienia i do siły prądu, porzostając pod dwoma ostatnimi względami na kilku uwagach ogólnikowych, które podaję w odnośniku <sup>1)</sup>. Dowiedziałem się, jednym słowem, ze wszystkich badań tylko tyle, że po zamknięciu prądu polaryzującego podniesiona pierwotnie przy katodzie pobudliwość powoli opada, co się nazywa u Pflügera „allmälige Abnahme“, u Werigi zaś „Umschwung“, że to opadanie tem szybciej następuje, im bliżej jesteśmy bieguna i im silniejszy jest prąd polaryzacyjny.

Doświadczenia moje w celu zbadania zależności od czasu postanowiłem przeprowadzić w sposób następujący. Zbadawszy normalną pobudliwość nerwu w pewnym danym miejscu, zamykałem prąd polaryzacyjny na pewien czas i co parę minut badałem znowu pobudliwość zmienioną. Ponieważ niezawsze za użyciem metody naszej można odrazu trafić przesuwalnym kontaktem reochordu na to miejsce, w którym się otrzyma absolutnie minimalny skurecz, przeto nie było mowy, abym pobudliwość oznaczał co minutę, dwie lub pięć; poprostu tylko notowałem dokładnie czas, w którym udawało mi się dostać absolutnie minimalny skurecz oraz odpowiednią w jednostkach energii lub ilości elektryczności wyrażoną pobudliwość — a z kilku lub kilkunastu danych wykresiliłem krzywą, odznaczywszy na osi rzędnych przyrosty pobudliwości w ergach lub kulombach, a na osi odcinków czas w sekundach lub minutach. Zauważywszy, że krzywe próbne, wykreslane pod tym względem wykazują pewne analogie, dające się uchwycić może w jakąś ściślejszą formę, przeprowadziłem szereg podobnych doświadczeń, z których tu kilka dla przykładu podaję.

#### Doświadczenie 4.

Żaba samiec. *Nervus ischiadicus*. Prąd do drażnienia użyty = 25 mili Amp., kondensator =  $1.10^{-8}$  F. Prąd polaryzacyjny dający pierwszy ślad „słabego“ stopnia Pflügera =  $10.10^{-8}$ .

Zob. tabl. na str. 111.

<sup>1)</sup> Werigo. loc. cit. (S. 427—430). „Die Versuchen ergaben... ein desto rascheres u. stärkeres Sinken der Erregbarkeit, je näher der Reizungsort dem Pole liegt“. S. 428. „Die Stärke der Polarisation wirkt auf die secundäre Aenderung ganz ebenso wie auf die primäre, indem dieselbe sowohl die Intensität als die Ausbreitung der Aenderung beeinflusst“. S. 429. „Die Stärke der Polarisation wirkt auch auf die Schnelligkeit, mit welcher die Umkehr der primär gesteigerten Erregbarkeit zu Stande kommt“. S. 430.

Pobudliwość normalna	0·0030 erg	
„ zaraz po zamknięciu	0·0024 „	różnica = + 0·0006
„ po 4 minntach.	0·0028 „	„ + 0·0002
„ po 7 „	0·0037 „	„ — 0·0007
„ po 10 „	0·0040 „	„ — 0·0010
„ po 12 „	0·0042 „	„ — 0·0012
„ po 15 „	0·0042 „	„ — 0·0012
„ po 20 „	0·0042 „	„ — 0·0012
„ po 25 „	0·0042 „	„ — 0·0012
„ po 30 „	0·0042 „	„ — 0·0012

W celu przeprowadzenia następnego doświadczenia na tej samej łapce otworzyliśmy prąd i znowu w pojedynczych odstępach czasu mierzyliśmy pobudliwość nerwu przyczem dostaliśmy następujące rezultaty:

### Doświadczenie 5.

Pobudliwość przed otwarciem	0·0042 erg	różnica z pierwszą
— „ — zaraz po otwarciu	0·0028 „	normą = + 0·0002
— „ — po 9 minutach	0·0030 „	norma
— „ — po 12 „	0·0034 „	— 0·0004
— „ — po 15 „	0·0035 „	— 0·0005
— „ — po 20 „	0·0037 „	— 0·0007

Jeżeli teraz odetniemy na osi rzędnych wartość pobudliwości w ergach, a na osi odciętych wartość pojedynczych odstępów czasu, to dostaniemy krzywą BCDEF, uwidocznioną na fig. 9. (Patrz str. 112).

Rozpatrzywszy zaraz na początku tę krzywą, stwierdzić na niej możemy przedewszystkiem, że pobudliwość z szybkością bardzo wielką (której graficznie nie przedstawiamy) wzrasta z normy A do punktu B, aby potem opadać powoli nietylko do normy, ale nawet poniżej normy

(BC) (V) „Umschwung“ Werigi. (V) Na tym stanie depresji pobudliwość pozostaje, jak widzimy z przykładu, bardzo długo (CD), a dopiero otwarcie prądu powoduje natychmiastowy powrót do stanu podniesionej pobudliwości (DE) z następowem ponownym jej opadaniem (EF). Pomijając na razie drugą

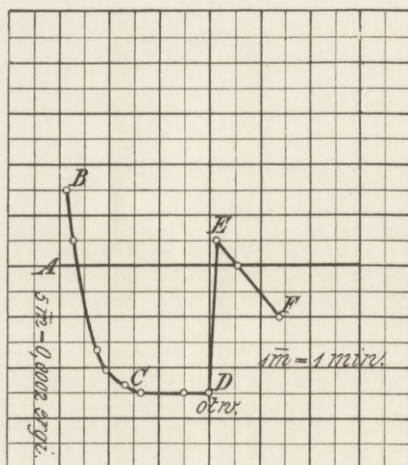


Fig. 9.

część krzywej (DEF), zaznaczyć musimy, że takie graficzne przedstawienie zmian natężenia pobudliwości w czasie wyjaśnia nam pozorne sprzeczności, wymienione na początku niniejszego rozdziału w doświadczeniu 1 i 2. Stąd też wypływa konieczność ścisłego wyrażenia graficznie lub liczbami tych zmian w czasie, jeśli tą metodą (t. j. przy jednorazowym stałym zamknięciu prądu polaryzacyjnego) chcemy badać przebieg zmian elektrotonicznych wzdłuż nerwu, gdyż ogólnikowe dotychczasowe spostrzeżenia o bądź co bądź w gruncie rzeczy prawdziwych zjawiskach zmiany pobudliwości podczas trwania polaryzacji do ścisłego badania nie wystarczają, tem bardziej, że te zmiany choć wspólne mają cechy i wspólny niejako charakter jednak dla każdego miejsca nerwu i dla każdej siły prądu inny okazują przebieg. Dla przykładu załączam doświadczenie 6 przeprowadzone na trzech extrapolarnych elektrodach za użyciem pierwszego stopnia słabego prądu Pflügerowskiego. (Patrz str. 113.).

## Doświadczenie 6.

Nr. krzywej	Po zamkn. w minutach:	Pobudliwość zmienna względem normy o erg. $10^{-4}$ :	Po otw. w minut.	Pobudliwość zmienna względem normy o erg. $10^{-4}$ :
C	zaraz	+ 6	2'	+ 5
	3'	+ 4	12'	0
	6'	+ 2	20'	- 4
	8'	0	27'	- 7
	13'	- 4		
	20'	- 4		
	30'	- 4		
B	zaraz	+ 12	2 $\frac{1}{2}$ '	0
	3 $\frac{1}{2}$ '	+ 8	4'	+ 6
	6 $\frac{1}{2}$ '	0	16'	0
	13 $\frac{1}{2}$ '	- 11	23'	- 3
	20 $\frac{1}{2}$ '	- 11		
	32 $\frac{1}{2}$ '	- 11		
	zaraz	+ 20	5'	0
A	5'	0	7'	+ 10
	7'	- 13	10'	+ 8
	10'	- 13	20'	+ 2
	20'	- 13	30'	- 3

Do tego doświadczenia załączam 3 krzywe A, B, C, wykreślone według omówionych już wyżej zasad.

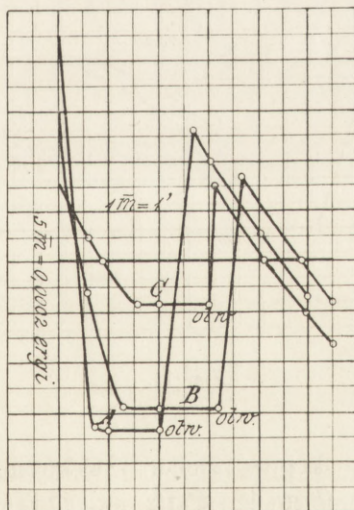


Fig. 10.

Jak widzimy z załączonych liczb i krzywych, przebiegają zmiany katelektrotoniczne według linii do siebie podobnych, lecz tem stromiej i tem niżej opadających, im bliżej jesteśmy bieguna prądu polaryzacyjnego. Po otwarciu prądu galwanicznego pobudliwość podnosi się chwilowo powyżej normy i to tem wyżej, im wyższą była pierwotna zmiana katelektrotoniczna, aby później znowu opaść ku normie, a nawet poniżej normy.

Przebieg zmian anelektrotonicznych w czasie o tyle się różni od przebiegu zmian katelektrotonicznych, że obniżenie pobudliwości po zamknięciu prądu następuje odrazu i przytem daleko szybciej przy anodzie, niż jej podnoszenie się przy katodzie. Doszedłszy do pewnego kresu, obniżona pobudliwość pozostaje na nim tak długo, jak długo prąd pozostaje zamknięty i dopiero po jego otwarciu wraca po woli do normy, a nawet przy silniejszych prądach wyżej normy, aby znowu zwolna ku niej opaść. Wszystkie te zmiany odbywają się tem szybciej w czasie i tem wyraźniej co do swego natężenia, im silniejszy jest prąd polaryzacyjny lub im przy tym samym prądzie polaryzacyjnym jesteśmy bliżej anody tego prądu.

Dla przykładu załączamy krzywą, będącą właśnie wyrazem zmian anelektrotonicznych prądu słabego w znaczeniu Pflügera ( $11 \cdot 10^{-8}$ ) (Fig. 11)

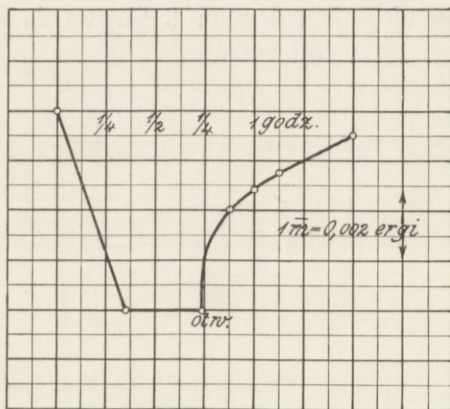


Fig. 11.

Podajemy powyżej krzywą zmian anelektrotonicznych na 3 extrapolarnych elektrodach (Fig. 12. Patrz str. 115). dla prądu silnego o natężeniu  $2 \cdot 10^{-5}$ .



Na krzywej przedstawiony jest tylko okres wzrastania pobudliwości z następowym opadaniem po otwarciu prądu, ponieważ 1-go okresu

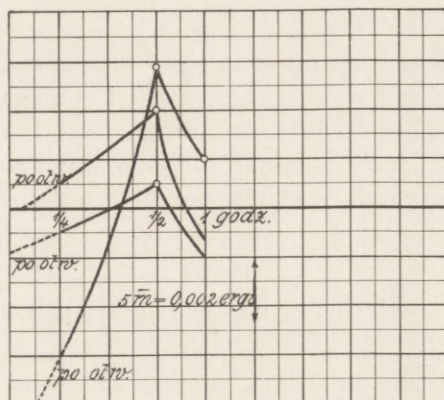


Fig. 12.

wskutek bardzo znacznego obniżenia, wobec przyjętej skali wyrysować się nie dało.

## VI.

Nie mam bynajmniej zamiaru zastanawiać się nad przebiegiem w czasie zmian elektrotonicznych każdego natężenia polaryzacji i każdego miejsca nerwu; prowadziłoby to za daleko, gdybyśmy w każdym specjalnym przypadku mieli wykreślać krzywą poprawek w czasie, skoro możemy użyć metody mniej żmudnej; lecz wiadomość tych zmian potrzebną nam jest do krytycznego osądzenia zjawisk przeróżnie obserwowanych i tłumaczonych.

Przedewszystkiem z tego, cośmy powiedzieli o przebiegu zmian elektrotonicznych w czasie, wypada, że nie możemy zamknawszy raz prąd słaby, oznaczać pobudliwość różnych miejsc po sobie, gdyż w każdym coraz to później badanem miejscu natrafimy na inną fazę przebiegu tejsze zmiany. Otwarcie prądu zatem i ponowne oznaczenie pobudliwości normalnej byłoby środkiem pewniejszym, choć dłuższym, gdyby nie to znów, że przy tym sposobie wchodzi w grę podwójny wpływ, mianowicie wpływ każdorazowego otwarcia prądu polaryzacyjnego i wpływ częstego powtarzania polaryzacji.

Jak już wspomnieliśmy stany po otwarciu prądu galwanicznego Pflüger<sup>1)</sup> nie tylko starał się zbadać, ale nową zaproponował nomenklaturę, nazywając modyfikacją dodatnią podniesienie się pobudliwości po otwarciu prądu polaryzacyjnego, a modyfikacją ujemną zmniejszenie się jej po otwarciu.

Według Pflügera po otwarciu prądu polaryzacyjnego występuje przy katodzie zarówno w wstępującym jak i w zstępującym katelektrotonie szybko znikająca modyfikacja ujemna, ustępująca miejsca modyfikacji dodatniej, powoli wracającej do normy; przy anodzie zaś spotykamy stale po otwarciu modyfikacją tylko dodatnią. Tyle Pflüger.

Werigo badając dokładnie zmiany pobudliwości po otwarciu prądu<sup>2)</sup>, którym znów nadaje odrębną nazwę „Nachwirkungen“ zgadza się z Pflügerem tylko w tych przypadkach, gdzie polaryzacja trwała bardzo krótko, i gdzie wyżej wspomniane jego „*secundäre Erregbarkeitsänderungen*“ polegające na następnym obniżeniu się podniesionej w katelektrotonie pobudliwości podczas zamknięcia prądu polaryzacyjnego, były małe. W przypadkach zaś, gdzie te drugorzędne zmiany były wybitne, podczas działania prądu polaryzacyjnego, odpada drugie stadium Pflügerowskie, tak że zostaje samo opadanie pobudliwości poprzednio podniesionej. Stałej reguły nie formułuje jednak Werigo, a nawet dostaje takie wypadki, gdzie po otwarciu prądu polaryzacyjnego pobudliwość pozostawała ta sama.

Co się tyczy drugiego punktu, t. j. wpływu powtarzania polaryzacji, formułuje pierwszy Werigo dokładnie szereg skomplikowanych prawideł, które dadzą się zredukować do następujących punktów.

1) Jeżeli pobudliwość nerwu wraca do normy i prąd polaryzacyjny zamkniemy ponownie w tym samym kierunku, to dostaniemy to, cośmy mieli na samym końcu podczas pierwszej polaryzacji, a więc w katelektrotonie „eine fast ebenso starke Depression, wie sie der Nerv am Ende der ersten Polarisation zeigte..... ohne die Erregbarkeitsveränderungen, welche die erste Polarisation nach Pflüger charakterisieren“. (433).

2) Jeżeli zaś zamkniemy drugą prąd w kierunku przeciwnym i to podczas gdy „Nachwirkung noch stark ausgesprochen“,

<sup>1)</sup> Loc. cit. S. 269. „Ich umfasse... das ganze Gebiet der veränderten Erregbarkeit nach der Öffnung. des pol. Stromes unter der... Bezeichnung der Modification des Nerv. durch den const. Strom“.

<sup>2)</sup> loc. cit. S. 431—433.

to dostaniemy odrazu „eine Steigerung ohne vorangehende Erniedrigung“. (435).

3) Jeżeli wykonamy te same dwa akta w przypadkach, gdzie zmiany następować są słabe, to już wpływa kierunek prądu, bo tylko prądy wstępujące działają jak wyżej, zaś zstępujące dają zwykłe zjawiska Pflügerowskie. (436).

4) Jeżeli wreszcie drażnimy (prądem zstępującym) nie stale, tylko krótko, a często, to mamy podniesienie każdorazowe pobudliwości, które z czasem zmienia się dla prądów wstępujących w obniżenie pobudliwości, a dla prądów zstępujących obniża się, lecz znaku nie zmienia („die erhöhende Wirkung der Polarisierung nimmt ab, kehrt sich jedoch nicht um“ l. c. 437).

Dziwnym zbiegiem okoliczności badania przeprowadzone za pomocą rozbrojeń kondensatora doprowadzają do wyników mało skomplikowanych, a z pierwotnymi prawami Pflügera w ogólnym zarysie zgodnych.

Co do pierwszego punktu, t. j. wpływu otwarcia prądu polaryzacyjnego, występowały opisane zjawiska z zwykłą regularnością; szybko znikająca „modyfikacja ujemna“, mogąca wedle Pflügera być obserwowaną tylko za użyciem słabych prądów, przed modyfikacją dodatnią, rzeczywiście kilka razy nam się okazała za użyciem bardzo słabych prądów w formie króciutkiego obniżenia się pobudliwości, czasem tak krótkiego, iż ledwo dała się uchwycić; nie może ona wchodzić w grę w doświadczeniach naszych, gdzie przerwy pomiędzy pojedynczymi obserwacjami są o wiele dłuższe.

Co się jednak tyczy drugiego punktu, t. j. wpływu powtarzania polaryzacji, to faktycznie trudno uporządkować wszystkie prawidła Werigi. Sam fakt, iż zamykanie drugiego prądu w kierunku przeciwnym niż pierwszy daje wynik odwrotny, niż gdy prądy są jednokierunkowe, dowodzi chyba, że dwa prądy, z którymi manipuluje, przecież jakoś ze sobą się komplikują i nie tak pozostają bez wpływu, jak to autor wykazywał w założeniu. Chęć wytłomaczenia swoim czwartym prawidłem wyników Valentin'a, Munk'a i Lautenbach'a, sprzecznych z Pflügerem — nie wiem czy dalej pchnie sprawę, niż ogólnikowe zdania Meissner'a lub Hermann'a o tychże pracach, że sprzeczność wyników pochodzi od błędnej izolacji, niejednorodności nerwu i niestałości prądu polaryzującego lub drażniącego.

Z naszych doświadczeń wynikało co do powtarzania polaryzacji tylko tyle, że jeżeli zamknęliśmy drugi raz ten sam prąd, podczas gdy pobudliwość wracała jeszcze po otwarciu ze stanu depresji do normy,

to podniesienie było tem wyższe, im bliżej byliśmy normy, lub też ją nawet przekraczaliśmy; jeżeli otworzyliśmy pierwszy raz prąd podczas opadania pobudliwości, pierwotnie podniesionej, i natychmiast zamknęliśmy drugi raz prąd, to na wynik doświadczenia składały się niejako trzy ruchy składowe, mające dać wypadkową, t. j. przerwane otwarciem opadanie pobudliwości, modyfikacja następująca po otwarciu i wpływ ponownego zamknięcia.

Zdaje mi się, jednym słowem, że mając przed oczyma ciągle ogólny schemat przebiegu zjawisk elektrotonicznych w czasie, łatwiej sobie wytłumaczymy pozorne sprzeczności, niż rozkawałkowaniem na działy i poddziały, między sobą niezgodne, reguły postawionej przez Pflügera na wszystkie przypadki, którą bez elektrycznych prądów stwierdza w zarysie, acz niedokładnie badanie metodą chemiczną i mechaniczną, — którą stwierdza zresztą bez niezrozumiałych wyjątków metoda przez nas używana.

Jako najbliższy postulat wynika zaś dla nas z tego wszystkiego, co powiedziano, iż najpewniejszą drogą w naszych badaniach będzie unikanie komplikacyj zależnych od czasu przez wyczekanie ich przebiegu i k a ż d o r a z o w e oznaczenie na nowo pobudliwości normalnej danego miejsca, nawet k i l k u r a z o w o, aż nie nabierzemy pewności, że ona już się ustaliła, i że z nią możemy porównywać zmiany pobudliwości po ponownem zamknięciu prądu polaryzacyjnego, w pierwszej chwili po jego zamknięciu, na przykład w 1-ej minucie.

Postanowiwszy iść tą metodą powtarzania polaryzacji pod ścisłą kontrolą i kilkurazowego sprawdzania normalnej pobudliwości, podzieliłem sobie ilościowe badanie na następujące serye.

Serya I. Zmiany elektrotoniczne pod wpływem prądów nie wywołujących skurczu i „słabych“, t. j. wywołujących skurcz tylko po zamknięciu. ( $10.10 \text{ A}^{-8}$  —  $100.10^{-8} \text{ A}$ ).

Serya II. Zmiany pod wpływem prądów „średnich“. ( $100.10^{-8} \text{ A}$  —  $1.10^{-5} \text{ A}$ ).

Serya III. Zmiany seryj poprzednich w przypadku zmiany kierunku rozbrojenia.

Serya IV. Zmiany pod wpływem prądów „silnych“ (powyżej  $1.10^{-5} \text{ A}$ ).

## VII.

## SERYA I.

## Doświadczenie 7.

Żaba samiec. *Nervus ischiadicus*. Polaryzacja wstępująca. Prąd polaryzacyjny o natężeniu  $3.10^{-8}$  nie dający skurczu w chwili zamknięcia.

Nr. elektrody	Pobudliwość normalna	Pobudliwość zmieniona	Różnica
I	0·0040 erg	0·0040	0
II	0·0031	0·0031	0
III	0·0037	0·0033	+ 0·00040
IV	0·0190	0·0184	+ 0·00060
V	0·0190	0·0185	+ 0·00050
VI	0 0150	0·0106	+ 0·00044
VII	0·0068	0·0068	0
VIII	0·0070	0·0075	— 0·00050
IX	0·0078	0·0080	— 0·00020
X	0·0070	0·0070	0
XI	0·0070	0·0070	0

Cheąc mieć dokładniejsze wyobrażenie o stosunku zmian pobudliwości, wyrażonych w powyższej tablicy, względem siebie i względem pobudliwości normalnej, musimy się posługiwać metodą graficzną. Otóż, jeżeli odetniemy na osi odciętych odstęp, odpowiadające odległości pojedynczych par elektrod, a na osi rzędnych przyrosty dodatnie i ujemne pobudliwości, otrzymamy krzywą, wyobrażającą graficznie ten stosunek dla każdego danego miejsca nerwu. Taką krzywą wyobraża nam dla powyższego doświadczenia na fig. 13 linia przecinająca oś odciętych około elektrody VII.

(Patrz Fig. 13 na str. 120).

Z krzywej tej oraz z tabelki widać, że po zamknięciu prądu polaryzacyjnego pobudliwość wzrastała w okolicy bieguna ujemnego, począwszy od III pary elektrod, i to o 0·0004 — 0·0006; potem w miarę oddalania się od tegoż bieguna spadała, pozostając jednak wyższą względem normy o 0·0005; 0·0004, w okolicy elektrody VII pozostawała normalną; na przestrzeni wreszcie elektrody VIII i IX była obniżoną o 0·0005—0·0002 ergi. Okolice X i XI pary znów okazywały

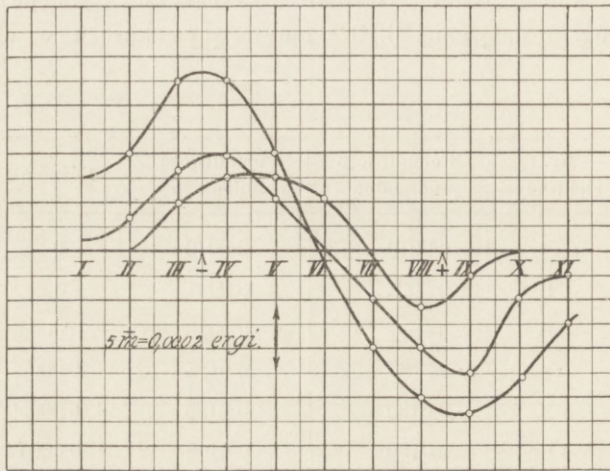


Fig. 13.

pobudliwość normalną, czyli, krótko mówiąc, „zakres zmian elektrotonicznych“ rozciągał się od elektrody III do IX inclusive.

Wyczekawszy, aż pobudliwość nerwu wróci do normy, zmieniliśmy kierunek rozbrojenia kondensatora, tak aby jego nabój był zmniejszony prądem polaryzacyjnym i w tym przypadku otrzymaliśmy zupełnie podobne wyniki, które dla uproszczenia całej rzeczy podam w skróceniu. (Zob. tab. na str. 121).

Z tego widzimy, że zmiana kierunku rozbrojenia nie wpłynęła na wynik doświadczenia, o czym nas przekonać również może obliczenie energii, jakoby reprezentował nabój kondensatora, naładowanego prądem polaryzacyjnym w kierunku przeciwnym prądowi służącemu do ładowania kondensatora. Opór nerwu użytego w powyższem doświadczeniu wynosił 140600 Ohmów; odległość obu elektrod glinianych = 15 mm., odległość każdej pary elektrod platynowych = 1·5 mm.; na miejsce drażnione nabojem kondensatora przypadła zatem 0·1 część różnicy potencjałów, otrzymanej przez pomnożenie znanego nam natężenia

## Doświadczenie 8.

Nr. elektrody	W zakresie katelektrotonu pobudliwość podniesiona o erg. $10^{-5}$ :	Nr. elektrody	W zakresie anelektrotonu pobudliwość obniżona o erg. $10^{-5}$ :
I, II	0	VII	0
III	+ 40	VIII	- 50
IV	+ 60	IX	- 20
V	+ 50	X, XI	0
VI	+ 44		

$3 \cdot 10^{-8}$  A przez opór. Różnica ta, wynosząca w danym przypadku  $45 \cdot 10^{-5}$  Volt naładować może nam kondensator do wysokości  $8 \cdot 10^{-9}$  erg; nie więc dziwnego, że tak mały nabój, który mógł być spowodowany przez prąd polaryzacyjny, nie mógł wywierać widocznego wpływu na wahania pobudliwości wynoszące od  $1-6 \cdot 10^{-4}$  ergi.

## Doświadczenie 9.

Ten sam nerw po pauzie półgodzinnej. Polaryzacja zstępująca. Prąd polaryzacyjny o sile  $6 \cdot 10^{-8}$  A, jeszcze nie dosięgający skurezu w chwili zamknięcia.

Nr. elektrody	Pobudliwość normalna	Pobudliwość zmieniona	Różnica
I	0.0041	0.0040	+ 0.0001
II	0.0030	0.00276	+ 0.00024
III	0.0045	0.00386	+ 0.00064
IV	0.0200	0.0192	+ 0.0008
V	0.0200	0.0196	+ 0.0004
VI	0.0150	0.0149	0.0001
VII	0.0068	0.0104	- 0.0036
VIII	0.0070	0.0078	- 0.0008
IX	0.0076	0.0086	- 0.0010
X	0.0070	0.0074	- 0.0004
XI	0.0070	0.0072	- 0.0002

Zmiany pobudliwości wyrażone w tej tabliczce wyobraża nam graficznie średnia z krzywych podanych powyżej na fig. 13, przecinająca oś odciętych pomiędzy VI a VII parą elektrod. Z tego doświadczenia, różniącego się od poprzedniego tylko siłą prądu polaryzacyjnego większą o  $3 \cdot 10^{-8}$  A, widać znowu tę samą regularność, co i w poprzednim, z tą różnicą, że zmiany pobudliwości zaczynają się już od elektrody II, gdzie pobudliwość jest podniesioną o 0·0002 ergi, następnie wzrasta powoli aż do 0·0004 (elekt. IV), opada prawie do normy (V) i w końcu ulega wahaniom w kierunku przeciwnym w granicach od 0·0002 do 0·0010 ergi. Zmiany elektrotoniczne, które się zaczęły przy katodzie, wcześniej niż w doświadczeniu poprzednim, bo już przy elektrodzie II, kończą się także później przy anodzie, albowiem znikają poza obrębem XI pary elektrod. I tu zmiana kierunku rozbrojenia nie wpływa na wynik doświadczenia, albowiem energia naboju obliczona dla siły prądu  $6 \cdot 10^{-8}$  A i kondensatora  $1 \cdot 10^{-8}$  F wynosi tylko przy danych oporach  $9 \cdot 10^{-9}$  erg.

### Doświadczenie 10.

Żaba. *Nervus ischiadicus*. Prąd polaryzacyjny =  $10 \cdot 10^{-8}$ . Słaby skurek z chwiłą zamknięcia.

Nr. elektrody	Pobudliwość normalna	Pobudliwość zmieniona	Różnica
I	0·0155	0·0149	+ 0·0006
II	0·0155	0·0147	+ 0·0008
III	0·0127	0·0113	+ 0·0014
IV	0·0149	0·0135	+ 0·0014
V	0·0110	0·0102	+ 0·0008
VI	0·0155	0·0155	0·0000
VII	0·0136	0·0144	— 0·0008
VIII	0·0109	0·0121	— 0·0012
IX	0·0121	0·01346	— 0·00136
X	0·0117	0·0127	— 0·0010
XI	0·0117	0·0123	— 0·0006

Zmiany pobudliwości wyrażone w tej tabliczce wyobraża nam graficznie najwyższa z krzywych na fig. 13. W powyższym doświad-



czeniu „zakres zmian elektrotonicznych“ sięga zarówno poza katodę, jak i poza anodę, a wahania dodatnie i ujemne pobudliwości są o wiele większe, niż w obu poprzednich doświadczeniach, gdyż wahają się między 0·0006 a 0·0015. I tu jeszcze wpływ kierunku rozbrojenia nie da się wykazać, gdyż energia naboju, udzielonego kondensatorowi  $1 \cdot 10^{-8}$  F. przez prąd polaryzacyjny  $10 \cdot 10^{-8}$  A. równa się tylko  $1 \cdot 10^{-7}$  ergi.

## SERYA II.

## Doświadczenie 11.

Żaba samiec. *Nervus ischiadicus*. Prąd polaryzacyjny =  $100 \cdot 10^{-8}$ . Skurcz w chwili zamknięcia i otwarcia.

Nr. elektrody	Pobudliwość normalna	Pobudliwość zmieniona	Różnica
I	0·0180	0·0120	+ 0·0060
II	0·0180	0·0103	+ 0·0077
III	0·0200	0·0120	+ 0·0080
IV	0·0172	0·0102	+ 0·0070
V	0·0110	0·0080	+ 0·0030
VI	0·0150	0·0180	— 0·0030
VII	0·0090	0·0170	— 0·0080
VIII	0·0110	0·0205	— 0·0095
IX	0·0110	0·0170	— 0·0060
X	0·0120	0·0140	— 0·0020
XI	0·0120	0 0130	— 0·0010

Zmiany tej pobudliwości wyobraża fig. 14 (zob. str. 125).

## Doświadczenie 12.

Doświadczenia powyższe powtórzono z tym samym nerwem, używając nieco tylko silniejszego prądu, ze skutkiem podobnym, jak przekonana na odwrotnej stronie załączona tabliczka, w której dla skrócenia podaję tylko ilość erg, o które pobudliwość była podwyższoną lub obniżoną.

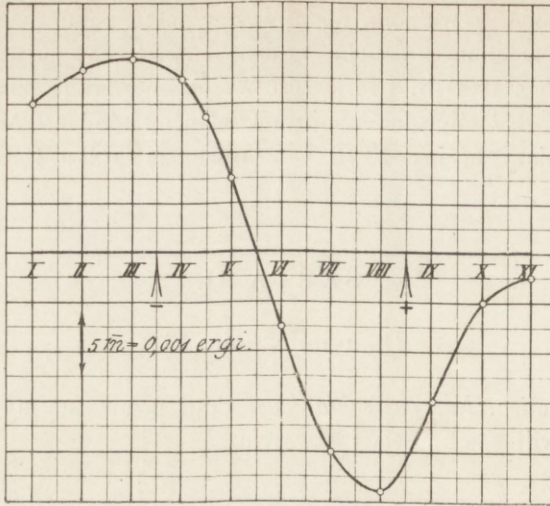


Fig. Nr. 14.

Samiec. *Nervus ischiadicus*. Polaryzacja zstępująca. Natężenie prądu polaryzacyjnego =  $110 \cdot 10^{-8}$ .

Nr. elektrody	Pobudliwość podniesiona o erg. $10^{-3}$ :	Nr. elektrody	Pobudliwość obniżona o erg. $10^{-3}$ :
I	+ 7	VI	- 6
II	+ 9	VII	- 10
III	+ 10	VIII	- 12
IV	+ 9	IX	- 11
V	+ 3	X	- 7
		XI	- 1

Zmiany te pobudliwości wyobraża fig. 15 (zob. str. 125).

Dla obu ostatnich doświadczeń natężenie prądu polaryzującego było jeszcze za małe, aby przy zmianie kierunku rozbrojenie mogło wpłynąć na przebieg zjawisk elektrotonicznych. Nabój kondensatora  $1 \cdot 10^{-8}$  F. wynosiłby bowiem około  $11 \cdot 10^{-6}$  ergi, podczas gdy zmiany pobudliwości wahały się między  $1-12 \cdot 10^{-3}$  erg. Chcąc mieć dokładniejsze wyobrażenie o stosunku opisanych zmian do siły prądu polaryzacyjnego należy porównać między sobą podane powyżej krzywe

(fig. 13 – 15). Rozpatrując te krzywe przekonąć się możemy, iż przebieg zmian elektrotonicznych da się badać, jeżeli zachowamy wszystkie

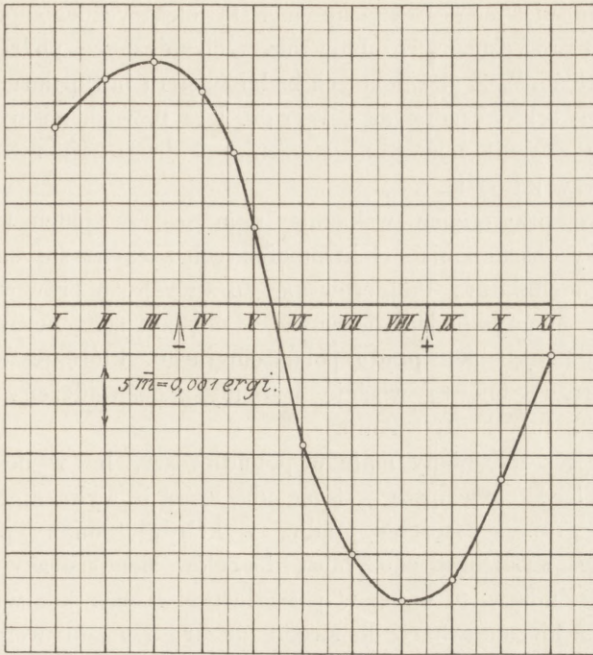


Fig. Nr. 15.

potrzebne ostrożności, bardzo dokładnie zapomocą metody drażnienia nerwu rozbrojeniami kondensatorów i że wyniki tych badań nacechowane są prócz ścisłości pomiaru pewną uderzającą regularnością. Najgłówniejszą zdobyczą jednak, o której z góry rokowaliśmy teoretycznie, jest możliwość nakreślenia przebiegu zmian intrapolarnych, które, jak to widać z krzywych, zlewają się z krzywymi extrapolarnymi w jedną prawidłową całość. Już na pierwszy rzut oka spostrzedz się daje to, jak obszar zmian anelektrotonicznych posuwa się coraz bardziej w miarę wzrostu siły prądu. W prądzie o natężeniu  $3 \cdot 10^{-8}$  Amp. obejmuje on tylko przestrzeń od elektrody VII do IX włącznie, jak to widzimy na najniższej z krzywych na fig. 13, w prądzie o natężeniu  $6 \cdot 10^{-8}$  Amp. obszar ten posunął się obustronnie ku elektrodzie XI i VI, jak to nam znów przedstawią średnia z krzywych na fig. 13; w prądzie o najsilniejszej z trzech podanych polaryzacji, bo o natężeniu  $= 10 \cdot 10^{-8}$  Amp. przecina krzywa linią poziomą już około elektrody VI, jak to widać na najwyższej krzywej tejże figury; dla prądów średnich wreszcie, odrysowanych

na fig. 14 i 15, jak widzieliśmy, punkt ten przecięcia leżał już między elektrodą V a VI. Jest to dowodem, nie tylko naoczny, ale na ścisłych danych opartym, owego posuwania się „punktu obojętnego“, którego Pflüger nie mógł wykazać metodą elektrycznego podrażnienia, lecz drogą teoretycznego rozumowania i chemicznego podrażnienia tak genialnie określił<sup>1)</sup>. Z późniejszych badaczy sferą intrapolarną zajmowali się dokładnie tylko Tigerstedt i Werigo, lecz powiedzieliśmy już wyżej, że pierwszy drażnił nerw mechanicznie, a drugi zajmował się tylko zmianami przy katodzie.

Krzywe przytoczone wskazują nam jeszcze jeden fakt ważny; cały ogromny obszar zmian elektrotonicznych zaczyna się daleko wcześniej, niż nomenklatura Pflügerowska, do której się przyzwyczailiśmy; możemy te zmiany badać ilościowo i między sobą porównywać już przy takich natężeniach prądu polaryzacyjnego, które jeszcze nie wywołują skurczu, jak to właśnie widzimy z doświadczeń, w których używaliśmy 3 lub 6.  $10^{-8}$  Amp.

Są to jeszcze zmiany małe w pobudliwości, bo wynoszące około 0.003 ergi; lecz tem czulsza jest metoda, która je wykazuje; przeciwnie nawet są to granice natężenia prądu, w których zmiany pobudliwości najregularniej występują, choć może do celów demonstracyjnych mniej się nadają. Zmiany te małe w pobudliwości rosną, jak widzimy, tak długo w obu kierunkach co do swego obszaru i co do swego natężenia, aż osiągną pewien punkt niejako równowagi elektrotonicznej, w której punkt obojętny leży na samym środku nerwu, a krzywa zmian katelektrotonicznych jest zupełnie podobna do krzywej zmian anelektrotonicznych (fig. 14). Odtąd, jak zobaczymy, w miarę wzrostu siły prądu z jednej strony obszar zmian katelektrotonicznych będzie coraz malał, z drugiej zaś strony podniesienie pobudliwości przy katodzie będzie wobec coraz wyraźniejszego obniżenia pobudliwości przy anodzie mniej i mniej wybitne, aż spotkamy się z faktem, iż po zamknięciu prądu polaryzacyjnego skurcz mięśnia zniknie podczas drażnienia nerwu na całej przestrzeni, i z różnorodnemi tego faktu tłumaczeniami. Zanim do tych silnych przejdziemy prądów, podajemy jeszcze serię doświadczeń i odpowiednią graficzną krzywą, dla odmiennego kierunku polaryzacji.

---

<sup>1)</sup> „Wanderin des Schneidepunktes in der Richtung des Stromes“ s. 409.

## SERYA III.

Są to doświadczenia zupełnie podobne do doświadczeń pierwszych trzech seryj. Kierunek polaryzacji był tu wszakże odmienny, t. j. biegun dodatni leżał obok mięśnia. Wiadomo już było z literatury, a głównie z badań Pflügera, że wobec prądów słabych i średnich, siła prądu nie wywiera wpływu na zjawiska elektrotoniczne i że dopiero wtedy, gdy biegun dodatni silnego prądu leży obok mięśnia, zjawiska wstępującego katelektrotonu na jaw nie występują. Niżej podane trzy doświadczenia mogą służyć zatem jako parallela do powyższych, w celu przekonania się o zależności od siły prądu zarówno natężenia zmian elektrotonicznych, jakoteż zajmowanego przez nich na nerwie obszaru wobec zmienionego kierunku polaryzacji.

Dla krótkości podam już tu tylko w jednej tabliczce ilość erg, o którą pobudliwość była podniesiona lub obniżona danego miejsca nerwu.

## Doświadczenia 13, 14 i 15.

Doświadczenie 13 nat. prądu = $8 \cdot 10^{-8}$ Amp.		Doświadczenie 14 nat. prądu = $10 \cdot 10^{-8}$ Amp.		Doświadczenie 15 nat. prądu = $15 \cdot 10^{-8}$ Amp.	
Nr. elektr.	ergi $10^{-4}$	Nr. elektr.	ergi $10^{-4}$	Nr. elektr.	ergi $10^{-4}$
XI	0	XI	0	XI	+ 8
X	0	X	+ 2	X	+ 12
IX	+ 4	IX	+ 6	IX	+ 13·8
VIII	+ 9·5	VIII	+ 12	VIII	+ 16
VII	+ 11	VII	+ 14	VII	+ 14
VI	+ 9·5	VI	+ 12	VI	+ 2
V	+ 4	V	- 4	V	- 10
IV	- 4	IV	- 17	IV	- 205
III	- 2·0	III	- 11	III	- 16
II	0	II	- 4	II	- 10
I	0	I	0	I	- 4

Powyższe zmiany wyobraża graficznie fig. 15 a.

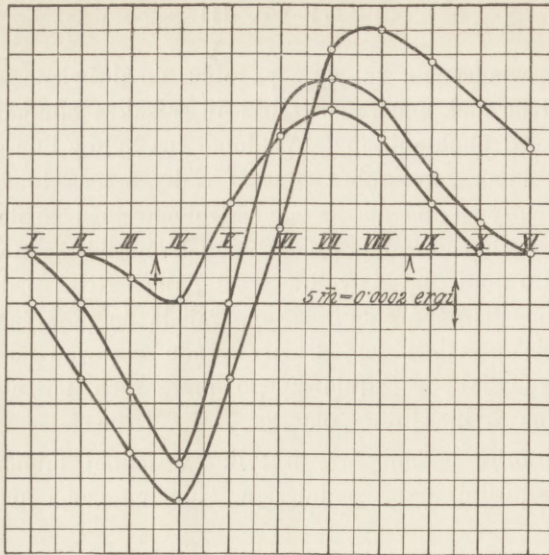


Fig. Nr. 15 a.

#### SERYA IV.

Badając prądy o silniejszym natężeniu zauważyli niektórzy badacze przy katodzie obniżenie pobudliwości, lub żadnych nie spostrzegali zmian pod wpływem zamknięcia prądu polaryzacyjnego. Pflüger podzielił co do siły prądu polaryzacyjne na takie, które w miarę wzrostu natężenia pobudliwości podnoszą, albo na nią nie wpływają, albo wreszcie ją nawet obniżają (zob. tab. na str. 129). Odnosiło się to jednak tylko do wstępującego katelektrotonu, a zjawisko tłumaczono tem, że w silniejszych prądach pobudliwość tak opada przy anodzie, że nie przepuszcza do mięśnia fali podrażniającego prądu. Tłumaczenie to zachwiane zostało poniekąd z chwilą, w której według Werigi stwierdzono (loc. cit. p. 421), że nieprzepuszczalną równie dobrze może być i katoda.

Chcąc wytłumaczyć te zjawiska obserwowane w prądach silniejszego natężenia, nie powinniśmy przedewszystkiem przeskakiwać od prądów w znaczeniu Pflügerowskim „średnich“, t. j. wywołujących skurcz mięśnia podczas zamknięcia i podczas otwarcia odrazu do prądów

„silnych“. Jak widzieliśmy z ilościowego określenia tabliczki Pflügera prądy „średnie“ mają bardzo obszerne granice; sięgają bowiem od  $100 \cdot 10^{-8}$  do  $200 \cdot 10^{-8}$ ; należy zatem powoli wzmacniać siłę prądu polaryzacyjnego powyżej tej normy, którąśmy nazwali „stanem równowagi elektrotonicznej“, a może fakta obserwowane dadzą nam podstawy do sformułowania jakichś praw, które powiążą w jedną całość pozornie sprzeczne objawy. Otóż jeżeli weźmiemy prąd nieco silniejszy od tego, któregośmy używali w wymienionym doświadczeniu „równowagi elektrotonicznej“, lecz jeszcze „średni“, przekonamy się, że z jednej strony pobudliwość przy anodzie coraz więcej będzie się obniżała, przy katodzie zaś będzie podwyższoną, lecz bardzo nieznacznie stosunkowo do zmian anelektrotonicznych i to tem nieznaczniej, im silniejszy jest prąd

<sup>1)</sup> Dla przypomnienia tego nieraz po macoszemu traktowanego prawa, przypominam doświadczenie Pflügera (loc. cit. 242).

Nr. skurczu	Wysokość skurczu	Nr. skurczu	Wysokość skurczu po polaryzacji
Prąd $70^{-0}$			
1	5,9	2	2,5
3	6,8	4	4,9
5	7,1	6	3,5
7	7,5	8	1,2
9	7,0	10	1,4
Prąd $67\frac{1}{2}^{-0}$			
11	4,1	12	4,2
13	4,6	14	4,6
15	4,6	16	4,6
17	4,6	18	4,6
Prąd $65^{-0}$			
19	1,5	20	5,8
21	1,5	22	5,6
23	1,5	24	3,5
25	1,5	26	3,4

polaryzacyjny. Dla przykładu przytaczamy krzywą prądu (Fig. 16) o natężeniu  $1120 \cdot 10^{-8}$  Amp., a więc prądu już znacznej siły, lecz dającego jeszcze skurcz za otwarciem.

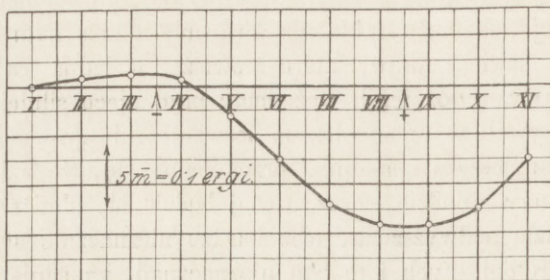


Fig. Nr. 16.

Pobudliwość w zakresie katelektrotonicznym opadła przy elektrodach:

XI	—	o 0.3	ergi
X	—	o 0.5	„
IX	—	o 0.67	„
VIII	—	o 0.65	„
VII	—	o 0.49	„
VI	—	o 0.3	„
V	—	o 0.12	„

W zakresie zaś katelektrotonu była tak nieznacznie zmienioną, iż podniesienie się pobudliwości wahało między 0.05 a 0.03 ergi. Punkt obojętny leżał jeszcze bliżej mięśnia niż w poprzednich doświadczeniach, bo, jak widać, krzywa przecina poziom między IV a V elektrodą<sup>1)</sup>.

Jeżeli użyjemy jeszcze silniejszych natężeń, trudno już graficznie przedstawiać zmiany elektrotoniczne wobec widocznego już niestosunku na figurach poprzednich zmian katelektrotonicznych do zmian anelektrotonicznych. Używając np. prądu prawie „silnego“ o natężeniu  $1650 \cdot 10^{-8}$ , pobudliwość była ledwie podniesioną na 3 1-szych extrapo-

<sup>1)</sup> W doświadczeniu przedstawionem na fig. 16 musiano uwzględnić poprawki, zależne od siły prądu galwanicznego, mogącego w danym przypadku osłabić nabój kondensatora o  $16 \cdot 10^{-4}$  erg; dla sfery intrapolarnej trzeba było więc odjąć od bezwzględnej wartości pobudliwości wymienioną poprawkę (wobec tego że kierunek prądu



larnych elektrodach, na 4-ej niezmienioną, a w zakresie anelettrotonu znacznie zmocnioną, jak to wskazuje załączona tabliczka.

Nr. elektrody	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Pobudliwość norm. w ergach	0·0158	0·0156	0·0150	0·0064	0·0042	0·0028	0·0028
Pobudliwość zmieniona w ergach	4·8	6·8	12·0	18·0	22·0	17·5	6·8

Co się dzieje w dalszym ciągu z katodą w miarę wzrostu siły prądu i rozszerzenia się zakresu zmian katelettrotonicznych, których kres dotarł, jak w doświadczeniu ostatnim, już do samego bieguna, bo do elektrody IV. Otóż jeśli wzmacniając w dalszym ciągu siłę prądu, dojdziemy do granicy prądu silnego ( $2 \cdot 10^{-5}$ ), nie będziemy mogli otrzymać skureczu z całej przestrzeni nerwu bez względu na to, czy katoda leży bliżej, czy dalej od mięśnia. Ten ostatni wzgląd pozwoliłby przyjąć tezę Werigi o zniesieniu pobudliwości wskutek „nieprzepuszczalności katody“, gdyby nie to, że nieprzepuszczalnością nie można nazwać tego, co się zarówno dobrze dzieje i po stronie katody zwróconej do

polaryzującego i nabijającego kondensator były wprost przeciwne), jak to załączamy dla przykładu w następnej tablicy.

Nr. elektrody	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Pobudliwość normalna w ergach $10^{-4}$	0·0160	0·0158	0·0156	0·015	0·006	0·0042	0·0028	0·0028
Pobudliwość zmieniona	0·0176	0·1166	0·3166	0·4966	0·657	0·675	0·501	0·303
Poprawka	-0·0016	-0·0016	-0·0016	-0·0016	-0·0016	-0·0016	-0·0016	-0·0016
Pobudliwość zmieniona z uwzględn. poprawki	0·016	0·115	0·315	0·495	0·656	0·674	0·50	0·302

mięśnia, i że powtórę metoda zastosowania kondensatora pozwala nam wzmocnić nabój aż do dowolnych granic i wykazać, że tu nie o zniesieniu pobudliwości mowa, lecz o kolosalnem jej obniżeniu.

Jako dowód wypowiedzianych tez przytoczyć możemy następujący przykład doświadczalny. Biegun ujemny prądu polaryzacyjnego leżał jak zwykle między 3 a 4 parą elektrod; pobudliwość badano tylko z obu stron katody.

Prąd polaryzacyjny wynosił  $2 \cdot 10^{-5}$  Amp. Po zamknięciu jego, pobudliwość przy elektrodzie IV, t. j. najbliższej intrapolarnej, spadła tak dalece, że do wywołania minimum potrzeba było aż 180 stosów, czyli 160·0 erg, po drugiej stronie katody, t. j. bliżej mięśnia jeszcze można go było wywołać excitatorem absolutnym, t. j. 0·2 ergami. Tu mogła by jeszcze zachodzić wątpliwość, czy nie mamy do czynienia z nieprzepuszczalnością katody, gdyby nie ta okoliczność, że jeżeli do użytego prądu polaryzacyjnego dodamy jeszcze dwa stopy i zwiększymy jego siłę do  $4 \cdot 10^{-5}$  Amp., spostrzeżemy, że i z tamtej strony katody pobudliwość opadła i to przy I elektrodzie do 22 erg, przy II do 50, przy III do 100, przy IV do 180, czyli, że zakres katelektrotoniczny jeszcze się posunął o parę milimetrów w kierunku katody, obniżając pobudliwość części nerwu położonych coraz to bliżej ku mięśniu. Zmiany te wyobraża fig. 17.

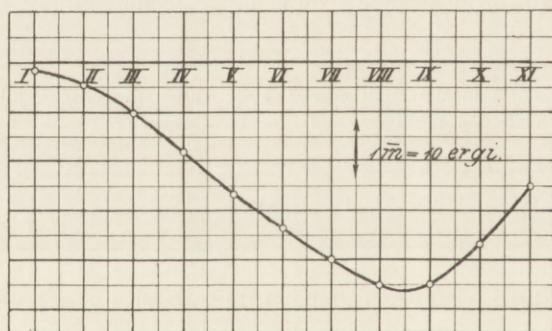


Fig. Nr. 17.

Że badając sferę intrapolarną, zarówno w tem doświadczeniu, jak i w całym szeregu podobnych, nie zachodziła obawa zniesienia pobudliwości wskutek wpływu siły prądu polaryzacyjnego na wielkość naboju kondensatora, pozwala nam wnioskować ta okoliczność, że zmienianie kierunku rozbrojenia w podobnego rodzaju doświadczeniach nie wpływało na wielkość skurczu minimalnego. Nie z nieprzepuszczalnością zatem katody lub anody mamy tu do czynienia w tych przypadkach,

gdzie z całej przestrzeni nerwu nie otrzymujemy skurezu, lecz z posuwaniem się stanu anelektrotonicznego ku biegunowi ujemnemu prądu polaryzacyjnego.

### VIII.

Zestawiając wszystkie wyniki, otrzymane za pomocą zastosowania rozbrojeń kondensatora do badania stanów elektrotonicznych, możemy następane sformułować wnioski:

1) Używając rozbrojeń kondensatora do podrażnienia nerwu, względnie do mierzenia jego pobudliwości, badać możemy przebieg stanów elektrotonicznych z wszelką dokładnością oraz wyrażać obserwowane zmiany pobudliwości liczebnie lub graficznie w ścisłych jednostkach.

2) Metoda powyższa jest poza tem jedyną z metod elektrycznych, która daje się zastosować do sfery intrapolarnej, używając prądów polaryzacyjnych o dowolnej sile i dowolnym kierunku, gdyż używane przez nas do polaryzowania nerwu prądy albo są tak małe, iż nie mogą wpłynąć na siłę naboju kondensatora, potrzebną do wywołania minimum skurezu, albo jeśli są silniejsze, dokładnie mogą być wymierzone i uwzględnione jako poprawka w ostatecznym mierzeniu zmian pobudliwości.

3) Mierząc z wszelką dokładnością obok natężenia zmian pobudliwości i natężenie prądów polaryzacyjnych za pomocą czułego galvanometru, oznaczyć możemy w ścisłych jednostkach granice pojedynczych faz tabliczki Pflügera, co dotychczas żaden badacz nie zrobił, i nadać przez to tejsze tabliczce cechę ilościową, przynajmniej w tych granicach, w jakich do eksperymentowania zwykle bywa używana.

4) Ilościowe wyrażenie tabliczki Pflügera pozwala nadto określić, że się tak wyrazimy, „próg zmian elektrotonicznych“, t. j. chwilę, w której te zmiany, przy użyciu najsłabszego prądu polaryzacyjnego, już się rozpoczynają. Z doświadczeń niniejszych wynika, iż próg ten jest o wiele wcześniejszy niż próg tabliczki Pflügera, t. j. iż zmiany elektrotoniczne dadzą się obserwować już przy takich prądach ( $3 \cdot 10^{-8}$  A.), które zamknięte jeszcze skurezu nie dają.

5) W miarę zwiększania siły prądu polaryzacyjnego wzmagają się zarówno natężenie zmian anelektrotonicznych i katelektrotonicznych, jakoteż i „zakres anelektrotoniczny“, t. j. wielkość obszaru, na którym się objawiają zmiany obniżenia pobudliwości, i to na niekorzyść „zakresu katelektrotonicznego“, który coraz bardziej maleje; używając prądu średniego, dającego skurez po zamknięciu i otwarciu ( $100 \cdot 10^{-8}$ ),

dochodzimy do stanu niejako „równowagi elektrotonicznej“, gdzie oba te zakresy są sobie równe, a punkt obojętny, w znaczeniu Pflügerowskim pojęty, leży na środku nerwu.

6) Począwszy od tej chwili, bez względu na to, czy katoda leży bliżej, czy dalej od mięśnia, otrzymujemy coraz to mniejsze podniesienie pobudliwości przy katodzie, podczas gdy zakres i natężenie anelektrotonicznych zmian wciąż rosną.

7) Używając prądu silniejszego wreszcie, otrzymujemy na całej przestrzeni nerwu obniżenie pobudliwości, nie pochodzące od nieprzepuszczalności katody, jak to niektórzy twierdzą, przynajmniej w pewnych wypadkach, ponieważ zakres tych zmian rozciąga się z obu stron katody, ponieważ na ich przebieg nie wpływa kierunek rozbrojenia, i ponieważ, używając silnych rozbrojeń kondensatora, można jeszcze z obu stron katody skurecz wywołać.

8) Zmiany anelektrotoniczne i katelektrotoniczne, obserwowane powyższą metodą co pewien czas, przebiegają tak, że pozwalają wykazać pewne krzywe odnoszące się tak do każdego danego miejsca, jak i do każdej danej chwili. Brak dotychczasowych ścisłych liczebnych lub graficznych badań pod tym względem jest prawdopodobnie jednym ze źródeł błędów i sprzeczności napotykanych w dotychczasowej literaturze.

Zmiana dodatnia pobudliwości u katody w miarę czasu traci na natężeniu i opada do pewnego kresu poniżej normy, na którym pozostaje tak długo, jak długo prąd zostaje zamknięty, i dopiero po otwarciu prądu polaryzacyjnego podnosi się chwilowo powyżej normy pobudliwości, aby zaraz potem znów opadać. Krzywe podobnych zmian acz odmienne, o ile się odnoszą do różnych miejsc nerwu i różnej siły prądu, wspólne noszą cechy charakterystycznej prawidłowości i zależności od wymienionych czynników.

9) Przebieg zmian anelektrotonicznych w czasie o tyle się różni od przebiegu zmian katelektrotonicznych, że

a) obniżanie pobudliwości w okolicy anody — następuje o wiele wolniej, niż podnoszenie się pobudliwości w okolicy katody, tak że przy kilkurazowym mierzeniu pobudliwości można natrafiać na coraz to większe jej obniżenie;

b) doszedłszy do pewnego kresu, pobudliwość pozostaje na nim tak długo, jak długo prąd pozostaje zamknięty, i dopiero po otwarciu go wraca powoli do normy, a nawet, przy użyciu silniejszych prądów, wyżej normy, aby znów zwolna opaść ku niej;

c) te wszystkie zmiany odbywają się tem szybciej co do czasu i wyraźniej co do natężenia, im silniejszym jest prąd polaryzacyjny, lub im miejsce drażnione wobec tego samego prądu polaryzacyjnego jest bliższe bieguna polaryzacyjnego.

10) Ponieważ po otwarciu prądu polaryzacyjnego, zarówno w okolicy katody, jak i anody, pobudliwość początkowo wzrasta i nietylko dochodzi do normy, lecz nawet ją przekracza, a następnie znów się zmniejsza i wkońcu pozostaje na pewnym poziomie wyższym lub niższym od poziomu normalnego, przeto zmiana wywołana powtórnym zamknięciem prądu polaryzacyjnego zależeć będzie pod względem swego natężenia od okresu, w którym to drugie zamknięcie przypadnie względem poprzedniego otwarcia.

11) Regularność wyników otrzymywanych za pomocą opisanej metody i zgodność w ogólnych zarysach z prawami przez Pflügera sformułowanymi zmusza nas do przypuszczenia, że sprzeczne z jego tezami wyniki niektórych badaczy przypisać należy tylko przypadkowi lub niedokładności. Za główne źródło uważam wymienione powyżej nieuwzględnienie zależności zmian elektrotonicznych od czasu. Przyczynić się do tego mogły również wspomniane w ciągu rozprawy zawilość a względnie dwuznaczność nomenklatury Pflügerowskiej, nie uwzględnienie natężenia prądu polaryzacyjnego, a więc i brak kontroli co do jego stałości, wreszcie brak poprawek, wchodzących w grę w tych doświadczeniach, w których w sferze intrapolarnej były używane prądy indukcyjne lub stałe.

W końcu spełniam miły obowiązek złożenia na tym miejscu szczerego podziękowania P. Prof. Cybulskiemu za jego światłe rady i łaskawą pomoc w ciągu niniejszej pracy.

---

## LITERATURA.

---

1859. Pflüger: Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus. Berlin.  
 1862. Budge: Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Leipzig s. 683 (ref. Valentin'a w Zeitschr. f. Biologie. München 1872. VIII. 235).  
 1863. Budge: Ueber verschiedene Reizbarkeit eines u. desselben Nerven u. über den Werth des Pflüger'schen Electrotonus. Archiv, für Pathol. Anat. u. Phys. XXVIII. p. 232. (ref. Meissner'a w Zeitschr. für Rat. Med. 1863. s. 358).  
 Rozprawy Wydz. mat.-przyr. T. XXX.

1866. Munk; Untersuchungen zur allg. Nervenphysiologie. Archiv. für Anat. u. Physiol. 1866. p. 369. (z ref. Meissner'a w Zeitschr. f. Rat. Med. 1867. s. 396).
1868. Schiffe Herzen. Ueber die Veränderungen der Erregbarkeit in dem durch schwache constante Ströme polarisirten Nerven. Untersuchungen zur Naturlehre. X. 431. (Z ref. Meissner'a. Zeitschr. f. Rat. Med. Leipzig u. Heidelb. 1868. 464).
1872. Valentin. Einige Versuche über die Einflüsse des beständigen Stromes auf die Leistungsfähigkeit benachbarten Nervenstrecken. Zeitschr. für Biologie. München 1872. VIII. 235.
1877. Lautenbach; Archives d. sciences physiques et mathematiques. 1877. LVIII. 98. (Note sur l'effet de l'irritation d'un nerf parcouru par un courant constant. (Ref. Hermann'a w Jhb. über die Fortschr. v. d. Anat. u. Physiol. VI. 27).
1882. Tigerstedt; Die durch einen constanten Strom in den Nerven hervorgerufenen Veränderungen der Erregbarkeit mittelst mechanischer Reizung untersucht. Mitth. a. d. physiol. Labor. d. Carol. med. chir. Inst. Stockholm. (Ref. ut supra. Jhb. ü. d. Fortschr. d. An. u. Phys. 1883).
1883. Hermann; Untersuchungen zur Lehre von der electrischen Muskel u. Nervenreizung. Arch. Pflügers f. d. ges. Phys. 1883. s. 1—16. Tamże wzmianki o niedostępnym mi pracy Nasse'go (1870. Arch. Pfl. III. 476).
1883. Werigo. Die secundären Erregbarkeitsveränderungen an der Cathode eines andauernd polarisirten Froschnerven. Arch. f. d. ges. Phys. XXXI. 417—479.
1894. Szili; Ein neues Apparat zur Untersuchung des Electrotonus. Ungar. Arch. für Medic. 70.

---

## Objaśnienie tablic.

### Tablica IV.

Tablica ta wyobraża przyrząd służący do podrażniania nerwów zapomocą rozbrojeń kondensatora t. zw. „ekscytator absolutny“.

*A, B* — druty idące do nerwu.

*C* — stos Daniela.

*D* — klucz.

*E* — galwanom. Siemens.

*F* — opornica.

*G* — rheochord.

*H* — kondensator.

*I* — kommutator elektryczny.

*K* — bateria służąca do poruszania kommutatora *I*.

*L'* — klucz.

Reszta objaśnień w tekście (str. 30).

## Tablica VII.

Tablica ta wyobraża urządzenie pozwalające badać zmiany elektrotoniczne pobudliwości na różnych miejscach nerwu.

*A, B* -- druty idące od ekscytatora (z tabl. VI).

*E, F* -- wałeczki gliniane.

*G, H* -- elektrody niepolaryzujące.

*M* -- mięsień.

*N* -- nerw.

*M', N'* -- klucze podwójne.

*O* -- galwanometr Platha.

*L* -- kommutator.

*I* -- bateria.

*K* -- rheochord.

*I—XI*. rozmykacze parafinowe.

*a—w* elektrody platynowe.

Reszta objaśnień w tekście (str. 25).



