

# Wydział nauk matematycznych i przyrodniczych.

---

## Posiedzenie

z dnia 9 Marca 1916 r.

Rok IX. № 3.

Obecni:

Przewodniczący Wydziału p. J. Lewiński.  
Sekretarz p. J. Tur.

Członkowie Towarzystwa pp.: K. Białaszewicz, A. Czartkowski, Wł. Gorczyński, S. Dickstein, M. Jakowski, L. Kryński, E. Loth, St. Orłowski, M. Rejchman, K. Rzętkowski, W. Smosarski, J. Sosnowski, K. Stolyhwo, St. J. Thugutt.

## Komunikaty.

I. Stanisław Orłowski:

### O urządzeniu ochronnem w psychice ludzkiej.

Komunikat zgłoszony dnia 15 Stycznia 1916 r.

Najwybitniejszy ze współczesnych psychologów i filozofów amerykańskich — być może i europejskich — W. James (1), omawiając w swej psychologii przejawy i następstwa strachu, zaznacza, że dzięki cywilizacji zmniejszyły się znakomicie powody do tego wzruszenia, niewątpliwie jednego z najsilniejszych, do jakich zdolna jest natura ludzka. Iluż jest takich, co od ko-

lebki do grobu nigdy przerażenia nie zaznali! Rzeczy straszne wydają się nam jakby baśnią: zaledwie wierzyć możemy, że ktoś z nam podobnych mógłby się znaleźć w paszczy tygrysa; dochodzimy do przekonania, że różne okropności, o których słyszemy, to jakby obrazki na obiciach w pokoju, w którym pędzimy życie tak wygodne i miłe, w zgodzie z samymi sobą i ze światem całym.

Ja mes umarł przed kilku zaledwie laty, lecz dziś, u nas, na starym lądzie, ten pogląd wydaje się już tak przestarzałym, dźwięczy właśnie jak baśń fantastyczna echem odległych złotych czasów.

Przez ostatnich miesięcy kilkanaście już nie tysiące, nie krocie nawet, lecz miliony doznawały i doznają wrażeń tak wstrząsających, że bledną wobec nich barwy na obrazach Goy'i lub Wiertz'a: na brak materiału do badań, jak na te wzruszenia przepotężne reaguje psyche ludzka, uskarżać się chyba trudno.

Osobiście rozporządzałem materiałem do tych właśnie badań szczególnie podatnym: byli to żołnierze — ranni, dotknięci chorobami wewnętrznymi lub zatruci gazami, żołnierze, dostarczani prawie bezpośrednio z pola walki do Lazaretu Miejskiego w b. Korpusie Kadetów, gdzie przez cały czas funkcjonowania tej instytucji t. j. przez 11 blisko miesięcy byłem konsultantem chorób umysłowych.

A szpital to był właśnie skrojony na miarę obecnych zapasów w tej istnej gigantomachii — przygarnął on ogółem 16,277 żołnierzy, w tem rannych 10,904, wewnątrznie chorych 4,258, zatrutych gazami 1,115. I ta ogromna ludzi gromada spędzała nie dni, lecz tygodnie i miesiące w okopach, gdzie śmierć ciągle czyhała, co chwila kogoś w pobliżu z szeregów wyrzucała, ryk dział ogłuszał, wybuchy pocisków lub min ziemię i ciała na strzępy rwały, a śmiercionośny obłok gazu dosłownie pokotem okopy zaścierał. A ranni i zatruci pod zwałami ciał nieraz długie godziny, nawet doby całe na ratunek czekali.

Zdawało się, że te przeżycia, które nawet w opowiadaniu dreszczem zgrozy przejmują, wywołać były winny nieskończoną liczbę psychoz, obłądy wprost masowe. Tymczasem rzeczywistość zgola się inną okazała.

Wśród tej ogromnej liczby żołnierzy, którzy jak potok przez Lazaret Miejski przepłynęli, psychicznie chorych było tylko 21;

li w tej nawet garstce trudno byłoby rozpoznać psychozę wyłącznie wzruszeniową: ciężkie uszkodzenia organiczne mózgu, ogólne zakażenie ustroju i inne czynniki występowały w etiologii na plan pierwszy.

Zresztą psychicznie chorymi na tem miejscu zajmować się nie będę, są oni przedmiotem innego, czysto lekarskiego studyum.

Na ogół więc psyche tego potężnego zbiorowiska ludzkiego okazała się twardą: nie znać na niej było ani szczerb od ciosów, ani rysów od wstrząśnień— rzecz można, że ogólne zdrowie psychiczne pozostało nienaruszonym.

I nasuwa się od razu pytanie, w jaki sposób wytlómaczyć tę wielką, nieprzewidzianą odporność.

Złożył się na to szereg przyczyn i warunków wielce różnorodnych, można je do trzech głównych odnieść kategorij.

Pierwsza — to warunki przypadkowe, naszego specjalnie materiału dotyczące: przymusowa w wojsku rosyjskiem wstrzeмиęźliwość od alkoholu — czynnika tak doniosłego w etiologii psychoz.

Druga przyczyna należy do dziedziny antropologii funkcjonalnej—według terminologii p. Stołtyh wy (2), — mianowicie, do psychologii ludu, w danym razie rosyjskiego; jest to wybitna cecha rezygnacyi i fatalizmu, wspólna zresztą wogóle narodom wschodu. Na Zachodzie determinizm był doktryną, która przez szeregi stuleci umysły filozofów pociągała, dając pole do aforyzmów może nie tyle istotnie odczuwanych jak błyskotliwych, — że wspomnę dla przykładu zdanie Marka Aureliusza: „Gdy mnie i dzieci moje bogowie nienawidzą — mają widocznie rację po temu“ — lub o 16 stuleci bliższe nas i co do treści bardziej aktualne, lecz już czystym tchnące fatalizmem, zdanie Diderota: „Każda kula, wychodząc ze strzelby, ma już wyznaczony adres“. Natomiast na Wschodzie element biernego poddania się, przyjmowanie z pokorą najcięższych nawet ciosów, które przeznaczenie zsyła — element taki jest cechą zasadniczą całej psychy ludu.

Obydwie te przyczyny omawiałem szczegółowo w bardziej specjalnym odczycie, wygłoszonym przed kilku tygodniami w Warszawskiem Towarzystwie Lekarskiem (3). Dzisiaj pragnąłbym podkreślić przyczynę trzecią tej odporności, przyczynę, zda-

niem mojem, najważniejszą a dotyczącą psychologii indywidualnej, właściwiej zaś ogólnie ludzkiej. We wspomnianym odczycie omówiłem ją tylko w zarysach ogólnych. Jest to swoistego rodzaju mechanizm w psychice ludzkiej, mechanizm bezwiedny, mający na celu ochronę właśnie dziedziny duchowej przed wpływem destrukcyjnym czynników zewnętrznych. Przedmiot ten, sędzę, na uwagę bezspornie zasługuje, tymczasem w psychofizjologii współczesnej nie znalazł on jeszcze miejsca zupełnie.

---

Urządzeń odruchowych, mających na celu zabezpieczenie osobnika przed niebezpieczeństwem zzewnątrz czyhającym — biologia zna mnóstwo. Dziwić się temu nie należy, ponieważ przyczynność i celowość są to dwie realne zasady, które występują we wszystkich zjawiskach życiowych. Ochrona ciała jest niewątpliwie celem bardzo znacznej części, bodaj czy nie większości zjawisk odruchowych.

W jednej kategorii tych spraw czynność ochronna przejawia się na pozór wyłącznie w dziedzinie cielesnej. Mówię — na pozór, gdyż słusznie już zauważył W u n d t (4), że wszelkie zjawiska automatyczno-odruchowe nie mogą być uważane za „apsychiczne“. Przeciwnie, nawet w ustrojach zwierzęcych najniższych są to zjawiska zasadniczo „psychofizyczne“: zależą one od spraw chemiczno-fizycznych, po za tem jednak są ściśle związane z czuciami, postrzeżeniami, uczuciami, a nawet i wzruszeniami, t. j. ze wszystkimi tymi pierwiastkami psychicznymi, które znamy z autoobserwacji.

Pierwiastki te jednak są często na tak odległym planie, że wydaje się na pierwszy rzut oka, jakoby czynność cała ograniczała się tylko do sfery cielesnej. Weźmy przykład banalny: chód człowieka pijanego; zatacza się on na wszystkie strony, nie widzi przeszkód na drodze, potyka o nierówności, a jednak nie pada; zupełnie odruchowo wykonywa on cały szereg rozległych, bynajmniej nie estetycznych, lecz bardzo celowych ruchów tułowiem i kończynami, w ten sposób utrzymuje swą zachwianą równowagę, chroniąc ciało od upadku. Podobne ruchy ochronne, zupełnie od woli niezależne, wykonywa każdy, potknąwszy się o próg lub kamień. Że są to zjawiska czysto odruchowe, wątpliwości nie ulega.

W innym szeregu takich zjawisk ochronnych dziedzina psychiczna bierze udział bardziej widoczny. Po przykład sięgnę tym razem do świata zwierzęcego, gdzie teoretyczny, na abstrakcyi oparty podział na zjawiska cielesne i duchowe mniej się badaczowi we znaki daje.

Ogólnie znane jest zjawisko t. zw. „śmierci udanej“ u rozmaitych zwierząt: u owadów, zwłaszcza z rzędu tęgopokrywych (sprężyki, biedronki, muchy hiszpańskie), u płazów (żabka drzewna — rzekotka), nawet u ptaków — w chwili niebezpieczeństwa nagłe stężenie całego ciała z absolutną nieruchomością. Niektórzy widzą w tem zjawisku tylko „porażenie ze strachu“ (James), które w walce o byt okazało się wielce użytecznem — przechodzący drapieżnik takiego „trupa“ bądź nie dojrzy, bądź się poń nawet schylać nie zechce — i z tego względu zostało to „porażenie“ dziedzicznie przekazane potomkom. Doświadczenie jednak przeczy takiej interpretacyi. Jeśli wziąć w rękę sprężyka, przytrzymując go nieco palcem, leży on nieruchomo na grzbiecie, jak martwy, wystarczy jednak puścić palec, by sprężyk najsilniejszym, na jaki się zdobyć może, odskokiem usunął swe ciało ze strefy niebezpieczeństwa. Niema więc tu przerażenia, któreby świadomość mąciło, przeciwnie, wszystkie zmysły są wytężone, by chwili do ratunku właściwej nie przepuścić. Może i słuszność ma Lindsay, twierdząc, że to udawanie śmierci, gdy śmierć istotna grozi, wymaga ze strony zwierzęcia wielkiego nad sobą panowania.

Widzimy tutaj mechanizm obronny o charakterze bezsprzecznie odruchowym, o przejawach zarówno w dziedzinie cielesnej jak i psychicznej. Cel jednak pozostaje wszędzie — obrona całego osobnika.

Tymczasem istnieją i urządzenia odruchowe, dotyczące obrony wyłącznie dziedziny psychicznej. Takiego charakteru urządzenie widzieć należy w nagłej utracie przytomności pod wpływem wzruszenia. W chwili groźnego niebezpieczeństwa, w sytuacji, z której wyjścia istotnie lub pozornie niema — psyche ludzka usuwa się od ciosów, od walki, szukając ucieczki w czasowem zawieszeniu aktów świadomości. Tak się na tę sprawę zapatruje jeden z młodszych psychologów współczesnych Kahane (5), uważając tego rodzaju zemdlenie za wyraz popędu do samooszałamiania lub nawet samozniszczenia. Mowa tu,

rozumie się nie o zemdleńiu w znaczeniu ścisłym (synkope), uważanem zwykle, może nie zawsze słusznie, za następstwo pierwotnych zaburzeń w układzie krążenia, lecz o chwilowej utracie przytomności pochodzenia „nerwowego“.

Jak to pochodzenie „nerwowe“ rozumieć, poglądy bynajmniej ustalone nie są. Gowers wypowiadał kiedyś przypuszczenie, że w grę tu wchodzi nagłe, rozumie się, odruchowe kurczenie się wypustek zarodkowych (dendrytów) w komórkach nerwowych, wypustek, obdarzonych ruchami amebowymi; ponieważ jednak i te ruchy nie są dowiedzione, więc i hipoteza Gowers'a nie wiele wyjaśnić może. Lewandowski (6) powątpiewa, czy w nagłych zemdleńiach wskutek bólu lub wzruszenia np. widoku krwi i t. p.—niedostateczny dopływ krwi do mózgu może być uważany za przyczynę pierwotną; przypuszcza on, że takie nagłe zaburzenie całego mechanizmu świadomości zbliża, a nawet utożsamia te przypadki z małymi napadami epileptycznymi (t. zw. petit mal). To zestawienie spraw tak zasadniczo różnych, bynajmniej na wyjaśnienie zjawiska nie wpływa.

W ostatnich zresztą czasach nieco światła na sprawę takiej nagłej utraty przytomności rzuciły badania eksperymentalne Weber'a, uzupełnione przez także badania H. Berger'a (7). Prace te zwróciły kwestyę znów do poprzedniego punktu wyjścia—t. j. do naczyń krwionośnych w mózgu. Weber dowiódł, że ośrodek naczynioruchowy dla naczyń mózgu leży nie w rdzeniu przedłużonym, jak sądzono dotychczas, lecz powyżej w mózgowiu; drugim, jeszcze donioślejszym faktem z doświadczeń Weber'a nad zwierzętami jest to, że podrażnienie w każdym ograniczonym miejscu kory mózgowej wywołuje jednoznaczne zmiany czynne w naczyniach obu półkul mózgowych. Dowodzi to, że dzięki temu ośrodkowi naczynioruchowemu naczynia całej kory mózgowej stanowią jedną pod względem czynnościowym całość, w jednym reagującą kierunku.

Fakty te pozwalają objaśnić nagłą utratę przytomności pod wpływem wzruszenia, działaniem odruchowym na ów ośrodek naczynioruchowy w mózgu, — działanie to wywołuje skurcz naczyń krwionośnych, względnie niedokrwienie całej kory mózgowej,—niedostateczny dopływ tlenu do komórek nerwowych, a zatem zawieszenie ich czynności, czyli utratę świadomości.

Nie będę się wdawał w szczegóły tego mechanizmu jeszcze niezupełnie jasnego, — w każdym razie podkreślić należy, że nagle utrata przytomności pod wpływem wzruszenia pozostaje faktem niezbitym.

W chwili więc, gdy wstrząsające wrażenia ze świata zewnętrznego stają się dla psychiki ludzkiej nie do zniesienia, lub przynajmniej grożą wielkiem niebezpieczeństwem jej sprawności w danej chwili lub w następstwach, — sama natura dzięki zawieszeniu aktów świadomości odgradza psyche ludzką murem dla tych wrażeń nieprzeniknionym.

Ten jednak środek ochronny można uważać za celowy wyłącznie w razie ciosu natury moralnej, przytem celowy w szczupłym bardzo zakresie. Gdy grozi niebezpieczeństwo i fizyczne, jest to iście strusia polityka: ucieczka ducha z porzuceniem tak ości nieodłącznego ciała — bez obrony żadnej.

\* \* \*

Duch ludzki rozporządza jednak i innym urządzeniem ochronnem, bardziej celowym i lepiej do wyniku ostatecznego przystosowanem.

Występują te cechy szczególnie wyraźnie w chwilach najgroźniejszego niebezpieczeństwa, przedewszystkiem więc w kataklizmach żywiołowych, a także w innego pochodzenia katastrofach zbiorowych, które w chwili niemal jednej tysiącom i krociom zagładę niosą. A tym, których śmierć w swym pochodzie niszczycielskim nie zmiotła, grozi bodaj czy nie większe jeszcze niebezpieczeństwo: zdruzgotanie lub ciężkie uszkodzenie ich ustroju psychicznego.

Wszystkie bowiem okoliczności, zdolne wywołać w najsilniejszym stopniu wstrząs moralny, łączą się w katastrofach; i wojna, zwłaszcza obecna, pod tym względem bynajmniej im nie ustępuje, przeciwnie dzięki przewlekłemu działaniu groźnych dla psychiki czynników można ją uważać za łańcuch nieskończony katastrof.

Szereg autorów zajmował się wyświeceniem wpływu katastrof żywiołowych na psychikę ludzką: najbardziej wyczerpująco, w kilku pracach Stierlin (8, 9, 10) oprócz niego Phleps (11), Becker (12), Förster (13), Riebel (14), Séglas i Barat (15), Bażenow (16).

Najwięcej materiału do badań w tym kierunku dostarczyły trzęsienia ziemi, zwłaszcza to słynne we Włoszech w 1908 r., gdy w samej Mesynie kilkadziesiąt tysięcy osób zginęło. Następnie idą katastrofy w kopalniach (np. w Courrières w 1906 r.), rozbicia pociągów i t. p. Wszyscy jednak ci autorzy badali wpływ katastrof w kierunku chorobotwórczym, t. j. znaczenie katastrof jako czynnika etiologicznego w cierpieniach psychicznych. Ogólnie zwracano uwagę, jak niewielka jest odsetka nerwic i psychoz po trzęsieniach ziemi, cyklonach, powodziach, to jest tam, gdzie sama przyroda człowiekowi zagładę niesie, większa znacznie po katastrofach na kolejach, w kopalniach i t. p.— tam, gdzie nieszczęście w większym lub mniejszym stopniu urządzeniom ludzkim przypisać można, a zatem myśl o odszkodowaniu, nawet jako czynnik podświadomy, dość znaczną rolę odgrywa.

Zajmowano się w badaniach tymi, których psyche ugięła się pod ciosami, z psychologii zaś silnych duchem, którzy główną masę ocalonych stanowią, znajdujemy zaledwie pobieżne i dorywcze wzmianki i żadnej próby celem wyjaśnienia, czemu właściwie taką odporność psychiczną przypisać. Wyjątek pod tym względem stanowi jeden z wybitnych współczesnych psychiatrów rosyjskich Bażenow (16), który w swej pracy o znaczeniu klęsk żywiołowych w etiologii chorób nerwowych i psychicznych, przypuszcza istnienie pewnej obronnej reakcji psychofizjologicznej i daje nawet, zresztą dość luźne, w tym kierunku wskazówki.

Nieszczęścia i klęski umysł nasz znieść, t. j. zrozumieć i odreagować, może tylko w pewnej ich kolejności, przy pewnym, jeśli tak powiedzieć można, dawkowaniu. Gdy tragiczna Ananke odrazu zbyt wiele ciosów wymierzy, chybia celu swego: po za pewnymi granicami dziedzi na uczuciowa ofiary zasłania się puklerzem nieprzebitym, z własnych utkanym elementów.

Ponieważ dane w tym kierunku są czysto subiektywne, więc cenę wielką miałyby dokładne autoobserwacje badaczy; niestety, wyjątkowość warunków zewnętrznych, potrzebnych do tego, sprawia, że materiał taki jest niezmiernie ubogi.

Na zjeździe niemieckich psychiatrów w Berlinie w 1901 r. podobną, szczególnie ciekawą autoobserwację przytoczył Bälz



(17), dyrektor pierwszej szkoły lekarskiej w Japonii; autoobserwację tę omawiam nieco szczegółowiej jako jedyny w tym rodzaju zupełnie wiarogodny dokument. Podczas silnego trzęsienia ziemi w Tokio (a zauważyć należy, że trzęsienia ziemi są tam częste, Bälz zachowywał podczas nich zwykle zimną krew i w danym razie zbytnio się nie przeraził) — Bälz zauważył nagle wybitną zmianę swej osobowości: przy absolutnie zachowanych czynnościach intelektualnych zupełne porażenie działalności uczuciowej — „Emotionslähmung“, jak je autor nazywa. Wygasto absolutnie wszelkie uczucie troski o najbliższą rodzinę, współczucie dla ginącego miasta, uczucie strachu wobec grozy śmierci, nawet obawa przed nadciągającym nieszczęściem. Wśród pełnej tragizmu katastrofy Bälz czuł się jakby widzem obojętnym, obserwującym zupełnie obiektywnie jakieś ciekawe zjawisko lub eksperyment fizyczny. Przy tem uwydatniało się wyraźnie uczucie przyspieszenia i ułatwienia biegu myśli, jak to często opowiadają ocaleni topielcy, opisując swe wrażenia w ostatnich chwilach przed utratą przytomności. (Takie nagle zahamowanie pewnej części czynności psychicznych Bälz porównywa do petit mal w padaczkę).

O zupełnie analogicznem uczuciu wspomina Livingstone w swych opisach podróży: doznał on go we wstrząsającej chwili, gdy w nocy był napadnięty przez lwa <sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Już po wygłoszeniu odczytu niniejszego w Warsz. Towarzystwie Naukowem otrzymałem pracę prof. Weygandta (18) z Hamburga p. t. „Wpływy wojenne i psychiatria“. W pracy tej prof. Weygandt, omawiając znaczenie katastrof w etiologii cierpień psychicznych, przytacza również autoobserwacje Bälz'a i Livingstone'a, jako przykłady wygaśnięcia wzruszeń w chwili niebezpieczeństwa. Następnie dodaje W. własne spostrzeżenie nad robotnikami, którzy wskutek wybuchu dwóch ogromnych zbiorników gazu zostali odrazu ogarnięci przez morze płomieni, — okazało się później, że w tej chwili krytycznej umysł ich pozostawał zupełnie jasnym, reagował prawidłowo, wogóle tak nagle i przerażające niebezpieczeństwo nie wstrząsnęło ich dziedziną psychiczną. W tej samej pracy Weygandt'a znalazłem wzmiankę, że już podczas wojny obecnej wyszła we Fryburgu broszura Hoche'go (19) p. t. „Wojna i życie duchowe“. Broszurkę tę, właściwie odczyt, udało mi się również otrzymać. Autor, omawiając cały szereg czynników, które u żołnierzy podczas wojny wywołać mogą psychozy, zaznacza, że te wpływy szkodliwe wyrównują się do pewnego stopnia, z jednej strony dzięki wzmocnieniu samopoczuciu, wzmocnionemu napięciu duchowemu, z drugiej dzięki pewnej samoobronie, którą Hoche, zapożyczając nazwę z mianownictwa tech-

Stan takiego zahamowania uczuciowego w wymienionych przykładach trwał krótko, stopniowo wracała równowaga psychiczna.

U wielu jednak ocalonych po katastrofach przechodzi dość długi okres czasu zanim się równowaga ustalać zaczyna. Zdziwiają oni wówczas patologiczną wprost płytkością dziedziny uczuciowej, przy zachowanej na ogół sprawności intelektualnej. Na tym punkcie zgadzają się wszyscy badacze, którzy obserwowali ocalonych bezpośrednio po katastrofie.

Spokojnym głosem, z dobrodusznym pogodnym uśmiechem na twarzy opowiadała Stierlin'owi (8) i Bianchi'emu swe przeżycia kobieta, którą w Mesynie z pod zwalisk dopiero po trzech dniach odkopano. Trzymała ona w swych objęciach zwłoki męża, który bezpośrednio po trzęsieniu ziemi żył jeszcze czas dłuższy, — chwilę jego śmierci, wrażenie jak chłódło jego ciało, pamięta doskonale; obok leżało dwoje jej dzieci — ich krzyki słyszała z początku, ucichły one jednak dość szybko.

Inny znów rozbitek, człowiek ogólnie szanowany ze sfery inteligentnej, na pytanie lekarza ze współczuciem zwrócone, jakie poniósł straty, odpowiedział wesoło, że postradał on tylko rodziców i żonę, dwóch zaś braci i siostra zostali uratowani, — może się więc jeszcze za szczęśliwego uważać (Stierlin, l. c.).

Wiązkę niezmiernie ciekawych spostrzeżeń p. t. „Psychologie des sinistrés“ przytoczył na posiedzeniu paryskiego Towarzystwa Psychologicznego w marcu 1911 roku dr. Dubois (20) z Saujon. We 20 minut po rozbiciu się pociągu, właśnie w Saujon, był on na miejscu katastrofy, co do rozmiarów poważnej: 31 osób zabitych, przeszło 120 rannych, z tych wielu bardzo ciężko. Dubois'a uderzyła przedewszystkiem zupełna obojętność zarówno ciężko, jak i lekko rannych, — byli oni jakby zdziwieni, że się nimi zajmują, żadnych krzyków, żadnych

---

nicznego określa jako psychiczny bezpiecznik. Bezpiecznik taki stanowi ilościowo ograniczona wrażliwość psychiki ludzkiej na wrażenia zewnętrzne: pobudzenie, przekraczające co do natężenia pewną miarę, bądź żadnego nie wywiera działania, bądź tylko minimalne. Tej właściwości zawdzięczamy, że nie każde wydarzenie staje się naszym przeżyciem wewnętrznym; wyjaśnia to zadziwiającą zdolność ducha ludzkiego, zdolność przystosowywania się do najstraszniejszych warunków życia. Więcej o tej samoobronie psychicznej Hoche nie pisze.

napadów histerycznych lub drgawkowych. U rannych ani bezpośrednio po katastrofie, ani w przeciągu kilkutygodniowego pobytu w szpitalu żadne zaburzenia psychiczne nie wystąpiły. Szczególniej jednak dziwnem wydało się Dubois zachowanie się podróżnych ocalonych. Część interesowała się tylko tem, aby jaknajprędzej jechać dalej (a pociąg był świąteczny, spacerowy, szedł do pobliskiej miejscowości kąpielowej — Royan, rozbił się w godzinach rannych), inni znów całymi szeregami rozłożyli się obok na trawie, powydobywali z torb i pakietów swe prowianty i najspokojniej jedli śniadanie, gdy z rumowisk, w odległości kilku zaledwie metrów, wydobywano trupy lub umierających.

Z własnej obserwacji utrwaliły się w mej pamięci wrażenia z przed 20 laty co do psychologii ocalonych w słynnej katastrofie w Moskwie na Chodyńskim polu podczas uroczystości koronacyjnych (1896 r.).

Zginęło wówczas przeszło 6,000 osób, a parę tysięcy pogniecionych i przyduszonych umieszczono w szpitalach moskiewskich, między innymi do klinik uniwersyteckich (wówczas byłem ordynatorem kliniki chorób nerwowych), przywieziono znaczną liczbę tego rodzaju pacjentów. Wśród nich było kilku, wydobytych z dołów po kartoflach, gdzie kilka godzin wśród stosu trupów przebywali i uratowali się dzięki temu, że deski, które te doły przykrywały, załamując się, utworzyły jakby sklepienie ochronne. Jeden z takich ocalonych, chłopak dwudziestokilkoletni, z zawodu froter, miał w zanadrzu schowany ogromny warkocz blond włosów, zakrwawionych na końcu. Gdy chłopak przyszedł do siebie, pytałem go o pochodzenie tego warkocza; z całą naiwnością odpowiedział, że pamięta tylko, iż, leżąc wśród zwału ciał, miał ciągle przed sobą głowę z tym warkoczem, który mu się bardzo podobał; gdy się głowa już ruszać przestała, wydobył z wielkim trudem nóż składany z kieszeni i odciął, a częściowo i wyrwał warkocz. Jednak już nazajutrz chłopak wstydził się ogromnie swego postępku, że łzami w oczach prosił, aby ów nieszczęsny warkocz oddać do cerkwi na ofiarę, twierdził, że nie rozumie, w jaki sposób mógł coś podobnego zrobić.

Fakt ten, później parokrotnie omawiany w gronie kolegów z kliniki psychiatrycznej i neurologicznej, przypomniał mi się

szczególnie wyraźnie, gdy w roku zeszłym badałem w Lazarecie Miejskim zatrutych gazami. Zwróciła wówczas mą uwagę niepojęta zdolność oderwania umysłu i uczuć od wstrząsających warunków rzeczywistości, — jakiś osobliwy stan rozmarzenia, w którym rzeczy najokropniejsze żadnej prawie reakcyi wzruszeniowej nie wywoływały. Było to zjawisko powszechne.

Wielu z tych zatrutych leżało wśród stosu ciał kilka lub kilkanaście godzin, zanim ich odnaleziono i pierwszy ratunek podano. Jeden z nich, z zaburzeniami względnie lekkimi ze strony układu oddechowego, opowiadał, że gdy nadszedł ów obłok gazów, upadł wraz z innymi na dno okopu twarzą do ziemi, zdążył jednak twarz chustą zasłonić; wkrótce stracił przytomność. Gdy po jakimś czasie przyszedł do siebie, poczuł, że na nim i obok leżą ciała zatrutych, nie miał jednak dość siły, aby się stamtąd wydobyć. Grozy swego położenia nie odczuwał, pomimo że, jak twierdził, przytomny był zupełnie. Przyszło mu do głowy, że dobrzeby było zjeść przed śmiercią coś smacznego, a że miał, jak zresztą większość żołnierzy, w kieszeni kawałek cukru, więc wydobył go i zjadł; w głowie mu, jak mówi, ulżyło. Wkrótce stracił znów przytomność, — gdy się ocknął, wyobrażeniem dominującym w umyśle było, jaki smaczny był ten cukier, jak mu dobrze zrobił; zaczął wówczas przeszukiwać kieszenie trupów, wśród których leżał, znalazł w istocie cukier i zjadł go, rozkoszując się jego słodyczą. Powietrze już było czystsze, mógł niem oddychać; wkrótce zasnął, a jak go uratowano, nie pamięta.

Takie i tym podobne przeżycia opowiadane były tonem równym zupełnie, z pewnym odcieniem żartobliwości, jak gdyby chodziło o najzwyczajsze z życia codziennego wydarzenia.

U znacznej zresztą części ocalonych z rozmaitych katastrof żywiołowych, a także u żołnierzy rannych lub zatrutych, odnalezionych na polu bitwy po wielu godzinach, gdy nadzieja ratunku doszczętnie wygasnąć mogła, przeważa w dziedzinie uczuciowej zupełna apatya. Pytałem tych żołnierzy, czy, gdy tak leżeli porzuceni w polu lub okopie, wielką odczuli radość na widok sanitaryuszów z noszami i częstokroć otrzymywałem odpowiedź: wszystko mi jedno było. I zdarza się nieraz, że i później jeszcze apatya taka trwa dni, a nawet tygodnie całe. Z obojętnością przyjmuje taki żołnierz wiadomość o tem, że musi

mieć np. amputowaną kończynę, zapytany o zgodę, macha obojętnie ręką, nie troszcząc się o takie kalectwo, które przecież na całe jego życie późniejsze wpływ potężny wyrzucić musi.

\* \* \*

Jeśli w tych wszystkich przykładach i spostrzeżeniach sprawność intelektualna wydaje się na ogół dobrze zachowaną, to nie znaczy to bynajmniej, by wzruszenia tak potężne na dziedzinie tej żadnych śladów nie zostawiały. Są to tylko rysy bardziej powierzchowne i przemijające, mniej się w oczy rzucają, — noszą one przytem również charakter zjawisk ochronnych.

Do zjawisk takich, spostrzeganych często u ocalonych po różnych katastrofach, a także u przywiezionych bezpośrednio z pola bitwy rannych, należy częściowa utrata pamięci i utrata poczucia czasu. Nie dotykam tu zaburzeń tego rodzaju u chorych psychicznie, lecz i u całej rzeszy tych, którzy taką próbę iście ogniomą pomyślnie wytrzymali, występują bardzo wybitne braki obrazów wspomnieniowych. Braki te dotyczą właśnie szczegółów samej katastrofy lub bitwy.

Jeden z oficerów artylerji, człowiek inteligentny — adwokat z Moskwy, wzięty jako rezerwista, — opowiadał mi odwrót ze swą baterją z P. pod huraganowym ogniem nieprzyjaciela. Do chwili, gdy otrzymał rozkaz odwrotu, pamięta dobrze wszystkie szczegóły, później jednak ma w swych wspomnieniach luki bardzo obszerne. Nie pamięta np. zupełnie faktu, że zabito pod nim konia i że przesiadł się na skrzynię z amunicją; przypomina sobie natomiast zupełnie dokładnie, że go parę razy obsypało piaskiem, choć nie zdawał sobie sprawy dlaczego (było to wskutek padających w pobliżu pocisków). Przypomina sobie również, że z wielką przyjemnością palił papierosy, chociaż miał o nie jakieś zajęcie, tak że potem chował papierosa w rękaw (jak mu opowiadano później, sprzeciwiano się, by palił, siedząc na amunicji). Jak długo trwał ten odwrót, nie zdawał sobie sprawy zupełnie. Po kilku dniach te braki w pamięci wyrównały się nieco, znaczne jednak luki pozostały.

Przykładów takich widziałem mnóstwo, więcej ich przytaczać nie będę. O tem, że nie są to wyłącznie zaburzenia pamięci, wyjaśnię później.

Gdy cały widnokrąg umysłowy zapełniony jest wstrząsającymi wrażeniami bitwy, gdy zmysły wszystkie w najwyższym nateżeniu oczekują wydarzeń, które mogą być śmierci zwiastunami, — poczucie czasu zaciera się lub wręcz ginie. Jest to zrozumiałe zupełnie.

Lecz i później, gdy dookoła cisza zapanowywa złowieszcza, gdy wśród zwału ciał ranni lub zatruci gazami w najokropniejszych warunkach na rozmięklej od deszczu lub od mrozu stężalej ziemi próżno wyglądają pomocy, — lub gdy pod zwaliskami zmiecionego miasta ockną się ocaleni od śmierci doraźnej, lecz żywcem w grobach pochowani — i wówczas oryentowanie się co do biegu czasu jest wielce nikłe.

Po katastrofie w kopalniach w Courrières (Stierlin) odkopano górniką, który w zawalonym szybie, wśród stosu rozkładających się ciał, w ciemnościach zupełnych, prawie bezżywienia, bez nadziei ratunku — 25 dni przebył; gdy go zapytano, ile czasu pod ziemią spędził, odpowiedział: zdaje się, blisko tydzień. Ani wydobyć z dołów na Chodyńskim polu, ani ranni, przywożeni z pola bitwy, określić nie umieli, czy długo na pierwszą pomoc oczekiwać musieli; ten czas fizycznej i psychicznej udręki, w którym, jak wnosićby należało, minuty wloką się godzinami, każdemu wydawał się znacznie krótszym, niż był w rzeczywistości.

Jeszcze wreszcie o jednej stronie tego urządzenia ochronnego wspomnieć należy w okresie tego życia, które nam się jakąś ponurą, nastrojową fantazyą wydaje. Oto zatarasowane lub przynajmniej w znacznym stopniu utrudnione są tory, po których do świadomości dostawać się zwykły czucia ustrojowe, czucia cielesne: nie dokucza więc głód lub pragnienie, nie odzywają się potrzeby fizyologiczne, — i ból fizyczny, jak gdyby nie istniał.

Tych przejawów, jako ogólnie bardziej znanych, szczegółowo omawiać nie będę.

\* \* \*

Zanim spróbuję dać jakieś mniej lub bardziej jednolite wyjaśnienie tych licznych, z rozmaitych dziedzin ducha przytoczonych cech charakterystycznych, zaznaczę przedewszystkiem, że

sam podział na te różne dziedziny jest w wysokim stopniu sztuczny. Utrzymuje się on w psychologii pomimo wielokrotnych protestów jedynie ze względów praktycznych — dogodności w opisywaniu zjawisk.

Duch ludzki, jako całość funkcjonalna, nie jest konglomeratem składników odrębnych, lecz jednolitym ustrojem, w którym wielu (np. James) widzi nawet właściwości ustroju biologicznego. Z tego też względu jeśli mówić będę o przejawach w dziedzinie uczucia i w dziedzinie wyobrażeń, to zastrzedz muszę, że w warunkach fizjologicznych przejawy te łączą się wzajemnie najściślej; między obu dziedzinami niema linii granicznej, a jeśli ona występuje, to jest już pewne rozszczepienie, które uważać należy raczej za przejaw patologiczny, lub przynajmniej przez warunki zewnętrzne anormalne wywołany.

I nie sposób rozczłonkować także tego mechanizmu ochronnego, pomimo że napozór występuje on w różnych dziedzinach ducha w stopniu bynajmniej nie jednakowym.

Po tych zastrzeżeniach przypomnę, że w dziedzinie uczucia przedewszystkiem rzuca się w oczy znieczulenie duchowe, jako reakcja podczas samej katastrofy, utrzymująca się zwykle jeszcze czas jakiś później.

U jednych występuje ona jako bezbrzeżna apatya, obojętność na wszystkie wrażenia, co zresztą nie wymaga zbyt długiego wyjaśnienia: apatyę taką można uważać jako wyraz oszłomienia całej psychiki pod wpływem wstrząsu moralnego.

U innych natomiast znieczulenie wyraża się w dziwnej płytkości duchowej; przy częściowo lub zupełnie zachowanej sprawności intelektualnej wydaje się, że wygasły doszczętnie wszelkie uczucia wyższe, na pierwszy zaś plan wystąpił niepojęty egoizm.

Każdy ustrój żywy na to, aby się módz w walce o byt utrzymać, musi być wyposażony w pewne minimum egoizmu pod postacią cielesnych instynktów samozachowawczych (James); rzec można, że jest to egoizm biologiczny — podstawa istnienia materyalnego.

Otóż przemożne wzruszenie, zależne od katastrofy, wyzwala w psychice ludzkiej bez względu na jej ukształtowanie, na jej dążności mniej lub bardziej altruistyczne — ów egoizm biolo-

giczny. W katastrofach zbiorowych (np. pożar w bazarze dobroczynnym w Paryżu, pożar w teatrze na Ringach w Wiedniu, rozbicie *Titanic'a* i innych okrętów) taki egoizm występuje z całą swą zwierzęcą jaskrawością; w tych razach tłómaczy się to jednak działaniem paniki, która pochłania cały umysł, całą wypełnia świadomość. Lecz nawet wówczas, gdy paniki nie było zupełnie, lub gdy już minęła, ów pierwiastek egoizmu, wyzwolony pod wpływem wzruszenia i silny *in statu nascendi*, nadaje ton zasadniczy wszystkiemu przejawom psychicznym.

To wyzwolenie najlepiej może wyjaśnia teoria James'a o jaźni z jej podziałem na *ja* doświadczalne (empiryczne), jako przedmiot w naszym pojęciu myślowym, t. j. to, co wchodzi do świadomości (po ang. *me*) i *ja* czyste — podmiot w myśleniu, to co tę świadomość posiada (po ang. *I*). Gdy kształtuje się psyche osobnika, każdy ma do wyboru rozmaite dążności, rozmaite pożądanja; szereg „*ja* przedmiotowych“ walczy, ściera się, przystosowuje; umysł wreszcie po doświadczeniu wybiera sobie jednego rodzaju charakter i przez życie stara się na tej linii utrzymać, tłumiąc popędy niższe, fizyczne, usuwając to, co się z całokształtem przyjętych zasad nie zgadza. Kontrolę nad tą harmonią duchową prowadzi „*ja* podmiotowe“. Pod wpływem wzruszenia zatracą się właśnie owo *ja* podmiotowe — ginie harmonia, jak gdyby w orkiestrze pałeczki dyrygenta zbrakło; z ciemnych zakątków psychiki wypełniają instynkty pierwotne, niemal zwierzęce. Przykładem ów chłopak w katastrofie na Chodyncy, który odcina, a właściwie wyrzywa z głowy umarłej dziewczyny warkocz, „bo był ładny“, a później po odzyskaniu swej sprawności psychicznej rozpacza, jak mógł coś podobnego uczynić. Przykładem ci pasażerowie z rozbitego pociągu w Saujon, którzy miast ratować rannych, najspokojniej zasiadają do śniadania o parę kroków, a wstrząsający w warunkach zwykłych widok cierpienia ludzkiego bynajmniej im apetytu nie odbiera: są to dla nich wrażenia obiektywne zupełnie bez żadnego zabarwienia podmiotowego. I takiego rodzaju obiektywizację — pozbawienie całego pola apercepcji cech podmiotowych, stwierdzają owe przytoczone poprzednio autoobserwacje: Bälz, Livingstone w najgroźniejszej chwili niebezpieczeństwa są widzami obojętnymi, którzy li tylko z zaciekawieniem na przebieg dramatu patrzą.



Bliższa analiza omawianego zjawiska wykazuje, że mamy tu do czynienia ze zmianą świadomości własnej osoby (*Persönlichkeitsbewusstsein*), czyli z rozszczepieniem osobowości, — właściwie z depersonalizacją, którą nierzadko obserwują psychopatolodzy, zwłaszcza w t. zw. psychastenii. I słusznie podkreśla Ebbinghaus (21) w swej psychologii, ukończonej zresztą przez Dürr'a, — że skargi psychastników, iż przestali być sobą, że ich osobowość znikła lub się zupełnie zmieniła, nie są bynajmniej urojeniami, jak twierdzą niektórzy psychiatrzy; są to przejawy depersonalizacji, gdy wyobrażenia, dotyczące całego świata zewnętrznego „nie ja” pozostaje niezmiennione, — „ja” zaś zatracą, względnie zmienia się w większym lub mniejszym stopniu.

Do poczucia własnej osobowości przyczyniają się znakomicie czucia ustrojowe, pochodzące z narządu pokarmowego (głód, pragnienie), narządów wydzielniczych i t. p. Wspomniałem, że w wielu razach pod wpływem katastrof te czucia przez czas dłuższy do świadomości nie dochodzą — jest to także objaw depersonalizacji. Wprawdzie Oesterreich (22) twierdzi, opierając się na badaniach Janet'a, że w przypadkach depersonalizacji czucia ustrojowe i inne pozostają po większej części nie naruszone, braknie im tylko właściwego zabarwienia uczuciowego; w tem właśnie zabarwieniu uczuciwem widzą niektórzy psycholodzy istotę jaźni.

Zresztą w zmianach osobowości na skutek katastrof ogólne czucia zmysłowe, a także czucia ustrojowe nie rzadko bywają częściowo utrzymane, np. żołnierz, zatruty gazami, długo pamiętał smak cukru, pasażerowie z katastrofy w Saujon widocznie mieli uczucie łaknienia i t. p.

Druga kategoria przytoczonych zmian w psychice, na pierwszy rzut oka zdawałoby się, należy wyłącznie do dziedziny intelektualnej i tu jednak związek z dziedziną uczucia jest bardzo wybitny. Mam tu na myśli zaburzenia pamięci i utratę poczucia czasu.

Że wzruszenia wywierają na zdolność pamięci, przede wszystkim zaś na zdolność zapamiętywania wpływ bardzo znaczny, wiadano już dawno. Twierdzenie to jednak, jak i wszystkie inne, dotyczące zmian w psychice pod wpływem wzruszenia, oparte były tylko na trudnych do skontrolowania autoobserwa-

cyach. Dawno już psychologdy z Wundtem (4) na czele nawiązywali, aby do nauki o wzruszeniach wprowadzić metodę eksperymentalną. Nie jest to jednak rzeczą łatwą, gdyż rzadko kiedy udaje się wywołać sztucznie w laboratorium silniejsze wzruszenie, zwłaszcza natury moralnej. Lecz w ostatnich właśnie latach z Instytutu Psychologicznego w Warszawie wyszedł szereg prac eksperymentalnych E. Abramowskiego (23) i A. Cygielstreicha (24) o wpływie wzruszeń na pamięć. Nie wdając się w szczegóły, zaznaczę tylko, że badania te wykazały, iż wzruszenia, szczególnie zaś wzruszenia przykre, oddziałują w sposób ujemny i na pamięć bezpośrednią i na utajoną, — wywierają one na zdolność tę wpływ niewątpliwie niszczący, perwersyjny. Stwierdziły to całe szeregi doświadczeń, pomimo że, jak słusznie zaznacza A. Cygielstreich, wzruszenia, wywoływane w laboratoriach w celach eksperymentu, są zazwyczaj bardzo krótkotrwałe i zbliżają się raczej do typu uczucia przykrego zdziwienia, aniżeli do prawdziwego uczucia przykrości.

Gdy wpływ taki jest wyraźny nawet w tych wzruszeniach drobnych, sztucznych, to już *a fortiori* dowodzić go nie trzeba w tem laboratorium wzruszeń gigantycznym, na polach bitwy współczesnej lub w katastrofie żywiołowej.

Zaburzenia pamięci, powstałe wskutek tego rodzaju silnych wzruszeń, wykazują pewną cechę charakterystyczną: w odmęcie zapomnienia nie giną niektóre szczegóły drobne, zdawałoby się najzbędniejsze, lecz noszące zabarwienie uczuciowe przyjemne, lub przynajmniej obojętne. Chłopak z Chodynki pamięta wrażenie estetyczne, wywołane przez piękny warkocz; żołnierz, zatruty gazem — słodycz cukru, oficer artylerji — miły smak papierosa. Prof. Dubois z Bernu (jak przytaczają Bing i Sterlin 10) miał w swej obserwacji lotnika, który wyszedł szczęśliwie z katastrofy lotniczej; z całego okresu spadania lotnik pamiętał tylko, że był wyłącznie tem zajęty, aby mu się pince-nez z nosa nie zsunęło.

Samo przez się nasuwa się przypuszczenie, że pod wpływem silnego wzruszenia część przeżyć nie jest utrwalona w łańcuchu postrzeżeniowym przez uwagę, znaczna zaś część wrażeń nawet bardzo potężnych do pola spostrzegania nie dochodzi. Rzekoma amnezja jest więc do pewnego stopnia wyrazem braku uwagi: obrazy wspomnieniowe w części się zatarły, lecz

w znacznej części wprost się nie utworzyły. W psychologii dziecka dawno znany jest fakt, że dziecko właściwie nie poddaje się przeciążeniu pracą umysłową, — gdy umysł dojdzie do pewnej granicy znużenia, otula się on odrazu jakby w powłokę nieuwagi i przez powłokę taką już żadne zzewnątrz płynące wrażenia dostępu nie mają.

Otóż także pod wpływem silnego wzruszenia w psychice wytwarza się jakby powłoka, nie dopuszczająca do świadomości wrażeń o zabarwieniu uczuciowem przykrem, w danym razie nawet strasznych. I to urządzenie ochronne, broniące psychiki przed nawalem wrażeń, któreby ją zdruzgotać mogły — nie jest czemś zupełnie nowem, wywołanem tylko przez warunki tak specjalne. Właściwość podobną w słabszym, rozumie się, stopniu, wykryć można drogą introspekcyi i w psychice normalnej, w warunkach zwykłych. Każdy z nas z własnego wie doświadczenia, jak często nie dostrzega się widoków nie miłych, jak wielkich wysiłków potrzeba, by uwagę na tematach przykrych zatrzymać; od wrażeń przykrych myśl jakby odwraca się z niechęcią, kieruje się od razu na bardziej pociągającą drogę. „Każdy — mówi James w swojej psychologii — zna przedmioty, przed którymi cofa się jak koń płochliwy, by okiem nawet na nie nie rzucić... Sama przyroda powstaje przeciw takim myślom i wypiera je ze swego pola widzenia; spróbuj, zdrowy czytelniku, czy długo wytrzymasz, myśląc o swym grobie!”

Widzimy więc, że i normalnie podobne urządzenie ochronne istnieje, — katastrofa je tylko wyolbrzymia.

Jako następstwo wyeliminowania wrażeń o zabarwieniu uczuciowem przykrem, uważać można przyśpieszenie biegu myśli, ułatwienie kojarzenia idei, które podają niektórzy badacze, np. Bälz w swej autoobserwacyi podczas trzęsienia ziemi, Stierlin i Bing (10) co do ocalonych w katastrofie kolejowej w Müllheimie.

Na zaburzeniach pamięci i uwagi polega utrata poczucia czasu, jest to zrozumiałe i zatrzymywać się na tem nie będę.

\* \* \*

Streszczając to wszystko, powiedzieć można, że w psychice ocalonych po katastrofach żywiołowych albo też przywiezio-

nych z pola bitwy, — w pierwszym, bezpośrednio po tych przeżyciach następującym okresie, uwydatniają się w wielu razach cechy następujące:

1. Znieczulenie duchowe, polegające z jednej strony na zahamowaniu wszelkich uczuć wyższych, z drugiej zaś na niedopuszczaniu do pola świadomości wrażeń o zabarwieniu uczuciowym przykrem.

2. Rozszczepienie jaźni, polegające na obniżeniu lub wygaśnięciu poczucia „ja podmiotowego“ z odpowiednim rozwieleniem się „ja przedmiotowego“.

3. Zaburzenia pamięci i uwagi.

Wszystkie te przejawy stoją, jak widzieliśmy, w najściślejszym z sobą związku. W stopniu słabszym, zaczątkowym spotrząga się je i w psychice normalnej, w stopniu silniejszym, bardziej wyjaskrawionym w psychice chorej, t. j. w cierpieniach psychicznych. To ostatnie zresztą zadziwiać nie powinno: z jednej strony między fizyologią a patologią wyraźnych słupów granicznych niema, z drugiej znów strony przyczyna zmian omawianych — silne wzruszenie samo przez się nadwerża równowagę psychiczną, a nawet, jak niektórzy twierdzą (Séglas i Barat, 15), jest krótkotrwałą psychozą.

W każdym razie, jeśli omawiane cechy uznać nawet za chorobowe, to tylko w znaczeniu takim, jak np. ropienie, kaszel i inne przejawy obrony ustroju przed czynnikami chorobotwórczymi.

Taki właśnie charakter ochronny w stosunku do dziedziny duchowej człowieka nosi cały ten zespół zjawisk o cechach mechanizmu odruchowego — odruchowego w znaczeniu obszernem, jak to sformułował jeszcze K. Richet (25): odruch jest reakcją organizmu na bezpośrednie pobudzenie zewnętrzne. Należy to zjawisko do kategorii odruchów neuropsychicznych, t. j. według zasadniczego określenia psychologii obiektywnej czyli t. zw. przez Bechterewa (26) refleksopsychologii — do kategorii reakcji ustroju, zależnej od doświadczenia osobistego. Bodźcem zewnętrznym w danym razie jest nagle występujące — widmo zagłady.

I jest ten zespół wyrazem cechy biologicznej, każdemu jestestwu żyjącemu właściwej: dążności do życia a sprzeciwiania się śmierci. Dąży zaś

każde jestestwo, jak trafnie określa Rauh (27), nietylko do istnienia — *esse*, lecz właśnie do życia — *vivere*, sprzeciwia się nietylko śmierci całego osobnika, ale i utracie wszystkich tych cech organicznych lub psychicznych, które są podstawą życia, właściwego dla danego gatunku. Nietylko o zachowanie człowieka walczy przyroda, lecz i o całość jego cząstki najlepszej — stroju duchowego.

I tu właśnie, gdzie ani ingerencja zewnętrzna w postaci jakichś urządzeń ochronnych, przez wiedzę lub sztukę wprowadzonych, ani świadome danego osobnika wysiłki nie starczą — psyche ludzka znajduje obronę w samej sobie, obronę automatyczną, jakby nastawioną na chwilę groźnego niebezpieczeństwa.

Im głębiej wnikać w tajniki życia, tem bardziej uwydatnia się celowość organiczna we wszystkich tego życia przejawach. Przed tem, co jeszcze Leibniz nazwał *vis resistens* *et vis activa naturae*, mimowoli czoła uchylić musimy!

---

## PIŚMIENNICTWO.

---

1. William James. *Psychologie*. Tłom. niem. M. Dürr'a, 1909.
2. Stołyhwo K. *Stanowisko i zadania antropologii współczesnej*. Sprawozdania Tow. Nauk. Warsz., IX, 1916.
3. Orłowski St. *Przyczynek do oceny materjału psychopatologicznego z wojny obecnej*. Odczyt w Warsz. Tow. Lekarskiem 1 lutego 1916 roku. *Medycyna*, № 13.
4. Wundt. *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, VI Aufl., 1911.
5. Kahane. *Grundzüge der Psychologie für Mediziner*. Wiesbaden, 1914.
6. Lewandowsky. *Handbuch der Neurologie*, I Bd, str. 1241.
7. Berger H. *Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung von Gehirnblutungen, Gehirnembolien, epileptischen Anfällen und Gehirnerschütterungen auf die Blutzirkulation im Gehirn*. *Monatschrift für Psychiatrie u. Neurol.*, 1912, str. 399.
8. Stierlin E. *Ueber psychoneuropatische Folgezustände bei den überlebenden der Katastrophe von Courrières*. *Monat. f. Psychol.*, Bd. 25, str. 185.
9. Stierlin E. *Nervöse und psychische Störungen nach Katastrophen*. *Deut. medic. Wochenschr.*, 1911, № 44.
10. Bing R. u. Stierlin E. *Beobachtungen über psychoneurotische Störungen infolge der Eisenbahnkatastrophe zu Müllheim*. *Neur. Centr.*, 1912, № 14.

11. Phleps E. *Psychosen nach Erdbeben*. Jahrbücher f. Psych. u. Neur. Bd. 23, str. 382.
12. Förster. *Psychologie des Unfalls*. Zeit. f. d. gesam. Neur. u. Psych., 1913, H. 1 — 2.
13. Becker. *Ueber nervöse Nachkrankheiten des Müllheimer Eisenbahnunglücks*. Münch. medicin. Woch., 1910, № 29.
14. Riebel. *Nervöse Nachkrankheiten des Müllheimer Eisenbahnunglücks*. Monat. f. Psych. u. Neurol., XXXI, 1912, Ergänzungsheft.
15. Séglas et Barat. *Le rôle de l'émotion dans l'étiologie des maladies mentales*. Journal de Psychologie, 1913, № 2.
16. Bazenow M. *O znaczeniu stichijnych biedstwij w etiologii niekoto-rych nierwonych i psychiczeskich zabołowanij*. Żurnal newrop. i psych. im. Korsakowa, 1914, № 1 — 2.
17. Bälz. *Ueber Emotionslähmung*. Allg. Zeit. f. Psychiatrie. Bd. 58, str. 717.
18. Weygand. *Kriegseinflüsse und Psychiatrie*. Jahreskurse f. ärztliche Fortbildung. Mai 1915.
19. Hoche. *Krieg und Seelenleben*. Freiburg i. B., 1915.
20. Dubois (de Saujon). *Psychologie des sinistrés*. Journal de Psycho-  
logie, 1911, str. 261.
21. Ebbinghaus. *Grundzüge der Psychologie*. Leipzig, 1913.
22. Oesterreich K. *Die Entfremdung der Wahrnehmungswelt und die  
Depersonalisation in der Psychasthenie*. Journal f. Psychologie  
u. Neurologie, 1907, № 7 — 9.
23. Abramowski E. *Wpływ wzruszeń i uczuć na opór zapomnianego*.  
Prace z psychologii doświadczalnej. Tom III, str. 29.
24. Cygielstreich A. *Wpływ wzruszeń na pamięć dotykowo-mięśni-  
ową*. Prace z psych. doświad. T. III, str. 99.
25. Richet Ch. *Essai de psychologie générale*. Paris, 1910.
26. Bechterew. *Objektive Psychologie*. Leipzig, 1913.
27. Rauh F. *De la méthode dans la psychologie des sentiments*. Pa-  
ris, 1899.

St. Orłowski:

## **Sur un mécanisme protecteur dans le domaine psychique.**

Communication annoncée le 15.I. 1916.

La présente étude est basée sur un ensemble de recherches psychologiques et psychopathologiques faites à l'Hôpital militaire Municipal (de Varsovie). Cet hôpital fonctionnait presque depuis le début des hostilités et hébergea durant 11 mois — 16,277 soldats: 10,904 blessés, 4,258 atteints de maladies internes diverses et 1,115 empoisonnés par le gaz asphyxiant. Tous ces soldats revenaient directement du front, presque du feu.

On serait tenté de croire que dans cette agrégation d'individus ayant éprouvé toutes les horreurs de la guerre moderne la fréquence de maladies mentales dût être très importante. Il n'en fut rien: en somme 21 observations de psychoses survenant à la suite des graves traumatismes craniens, des blessures infectées etc. — donc point ou peu de psychoses d'origine essentiellement émotive.

Il est donc manifeste qu'en dehors des cas presque exceptionnels les émotions—choc de la bataille ne réussirent guère à ébranler la santé psychique de cette grande collectivité nommée armée.

Parmi les facteurs occasionnels de la dite résistance psychique il faut citer la sobriété un peu forcée des combattants, l'usage de l'alcool étant interdit dans l'armée russe. Quelque importance aurait aussi une sorte de déterminisme, voire même de fatalisme inné au peuple russe. Mais la cause essentielle et principale est une qualité constitutionnelle de tout organisme humain—l'existence d'un mécanisme inconscient ayant pour but de préserver le domaine psychique de l'influence destructive extérieure.

La biologie connaît différents actes réflexes qui tendent à protéger l'individu contre les dangers extérieurs. Ce qui occupe l'auteur de ce mémoire est un mécanisme automatique de défense concernant exclusivement le domaine psychique, ce thème n'étant guère inclus dans les cadres de la psychophysiologie contemporaine.

Comme spécimen de pareils phénomènes défensifs on peut citer la perte subite de connaissance sur le coup d'une forte émotion: dans une situation sans issue le domaine intellectuel se retranche par un arrêt des actes conscients derrière un rempart infranchissable. La finalité du susdit mécanisme ne peut être admise que contre les coups de nature morale; en cas de danger physique c'est certainement une politique d'autruche, le corps organique restant sans défense.

Or nous disposons de moyens de défense dans le domaine du spirituel, de moyens bien mieux adaptés à une fin. Ce mécanisme devient surtout manifeste à la suite d'événements extraordinaires: de fléaux de la nature, de sinistres collectifs et spécialement de batailles modernes qui ne forment qu'une chaîne ininterrompue de catastrophes.

Une autoobservation rapportée p. ex. par Bälz pendant un tremblement de terre ou une autre par Livingstone pendant une lutte corps à corps avec un lion — montrent une „paralysie émotionnelle“ en même temps qu'une lucidité complète — les processus intellectuels n'étaient guère troublés.

Les survivants de grandes catastrophes ou les blessés revenant directement du feu présentent durant un certain temps une pareille anesthésie psychique, en particulier un arrêt de tous sentiments supérieurs. C'est une sorte d'état crépusculaire, un singulier état de rêve: les circonstances les plus horribles de l'entourage ne produisent aucune réaction affective, leur perception plus ou moins nette étant absolument objective.

On dirait que la catastrophe tend à émanciper dans le domaine spirituel de l'homme l'égoïsme biologique, en par-



ticulier tous les instincts somatiques de la conservation; le fond du caractère plus ou moins altruiste de l'individu n'y est pour rien. Cette action émancipatrice prouve une dissociation de la personnalité — une dépersonnalisation: les impressions parviennent à la conscience en perdant toute nuance de subjectivité. En admettant la doctrine de James qui distingue deux faces du „moi“, on dirait que le „moi subjectif“ disparaît de l'existence psychique, il ne reste que le „moi objectif“.

Dans des cas nombreux on observe aussi une indifférence affective absolue, une apathie bien proche de la stupeur comme réaction du choc moral éprouvé pendant la bataille ou pendant le sinistre.

Dans le domaine intellectuel le trouble essentiel qui se produit sous l'influence de ce choc c'est une amnésie lacunaire se rattachant presque toujours à un trouble d'attention: telles images se sont effacées, telles autres ne sont point arrivées jusqu'au champ de perception; l'esprit se couvre d'une cuirasse spécialement imperméable pour les impressions douloureuses voire même horribles. C'est un fait d'ailleurs bien connu dans les conditions normales: notre attention penche toujours en faveur des impressions agréables — le sinistre ne fait qu'accroître d'une manière démesurée ce penchant naturel.

Des troubles de la mémoire et de l'attention dépend en grande partie la perte de la notion du temps — symptôme observé constamment chez les blessés qu'on retrouve après plusieurs heures, même journées au champ de bataille, chez les survivants du séisme, ensevelis sous les décombres etc.

Les phénomènes signalés forcent à reconnaître une finalité organique, un système de défense contre les circonstances qui tendent à anéantir la vie psychique. Tout ce complexe revêt un caractère de mécanisme réflexe au sens généralisé: l'acte réflexe c'est la réaction de l'organisme à une excitation extérieure immédiate. En qualité d'excitation agit la hantise du danger imminent, de la mort toute proche.

Or ce mécanisme compliqué n'est qu'une manifestation d'une tendance biologique générale, d'un principe de finalité inné à chaque être vivant: le besoin de vivre et la résistance à la mort; cette résistance concerne non seulement la mort de tout l'individu mais aussi la perte de ses qualités fondamentales, qualités intégrantes de l'espèce. La nature tend à conserver non seulement la vie de l'homme mais aussi l'intégrité de sa partie la plus importante, l'intégrité de son existence psychique.

Et précisément, lorsque toute résistance, tout effort conscient de l'individu semblent vains, lorsque l'utilité délusoire des moyens de défense fournis par l'art ou la science devient évidente, le domaine psychique trouve en lui même une arme protectrice: un mécanisme automatique partant au moment du danger extrême.

---

#### DYSKUSYA.

P. Loth potwierdza z własnej obserwacji na polu bitew, że czasem zachodzą fakty zatracania pojęcia czasu, od chwili niebezpieczeństwa aż do zupełnego bezpieczeństwa. Przytacza przykład styryczyka, który na 25<sup>o</sup> mrozie przeleżał ze zmiażdżonym udem dwie doby pod okopami. Po wypiciu czarnej kawy czuł się na tyle dobrze, że mu jakoby „nie brakowało”, a świadomości minionych dwóch dób nie miał zupełnie.

Jednakowoż uważa, że natychmiast po wrażeniach wstrząsających (naprz. eksplozje granatów, gwałtowna bitwa i t. d.) nigdy nie obserwował tego stanu „depersonalizacji”, raczej zawsze przejawiały się objawy nerwowe w postaci śmiechu, płaczu, drgawek, nadmiernej wesołości i t. d.

Zapytuje więc, czy nie istnieje czasem związek między tym pierwszym objawem nerwowości, a może dopiero następnym stadiem „depersonalizacji”.

P. Lothowi Orłowski odpowiada, że do Lazaretu Miejskiego ranni byli przewożeni z pola bitwy niekiedy już nazajutrz, częściej po upływie paru lub kilku dni, czy więc bezpośrednio po samem zranieniu występowały podobnego rodzaju objawy „nerwowe”, które obserwował p. L. sądzić nie może. Spostrzeżenia swe O. opierał na badaniu psychologicznem tego materiału względnie najświeższego, co zaś do okresu czasu podczas samej bitwy, to podobnie, jak i wszyscy badacze ocalonych po katastrofach i t. p., polegać musi na autoobserwacjach osobników badanych, w danym razie inteligentniejszych żołnierzy i oficerów.

2. Franciszek Włodarski:

## O rozcinianiu płaszczyzny za pomocą najmniejszej liczby kontynuów.

Komunikat zgłoszony dnia 10 Lutego 1916 r.

Przedstawił S. Dickstein.

W rozważaniach niniejszych zajmuję się pojęciem rozciniania płaszczyzny przez kontynua. Z powodu braku w teorii mnogości pewnej powszechnie ustalonej terminologii oraz symbolistyki, muszę dać pewne wyjaśnienia co do używanych przeze mnie terminów i symbolów. Z góry zaznaczam, że używam tu przeważnie terminologii oraz symbolistyki, jakich użył Z. Janiszewski w pracy swej: „*O rozcinianiu płaszczyzny przez kontinua*“ (Prace matematyczno-fizyczne, tom XXVI), i w razie wszelkich nieporozumień odsyłam czytelnika do tej pracy. Uważam jednak za właściwe podać tutaj znaczenie niektórych oznaczeń.

O mnogości  $\mathfrak{D}$ , nie posiadającej ani jednego punktu wspólnego z żadną z mnogości  $\mathfrak{A}$  i  $\mathfrak{B}$  (czyniących zadość warunkowi  $\mathfrak{A} \times \mathfrak{B} = 0$ ), mówimy, że rozcina płaszczyznę pomiędzy mnogościami  $\mathfrak{A}$  i  $\mathfrak{B}$ , jeżeli każde kontynuuum, łączące jakikolwiek punkt mnogości  $\mathfrak{A}$  z jakimkolwiek punktem mnogości  $\mathfrak{B}$ , posiada przynajmniej jeden punkt wspólny z mnogością  $\mathfrak{D}$ .

Ograniczenie dowolnej mnogości  $\mathfrak{A}$  oznaczamy symbolem  $\mathfrak{F}(\mathfrak{A})$ .

Symbolem  $\overline{\mathfrak{A}}$  oznaczamy mnogość  $\mathfrak{A} + \mathfrak{F}(\mathfrak{A})$ .

Symbolem  $\overline{AB}$  oznaczamy odcinek prostej, łączący punkt A z punktem B.

Symbolem  $\rho(A, B)$ , wzgl.  $\rho(A, \mathfrak{A})$ , wzgl.  $\rho(\mathfrak{A}, \mathfrak{B})$  oznaczamy odległość pomiędzy punktami A i B, wzgl. pomiędzy punktem A i mnogością  $\mathfrak{A}$ , wzgl. pomiędzy mnogościami  $\mathfrak{A}$  i  $\mathfrak{B}$ .

Symbolem  $\mathfrak{Z}$  oznaczamy ogół wszystkich punktów płaszczyzny.

§ 1. **Lemmat 1-y.** Jeżeli suma nieskończenie wielu mnogości, z których żadne dwie nie posiadają ani jednego punktu wspólnego, leży całkowicie w skończoności i jest mnogością domkniętą, to pomiędzy temi mnogościami istnieje przynajmniej

jedna mnogość tego rodzaju, że po usunięciu jej suma *wszystkich pozostałych* mnogości nie jest mnogością domkniętą.

Podzielmy dowolny kwadrat, wewnątrz którego leżą wszystkie mnogości dane, na cztery kwadraty równe. Przynajmniej jeden z tych kwadratów wraz z obwodem posiada punkty wspólne z *nieskończenie wieloma* z pośród mnogości danych. Jeden z takich kwadratów podzielmy znów na cztery kwadraty równe, i t. d. Możemy więc powiedzieć, że istnieje przynajmniej jeden punkt  $M$  tego rodzaju, że każde dowolnie małe otoczenie tego punktu posiada punkty wspólne z nieskończenie wieloma z pośród mnogości danych. Punkt  $M$  jest więc punktem skupienia sumy *prawie wszystkich* mnogości danych („prawie wszystkie“ znaczy: wszystkie z wyjątkiem dowolnej liczby skończonej z pośród nich). Punkt  $M$  należy tylko do jednej z pośród mnogości danych. Suma wszystkich pozostałych mnogości nie jest domknięta, *c. b. d. o.*

§ 2. Podmnożność dowolnej mnogości nazywamy *nasyconą*, jeżeli ona albo jest utworzona z jednego tylko punktu albo też jest semikontynuuum i jeżeli przytem nie można dołączyć do niej innych punktów mnogości danej w ten sposób, aby otrzymana suma była semikontynuuum.

Każda podmnożność nasycona dowolnej mnogości domkniętej może albo być utworzona z jednego tylko punktu albo też być kontynuuum.

Dwie podmnożności nasycone jednej i tej samej mnogości nie mogą oczywiście posiadać ani jednego punktu wspólnego.

Jeżeli  $A$  jest dowolnym punktem jakiejś mnogości  $\mathfrak{A}$ , to mnogość, utworzona z punktu  $A$  oraz ze wszystkich tych punktów mnogości  $\mathfrak{A}$ , które dają się połączyć z punktem  $A$  za pomocą kontynuów, zawartych całkowicie w mnogości  $\mathfrak{A}$ , jest podmnożnością nasyconą mnogości  $\mathfrak{A}$ . Oznaczamy ją symbolem  $\mathfrak{N}(A, \mathfrak{A})$ .

Każdy punkt dowolnej mnogości jest więc zawarty w jednej z pośród podmnożności nasyconych jej. Każda mnogość może zatem być uważana za sumę wszystkich swoich podmnożności nasyconych.

Suma dowolnej liczby skończonej mnogości domkniętych jest mnogością domkniętą, mamy zatem (lemmat 1)

**Twierdzenie 1-e.** *Mnożność domknięta  $\mathfrak{A}$ , leżąca całkowicie w skończoności, składa się z liczby skończonej podmnożności na-*

syconych wtedy i tylko wtedy, gdy mnogość  $\mathfrak{A} - \mathfrak{R} (P, \mathfrak{A})$  dla każdego  $P \subset \mathfrak{A}$  jest domknięta (albo próżna).

Jeżeli w przypadku, omawianym w twierdzeniu powyższym, istnieją też podmnożności nasycone, utworzone z jednego tylko punktu, to są to punkty odosobnione mnogości  $\mathfrak{A}$ .

§ 3. **Twierdzenie 2-e.** Jeżeli jest dana jakaś liczba skończona albo nieskończona mnogości oraz jakaś liczba skończona  $n > 1$  kontynuów  $\mathfrak{G}_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) tego rodzaju, że:

1) suma *wszystkich* kontynuów  $\mathfrak{G}_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) rozcina płaszczyznę pomiędzy każdymi dwiema z pośród mnogości danych;

2) suma *nie wszystkich* kontynuów  $\mathfrak{G}_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) warunku tego nie wypełnia;

3) suma wszystkich mnogości danych rozcina płaszczyznę pomiędzy każdymi dwoma z pośród kontynuów  $\mathfrak{G}_i$  ( $i = 1, \dots, n$ );

to wtedy i tylko wtedy liczba  $n$  jest *najmniejszą* liczbą kontynuów, których suma rozcina płaszczyznę pomiędzy każdymi dwiema z pośród mnogości danych, t. zn.: jeżeli  $\mathfrak{G}'_j$  ( $j = 1, \dots, m$ ) są kontynuami, których suma też rozcina płaszczyznę pomiędzy każdymi dwiema z pośród mnogości danych, to liczba  $m$  tych kontynuów czyni zadość warunkowi:  $m \geq n$ .

Że warunki 2) i 3) są konieczne, aby liczba  $n$  była najmniejszą liczbą kontynuów, których suma rozcina płaszczyznę pomiędzy każdymi dwiema z pośród mnogości danych, jest zupełnie zrozumiałe. Pozostaje nam więc jeszcze dowieść, że są one także wystarczające.

Możemy oczywiście założyć, że  $m$  jest liczbą skończoną.

Jeżeli nie wszystkie mnogości dane składają się z samych punktów wewnętrznych, to możemy około każdego punktu ograniczenia każdej z nich, który do niej należy, jako środka, opisać koło, wewnątrz którego nie leży żaden punkt kontynuów  $\mathfrak{G}_i$  i  $\mathfrak{G}'_j$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $j = 1, 2, \dots, m$ ), i do każdej mnogości dołączyć wnętrza wszystkich kół jej. Mnogości, otrzymane w ten sposób, też czynią zadość warunkom 1), 2) i 3) i składają się z samych punktów wewnętrznych. W każdym razie będziemy więc rozpatrywali mnogości, składające się z samych punktów wewnętrznych. Oznaczmy ich sumę za pomocą  $\mathfrak{S}$ .

Niechaj  $T_i$  będzie dowolnym punktem kontynuów  $\mathfrak{G}_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ). Jest jasnym, że mnogości  $\mathfrak{A}_i \equiv \mathfrak{R} (T_i, \mathfrak{S} - \mathfrak{G}_i)$  ( $i = 1, \dots, n$ )

są kontynuami. Na zasadzie warunku 3) żadne dwa z pośród kontynuów  $\mathfrak{A}_i$  nie posiadają ani jednego punktu wspólnego. Jeżeli  $\mathfrak{G}'_{j_1}$  posiada przynajmniej jeden punkt wspólny z  $\mathfrak{A}_{i_1}$ , to jest wtedy  $\mathfrak{G}'_{j_1} \subset \mathfrak{A}_{i_1}$ .

Wyberzmy z pośród kontynuów  $\mathfrak{A}_i$  jedno, np.  $\mathfrak{A}_{i_s}$ . Na zasadzie warunku 2) możemy powiedzieć, że pomiędzy rozpatrywanymi mnogościami istnieją przynajmniej dwie mnogości  $\mathfrak{M}$  i  $\mathfrak{N}$  takie, że przynajmniej jeden punkt  $M$  mnogości  $\mathfrak{M}$  może być połączony przynajmniej z jednym punktem  $N$  mnogości  $\mathfrak{N}$  za pomocą jakiegoś kontynuów  $\mathfrak{G}$ , posiadającego punkty wspólne tylko z kontynuów  $\mathfrak{G}_{i_s}$ , a natomiast nie posiadającego punktów wspólnych z żadnym innym z pośród kontynuów  $\mathfrak{G}_i$ . Kontynuów  $\mathfrak{B} \equiv \mathfrak{N} (N, \mathfrak{G} - \mathfrak{M})$  posiada przynajmniej jeden punkt  $P_1$  wspólny z  $\mathfrak{F}(\mathfrak{M})$  (twierdzenie Janiszewskiego<sup>1)</sup>).

Podmnożność nasycona  $\mathfrak{G} \equiv \mathfrak{N} (P_1, \mathfrak{B} - (\mathfrak{G} - \mathfrak{M}))$  posiada przynajmniej jeden punkt  $P_2$  wspólny z  $\mathfrak{F}(\mathfrak{G} - \mathfrak{M})$  (w szczególności jest możliwe, że  $P_1 \equiv P_2$ ). Ta podmnożność posiada też przynajmniej jeden punkt wspólny z  $\mathfrak{G}_{i_s}$ , gdyż w przeciwnym razie kontynuów  $\overline{M_1 P_1} + \mathfrak{G} + \overline{P_2 S_1}$ , gdzie  $M_1$  jest punktem mnogości  $\mathfrak{M}$ , czyniącym zadość warunkowi  $\rho(P_1, M_1) < \rho(P_1, \sum_{i=1}^{i=n} \mathfrak{G}_i)$ , oraz  $S_1$  jest punktem mnogości  $\mathfrak{G} - \mathfrak{M}$ , czyniącym zadość wa-

<sup>1)</sup> Twierdzenie Janiszewskiego, na które powołujemy się tutaj, można wypowiedzieć tak: Jeżeli kontynuów  $\mathfrak{G}$  i mnogość domknięta  $\mathfrak{D}$  czynią zadość warunkom:  $\mathfrak{G} \times \mathfrak{D} \equiv \emptyset$  i  $\mathfrak{G} - \mathfrak{D} \equiv \emptyset$  i jeżeli  $A$  jest dowolnym punktem mnogości  $\mathfrak{G} - \mathfrak{D}$ , to jest wtedy  $\mathfrak{R}(A, \mathfrak{G} - \mathfrak{D}) \times \mathfrak{D} \equiv \emptyset$  (Z. Janiszewski: „O rozcinaniu płaszczyzny przez kontynua“. Prace matematyczno-fizyczne, tom XXVI, str. 22).

To twierdzenie można rozszerzyć też na ten przypadek, gdy mnogość  $\mathfrak{D}$  nie jest domknięta, a wtedy należy tylko w konkluzji tego twierdzenia wzór  $\mathfrak{R}(A, \mathfrak{G} - \mathfrak{D}) \times \mathfrak{D} \equiv \emptyset$  zamienić na wzór  $\mathfrak{R}(A, \mathfrak{G} - \mathfrak{D}) \times \overline{\mathfrak{D}} \equiv \emptyset$ .

W rzeczy samej, jeżeli bowiem  $A \in \overline{\mathfrak{D}}$ , to jest to prawdziwe; jeżeli zaś  $A \in \mathfrak{D}$ , to na zasadzie twierdzenia Janiszewskiego mamy wtedy  $\mathfrak{R}(A, \mathfrak{G} - \mathfrak{D}) \times \overline{\mathfrak{D}} \equiv \emptyset$ , a ponieważ  $\mathfrak{R}(A, \mathfrak{G} - \mathfrak{D}) \subset \mathfrak{R}(A, \mathfrak{G} - \mathfrak{D})$ , przeto  $\mathfrak{R}(A, \mathfrak{G} - \mathfrak{D}) \times \mathfrak{D} \equiv \emptyset$ .

Powołując się w rozważaniach niniejszych na twierdzenie Janiszewskiego, mamy na myśli to twierdzenie w szerszym znaczeniu, to znaczy, gdy mnogość  $\mathfrak{D}$  niekoniecznie jest domknięta.

runkowi  $\rho(P_2, S_1) < \rho(P_2, \sum_{i=1}^n \mathfrak{G}_i)$ , nie posiadałoby ani jednego punktu wspólnego z  $\sum_{i=1}^n \mathfrak{G}_i$ , co jest w sprzeczności z założeniem 1). Mamy zatem  $\mathfrak{G} \times \mathfrak{G}_s \equiv O$ . Ponieważ znów z drugiej strony  $\mathfrak{G} \times \mathfrak{S} \equiv O$ , przeto  $\mathfrak{G} \subset \mathfrak{A}_s$ . A więc  $(P_1 + P_2) \in \mathfrak{A}_s$ . Lecz stąd wynika, że  $\mathfrak{A}_s$  zawiera przynajmniej jedno kontynuuum z pośród  $\mathfrak{G}'_j$  ( $j = 1, \dots, m$ ), gdyż w przeciwnym razie kontynuuum  $\overline{M_2 P_1} + \mathfrak{A}_s + \overline{P_2 S_2}$ , gdzie  $M_2$  jest punktem mnogości  $\mathfrak{M}$ , czyniącym zadość warunkowi  $\rho(P_1, M_2) < \rho(P_1, \sum_{j=1}^m \mathfrak{G}'_j)$ , oraz  $S_2$  jest punktem mnogości  $\mathfrak{S} - \mathfrak{M}$ , czyniącym zadość warunkowi  $\rho(P_2, S_2) < \rho(P_2, \sum_{j=1}^m \mathfrak{G}'_j)$ , nie posiadałoby ani jednego punktu wspólnego z  $\sum_{j=1}^m \mathfrak{G}'_j$ , co przeczyłoby założeniu, że  $\sum_{j=1}^m \mathfrak{G}'_j$  rozcina płaszczyznę pomiędzy każdymi dwiema z pośród mnogości danych. A więc każde  $\mathfrak{A}_i$  zawiera przynajmniej jedno  $\mathfrak{G}'_j$ , skąd wynika, że  $m \geq n$ , *c. b. d. o.*

§ 4. Każda podmnożność nasycona uzupełnienia dowolnego kontynuuum  $\mathfrak{G}$  jest semikontynuuum (semikontynuuum nasyconem); jej ograniczenie, będące, jak wiemy, podmnożnością mnogości  $\mathfrak{F}(\mathfrak{G})^1$ , jest kontynuuum <sup>2)</sup>.

**Lemmat 2-i.** Jeżeli  $\mathfrak{G}_1$  i  $\mathfrak{G}_2$  są kontynuami, czyniącymi zadość warunkowi:  $\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2 \equiv O$ , to mnogość  $\overline{\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2 + \Sigma}$ , gdzie  $\Sigma$  oznacza sumę wszystkich tych ograniczeń semikontynuów nasyconych mnogości  $\mathfrak{Z} - \mathfrak{G}_1$  (albo  $\mathfrak{Z} - \mathfrak{G}_2$ ), z których każde posiada przynajmniej jeden punkt wspólny z  $\mathfrak{G}_2$  (albo  $\mathfrak{G}_1$ ), też jest kontynuuum.

Jeżeli  $\mathfrak{G}_2 \subset \mathfrak{G}_1$ , to ten lemmat jest zupełnie zrozumiały. Należy więc go dowieść dla przypadku, gdy  $\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2 \equiv \mathfrak{G}_2$ .

Najpierw możemy się bardzo łatwo przekonać, że mnogość  $\overline{\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2 + \Sigma}$  nie może być utworzona z jednego tylko punktu. Jeżeli bowiem mnogość  $\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2$  jest utworzona nie z jednego tylko punktu, to to samo stosuje się też do mnogości  $\overline{\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2 + \Sigma}$ ;

<sup>1)</sup> Z. Janiszewski: „O rozcinaniu płaszczyzny przez kontinua“. Prace matematyczno-fizyczne, tom XXVI, str. 42.

<sup>2)</sup> Z. Janiszewski, l. c., str. 43.

jeżeli zaś mnogość  $\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2$  jest utworzona z jednego tylko punktu  $M$ , to mnogość  $\mathfrak{H}(N, \mathfrak{G}_2 - \mathfrak{G}_1)$ , gdzie  $N$  jest dowolnym punktem mnogości  $\mathfrak{G}_2 - \mathfrak{G}_1$ , zawiera punkt  $M$  (twierdzenie Janiszewskiego), a zatem mnogość  $\mathfrak{H}(N, \mathfrak{G}_2 - \mathfrak{G}_1)$  jest semikontynuuum, dla którego punkt  $M$  jest punktem ograniczenia, skąd wynika, że kontynuuum  $\mathfrak{F}(\mathfrak{H}(N, \mathfrak{G}_2 - \mathfrak{G}_1))$  jest zawarte w  $\Sigma$ .

Pozostaje nam więc dowieść, że mnogość  $\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2 + \Sigma$  jest spójna.

Rozłóżmy mnogość  $\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2 + \Sigma$  na dwie podmnożności  $\mathfrak{A}$  i  $\mathfrak{B}$ , nie posiadające punktów wspólnych i z których żadna nie jest próżna.

Gdyby mnogość  $\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2$  była w całości zawarta w jednej z mnogości  $\mathfrak{A}$  i  $\mathfrak{B}$ , to, ponieważ każde ograniczenie z pośród ograniczeń semikontynuuumów nasyconych mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{G}_1$ , zawartych w  $\Sigma$ , posiada przynajmniej jeden punkt wspólny z mnogością  $\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2$ , istniałoby przynajmniej jedno kontynuuum, posiadające punkty zarówno w mnogości  $\mathfrak{A}$  jak i w mnogości  $\mathfrak{B}$ , a zatem mielibyśmy  $\overline{\mathfrak{A}} \times \overline{\mathfrak{B}} \equiv O$ .

Gdyby jakaś z podmnożności nasyconych mnogości  $\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2$  posiadała punkty zarówno w mnogości  $\mathfrak{A}$  jak i w mnogości  $\mathfrak{B}$ , to też mielibyśmy  $\overline{\mathfrak{A}} \times \overline{\mathfrak{B}} \equiv O$ .

Załóżmy jednak, że niektóre z pośród podmnożności nasyconych mnogości  $\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2$  zostały zaliczone w całości do  $\mathfrak{A}$ , wszystkie pozostałe zaś do  $\mathfrak{B}$ .

Gdyby pomiędzy ograniczeniami semikontynuuumów nasyconych mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{G}_1$ , zawartymi w  $\Sigma$ , istniało przynajmniej jedno, posiadające punkty w obydwu mnogościach  $\mathfrak{A}$  i  $\mathfrak{B}$ , to byłoby  $\overline{\mathfrak{A}} \times \overline{\mathfrak{B}} \equiv O$ . Przypuśćmy jednak, że żadne z wymienionych ograniczeń tej własności nie posiada.

Każda podmnożność nasycona mnogości  $\mathfrak{G}_2 - \mathfrak{G}_1$  posiada po domknięciu przynajmniej jeden punkt wspólny z mnogością  $\mathfrak{F}(\mathfrak{G}_1)$  (twierdzenie Janiszewskiego) (jest zatem semikontynuuum nasyconem), a więc przynajmniej jeden punkt wspólny z mnogością  $\mathfrak{G}_2 \times \mathfrak{F}(\mathfrak{G}_1)$ .

Czy jest możliwe, aby pomiędzy temi podmnożnościami nasyconemi istniała jakaś taka, która po domknięciu posiadałaby punkty wspólne zarówno z mnogością  $\mathfrak{A}$  jak i z mnogością  $\mathfrak{B}$ ? Nie, w przeciwnym razie bowiem ograniczenie semikontynuuum



nasyconego mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{G}_1$ , zawierającego tę podmnożność, posiadałoby punkty zarówno w mnogości  $\mathfrak{A}$  jak i w mnogości  $\mathfrak{B}$ , co przeczy założeniu, zrobionemu co do  $\Sigma$ .

Oznaczmy za pomocą  $\mathfrak{A}_1$  i  $\mathfrak{B}_1$  dwie mnogości, otrzymane z mnogości  $\mathfrak{A}$  i  $\mathfrak{B}$  przez dołączenie do nich tych podmnożności nasyconych mnogości  $\mathfrak{G}_2 - \mathfrak{G}_1$ , które po domknięciu posiadają z nimi punkty wspólne.

Mamy  $\mathfrak{A}_1 + \mathfrak{B}_1 \equiv \mathfrak{G}_2 + \Sigma$ , ponieważ zaś mnogość  $\mathfrak{G}_2 + \Sigma$  jest spójna, przeto  $\overline{\mathfrak{A}_1} \times \overline{\mathfrak{B}_1} \equiv O$ .

Czy jest możliwe, aby mnogości  $\overline{\mathfrak{A}_1}$  i  $\overline{\mathfrak{B}_1}$  posiadały jakiś taki punkt  $T$  wspólny, który nie należałby do kontynuuum  $\mathfrak{G}_1$ ? Nie, w przeciwnym razie bowiem można byłoby znaleźć w jakimś semikontynuuum nasyconem  $\mathfrak{M}$  mnogości  $\mathfrak{G}_2 - \mathfrak{G}_1$ , należącym do  $\mathfrak{A}_1$ , jakiś taki punkt  $A$ , który czyniłby zadość warunkowi  $\rho(T, A) < \rho(T, \mathfrak{G}_1)$ , oraz w jakimś semikontynuuum nasyconem  $\mathfrak{N}$  mnogości  $\mathfrak{G}_2 - \mathfrak{G}_1$ , należącym do  $\mathfrak{B}_1$ , jakiś taki punkt  $B$ , który czyniłby zadość warunkowi  $\rho(T, B) < \rho(T, \mathfrak{G}_1)$ , a wtedy semikontynuuum  $\mathfrak{M} + \overline{AT} + \overline{TB} + \mathfrak{N}$  byłoby zawarte w jednym i tem samym semikontynuuum nasyconem mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{G}_1$ , zatem ograniczenie tego semikontynuuum nasyconego mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{G}_1$  (które jest zawarte w  $\Sigma$ ) posiadałoby punkty zarówno w mnogości  $\mathfrak{A}$  jak i w mnogości  $\mathfrak{B}$ , co przeczy założeniu.

Gdyby mnogości  $\overline{\mathfrak{A}_1}$  i  $\overline{\mathfrak{B}_1}$  posiadały jakiś punkt wspólny, będący punktem wewnętrznym kontynuuum  $\mathfrak{G}_1$ , to jest jasnym, że ten punkt należałby także do każdej z mnogości  $\overline{\mathfrak{A}}$  i  $\overline{\mathfrak{B}}$ , t. j. byłoby wtedy  $\overline{\mathfrak{A}} \times \overline{\mathfrak{B}} \equiv O$ .

Pozostaje nam więc do rozpatrzenia jeszcze jeden przypadek, mianowicie ten, gdy  $\overline{\mathfrak{A}_1} \times \overline{\mathfrak{B}_1} \subset \mathfrak{F}(\mathfrak{G}_1)$ .

Niechaj  $P$  będzie dowolnym punktem mnogości  $\overline{\mathfrak{A}_1} \times \overline{\mathfrak{B}_1}$ . Punkt  $P$  czyni zadość jednemu z warunków:  $P \subset \overline{\mathfrak{A}}$  albo  $P \subset \overline{\mathfrak{A}_1} - \overline{\mathfrak{A}}$  (może też obydwu jednocześnie). Jeżeli  $P \subset \overline{\mathfrak{A}_1} - \overline{\mathfrak{A}}$ , to tworzymy mnogość  $\mathfrak{K}$  ze wszystkich tych semikontynuów nasyconych mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{G}_1$ , w których są zawarte semikontynua nasycone mnogości  $\overline{\mathfrak{A}_1} - \overline{\mathfrak{A}}$ . Punkt  $P$  jest punktem ograniczenia sumy ograniczeń semikontynuów nasyconych mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{G}_1$ , tworzących mnogość  $\mathfrak{K}$ , t. j. jest on punktem ograniczenia mnogości  $\overline{\mathfrak{A}} \times \Sigma$ , a więc należy on do mnogości  $\overline{\mathfrak{A}}$ . W każdym razie jest

więc  $P \in \overline{\mathfrak{A}}$ . W sposób podobny można dowieść, że  $P \in \overline{\mathfrak{B}}$ . Mamy zatem  $\overline{\mathfrak{A}} \times \overline{\mathfrak{B}} \equiv O$ .

Mnogość  $\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2 + \Sigma$  jest więc spójna. Ponieważ zaś ona jest utworzona nie z jednego tylko punktu, przeto mnogość  $\overline{\mathfrak{G}_1 \times \mathfrak{G}_2 + \Sigma}$  jest kontynuuum, *c. b. d. o.*

§ 5. **Twierdzenie 3-e.** Jeżeli jest dana w jakimś kontynuuum  $\mathfrak{G}$ , leżącym całkowicie w skończoności, dowolna liczba skończona  $m$  mnogości  $\mathfrak{A}_i$  ( $i=1, \dots, m$ ), składających się z samych punktów wewnętrznych i z których każde dwie są odległe od siebie więcej niż o zero, to podmnożność  $\mathfrak{D}$  mnogości  $\mathfrak{G} - \sum_{i=1}^{i=m} \mathfrak{A}_i$ , określona w sposób następujący: punkt  $P$  mnogości  $\mathfrak{G} - \sum_{i=1}^{i=m} \mathfrak{A}_i$  należy wtedy i tylko wtedy do mnogości  $\mathfrak{D}$ , gdy pomiędzy mnogościami  $\mathfrak{A}_i$  ( $i=1, \dots, m$ ) istnieją przynajmniej dwie  $\mathfrak{A}_{i_k}$  ( $k=1, 2$ ) tego rodzaju, że punkt  $P$  może być połączony przynajmniej z jednym punktem mnogości  $\mathfrak{A}_{i_k}$  za pomocą kontynuuum, zawartego całkowicie w mnogości  $\mathfrak{B} - \sum_{i=1}^{i=m} \mathfrak{A}_i + \mathfrak{A}_{i_k}$ , posiada własności następujące:

- 1) rozcina płaszczyznę pomiędzy każdymi dwiema z pośród mnogości  $\mathfrak{A}_i$  ( $i=1, \dots, m$ );
- 2) jest sumą skończonej liczby  $n$  kontynuów;
- 3) odległość każdego z tych kontynuów od przynajmniej dwu z mnogości  $\mathfrak{A}_i$  ( $i=1, \dots, m$ ) jest równa zero;
- 4) liczba  $n$  jest najmniejszą liczbą kontynuów, których suma rozcina płaszczyznę pomiędzy każdymi dwiema z pośród mnogości  $\mathfrak{A}_i$  ( $i=1, \dots, m$ ).

Oznaczmy mnogość  $\sum_{i=1}^{i=m} \mathfrak{A}_i$  symbolem  $\mathfrak{S}$ .

Niechaj  $A_r$  będzie dowolnym punktem jakiegokolwiek z pośród mnogości danych  $\mathfrak{A}_r$  oraz  $A_s$  dowolnym punktem jakiegokolwiek innej z pośród mnogości danych  $\mathfrak{A}_s$ . Połączmy te dwa punkty za pomocą dowolnego kontynuuum  $\mathfrak{G}_0$ . Kontynuuum  $\mathfrak{H} (A_r, \mathfrak{G}_0 - (\mathfrak{S} - \mathfrak{A}_r))$ , nie posiadające ani jednego punktu wspólnego z mnogością  $\mathfrak{S} - \mathfrak{A}_r$ , posiada przynajmniej jeden punkt  $R$  wspólny z mnogością  $\mathfrak{H} (\mathfrak{S} - \mathfrak{A}_r)$  (twierdzenie Janiszewskiego). Ten punkt jest punktem ograniczenia jednej z pośród mnogości danych (oczywiście

nie mnogości  $\mathfrak{A}_r$ , np. mnogości  $\mathfrak{A}_t$ . Niechaj  $A_t$  będzie punktem mnogości  $\mathfrak{A}_t$ , czyniącym zadość warunkowi  $\rho(R, A_t) < \rho(R, \mathfrak{S} - \mathfrak{A}_t)$ . Kontynuuum  $\overline{RA_t}$  nie posiada ani jednego punktu wspólnego z mnogością  $\mathfrak{S} - \mathfrak{A}_t$ . Punkt  $R$  kontynuuum  $\mathfrak{G}_0$  należy zatem do mnogości  $\mathfrak{D}$ , a więc ta mnogość rozcina płaszczyznę pomiędzy  $\mathfrak{A}_r$  i  $\mathfrak{A}_s$ , a zatem pomiędzy każdymi dwiema z pośród mnogości  $\mathfrak{A}_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ).

Niechaj  $P$  będzie dowolnym punktem mnogości  $\mathfrak{F}(\mathfrak{D})$ . Opiszmy około tego punktu jako środka koło o promieniu  $\varepsilon$ . Wewnątrz tego koła istnieją punkty mnogości  $\mathfrak{D}$ . Weźmy jeden z nich, np.  $P_1$ . Ten punkt można połączyć z jakimś punktem  $A_1$  jakiegś z pośród mnogości danych  $\mathfrak{A}_{i_1}$  za pomocą kontynuuum  $\mathfrak{G}_1$ , zawartego całkowicie w mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{S} + \mathfrak{A}_{i_1}$ , oraz z jakimś punktem  $A'_1$  jakiegś innej z pośród mnogości danych  $\mathfrak{A}'_{i_1}$  za pomocą kontynuuum  $\mathfrak{G}'_1$ , zawartego całkowicie w mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{S} + \mathfrak{A}'_{i_1}$ . Teraz opiszmy około punktu  $P$  jako środka koło o promieniu  $\frac{\varepsilon}{2}$  i t. d. Otrzymamy w ten sposób 5 ciągów nieskończonych:  $P_i, A_i, A'_i, \mathfrak{G}_i, \mathfrak{G}'_i$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ), pomiędzy którymi zachodzą związki następujące:

$$\rho(P, P_i) < \frac{\varepsilon}{2^{i-1}}, P_i \subset \mathfrak{G}_i, P_i \subset \mathfrak{G}'_i, A_i \subset \mathfrak{G}_i, A'_i \subset \mathfrak{G}'_i (i = 1, \dots, \infty).$$

Ponieważ liczba  $m$  mnogości  $\mathfrak{A}_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) jest skończona, przeto istnieje pomiędzy nimi przynajmniej jedna mnogość  $\mathfrak{A}_{j_0}$ , do której należy nieskończenie wiele punktów z pośród  $A_i$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ), a więc np.  $A_{j_1} \subset \mathfrak{A}_{j_0}$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ). Punkty  $A'_{j_1}$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ) należą wtedy do mnogości  $\mathfrak{S} - \mathfrak{A}_{j_0}$ ; ponieważ jednak liczba mnogości danych, zawartych w  $\mathfrak{S} - \mathfrak{A}_{j_0}$ , także jest skończona (mianowicie  $m - 1$ ), przeto istnieje pomiędzy nimi przynajmniej jedna mnogość  $\mathfrak{A}_{k_0}$ , do której należy nieskończenie wiele punktów z pośród  $A'_{j_1}$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ), a więc np.  $A'_{k_1} \subset \mathfrak{A}_{k_0}$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ).

Teraz możemy odróżnić dwa przypadki: albo pomiędzy punktami  $A_{j_1}$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ) istnieje tylko liczba skończona punktów różnych, albo też nie. Jeżeli zachodzi pierwszy przypadek, to pomiędzy tymi punktami istnieje przynajmniej jeden punkt  $A$ , powtarzający się nieskończoną liczbę razy, t. j. mamy

np.  $A_{j_i} \equiv A$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ); lecz wtedy mnogość  $\overline{\sum_{i=1}^{\infty} \mathfrak{G}_{j_i}}$  jest kontynuum, leżącym całkowicie w mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{S} + \mathfrak{A}_{j_0}$  i łączącym punkt P z punktem A. Jeżeli zaś zachodzi przypadek drugi, to mnogość  $A_{j_i}$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ) posiada przynajmniej jeden punkt skupienia S. Mamy  $S \in \overline{\mathfrak{A}_{j_0}}$ . Opiszmy około punktu S jako środka koło o promieniu  $\delta < \rho(S, \mathfrak{S} - \mathfrak{A}_{j_0})$ . Wewnątrz tego koła nie leży ani jeden punkt mnogości  $\mathfrak{S} - \mathfrak{A}_{j_0}$ , natomiast leży nieskończenie wiele punktów  $A_{j_i}$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ) mnogości  $A_{j_i}$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ). Mnogość  $\overline{\sum_{i=1}^{\infty} (\mathfrak{G}_{j_i} + SA_{j_i})}$  jest więc kontynuum, leżącym całkowicie w mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{S} + \mathfrak{A}_{j_0}$  i łączącym punkt P z punktami  $A_{j_i}$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ). A zatem w każdym razie punkt P można połączyć przynajmniej z jednym punktem mnogości  $\mathfrak{A}_{j_0}$  za pomocą kontynuum, zawartego całkowicie w mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{S} + \mathfrak{A}_{j_0}$ . W sposób podobny można znaleźć kontynuum, zawarte całkowicie w mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{S} + \mathfrak{A}_{k_0}$  i łączące punkt P przynajmniej z jednym punktem mnogości  $\mathfrak{A}_{k_0}$ .

Punkt P należy więc do mnogości  $\mathfrak{D}$ , a zatem ta mnogość jest domknięta.

Czy jest możliwe, aby mnogość  $\mathfrak{D}$  posiadała nieskończenie wiele podmnożności nasyconych? Przypuśćmy, że tak jest. Pomiedzy podmnożąciami nasyconymi mnogości  $\mathfrak{D}$  istnieje wtedy przynajmniej jedna podmnożość  $\mathfrak{H}$  tego rodzaju, że mnogość  $\mathfrak{D} - \mathfrak{H}$  nie jest domknięta (lemmat 1), t. j. jakiś punkt G ograniczenia mnogości  $\mathfrak{H}$  jest jednocześnie punktem ograniczenia mnogości  $\mathfrak{D} - \mathfrak{H}$ . Punkt G nie może być odległy od  $\mathfrak{S}$  więcej niż o zero, w przeciwnym razie bowiem każdy punkt P mnogości  $\mathfrak{D}$ , odległy od G mniej niż o  $\rho(G, \mathfrak{S})$ , mógłby być połączony z G za pomocą kontynuum, zawartego w mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{S}$  (mianowicie za pomocą odcinka  $\overline{PG}$ ), a więc także za pomocą kontynuum, zawartego całkowicie w mnogości  $\mathfrak{S} - \mathfrak{S}$  (lemmat 2). Przyjmijmy więc, że  $\rho(\mathfrak{A}_k, G) = 0$ . Oznaczmy  $\alpha \equiv \rho(\mathfrak{A}_k, \mathfrak{S} - \mathfrak{A}_k)$ . Opiszmy około punktu G jako środka koło o promieniu  $\varepsilon < \delta < \alpha$ . Wewnątrz tego koła istnieją punkty mnogości  $\mathfrak{D} - \mathfrak{H}$ ; weźmy jeden z nich, np.  $P_1$ . Ten punkt można połączyć z jakimś punktem jakiejś mnogości  $\mathfrak{A}_u$  z pośród mnogości  $\mathfrak{A}_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ), różnej od mnogości  $\mathfrak{A}_k$ , za pomo-

cą jakiegoś kontynuuum  $\mathfrak{G}_1$ , zawartego całkowiec w mnogości  $(\mathfrak{B} - \mathfrak{S} + \mathfrak{A}_n) \times \mathfrak{G}$  (lemmat 2). Ponieważ kontynuuum  $\mathfrak{G}_1$  zawiera punkt (mianowicie  $P_1$ ), którego odległość od  $\mathfrak{A}_k$  jest mniejsza od  $\delta$ , oraz punkt (mianowicie punkt mnogości  $\mathfrak{A}_n$ ), którego odległość od  $\mathfrak{A}_k$  nie jest mniejsza od  $\alpha$ , przeto zawiera ono napewno przynajmniej jeden punkt, którego odległość od  $\mathfrak{A}_k$  jest równa  $\delta$ , i przytem wszystkie takie punkty kontynuuum  $\mathfrak{G}_1$  tworzą jakąś mnogość domkniętą  $\mathfrak{P}_1$ . Kontynuuum  $\mathfrak{H}(P_1, \mathfrak{P}_1 - \mathfrak{G}_1) \equiv \mathfrak{G}'_1$  posiada przynajmniej jeden punkt  $Q_1$  wspólny z  $\mathfrak{P}_1$ . Żaden punkt tego kontynuuum nie jest odległy od  $\mathfrak{A}_k$  więcej niż o  $\delta$ , a zatem  $\mathfrak{G}'_1 \times \mathfrak{S} \equiv 0$ . Teraz opiszmy około  $G$  jako środka koło o promieniu  $\frac{\varepsilon}{2}$ , i t. d. W ten sposób otrzymujemy 3 ciągi nieskończone:  $P_i, Q_i, \mathfrak{G}'_i$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ), czyniące zadość warunkom następującym:

$$\rho(G, P_i) < \frac{\varepsilon}{2^{i-1}}, \quad (P_i + Q_i) \subset \mathfrak{G}'_i, \quad \mathfrak{G}'_i \times \mathfrak{S} \equiv 0, \quad \mathfrak{G}'_i \subset \mathfrak{G}_i, \\ \rho(\mathfrak{A}_k, Q_i) = \delta.$$

Teraz mogą zachodzić dwie możliwości: albo pomiędzy punktami  $Q_i$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ) istnieje liczba skończona punktów różnych albo nieskończona. Gdyby zachodził przypadek pierwszy, to pomiędzy tymi punktami istniałby przynajmniej jeden punkt  $Q$ , powtarzający się nieskończenie wiele razy, t. j. mielibyśmy wtedy np.  $Q_{j_i} \equiv Q$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ); lecz wtedy mnogość  $\overline{\sum_{i=1}^{i=\infty} \mathfrak{G}'_{j_i}}$  byłaby kontynuuum, zawartem całkowiec w mnogości  $\mathfrak{G} - \mathfrak{S}$  i zawierającym punkt  $G$ , a zatem punkty  $P_{j_i}$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ) należałyby do podmnożności nasyconej  $\mathfrak{H}$  mnogości  $\mathfrak{D}$ , co nie jest możliwe. Gdyby zaś zachodził przypadek drugi, to mnogość  $Q_i$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ) posiadałaby przynajmniej jeden punkt skupienia  $N$ . Punkt  $N$  byłby zawarty w  $\mathfrak{G}$  i czyniłby zadość warunkowi  $\rho(\mathfrak{A}_k, N) = \delta$ . Oznaczmy za pomocą  $Q_{k_i}$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ) te punkty mnogości  $Q_i$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ), które czyniłyby wtedy zadość warunkowi  $\rho(N, Q_{k_i}) < \min(\delta, \alpha - \delta)$ . Ponieważ każdy z punktów  $Q_{k_i}$  można byłoby połączyć z punktem  $N$  za pomocą kontynuuum, zawartego w mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{S}$  (mianowicie za pomocą odcinka  $\overline{Q_{k_i}N}$ ), przeto można byłoby go też połączyć z tym punktem za pomocą kontynuuum  $\mathfrak{L}_i$ , zawartego całkowiec

w mnogości  $\mathfrak{G} - \mathfrak{S}$  (lemmat 2). Mnogość  $\overline{\sum_{i=1}^{i=\infty} (\mathfrak{G}'_{k_i} + \mathfrak{L}_i)} \equiv \mathfrak{G}'$  byłaby więc kontynuuum, czyniącem zadość warunkom:  $\mathfrak{G}' \subset \mathfrak{G}$ ,  $\mathfrak{G}' \times \mathfrak{S} \equiv 0$ ,  $\mathfrak{G}' \supset (G + \sum_{i=1}^{i=\infty} P_{k_i})$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ), mielibyśmy zatem  $P_{k_i} \subset \Pi$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ), co nie jest możliwe. A więc w każdym przypadku dochodzimy do sprzeczności, zatem założenie nasze, że mnogość  $\mathfrak{D}$  posiada nieskończenie wiele podmnożności nasyconych, jest błędne.

Niechaj  $\bar{u}$  będzie dowolną podmnożnością nasyconą mnogości  $\mathfrak{D}$ , oraz  $P$  dowolnym punktem mnogości  $\Pi$ . Pomiedzy mnogościami  $\mathfrak{A}_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) istnieją przynajmniej dwie mnogości  $\mathfrak{A}_v$  i  $\mathfrak{A}_w$  tego rodzaju, że punkt  $P$  może być połączony przynajmniej z jednym punktem mnogości  $\mathfrak{A}_v$  za pomocą jakiegoś kontynuuum  $\mathfrak{G}_v$ , zawartego całkowicie w mnogości  $(\mathfrak{B} - \mathfrak{S} + \mathfrak{A}_v) \times \mathfrak{G}$ , oraz przynajmniej z jednym punktem mnogości  $\mathfrak{A}_w$  za pomocą jakiegoś kontynuuum  $\mathfrak{G}_w$ , zawartego całkowicie w mnogości  $(\mathfrak{B} - \mathfrak{S} + \mathfrak{A}_w) \times \mathfrak{G}$ . Mnogości  $\mathfrak{R}(P, \mathfrak{G}_v - \mathfrak{A}_v)$  i  $\mathfrak{R}(P, \mathfrak{G}_w - \mathfrak{A}_w)$  są w całości zawarte w mnogości  $\mathfrak{G} - \mathfrak{S}$ ; poza tem mamy  $\mathfrak{R}(P, \mathfrak{G}_v - \mathfrak{A}_v) \times \overline{\mathfrak{A}_v} \equiv 0$  i  $\mathfrak{R}(P, \mathfrak{G}_w - \mathfrak{A}_w) \times \overline{\mathfrak{A}_w} \equiv 0$  (twierdzenie Janiszewskiego). Mnogość  $\mathfrak{R}(P, \mathfrak{G}_v - \mathfrak{A}_v) + \mathfrak{R}(P, \mathfrak{G}_w - \mathfrak{A}_w)$  jest więc kontynuuum, zawartem całkowicie w  $\Pi$ , zatem mnogość  $\Pi$ , t. j. dowolna podmnożność nasycona mnogości  $\mathfrak{D}$ , jest kontynuuum. Poza tem widzimy, że  $\rho(\Pi, \mathfrak{A}_v) \equiv \rho(\Pi, \mathfrak{A}_w) \equiv 0$ .

A więc części 1), 2) i 3) naszego twierdzenia zostały dowiedzione. Pozostaje nam jeszcze dowieść części 4) jego.

Niechaj  $P_v$  będzie dowolnym punktem mnogości  $\mathfrak{R}(P, \mathfrak{G}_v - \mathfrak{A}_v) \times \overline{\mathfrak{A}_v}$  oraz  $P_w$  dowolnym punktem mnogości  $\mathfrak{R}(P, \mathfrak{G}_w - \mathfrak{A}_w) \times \overline{\mathfrak{A}_w}$ . Niechaj dalej  $A_v$  będzie punktem mnogości  $\mathfrak{A}_v$ , odległym od  $P_v$  mniej niż  $o \rho(P_v, \mathfrak{D} - \Pi)$ , oraz  $A_w$  punktem mnogości  $\mathfrak{A}_w$ , odległym od  $P_w$  mniej niż  $o \rho(P_w, \mathfrak{D} - \Pi)$ . Mnogość  $\overline{A_v P_v} + \Pi + \overline{P_w A_w}$  jest kontynuuum, nie posiadającym z mnogością  $\mathfrak{D} - \Pi$  ani jednego punktu wspólnego. A więc suma nie wszystkich kontynuów (podmnożności nasyconych) mnogości  $\mathfrak{D}$  nie rozcina płaszczyzny pomiedzy każdymi dwiema z pośród mnogości  $\mathfrak{A}_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ). Ponieważ zaś jest zupełnie jasnym, że mnogość  $\sum_{i=1}^{i=m} \mathfrak{A}_i$  rozcina płaszczyznę pomiedzy każdymi dwiema z pośród

podmnożności nasyconych mnogości  $\mathfrak{D}$ , przeto część 4) naszego twierdzenia też jest prawdziwa (twierdzenie 2).

Twierdzenie nasze zostało zatem dowiedzione w zupełności.

§ 6. W twierdzeniu ostatniem zrobiliśmy założenie, że kontynuuum  $\mathfrak{E}$  leży całkowicie w skończoności i że każde dwie z pośród mnogości  $\mathfrak{A}_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) są odległe od siebie więcej niż o zero. Postaramy się teraz te ograniczenia usunąć. Usunięcie zupełne ich, bez wprowadzenia przytem nowych ograniczeń, nie jest możliwe.

**Twierdzenie 4-te.** Twierdzenie 3-cie jest też wtedy prawdziwe, gdy usuniemy założenia, że kontynuuum  $\mathfrak{E}$  leży całkowicie w skończoności i że każde dwie z pośród mnogości danych  $\mathfrak{A}_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) są odległe od siebie więcej niż o zero, a natomiast założymy, że każda z mnogości danych jest spójna i że żadne dwie z nich nie posiadają ani jednego punktu wspólnego.

Połączmy dowolny punkt  $A_r$  jakiegokolwiek z mnogości danych  $\mathfrak{A}_r$  z dowolnym punktem  $A_s$  jakiegokolwiek innej z mnogości danych  $\mathfrak{A}_s$  za pomocą dowolnego kontynuuum  $\mathfrak{E}_0$ . Kontynuuum  $\mathfrak{R}(A_r, \mathfrak{E}_0 - (\mathfrak{E} - \mathfrak{A}_r))$ , nie posiadające ani jednego punktu wspólnego z mnogością  $\mathfrak{E} - \mathfrak{A}_r$ , zawiera przynajmniej jeden punkt  $R$  ograniczenia jakiejś mnogości  $\mathfrak{A}_i$ , różnej od  $\mathfrak{A}_r$ . Mnogość  $\mathfrak{A}_i$  jest kontynuuum, nie posiadającym ani jednego punktu wspólnego z mnogością  $\mathfrak{E} - \mathfrak{A}_i$  i zawierającym punkt  $R$ . A więc punkt  $R$  kontynuuum  $\mathfrak{E}_0$  należy do mnogości  $\mathfrak{D}$ , zatem ta mnogość rozci-na płaszczyznę pomiędzy każdymi dwiema z pośród mnogości  $\mathfrak{A}_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ).

Niechaj  $P$  będzie dowolnym punktem mnogości  $\mathfrak{F}(\mathfrak{D})$ . Możemy tutaj otrzymać zupełnie w ten sam sposób, jak w dowodzie twierdzenia 3-go, 5 ciągów nieskończonych:  $P_i, A_i, A'_i, \mathfrak{E}_i, \mathfrak{E}'_i$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ) i wtedy znaleźć pomiędzy mnogościami danymi  $\mathfrak{A}_i$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ) dwie mnogości różne  $\mathfrak{A}_{j_0}$  i  $\mathfrak{A}_{k_0}$  tego rodzaju, że

$A_{j_i} \subset \mathfrak{A}_{j_0}$  i  $A'_{k_i} \subset \mathfrak{A}_{k_0}$  ( $i = 1, \dots, \infty$ ). Mnogości  $\mathfrak{A}_{j_0} + \sum_{i=1}^{i=\infty} \mathfrak{E}_{j_i}$

i  $\mathfrak{A}_{k_0} + \sum_{i=1}^{i=\infty} \mathfrak{E}'_{k_i}$  są kontynuami, zawierającymi punkt  $P$  i z których pierwsza jest zawarta w mnogości  $\mathfrak{Z} - \mathfrak{E} + \mathfrak{A}_{j_0}$  a druga w mnogości  $\mathfrak{Z} - \mathfrak{E} + \mathfrak{A}_{k_0}$ , a więc punkt  $P$  należy do mnogości

$\mathfrak{D}$ , zatem ta mnogość jest domknięta. Każda podmnożność nasycona mnogości  $\mathfrak{D}$  może więc albo być utworzona z jednego tylko punktu albo też być kontynuuum.

Niechaj  $M_j$  ( $j=1, 2$ ) będą dwoma punktami mnogości  $\mathfrak{D}$  tego rodzaju, że punkt  $M_j$  może być połączony z jakimś punktem  $A_k^{(j)}$  mnogości  $\mathfrak{A}_{i_k}$  za pomocą jakiegoś kontynuuum  $\mathfrak{G}_k^{(j)}$ , zawartego całkowicie w mnogości  $\mathfrak{B} - \mathfrak{C} + \mathfrak{A}_{i_k}$  ( $j=1, 2; k=1, 2$ ). Mnogości  $\mathfrak{G}_k^{(0)} \equiv \mathfrak{G}_k^{(1)} + \mathfrak{A}_{i_k} + \mathfrak{G}_k^{(2)}$  ( $k=1, 2$ ) są kontynuami, czyniącymi zadość warunkom:  $\mathfrak{G}_k^{(0)} \supset (M_1 + M_2)$  i  $\mathfrak{G}_k^{(0)} \times (\mathfrak{C} - \mathfrak{A}_{i_k}) \equiv 0$  ( $k=1, 2$ ). Według lematu 2-ego można teraz znaleźć pewne kontynuuum  $\mathfrak{G}_1^{(0)} \times \mathfrak{G}_2^{(0)} + \Sigma \equiv \mathfrak{R}$ , czyniące zadość warunkom:  $\mathfrak{R} \supset (M_1 + M_2)$  i  $\mathfrak{R} \times \mathfrak{C} \equiv 0$ . Jeżeli zastosujemy lemat 2-i jeszcze raz, to otrzymamy pewne kontynuuum  $\mathfrak{G} \times \mathfrak{R} + \Sigma_1 \equiv \mathfrak{L}$ , czyniące zadość warunkom:  $\mathfrak{L} \supset (M_1 + M_2)$  i  $\mathfrak{L} \subset \mathfrak{C} - \mathfrak{C}$ , a zatem punkty  $M_j$  ( $j=1, 2$ ) należą do jednej i tej samej podmnożności nasyconej mnogości  $\mathfrak{D}$ . Lecz stąd wynika, że liczba podmnożności nasyconych mnogości  $\mathfrak{D}$  jest skończona (ponieważ liczba połączeń z  $m$  elementów po dwa, będąca liczbą skończoną, nie jest mniejsza od liczby podmnożności nasyconych mnogości  $\mathfrak{D}$ ). Zupełnie w ten sam sposób, jak w § 5, można dowieść, że suma *nie wszystkich* podmnożności nasyconych mnogości  $\mathfrak{D}$  nie rozcinają płaszczyzny pomiędzy każdymi dwiema z pośród mnogości  $\mathfrak{A}_i$  ( $i=1, \dots, m$ ), skąd wynika, że każda z tych podmnożności nasyconych jest kontynuuum.

Dalej można powtórzyć rozumowania § 5.

Twierdzenie nasze zostało zatem dowiedzione.

*Wniosek.* Jeżeli są dane dwie dowolne mnogości spójne  $\mathfrak{A}$  i  $\mathfrak{B}$ , czyniące zadość warunkom:  $\mathfrak{A} \times \overline{\mathfrak{B}} \equiv \overline{\mathfrak{A}} \times \mathfrak{B} \equiv 0$ , to zawsze można podać kontynuuum, rozcinające płaszczyznę pomiędzy mnogościami  $\mathfrak{A}$  i  $\mathfrak{B}$ .

Jeżeli nie każda z obydwu mnogości  $\mathfrak{A}$  i  $\mathfrak{B}$  składa się z samych punktów wewnętrznych, to możemy około każdego z punktów ograniczenia jej jako środka opisać koło, wewnątrz którego nie leży żaden punkt drugiej mnogości, i wtedy dołączyć do każdej mnogości wnętrza wszystkich kół jej. Mnogości  $\mathfrak{A}'$  i  $\mathfrak{B}'$ , otrzymane w ten sposób, składają się z samych punktów wewnętrznych. Weźmy teraz jakieś kontynuuum  $\mathfrak{C}$ , zawierające obiedwie mnogości  $\mathfrak{A}'$  i  $\mathfrak{B}'$ . Mnogość  $\mathfrak{D}$ , określona w ten sposób,



jak w twierdzeniu 3-em, jest kontynuum, rozcinającym płaszczyznę pomiędzy mnogościami  $\mathfrak{A}'$  i  $\mathfrak{B}'$ , a zatem też pomiędzy mnogościami  $\mathfrak{A}$  i  $\mathfrak{B}$ .

W Łodzi, 29 stycznia 1916 r.

ZUSAMMENFASSUNG.

Franciszek Włodarski:

**Über die Teilung der Ebene durch die kleinste Anzahl von Kontinuen.**

Angemeldet am 10. II 1916.

Vorgelegt von S Dickstein.

In dieser Arbeit beschäftige ich mich mit dem Begriff der Teilung der Ebene durch Kontinuen.

„Eine Menge  $\mathfrak{M}$ , die keinen gemeinsamen Punkt mit jeder der Mengen  $\mathfrak{A}$  und  $\mathfrak{B}$  hat (wo  $\mathfrak{A} \times \mathfrak{B} \equiv 0$ ), teilt die Ebene zwischen den Mengen  $\mathfrak{A}$  und  $\mathfrak{B}$ “ heisst: Jedes Kontinuum, welches irgend einen Punkt der Menge  $\mathfrak{A}$  mit irgend einem Punkte der Menge  $\mathfrak{B}$  verbindet, besitzt wenigstens einen Punkt mit der Menge  $\mathfrak{M}$  gemein.

Ich werde einige der Sätze formulieren, die ich hier bewiesen habe.

**Satz.** Ist eine endliche oder unendliche Anzahl von Mengen und eine endliche Anzahl  $n > 1$  von Kontinuen  $\mathfrak{C}_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) gegeben der Art, dass:

1) die Summe *aller* Kontinuen  $\mathfrak{C}_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) die Ebene zwischen je zweien der gegebenen Mengen teilt;

2) die Summe *nicht aller* Kontinuen  $\mathfrak{C}_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) diese Bedingung nicht erfüllt;

3) die Summe *aller* gegebenen Mengen die Ebene zwischen je zweien von den Kontinuen  $\mathfrak{C}_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) teilt;

so ist dann und nur dann die Zahl  $n$  die *kleinste* Anzahl von Kontinuen, deren Summe die Ebene zwischen je zweien der gegebenen Mengen teilt, d. h.: Sind  $\mathfrak{C}'_j$  ( $j = 1, \dots, m$ ) die Konti-

nuen, deren Summe die Ebene zwischen je zweien der gegebenen Mengen teilt, so genügt die Anzahl  $m$  dieser Kontinuen der Bedingung  $m \geq n$ .

**Satz.** Ist in einem ganz im Endlichen liegenden Kontinuum  $\mathcal{E}$  eine endliche Anzahl von Mengen  $\mathcal{A}_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) gegeben, die nur aus inneren Punkten bestehen und von denen je zwei eine grössere als Null Entfernung von einander haben, so besitzt die Teilmenge  $\mathcal{D}$  der Menge  $\mathcal{E} - \sum_{i=1}^{i=m} \mathcal{A}_i$ , die in folgender Weise definiert ist: ein Punkt  $P$  von  $\mathcal{E} - \sum_{i=1}^{i=m} \mathcal{A}_i$  gehört dann und nur dann der Menge  $\mathcal{D}$  an, wenn es unter den gegebenen Mengen  $\mathcal{A}_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) wenigstens zwei  $\mathcal{A}_{i_k}$  ( $k = 1, 2$ ) der Art gibt, dass der Punkt  $P$  mit wenigstens einem Punkte von  $\mathcal{A}_{i_k}$  durch ein ganz in  $\mathcal{Z} - \sum_{i=1}^{i=m} \mathcal{A}_i + \mathcal{A}_{i_k}$  enthaltenes Kontinuum sich verbinden lässt ( $k = 1, 2$ ), folgende Eigenschaften:

1) sie *teilt* die Ebene zwischen je zweien der gegebenen Mengen  $\mathcal{A}_i$  ( $i = 1, \dots, m$ );

2) sie ist die Summe von einer *endlichen* Anzahl  $n$  der Kontinuen (von denen keine zwei einen gemeinsamen Punkt besitzen);

3) die Entfernung jedes dieser Kontinuen von wenigstens zwei der Mengen  $\mathcal{A}_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) ist gleich Null;

4) die Zahl  $n$  ist die *kleinste* Anzahl von Kontinuen, deren Summe die Ebene zwischen je zweien der Mengen  $\mathcal{A}_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) teilt.

**Satz.** Der vorige Satz ist auch dann richtig, wenn wir die Voraussetzungen, dass das Kontinuum  $\mathcal{E}$  ganz im Endlichen liegt und dass je zwei der gegebenen Mengen  $\mathcal{A}_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) eine grössere als Null Entfernung von einander haben, aufheben, da-

<sup>1)</sup> Mit  $\mathcal{Z}$  bezeichnen wir die Menge, die aus *allen* Punkten der Ebene gebildet wird.

gegen die Voraussetzungen einführen, dass jede der gegebenen Mengen zusammenhängend ist und keine zwei von ihnen einen gemeinsamen Punkt haben.

**Zusatz.** Sind zwei beliebige zusammenhängende Mengen  $\mathfrak{A}$  und  $\mathfrak{B}$  gegeben, die den Bedingungen  $\mathfrak{A} \times \overline{\mathfrak{B}} \equiv \overline{\mathfrak{A}} \times \mathfrak{B} \equiv 0$  <sup>2)</sup> genügen, so kann man immer ein Kontinuum angeben, das die Ebene zwischen den Mengen  $\mathfrak{A}$  und  $\mathfrak{B}$  teilt.

---

<sup>2)</sup> Mit  $\overline{\mathfrak{A}}$  resp.  $\overline{\mathfrak{B}}$  bezeichnen wir die Menge  $\mathfrak{A}$  resp.  $\mathfrak{B}$  nach der Abschliessung.

---

3. H. Błaszowska i Z. Błaszowska:

### **Badania nad własnościami węgla koloidalnego.**

Z Pracowni Fizyologicznej Tow. Nauk. Warsz.

Komunikat zgłoszony dn. 4 listopada 1915 r.

Przedstawił J. Sosnowski.

Zagadnienie o istnieniu węgla w stanie koloidalnym niedawno dopiero znalazło uzasadnienie doświadczone, aczkolwiek sprawa ta zajmowała wielu badaczy.

Już pomiędzy 1879 — 1885 rokiem Bartoli i G. Pappasogli<sup>1)</sup> zauważyli, że podczas elektrolizy woda przy anodzie węglowej zabarwia się na czarno; sądzili jednak, że tworzy się tam jakiś związek organiczny. Dopiero K. Degen<sup>2)</sup> w 1903 r. (również Svedberg<sup>3)</sup>) zwrócił baczniejszą uwagę na ten produkt, i domyślając się w nim węgla koloidalnego, usiłował otrzymać go na drodze elektrycznej. Próby podobne powtarzali w 1907 roku Goldschmidt i St. Tarczyński<sup>4)</sup>, którym za pomocą przepuszczania prądu elektrycznego w cieczach organicznych, udało się otrzymać ciemny roztwór, dający z pewnemi ciałami czarny,

---

<sup>1)</sup> Journal de Phys. 10, 458.

<sup>2)</sup> Dissertation (Greifswald 1903) Patrz również Abegg „Handbuch d. anorg. Chem.“ Band III 2 Abt. 277.

<sup>3)</sup> Svedberg Kolloide Lösungen 85, 1907.

<sup>4)</sup> Koll. Zeitsch. 2, 180, 1907.

nirozpuszczalny osad i wykazujący zjawisko Tyndall'a. Podobne rezultaty otrzymał w nowszych czasach C. Thomae<sup>1)</sup>. Przepuszczał on prąd 220-woltowy pomiędzy elektrodami grafitowymi w wodzie zalkalizowanej ługiem sodowym i otrzymywał po krótkim czasie brunatną ciecz, dającą pod wpływem HCl czarny osad i wykazującą w ultramikroskopie submikrony o bardzo ożywionym ruchu Brown'a.

Dokładniejsze badania nad produktem elektrolitycznego rozpylenia anody węglowej przeprowadził dopiero B. L. Vanzetti<sup>2)</sup>, który na mocy ultramikroskopowych badań, oraz zdolności katarforetycznych otrzymanego roztworu, doszedł do wniosku, że produktem tym musi być węgiel w stanie koloidalnym.

Wszelako szczegółowszemu uzasadnieniu tego wniosku w świetle najbardziej charakterystycznych kryteriów koloidalności przeszkadzała ta okoliczność, że roztwory otrzymane na drodze elektrycznej zawierają niesłychanie małe ilości węgla. Trudność ta została usunięta dzięki temu, że metodą chemiczną udało się L. Sabbatani'emu<sup>3)</sup> sporządzić względnie stałe roztwory, zawierające znaczne ilości węgla, a więc o wybitnych cechach zewnętrznych.

Opierając się na znanym fakcie, że cukier pod działaniem stężonego kwasu siarkowego przechodzi w węgiel, podał Sabbatani po całym szeregu doświadczeń najdogodniejsze warunki, w jakich praktyczny przebieg reakcji najbardziej zbliża się do teoretycznego:  $C_{12}H_{22}O_{11} = 12C + 11H_2O$ . A gra tutaj główną rolę stosunek wziętych substancji. Sabbatani pisze o tem: „Przy dużej ilości cukru (20 gr. cukru i 20 cm.<sup>3</sup> kwasu) reakcja zachodzi gwałtownie, masa silnie się rozgrzewa, wydziela się SO<sub>2</sub> i powstaje twarda, stała masa gąbkowatego węgla. Przy małych ilościach (2 gr. cukru i 20 cm.<sup>3</sup> kwasu) SO<sub>2</sub> się nie wydziela, reakcja przebiega bardzo wolno i równomiernie, zbliżając się zupełnie do teorii“.

Jednak poza sposobem otrzymywania, oraz ogólnym opisem wyglądu zewnętrznego Sabbatani dokładniejszych badań nad własnościami tego roztworu nie przeprowadził.

---

<sup>1)</sup> Koll. Zeitsch. 11, 268, 1912.

<sup>2)</sup> Koll. Zeitsch. 13, Heft 1 (1913).

<sup>3)</sup> Koll. Zeitsch. 14, Heft 1 (1914).

## I.

W pracy niniejszej postawiliśmy sobie narazie za zadanie zbadanie charakterystycznych własności tego roztworu, którego zewnętrzne dane zdradzają cechy koloidu.

Wzorując się na główniejszych wskazówkach, podanych w pracy Sabbatani'ego, przyrządzaliśmy roztwór koloidalny węgla w następujący sposób:

1,5 grama doskonale sproszkowanego cukru trzcinowego wsypanywałem powoli do 20 cm.<sup>3</sup> stężonego kwasu siarkowego, mieszając przez 2 godziny. Cukier się rozkłada, a kwas siarkowy już po kilku minutach nabiera barwy żółtej, potem pomarańczowej, brunatnej, aż wreszcie zupełnie czarnej. Kolbę z takim roztworem zostawiałem potem w spokoju, poddając cukier działaniu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> przez 20 godzin. Dłuższe pozostawianie węgla w kwasie siarkowym wywołuje, jak zauważyłem, zbitcie się cząstek węgla, a przez to powstanie grubszej jakiejś zawiesiny, a nie roztworu koloidalnego; krótsze zaś nie wystarcza do zupełnego spalania cukru na węgiel. Po 20 więc godzinach otrzymywałem czarną, gęstą, zupełnie nieprzezroczystą ciecz, którą wlewałem do 80 cm.<sup>3</sup> wody destylowanej, ciągle mieszając i bacząc, by temperatura zbytnio się nie podniosła. Tak rozcieńczony roztwór wlewałem po przesączeniu do dializatorów, zanurzonych w wodzie, którą zmieniałem codziennie (używałem dializatorów firmy Schleicher & Schüll № 579). Dializę przeprowadzałem dotąd, dopóki woda nie przestawała dawać reakcji na kwas siarkowy. A trwało to dość długo — zwykle 4—5 tygodni.

W ten sposób oczyszczony koloid zawierał jednak ciągle jeszcze kwas siarkowy (mniej więcej  $\frac{1}{4}$  n.). Aby zawartość jego możliwie zmniejszyć, wstawiałem dializatory na 2 dni do  $\frac{1}{5}$  normalnego roztworu amoniaku, a potem na 2—3 dni do czystej wody, powtarzając tę manipulację, dopóki nie doszłyśmy mniej więcej do  $\frac{1}{3}$  normalnego kwasu siarkowego w koloidzie. Wtedy zawartość dializatorów dokładnie przesączałem.

Zupełne usunięcie H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> z powodu dużej zdolności adsorbcyjnej węgla koloidalnego, praktycznie biorąc, jest zdaje się niemożliwe. Dla przykładu podamy tu liczby, otrzymane podczas oczyszczania jednego z koloidu (C<sub>12</sub>): po kilkutygodniowej wodnej dializie miałyśmy w koloidzie  $\frac{1}{3}$  normalny kwas siarkowy; po

przedializowaniu z  $\frac{1}{50}$  normalnym amoniakiem miałyśmy  $\frac{1}{114}$  n.  $H_2SO_4$ ; po drugim przedializowaniu —  $\frac{1}{228}$  normalny, po trzecim —  $\frac{1}{114}$ , po czwartym —  $\frac{1}{57}$  normalny  $H_2SO_4$ . Ostatnie dwie liczby nie różnią się prawie między sobą, zwłaszcza, jeśli weźmiemy pod uwagę, że amoniak użyty do neutralizacji był  $\frac{1}{50}$  normalny. Natomiast bez użycia amoniaku, a stosując jedynie bardzo długą (3–4 miesięczną) dializę wodną, można doprowadzić zawartość kwasu siarkowego w koloidzie tylko do  $\frac{1}{57}$  normalności.

Kilka ostatnich roztworów koloidalnych przyrządzałyśmy odrazu w poczwórnej ilości, więc na 6 gr. cukru brałyśmy 80 cm.<sup>3</sup> kwasu siarkowego i 320 cm.<sup>3</sup> wody i otrzymywałyśmy około 600 cm.<sup>3</sup> koloidu.

Na takiej drodze otrzymany roztwór koloidalny węgla, jest zależnie od zawartości w nim samego węgla, różny: czasem bywa ciemno-brunatny z czerwonym odbłyskiem, czasem prawie czarny, nieprzezroczysty, najczęściej jednak jest zupełnie przezroczysty, czerwony (koloru mocnej herbaty). W cienkich warstwach, lub rozcieńczony nabiera barwy żółtej i jest zawsze zupełnie przezroczysty.

Cząstki węgla w nim zawarte są tak małe, że nawet przy bardzo silnem powiększeniu dojrzeć ich w mikroskopie nie można, stają się widoczne dopiero pod ultramikroskopem, gdzie przedstawiają się jako małe, świecące, ruchliwe punkciki.

Trwałość węgla koloidalnego jest dość duża, chociaż i tu widać różnice, zależne zarówno od sposobu przygotowania, jak i od najrozmaitszych warunków zewnętrznych. Zwykle w świeżym koloidzie po kilku dniach daje się zauważyć nieznaczny osad, po odsączeniu którego koloid trzyma się już zupełnie dobrze. Czasem osad taki występuje po kilku dniach, pomimo częstego przesączania. Zdarza się również, że koloid zupełnie skoaguluje, będąc jeszcze w dializatorach, lub nawet wkrótce po przygotowaniu. O ile jednak uda się go od tego uchronić, wykazuje on później względną trwałość. W takiej niespodziewanej koagulacji grają zapewne rolę wpływy zewnętrzne, prawdopodobnie temperatura, chociaż ustalić tego nie mogłyśmy. W każdym razie najlepiej przechowuje się węgiel koloidalny w niskiej temperaturze (np. w piwnicy, lub lodowni).

Zawartość węgla w roztworze oznaczaliśmy metodą T a n-

g'ła,<sup>1)</sup> spalając węgiel za pomocą mieszaniny chromowej na dwutlenek, który, przechodząc przez roztwór ługu barowego, tworzy z nim nierozpuszczalny węgieln. Ze zmniejszenia koncentracji Ba(OH)<sub>2</sub> określałyśmy ilość spalonego węgla. Z wyliczeń tych okazało się, że ilość węgla w roztworze waha się w granicach od 0,9 — 1,4 gr. węgla w litrze, wynosi więc około 0,1%. Ilość fazy dyspersyjnej w koloidach naogół tyleż wynosi.<sup>2)</sup> Roztwory z mniejszą ilością węgla są zazwyczaj trwalsze i trudniej zdają się osiadać, niż roztwory bardziej stężone.

W roztworach ostatnio przyrządzanych oznaczałyśmy ilość węgla w przybliżeniu wprost przez wyparowanie na łaźni elektrycznej roztworu, wysuszenie i zważenie pozostałego osadu.

Z powodu różnej zawartości węgla w koloidzie każdy świeżo przyrządzony roztwór oznaczałyśmy dla kontroli kolejnymi liczbami C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>... i t. d.

## II.

Co do ogólnych własności węgla koloidalnego, można powiedzieć, że są one, zgodnie z przewidywaniami, analogiczne z własnościami koloidów suspensyjnych<sup>3)</sup>, t. zw. suspensoidów<sup>4)</sup>.

Już ze sposobu oczyszczania węgla koloidalnego z kwasu siarkowego widać, że węgiel w tym stanie nie dializuje, nie przechodzi przez dostatecznie grubą błonę pergaminową dializatorów (Schleicher i Schüll № 579). Brak zdolności dializowania w tych warunkach pozwala nam sądzić, że cząstki fazy rozproszonej (dyspersyjnej) są w każdym razie większe, niż 10<sup>-7</sup> cm. Jest to jedna z najcharakterystyczniejszych cech, odróżniających roztwory koloidalne od roztworów krystaloidów.

Zgodnie z własnościami koloidów, wykazuje węgiel koloidalny bardzo małą szybkość dyfuzji.

Tarcie wewnętrzne koloidu węgla różni się bardzo mało od tarcia wewnętrznego wody, co, jak wiadomo, jest naogół cechą suspensoidów<sup>5)</sup>. Również zmiana temperatury nie wpływa na różnicę tarcia wewnętrznego w stosunku do wody.

<sup>1)</sup> Tangli Kereszty, Biochem. Zeitschr. 32, 266, 1911; por. A. b. derhalden, Handb. d. biochem. Arbeitun. 5, 301, 1911.

<sup>2)</sup> Freundlich, Kapillarchemie, str. 312.

<sup>3)</sup> Wo. Ostwald, Kolloid Zeitschr. 1, 291 (1907).

<sup>4)</sup> Weimarn, Kolloid Zeitschr. 3, 26 (1908).

<sup>5)</sup> Freundlich, Kapillarchemie str. 314.

Niżej podana tabelka wykazuje to jasno.

Pomiary wykonywałyśmy w wiskozymetrze Ostwalda,<sup>1)</sup> mierząc czas, w ciągu którego pewna objętość danej cieczy przechodzi przez rurkę włoskową.

1) Woda przechodzi w 2 m. 10 sek.	} Przy temp. 15°C.
2) Koloid C <sub>8</sub> „ „ 2 m. 10,2 sek.	

1) Woda przechodzi w 1 m. 44 sek.	} Przy temp. 25°C.
2) Koloid C <sub>11</sub> „ „ 1 m. 45 sek.	

1) Woda przechodzi w 1 m. 24,5 sek.	} Przy temp. 35°C.
2) Koloid C <sub>12</sub> „ „ 1 m. 25 sek.	

Teoretycznie istnieje różnica między tarcie wewnętrznym samego ośrodka i koloidu suspensyjnego. Według Einstein'a<sup>2)</sup> i Hatschek'a<sup>3)</sup> tarcie wewnętrzne powinno wzrastać wraz z ilością fazy rozproszonej. Praktycznie zostało to nawet dowiedzione przez Bancelin'a<sup>4)</sup>, Bingham'a i Durham'a<sup>5)</sup> i innych na szeregu koloidów, ale względnie stężonych. W naszym przypadku jednakże, kiedy ilość fazy rozproszonej stanowi zaledwie tylko 0,1% całego układu, niepodobna, jak w większości innych koloidów, spodziewać się doświadczalnej różnicy w tarcu wewnętrznym.

Jeżeli chodzi o wpływ elektrolitu na tarcie wewnętrzne koloidu, to okazało się, że dodatek różnych soli do koloidu węgla również zasadniczo jego tarcie wewnętrzne nie zmienia.

Naprzykład:

1) Woda . . . . .	2 m. 10 sek.	} Przy temp. 15,5° C.
2) Koloid 2 razy wodą rozcieńczony . . . . .	2 m. 10,5 sek.	
3) Roztwór $\frac{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}{2}$ 2 razy wodą rozcieńczony	2 m. 44,5 sek.	
4) Koloid 2 razy roztworem $\frac{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}{2}$ rozcieńczony	2 m. 45 sek.	

<sup>1)</sup> Ostwald-Luther, Physiko-chemische Messungen str. 230, wyd. 3.

<sup>2)</sup> Einstein, Annal. d. Physik, 19, 289 (1906).

<sup>3)</sup> Hatschek, Kolloid Zeitschr. 7, 301 (1910), 8, 34 (1911), 12, 238 (1912).

<sup>4)</sup> Bancelin, Kolloid Zeitschr. 9, 154 (1911).

<sup>5)</sup> Bingham i Durham, Amer. Chem. Journ. 46, 278 (1911).



- |  |                |                     |
|--|----------------|---------------------|
| 1) Woda . . . . .  | 2 m. 10,5 sek. | } Przy temp. 15° C. |
| 2) Koloid 2 razy wodą rozcieńczony . . . . .                                   | 2 m. 10,5 sek. |                     |
| 3) Roztwór $\frac{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}{4}$ 2 razy wodą rozcieńczony     | 2 m. 25,5 sek. |                     |
| 4) Koloid 2 razy roztworem $\frac{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}{4}$ rozcieńczony | 2 m. 26 sek.   |                     |

Oczywiście, owe charakterystyczne zmniejszenie się tarcia wewnętrznego suspensoidów pod wpływem elektrolitów, badane np. przez Woudstrę<sup>1)</sup>, nie mogło być tutaj zauważone, zwłaszcza, gdy uwzględnimy to, o czem zresztą będzie jeszcze niżej mowa, że siarczan glinu wcale na koloid węgla nie wpływa, że żadne strącanie tu nie zachodzi.

Pomiary napięcia powierzchniowego wykazały, że podobnie jak dla wszystkich suspensoidów, również i dla koloidu węgla różni się ono bardzo mało od napięcia powierzchniowego wody; różnica wynosi najwyżej około 1%.

Oznaczanie napięcia powierzchniowego wykonywałyśmy metodą stalagmometryczną<sup>2)</sup>; miarą dla nas była liczba kropeł, zawartych w danej stałej objętości i wypływających ze specjalnie zakończonej pipetki.

Tak więc w naszych warunkach, przy temperaturze 15° C.:

woda	wypływa 79 kroplami
koloid węgla	" 78 "
alkohol	" 257 "

Zupełnie analogiczne wyniki otrzymywałyśmy przy mierzeniu napięcia powierzchniowego innym sposobem, a mianowicie przez porównanie wysokości wznoszenia się w rurce włoskowatej wody z wysokością wznoszenia się koloidu.<sup>3)</sup> Otóż w pierwszym przypadku, dla wody, różnica poziomów w naczyniu i w rurce włoskowatej wynosiła 6 cm. 8 mm; w drugim, dla koloidu — 6 cm. 9 mm, podczas gdy dla alkoholu różnica ta stanowiła 2 cm. 7,5 mm.

Również Linder i Picton<sup>4)</sup>, oraz Żłobicki<sup>5)</sup> i inni nie

<sup>1)</sup> Woudstra, Zeitschr. f. physik. Chem. 63, 619 (1908) van Bemmelen, Gedenkboock, str. 36 (1910).

<sup>2)</sup> Stähler, Arbeitsmeth. i. d. anorg. Chem.

<sup>3)</sup> Stähler l. c.

<sup>4)</sup> Linder i Picton, Journ. of chem. Soc. 67, 72 (1895).

<sup>5)</sup> Żłobicki, Bull. d. l'Academ. d. Scienc. d. Cracovie 1906, str. 488.

stwierdzili różnicę w wielkości napięcia powierzchniowego czystej wody a suspensoidu trójsiarczku arsenu, srebra, złota, platyny i t. p. W przeciwieństwie do suspensoidów — emulsoidy, nawet bardzo rozcieńczone, wykazują zupełnie inne, przeważnie mniejsze, napięcie powierzchniowe, niż woda.<sup>1)</sup>

Reasumując wszystkie te wyniki, dochodzimy do wniosku, że roztwór nasz jest roztworem koloidalnym, a mianowicie koloidem suspensyjnym.

### III.

W charakterystyce każdego koloidu grają nadzwyczaj ważną rolę własności elektrokineczne, których poznanie prowadzi do wytłumaczenia wielu niezrozumiałych napozór wyników doświadczeń. Wiadomo, że cały szereg zjawisk, a przede wszystkim sam fakt trwałości i nietrwałości koloidu względem różnych czynników<sup>2)</sup> możemy pojąć, przynajmniej w najistotniejszych cechach, przez poznanie zachowania się koloidu względem prądu elektrycznego: koloidy ujemne, t. j. wędrujące pod wpływem prądu w stronę anody, wykazują własności wprost przeciwne, niż koloidy dodatnie, wędrujące w stronę katody. Ważnym więc było pytaniem, jaki ładunek elektryczny posiada nasz węgiel koloidalny.

Kataforezę wykonywałyśmy przy temperaturze pokojowej w zwykłej rurce-U, napełnionej koloidem, na który z obu stron nalewałyśmy ostrożnie około 2 cm.<sup>3</sup> wody, tak, aby granica obu cieczy była możliwie zupełnie wyraźna. Do warstwy wodnej w obu ramionach rurki zanurzałyśmy elektrody i łączyłyśmy je z prądem 110-woltowym. W takich warunkach już po kilku minutach daje się zauważyć kataforeza: warstwa wodna przy anodzie zaczyna się zmniejszać, granica między wodą, a koloidem się zaciera i w końcu cała ciecz nabiera jednolitej, żółtej barwy koloidu. Przy katodzie zaś warstwa czystej wody staje się coraz większa, przyczem na pograniczu koloidu powstaje ciemniejsza obrączka, tak, jakby koloid był silnie przez katodę odpychany.

Taki przebieg doświadczenia doprowadza nas do wniosku,

---

<sup>1)</sup> Patrz Wo. Ostwald, Grundr. d. Kolloidchemie wydanie 3 (1912), str. 223.

<sup>2)</sup> Por. np. Burton, Phil. Mag. 12, 472 (1906), Ridsdale Ellis, Zeitschr. f. physik. Chem. 78, 321 (1911) i 80, 597 (1912).

że węgiel koloidalny posiada ładunek elektryczny ujemny, co zresztą już Sabbatani w swej pracy zaznaczył. Ciekawy jest natomiast fakt, że ładunek ten jest bardzo trwały: zalkalizowanie, zakwaszenie, wzgl. dodatek elektrolitu tylko w nieznacznym stopniu go zmienia.

Wykonaliśmy w tym względzie cały szereg doświadczeń.

- 1) Koloid zobojętniony amoniakiem.
- 2) Koloid silnie zalkalizowany amoniakiem.
- 3) Koloid silnie zakwaszony kwasem siarkowym.
- 4) Koloid + siarczan chininy (ogólne stężenie 0,4 milimola w litrze).
- 5) Koloid + siarczan chininy (ogólne stężenie 0,75 milimola w litrze).
- 6) Koloid + siarczan glinu (ogólne stężenie 1,25 milimola w litrze).

We wszystkich tych próbach koloid wyraźnie wędrował w stronę anody, zachował więc charakter ujemny.

Do mierzenia prędkości kataforetycznego wędrowania koloidu używaliśmy aparatu Coeh'n'a<sup>1)</sup> nieco zmodyfikowanego przez Galeckiego<sup>2)</sup>. Z doświadczeń dokonanych tą metodą wypływa przede wszystkim, że koloidy, przygotowane w różnych czasach, wykazują prawie jednakową prędkość wędrowania. Wobec ujemnego ładunku węgla należało oczekiwać, że powiększenie stężenia jonów wodorowych powinno, podobnie jak u innych ujemnie ładowanych koloidów, zmniejszyć prędkość wędrowania.<sup>3)</sup> W samej rzeczy też dodatek kwasu zmniejsza prędkość kataforezy. Różne zaś elektrolity, nawet takie, jak siarczan glinu, lub siarczan chininy, które ze względu na wielowartościowe kationy działają silnie już w niesłychanie małych koncentracjach na ujemnie ładowane suspensoidy<sup>4)</sup>, tutaj nieznacznie tylko zmianę wywołują w prędkości wędrowania. Bez wpływu zostaje również obecność zasad.

---

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. Elektrochem. 15, 653 (1909).

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. Anorg. Chem. 74 174 (1912).

<sup>3)</sup> Por. np. Whitney i Blake, Journ. of Amer. Chem. Soc. 26, 1339 (1904).

<sup>4)</sup> Szczególnie dokładnie została zbadana w tym kierunku prędkość wędrowania koloidalnego srebra w obecności siarczanu glinu (Burton, Phil. Mag. (6) 12, 472 (1906).

Prędkość, obliczona w stosunku do 1 wolta na cm. wynosi mianowicie dla każdego poszczególnego przypadku, jako przeciętna przynajmniej z trzech liczb:

dla węgla koloidalnego . . . . .  $0,85 \cdot 10^{-5}$  cm./sek.

dla węgla koloidalnego + kwas siarkowy (stęż.

12,1 milimola w l.) . . . . .  $0,38 \cdot 10^{-5}$  cm./sek.

dla węgla koloidalnego + siarczan glinu (stęż.

1,25 milimola w l.) . . . . .  $0,94 \cdot 10^{-5}$  cm./sek.

dla węgla koloidalnego + siarczan chininy

(stęż. 0,75 milimola w l.) . . . . .  $0,94 \cdot 10^{-5}$  cm./sek.

Zgodnie z teorią,<sup>1)</sup> suspensoidy niezależnie od wielkości cząstek wykazują jednakową prędkość wędrowania kataforetycznego, mianowicie w granicach  $10-40 \cdot 10^{-5}$  cm./sek. przy napięciu 1 wolta na cm.<sup>2)</sup> Prędkość wędrowania węgla koloidalnego jest więc wielkością tego samego porządku, co i innych koloidów. Zauważone przez nas wartości, o ile chodzi o samą wielkość liczb, są jednakże mniejsze. Ale fakt ten daje się łatwo pojąć.

Nawet po najdłuższej dializie, jak widzieliśmy, cząstki węgla pozostają wciąż sprzężone z kwasem siarkowym, którego niepodobna w żaden sposób usunąć. Obecność kwasu zmniejsza prędkość wędrowania węgla koloidalnego, jako ujemnego koloidu suspensyjnego. Otóż ów kwas, który jest „konstytucyjną” częścią koloidu, w pewnym stopniu właśnie zmniejsza naturalną prędkość wędrowania samych cząstek węgla. Kwas ten trudno daje się też zastąpić na pograniczu węgla przez inne ciała: w tem należy widzieć przyczynę trwałości ujemnego ładunku węgla. Zresztą tylko w rzadkich wypadkach możemy zmienić kierunek wędrowania koloidów suspensyjnych.

#### IV.

W związku z ujemnym ładunkiem koloidu węgla stoi bezpośrednio adsorbcyja jego przez różne adsorbenty.

Okazało się, że ujemnie ładowane ciała — np. kaolina, kwarc — węgla koloidalnego prawie że nie adsorbują, podczas

<sup>1)</sup> Perrin, Compt. rend. de l'Acad. des Sciences. 136, 1388 i 137, 513 (1903); Journ. de chim. phys. 2, 601 (1904).

<sup>2)</sup> Smoluchowski, Bull. de l'Acad. des Sciences de Cracovie 182 (1903); Freundlich loc. cit, S. 234.

gdy dodatnia glinika adsorbcyę ową wykazuje w wysokim stopniu.

Koncentrację roztworów oznaczałyśmy metodą kolorymetryczną, która do węgla koloidalnego zupełnie dobrze daje się zastosować, jak to widać z niżej podanych wyników doświadczeń próbnych.

	Koncentracje węgla w roztworze (gramów w litrze):	
	Z kolorymetrowania	Z wyliczenia
1) 10 cm <sup>3</sup> koloidu + 3 cm <sup>3</sup> wody	0,9643	0,9615
2) 10 cm <sup>3</sup> koloidu + 7,5 cm <sup>3</sup> wody	0,7142	0,7142
3) 10 cm <sup>3</sup> koloidu + 20 cm <sup>3</sup> wody	0,4107	0,4166
4) 10 cm <sup>3</sup> koloidu + 30 cm <sup>3</sup> wody	0,2857	0,2869

Doświadczenia nad adsorbcyą węgla przez kwarc wykazały, iż ujemny ten adsorbent w tak małym stopniu adsorbuje węgiel koloidalny, że różnica koncentracji roztworu przed i po adsorbcyi jest bardzo nieznaczna.

Na 10 cm<sup>3</sup> koloidu o różnej koncentracji brałyśmy 0,075 gr. kwarcu.

Koncentracja przed adsorbcyą (gr./l.)	Koncentracja po adsorbcyi (gr./l.)
0,9601	0,9376
0,7591	0,7367
0,6139	0,5801
0,3684	0,3572

Równie nieznaczną adsorbcyę wykazuje kaolina: np. 1,2500 gr./l. przed adsorbcyą i 1,2332 gr./l. po adsorbcyi.

Ciekawe są natomiast wyniki adsorbcyi węgla koloidalnego przez węgiel sproszkowany (Blutkohle): pomimo jednoimiennego ładunku z koloidem węgiel ten adsorbuje węgiel koloidalny w dość dużej mierze, bo z roztworu o koncentracji 1,2500 gr. węgla w litrze zostało po adsorbcyi 0,4911 gr.

Co się tyczy glinki, to naogół stwierdzić można, że wpływ jej na węgiel koloidalny jest bardzo silny. Podobnie zauważyła Nils Carli,<sup>1)</sup> że żelazo koloidalne zostaje silnie adsorbowane przez węgiel sproszkowany. Prawdopodobnie gra tutaj rolę różnoimiennosc ładunków elektrycznych; wiemy przecież, że glinika i że-

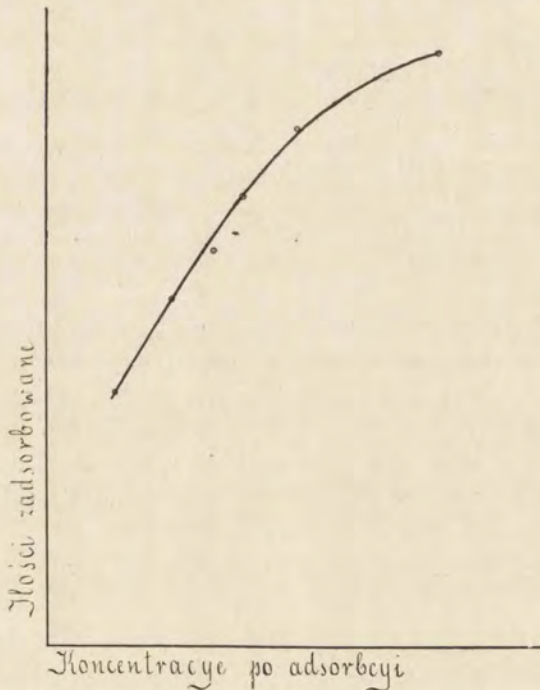
<sup>1)</sup> Nils Carli, Zeitschr. f. physik. Chem. 85, 263 (1913).

lazo koloidalne posiadają ładunek dodatni, podczas gdy węgiel koloidalny, wzgl. sproszkowany — ujemny. Nie wchodząc bliżej w przyczyny, ograniczymy się do podania wyników doświadczeń.

Na 10 cm<sup>3</sup> koloidu o rozmaitem stężeniu brałyśmy 0,025 gr. glinki.

Koncentracja węgla przed adsorbcją (gr./l.)	Koncentracja węgla po adsorbcji (gr./l.)	Ilość węgla zadsorbowana (gr./l.)
1,2500	0,5000	0,7500
0,9642	0,3125	0,6517
0,8215	0,2500	0,5715
0,7144	0,2143	0,5001
0,5981	0,1607	0,4374
0,4107	0,0893	0,3214

Wtedy krzywa adsorbcji przedstawia się w ten sposób:



Przed wykonaniem jednak tych doświadczeń należało sprawdzić, czy w układzie takim „węgiel-glinka“ ustala się równowaga

adsorbcyjna. W tym celu oznaczaliśmy ilość węgla, zadsorbowanego przez glinę w dwóch przypadkach:

1) 5 cm.<sup>3</sup> węgla koloid. (stęż. 1,25 gr. C. w litrze) + 5 cm.<sup>3</sup> wody + 0,0125 gr. glinki

2) 5 cm.<sup>3</sup> węgla koloid. (o takimże stężeniu) + 0,0125 gr. glinki — wstrząsane silnie i dopiero po pewnym czasie dodane 5 cm.<sup>3</sup> wody.

Okazało się, że zarówno w pierwszym, jak i w drugim przypadku ilość węgla zadsorbowanego przez glinę była jednakowa; wynosiła mianowicie 0,8928 gr. na litr.

Należy przytem dodać, że równowaga adsorbcyjna nie ustala się tutaj odrazu, tak jak to zwykle bywa, lecz dopiero po pewnym czasie. Tak więc np. dla 5 cm.<sup>3</sup> roztworu węgla koloidalnego i 0,025 gr. glinki równowaga ta ustala się dopiero po 2 — 3 godzinach.

## V.

Wiadomo, że w adsorbcyi bardzo dużą rolę gra wielkość powierzchni adsorbentu.

Zwyczajny węgiel wogóle odznacza się bardzo silnie rozwiniętymi zdolnościami adsorbcyjnymi, które przez drobne sproszkowanie jeszcze się potęgują. Zatem węgiel koloidalny, którego powierzchnia jest z powodu nadzwyczaj subtelnego rozdrobnienia niezmiernie duża, wykazywać winien zdolności adsorbcyjne w wysokim stopniu. Tak też okazało się w rzeczywistości.<sup>1)</sup>

Bezpośrednim zaś wynikiem adsorbcyi elektrolitów jest bardzo silnie występujące zjawisko koagulacyi.<sup>2)</sup> I koagulacya ta właśnie była przedmiotem naszych badań.

Okazało się, że węgiel koloidalny pod wpływem barwników: błękitu metylenowego, fioleto krysztalowego, auraminy, zieleni brylantowej, oraz neufuksyny nadzwyczaj silnie i szybko koaguluje. Wystarcza bardzo niewielki dodatek barwnika, aby w przezroczystym poprzednio roztworze zjawily się drobniutkie z początku, coraz jednak większe cząstki, które, rosnąc wciąż, osia-

<sup>1)</sup> Z. Błaszowska i H. Lachs, Sprawozd. T. N. W. (1916).

<sup>2)</sup> Freundlich, Kolloid-Zeitschr. 1, 321 (1907); Zeitschr. f. physik. Chem. 73, 385 (1910) i „Kapillarchemie“ 1909; Freundlich i Schucht, Zeitschr. f. physik. Chem. 85, 641 (1913); Ishizaka, Zeitschr. f. physik. Chem. 83, 97 (1913).

dają w końcu w postaci czarnego osadu. Osadu tego nie udało się nam środkami chemicznymi z powrotem na roztwór koloidalny przekształcić.

Większość suspensoidów, jak wiadomo, bardzo łatwo strąca się pod wpływem nieznacznego nawet dodatku zwykłego elektrolitu; najdokładniej ilościowo został w tym kierunku zbadany koloid trójsiarczku arsenu i siarczku rtęci. Nasz węgiel koloidalny okazał się czuły tylko na pewne elektrolity, mianowicie na takie, które wogóle należą do najsilniej działających na suspensoidy ujemnie ładowane.

Po dodaniu w najróżnorodniejszych koncentracjach takich elektrolitów, jak chlorek potasu, chlorek litu, kwas solny, kwas siarkowy, kwas szczawiowy, siarkowodór, wodorotlenek potasu, octan sodu, chlorek aniliny, chlorek baru, azotan uranylu, salicylan wapnia — okazało się, że koloid węgla nie strąca się nawet po dłuższym staniu. Nawet siarczan glinu pozostawał bez wpływu. Natomiast elektrolity o kationach organicznych, jak fiolet kryształowy, błękit metylenowy, auramina, neufuksyna, zieleń brylantowa i siarczan chininy już stosunkowo w niewielkich koncentracjach strącają węgiel.

Dla zestawienia wpływów działania poszczególnych elektrolitów na koloid porównywałyśmy stężenia, potrzebne do zupełnego strącenia oznaczonej ilości koloidu w przeciągu 2-ch godzin. Znajdywałyśmy zaś owe koncentracje w następujący sposób: do każdej z całego szeregu probówek o jednakowej zawartości koloidu węgla nalewałyśmy roztworu elektrolitu o różnej koncentracji — i obserwowaliśmy, w której probówce strącony węgiel osiadł zupełnie po dwóch godzinach.

Poniższe tabelki wykazują, które elektrolity i w jakiej koncentracji strącają koloid nasz w przeciągu dwóch godzin.

Dla koloidu węgla o stęż. 0,71 gr./l.:

Elektrolit	Koncentracja w milimolach w l.
Fiolet kryształowy.	0,5700
Błękit metylenowy.	0,5571
Auramina.	0,8571
Zieleń brylantowa.	0,8141
Neufuksyna.	1,1142
Siarczan chininy.	0,6127



Dla koloidu węgla o stęż. 0,467 gr./l.:

Barwnik	Koncentracja w milimolach w l.
Fiolet kryształowy	0,45
Błękit metylenowy	0,484
Auramina	0,70
Zieleń brylantowa	0,70

Alkohol i eter na węgiel koloidalny nie działają.

L. Van zetti zauważył przy badaniu otrzymanego elektrolitycznie roztworu węgla, że dodatek HCl strąca z roztworu „czarną substancję“, dodatek zaś NaOH utrwala koloid. A więc ze skąpych danych Van zetti'ego wypływa, że jony wodorowe naogół powodują strącenie fazy rozproszonej, podczas gdy jony OH<sup>'</sup> wpływają na jej utwalenie <sup>1)</sup>. Natomiast nasz roztwór, pomimo, że tak jak i tamten przy kataforezie wykazuje ładunek ujemny, nie reaguje ani na wpływy jonów wodorowych, ani wodorotlenowych.

Koagulacja węgla koloidalnego zależy nie tylko od koncentracji danego elektrolitu, lecz również i od najrozmaitszych warunków, w jakich zjawisko to zachodzi. Przedewszystkiem więc grają tu rolę wpływy zewnętrzne, jak na przykład mieszanie, kłócenie.

Doświadczenie przeprowadziliśmy z siarczanem chininy, obserwując koncentrację, potrzebną do zupełnego skoagulowania koloidu po dwóch godzinach przy wstrząsaniu w ciągu pierwszych kilku minut.

Czas wstrząsania	Koncentracja w milimolach na litr
2 min.	0,61
4 min.	0,57
6 min.	0,53

Widać z tego, że czas wstrząsania wpływa, i to dość znacznie, na koagulację; mianowicie przy dłuższem wstrząsaniu koncentracja, potrzebna do zupełnego strącenia koloidu w ciągu dwóch godzin, jest mniejsza, niż przy wstrząsaniu krótszem.

Znaczny również wpływ na koagulację wywiera prędkość dodawania samego elektrolitu do koloidu. Zjawisko to, które po

<sup>1)</sup> Koll. Zeitsch. 13, Heft 1 (1913).

raz pierwszy zostało wykryte wśród suspensoidów przez Freundlicha<sup>1)</sup> a następnie stwierdzone przez Höbera i Gordona<sup>2)</sup> dla emulsoidów — wykazuje także i nasz koloid. Okazało się, że przy powolnem dolewaniu strącenie zachodzi wobec koncentracji większej, aniżeli przy dolewaniu raptownem.

Do doświadczenia brałyśmy fiolet kryształowy i dolewałyśmy odrazu pewną jego ilość o różnej koncentracji do stałej, oznaczonej ilości koloidu węgla; zauważyłyśmy wtedy, że w takich warunkach koagulacja występuje przy koncentracji 0,1432 milimola w litrze. Następnie do takiej samej ilości koloidu dolewałyśmy fioletu kryształowego powoli, codziennie po 0,1 cm.<sup>3</sup>, i zauważyłyśmy, że tu koagulacja występuje dopiero przy koncentracji 0,1576 milimola w litrze.

Analogiczne wyniki otrzymałyśmy z siarczanem chininy, gdzie przez dolewanie raptowne koagulacja węgla koloidalnego występowała przy stężeniu elektrolitu 0,4286 milimola w litrze, przez dolewanie zaś powolne — dopiero przy stężeniu 0,5357 milimola.

Jest to fakt ogólnie znany dla suspensoidów: przy powolnem dolewaniu koloid „przyzwyczajają się“ jakby do wpływu elektrolitu i do strącenia potrzebuje większej koncentracji, niż ta, przy której koaguluje w zwykłych warunkach.

To niezmiernie ciekawe zjawisko, które zdaje się stanowi też istotę t. zw. zjawiska Danysza, objaśnia Freundlich<sup>3)</sup> w następujący sposób. Cząstki fazy rozproszonej mają początkowo ładunek jednakowy, odpychają się przeto wzajemnie; a to jest jednym z warunków trwałości roztworu. Przez dodanie elektrolitu, wskutek adsorbeyi tegoż, potencjały poszczególnych cząstek zostają zmienione. Ta zmiana jednak z natury rzeczy nie odbywa się równomiernie, symetrycznie — nie odbywa się w jednakowem tempie wśród wszystkich cząstek, a to właśnie powoduje łączenie się cząstek, koagulację. Wszelako im mniejsze są dodane ilości elektrolitu, im powolniejszy jest sam proces dodawania, tem mniejsze powoduje odchylenia w jednorodności rozmieszczenia cząstek. Dlatego też dla wywołania koagulacji w takich warunkach trze-

---

<sup>1)</sup> Freundlich. Zeitschr. f. physik. Chem. 44, 143 (1903).

<sup>2)</sup> Höber i Gordon. Hofmeisters Beitr. 5, 432 (1904).

<sup>3)</sup> Freundlich. Kapillarchemie 243 i nast.; 345 i nast.

ba więcej elektrolitu, niż wówczas, gdy elektrolit naraz, raptownie zostaje dodany.

W końcu zaznaczyć nam jeszcze wypada, że przy koagulacji koloidu węgla pod wpływem błękitu metylenowego zauważyliśmy jakby pewne maximum koagulacji, t. zn., że przy pewnym stężeniu barwnika koloid koagulował najsilniej, przy większym zaś i przy mniejszym — słabiej.

Przedstawiało się to w ten sposób:

Koncentracja w milimolach w l.	Stan po dwóch godzinach
1) 0,5455	b. słabo skoagulowało
2) 0,4545	zaczęło osiadać
3) 0,3637	prawie całkowicie osiadło
4) 0,2728	zaczęło osiadać

To samo dało się zauważyć w doświadczeniach z fioletem kryształowym.

Koncentracja w milimolach w l.	Stan po dwóch godzinach
1) 0,5571	osiadło do połowy
2) 0,5142	osiadło prawie zupełnie
3) 0,4714	osiadło zupełnie
4) 0,4285	osiadło zupełnie
5) 0,3857	osiadło prawie zupełnie
6) 0,3428	osiadło do połowy
7) 0,3000	prawie wcale nie osiadło

Istnieje więc tutaj pewna stała koncentracja, przy której występuje maximum koagulacji.

Bardzo ciekawie przedstawia się również strącanie węgla koloidalnego przez roztwór koloidalny żelaza. Dodatnio ładowany koloid żelaza w zetknięciu z ujemnym koloidem węgla neutralizuje jego ładunek i rezultatem tego jest jakby obopólna koagulacja. Ale zachodzi ona tylko wtedy, gdy ilość żelaza koloidalnego jest bardzo nieznaczna, w przeciwnym bowiem razie zjawisko koagulacji nie występuje.

- 1)  $5 \text{ cm}^3 \text{ C}_{11} + 2 \text{ cm}^3$  koloidu żelaza — koagulacji niema
- 2)  $5 \text{ cm}^3 \text{ C}_{11} + 1 \text{ cm}^3$  koloidu żelaza — widoczne tylko zmętnienie

3)  $5 \text{ cm}^3 \text{ C}_{11} + 0,5 \text{ cm}^3$  koloidu żelaza — widoczna silna koagulacja (osad)

Zjawisko koagulacji jest w tym przypadku odwracalne: gdy do strąconego już roztworu dolewać większą ilość żelaza koloidalnego, to osad staje się coraz drobniejszy, przechodzi w zmętnienie i w końcu znika zupełnie.

## VI.

Nie to jest ciekawe, że węgiel koloidalny, będąc naogół bardzo trwały, podobnie jak inne koloidy, ulega niekiedy samorzutnej koagulacji, ale na szczególną uwagę zasługuje fakt, że o ile udało się koloid ten uchronić od koagulacji, wówczas wbrew zachowaniu się innych ujemnych suspensoidów, odznacza się on wyjątkową obojętnością na kationy nieorganiczne.

Trwałość układu koloidalnego jest przede wszystkim uwarunkowana własnościami elektrycznymi: im gęstsza jest elektryczna warstwa podwójna, okalająca cząstkę fazy dyspersyjnej, tem silniej odpychają się wzajemnie owe cząstki. A ta ostatnia okoliczność, łącznie z ruchem Brown'a, właściwym tym cząstkom, działa utrwalająco na koloid. Za takim ujęciem sprawy przemawiają przede wszystkim doświadczenia R. Ellis<sup>1)</sup>. Sam zaś ładunek elektryczny koloidu jest najpewniej wywołany przez elektrolity, które były już obecne podczas wytwarzania się koloidu, względnie powstały razem z nim, a które w stanie adsorbowanym<sup>2)</sup> znajdują się w fazie dyspersyjnej. Taka jest istotna rola np. jonów chloru w koloidalnym wodorotlenku żelaza,<sup>3)</sup> siarkowodoru w koloidzie trójsiarczku arsenu<sup>4)</sup> lub siarczku rtęci,<sup>5)</sup> jonów  $\text{K}^+$ ; wzgl.  $\text{NO}'_3$  w koloidzie

<sup>1)</sup> R. Ellis, Zeitschr. f. physik. Chem. 78, 321 (1911).

<sup>2)</sup> Henri i Mayer, Comp. rend. 139, 974 (1904). E. Jordis, Zeitschr. f. Elektrochem. 10, 509 (1904); 11, 285 (1905); Kolloid Zeitschr. 2, 361 (1908) i 3, 13 (1908). J. Duclaux, Journ. chim. phys. 7, 407 (1909); Kolloid Zeitschr. 7, 73 (1910). Malfitano, Compstr. rend. 141, 660 i 680 (1905); Zeitschr. f. physik. Chem. 68, 232 (1909). Maffia i Lottermoser, Zeitschr. f. Elektroch. 17, 806 (1911).

<sup>3)</sup> E. Jordis, Zeitschr. f. Elektroch. 10, 511 i 512 (1914). Duclaux, Compt. rend. 143, 296 (1906). Malfitano l. c.

<sup>4)</sup> Linder i Picton, Journ. Am. Chem. Soc. 61, 114 (1892).

<sup>5)</sup> Freundlich i Schucht, Z. f. physik. Chem.

jodku srebra, <sup>1)</sup> jonów  $K^+$  w koloidzie żelazocyanku miedzi <sup>2)</sup> i t. d. Taka jest też zapewne rola  $H_2SO_4$  w badanym przez nas koloidzie. Chemicznie jego faza dyspersyjna składa się nie tylko z węgla, lecz i z pewnej ilości kwasu siarkowego (kilku procent), którego niepodobna usunąć za pomocą dializy. Ujemny ładunek węgla jest właśnie spowodowany okolicznością, że jony  $SO_4^{--}$  są bardziej adsorbowane, niż jony  $H^+$ , a to przecież prowadzi do elektrycznej warstwy podwójnej, do potencjału adsorbcyjnego. Tym sposobem  $H_2SO_4$  jest elektrolitem nadającym ładunek i zarazem utrwalającym nasz koloid. Aby wszakże koloid ten doprowadzić do koagulacji musi owa elektryczna warstwa podwójna być zniesiona, a może to się stać wtedy, gdy jony  $SO_4^{--}$  w warstwie bezpośrednio przylegającej do cząstek węgla zostaną zniweczone przez adsorbcyję kationów. Otóż w tym kierunku okazały się skuteczne jedynie kationy organiczne, które należą do jonów najsilniej adsorbowanych; natomiast kationy nieorganiczne, naogół wielokrotnie słabiej adsorbowane, — ale zwykle również działające na koloidy suspensyjne, — nie wywierają na koloid węgla żadnego wpływu.

Ta swoistość daje się, być może, objaśnić właściwościami wodnych roztworów kwasu siarkowego i warunkami, w których powstaje koloid węgla, otrzymany na drodze chemicznej. Wiadomo, że tworzeniu się hydratów kwasu siarkowego towarzyszy bardzo silna kontrakcja. Jest więc rzeczą wielce prawdopodobną, że pod wpływem ogromnych ciśnień, panujących na pograniczu fazy dyspersyjnej i cieczy, wytworzenie się hydratów zostaje w dużym stopniu wzmożone, tem samem hydraty te zostają tam adsorbowane. Szczególnie silnie występuje to, gdy roztwór  $H_2SO_4$  jest jeszcze stężony. Cały zaś proces dializy polega na ciągłym zakłócaniu równowagi adsorbcyjnej i zmniejszaniu koncentracji hydratów w owej warstwie adsorbowanej. Ale stosunek chemiczny kwasu siarkowego do wody i wybitna zdolność adsorbcyjna węgla sprawiają, że stężenie hydratów kwasu siarkowego na cząstkach węgla jest, po najdłuższej nawet dializie dość znaczne, budowa zaś warstwy mieszczącej owe hydraty — chemicznie zawiła.

<sup>1)</sup> Lottermoser, Journ. f. prakt. Chem. 72, 39 (1905); Lottermoser i Rothe, Zeitschr. f. physik. Chem. 62, 359 (1908); Lottermoser, Kolloidzeitschr. 2, 4 (1908) i 6, 78 (1910).

<sup>2)</sup> Duclaux, Journ. chim. phys. 5, 29 (1907).

Mocne elektrolity nie posiadają naogół tendencji do nagromadzenia się na pograniczu dwu faz, — nawet przeciwnie. Jeżeli to jednak czynią, to bezpośrednio wskutek sił elektrycznych, działających z zewnątrz. Otóż w naszym przypadku stężona warstwa hydratów, okalająca cząstkę koloidu bezsprzecznie osłabiać musi wpływ jonów elektrolitu na ładunek koloidu i dlatego elektrolit ten nie wpływa na koloid. Natomiast znane jest zjawisko adsorbowania soli organicznych, szczególnie zaś barwników; to się objawia przecież w tworzeniu cieniutkich warstewek barwnika na powierzchniach cieczy i jest wyrazem tendencji tych ciał do gromadzenia się wogóle na powierzchniach pogranicznych. Dlatego też sole takie przedostają się przez ową warstwę hydratów; tam zaś ze względu na ujemny ładunek cząstek węgla kationy zostają silniej adsorbowane niż aniony tych soli. Adsorbcyja ta powoduje rozbrojenie cząstek węgla i prowadzi do koagulacyi.

\* \* \*

Szczerze podziękowanie składamy na tem miejscu p. H. Lachsowi za pokierowanie naszymi doświadczeniami, oraz p. Janowi Sosnowskiemu za okazane nam życzliwe zainteresowanie się naszą pracą.

---

#### ZUSAMMENFASSUNG.

H. Błaszowska und Z. Błaszowska:

### **Ueber die Eigenschaften der kolloiden Kohle.**

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Warschauer Gesellschaft der Wissenschaften).

Angemeldet am 4. XI. 1915.

Vorgelegt von J. Sosnowski.

Es wurden die Eigenschaften der auf chemischem Wege dargestellten kolloiden Lösung von Kohle (Sabbatani) eingehender studiert. Die Ergebnisse kann man in folgenden Resultaten zusammenfassen:

Die durch Wirkung der Schwefelsäure auf Rohrzucker erhaltene und durch längere Dialyse gereinigte Lösung stellt sich als

eine kolloide, rot-braune, durchsichtige, recht stabile Flüssigkeit vor, die als Suspensoid folgende Eigenschaften zeigt:

Sie dialysiert nicht, d. h. genügend dichte Tiermembranen sind für sie undurchlässig.

Sie besitzt eine geringe Diffusionsgeschwindigkeit.

Ihre innere Reibung und Oberflächenspannung unterscheidet sich praktisch nicht von derjenigen des reinen Wassers.

Ihre disperse Phase zeigt sich bei der Elektrophorese als negativ geladen, in saurerer wie in alkalischer Lösung; die kataphoretische Wanderungsgeschwindigkeit vermindert sich aber sichtbar bei der Vergrößerung der Konzentration der Wasserstoffionen.

Durch verschiedene Adsorbentien wird die disperse Phase verschiedenartig adsorbiert und nämlich: durch positiv geladene Adsorbentien — stark, durch negativ geladene — schwach.

Sie besitzt selbst in hohem Grade entwickelte Adsorptionsfähigkeit.

Die disperse Phase wird nur durch basische Farbstoffe und mehrwertige Kationen koaguliert. Elektrolyte mit einwertigen Kationen bleiben anscheinend ohne Einfluss.

Die kolloide Kohle zeigt also neben den bekannten, allgemeinen, charakteristischen Eigenschaften eines Suspensionskolloides, auch einige spezifische.

---

4. Z. Błaszowska i H. Lachs:

## Adsorbeya w obecności dwu adsorbentów. Część III <sup>1)</sup>.

Z Pracowni Fizyologicznej Tow. Nauk. Warsz.

Komunikat zgłoszony d. 4 Listopada 1915 r.

Przedstawił J. Sosnowski.

### I.

Zdolność adsorbeyjna węgla (Blutkohle Merck) w roztworze barwników, jak błękit metylenowy, fiolet kryształowy, neufuksyna i auramina, zostaje w wysokim stopniu zmieniana przez bezpośrednią obecność glinki, która sama wcale, wzgl. bardzo nieznacznie tylko adsorbuje te barwniki. Węgiel w kontakcie z glinką zmienia wielkość swego ładunku elektrycznego, sprzyjającego adsorbeyi barwników zasadowych: w ten sposób interpretowaliśmy zmianę adsorbeyi barwników przez węgiel w pomienionych warunkach <sup>2)</sup>. Gdyby jednak tylko ten czynnik był rozstrzygającym, charakter rozważanego zjawiska byłby niezależny od barwnika: we wszystkich rozważanych przypadkach obecność glinki powinaby zmniejszyć adsorbeyę barwników przez węgiel, lub kaolinę. Wszelako okazało się, że podczas gdy z jednej strony obecność glinki w samej rzeczy zmniejsza adsorbeyę fioletu kryształowego przez węgiel, lub błękitu metylenowego przez kaolinę, z drugiej jednak strony obecność tej samej glinki zwiększa adsorbeyę neufuksyny przez węgiel, a pozostawia bez wpływu adsorbeyę błękitu metylenowego przez tenże węgiel.

Siły, występujące na pograniczu dwu faz, przedewszystkiem siły elektryczne, odgrywają dominującą rolę w adsorbeyi wszelkich elektrolitów. Niewątpliwie wszakże adsorbeyi barwników towarzyszą nadto zjawiska chemiczne; przemawiają za tem odnośne spostrzeżenia wielu badaczy. <sup>3)</sup> Otóż zauważona przez nas wielo-

<sup>1)</sup> Lachs. Sprawozdania z posiedzeń Tow. Nauk. Warsz., Wydział Matem.-Przyr.; 6, 608—627, 1913; 7, 1—12, 1914; Zeitschr. f. physik. Chem. 91, 155—170, 1916.

<sup>2)</sup> Lachs. Sprawozd. T. N. W. 7, 1—12, 1914.

<sup>3)</sup> Pelet-Jolivet. Theorie des Färbeprocesses. Steinkopff, 1910.



rakość w działaniu glinki zdaje się przemawiać za tem, że prócz sił wybitnie powierzchniowych, również natura chemiczna barwnika warunkuje jakość i wielkość wpływu glinki na adsorbcyę. I zależnie od tego, który z tych dwu czynników bierze górę, wartość liczebna adsorbcyi w rozważanych układach jest taka, lub inna. Jest rzeczą jasną, że wielorakość w ostatecznym wyniku adsorbcyi różnych barwników będzie tem większa, im większe będą wpływy czynników chemicznych.

Zanalizujmy nieco dokładniej badane zjawisko. Naogół każdy z powszechnie używanych adsorbentów może być uważany jako sól trudno rozpuszczalna. Poszczególne części składowe takiej soli przy zetknięciu z cieczą dążą do rozpuszczania się. Ale w tem dążeniu występują naogół pewne swoiste różnice każdego składnika, i to właśnie, zgodnie z teorią N e r n s t'a-M i c h a e l i s'a <sup>1)</sup>, powoduje powstanie ładunku soli, wzgl. adsorbentu. Aniony i kationy należy bowiem uważać za preformowane w soli <sup>2)</sup>; w przypadku, gdy ich współczynniki rozmieszczenia między fazą stałą i ciekłą są różne, ciecz po nastąpieniu równowagi powinna zawierać niejednakową liczbę anionów i kationów; temu jednakże przeszkadzają siły elektrostatyczne, które nie dopuszczają do takiego stanu rzeczy i tem samem powodują powstanie potencyału. Odnośne własności elektryczne krzemionki, glinki, kaoliny i t. p. łatwo dają się w ten sposób pojąć. To samo daje się powiedzieć nawet o węglu, otrzymanym ze spalania krwi, pomimo, że nie znamy jonów węgla czystego. Wiemy bowiem na zasadzie analiz, że węgiel ten, który najczęściej przecież bywa używany jako adsorbent, jest ciałem pod względem chemicznym wcale niejednorodnym <sup>3)</sup>. Ale części składowe, tworzące ten złożony konglomerat, są integralnie z sobą związane, czego najlepszym dowodem jest to, że pomimo najróżnorodniejszych zabiegów chemicznych nie można praktycznie zmienić zdolności adsorbcyjnej tego węgla <sup>3)</sup>, a co jeszcze ważniejsze, niepodobna nawet przez najbardziej gruntowne oczyszczanie pozbawić go ładunku ujemnego w obojętnym roztworze (zjawisko elektroforezy). Ładunek

<sup>1)</sup> L. Michaelis. Dynamik der Oberflächen 1909.

<sup>2)</sup> Haber. Ann. d. Physik 26, 927, 1908.

<sup>3)</sup> Pelet-Jolivet. Theorie d. Färbeprocesses. 1910.

tego węgla jest właśnie uwarunkowany różnicą elektrolitycznej prężności roztwórczej jego części składowych.

Każda cząstka adsorbentu zachowuje się więc jak elektroda wysyłająca więcej niż jeden rodzaj jonów, a od wielkości ładunku takiej elektrody zależna jest, jak wiadomo, wielkość adsorbcyi elektrolitów. Otóż przy bezpośrednim zetknięciu się cząstek różnych adsorbentów powstaje nowy, mechanicznie zwarty konglomerat, którego własności elektryczne są oznaczone przez prężności roztwórcze jego poszczególnych części składowych w stanie równowagi i są naogół zupełnie inne, niż każdego adsorbentu z osobna; skala możliwych zmian jest dość znaczna. Gdy cząstki glinki np. pokrywają cząstkę węgla, zmieniają się własności elektryczne zarówno węgla, jak i glinki. Węgiel ma w wodzie ładunek ujemny, glinka zaś dodatni. W tych samych więc warunkach konglomerat węgiel-glinka powinien mieć ładunek mniej ujemny, niż sam węgiel. Glinka w przeciwstawieniu do węgla nie adsorbuje barwników zasadowych. Wobec czego zupełnie zrozumiałe jest w pomienionych warunkach zmniejszenie zdolności adsorbcyjnej węgla spojenego z glinką.

Lecz uderzający jest fakt, że nie we wszystkich przypadkach wpływ glinki jest jednakowy i zgodny z teorią, co jest tem dziwniejsze, że nawet współczynniki dyfuzyi poszczególnych przez nas używanych barwników są prawie jednakowe<sup>1)</sup>.

Daje się to, być może, w ten sposób pojąć, że zależnie od natury barwnika w samym procesie adsorbcyi wpływy chemiczne są niekiedy wybitniejsze, niż wpływy sił powierzchniowych. W przypuszczeniu, że zauważona przez nas wielorakość spowodowana jest właśnie przez wpływy chemiczne, dążyliśmy do wytworzenia takich warunków, w których rola owych wpływów byłaby możliwie zmniejszona, a działalność sił powierzchniowych możliwie spotęgowana. I kierując się wskazaniem teorii, że badanie pomienionej adsorbcyi na możliwie dużej powierzchni „czynnej“ powinny dać wyniki bardziej jednolite, przeprowadziliśmy szereg doświadczeń, w których jeden z adsorbentów był koloidem.

---

<sup>1)</sup> Herzog i A. Polotzky Zeitschr. f. physik. Chem. 87, 449, 1914.

## II.

Przed dwoma laty ogłosił Sabbatani<sup>1)</sup> metodę sporządzania węgla w postaci roztworu koloidalnego. Sposób otrzymywania i własności tego roztworu zostały dokładnie zbadane i opisane przez H. i Z. Błażkowskie<sup>2)</sup>. Pomijając metodę otrzymywania, pragniemy jednak podać kilka ważniejszych szczegółów co do własności fizyko-chemicznych tego koloidu.

Węgiel ten jest bardzo trwałym suspensoidem o ładunku elektrycznym ujemnym. W warstwach cienkich ma barwę żółtą i jest zupełnie przezroczysty; większe ilości posiadają barwę brązowo-czerwoną. Intensywność barwy zależy od zawartości węgla, którego ilość waha się od 0,9—1,4 gr. w litrze. Niewielki nawet dodatek jakiegokolwiek barwnika zasadowego wywołuje w koloidzie węgla koagulację, połączoną jednocześnie z silną adsorbcją.

Co do stosunku węgla koloidalnego do innych adsorbentów musimy nadmienić, że, o ile dotychczas na zasadzie doświadczeń sądzić można<sup>2)</sup>, adsorbenty o ładunku elektrycznym dodatnim adsorbują węgiel koloidalny w dość znacznym stopniu, natomiast adsorbenty o ładunku ujemnym (t. j. takim samym, jak węgiel) nie adsorbują węgla prawie wcale. Tym sposobem węgiel w minimalnych tylko ilościach zostaje adsorbowany przez kwarc lub kaolinę — przez glinę zato bardzo silnie.

Ten to właśnie węgiel koloidalny był głównym adsorbentem, którym posilkowaliśmy się niemal we wszystkich naszych doświadczeniach. Jako drugi adsorbent w przeważnej ilości doświadczeń służyła nam glina Wislicenus'a (t. zw. Fasertonerde), poczęści zaś i kaolina. Co do glinki, wspomnieć należy, że nie każdy jej preparat zachowuje się jednakowo względem adsorbowanego barwnika. To też, używając różnych preparatów, nie można oczekiwać jednakowych wyników doświadczeń. Nasze doświadczenia były przeprowadzone z dwoma preparatami glinki, z których każdy ilościowo różne wyniki wykazał.

Badania nad adsorbcją przy udziale dwóch adsorbentów przeprowadziliśmy z kilkoma barwnikami, mianowicie: z błękitem metylenowym, fioletem kryształowym, neufuksyną, oraz auraminą.

---

<sup>1)</sup> Kolloid-Zeitschr. 14, 1914.

<sup>2)</sup> Sprawozdania z posiedz. Tow. Nauk. Warsz., Wyd. Mat.-Przyrod.

Koncentrację tych barwników oznaczaliśmy metodą kolorymetryczną.

Ze względu już na olbrzymią powierzchnię ciał w stanie koloidalnym można było zgóry przewidzieć, że koloid węgla okaże się niezwykle silnym adsorbentem w stosunku do powyższych barwników, tembardziej, że, jak wiadomo, już zwyczajny węgiel sproszkowany posiada w wysokim stopniu zdolności adsorbcyjne. Istotnie, tak też okazało się w rzeczywistości. Glinka natomiast wcale tych barwników nie adsorbuje.

To też ciekawem było wyjaśnienie pytania, w jaki sposób wpływa owa glinka na zdolność adsorbcyjną węgla koloidalnego.

### III.

O wzajemnym wpływie dwóch adsorbentów mówimy wówczas, gdy wartość liczebna stężenia, odpowiadającego równowadze adsorbcyjnej w przypadku, gdy oba adsorbenty znajdują się bezpośrednio obok siebie, jest inna, niż wówczas, gdy adsorbenty są odosobnione. Posiłkując się metodą, opisaną w części I, względnie II niniejszej pracy, staraliśmy się w myśl tego zbadać, czy równowaga adsorbcyjna jest zależna od sposobu rozmieszczenia dwóch różnoimiennie ładowanych adsorbentów, oraz w jakim stopniu owa zależność występuje.

Otrzymane w tym kierunku wyniki doświadczeń, wykonanych z ujemnie ładowanym węglem koloidalnym oraz dodatnio ładowaną glinką w roztworach barwników zasadowych, przedstawiają się w następujący sposób:

#### Błękit metylenowy.

40 cm.<sup>3</sup> błękitu metylenowego o stężeniu 0,7 gr. w litrze +  
20 cm.<sup>3</sup> wody

Adsorbenty	}	1) Węgiel koloidalny: 10 cm. <sup>3</sup>
Adsorbenty		1) Węgiel koloidalny: 10 cm. <sup>3</sup>
Początkowe stężenie barwnika w naczyniu umiark.	}	2) Glinka: 1,872 gr.
		0,100 gr. w l.
		Stężenie ostateczne
1) Węgiel koloidalny		0,01250 gr. w l.
2) Glinka		0,40000 gr. w l.

- 3) Węgiel odosobniony od glinki 0,00875 gr. w l.
- 4) Węgiel razem z glinką 0,17250 gr. w l.

Zdolność adsorbcyjna węgla koloidalnego w stosunku do błękitu metylenowego zostaje przez bezpośrednie zetknięcie z glinką zmniejszona.

### Fiolet kryształowy.

40 cm.<sup>3</sup> fioletu kryształowego o stężeniu 0,8 gr. w litrze +  
30 cm.<sup>3</sup> wody.

Adsorbenty { 1) Węgiel koloidalny: 20 cm.<sup>3</sup>  
                  { 2) Glinka: 1,872 gr.

Początkowe stężenie barwnika w każdym układzie: 0,3555 gr. w l.

	Stężenie ostateczne
1) Węgiel koloidalny	0,0085 gr. w l.
2) Glinka	0,3555 gr. w l.
3) Węgiel odosobniony od glinki	0,0083 gr. w l.
4) Węgiel razem z glinką	0,1143 gr. w l.

Zdolność adsorbcyjna węgla koloidalnego w stosunku do fioletu kryształowego zostaje przez bezpośrednie zetknięcie z glinką zmniejszona.

### Neufuksyna.

40 cm.<sup>3</sup> neufuksyny o stężeniu 0,8 gr. w litrze + 20 cm.<sup>3</sup> wody.

Adsorbenty { 1) Węgiel koloidalny: 10 cm.<sup>3</sup>  
                  { 2) Glinka: 1,872 gr.

Początkowe stężenie barwnika w każdym układzie: 0,4571 gr. w l.

	Stężenie ostateczne
1) Węgiel	0,01343 gr. w l.
2) Glinka	0,45714 gr. w l.
3) Węgiel odosobniony od glinki	0,01343 gr. w l.
4) Węgiel razem z glinką	0,38880 gr. w l.

Zdolność adsorbcyjna węgla koloidalnego w stosunku do neufuksyny zostaje przez bezpośrednie zetknięcie z glinką zmniejszona.

### Auramina.

40 cm.<sup>3</sup> auraminy o stężeniu 2,18 gr. w litrze + 20 cm.<sup>3</sup> wody.

Adsorbenty { 1) Węgiel koloidalny: 10 cm.<sup>3</sup>  
                  { 2) Glinka: 1,872 gr.

Początkowe stężenie barwnika w każdym układzie: 1,246 gr. w l.

	Stężenie ostateczne
1) Węgiel koloidalny	0,006 gr. w l.
2) Glinka	1,246 gr. w l.
3) Węgiel odosobniony od glinki	0,006 gr. w l.
4) Węgiel razem z glinką	0,773 gr. w l.

Zdolność adsorbcyjna węgla koloidalnego w stosunku do auraminy zostaje przez bezpośrednie zetknięcie z glinką zmniejszona.

Wszystkie te doświadczenia wykonane były z glinką, która nawet w najmniejszym stopniu nie adsorbowała wyżej wymienionych barwników.

Posiadaliśmy nadto jeszcze jeden preparat glinki, który pomimo, że wskazywał pewną zdolność adsorbcyjną w stosunku do barwników zasadowych, — co, nawiasem mówiąc, jest niezmiernie rzadką właściwością glinki — jednakże wpływał w przewidywanym z góry kierunku na zjawiska adsorbcyi węgla koloidalnego. Następne doświadczenie dowodzi właśnie, że glinka tego preparatu, która sama w pewnych warunkach adsorbuje aż około 20% błękitu metylenowego, jednakże, będąc w ścisłym zetknięciu z węglem koloidalnym, zmniejsza jego zdolność adsorbcyjną w znacznym stopniu. W doświadczeniu poniższym wyraża się to w tem, że stężenie, odpowiadające równowadze, zostaje prawie czterokrotnie powiększone w stosunku do równowagi, ustalającej się w przypadku działania samego węgla koloidalnego.

### Błękit metylenowy.

40 cm<sup>3</sup> błękitu metylenowego o stężeniu 0,7 gr. w litrze +  
20 cm<sup>3</sup> wody.

Adsorbenty	{	1) Węgiel koloidalny: 10 cm <sup>3</sup>
		2) Glinka: 1,872 gr.

Początkowe stężenie barwnika w każdym układzie: 0,4000 gr. w l.

	Stężenie ostateczne
1) Węgiel koloidalny	0,0290 gr. w l.
2) Glinka	0,3084 gr. w l.
3) Węgiel razem z glinką	0,1126 gr. w l.

Widzimy więc, że zgodnie z przewidywaniami, we wszystkich przypadkach, niezależnie od na-

tury adsorbowanego barwnika, zdolność adsorbcyjna węgla koloidalnego zostaje zmniejszona przez bezpośrednią obecność glinki.

Dwa jednoimiennie ładowane adsorbenty naogół nie wpływają na siebie; ta sama równowaga ustala się, gdy adsorbenty są razem, jak i wówczas, gdy są izolowane; zostało to poprzednio dowiedzione przez cały szereg przykładów. Ale wielkość równowagi adsorbcyjnej jest w takich razach zależna od stopnia stężenia ciała adsorbowanego. W roztworach nieco stężonych każdy z dwu adsorbentów, działających jednocześnie, pobiera taką ilość substancji, jaką pobiera wówczas, gdy jest sam w kontakcie z roztworem (zasada koegzystencji). W rozcieńczonych zaś roztworach wartość liczebna równowagi adsorbcyjnej przy równoczesnem działaniu dwóch adsorbentów jest, praktycznie biorąc, określona przez adsorbent bardziej czynny: to znaczy, że ostateczne stężenie, odpowiadające równowadze, zbliża się bardziej do stężenia w przypadku działania samego czynniejszego adsorbentu.

Ze względów metodycznych byliśmy zmuszeni pracować z roztworami względnie rozcieńczonymi. Węgiel koloidalny adsorbuje błękit metylenowy w znacznie większym stopniu, aniżeli kaolina, która podobnie jak węgiel ma ładunek ujemny. To też równowaga ostateczna układu: węgiel koloidalny — kaolina — błękit metylenowy, praktycznie mało różni się od układu: węgiel koloidalny — błękit metylenowy. Widzimy to na następujących liczbach:

### Błękit metylenowy.

100 cm<sup>3</sup> błękitu metylenowego o stężeniu 0,56 gr. w litrze

Adsorbenty	{	1) Węgiel koloidalny: 10 cm <sup>3</sup>
	{	2) Kaolina: 0,1738 gr.

Początkowe stężenie barwnika w każdym układzie: 0,5091 gr. w l.

	Stężenie ostateczne
1) Węgiel koloidalny	0,1450 gr. w l.
2) Kaolina	0,4125 gr. w l.
3) Węgiel razem z kaoliną	0,1500 gr. w l.

#### IV.

W stosunku do ciał o dużej powierzchni zachowują się koloidy naogół tak samo, jak jony, lub cząsteczki neutralne. Pomijając dawne niezbyt dokładne i dorywcze doświadczenia, dotyczące tego przedmiotu, należy zauważyć, że Nils Carli<sup>1)</sup> pierwsza stwierdziła prawdziwą adsorbentę żelaza koloidalnego przez węgiel sproszkowany; przebieg tego zjawiska jest w istotnych swoich cechach podobny do zwykłych znanych przypadków adsorbeyi. Również zauważyły H. i Z. Błażkowskie<sup>2)</sup>, że węgiel koloidalny zostaje adsorbowany przez glinę i inne adsorbenty, i że mamy tutaj do czynienia z równowagą adsorbeyjną.

Otóż zmiany elektrochemiczne węgla koloidalnego, wyrażające się w zmianie jego zdolności adsorbowania barwników zasadowych, są przedewszystkiem powodowane samą adsorbentą węgla koloidalnego przez glinę. A wobec tego, że już około 0,1 gr. glinki wystarcza, by całkowicie zaadsorbować ilość węgla koloidalnego, używanego przez nas do każdego poszczególnego doświadczenia, można byłoby przypuszczać, że taka właśnie ilość glinki wystarczy już do spowodowania maksymalnego zmniejszenia zdolności adsorbeyjnej węgla.

Przypuszczenie to w istocie zostało potwierdzone przez doświadczenie. 0,1 gr. glinki w zupełności wystarcza, by uwarunkować wystąpienie głównej części zjawiska, mianowicie, by zmniejszyć zdolność adsorbeyjną węgla w badanych przypadkach więcej, niż o 90%; jednakże ilość glinki większa ponad 0,1 gr. nie zostaje bez wpływu, jak to widzimy z następujących doświadczeń.

#### **Błękit metylenowy.**

20 cm. błękitu metylenowego o stężeniu 0,7 gr. na litr + 10 cm.<sup>3</sup> wody.

Adsorbenty { 1) węgiel koloidalny: 5 cm.  
                  { 2) glina: różne ilości.

Początkowe stężenie barwnika w każdym układzie: 0,400 gr. w litrze.

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. physik. Chem. 85, 263, 1913.

<sup>2)</sup> Sprawozd. T. N. W. 1916.



	Stężenie ostateczne
1) Węgiel	0,07914 gr./l
2) Węgiel + 0,1 gr. glinki	0,1500 "
3) Węgiel + 0,4 gr. glinki	0,1583 "
4) Węgiel + 0,7 gr. glinki	0,1666 "
5) Węgiel + 1 gr. glinki	0,1500 "

Oto np. doświadczenie z błękitem metylenowym wykazuje, że 0,4 gr. glinki wywołuje skutek o 5% większy, a 0,7 gr. glinki o 10% większy od skutku, wywołanego przez owe 0,1 gr. glinki.

Lub np. w następującem doświadczeniu z fioletem kryształowym, jak widzimy, ilość 0,782 gr. glinki zmniejsza zdolność adsorbcyjną węgla w porównaniu z ilością 0,272 gr. glinki o 6%.

### Fiolet kryształowy.

40 cm. fioletu kryształowego + 50 cm. wody.

Adsorbenty { 1) węgiel koloidalny: 20 cm.  
2) glinka: różne ilości.

Początkowe stężenie barwnika w każdym układzie: 0,3555 gr. w litrze.

	Stężenie ostateczne
1) Węgiel + 0,272 gr. glinki	0,00612 gr./l
2) Węgiel + 0,872 gr. glinki	0,00653 gr./l

W przypadku adsorbeyi neufuksyny różnice w tym samym kierunku dochodzą nawet do 20%, pomimo, że użyte ilości glinki przekraczają wielokrotnie pomienioną wyżej maksymalną ilość glinki.

### Neufuksyna.

40 cm. neufuksyny + 20 cm. wody.

Adsorbenty { 1) węgiel koloidalny: 10 cm.  
2) glinka: różne ilości.

Początkowe stężenie barwnika w każdym układzie: 0,4514 gr. w litrze.

	Stężenie ostateczne
1) Węgiel	0,01343 gr./l
2) Węgiel + 0,872 gr. glinki	0,3200 "
3) Węgiel + 1,872 gr. glinki	0,3888 "

Wszakże stosunkowo niewielkie odchylenia te od naszych przewidywań są zupełnie zrozumiałe, gdy weźmiemy pod uwagę niejednorodność badanych układów i złożoność odbywających się w nich procesów. Węgiel zostaje adsorbowany przez glinę, sam zaś adsorbuje barwnik i, koagulując częściowo pod jego wpływem, innym jeszcze ulega zmianom; wszystkie te reakcje zachodzą prawie jednocześnie i są w każdym razie z sobą związane. Każda z tych reakcji powoduje gruntowną zmianę w ustosunkowaniu sił powierzchniowych poszczególnej fazy. A we wzajemnym uzależnieniu tych wszystkich reakcji odgrywają bardzo ważną rolę zjawiska dyfuzji. Jasną jest więc rzeczą, że ostateczny stan równowagi praktycznej — właśnie z powodu owych czynników dyfuzji — wywołany jest w takich układach przez nie dające się usunąć wpływy przypadkowe, zależne niekiedy od kolejności i ustosunkowania czynników miarodajnych. Tem się prawdopodobnie objaśnia fakt kilkakrotnie zauważony, że, podobnie jak w powyższym doświadczeniu z błękitem metylenowym, większa ilość gliny, mianowicie 1 gr., słabiej działa na węgiel koloidalny, niż mniejsza — 0,7 gr.

## V.

Ładunek cząstek różnych ciał, znajdujących się w zetknięciu z cieczą, daje się zmienić przez cały szereg czynników chemicznych<sup>1)</sup>. Również wiadomo, że zdolność adsorbowania elektrolitów jest w wysokim stopniu zależna od ładunku adsorbentu; ładunek ten szczególnie ulega zmianom pod wpływem jonów wodorowych i wodorotlenowych<sup>2)</sup>.

W przytoczonych wyżej doświadczeniach zostały po raz pierwszy stwierdzone przypadki, kiedy zdolność adsorbcyjna danego adsorbentu zmienia się przez bezpośrednie zetknięcie z innym adsorbentem. Mianowicie zdolność adsorbcyjna ujemnie ładowanego węgla koloidalnego w stosunku do różnych barwników zasadowych zostaje zmniejszona przez dodatnio ładowaną glinę, która nie adsorbuje tych barwników.

<sup>1)</sup> Perrin. Journ. Chim. Phys., 3, 1, 1905. — Freundlich-Elisafoff. Zeitschr. f. phys. Chem., 79, 385, 1912.

<sup>2)</sup> Pelet. Bull. Soc. Vaud. d. Scienc. Natur., 45, 73, 1909; Sigrist. Contribution à l'étude des phénomènes d'adsorption. Dysertacya, Lozanna 1910; Lachs i Michaelis. Kolloid-Zeitschr., 9, 275, 1911.

Owe zmniejszenie zdolności adsorbcyjnej węgla koloidalnego pod wpływem bezpośredniego zetknięcia się z gliną sprawia, że wartość liczebna równowagi adsorbcyjnej jest zależna od sposobu rozmieszczenia adsorbentów.

\* \* \*

Kierownikowi Pracowni Fیزیologicznej T. N. W., p. J. Sosnowskiemu, składamy na tem miejscu słowa podziękii za łaskawie udzieloną nam gošcinę w Pracowni.

---

ZUSAMMENFASSUNG

Z. Błaszowska und H. Lachs:

**Gleichzeitige Adsorption durch zwei Adsorbentien III.**

Angemeldet am 4. XI. 1915.

Vorgelegt von J. Sosnowski.

Im Anschluss an die schon früher geäußerten Vermutungen ueber die Adsorption in Gegenwart zweier Adsorbentien ist eine Reihe von Fällen aufgefunden worden, bei welchen die Grösse der Gleichgewichtskonzentration davon abhängig ist, ob die beiden Adsorbentien sich unmittelbar berühren oder getrennt sind. Tonerde adsorbiert bekanntlich keinen der basischen Farbstoffe, wie Kristallviolett, Methylenblau, Neufuchsin, Auramin; dagegen hat dies kolloide Kohle in sehr hohem Maasse. Nun ist eben in der vorliegenden Arbeit festgestellt worden, dass in Beziehung zu den genannten Farbstoffen, die Adsorptionsfähigkeit der negativ geladenen kolloiden Kohle bei unmittelbarer Berührung mit positiv geladener Tonerde stark abnimmt; das Adsorptionsgleichgewicht ist also in den genannten Systemen von der Art der Lokalisierung der beiden Adsorbentien abhängig.

Warschau, Warsch. Gesellschaft der Wissenschaften.



## OD REDAKCYI.

1. „Sprawozdania” wychodzą w postaci zeszytów miesięcznych i zawierają protokoły posiedzeń naukowych Wydziałów T-wa, drukowane z zachowaniem oddzielnej paginacji dla każdego Wydziału. W miesiącach: lipcu sierpniu i wrześniu „Sprawozdania” nie wychodzą.

2. Obok działu naukowego, obejmującego nadewszystko: komunikaty, jako też pokazy naukowe oraz dyskusję; w „Sprawozdaniach” podaje się nadto listę obecności oraz, w miarę potrzeby, streszczenie protokołu załatwianych na posiedzeniach spraw bieżących.

Obok komunikatów wygłaszanych na posiedzeniach wedle porządku dziennego, mogą być drukowane również i prace nadsyłane, o ile pochodzą one od członków T-wa w odpowiednich Wydziałach i o ile otrzymane rękopisy gotowe są do druku.

3. Poszczególne artykuły nie powinny w „Sprawozdaniach” przekraczać zakresu 2 arkuszy druku. W przeciwnym razie winny być drukowane w charakterze rozpraw naukowych w seryi „Prac” odpowiedniego Wydziału, w „Sprawozdaniach” zaś podaje się wzmiankę protokółarną.

4. Komplet wydanych w ciągu roku zeszytów „Sprawozdań” stanowi rocznik, uzupełniony dodaniem zeszytu Sprawozdania rocznego z działalności T-wa oraz karty okładowej i spisu rzeczy.

5. Komunikaty jako też objaśnienia pokazów drukuje się, stosownie do życzenia autorów, wraz ze streszczeniami w jednym z czterech języków obcych: francuskim, angielskim, włoskim lub niemieckim.

6. Na koszt redakcyi mogą być umieszczane w „Sprawozdaniach” tylko rysunki tekstowe, o ile nadają się do reprodukcji cynkograficznej.

7. Do czasu ustalenia się písowni polskiej przestrzega się zasad písowni Akademii Umiejętności w Krakowie. Wyjątki w tym względzie czyni się jedynie dla autorów prac z zakresu językoznawstwa, o ile nietykalność písowni została przez nich osobiście zastrzeżona.

8. Przemówienia w dyskusyi składa się sekretarzom Wydziałów, na posiedzeniu. Teksty przemówień w dyskusyi, nadsyłane po posiedzeniu, drukowane nie będą. Rękopisy komunikatów oraz objaśnienia, dotyczące pokazów, należy składać najpóźniej po upływie tygodnia po odbytem posiedzeniu; w prze-

ciwnym razie w „Sprawozdaniach“ podaje się tylko tytuł. W tym terminie autorowie winni dostarczyć gotowych klisz cynkograficznych.

9. Autorowie drukowanych w „Sprawozdaniach“ prac otrzymują bezpłatnie 100 zwykłych odbitek łącznie z protokołem ewentualnej dyskusji i streszczeniem w języku obcym. Na żądanie większej liczby odbitek, wyrażone na rękopisie oraz na ostatniej korekcie, mogą otrzymać większą ich ilość, ponosząc koszty broszuowania.

10. Materiał, przeznaczony do druku, winien być pisany na jednej stronie, z pozostawieniem marginesu i wolnego miejsca przed tytułem do notat redakcyjnych.

11. Podkreślenia: Nazwiska, wyrazy lub zdania, które autor chce mieć wydrukowane czcionkami rozstawionymi, należy podkreślać linią punktową. Nazwy techniczne, gatunkowe i t. d. wyróżnia się w druku kursywą, w rękopisie zaś podkreśla się linią pojedynczą. Wyrazy lub znaki wyjątkowego znaczenia, mające być wydrukowane czcionkami grubymi należy podkreślać linią podwójną.

12. Autorowie winni zwracać drukarni przysyłane im korekty w możliwie krótkim czasie; mają też prawo, w przypadkach wyjątkowych, żądać od drukarni przysłania powtórnej korekty. Autorowie zamiejscowi otrzymują tylko jedną korektę. Na ostatniej korekcie autor winien położyć swój podpis oraz wyrazić życzenie co do ilości oddzielnych odbitek.

Cena rocznika w prenumeracie wynosi **rb. 4**; cena każdego pojedynczego zeszytu **kop. 50**.