ZESZYT I. 1930. ROCZNIK LV.

KOSMOS

Serja B.

PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ NAUKOWYCH

POD REDAKCJĄ

D. SZYMKIEWICZA

WE LWOWIE

NAKŁADEM POLSKIEGO TOW. PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA
Z ZASIŁKIEM MINISTERSTWA W. R. i O. P.

PIERWSZA ZWIĄZKOWA DRUKARNIA WE LWOWIE, UL. LINDEGO L. 4.

TREŚĆ.

„Przegląd Zagadnień Naukowych“ jest przeznaczony wyłącznie dla członków Towarzystwa i nie może być otrzymywany w drodze handlu księgarskiego.

Adres redakcji: Lwów, ul. Nabielaka 22.

KOSMOS

CZASOPISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA

Serja B.

PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ NAUKOWYCH POD REDAKCJĄ D. SZYMKIEWICZA.

ROCZNIK LV. ROK 1930. ZESZYT I.

STANISŁAW LORIA.

Znaczenie prac Marji Skłodowskiej-Curie dla rozwoju fizyki i chemji.

(Przemówienie, wygłoszone na uroczystej Akademji, ku czci Marji Skłodowskiej-Curie, urządzonej przez Stowarzyszenie Kobiet z Wyższem Wykształceniem i Związek Obywatelskiej Pracy Kobiet dnia 15 grudnia 1929 we Lwowie).

Najpiękniejszym, najgodniejszym, najodpowiedniejszym wyrazem hołdu dla zasług uczonego — jest starać się zapoznać z treścią jego dzieła.

Lecz kto chce należycie zdać sobie sprawę z ważności i znaczenia odkryć, jakie nauka współczesna zawdzięcza systematycznym wysiłkom badawczym p. Marji Skłodowskiej-Curie, ten winien uprzytomnić sobie przedewszystkiem stan wiedzy fizyko-chemicznej w drugiej połowie XIX stulecia.

Starsi badacze tej doby, zapatrzeni w imponujące zdobycze naukowe ostatnich lat 50-u, sądzili, że po ugruntowaniu i sprawdzeniu naczelnych zasad mechaniki, termodynamiki, maxwellowskiej teorji elektromagnetyzmu, undulacyjnej, elektromagnetycznej teorji światła i atomistycznej teorji materji, nadchodzi okres mniej gorączkowego, w wolniejszem już tempie idącego rozwoju. Przewidywali, że praca przyszłego pokolenia skoncentruje się około uporządkowania i aksjomatyzacji poznanych już ogólnych praw materjalnego świata, nie oczekiwali nowych, ważniejszych odkryć, a nawet wskazywali wyraźnie,

jako zadanie najważniejsze, opracowanie jak najprecyzyjniejszych metod pomiaru, wyznaczenia ścisłych wartości jednostkowych wzorców długości, masy, czasu i t. p. oraz zmierzenie spółczynników charakteryzujących stosunek energji mechanicznej do energji cieplnej, stosunek prędkości światła w próżni do prędkości w materji, zdolność elektryczną i magnetyczną ciał materjalnych w różnych ich stanach skupienia i w różnych fizycznych warunkach istnienia.

Młodsi niezbyt skwapliwie słuchali tego wezwania; nęciły ich raczej dziedziny zjawisk tajemniczych, mało zbadanych, jakoto proces przewodzenia elektryczności przez gazy rozrzedzone, zjawisko fotoelektryczne, świecenie gazów w rurkach Crookesa, własności promieni katodowych i t. p. Dzięki pionierskim wysiłkom całego zastępu eksperymentatorów mnożyć się zaczął zasób faktów, które ujawniły istnienie elektronów, odsłoniły ich własności i pozwoliły domyślać się ich roli w budowie atomów materji.

W roku 1895 cały świat naukowy zaalarmowany został odkryciem promieni Röntgena. Te nowe, niewidzialne, a niezwykle przenikliwe promienie powstają w rurkach próżniowych wówczas, gdy t. zw. promienie katodowe, czyli rój elektronów pędzących od katody ku anodzie, uderza o materjalną przeszkodę. Rurki katodowe podówczas używane nie miały t. zw. antykatody. Promienie X powstawały więc w miejscu, w którem promienie katodowe uderzały w ścianę szklanej rurki. Ponieważ szkło bombardowane promieniami katodowemi silnie fluoryzuje, przeto sądzono, że emisja promieni röntgenowskich towarzyszy nieodłącznie fluorescencji. Poczęto badać różne ciała fluoryzujące, w nadziei, że i one wysyłać mogą promienie podobne do promieni Röntgena.

W wielu przypadkach poszukiwania te były bezowocne. Wszelako już w roku następnym (1896) Henri Becquerel stwierdził, że niektóre fluoryzujące sole uranowe wysyłają istotnie promienie niewidzialne, które działają na płytę fotograficzną, przenikają przez cienkie zasłony metalowe i wywołują t. zw. jonizację powietrza, t. zn. sprawiają, iż powietrze, zwykle bardzo słabo przewodzące elektryczność, staje się dobrym przewodnikiem. Ciało naelektryzowane traci ładunek elektryczny, jeśli wystawimy je na działanie tych t. zw. promieni uranowych.

Dalsze badania przekonały Becquerela, że promieniotwórczość uranu oraz połączeń uranowych nie pozostaje w żadnym związku z fluorescencją.

Wszystkie połączenia uranowe także i niefluoryzujące wykazywały tę aktywność, a uran metaliczny był najbardziej czynny. Co więcej, stwierdzono, że promieniowanie uranu oraz soli uranowych jest wybitnie stałe, nie okazuje żadnych dostrzegalnych śladów osłabienia nawet w ciągu kilku lat i że powstaje widocznie zupełnie samorodnie, ponieważ wydobywa się z aktywnego preparatu bez jakiejkolwiek zewnętrznej przyczyny, bez żadnego bodźca, bez dopływu obcej, z zewnątrz zaczerpniętej energji.

W tem stadjum przystąpiła p. Marja Skłodowska do systematycznego badania promieniotwórczości bogatego zbioru minerałów, stanowiącego własność p. H. Becquerela, a zawierającego wiele rzadkich i dotąd niezbadanych okazów. Metoda tych wstępnych badań, opracowana przez Becquerela, była nader prosta. Polegała na obserwacji wpływu, jaki wywiera preparat badany na szybkość opadania listków naelektryzowanego elektroskopu, t. zn. na przewodnictwo elektryczne otaczającego preparat powietrza.

Już pierwsze wyniki tych obserwacyj okazały, że oprócz uranu i jego połączeń tylko tor i połączenia toru ujawniają samorodną aktywność. Drugi ważny wynik systematycznych badań polegał na stwierdzeniu, że promieniotwórczość różnych połączeń uranowych zależy jedynie i wyłącznie od ilości zawartego w nich uranu. Im więcej uranu zawierało ciało badane, tem silniejsze było jego promieniowanie. Natura chemiczna innych składników związku nie odgrywała przytem widocznie żadnej roli. Wobec tego zastanawiającym musiał się wydać fakt, że naturalny chalkolit (fosforan miedziowo-uranowy krystaliczny) jest dwa razy bardziej aktywny niż uran metaliczny, zaś sztucznie sporządzony chalkolit ma aktywność normalną, t. zn. mniejszą niż uran i odpowiednią do zawartości uranu w kryształach. Jeszcze aktywniejszemi niż chalkolit okazały się blendy smoliste z Jachimowa i Przibramu, których promieniotwórczość była mniej więcej cztery razy silniejsza niż aktywność metalicznego uranu.

*

Zestawienie powyższych faktów uprawniało p. Skłodowską i jej ówczesnego współpracownika p. Curie do przypuszczenia, że najprawdopodobniej chalkolit, antunit (fosforan uranowo-wapniowy) oraz blenda smolista zawierają obok uranu inną jeszcze, bardzo silnie promieniotwórczą substancję, różną od pierwiastków promieniotwórczych już znanych, uranu i toru.

Małżonkowie Curie postanowili substancję tę wydzielić z blendy smolistej, niezrażając się przewidywanemi z góry ogromnemi trudnościami tego przedsięwzięcia. Należy bowiem wiedzieć, że blenda smolista zawiera obok uranu w mniejszej lub większej ilości niemal wszystkie znane metale w formie najrozmaitszych połączeń chemicznych. Wszystkie te metale należało wydzielić metodami chemji analitycznej a równocześnie należało każdą wydzieloną porcję badać pod względem jej promieniotwórczych własności, ponieważ promieniotwórczość była tu tym nowym a zarazem jedynym wskaźnikiem, który mógł doprowadzić do wykrycia i wyizolowania szukanej substancji. Przekonano się niebawem, że blenda uranowa zawiera dwa ciała silnie promieniotwórcze; jedno z nich towarzyszyło stale i wydzielało się z bizmutem, drugie było nieodłącznym towarzyszem baru. Pierwsze nazwali pp. Curie „*Polonium*“ drugie „*Radium*“.

Promieniotwórczość tych ciał była 700—900 razy silniejsza niż aktywność tlenku uranu, jakkolwiek z całą pewnością można było stwierdzić, że pierwotnie uzyskane preparaty zawierały zaledwie minimalne ilości tych ciał promieniotwórczych. Jak mozolną, długą i kosztowną była praca, niezbędna dla wyizolowania potrzebnych do dalszego badania ilości promieniotwórczego bizmutu i baru, wyobrazić sobie można, jeśli się zważy, że po przerobieniu całych tysięcy kilogramów blendy uranowej uzyskali pp. Curie zaledwie kilka decygramów produktów nadzwyczajnie silnych w porównaniu z minerałem macierzystym.

Nie mniej uciążliwe i trudne były dalsze prace pp. Curie, zmierzające do oddzielenia radu od baru oraz polonu od bizmutu. Rad jest pod względem chemicznym tak podobny do baru, że zwykłe metody analizy chemicznej okazały się tu bezsilne. Dopiero żmudną drogą wykrystalizowywania chlorku wzgl. bromku radu z mieszaniny, zawierającej bar i rad, zdołano

wyizolować czystą sól radową, a dopiero w r. 1910 udało się pp. Curie i p. Debierne uzyskać przez elektrolizę rad metaliczny.

Systematyczne badanie soli radowych doprowadziło do wniosku, że rad jest pierwiastkiem, że podobnie jak inne pierwiastki może tworzyć z innemi połączenia chemiczne, że ma swoje charakterystyczne widmo, określony ciężar atomowy i przynależne sobie miejsce w perjodycznym układzie pierwiastków.

Atoli obok tych normalnych cech pierwiastka okazuje rad cechy zgoła niezwykłe.

Przedewszystkiem jest niezmiernie silnie promieniotwórczy. Jego aktywność jest 2 miljony razy większa niż aktywność uranu. Promieniowanie radu okazało się złożonem z trzech rodzajów promieni, znanych dziś pod nazwą promieni α, β i γ. Pierwsze — to cząstki materjalne o masie 4 razy większej niż masa wodoru, a więc pod względem ciężaru identyczne z atomami helu i tem tylko odeń różne, że im brak dwóch elementarnych ujemnych ładunków elektrycznych, dwóch elektronów. Drugie — to promienie identyczne z promieniami katodowemi, to cząstki ujemnej elektryczności o masie 2.000 razy mniejszej niż masa atomu wodoru a prędkościach olbrzymich, dochodzących do $^1/_3$ lub nawet $^2/_3$ prędkości światła. Trzecie — to promienie zupełnie podobne do promieni Röntgena, tylko jeszcze przenikliwsze. Są to fale elektromagnetyczne zupełnie tego samego rodzaju co fale świetlne, lecz tak krótkie, że się ich miljard zmieści na długości 1 *mm*.

Zarówno skład jak i natężenie oraz przenikliwość tych promieni nie zależą bynajmniej od tego, czy i z jakiemi atomami połączone są atomy radu. Co więcej, żadna, chociażby najgwałtowniejsza zmiana warunków fizycznych nie ma wpływu na ten proces promieniowania. Można preparat promieniotwórczy, zawierający czy to rad, czy polon, czy którykolwiek z 30 znanych nam dzisiaj ciał promieniotwórczych prażyć w łuku elektrycznym lub ziębić w kąpieli ciekłego helu — promieniowanie jego nie dozna żadnej przytem zmiany. Żadne działania chemiczne nie zdołają go ani wzmocnić, ani osłabić. Promieniowanie ciał promieniotwórczych jest najwidoczniej procesem niezależnym od działań między atomami; jego źródło tkwi w samem wnętrzu atomów aktywnego ciała.

Świadczy o tem inny jeszcze fakt nader znamienny. Oto ciała promieniotwórcze mają zawsze temperaturę nieco wyższą niż temperatura otoczenia i wytwarzają bezustannie ciepło.

Dzięki temu, że pp. Curie znaleźli metodę izolowania bardzo silnych preparatów promieniotwórczych, można było zmierzyć te ilości ciepła i stwierdzić, że są one miljony razy większe, aniżeli te ilości kaloryj, które wydzielane być mogą przy najgwałtowniejszych procesach chemicznych.

Jedynem źródłem tych gigantycznych zasobów energji może być tylko wnętrze atomów. Tylko dzięki temu, że ciała promieniotwórcze istnieją w przyrodzie w stanie ogromnego rozdrobnienia, rozsiane na wielkich przestrzeniach, nie dostrzegaliśmy dotychczas wydzielonej przez nie energji cieplnej. Ujawnia się ona jednak natychmiast, skoro zdołamy zebrać chociażby drobne ilości miligramów tych substancyj.

Obok emisji promieni korpuskularnych (głównie odpowiedzialnych za dziwne widmowe świecenie silnych preparatów promieniotwórczych w ciemności) oraz promieni elektromagnetycznych i cieplnych okazują rad i tor oraz później przez Debierna i Giesela odkryty aktyn jeszcze inną, zgoła nieznaną dotąd, niesamowitą właściwość.

Oto już pp. Curie zauważyli, że wszelkie ciała, znajdujące się w pobliżu radu lub toru, okazują nietrwałą, prędzej lub wolniej przemijającą, t. zw. indukowaną aktywność. Rutherford oraz inni badacze przekonali się niebawem, że aktywność ta pochodzi od gazu, wydzielanego przez rad, tor i aktyn (lecz nie wydzielanego przez polon i żaden inny pierwiastek promieniotwórczy). Gaz ten nazwano emanacją radu wzgl. toru i aktynu. Stwierdzono, że jest on również pierwiastkiem, pod względem chemicznym podobnym do gazów szlachetnych (jak hel, argon, neon, krypton i xenon) lecz tem od nich różnym, że jest promieniotwórczy oraz nietrwały. Jego promieniowanie okazało się złożonem tylko z promieni α a jego nietrwałość objawia się tem, że n. p. promieniowanie emanacji radu słabnie do połowy w ciągu 3·85 dnia. Jeśli więc z początku natężenie promieniowania określono powiedzmy liczbą 100 to po 3·85 dniach wynosiło ono 50, po 7·7 dniach 25, po 11·55 dniach 12·5 a po 23·1 dniach już tylko 1·562.

Okazało się, że t. zw. indukowana aktywność pochodzi od materjalnego nalotu, osadzającego się na przedmiotach, do

których miała dostęp emanacja. Nalot ten można było zmyć, zetrzeć, rozpuścić we wodzie, usunąć przez ogrzanie, można było wreszcie niedopuścić do infekcji radioaktywnej, jeśli się zamknęło szczelnie dostęp emanacji.

Oto był kompleks faktów, odkrytych w ciągu niespełna 5 lat dzięki wynikom pracy pp. Curie oraz zastępu badaczy, którzy zrazu z ich pomocą a potem samodzielnie eksperymentowali ciałami promieniotwórczemi.

Około r. 1902 fakta te tworzyły istny splot zagadek, mozaikę tajemnic, wobec których bezsilnemi były wszelkie teorje klasycznej fizyki i chemji. Gubiono się w domysłach, wikłano w sprzeczności z podstawowemi zasadami przyrodoznawstwa.

Tym, który pierwszy wskazał drogę błądzącym w labiryncie zagadek, był fizyk angielski E. Rutherford. Wystąpił on z hipotezą na pierwszy rzut oka wręcz rewolucyjną a w rzeczy samej najprostszą i najwnikliwiej ujmującą istotę problemu. Jeśli promieniotwórczość jest procesem atomowym, jeśli w promieniach wyrzucanych przez atomy ciał promieniotwórczych znajdują się cząstki materjalne i elektrony to widocznie proces emisji tych promieni jest przejawem przeobrażania się wewnętrznego ustroju atomów. Ciężkie atomy uranu, toru, radu, polonu są układami złożonemi o równowadze nietrwałej.

Ulegają one spontanicznemu rozpadowi, polegającemu na tem, iż atom rozpadający się traci pewne części składowe, promieniuje i przeobraża się skutkiem tego w atom innego mniej lub więcej trwałego pierwiastka. Rozpadający się atom formalnie eksploduje, wyrzuca z swego jądra albo tylko cząstkę α, albo tylko cząstkę β, albo obie równocześnie, przyczem emisji tej towarzyszy z reguły promieniowanie elektromagnetyczne krótkofaliste, zwane promieniowaniem γ.

W ten sposób z uranu, niby praojca rodu, powstaje po przez szereg rozpadów atom jonium, z jonium rad, z radu emanacja radowa i t. d. Jednym z członków tej rodziny radowej jest polon (*Ra F*), którego potomek, ostatni produkt rozkładu, *Ra G*, jest pierwiastkiem niepromieniotwórczym, pod względem chemicznym identycznym z ołowiem.

Boczną gałęzią rodu uranowego, wywodzącą się od pewnych atomów praprawnuka uranu, zwanego U_{II}, jest analogiczny ród promieniotwórczych pierwiastków, między któremi znajduje się aktyn i jego pochodne.

Samodzielnym wreszcie rodem pierwiastków promieniotwórczych jest ród toru, którego ostatni nieaktywny potomek, tor *D* jest znowu pod względem chemicznym identyczny z ołowiem.

Musiałbym wykroczyć daleko poza ramy, zakreślone mi celem dzisiejszego zebrania, gdybym zechciał bodaj w zarysie nakreślić kontury tego gmachu wiedzy, który nosi nazwę teorji powstawania, rozpadu i budowy atomów. Spoczywa on na granitowej podstawie faktów, odkrytych przez małżonków Curie oraz licznego zastępu tych badaczy, którym ich odkrycie utorowało drogę do dalszych badań.

Do tych faktów dorzuciła p. Curie już po śmierci męża kilka cennych i dla dalszego rozwoju teorji promieniotwórczości nader ważnych przyczynków. Najważniejszymi z nich są: precyzyjny pomiar ciężaru atomowego radu oraz sporządzenie pierwszego międzynarodowego wzorca radowego.

Jest to preparat czystego suchego $Ra\,Cl_2$ w ilości 21·99 *mg*, zatopiony w rurce 32 *mm* długiej, 1·45 *mm* szerokiej, o ściankach 0·27 *mm* grubych. O doniosłości pierwszego ze wspomnianych przyczynków świadczy wymownie fakt, że za tą właśnie pracę przyznała Akademją szwedzka w r. 1911 p. Marji Skłodowskiej-Curie nagrodę Nobla. Dokładna znajomość tak ważnej daty jak ciężar atomowy *Ra* umożliwia dopiero rozwiązanie jednego z nader trudnych problemów chemji ciał promieniotwórczych.

Teorja rozpadu atomowego doprowadziła do poznania aż 30 nowych pierwiastków. Dla niektórych z nich, jak *Ra, Po,* emanacja radu, *Ac* i inne, znaleziono puste dotąd miejsca w perjodycznym układzie pierwiastków. Dla wielu innych zabrakło już miejsc. Ale teorja rozpadu mówiła również, że każdy atom, który podczas przemiany wysyła cząstkę α, zmniejsza swój pierwotny ciężar o 4. Produktem takiej przemiany będzie więc atom o ciężarze o 4 jedn. mniejszym niż atom macierzysty. Natomiast przemiana, której towarzyszy emisja cząstki β, nie wywoła żadnej zmiany atomowego ciężaru. Dzięki hipotezom Soddyego i Fajansa można było obliczyć ciężary atomowe wszystkich ciał promieniotwórczych, należących do rodu uranu i toru. Okazało się przytem, że chcąc sklasyfikować i pomieścić w układzie perjodycznym wszystkie pierwiastki promienio-

twórcze trzeba się było zdecydować na przypuszczenie, iż pierwiastki, posiadające te same własności fizyczne i chemiczne, a więc zajmujące to samo miejsce w układzie perjodycznym, czyli t. zw. izotopy, mogą mieć różne ciężary atomowe. Tak n. p. ołów pochodzenia torowego powinien mieć ciężar atomowy 208, zaś ołów pochodzenia radowego ciężar 206, a mimo to oba niczem z punktu widzenia chemji nie będą się różniły od zwykłego ołowiu o ciężarze atomowym bliskim 207 i powinny być pomieszczone w jednej kratce tablicy Mendelejewa. Badania eksperymentalne ołowiu różnego pochodzenia promieniotwórczego potwierdziły to oczekiwanie i ustaliły słuszność teorji izotopów.

Oto, proszę Państwa, pokrótce zasługi, oto tytuł do chwały p. Marji Skłodowskiej-Curie. Jej sylwetka intelektualna nosi wybitne znamiona klasycznego typu uczonej o nieprzeciętnych zdolnościach do pracy badawczej i gruntownem metodycznem wykształceniu. Dzięki bystrej a sumiennej obserwacji, dzięki ogromnej wytrwałości, pracowitości i sile charakteru dokonała dzieła, które słusznie zdobyło dla Niej podziw i uznanie świata i stawia Ją na czele pionierek twórczej pracy naukowej kobiet.

WACŁAW BAEHR.

Cytologiczne podstawy zjawisk dziedziczności.

Referat programowy wygłoszony na XIII Zjeździe Lekarzy i Przyrodników w Wilnie 1929 r.

Szanowni Państwo!

Przez dziedziczenie pojmujemy przenoszenie cech rodzicielskich na potomstwo. Jedynym łącznikiem między rodzicami a dziećmi są komórki płciowe, wszystko więc, co przechodzi z jednego pokolenia do następnego, może być przeniesione tylko za pośrednictwem tych elementów. Ciało osobnika umiera, to prawda, ale komórki płciowe przeżywają go, niosąc w sobie rodowe tradycje przodków, od których pochodzą, i ze swej strony przekazują je dalej swemu potomstwu. Mechanizmu dziedziczności należy więc szukać w strukturze, w rozwoju i funkcjach komórek płciowych, metoda zaś badania tego mechanizmu powinna polegać na zestawianiu i porównywaniu właściwości morfologicznych konstytucji tych komórek z odpowiedniemi specjalnemi przejawami dziedziczenia — innemi słowy, powinna się opierać na współpracy cytologji z genetyką. I rzeczywiście oba te kierunki rozwinęły się z wielką szybkością w naszem stuleciu.

W trzy lata po powtórnem odkryciu praw Mendla, t. j. w r. 1903, Sutton i Boveri, niezależnie jeden od drugiego, dali nam sprecyzowane wytłumaczenie cytologiczne zjawisk mendelizmu. Autorowie ci wykazali, że w rozłączaniu się konjugantów chromosomowych w mitozie redukcyjnej należy widzieć

mechanizm segregacji cech podczas gametogenezy, t. j. pierwsze główne prawo Mendla. Natomiast, zupełnie przypadkowa repartycja chromosomów na jądra potomne podczas tej mitozy przedstawia materjalny wyraz drugiego prawa Mendla, mianowicie, niezależność kombinacji cech, o ile geny tych cech są zlokalizowane nie w tych samych chromosomach. Mendlowanie jest naturalną konsekwencją specyficznych właściwości mechanizmu chromosomowego. Cechy mendlują, ponieważ chromosomy, które zawierają geny tych cech, mendlują.

Przez te ważne odkrycia został nawiązany ścisły kontakt pomiędzy genetyką i cytologją i od tej chwili datuje się wspaniały rozkwit obu tych nauk. Powstały one niezależnie jedna od drugiej, ale na drodze swego postępu coraz bardziej się zbliżały, i dziś wzajemna ich łączność, wzajemna kontrola i wzajemna pomoc stały się wprost niezbędne przy rozstrzyganiu wszystkich najbardziej aktualnych problematów biologji. Dziś cytolog nie ma prawa lekceważyć genetyki, dla genetyka zaś zdobycze cytologji powinne być drogowskazem dla planowego eksperymentu i metodycznej hodowli.

Badania nad komórką ustaliły pewne podstawowe fakty, ściśle związane z zagadnieniami dziedziczności. Najnowsze zaś poszukiwania genetyczne wykazały, że pod pewnym względem mogą one być uważane nawet za bardziej subtelne i bardziej dokładne narzędzie przy analizie materjalnych składników komórek płciowych, niż bezpośrednie cytologiczne obserwacje nad temi komórkami. Najbardziej owocne i doniosłe w swych skutkach wyniki dała współpraca cytologji z genetyką w dziedzinie, tyczącej się problematu determinacji płci i dziedziczenia związanych z płcią cech.

Analiza tych zjawisk nietylko pociąga biologa ze względu na tak aktualny problemat, jakim jest zagadnienie płci, ale otwiera też przed nim nowe perspektywy ku wyjaśnieniu bardziej ogólnych zagadnień życia. Sama natura bowiem stworzyła tu cały szereg eksperymentów, które nietylko pozwalają nam skontrolować i sprawdzić słuszność naszych dotychczasowych pojęć o dziedziczności, ale kładą też nowe podwaliny dla rozszerzenia naszej wiedzy o samym mechanizmie dziedziczności i zmienności i przez to samo zbliżają nas do poznania tych

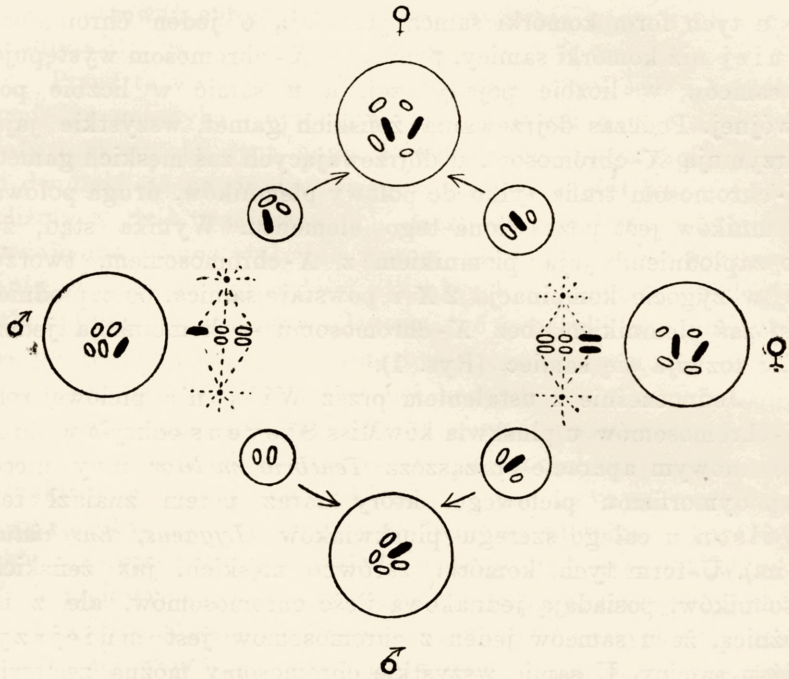
dróg, któremi szła i idzie ewolucja organizmów od chwili powstania życia na naszej planecie.

Próby rozwiązania kwestji determinacji płci na podstawie danych cytologicznych datują się od czasu odkrycia u pewnych owadów tak zw. dodatkowych chromosomów, czy też heterochromosomów lub *X*-chromosomów. Rola tych chromosomów, jako wyznaczników płciowości, u form z biseksualnem rozmnażaniem została ustalona głównie przez wspaniałe prace Wilson'a nad pluskwiakami *Protenor, Anasa* i in. Stwierdził on, że u tych form komórki samca posiadają o jeden chromosom mniej niż komórki samicy, ponieważ *X*-chromosom występuje u samców w liczbie pojedyńczej, a u samic w liczbie podwójnej. Podczas dojrzewania żeńskich gamet, wszystkie jaja otrzymują *X*-chromosom, u dojrzewających zaś męskich gamet, *X*-chromosom trafia tylko do połowy plemników, druga połowa plemników jest pozbawiona tego elementu. Wynika stąd, że po zapłodnieniu jaja plemnikiem z *X*-chromosomem, tworzy się w zygocie kombinacja 2 *X* i powstaje samica, po zapłodnieniu zaś plemnikiem bez *X*-chromosomu — kombinacja jeden *X*, i rozwija się samiec. (Rys. 1).

Jednocześnie z ustaleniem przez Wilson'a płciowej roli *X*-chromosomów u pluskwia kówMiss Stevens odkryła w chromosomowym aparacie chrząszcza *Tenebrio molitor* inny nieco typ dymorfizmu płciowego, który zaraz potem znalazł też Wilson u całego szeregu pluskwiaków *(Lygaeus, Euschistus* i in.). U form tych, komórki zarówno męskich, jak żeńskich osobników, posiadają jednakową ilość chromosomów, ale z tą różnicą, że u samców jeden z chromosomów jest mniejszy, niż u samicy. U samic wszystkie chromosomy można zestawić parami, u samców zaś jedna z par, t. zw. para „idiochromosomów", wykazuje niejednakowe rozmiary partnerów. Wszystkie męskie gamety mają naturalnie taką samą liczbę chromosomów, jak i dojrzałe jaja, ale u jednej połowy plemników znajduje się większy idiochromosom, u drugiej połowy — mniejszy. Z tego wynika, że samice muszą się tu rozwijać z jaj, które zostały zapłodnione przez plemnik z większym idiochromosomem, samce zaś z jaj, zapłodnionych drugim gatunkiem plemników z mniejszym partnerem. Mniejszy idiochromosom, nazwany przez Wilson'a *Y*-chromosomem, nie wychodzi poza męską

linję — znajdujemy go tylko w męskiej zygocie i w plemnikach na samców. Do niedawna sądzono, że *Y*-chromosom jest chromosomem „pustym“, t. j. że nietylko nie wywiera żadnego wpływu na determinację płci, ale też nie zawiera żadnych czynników dziedzicznych. Jak zobaczymy niżej, badania lat ostatnich wykazały, że jest inaczej.

Jak widzimy, w obu powyższych przypadkach *(Protenor, Tenebrio)* płeć żeńska jest homozygotą, wytwarzającą tylko



Rys. 1.
Schemat przedstawiający mechanizm chromosomów w typie *Protenor*.

jeden rodzaj gamet, a płeć męska heterozygotą, dającą dwa rodzaje plemników. Bywa jednak i vice versa (motyle, ptaki).

Rezultat łączenia się gamet żeńskich z męskiemi odpowiada temu, co przewiduje prawo Mendla przy krzyżowaniu osobnika czystej rasy z jego mieszańcem, t. j. heterozygoty i homozygoty powstają w liczbowym stosunku 1 : 1. Tem się więc w bardzo jasny sposób tłumaczy fakt, że w przyrodzie spotykają się zwykle męskie i żeńskie indywidua w jednakowej ilości.

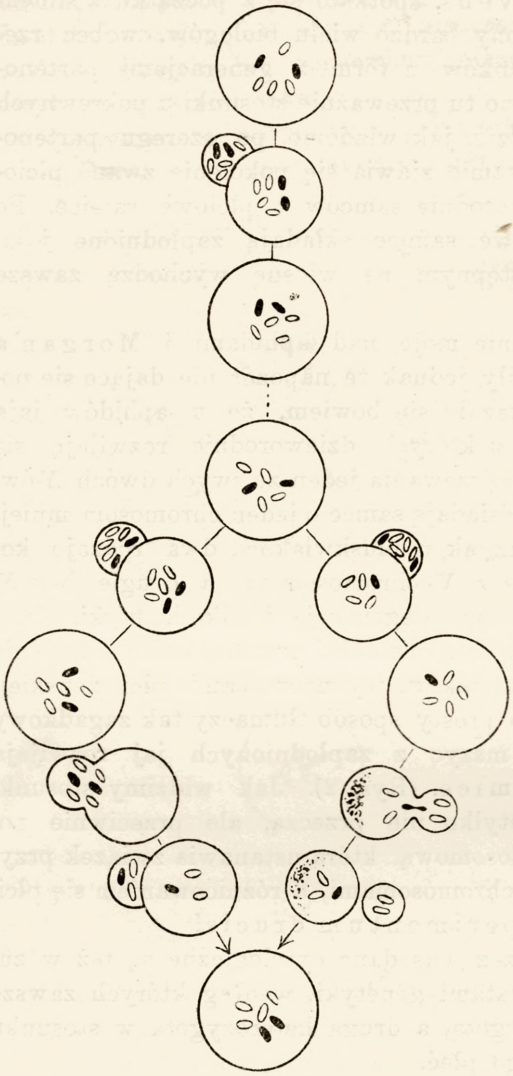
Istnienie związku przyczynowego pomiędzy dymorfizmem plemników, a dymorfizmem płciowym, wykazane badaniami Wilson'a i Miss Stevens, spotkało się z początku z silnem niedowierzaniem ze strony bardzo wielu biologów, wobec rzekomo odmiennych stosunków u form z generacjami partenogenetycznemi. Wysuwano tu przeważnie stosunki u pokrewnych pluskwiakom mszyc, gdzie, jak wiadomo, po szeregu partenogenetycznych pokoleń samic zjawia się pokolenie zwane płciorodnem, płodzące dzieworodnie samców i płciowe samice. Po pokryciu samcem, płciowe samice składają zapłodnione jaja, z których w roku następnym na wiosnę wychodzą zawsze tylko samice.

Cytologiczne badanie moje nad aphidami i Morgan'a nad filokserami wyjaśniły jednak te napozór nie dające się pogodzić sprzeczności. Okazało się bowiem, że u aphidów jaja samcorodne, t. j. jaja, z których dzieworodnie rozwijają się samce, tracą w trakcie dojrzewania jeden ze swych dwóch *X*-ów. Stosownie też do tego posiadają samce o jeden chromosom mniej, niż samice i tworzą tu, jak u pluskwiaków, dwa rodzaje komórek płciowych: jedne z *X*-chromosomem, a drugie bez *X*. Komórki bez *X*-chromosomu degenerują i tylko komórki, obdarzone *X*-chromosomem, dają plemniki czynne, które naturalnie muszą być, jak u pluskwiaków, wyznacznikami płci żeńskiej. Tem się więc w bardzo prosty sposób tłumaczy tak zagadkowy dotychczas fakt, że u mszyc z zapłodnionych jaj rozwijają się zawsze tylko samice. (Rys. 2). Jak widzimy stosunki ujawnione u mszyc nietylko nie przeczą, ale przeciwnie potwierdzają teorję chromosomową, która ustanawia związek przyczynowy pomiędzy *X*-chromosomami, a różnicowaniem się płci. Jest to prawdziwe experimentum crucis!

Omowione tu przez nas dane cytologiczne są też w zupełnej zgodzie z rezultatami genetyki, według których zawsze jedna płeć jest homozygotą, a druga heterozygotą w stosunku do genu, warunkującego płeć.

Cytologiczne zjawiska płci dają więc nam nareszcie pierwszy morfologiczny dowód istnienia różnicy w strukturze jądrowej u homozygoty i heterozygoty i odpowiedniej też różnicy w konstytucji chromatynowej gamet.

W dziedzinie chromosomów płciowych znajdujemy dalszy bardzo ważny materjał dowodowy na korzyść teorji chromosomowej — mam tu na myśli zjawiska dziedziczenia cech z płcią złączonych („sex linked heredity").



Rys. 2.
Schemat przedstawiający repartycję chromosomów płciowych u *Aphis saliceti*.

Jak u zwierząt, tak i u roślin ilość chromosomów jest zwykle mniejsza, niż liczba mendlujących „cech jedności". Z czego wynika, że o ile rzeczywiście geny, uzależniające występowanie tych cech, są umieszczone w chromosomach, każdy chromosom musi być nosicielem wielu takich genów. Ponieważ chromosomy mają stałą organizację i zachowują swą indywidualność, cechy więc, warunkowane temi genami, muszą występować w rozwijającym się organizmie zrzeszone w ściśle określone grupy, których ilość powinna odpowiadać liczbie chromosomów w gametach. Tak też jest w rzeczywistości, przyczem należy dodać, że X-chromosomy zawierają w sobie nietylko geny, wyznaczające płeć, ale są też nosicielami czynników,

warunkujących cechy, które, chociaż nie mają nic wspólnego z płciowością, odziedziczają się jednak zależnie od płci.

Do wyświetlenia tego zjawiska dziedziczenia cech sprzężonych przyczyniły się najbardziej badania Morgan'a i jego współpracowników nad muchą *Drosophila*. U tej formy cechy, odziedziczające się społem, dają się podzielić na 4 zupełnie określone „grupy-sprzężenia": 3 duże grupy o setkach cech i 1 mała, składająca się tylko z 3 cech. Jedna z dużych grup jest też z płcią złączona.

Cechy każdej danej grupy mendlują jako jedność, t. j. wszystkie należące do niej cechy przechodzą na potomstwo społem, cechy zaś, należące do różnych grup, odziedziczają się zupełnie niezależnie jedna od drugiej. To nasuwa odrazu przypuszczenie, że geny cech, należących do tej samej grupy, są wszystkie umiejscowione w tym samym chromosomie, który służy im jako wspólny wehikuł translokacji.

Rys. 3.
Drosophila melanogaster. U góry, — płytki równikowe diploidalnych komórek normalnej samicy i normalnego samca; u dołu, — płytka równikowa diploidalnej komórki extra-samicy o konstytucji chromosomowej *XXY* (według Morgan'a).

Te rezultaty hodowlane znajdują się w jak najściślejszej korelacji z danemi cytologicznemi. Odpowiednio bowiem do liczby i wielkości tych 4 grup posiada *Drosophila* w swych diploidalnych jądrach 4 pary chromosomów, z których 3 są duże, a jedna bardzo mała. Płciowe chromosomy należą do jednej z dużych par. (Rys. 3).

Naturalnie nie mogę tu rozpatrywać wszystkich bardzo ciekawych wyników badań w tej dziedzinie, ograniczę się tylko do jednego przykładu dziedziczenia u *Drosophila* cech, należących do grupy złączonej z płcią, którą możemy też nazwać *X*-grupą.

Normalna *Drosophila* posiada czerwone oczy, a jej dość pospolity mutant — białe, przyczem biała barwa jest ustępującą wobec czerwonej.

Jeśli skrzyżujemy samicę o białych oczach z normalnym czystej rasy samcem o czerwonych oczach, wszystkie samice w I-em pokoleniu bastardów (F_1) będą miały czerwone oczy, jak ich ojciec, a wszystkie samce białe, jak ich matka. Otrzymane rezultaty tracą odrazu swą zagadkowość, jeśli przyjmiemy, że u *Drosophila* X-chromosomy zawierają nietylko czynniki decydujące o płci, ale też geny każdej związanej z płcią cechy, w danym przypadku geny barwy oczu. Ponieważ plemniki z X-chromosomem wyznaczają płeć żeńską, przeto samiec jest w stanie przelać swe, t. zw. „sex-linked" cechy tylko żeńskiemu potomstwu. Córki mają czerwone oczy, jak ich ojciec, ponieważ dostają od tego ostatniego X-chromosom, zawierający gen dominującej czerwonej barwy. Synowie, otrzymując swój jedyny X-chromosom od białookiej matki, muszą mieć białe oczy. Nader proste cytologiczne rozwiązanie dość niezrozumiałych genetycznych rezultatów.

Przytoczone fakty, wykazujące łączność przyczynową pomiędzy mendlowskiem rozszczepieniem cech a redukcyjnym podziałem chromosomów i ustalające decydującą rolę specjalnych chromosomów w determinacji płci i w zjawiskach dziedziczenia cech z płcią sprzężonych, są to główne podstawy, na których została zbudowana nowoczesna chromosomowa teorja dziedziczności.

W dobie obecnej współpraca cytologji z genetyką jeszcze się bardziej zacieśniła i dała cały szereg nowych wspaniałych dowodów uzupełniających i pogłębiających teorję chromosomową.

Skoro mendlowanie jest naturalną konsekwencją specyficznych właściwości mechanizmu chromosomowego, to każde odstąpienie od praw Mendla musi mieć swoje morfologiczne uzasadnienie w aparacie chromosomowym. Świadomość tej korelacji otwiera więc odrazu szerokie pole dla niezliczonych doświadczeń genetycznych i poszukiwań cytologicznych.

Brak czasu nie pozwala mi na obszerne zobrazowanie wobec Sz. Państwa całego bogatego dorobku tych lat ostatnich, i muszę ograniczyć się tylko do kilku ciekawszych przykładów [1]),

[1]) Stosownie do porozumienia się z moją koreferentką Prof. Marją Skalińską, przypada jej w udziale omówienie również bardzo aktualnych zagadnień (diplohaplonty, poliploidalność, cytoplazmatyczne geny), których z tej racji rozpatrywać tu nie będę. Bardziej wyczerpującą analizę pro-

przyczem dla łatwiejszej orjentacji podzielę dowody, stwierdzające słuszność chromosomowej teorji dziedziczenia, na dwie grupy.

Do pierwszej grupy należą te dowody, gdzie, na podstawie danych cytologicznych, przepowiedziano wyniki i rodzaj dziedziczenia, a następnie słuszność tych przewidywań została genetycznie stwierdzona.

Druga kategorja dowodów, odwrotnie, obejmuje zjawiska, gdzie nienormalne wyniki genetyczne pozwoliły wnioskować o pewnych określonych zaburzeniach w mechanizmie chromosomowym i gdzie następnie ścisłe cytologiczne badania rzeczywiście wykazały przewidziane zmiany w aparacie jądrowym.

Gdy się mówi o pierwszej grupie dowodów, to przedewszystkiem ma się na myśli tak zw. „rozszczepienie haploidalne". Jeżeli chromosomowa teorja dziedziczności jest słuszna, jeżeli czynniki dziedziczne, wywołujące mendlujące cechy, są związane z ściśle określonemi chromosomami, jeżeli w podziale redukcyjnym należy widzieć mechanizm rozszczepiania alelomorfów, to z tego wynika, że cechy bastardów może wykazywać tylko diplofaza, natomiast w haplofazie każda para alelomorficzna musi być reprezentowana tylko przez jednego ze swych partnerów.

Widzimy już z tego, jak wielkie znaczenie dla nauki o dziedziczności mają badania nad haplofazą i rozszczepieniem haploidalnem. Zatrzymamy się więc nad tem zagadnieniem trochę szczegółowiej.

Wyższe zwierzęta i wyższe rośliny, nad któremi jedynie robiono pierwotnie wszystkie badania, tyczące się zjawisk dziedziczności, są zbudowane z komórek diploidalnych. U zwierząt wyższych zespół haploidalny chromosomów widzimy tylko w jednokomórkowych gametach, u wyższych zaś roślin — w złożonym z bardzo niewielkiej ilości komórek gametoficie.

Są jednak organizmy, w których cyklu życiowym faza haploidalna odegrywa większą rolę. Wśród pierwotniaków i niższych roślin jest wiele tak zw. czystych haplontów,

---

blematu determinacji płci, zjawisk dziedziczenia cech sprzężonych i kwestji wymiany genów czytelnik znajdzie w mej pracy p. t. „Sur les bases cytologiques de l'hérédité". Volume jubilaire V. Grégoire, La Cellule vol. 36, 1925.

*

t. j. form o jądrach haploidalnych, których całe wegetatywne życie przebiega w haplofazie. Diplofaza jest tu reprezentowana tylko przez zygotę, w której jednak, z chwilą rozpoczęcia rozwoju, natychmiast następuje redukcja chromosomów, i wskutek tego powstaje haploidalne potomstwo.

Mchy i pokrewne rośliny są diplohaplontami, t. j. organizmami, których cykl życiowy składa się z dwuch faz: jednej diploidalnej (sporofit) i drugiej haploidalnej (gametofit). Podział redukcyjny ma miejsce w sporoficie podczas tworzenia zarodników, t. j. w momencie przejścia od diploidalnej do haploidalnej fazy.

I wśród zwierząt wyższych spotykają się formy *(Rotatoria, Hymenoptera)*, u których samice są diploidalne i produkują haploidalne jaja, dające po zapłodnieniu znowu diploidalne samice, natomiast samce u tych form powstają z jaj niezapłodnionych i wykazują we wszystkich komórkach swego ciała haploidalny zespół chromosomów.

Z punktu widzenia dziedziczności każdy haplont, czy to gametofit mchu, czy też samiec pszczoły nie jest niczem innem jak tylko dalej posuniętą w rozwoju gametą czyli, jak trafnie się wyraża Hartmann, „personifikowaną gametą". Wynika stąd, że nietylko zwyczajne jednokomórkowe gamety, ale wogóle wszystkie haploidalne komórki i ich potomne muszą być czyste w stosunku do genu każdej pary czynników dziedzicznych. Niema wszak gamet hybrydów!

Tylko diploidalne stadja mogą być heterozogatyczne, i tylko w nich może mieć miejsce rozszczepienie alelomorfów.

O ile mamy do czynienia z większą ilością par alelomorfów, to podczas tworzenia się haploidalnych produktów podziału redukcyjnego, poszczególne geny rekombinują się niezależnie jeden od drugiego, stosownie do swobodnej repartycji niehomologicznych chromosomów. Rekombinacja cech w haploidalnych organizmach, które w pojęciu genetycznem są personifikowanemi gametami, musi różnić się od rekombinacji cech, obserwowanej w diplontach tem, że w pierwszym przypadku rekombinacja polega li tylko na mechanizmie podziału redukcyjnego i jest azygotyczna, gdy natomiast w drugim przypadku rekombinacja komplikuje się jeszcze przez kombinację różnych komórek płciowych, wytwarzających hetorozygotę.

Sądzę, że dla należytej orjentacji wystarczy nam szczegółowsza analiza rozszczepienia haploidalnego u wyższych zwierząt, tembardziej że o diplohaplontach roślinnych posłyszymy coś, zapewne, od Sz. Koreferentki.

Jak Sz. Państwu wiadomo, oddawna już zostało ustalone eksperymentalnie i cytologicznie, że u pszczół samice rozwijają się z jaj zapłodnionych, samce natomiast powstają z jaj niezapłodnionych o zredukowanej liczbie chromosomów.

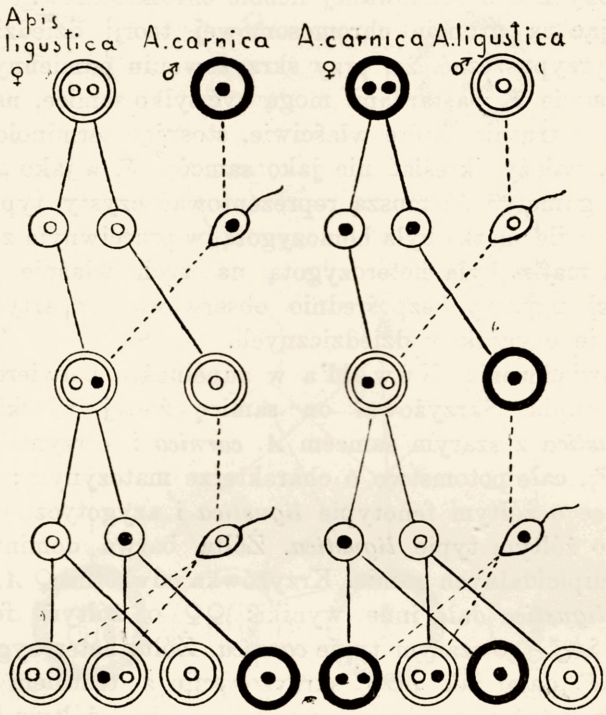
Stojąc na gruncie chromosomowej teorji dziedziczności, musimy przypuszczać, że, przy skrzyżowaniu odmiennych ras, w potomstwie F_1 bastardami mogą być tylko samice, natomiast haploidalne trutnie (które właściwie, stosując terminologję genetyczną, należy określać nie jako samców F_1 a jako „personifikowane gamety“ P) muszą reprezentować czysty typ matroklinalny, o ile matka była homozygotą, w przeciwnym zaś razie, t. j. jeśli matka była heterozygotą, na tych właśnie męskich osobnikach możemy bezpośrednio obserwować repartycję i rekombinacje czynników dziedzicznych.

Doświadczenia Newell'a w zupełności potwierdziły te przewidywania. Skrzyżował on samicę żółtej włoskiej rasy *Apis ligustica* z szarym samcem *A. carnica* i otrzymał w pokoleniu F_1, całe potomstwo o charakterze matczynym: królowe i robotnice o żółtym fenotypie *ligustica* i azygotyczne trutnie również o żółtym typie *ligustica*. Żółta barwa dominuje nad szarą u diploidalnych samic. Krzyżówka odwrotna ♀ *A. carnica* z ♂ *A. ligustica* dała inne wyniki: ♀♀ o żółtym fenotypie *ligustica* i ♂♂ o szarym typie *carnica*. Żółta heterozygotyczna królowa F_1 dała, jak przy skrzyżowaniu z trutniem szarym *carnica*, tak też przy skrzyżowaniu z trutniem żółtym *ligustica* jednakową ilość trutni żółtych *ligustica* i trutni szarych *carnica*. (Rys. 4).

Podobne doświadczenia przeprowadzili P. W. i A. R. Whiting nad osą *Habrobracon brevicornis* i otrzymali prawie takie same wyniki. U dihybrydów *H. juglandis* P. Whiting obserwował powstawanie nowych azygotycznych kombinacyj cech, należących do dwóch niezależnie mendlujących par (barwa oczu, forma skrzydeł).

Z innych przykładów rozszczepienia haploidalnego u owadów zasługują na specjalne wyróżnienie stosunki u *Phasmidae*.

Już przed dwudziestu kilku laty, badając oogenezę partenogenetycznych jaj fasmidy ***Bacitlus rossii***, udało mi się stwierdzić, że u tej formy, pomimo telitokji, jaja wydzielają dwa ciałka kierunkowe, przyczem podczas I profazy dojrzewania występują typowe stadja mitozy redukcyjnej (leptoten, pachyten) i chromosomy w postaci tetrad układają się w płytce równikowej I wrzeciona kierunkowego. Liczba chromosomów (ale



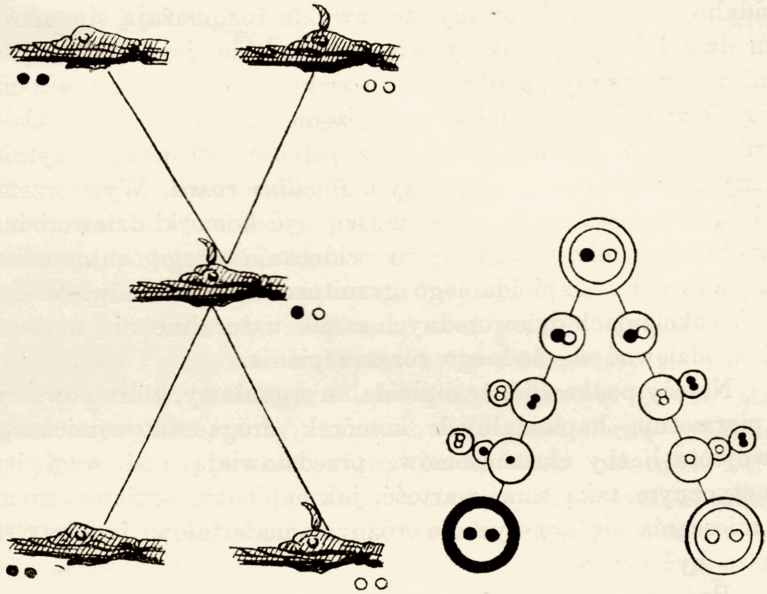
Rys. 4.
Schemat przedstawiający rozszczepienie haploidalne w krzyżówce ♀ *Apis ligustica* z ♂ *A. carnica* i odwrotnie.

nie ich walencja) jest taką samą w płytce I mitozy dojrzewania, jak w jądrach II mitozy i w jądrach pierwszych blastomerów, późniejszy zaś rozwój odbywa się z diploidalną ilością chromosomów, widocznie na skutek odpowiedniej autoregulacji. (Rys. 5).

Wykrycie tego rodzaju stosunków chromosomów u dzieworodnej fasmidy było poniekąd wielką sensacją, ponieważ w owym czasie w nauce panowało jeszcze niepodzielnie prawo

Weismann'a, według którego jaja, wymagające zapłodnienia, wydzielają 2 ciałka kierunkowe i redukują do połowy liczbę chromosomów, natomiast jaja dzieworodne eliminują tylko jedno ciałko polarne i zachowują normalną ilość chromosomów.

Cytologiczne dane o oogenezie u *Bacillus'a* doczekały się dopiero w ostatnich latach świetnego genetycznego potwierdzenia, które zawdzięczamy Fryer'owi. Przeprowadził on



Rys. 5.

Phasmidae. Na lewo, schemat skrzyżowania dwóch odmian *Clitumnus* i segregacji cech w potomstwie dzieworodnem heterozygotycznej samicy; na prawo, schemat stosunków chromosomowych w potomstwie dzieworodnem heterozygotycznej samicy *Clitumnus* według wyników badań cytologicznych nad dojrzewaniem jaj partenogenetycznych u pokrewnej formy, u *Bacillus.*

doświadczenia hodowlane nad pokrewną *Bacillus'owi* fasmidą *Clitumnus.*

Forma ta, jak też niektóre inne fasmidy, posiada właściwość rozmnażania się nietylko obupłciowo, ale też, w braku samców, dzieworodnie. Fryer'a zainteresowała kwestja, jak wygląda potomstwo zrodzone dzieworodnie przez matkę-hybryda. Krzyżując odmianę, posiadającą na głowie wyrostek w kształcie różka, z odmianą, nie mającą tej ozdoby, wykazał, że obecność

wyrostka jest uzależniona od odpowiedniego dominującego genu i że wobec tego całe pokolenie F_1 składa się z osobników, mających na głowie różek.

Fryer izolował jedną młodą samicę z tego pokolenia F_1 i ta, po dojściu do dojrzałości płciowej, dała mu dzieworodnie 22 żeńskich potomków, z których 12 posiadało na głowie różek, a 10 nie. Widocznie więc miało tu miejsce rozszczepienie haploidalne. Ponieważ owady te zwykle rozmnażają się sposobem dwupłciowym, musimy więc przyjąć, że jaja niepokrytej samicy przeszły podział redukcyjny, i temu właśnie podziałowi należy przypisać rozłączenie partnerów pary alelomorficznej, co odpowiada też w zupełności stosunkom cytologicznym dzieworodnej oogenezy u *Bacillus rossii*. Wytworzenie diploidalnego stanu, w jakim muszą być komórki dzieworodnie powstałych samic, osiąga się tu widocznie drogą autonomicznego zdwojenia haploidalnego garnituru chromosomów. W dalszych pokoleniach dzieworodnych samic naturalnie nie możemy już spodziewać się żadnego rozszczepienia.

Należy podkreślić, że diploidalne organizmy, które powstają z pierwotnie haploidalnych komórek drogą autonomicznego zdwojenia liczby chromosomów, przedstawiają pod względem genetycznym taką samą wartość, jak haplonty, ponieważ niema tu mieszania się genetycznie różnych materjałów i formy te muszą być czyste.

Podobne stosunki, jak u fasmid, były też obserwowane przez Nabours'a u pasikonika *Apotettix eurycephala* i mogą być cytologicznie interpretowane w ten sam sposób, co też wskazuje krótka notatka Robertson'a.

Jak widzimy, przykłady rozszczepienia haploidalnego wykazują bezspornie, że moment segregacji mendlowskiej przypada na okres redukcyjnej mitozy, jak tego żąda chromosomowa teorja dziedziczności, upatrująca w podziale redukcyjnym chromosomów właśnie mechanizm, rozłączający geny pary alelomorficznej.

Redukcyjny podział może jednak z tej lub owej przyczyny nie dojść do skutku i w takich przypadkach naturalnie nie możemy się spodziewać, aby segregacja cech mogła nastąpić. Te konsekwencje chromosomowej teorji dziedziczności można sprawdzić na formach, które się rozmnażają zarówno

drogą dwupłciową, jak też i partenogenetyczną, i u których podczas oogenezy jaj dzieworodnych do chromosomowej redukcji nie dochodzi (diploidalna partenogeneza). Zawdzięczając dwupłciowemu i partenogenetycznemu sposobowi rozmnażania się, możemy u tych form drogą krzyżowania otrzymać bastardy i następnie badać zachowanie się ich potomstwa w dzieworodnych pokoleniach, przyczem, równolegle z niedochodzeniem do skutku redukcyjnej mitozy, należy oczekiwać i braku rozszczepienia cech.

Doświadczenia Agar'a nad płesznicami były wykonane w celu sprawdzenia tej dedukcji. Samice dafnji produkują dwa rodzaje jaj: jedne, które po zapłodnieniu dają tylko samice, drugie zaś dzieworodne, z których rozwijają się jak samce, tak i samice. Partenogeneza jest tu diploidalna — jaja nie podlegają podziałowi redukcyjnemu, wydzielają tylko jedno ciałko kierunkowe i mają podwójny garnitur chromosomów. Agar'owi udało się skrzyżować dwa gatunki *Daphnia pulex* i *D. obtusa* i otrzymać hybrydy, które rozmnażały się u niego dzieworodnie w przeciągu 10 pokoleń, wykazując pewne stałe charakterystyczne cechy, a mianowicie: nadmierną produkcję jaj płciowych i samców, bezpłodność tych ostatnich i t. d. W tem właśnie stałem powtarzaniu się tych samych charakterystycznych odrębności jest już wyraźny dowód braku w partenogenetycznych pokoleniach segregacji genów, wywołujących te anomalje.

Dla bardziej poglądowego wyjaśnienia tych zjawisk, pozwolę sobie zwrócić uwagę Sz. Państwa na zachowanie się u tych bastardów pewnej bardzo wyraźnej cechy morfologicznej. Samce *D. pulex* posiadają dość długi wyrostek odwłokowy, natomiast u *D. obtusa* jest on bardzo mały, prawie niewidoczny. Samce pokolenia F_1 okazały się co do tej cechy pośrednie: wyrostek jest mniejszy, niż u *D. pulex*, ale większy, niż u *D obtusa*. Samice-hybrydy wydawały na świat we wszystkich obserwowanych 10 pokoleniach zawsze takich samych samców o typie pośrednim, czem zostało dobitnie wykazane, że brak redukcji chromosomowej pociąga za sobą brak rozszczepienia.

W dziedzinie świata roślinnego podobne rezultaty otrzymał już przedtem Ostenfeld, badając apogamję u bastardów pewnych gatunków *Hieracium*. Rośliny pokolenia F_1, powstałe

przez skrzyżowanie dwóch odmiennych gatunków, dają apogamnie jednolite potomstwo, wykazujące te same cechy zewnętrzne, co ich matka-bastard.

Na tem możemy zakończyć pierwszą grupę dowodów, stwierdzających słuszność teorji chromosomowej. Już tych kilka przykładów, sądzę, wystarcza, aby ocenić należycie całą doniosłość wyników, otrzymanych przez badania zjawisk rozszczepienia haploidalnego. Rezultaty krzyżowań form, u których można było przeprowadzić analizę cech w fazie haploidalnej, wykazały znakomicie, że wszelkie teoretyczne przewidywania, jakie tylko można było zrobić na gruncie teorji chromosomowej, rzeczywiście sprawdziły się. Teza czystości gamet, teza swobodnej rekombinacji genów — te dwa główne walory mendelizmu — znalazły w wynikach badań nad zachowaniem się „personifikowanych gamet“ nowe trwałe oparcie, nową trwałą moc.

Przechodzę teraz do drugiej grupy argumentów, udowadniających chromosomową teorję dziedziczności. Tutaj, jak już mówiłem, z genetycznych faktów wyciąga się wnioski co do morfologicznego podłoża tych zjawisk i następnie, na podstawie przeprowadzonych cytologicznych badań, stwierdza się słuszność tych wniosków apriorystycznych.

We wstępie omówiliśmy bieg typowego sprzężonego z płcią dziedziczenia („criss-cross“) i widzieliśmy, że u *Drosophila*, przy skrzyżowaniu białookiej samicy-mutanta z czerwonookim dzikim samcem, w potomstwie F_1 wszystkie córki są czerwonookie, jak ich ojciec, a wszyscy synowie białoocy, jak ich matka, ponieważ gen barwy oczu jest zlokalizowany w X-chromosomie, i czynnik czerwonej barwy dominuje nad białym. Tak bywa zwykle, ale nie zawsze i sprawa się komplikuje. Okazuje się bowiem, że w tych krzyżowaniach spotykają się też niedozwolone odstępstwa: wśród wielkiej ilości czerwonookich córek i białookich synów spostrzegamy też w małej liczbie białookie samice i czerwonookich samców, przyczem samce te, jak wykazują dalsze hodowle, są bezpłodne. Skąd się biorą te tak zw. „pierwotne ekstra-samice i ekstra-samce“? Bridges wpadł na myśl, że podobny nieoczekiwany wynik może być wywołany brakiem rozłączenia się („non-disjunction“) chromosomów płciowych podczas mitozy redukcyjnej, wskutek czego X-chromosomy mogą pozostać w dojrzałem jaju, albo też oba przejść

do ciałka kierunkowego[1]). Jeżeli jaje białookiej samicy, nie posiadające zupełnie płciowego chromosomu, zostaje zapłodnione przez plemnik czerwonookiego samca z *X*-chromosomem, to powinien powstać patroklinalny pierwotny ekstra-samiec o oczach czerwonych. Matroklinalna pierwotna ekstra-samica z białemi oczami, według Bridges'a, powinna być rezultatem zapłodnienia jaja typu 2 *X* (białych) przez plemnik z *Y*-chromosomem. W razie zaś zapłodnienia takiego jaja o 2 *X*-chromosomach przez plemnik z *X*-chromosomem powstaje kombinacja 3 *X*, która, o ile gen czerwonej barwy dominuje nad dwoma homologicznemi genami mutanta, powinna dać „nadsamicę" o czerwonych oczach. Co zaś do zygoty o konstytucji jeden *Y*-chromosom bez żadnego *X*-chromosomu, mogącej powstać przez zapłodnienie jaja, nieposiadającego zupełnie płciowych chromosomów, przez plemnik z *Y*-chromosomem, to Bridges sądzi, że nie jest ona zdolna do życia. (Rys. 6).

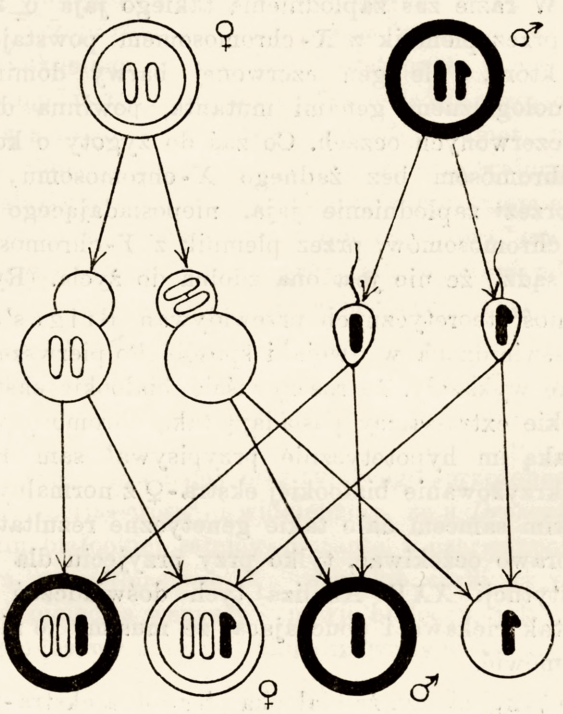
Słuszność teoretycznych przewidywań Briges'a została następnie stwierdzona w dwojaki sposób. Po pierwsze, badania cytologiczne wykazały, że rzeczywiście białookie ekstra-samice i czerwnookie extra-samcy posiadają taką chromosomową konstytucję, jaką im hypotetycznie przypisywał sam Bridges. Po wtóre, krzyżowanie białookiej ekstra-♀ z normalnym dzikim czerwonookim samcem dało takie genetyczne rezultaty, jakich mieliśmy prawo oczekiwać, tylko przy przyjęciu dla danej samicy konstytucji *XXY*. Analiza tych doświadczeń hodowlanych jest tak ciekawa i pouczająca, że musimy je nieco szczegółowiej omówić.

Skoro przyjmiemy, że białooka pierwotna ekstra-♀ posiada chromosomową konstytucję *XXY*, to oczywiście potomstwo jej z normalnym czerwonookim samcem musi być inne, niż normalnej białookiej samicy, posiadającej tylko 2 *X*. Gdy u takiej ekstra-samicy, podczas okresu synaptycznego, konjugują ojcowskie chromosomy z matczynemi, to w aparacie chromosomowym znajdują się 3 płciowe chromosomy — 2 *X* i jeden *Y*. Mogą zatem łączyć się z sobą albo oba *X*-sy, albo też jeden *X* kon-

[1]) Zawdzięczając eksperymentom Mavor'a, wiemy obecnie, że podobne zjawisko może być sztucznie wywołane za pomocą działania promieni Röntgena.

juguje z *Y*, a drugi pozostaje nieskonjugowanym, jak to wykazuje schemat (Rys. 7).

W wyniku podziału redukcyjnego muszą więc powstać 4 rodzaje jaj, mianowicie — jajo z 2 *X*, z jednym *Y*, z jednym *X* i z *XY*. We wszystkich tych przypadkach *X* zawiera w sobie czynnik „białooki". Jeżeli jaja te zostaną zapłodnione spermą czerwonookiego samca dzikiej rasy, t. j. spermą, która posiada

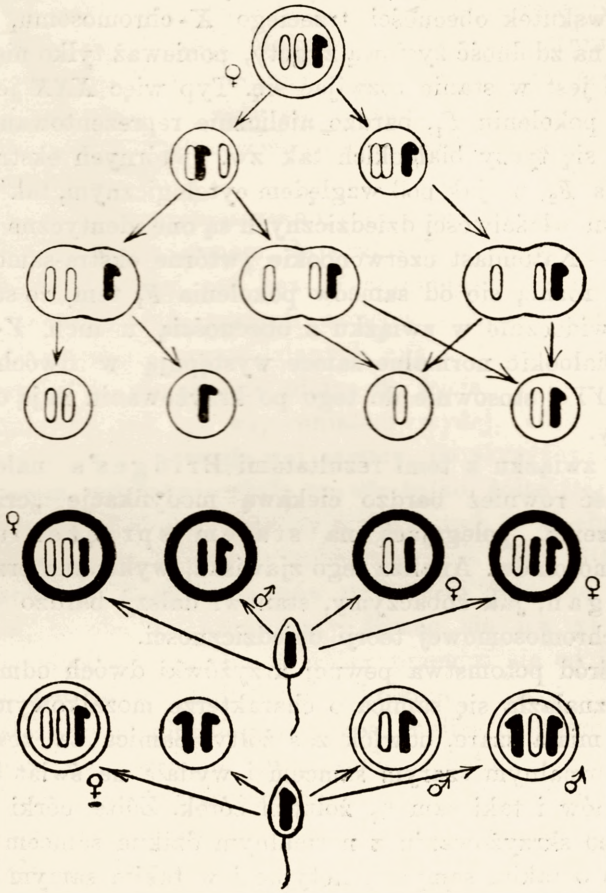


Rys. 6.

Drosophila melanogaster. Schemat przedstawiający nierozłączenie się („nondisjunction") chromosomów płciowych w oogenezie u białookiej samicy i wynikające stąd konsekwencje genetyczne po zapłodnieniu jaj o nienormalnym genomie przez plemniki czerwonookiego samca (według Bridges'a, zmodyfikowany).

50% plemników z czerwonookim *X*-chromosomem, i 50% plemników z *Y*-chromosomem, to w potomstwie powinno powstać 8 odmiennych kombinacji, jak widzimy na schemacie. Ścisła cytologiczno-genetyczna kontrola potwierdziła słuszność tych rozważań teoretycznych.

W potomstwie białookiej ekstra-samicy, t. j. w pokoleniu F_2 znalazły się osobniki o wszystkich przewidywanych geno-



Rys. 7.

Drosophila melanogaster. Schemat wtórnego nierozłączania się („secondary non-disjunction") płciowych chromosomów podczas dojrzewania jaj u białookiej pierwotnej ekstra-samicy *XXY* i powstawania 8 możliwych typów zygot przez zapłodnienie jaj tej samicy plemnikami czerwonookiego samca (według Bridges'a, zmodyfikowany).

typach, z wyjątkiem typu *YY*, który, widocznie, daje niezdolną do życia zygotę.

Wśród czerwonookich samic znajdujemy 3 typy: *XXX*, *XX* i *XXY*. Co do pierwszego z tych typów, to zasługują na

podkreślenie dwa fakty: 1. że u tych nad-samic jeden normalny czerwony gen ojcowski ma przewagę nad dwoma białemi genami matki, i 2. że zwiększenie masy X-chromosomowej substancji, wskutek obecności trzeciego X-chromosomu, wpływa ujemnie na zdolność życiową zygoty, ponieważ tylko nieznaczna ich ilość jest w stanie rozwijać się. Typ więc XXX jest tutaj, jak i w pokoleniu F_1, bardzo nielicznie reprezentowany.

Co się tyczy białookich tak zw. „wtórnych ekstra-samic" pokolenia F_2, to jak pod względem cytologicznym, tak też i pod względem właściwości dziedzicznych są one identyczne ze swoją matką. — Natomiast czerwonookie „wtórne ekstra-samce" pokolenia F_2 różnią się od samców pokolenia F_1 tem, że są płodne, co stoi widocznie w związku z obecnością u nich Y-chromosomu. Białookie normalne samce występują w dwóch typach XY i XYY i stosownie do tego po krzyżowaniu dają odmienne rezultaty.

W związku z temi rezultatami Bridges'a należy nam rozpatrzeć również bardzo ciekawą modyfikację „criss-cross" dziedziczenia, polegającą na stałem sprzężeniu dwóch X-chromosomów. Analiza tego zjawiska, wykonana przez panią L. Morgan, jak zobaczymy, stanowi dalszy bardzo poważny dowód chromosomowej teorji dziedziczności.

Wśród potomstwa pewnej krzyżówki dwóch odmian *Drosophila* znalazła się samica o charakterze mozaikowym: głowę i tułów miała szare, odwłók zaś żółty. Samica ta została pokryta normalnym szarym samcem i wydała na świat 50% szarych synów i taki sam % żółtych córek. Żółte córki ze swej strony po skrzyżowaniu z normalnym dzikim samcem dały potomstwo o takim samym fenotypie i w takim samym stosunku liczbowym (50% szarych samców i 50% żółtych samic).

Synowie mozaikowej samicy okazali się bezpłodni, natomiast wnukowie jej i prawnukowie byli płodni. Żółte wnuczki, prawnuczki i t. d. mozaikowej samicy zachowywały się zupełnie tak samo, jak jej córki. Tylko w rzadkich przypadkach w niektórych hodowlach pojawiały się nieżółte samice.

Fakty te, z których najbardziej znamiennym jest wręcz przeciwny wynik co do ubarwienia ciała, niż w klasycznem „criss-cross" dziedziczeniu, dają się z łatwością wytłumaczyć, o ile przyjmiemy następującą hypotezę.

Żółte córki mozaikowej samicy zawierają 2 *X*-chromosomy, z których każdy posiada żółty recesywny gen. Musimy przytem przyjąć, że w danym przypadku oba *X*-chromosomy pochodzą od matki, w innym bowiem razie żółta recesywna cecha nie mogłaby się ujawnić. Może to mieć miejsce naturalnie tylko wtedy, gdy oba *X*-chromosomy mozaikowej matki podczas dojrzewania jaj nie rozłączyły się i wskutek tego wytworzyły się jaja tylko z 2 *X*-chromosomami albo jaja zupełnie pozbawione tych elementów.

Jaja z 2 *X*-chromosomami, o ile zostaną zapłodnione przez plemnik z *Y*-chromosomem, dają właśnie te żółte samice o konstytucji *XXY*. Jaja zaś bez *X*-chromosomu z plemnikiem, zawierającym *X*, dają szarych samców o konstytucji *XO*. Co zaś do teoretycznie przewidzianych zygot *XXX* i zygot *Y*, należy przyjąć, że nie są one zdolne do życia.

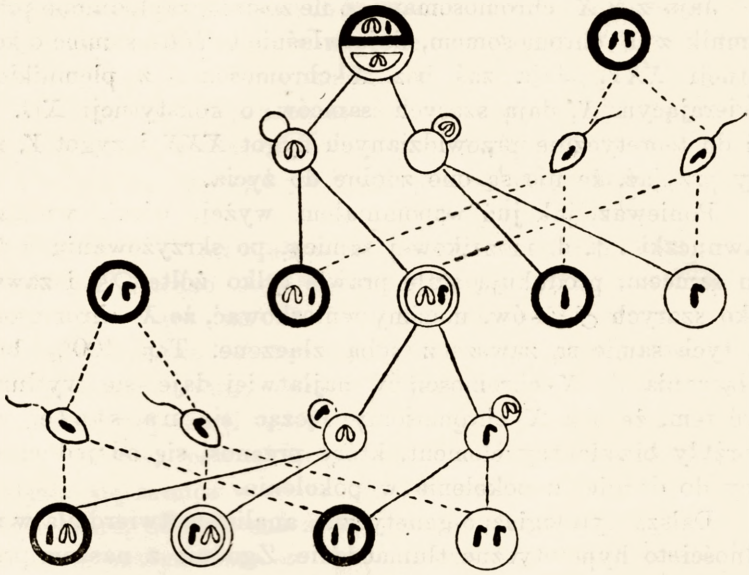
Ponieważ, jak już wspomniałem wyżej, córki, wnuczki, prawnuczki i t. d. mozaikowej samicy, po skrzyżowaniu z dzikim samcem, produkują stale prawie tylko żółte ♀♀ i zawsze tylko szarych ♂♂-ów, musimy wnioskować, że *X*-chromosomy i u tych samic są zawsze z sobą złączone. Ten 100% brak rozłączania się *X*-chromosomów najłatwiej daje się wytłumaczyć tem, że oba *X*-chromosomy, łącząc się na stałe, wytworzyły biwalentny element, który przenosi się od jednej samicy do drugiej z pokolenia w pokolenie.

Dalsza cytologiczno-genetyczna analiza potwierdziła w zupełności to hypotetyczne tłumaczenie. Zgodnie z naszem przypuszczeniem, żółte córki mozaikowej samicy powinny posiadać konstytucję *XXY* i wskutek tego produkować dwojakiego rodzaju jaja, a mianowicie *XX*-jaja i *Y*-jaja. Należy oczekiwać, że skrzyżowanie takiej podwójnie-żółtej samicy z dzikim szarym samcem może dać trojakiego rodzaju potomstwo: szare nad-samice *XX*+*X*, podwójno-żółte samice *XX*+*Y* i normalne szare samce *XY*. Zygoty *YY* już a priori możemy uważać za niezdolne do życia.

Oczekiwania te sprawdziły się, przyczem liczba szarych nad-samic była bardzo mała, co nie powinno nas dziwić, ponieważ już wiele poprzednich doświadczeń wykazało, że u *Drosophila* zygoty o konstytucji 3 *X* tylko w bardzo rzadkich przypadkach rozwijają się w dojrzałe osobniki. Z temi hodowla-

nemi rezultatami są w pełnej zgodzie badania cytologiczne. W oogonialnych mitozach podwójnie-żółtych samic rzeczywiście została ujawniona para złączonych z sobą *X*-chromosomów w postaci litery *V* i pozatem jeden *Y*-chromosom. W chromosomowym aparacie zaś szarej nad-samicy skonstatowano, oprócz dwóch połączonych z sobą *X*-chromosomów, jeszcze jeden swobodny *X*. (Rys. 8).

Niemniej silnie przemawiają za chromosomową teorją rezultaty badań nad właściwościami i zachowaniem się *Y*-chro-



Rys. 8.

Drosophila melanogaster. Schemat kompletnego nierozłączania się („complete non-disjunction") wskutek sklejania się obu *X*-chromosomów swemi zwężonemi końcami. Konstytucja chromosomowa mozaikowej samicy nie została wykazana cytologicznie, a jest przyjęta hypotetycznie na podstawie danych genetycznych (według Morgan'a, zmodyfikowany).

mosomu u *Drosophila.* Są to badania najnowszej daty i zawdzięczamy je niemieckiemu biologowi Stern'owi.

Naturalną konsekwencją chromosomowej teorji jest teza, że liczba grup sprzężenia u danego gatunku nie może przekraczać właściwej mu liczby chromosomów — nazywamy to „zasadą ograniczonej liczby grup sprzężenia". Wobec jednak faktu, że chromosomy u wyższych organizmów znajdują się

w podwójnych garniturach, tak że każde dwa chromosomy odpowiadają sobie wzajemnie, t. j. są homologiczne, liczba grup sprzężenia nie może się równać ogólnej liczbie wszystkich chromosomów obu garniturów, a tylko liczbie chromosomów jednego garnituru czyli haploidalnej liczbie chromosomów.

Przy ściślejszej analizie należy tu jednak wprowadzić pewną korektywę i nieco inaczej ująć zasadę „ograniczonej liczby grup sprzężenia", ponieważ faktycznie u gatunków, posiadających dwa odrębne płciowe chromosomy *X* i *Y*, haploidalna liczba chromosomów wynosi o jeden mniej, niż liczba różnych typów chromosomowych. U *Drosophila*, naprzykład, haploidalny garnitur składa się z 4 chromosomów, gdy tymczasem forma ta posiada 5 odmiennych pod względem jakości typów chromosomowych: 3 autosomowe i 2 idiochromosomowe *X* i *Y*.

Do niedawna, jak Państwu wiadomo, *Y*-chromosom uchodził za chromosom „pusty", t. j. taki, w którym nie daje się ujawnić żadnych czynników dziedzicznych. Obecnie kwestja ta przedstawia się inaczej, i, wobec jej ważności, pozwolę sobie przedstawić ją Sz. Państwu choć w kilku słowach, przyczem opierać się będę na pracach Stern'a.

Wśród czynników, zlokalizownnych w *X*-chromosomie, Stern zwrócił specjalną uwagę na recesywny czynnik „bobbed" (krótkoszczecinność), który pomiędzy innemi właściwościami charakteryzuje się też tem, że wywołuje u samic na głowie i tułowiu krótkie szczeciny. U samców nie daje się obserwować obecności tego czynnika.

Dla wytłumaczenia występowania tej ograniczonej płcią cechy tylko u homozygotycznych samic przyjmuje się, że *Y*-chromosom, który normalnie spotyka się tylko u samców, hamuje rozwój cechy „bobbed". To przypuszczenie może być udowodnione w trojaki sposób.

1. Gynandry, których *X*-chromosomy zawierały gen „bobbed", posiadają jak na swych żeńskich, tak i na męskich częściach ciała krótkie szczeciny. Ujawnienie się tej cechy w męskich częściach gynandrów można było przewidzieć, ponieważ, według chromosomowej teorji powstawania gynandromorfizmu u *Drosophila*, komórki męskich części ciała nie po-

siadają *Y*-chromosomu i z tej racji ten przypuszczalny hamujący wpływ *Y*-chromosomu nie mógł się ujawnić.

2. Samce o konstytucji *XO* (t. j. pierwotne ekstra-♂♂), powstałe wskutek nierozłączenia się *X*-chromosomów podczas podziału redukcyjnego i przejścia ich obu do ciałka kierunkowego, o ile zawierają w swoim *X*-chromosomie gen „bobbed", są też w swym fenotypie „bobbed", t. j. posiadają krótkie szczeciny.

3. Na odwrót, w ekstra-samicach o konstytucji *XXY* chromoson *Y* nie dopuszcza do wystąpienia krótkich szczecin, chociaż oba *X*-y zawierają czynnik „bobbed". Siostry zaś tych ekstra-samic, obdarzone krótkiemi szczecinami, posiadają w jądrach swych 2 *X* i żadnego *Y*-chromosomu.

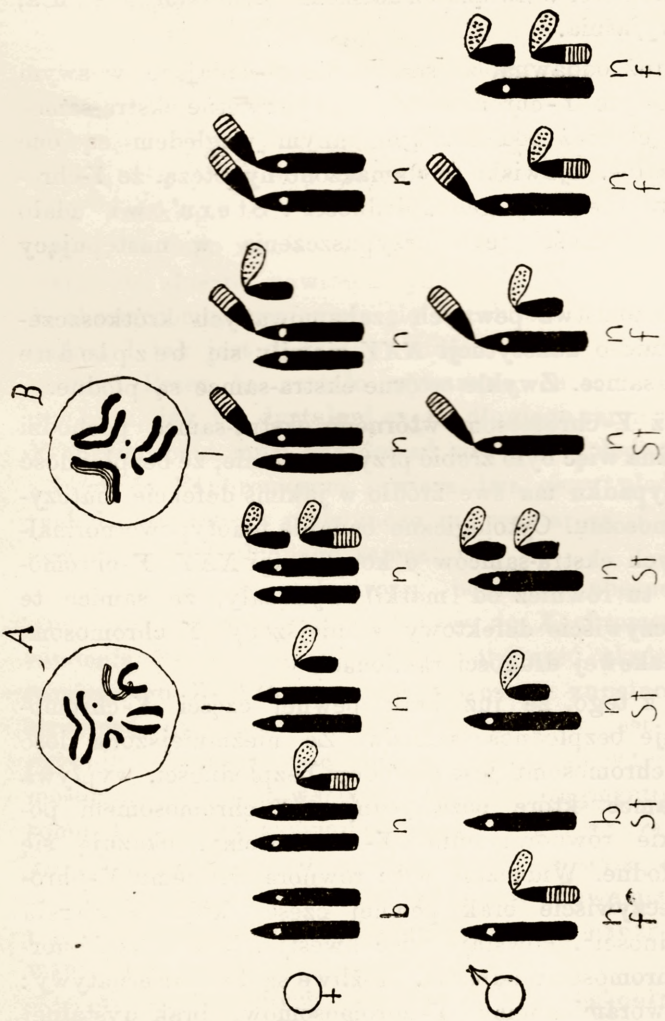
Przez te fakty rola *Y*-chromosomu u *Drosophila*, jako nosiciela pewnego specjalnego genu, dominującego nad czynnikiem „bobbed" została stwierdzona. Specjalny ten gen, wobec jego hamującego działania na czynnik „bobbed", został nazwany „supresorem" lub też normalnym alelomorfem genu „bobbed". Stern'owi udało się drogą świetnej analizy genetyczno-cytologicznej zlokalizować ten gen w *X*-chromosomie i w dalszych badaniach wykazać, że różne części chromosomu są pod względem jakościowym niejednakowe.

Pomiędzy potomstwem czystej krótkoszczecinnej odmiany *Drosophila* zjawiły się samice o szczecinach normalnych — musiały więc one zawierać „supresora". Supresor ten okazał się tu, w przeciwieństwie do ekstra-samic *XXY*, o których przed chwilą była mowa, sprzężony z genami, zawartemi w *X*-chromosomie, przyczem najbardziej ścisłe węzły łączyły go właśnie z genem „bobbed", co, w myśl teorji Morgan'a o linearnem rozmieszczeniu genów, wskazuje bezpośrednie sąsiedztwo tych dwóch czynników dziedzicznych. Miejsce genu „bobbed" było już przedtem ustalone na podstawie danych genetycznych i zaznaczone na mapie chromosomu *X* u zwężonego końca tego chromosomu, t. j. w tym końcu chromosomu, który podczas metafazy jest zwrócony ku środkowi płytki równikowej.

Zbadanie cytologiczne tych samic wykazało, że jeden z ich *X*-chromosomów posiada u swego zwężonego obróconego ku środkowi płytki końca niewielki dodatek chromosomowy,

który słusznie został uznany przez Stern'a za fragment *Y*-chromosomu. (Rys. 9).

Przez ten fakt po raz pierwszy zostało stwierdzone, że ustalone teoretycznie, na podstawie danych genetycznych, miej-



Rys. 9.

Drosophila melanogaster. U góry, płytki równikowe podziałów oogonjalnych. *A*, aparat chromosomowy zawiera normalny zespół autosomów, 2 *X*-chromosomy i równoramienny fragment *Y*-chromosomu; *B*, aparat chromosomowy zawiera normalny zespół autosomów, 2 *X*-chromosomy i długie ramię *Y*-chromosomu, przyczepione do zwężonego końca jednego z *X*-chromosomów (według Stern'a). — U dołu, schemat chromosomów płciowych w zbadanych przez Stern'a krótkoszczecinowych i normalnoszczecinowych osobnikach. — *X*-chromosomy — czarne; białe punkty u zwężonego końca oznacza miejsce, w którem ma się znajdować gen krótkoszczecinności („bobbed"). — *Y*-chromosom składa się z trzech części: część czarna zawiera normalny allelomorf („supressor") genu „bobbed"; część kropkowana mieści w sobie jeden gen płodności, a część sztrychowana — drugi taki gen. — Litera *b* oznacza fenotyp „bobbed", litera *n* — fenotyp normalny, litera *f* — płodny, litery *st* — bezpłodny (według Bělar'a).

sce, „locus", dla danego genu nie jest bynajmniej tylko wyrazem pewnego stosunku tego genu do innych genów, ale przedstawia prawdziwą stereometryczną rzeczywistość. Innemi słowy, zostało dowiedzione, że określone czynniki dziedziczne są zlo-

kalizowane w ściśle określonych częściach ściśle określonego chromosomu.

Co zaś do miejsca zajmowanego w *Y*-chromosomie przez gen „supresor“, to wyniki powyższych badań nie dają jeszcze odpowiedzi i dopiero, w związku z dalszemi badaniami Stern'a, kwestja się wyjaśnia.

Wiemy już oddawna, że samce, nie posiadające w swym aparacie jądrowym *Y*-chromosomu, t. j. pierwotne ekstra-samce są bezpłodne, chociaż pod każdym innym względem są one zupełnie normalne. Zjawisko to tłumaczono hypotezą, że *Y*-chromosom zawiera specjalny gen „płodności“. Stern'owi udało się dowieść słuszności tego przypuszczenia w następujący sposób.

Wśród potomstwa pewnych „zahamowanych krótkoszczecinowych“ samic o konstytucji *XXY* zjawiły się bezpłodne wtórne ekstra-samce. Zwykle wtórne ekstra-samce są płodne.

Ponieważ *Y*-chromosom wtórnego ekstra-samca pochodzi od matki, można więc było zrobić przypuszczenie, że bezpłodność w danym przypadku ma swe źródło w jakimś defekcie matczynego *Y*-chromosomu. Cytologiczne badania fenotypowo normalnych sióstr tych ekstra-samców o konstytucji *XXY* (*Y*-chromosom pochodzi tu również od matki) wykazały, że samice te zawierają rzeczywiście defektowy zmniejszony *Y*-chromosom, o dwóch jednakowej długości ramionach.

Wynika z tego, że już brak pewnej części *Y*-chromosomu wywołuje bezpłodność samców. Że niezmniejszona ilość substancji *Y*-chromosomu jest powodem bezpłodności, wypływa z faktu, że samce, które poza jednym *X*-chromosomem posiadają 2 takie równoramienne *Y*-chromosomy, okazują się również bezpłodne. Widocznie więc równoramiennemu *Y*-chromosomowi rzeczywiście brak pewnej części, która zawierała czynnik „płodności“. Powstaje więc kwestja, jaka to część normalnego *Y*-chromosomu odpadła. Możliwe są dwie alternatywy: albo jednakoworamiennemu *Y*-chromosomowi brak dystalnej części długiego ramienia normalnego *Y*-chromosomu, albo też skrócony *Y*-chromosom odpowiada całemu długiemu ramieniu normalnego *Y*-chromosomu, przytem ramię to zostało wtórnie zachylone pośrodku.

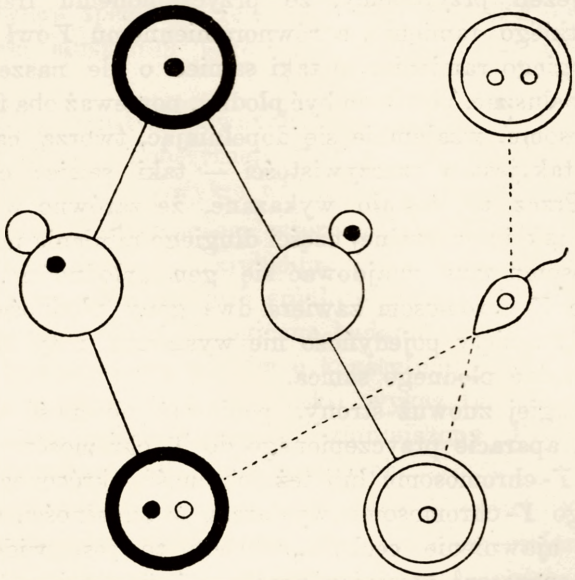
Odpowiedź na pytanie, która z tych dwóch alternatyw jest zgodna z rzeczywistością, dają nam następujące obserwacje i refleksje.

Samce, które posiadały tylko jeden *X*-chromosom z przyczepionym do niego fragmentem *Y*-chromosomu, były, jak widzieliśmy, bezpłodne, natomiast samce, które pozatem posiadały jeszcze jeden cały *Y*-chromosom, były płodne. Dalej, w przypadku, gdy komórki samca zawierają, oprócz *X*-chromosomu z przyczepionym *Y*-fragmentem, jeszcze równoramienny *Y*-chromosom, jeżeli przyjmiemy, że przyczepionemu fragmentowi brak krótkiego ramienia, a równoramiennemu *Y*-owi dystalnej części długiego ramienia, to taki samiec o ile nasze rozumowanie jest słuszne, powinien być płodny, ponieważ oba fragmenty *Y*-chromosomu, wzajemnie się dopełniając, tworzą całość normalną. I tak jest w rzeczywistości — taki samiec okazał się płodny. Przez to zostało wykazane, że zarówno w krótkiem ramieniu, jak i w dystalnej części długiego ramienia normalnego *Y*-chromosomu musi znajdować się gen „płodności". Wynika z tego, że *Y*-chromosom zawiera dwa geny płodności, z których każdy wzięty pojedyńczo nie wystarcza i tylko oba razem mogą dać płodnego samca.

Z drugiej znowuż strony, ponieważ obecność w chromosomowym aparacie przyczepionego do *X*-chromosomu długiego ramienia *Y*-chromosomu lub też obecność skróconego równoramiennego *Y*-chromosomu wystarcza w zupełności, aby powstrzymać ujawnienie cechy „bobbed", to jest widoczne, że czynnik „supresor" powinien znajdować się w tej części *Y*-chromosomu, która jest wspólną tym obu fragmentom *Y*-chromosomu, t. j. w proksymalnej części długiego ramienia. Mapa *Y*-chromosomu u *Drosophila*, która została skonstruowana w odmienny sposób, niż znane chromosomowe mapy Morgana i jego współpracowników, przedstawia się nader nieskomplikowanie, jak to pokazuje rysunek 9.

W przytoczonych przykładach został skonstatowany kompletny paralelizm pomiędzy nieoczekiwanemi wynikami genetycznemi, a zaburzeniami karyologicznemi w stosunku do płciowych chromosomów. Niedawnemi też czasy udało się Bridges'owi przeprowadzić podobną analizę i co do pewnego autosomu, a mianowicie odnośnie do małego chromosomu IV

u *Drosophila*. Bridges natrafił na muchy, które zachowywały się tak, jak gdyby geny, zlokalizowane w jednym z chromosomów IV pary, wypadły. Gdy się krzyżuje takie osobniki z rasą, wykazującą cechę recesywną, uzależnioną od genów IV pary chromosomów, np. od genu „eyeless" (brak oczu) połowa osobników w pokoleniu F_1 ujawnia ową cechę recesywną. Stąd wniosek, że są to osobniki powstałe z połączenia gamety, pozbawionej chromosomu IV, z gametą, niosącą w chromosomie IV gen recesywny. Pseudo-dominancja cechy recesywnej



Rys. 10.

Drosophila melanogaster. Schemat zachowania się chromosomów IV pary w krzyżówce samicy haplo-IV z homozygotycznym — „eyeless" samcem. Chromosomy zawierające recessywny „eyeless"-gen są zaznaczone tylko konturami, chromosomy zaś niosące dominujący alelomorf genu-„eyeless" są czarne (według Morgan'a, zmodyfikowany).

jest tu wynikiem braku w zygocie normalnego alelomorfu. I tutaj znowu badania cytologiczne potwierdziły znakomicie wnioski genetyczne — muchy te okazały się haplo-IV. (Rys. 10).

Jak przedtem dla *X*-chromosomu i *Y*-chromosomu, tak teraz dla pewnego określonego autosomu widzimy, że został zdobyty dowód, stwierdzający, iż przypisywane temu chromo-

somowi na podstawie analizy genetycznej czynniki dziedziczne są rzeczywiście w nim właśnie zlokalizowane.

Siła tego dowodu zwiększa się jeszcze bardziej wobec faktu, że udało się otrzymać muchy z 3-ma małemi chromosomami (triplo-IV).

Przy tworzeniu się gamet bez IV-chromosomu, wskutek nierozłączania się partnerów podczas podziału redukcyjnego, muszą powstać też gamety o dwóch małych chromosomach, które przy normalnem zapłodnieniu dają owady triplo-IV. Badania cytologiczne przeprowadzone nad muchami, które według genetycznych danych powinne były być triplo-IV, wykazały rzeczywiście w jądrowym aparacie 3 małe chromosomy.

W związku z tym przykładem triploidalności w stosunku do jednego chromosomu należy nam poruszyć jeszcze jeden fakt, przemawiający bardzo na korzyść chromosomowej teorji i analizowany również przez Bridges'a.

Na skutek przypadkowego tworzenia się diploidalnych jaj zamiast normalnych haploidalnych, mogą powstawać po zapłodnieniu triploidalne osobniki, posiadające każdy chromosom w liczbie potrójnej. W tych warunkach oczywiście cechy, których dziedziczenie się bada, muszą się zupełnie inaczej zachowywać, niż w zwykłych warunkach. Musi to wszak pociągnąć za sobą większą różnorodność w konstytucjach gamet, należy też oczekiwać zaburzeń w procesie wymiany genów, jak również zmian w stosunkach dominancji (dwa recesywne geny mogą stłumić jeden dominujący). Te teoretyczne przypuszczenia zostały też rzeczywiście udowodnione i to nietylko w stosunku do płciowych chromosomów i IV pary, ale też i dla chromosomów II i III pary, tak że obecnie w stosunku do wszystkich chromosomów jest już ściśle ustalone, że odpowiednie geny są rzeczywiście umieszczone właśnie w tych chromosomach, w których przypuszczano na podstawie danych genetycznych, że się tam znajdują.

Pomimo paralelizmu, jaki istnieje pomiędzy wynikami badań cytologicznych i rezultatami doświadczeń genetycznych, pomimo wzajemnego dopełniania się cytologji genetyką i genetyki cytologją, musimy tu zrobić pewne zastrzeżenie.

Podczas opracowywania niektórych zagadnień dziedziczności, okazuje się coraz częściej, że genetyka wyprzedza cyto-

logję. Należy to rozumieć w ten sposób, że interpretacja wniosków doświadczalnych w bardzo wielu przypadkach dała już zupełnie konkretne pojęcie o cytologicznej podstawie obserwowanych zjawisk, natomiast brak tu jeszcze bezpośredniego cytologicznego potwierdzenia.

Uwaga ta stosuje się przedewszystkiem do zjawisk wymiany czynników („crossing-over") i wypadania genów („deficiency").

Co do pierwszego zjawiska, to jak Państwu wiadomo, wielu autorów (Janssens, Morgan, Chodat i in.) widzi w pewnych obrazach strepsynemy, diakinezy a nawet metafazy I morfologiczny wyraz wymiany pomiędzy parakonjugantami segmentów, zawierających lineąrnie rozmieszczone homologiczne geny. Inni znów autorowie (Seiler, Haniel) opisują u pewnych form rozpadanie się chromosomów na oddzielne odcinki, które podczas podziału redukcyjnego zachowują się jako samodzielne chromosomy, i wskutek tego w komórkach potomnych mogą się znaleźć w różnych kombinacjach część odcinków ojcowskiego chromosomu i część odcinków homologicznego matczynego chromosomu. Wszystko to jednak nie stanowi jeszcze prawdziwego dowodu cytologicznego.

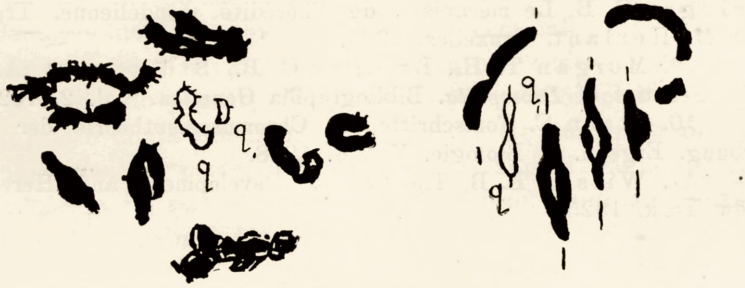
Co do drugiego zjawiska, wypadania genów, to usiłowania cytologów wykrycia odpowiedniego morfologicznego dowodu w postaci skróconych chromosomów wciąż nie dawały wyników i dopiero w ostatnich czasach Painter opisał w jądrowym aparacie myszy brak pewnej części określonego chromosomu, i brak ten, jego zdaniem, znajduje się w związku przyczynowym z wypadnięciem odpowiednich genów.

W F_1 pokoleniu krzyżówki normalnej myszy z myszą tańczącą zjawił się tańczący osobnik, chociaż cecha tańca jest recesywną. Genetyczna analiza wykazała, że temu mieszańcowi (była to samica) brak normalnego alelomorfu (symbol *V*), i że połowa produkowanych przez niego gamet jest pozbawiona zarówno normalnego genu *V*, jak też i recesywnego genu tańca (symbol *v*). Można więc było suponować, że u tej samicy, jak również w części jej potomstwa (o konstytucji „*VO*") albo brak całego chromosomu, w którym jest umieszczony normalny gen *V*, albo też ta część chromosomu, która zawiera ten czynnik, została sparaliżowana w swych czynnościach lub też zupełnie odpadła.

Painter zbadał mitozy spermatogonjów i podziałów dojrzewania tańczących męskich potomków tej samicy i rzeczywiście skonstatował, że jeden z chromosomów jest krótszy, niż jego homologiczny partner. Brak więc normalnego genu *V* tłumaczy się utraceniem przez odpowiedni chromosom tej właśnie części, w której gen ten był zlokalizowany. (Rys. 11).

Cały czas mówiłem Państwu o chromosomach i sądzę, że tych kilka przykładów wystarczyło, aby wykazać jak poważne miejsce w cytologji zajmują studja nad chromosomami, co one nam już dały i w jakim kierunku powinny iść dalsze prace. Nie oznacza to jednak bynajmniej, aby inne składniki komórki nie zasługiwały też na baczną uwagę cytologów i genetyków.

Przeciwnie, wewnętrzna organizacja cytoplazmy, tego specyficznego substratu, w którym geny, zawarte w chromosomach,



Rys. 11.

Mysz. Samiec „*VO*". *A.* — Diakineza. Geminus q—q_1 składa się z niejednakowej wielkości partnerów. — *B.* Metafaza I podziału dojrzewania (według Painter'a).

rozwijają swą twórczą działalność, powinna budzić jak największe zainteresowanie badaczy.

Bo chociaż jest faktem stwierdzonym, że cytoplazma kształtuje się i różnicuje się pod wpływem chromatyny, tem niemniej jednak istnieją też dane pozytywne, że plazma ze swej strony, stosownie do osiągniętej organizacji, w różny sposób oddziaływa na chromatynę i reguluje czynności genów, faworyzując jedne, paraliżując drugie. Lecz o tem Państwo usłyszą z ust kompetentnych mojej Szanownej Koreferentki profesora pani Skalińskiej.

LITERATURA[1]).

1. Baehr V. B. Bon de. La spermatogenèse et l'ovogenèse chez le *Saccocirrus major*, suivies d'une discussion générale sur le mécanisme de la réduction chromatique. La Cellule. Vol. 30. 1920.

2. Baehr V. B. Bon de. Dziedziczność i płeć w świetle cytologji i genetyki. Prace Komisji Matem. Przyrod. Tow. Przyjaciół Nauk w Poznaniu. Vol. 1. 1921.

3. Baehr V. B. Bon de. Sur les bases cytologiques de l'hérédité. Volume jubilaire V. Grégoire. La Cellule. Vol. 36. 1925.

3. Bělar K. Die cytologischen Grundlagen der Vererbung. Berlin 1928.

5. Crew F. A. E. The Genetics of Sexuality in Animals. Cambridge University Press. 1927.

6. Goldschmidt R. Einführung in die Vererbungswissenschaft. Berlin. 1928.

7. Malinowski E. Dziedziczność i zmienność. Lwów 1927.

8. Morgan T. H., Sturtevant A. H., Muller H. G., Bridges C. B. Le mécanisme de l'hérédité mendélienne. Traduit par M. Herlant. Bruxelles. 1923.

9. Morgan T. H., Bridges C. B., Sturtevant A. H. The Genetics of *Drosophila*. Bibliographia Genetica. Vol. 2. 1925.

10. Stern C. Fortschritte der Chromosomentheorie der Vererbung. Ergebn. d. Biologie. Vol. 4. 1928.

11. Wilson E. B. The Cell in Development and Heredity. New York. 1925.

---

[1]) Spis literatury zawiera tylko dzieła o charakterze syntetycznym. W dziełach tych czytelnik znajdzie też wszelkie dane, tyczące się omawianych przez prelegenta prac specjalnych.

WŁODZIMIERZ KOSKOWSKI

Znaczenie medycyny jako nauki*).

„Któryż rodzaj umiejętności może bliżej interesować człowieka jak sztuka lekarska“ — pisał Jędrzej Śniadecki przed przeszło 120 laty. „Nauka ta sposobem wszystkich innych wiadomości ludzkich powolnie bardzo wzrastała, przymuszona przedzierać się z największą trudnością przez nieskończone manowce błędu do prawdy. Rzadkie genjusze, których tak ważna umiejętność miała niemało, przyczyniały się następnie raz do jej objaśnienia i postępu, drugi raz do zagmatwania prawdy i pogrążenia jej tem głębiej w odmęcie fałszu. Czytając uważnie jej historję widzimy, że niemasz żadnego rodzaju wiadomości ludzkich, któreby tylu odmianom, wzruszeniom i rewolucjom podpadły“.

Zachować zdrowie i leczyć choroby to jest problem, który medycyna postawiła sobie od początku swego istnienia.

Ludzkość usiłowała leczyć przez sposoby empiryczne i mistyczne i to nieprzerwanie od czasów przedhistorycznych. Wtedy to już medycyna, przybywając z Indyj przeszła do Egiptu i stąd — najprawdopodobniej dzięki Fenicjanom — do Grecji.

W Grecji przechodzi złoty okres pod patronatem Apollina, boga medycyny. Tak samo w Rzymie. Jest jednak w upadku w wiekach średnich i dopiero koniec wieku XV i początek XVI tworzą nową erę jej historji. Następuje teraz odrodzenie medycyny greckiej — ruch wsteczny, bo od Galena medycyna nic naprzód nie poszła.

---

*) Wykład wygłoszony na inauguracji roku akademickiego U. J. K. w dniu 19 października 1929.

Choroby epidemiczne w tej epoce zajmują uwagę lekarzy. Wiek XVI jest to zresztą ciężki dla medycyny okres. Niema jednego roku, by jakakolwiek część Europy wolna była od dżumy. Klęska to zresztą nie nowa, gdyż w wieku XIV w słabo jeszcze zaludnionej Europie zmarło 25,000.000 ludzi. Grypa szerzy się w Niemczech i Francji. Malarja grasuje. Dziwić się też nie należy, że wobec wszelkiego rodzaju epidemij myślano o problemie zakażenia i starano się go już wówczas rozwiązać.

Erudyci Odrodzenia, czyniąc bilans starożytności, jednocześnie likwidowali naukę lekarską grecką, rzymską i arabską i wprowadzali własne systemy. Utrwala się zatem anatomja, chirurgja, praktycy opisują coraz to nowe postaci chorób, uczeni tworzą botanikę lekarską. Fizjologji nie dotykają, będzie ona dziełem wieku następnego. Reformatorzy z Paracelsem na czele wprowadzają do nauk biologicznych pojęcia chemiczne, wielką nowość epoki.

Stosunek lekarzy i chemików zawiązywać się zaczyna na gruncie alchemji.

Alchemja była kombinacją spekulacyj metafizycznych z surową chemją eksperymentalną, a wśród wielu swych celów miała nie tylko przemianę niższych metali w złoto, a więc zniszczenie „wielkiej choroby, jaką jest nędza“, lecz także leczenie chorób cielesnych i stworzenie „doskonałego zdrowia i długiego życia“. Poszukiwanie więc przez długi okres alchemiczny „eliksyru nieśmiertelnego zdrowia“ świadczy o dążeniu lekarskiem alchemji. Celem jej było przygotowanie leków i to leków mineralnych, które „miały być cenniejsze aniżeli środki lecznicze roślinne dawnych lekarzy“.

Dzisiaj współcześni alchemicy realizują w sposób niezwykły marzenia swych poprzedników. Możnaby tutaj przytoczyć zdanie Panetha o prawdach chemicznych i lekarskich co do nowoczesnego kamienia mądrości, jakim jest rad. „Widzimy, że rad posiada pierwszą i główną własność przypisywaną kamieniowi filozoficznemu: ma zdolność przemiany swoich elementów, nie wytwarza jednak złota. Ma też i inne cechy swego poprzednika, jest bardzo cenny w leczeniu ciężkich chorób a jednak nie wystarczającym środkiem we wszystkich chorobach“.

Zaczyna się więc ścisła łączność chemji i medycyny w okresie, gdy surowa chemja była jeszcze uwikłana w tradycje alchemji.

Impuls dany przez Paracelsa w w. XVI do studjów chemicznych, które stworzyły podstawę do głoszenia, że procesy odbywające się w ustroju zwierzęcym są chemiczne w swej naturze i impuls dany przez Vesaliusza do studjów anatomicznych — prowadzą do badań fizjologicznych, które nie są już w dziedzinie metafizyki, lecz doprowadzają do kapitalnego w historji nauk lekarskich odkrycia krążenia krwi. Odkrycie to opiera się na prawach mechaniki i hydrauliki czyli na jatromechanizmie. Jatro-chemicy i mechanicy dążą przez dyskusje do realizowania ich idei, a umysły bardziej spokojne, mniej systematyczne — tradycjonalistyczne, trzymają się poza debatami, uprawiając przedewszystkiem medycynę kliniczną i przyjmując odkrycia fizyki i chemji. Tradycjonaliści badają wpływ leków na zwierzętach, zastrzykując je dożylnie, i rozważają, czy można leczyć ludzi przez dożylne stosowanie środków leczniczych.

Mechanicy występują przeciw doktrynom chemicznym, a w swej jednostronności przypisują wszelkie objawy życia mechanice i hydraulice. Dominuje u nich wpływ fizyki, tembardziej że jest to okres odkrycia barometru, termometru i teleskopu.

Zresztą jest to czas niejako przygotowania do ery następnej, ery — z jednej strony syntezy chemicznej, z drugiej ścisłego złączenia fizyki z fizjologją. Chemja i fizyka włączone zostają w strukturę nauk biologicznych i lekarskich. Pod wpływem eksperymentalizmu Bacona, mechanicyzmu Kartezjusza i kalkulacji analitycznej Newtona, a szczególnie dzięki odkryciu krążenia krwi przez Harveya, umysł lekarski przeszedł ewolucję zupełną.

Wiek XIX to już nowa medycyna, związana coprawda z wiekami poprzedniemi, lecz utrwalająca się na zasadach racjonalnych — naukowych. Anatomja ogólna i patologiczna, biochemja, mikrobiologja, a nadewszystko medycyna eksperymentalna dają podstawę nowoczesnej medycyny klinicznej. Nigdy i w żadnym okresie rozwoju nauk nie spotkano takiego wzrostu odkryć w naukach biologicznych. Wszystkie narody, posiadające jaką taką kulturę, biorą w tem udział.

A i ta medycyna wczorajsza jest już dzisiaj nauką bardzo odległą. Zjawiają się coraz bardziej subtelne sposoby do badania czynności narządów, do określenia ich struktury. Wchodzą w grę pojęcia mikrofizyczne w tłumaczeniu wielu podstawowych procesów życiowych. Chemja fizyczna stwarza podstawy dla pewnych pojęć w medycynie i biologji, służy do wytłumaczenia wielu mechanizmów działania leków. Postawienie przez Gibbsa teorji powierzchni na podstawach naukowych nabiera fundamentalnego znaczenia w biologji. Natura, jak się okazuje, znalazła sposób wytwarzania wielkich powierzchni przez nagromadzenie licznych komórek. Dla przykładu jedynie podajemy, że jeśli wagę mięśni człowieka dorosłego przyjmiemy na 50 *kg* a ilość drobnych naczyniek krwionośnych czyli kapilarów na 2.000 na 1 mm^2 mięśnia, to całkowita długość kapilarów tylko naszych mięśni wyniesie 100.000 *km* a całkowita ich powierzchnia 6.300 m^2. Powierzchnia wewnętrzna pęcherzyków płucnych wynosi 100 m^2, co wystarczyłoby, jak się ktoś wyraził, na 10 męzkich ubrań. Dzięki tym własnościom odbywają się procesy dyfuzji niezbędne do podtrzymania życia. I gdzieindziej w ustroju ludzkim czy zwierzęcym znajdujemy olbrzymie powierzchnie, dzięki którym uruchomione zostają mechanizmy wchłaniania pokarmów, wydzielania gruczołów, wydalania i t. d. Odkrycia chemji biologicznej i fizyki ustaliły związek ścisły, harmonję idealną między czynnością życiową a natężeniem objawów fizyko-chemicznych.

To są fakty nie ulegające wątpliwości, jednak biologowie, pamiętając ambitne usiłowania jatro-fizyków i jatro-mechaników XVII w., by zredukować fizjologję do fizyki i „ozdobić ją i wzbogacić przez matematyczną demonstrację“ czują, że mimo wszystko fizyko-chemiczne prawa, podobnie jak i matematyczne doktryny z przed 300 laty, nie zawsze mogą rozwikłać przez fundamentalne równania przejawy życia naszego.

Znaczenie zależności różnych mechanizmów od uregulowanych czynności i zharmonizowanego sposobu, w którym te mechanizmy współdziałają w rozwoju i wzroście osobnika od wczesnego życia zarodkowego aż do kresu życia, zwraca uwagę na współdziałanie narządów i planowy zakres ich czynności. Dawna medycyna uważała, że harmonja ta zależy od układu nerwowego wyłącznie, a wszystkie inne systemy były tylko poto,

by mu służyć (Cuvier). U Paracelsa jednak znajdujemy już początki koncepcji o t. zw. wydzielaniu wewnętrznem. „W ustroju ludzkim znajduje się naturalna apteka, w której znaleźć można wszystko, podobnie jak w świecie zewnętrznym (makrokosmosie), złe i dobre, proste i złożone. Jak w makrokosmosie są apteki i lekarze, tak i mikrokosmosie są niewidoczne apteki i niewidoczni lekarze, którzy przepisują, rozdają i administrują lekami zależnie od potrzeby". Problem leczenia przez naturę przewija się zresztą w pojęciach lekarzy od 1.000 lat. W ostatnich latach 70-ciu odkrycia chemiczne i fizjologiczne rzuciły nowe światło na sposób komunikacji pomiędzy narządami i na koordynację ich czynności. Znamy już dzisiaj tę niezwykłą służbę pocztową. Małe pakiety chemicznych ciał — zwanych hormonami — wysyłane są przez specjalne gruczoły i niesione prądem krwi do miejsc ich przeznaczenia. Serce np. produkuje ciała, które wpływają na szybkość jego skurczów. Bezwodnik węglowy, wydzielany przez tkanki, wpływa na sprawność aparatu oddechowego. Sok wyciśnięty z serca zarodka kurzego zawiera substancje, które umożliwiają wzrost tego serca poza organizmem t. zn. po wycięciu go w całości lub jego fragmentu. Dzięki tym ciałom uzyskano (Carrel) od r. 1912 prawie 3.000 generacyj hodowanych poza organizmem fragmentów serca zarodka kurzego. Fragment więc rozwija się bez końca dzięki tym właśnie hormonom. Regulują one kompleks chemicznych procesów niezbędnych do życia i rozmnażania komórek.

I do odżywiania zresztą potrzebujemy, prócz ciał niezbędnych do budowy tkanek i energji, ciał zwanych witaminami, które można nazwać hormonami pochodzenia roślinnego, wyzwalanemi w ustroju ludzkim z pokarmów.

Nie było może bardziej fascynującej historji w odkryciach biologicznych jak właśnie odkrycie czynności tych t. zw. gruczołów o wydzielaniu wewnętrznem. Niektóre z ciał czynnych znamy, inne poznajemy. Posiadamy w nich cudowne środki lecznicze. Dalej, przypuszczamy, że różnicowanie się rodzaju ludzkiego na typy zależy od różnicującej się czynności gruczołów o wydzielaniu wewnętrznem. Doświadczenie lekarskie i eksperymenty wskazują, że rozliczne zboczenia od normy, jeżeli chodzi o strukturę ciała ludzkiego, układ twarzy, ogólną

przemianę materji, typ mentalności, intelektu, może mieć swe wytłumaczenie w nadmiernej lub niedostatecznej czynności tych gruczołów i w braku harmonji w ich współdziałaniu. Powstanie typu ustroju wyższego jest w znacznej mierze wyrazem gry gruczołów o wewnętrznem wydzielaniu.

Przykłady powyższe świadczą o tem, że medycyna staje się nauką i to głównie dzięki podstawom eksperymentalnym, które wchodzą w grę w miejsce dawnego empiryzmu i obserwacji. Metoda eksperymentalna nie jest niczem innem jak rozumowaniem, dzięki któremu opieramy metodycznie nasze ideje na doświadczeniu faktów. Porzucając zatem formy systemów i przechodząc na drogę analityczną, medycyna weszła stopniowo w zakres metod badania wspólnych innym naukom eksperymentalnym i sama stała się nauką.

Człowiek może obserwować zjawiska, które go otaczają tylko w granicach ograniczonych. Wiele uchodzi jego zmysłom. Potrzebuje aparatów specjalnych do zaobserwowania i rejestrowania zjawisk. Człowiekowi jednak nie wystarcza je widzieć, on chce poznać znaczenie objawów, które spostrzegł przez obserwację. Rozumuje więc, porównuje, eksperymentuje i to jest jedyny sposób, przez który poznać może istotę zjawiska. Szuka określonych warunków materjalnych, które regulują zjawianie się procesów życiowych, bada ustalone prawa, które normują porządek i formę.

Można odkryć prawa materji martwej, drążąc w głąb ciał inertnych. Nie można poznać praw i własności materji żyjącej, jak tylko przez poznanie środowiska wewnętrznego. Dlatego też obok sekcyj anatomicznych czyniono oddawna sekcje żywych, jedynie po to, by móc odkryć i widzieć funkcjonowanie części wewnętrznych ustroju.

We wszystkich epokach odczuwano tę prawdę, że niema możliwego badania w medycynie naukowej bez operacyj, zwanych wiwisekcjami. Czyniono je dawniej w sposób barbarzyński, dzisiaj natomiast z poznaniem środków znieczulających zmienił się zasadniczo sposób ich wykonywania. Dawniej królowie perscy oddawali skazanych na śmierć lekarzom, by czynili wiwisekcje pożyteczne ich nauce. Attalus III, król Pergamu w II w. przed Chr. eksperymentował na skazańcach działanie trucizn i antidotów. Wielki książę Toskanji oddał Fallopju-

szowi, profesorowi anatomji w Pizie, zbrodniarzy do dowolnych doświadczeń. Znana jest historja łucznika z Meudon, który uzyskał łaskę, gdyż wykonano na nim dla eksperymentu operację wycięcia nerki.

Czy mamy prawo robić wiwisekcje na człowieku? Codziennie lekarz stosuje różnemi metodami środki lecznicze, chirurg robi wiwisekcje na swych operowanych. Można więc, a nawet lekarz ma ten obowiązek zawsze, gdy chodzi o uratowanie życia, uzdrowienie lub wogóle dla korzyści chorego. Na tem przecież polega zasada etyki lekarskiej, by nie robić na człowieku oddanym w opiekę doświadczeń szkodliwych, choćby nawet wynik naukowy bardzo interesujący mógł służyć dla zdrowia innych. Tutaj lekarze tę stronę doświadczeń najczęściej biorą na siebie. Szczepienie chorób dla poznania ich mechanizmu, badanie sposobów leczniczych w imię dobra ludzkości dały w medycynie nowoczesnej znakomite odkrycia, lecz niestety pochłonęły i pochłaniają wiele ofiar z pośród tych właśnie badaczy.

Czy można eksperymentować na skazańcach? Robiono doświadczenia na nich, ofiarowując w zamian za to łaskę. Współczesne jednak poglądy moralne nie pozwalają na ten sposób eksperymentowania. Pożyteczne natomiast jest badanie właściwości narządów i tkanek bezpośrednio po wykonaniu wyroku, przyczynić się to bowiem może do poznania mechanizmu zjawisk życiowych. Świadczą o tem nawet przykłady z historji. Po okresie terroru a więc bezpośrednio po tem, gdy publicznie palono pergaminy z bibljoteki królewskiej, kiedy Chabot, przedtem kapucyn a teraz słynny członek trybunału mówił, że „nie lubi uczonych“, gdy odmawiano certyfikatu obywatelstwa „robiącym książki“, kiedy ze sfer rządzących mówiono do Lavoisiera, że Republika „nie potrzebuje chemików“, kiedy inteligencja była prześladowana a nauka podejrzana, na tem tle i wśród takich nastrojów rozpoczyna się dysputa naukowa pomiędzy lekarzami na temat humanitarności działania gilotyny. Jedni twierdzili, że gilotyna to straszny zabieg, albowiem okropność jego przedłuża się przez przeżywanie głowy po odcięciu od tułowia. Wtedy już wykonywano doświadczenia na odciętych głowach kogutów i jaszczurek, przekonywując się, że mogą wykonywać ruchy gryzące, co przy-

pisywano istniejącej jeszcze wrażliwości nerwowej. Zresztą publicznie obserwowano, że odcięte przez kata głowy skazańców wykonywały ruchy powiek, oczu i warg, co miało świadczyć o tem, że „myśl jeszcze nie wygasła i żyje całkowicie“. Druga grupa oświadcza się za gilotyną, albowiem powoduje ona ból minimalny i jest przez to najłagodniejszym środkiem uśmiercającym. Według tych niema bólu pozostałego, bo trudno przypuścić, by człowiek fizyczny i duchowy nie zginął w jednym czasie. Przecięcie naczyń krwionośnych powoduje ustanie wszelkiej czynności oddechu i krążenia krwi. Ruchy obserwowane są wynikiem automatycznego podrażnienia włókien nerwowych. Taki spór wiedli lekarze w okresie wielkiej rewolucji — spór o wielkiej wartości naukowej i wielkiem znaczeniu praktycznem.

Czy mamy prawo robić doświadczenia na zwierzętach? Człowiek ma prawo używania zwierząt do wszelkich potrzeb życia, nie widzimy zatem powodu, dla którego ma mu być wzbronionem użycie ich dla nauki i to dla celów najbardziej humanitarnych. Badacze tutaj nie mają niestety żadnego wyboru, gdyż nauka o życiu tylko doświadczeniem posuwać się może naprzód. Wszelkie zarzuty przeciw tej metodzie polegają na szlachetnym sentymencie, a ponieważ go należy respektować, medycyna dzisiejsza zaoszczędza wszelkich cierpień zwierzętom, używając sposobów usuwających ból. Utrwalanie wiedzy biologicznej i dobro ludzkości jest tutaj ideą, która prowadzi badacza i daje faktom zdobywanym przez niego odpowiedni walor i znaczenie. Fakty materjalne identyczne mogą mieć przecież różne znaczenie moralne zależnie od idei, z jakiemi się łączą. Zwykły zbrodniarz i bohater-wojownik — jak pisał Cl. Bernard — wbijają jednakowo nóż w pierś przeciwnika. Cóż ich różni jeśli nie idea? Chirurg nie słyszał dawniej — przed okresem znieczulania — w czasie operacji skarg chorego, bo widział cel swej operacji.

Z tego też względu wszelkie dyskusje publiczne o wiwisekcji należy uznać za bezprzedmiotowe. Niemożliwe jest, by ludzie, którzy widzą pewne fakty na podstawie różnych idei, mogli tutaj dojść do porozumienia. (Cl. Bernard).

Badania na zwierzętach niezbędne są dla teorji i praktyki lekarskiej. „Gdyby nie było zwierząt, natura ludzka byłaby

jeszcze bardziej niezrozumiała, mówi Buffon". Z doświadczeń na myszach rozwinęła się cała dziedzina badań chorób podzwrotnikowych ze śpiączką na czele, dziesiątkującą ludność i zwierzęta.

Lecznictwu, opartemu na wiwisekcji, zawdzięcza ludzkość opanowanie tych chorób i odrodzenie ekonomiczne krajów. Żaden ze znakomitych środków leczniczych nie mógłby być należycie zastosowany, tysiące środków bezwartościowych nie byłoby odrzuconych i stanowiłoby szkodliwy balast lecznictwa, gdyby nie doświadczenia na zwierzętach. Ta metoda doprowadziła też do spostrzeżenia u zwierząt i u ludzi wielkich różnic w oddziaływaniu i wrażliwości na silne trucizne i leki. Spostrzeżono je u osobników różnych ras. Na morfinę np. pies oddziaływuje snem, kot dostaje szału. Europejczyk normalnie reaguje tak jak pies, Malajczyk jak kot. Różnorodność i siła oddziaływania zaznacza się i w wielu chorobach. Otrzewna Arabów jest bardzo oporna na zakażenie. Rasa czarna ma predyspozycją do chorób płucnych i tężca. Kreole z Antyli są odporni na odrę i szkarlatynę, Anglosasi są bardzo wrażliwi na te choroby, Francuzi przechodzą je na ogół lekko.

Wiele jest jeszcze indeterminizmu we wszystkich naukach a w medycynie może więcej niż gdzieindziej, lecz podbój intelektualny, jaki czyni człowiek za pomocą metody eksperymentalnej zwiększa coraz bardziej teren determinizmu. W ten sposób rozpościera się coraz bardziej wpływ człowieka nad przyrodą. Niedawno jeszcze człowiek, szczyczący się swą kulturą, cywilizacją, inteligencją, zasobny w szereg środków zabójczych w zwalczaniu widocznych wrogów, nie podejrzewał nawet, że otacza go miljonowy świat drobnych stworzeń, niewidocznych lecz tak potężnych, że w walce z nim człowiek najczęściej ulegał. Dzisiaj nauka podpatrzyła słabe strony tych istot i zwalcza je skutecznie, doprowadzając do tego, że pewne choroby dziesiątkujące dawniej ludzkość, dzisiaj należą do rzadkości. Odkrycie lasecznika gruźlicy, to początek zniesienia „wielkiej białej plagi", czego najlepszą zapowiedzią jest fakt zredukowania śmiertelności ze 160 na 100.000 w r. 1910, na 97 obecnie, według statystyk amerykańskich. Dur brzuszny w wojnie angielsko-burskiej zniszczył 6.000 żołnierzy, gdy tymczasem 7.000 padło od kul. W wojnie światowej na 4,000.000 amery-

kańskich żołnierzy zachorowało tylko 1.083 a zmarło 153. Gdybyśmy obliczali według statystyki dawniejszej, winno było zachorować około $^1/_4$ miljona a umrzeć 63.000. Febra żółta zabrała przy końcu XVIII w. w ciągu 3-ch miesięcy 10.000 ludzi w samej Filadelfji. Taka sama dewastacja zmusiła Francuzów do zaprzestania budowy kanału panamskiego na obszarze, przez 400 lat zwanym „grobem białego człowieka". 75—80% chińskich robotników i europejskich inżynierów zmarło. Dzięki dopiero pracy lekarzy, z których niejeden przypłacił to śmiercią udało się wykryć powód choroby i opanować zarażę. Dzisiaj okolice nad kanałem panamskim należą do najzdrowszych miejsc w świecie.

Medycyna coraz bardziej i skuteczniej pracuje na własną zagładę. Odkrywane sekrety świata fizycznego pozwalają leczyć ciężkie choroby, odkrycia środków chemicznych i biologicznych pozwalają opanować szereg chorób dotychczas nietkniętych. Ideje odkażania i aseptyki pozwoliły zmniejszyć śmiertelność w wielu chorobach a nawet usunąć zupełnie powód choroby. Higjena narządów pozwala oszczędzać i normować pracę narządów, chirurgja jest u szczytu. 20 wieków nie tknęły serca i mózgu — dopiero dzisiaj. Życie jednostki przedłuża się coraz bardziej. Obok jednostki przenosi się jednak znaczenie medycyny naukowej i na życie zbiorowe, łączy się z ważnemi zagadnieniami ekonomicznemi. Zasada ochrony przed chorobą odegrała już ważną rolę w utrzymaniu zdrowia społeczeństw, dała wielkie zyski materjalne.

Jest jednak jeden problem niesłychanie trudny i ciekawy — problem intoksykacji. Medycyna walczy nie tylko przeciw jadom bakteryjnym i pasożytniczym lecz i przeciw intoksykacjom innego rodzaju — przeciw jadom etnicznym — jak je nazwano. Mają te środki poza pokarmami największą łączność z życiem całej ludzkości. Działają na mózg w sposób zagadkowy i nieuchwytny. Już lekarze greccy marzyli o środkach znieczulających mówiąc, iż boskiem jest dziełem uśmierzyć ból. Marzyli o tem Egipcjanie i Chińczycy. Na początku zeszłego jeszcze wieku uważano to za chimerę. Środki jednak należące do tej wielkiej grupy poza swem działaniem dobroczynnem i niczem niezastąpionem w lecznictwie są wielką troską lekarzy

i socjologów. W życiu codziennem są bowiem używane przez szerokie warstwy ludności.

Rozwój alkoholizmu, opjumizmu, kokainizmu, morfinizmu, eteryzmu i t. d. wywiera wpływ zgubny na zdrowie osobnika, stwarza predyspozycje chorobowe, wpływa na wartości moralne i intelektualne, wpływa na warunki ekonomiczne państw. Jeżeli przyjmiemy, według zestawienia biura Ligi Narodów, że produkcja morfiny wynosi rocznie 8.000 ton, a dla celów leczniczych potrzeba 800 ton, to okazuje się, jak wielka ilość zostaje zużyta poza lecznictwem. Jeśli uzmysłowimy sobie, że w niektórych kolonjach zapłata za pracę jest uskuteczniona w porcjach opjum w naturze widzimy, jakie to ma bezpośrednie znaczenie ekonomiczne. Jeżeli przypomnimy sobie, że atak sił zbrojnych na Francję w r. 1914 był na kilka miesięcy przedtem poprzedzony atakiem kokainowym — zrozumiemy jak potężną jest ta plaga i jak trudna z nią walka.

Użył człowiek tych środków poza medycyną, by zmienić wrażenia życia codziennego, myślenie i wolę. Niestety ustrój przypłaca to katastrofą fizyczną, psychiczną i moralną, gatunek degeneracją. Cała więc ludzkość jest w tem zainteresowana. Interesuje się lekarz-eksperymentator, psychjatra, bada psycholog, jurysta, etnolog. Te właśnie „odczynniki życia“ w eksperymencie biologicznym stają się przyczyną odmiany duchowego patrzenia i odczuwania w życiu, zmieniają sprawę odpowiedzialności i pobudek działania, mają wpływ na religijno-filozoficzne problemy.

I dlatego nawet polityka nie będzie naprawdę dobroczynna jeśli nie oprze się na znajomości człowieka, jego indywidualności, znajomości jego chorób, jego nałogów, które wpływają w sposób tak bezpośrednio na jego charakter i postępowanie. Otóż od Platona do nowoczesnych komunistów wszyscy reformatorzy i konstruktorzy programowi brali jako punkt wyjścia człowieka fantazji, człowieka przeciętnego, uważanego za dobrego, nieniejako „z ulicy“, a nikt nie zajął się człowiekiem takim, jakim on jest w istocie ze swemi oryginalnościami wrodzonemi i nabytemi, chorobami, zaletami i wadami. Znajomość człowieka nie może więc istnieć bez studjów lekarskich, a całe studjum socjologiczne winno się oprzeć na metodach ekspery-

mentalnej wiedzy lekarskiej. Wiedza lekarska wyszła bowiem z okresu prowizorycznego i stan naukowy utrwalił się już w medycynie, acz skomplikowane zjawiska życia bardzo utrudniają poznanie. Podobnie jak inne nauki, posuwa się medycyna przez nowe ideje i przez postępy twórczej, oryginalnej myśli, a broniąc się przed dominacją systemów metodą nową — eksperymentalną, dąży do wyzwolenia człowieka z pod przewagi sił przyrody.

DEZYDERY SZYMKIEWICZ.

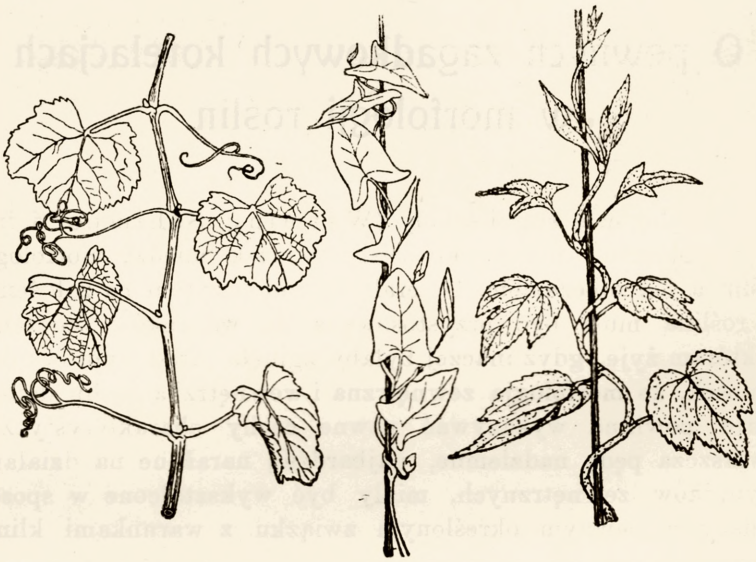
O pewnych zagadkowych korelacjach w morfologji roślin.

Ekologowie starej szkoły (Warming, Schimper i inni im współcześni) upatrywali ścisły związek między morfologją roślin a ich otoczeniem. Opierali się oni przytem na założeniu, że roślina musi być przystosowana do warunków otoczenia, w którem żyje, gdyż inaczej byłaby zginęła. Stąd wyprowadzali wniosek, że morfologja zewnętrzna i wewnętrzna roślin danego kraju powinna wykazywać pewne cechy charakterystyczne. Zwłaszcza pędy nadziemne, najbardziej narażone na działanie czynników zewnętrznych, miały być wykształcone w sposób, będący w pewnym określonym związku z warunkami klimatycznemi.

Pomimo wielkich starań nie udało się w żadnym przypadku stwierdzić ścisłej zależności między morfologją roślin a warunkami otoczenia. Ustalono wprawdzie różne ogólne prawidła, ale te znalazły zastosowanie tylko do pewnej części flory. Naprzykład zauważono, że kraje ciepłe strefy umiarkowanej z przewagą deszczów zimowych charakteryzują się florą drzew i krzewów zimozielonych o dosyć drobnych skórkowatych liściach, takich jak mirt, oleander i t. d. Tu należy Kraina Śródziemnomorska, Kraj Przylądkowy w Południowej Afryce, część Chili, Kalifornja i południowo-zachodnia Australja. Otóż każdy, kto był nad Morzem Śródziemnem, mógł się łatwo przekonać, że flora jest tam wprawdzie bardzo osobliwa, ale roślin drzewia-

stych zimozielonych o skórkowatych liściach jest stosunkowo niewiele i obok nich rosną liczne rośliny o pędach zupełnie inaczej wykształconych. Tak samo jest wszędzie i nawet w krajach o klimacie bardzo krańcowym, takim jak Sahara, morfologja roślin nie jest bynajmiej jednolita.

To niepowodzenie starej ekologji roślin nie można jednak uważać za zaprzeczenie zasady, według której roślina musi być przystosowana do otoczenia. Błąd starej szkoły polegał tylko na tem, że chciała ona odnaleźć przystosowania wyłącznie



Rys. 12.
Z lewej strony ku prawej: łoza winna *(Vitis vinifera)*, powój *(Convolvulus arvensis)*, chmiel *(Humulus Lupulus)*.

w cechach morfologicznych. Tymczasem istotą przystosowania jest swoisty sposób wykonywania czynności życiowych przez roślinę, a to zależy nietylko od cech morfologicznych, lecz także od właściwości fizjologicznych danego gatunku.

Jest wobec tego rzeczą naturalną, że współczesna ekologja idzie w kierunku czysto fizjologicznym. Nie wyklucza to jednak rozważań morfologicznych w tej dziedzinie. Trzeba tylko pracować innemi metodami, niż to się robiło dawniej. Trzeba

mianowicie pogodzić z myślą, że bezpośredniego ścisłego związku między morfologją roślin a warunkami otoczenia niema, istnieje tylko pewna korelacja, którą trzeba ujmować statystycznie. Osiąga się w ten sposób wszystkie korzyści, jakie daje metoda statystyczna, ale też nie otrzymuje się nic ponad to, co metoda ta dać może. Mianowicie stwierdza się współistnienie pewnych zjawisk, nie określając przyczyn, które to spowodo-

Rys. 13.
Smilax aspera z rodziny liljowatych.

wały. Natomiast poszukiwanie przyczyn, czynnych w danym kompleksie zjawisk, musi stanowić osobne zadanie, wymagające ewentualnie innych metod badania. Nietylko przyczyny, powodujące te korelacje, są nieraz trudne do odnalezienia, ale nawet znaczenie ekologiczne takich zjawisk bywa czasem zupełnie niezrozumiałe. Korelacje między morfologją roślin a ich otoczeniem

należą do najtrudniejszych zagadnień biologji. Dla lepszego wyjaśnienia przytoczę kilka seryj faktów.

Rys. 14.
Dwa gatunki rdestów *(Polygonum)*: z lewej strony — *P. lapathifolium*, z prawej — *P. Convolvulus*.

Pierwsza serja faktów tego rodzaju dotyczy związku, zachodzącego między kształtem liści a utrzymywaniem określonego

położenia w przestrzeni przez pędy. Mianowicie można z łatwością stwierdzić, że u roślin pnących się liście, o ile są proste, posiadają blaszki z szeroką wciętą podstawą, są sercowate albo strzałkowate. Trudno powiedzieć, kto pierwszy zauważył tę korelację; wzmianki o niej można spotkać przytaczane mimochodem przez różnych autorów. W rodzinach, złożonych z pnączy o liściach prostych, takich jak *Menispermaceae* i *Cucurbitaceae,* sercowaty kształt liści jest wprost cechą, charakteryzującą całą rodzinę.

Ilustracją wzmiankowanej korelacji mogą służyć rośliny wszystkim znane, jak powój, chmiel i łoza winna (rys. 12).

Rys. 15.
Bluszcz *(Hedera Helix).* Z lewej strony pęd wzniesiony, z prawej — pnący się.

Ciekawe jest przytem, że sercowate liście wykształcają się nawet u jednoliściennych, o ile te są pnące się, co jest bardzo rzadkie; tak jest naprzykład u *Dioscoreaceae* i u *Smilax aspera* z rodziny liljowatych (rys. 13). Jeżeli porównamy ze sobą formy pnące się i niepnące się tego samego rodzaju, to nieraz stwierdzić można, że gatunki pnące się mają liście z sercowatą podstawą, zaś niepnące się — z klinowatą; tak jest n. p. u rdestów *(Polygonum)* (rys. 14). Co więcej, u bluszczu mamy pomiędzy pędami pnącemi się a prosto stojącemi tej samej rośliny te same różnice, jakie występują pomiędzy pnącemi się a niepnącemi się

gatunkami (rys. 15). Wytłumaczenie przyczynowe powyższych faktów jest bardzo trudne, niemniej ciemnem jest ich znaczenie ekologiczne.

Drugim przykładem korelacyj omawianego przez nas charakteru może służyć rozmieszczenie geograficzne zdrewniałych pędów nadziemnych i liści o równym brzegu u roślin dwuliściennych *(Dicotyledones)*. Zagadnienie to zostało opracowane przez amerykańskich botaników J. W. Bailey'a i E. W. Sinnott'a [1]). Korzystając z różnych flor i wykazów florystycznych, obliczyli ci autorzy odsetkę drzew, krzewów i ziół dla różnych krajów, a nadto dla każdej z tych trzech grup roślin odsetkę form o liściach całobrzegich. Wyniki przytoczę tu w całości w formie 4 tabel, grupujących w sobie flory o podobnym charakterze pod względem ilości form drzewiastych i pod względem ilości form o całobrzegich liściach. W tych tabelach odsetka drzew, krzewów i ziół jest obliczona w stosunku do ogólnej ilości gatunków dwuliściennych danej flory (pierwsza kolumna!), odsetka zaś form o całobrzegich liściach — w stosunku do ilości gatunków danej grupy biologicznej.

Tabela I.

Ląd	Ogólna ilość gatunków	Odsetka gatunków			Odsetka gatunków o liściach całobrzegich		
		drzew	krzewów	ziół	drzew	krzewów	ziół
Ląd Ellesmere w Ameryce Arktycznej . . .	68	0	9	91	0	100	48
N. E. Syberja . .	117	0	14	86	0	65	52
Średnio	—	0	11	89	0	82	50

[1]) „The climatic distribution of certain types of Angiosperm leaves" — American Journal of Botany. Vol. III (1916), 24—39.

Tabela IV.

Ląd	Ogólna ilość gatunków	Odsetka gatunków			Odsetka gatunków o liściach całobrzegich		
		drzew	krzewów	ziół	drzew	krzewów	ziół
Florida Key	473	8	37	55	84	83	64
Nicaragua	1509	17	39	44	86	71	48
Indje Zachodnie . .	2209	19	52	29	88	71	61
Brazylja	10468	21	62	17	87	76	56
Hongkong	699	16	43	41	73	71	58
Blizki Wschód . . .	9771	4	13	83	71	72	53
Górne dorzecze Gangesu	1084	15	31	54	73	71	45
Kraje malajskie . . .	3252	41	42	17	90	82	64
Ceylon	1752	20	44	36	84	78	54
Manila	333	30	38	32	83	80	67
Indje Wschodnie . .	6389	30	45	25	81	75	43
Wyspy Hawajskie .	521	26	50	24	78	61	45
Queensland (Austral.)	1734	22	45	33	81	82	63
Australja Zachodnia	2543	2	73	25	73	83	71
New South Wales (Australja	1780	13	54	33	75	84	54
Victoria (Australja) .	1152	6	50	44	87	84	52
Tasmanja	662	4	48	48	82	77	45
Egipt	1239	2	16	82	73	78	49
Wsch. część Środkowej Afryki	2837	6	36	58	75	74	54
Zachodnia część Środkowej Afryki . . .	2656	17	46	37	85	80	56
Afryka pd.-zachodnia	2400	11	43	46	84	82	62
Afryka pd.-wschodnia	2653	8	42	50	80	78	56
Afryka południowa .	7783	2	55	43	73	74	53
Mauritius - Seychelles	545	17	49	34	88	84	65
Średnio	—	15	44	41	81	77	56

Powyższe tabele obejmują wszystkie gatunki dwuliścienne z wyjątkiem form wodnych i bezlistnych. Rzuca się z nich w oczy związek między ciepłotą klimatu a ilością form drzewiastych. Z podniesieniem temperatury wzrasta na ogół odsetka drzew i krzewów, dochodząc w krajach malajskich do 83% ogółu form dwuliściennych.

Odsetka form z liśćmi o równym brzegu przedstawia się nieco inaczej, wykazuje ona na ogół silny wzrost z podniesieniem temperatury, ale nadto posiada drugie maksymum w krajach zimnych. Ta korelacja formy liści z klimatem zaznacza się zresztą tylko u form drzewiastych, zioła natomiast nie wykazują poważniejszych różnic.

Zarówno znaczenie ekologiczne powyższych faktów, jak i przyczyny ich nie dają się odcyfrować w obecnym stanie nauki. Można z nich na razie zrobić tylko ten użytek, że przy ich pomocy da się w pewnej mierze określić charakter klimatyczny flor kopalnych. Jak wiadomo, resztki kopalne roślin wyższych składają się w przeważnej części z odcisków liści i to najczęściej liści drzew. Odsetka liści o równym brzegu daje wobec tego możność oznaczyć ciepłotę klimatu. Otóż znane dotychczas flory trzeciorzędowe i kredowe wykazują pod tym względem niemałe różnice. Bailey i Sinnot przytaczają następujące dane liczbowe odnośnie do drzew dwuliściennych.

Flory trzeciorzędowe	Autor	Formacja geologiczna	Odsetka form z całobrzegiemi liśćmi
Florissant . .	Kirchner	Górny miocen	33
Green River .	Lesquereux	Górny eocen	29
John Day Basin	Knowlton		28
Szpicberg . .	Heer		46
Bad Lands . .	Lesquereux	dolny eocen	29
Wilcox . . .	Berry		83

Flory kredowe	Autor	Odsetka form z całobrzegiemi liśćmi
Montana	Knowlton	62
Patoot, arktyczna . . .	Heer	51
Atane, arktyczna . . .	Heer	81
Dokota	Lesquereux	54
Raritan	Berry	71

Z tych danych można wyciągnąć wniosek, że wszystkie przytoczone flory trzeciorzędowe, z wyjątkiem flory Wilcox, rosły w klimacie umiarkowanym chłodnym. Flora zaś ostatnia, jak to zresztą zostało stwierdzone także na zasadzie jej składu florystycznego, była gorącą florą tropikalną. Przytoczone flory kredowe są gorętsze, a dwie z nich, Atane i Raritan, były prawdopodobnie tropikalne.

Po tej dygresji w dziedzinę paleontologji powróćmy do naszego zagadnienia korelacyj morfologicznych o nieznanych przyczynach i niezrozumiałem znaczeniu ekologicznem. Można przytoczyć jeszcze jedną serję faktów tego rodzaju, mianowicie tendencję roślin wyspiarskich do drewnienia pędów. Podam tu kilka przykładów dla ilustracji tego twierdzenia. Będę przytem nazywał „drzewiastemi“ rośliny o całkowicie drewniejących pędach, bez względu na to, czy to są drzewa, czy krzewy. Natomiast półkrzewy, to znaczy rośliny z pędami zdrewniałemi tylko u podstawy, będę traktował jako zioła.

Rozpocznę od rośliny gwoździkowatych *(Caryophyllaceae)*. Jedyne formy drzewiaste tej rodziny są to: ***Alsinodendron trinerve*** H. Mann, z wysp Hawajskich i ***Dicheranthus plocamoides*** Webb. z wysp Kanaryjskich, obie formy endemiczne dla odnośnych wysp i jedyne gatunki w swoich rodzajach. Pozatem jest jeszcze tylko ***Psyllothamnus Beevori*** Oliv. z okolic Adenu, co do którego niewiadomo, czy jest krzewem, czy półkrzewem.

Dalej wśród bodziszków (***Geranium***) jedyne formy drzewiaste w ilości 6 gatunków rosną na wyspach Hawajskich, tworząc osobną sekcję ***Neurophyllodes*** (***Geranium arboreum*** Gray i inne).

Następnie jedyne dwa drzewiaste mikołajki (*Eryngium bupleuroides* Hook. et Arn. i *E. sarcophyllum* Hook. et Arn.) rosną na wyspach Juan Fernandez.

Prawie wszystkie drzewiaste dzwonkowate (*Campanulaceae*) rosną na wyspach Oceanu Spokojnego, głównie na Hawajskich (11 gatunków rodzaju *Clermontia*, 28 gatunków *Cyanea*, 6 gatunków *Rollandia* i t. d.).

Wreszcie w rodzinie złożonych (*Compositae*), wśród języczkokwietnych (*Ligulariflorae*), jedyne formy drzewiaste należą do rodzajów *Dendroseris*, *Fitchia* i *Sonchus*. Otóż wszystkie 10 gatunków *Dendroseris* są drzewiaste i wszystkie rosną na wyspach Juan Fernandez [1]). Rodzaj *Fitchia* zawiera tylko jeden gatunek, rosnący na wyspach Tabuai, Tahiti i wyspie Elżbiety na Oceanie Spokojnym. Co zaś się tyczy rodzaju *Sonchus*, reprezentowanego także w naszej florze, to wszystkie jego gatunki drzewiaste w liczbie 12, stanowiące sekcję *Acanthosonchus*, są skupione na wyspach Kanaryjskich.

Przykładów takich można przytoczyć o wiele więcej. Ograniczam się tylko do tych, które mają bliższy związek z naszą florą.

Kończąc, przytoczę tu zdanie, wypowiedziane między innemi przez Skottsberga, że fakty morfologiczne, nie dające się wytłumaczyć na podstawie stosunków obecnej epoki geologicznej, mają być może swoje przyczyny w ubiegłych epokach, w czasie, kiedy odnośne formy roślinne były w stadjum początkowem swego rozwoju filogenetycznego.

Z Pracowni Botanicznej Wydziału Rolniczo-Lasowego Politechniki Lwowskiej.

---

[1]) Skottsberg C. Juan Fernandez and Hawaii. Phytogeographical discussion. Bernice P. Bishop Museum Bulletin 16. Honolulu (1925).

KAZIMIERZ CYBULSKI.

Otrzymywanie związków azotu.

Sprawa azotowa jest jednem z najważniejszych i najaktualniejszych zagadnień przemysłowych i rolniczych. Nawozy azotowe są konieczne przy racjonalnej uprawie gleby, a o ich skuteczności świadczy statystyka podana przez dr. Kosińskiego[1]). Np. przez zastosowanie 100 *kg* saletry na hektar otrzymuje się następujące zwyżki plonów:

w ziarnie	316 *kg*
„ słomie	480 „
„ ziemniakach . .	1300 „
„ burakach cukr. . .	1800 „

Ogromna ilość azotu atmosferycznego jest dla roślin naogół niedostępna, gdyż mogą one asymilować azot jedynie wtedy, gdy jest im podany w formie pewnych związków — najlepiej azotanów lub soli amonowych. Tylko rośliny motylkowe dzięki współżyjącym z niemi bakterjom, tworzącym kolonje na korzeniach, przyswajają azot atmosferyczny, ale to w żadnym razie nie może pokryć zapotrzebowania gleby. Trochę związków azotowych, ulatniających się przy gniciu ciał organicznych, spłókują deszcze do gleby, ale są to ilości znikome.

Azot jest jednym z najważniejszych składników białka, a że organizmy ludzi i zwierząt przyswajać go mogą tylko w postaci organicznie związanej w roślinach, przeto koniecznem jest dostarczanie roślinom uprawnym nawozów azotowych. Pozatem związki azotowe są niezbędne w przemyśle.

---

[1]) Kosiński. Sprawa azotowa w Królestwie Polskiem.

Związki azotowe, o których tu mówić będziemy, możemy podzielić następująco:

Kwas azotowy i jego sole.
Amonjak i jego sole.
Związki cjanowe.

Saletra.

Najważniejszem naturalnem źródłem azotanów są, wykryte w 1825 r. w Chili, pokłady azotanu sodowego (saletry chilijskiej). Surową saletrę — t. zw. caliche — oczyszcza się trochę przez krystalizację, przyczem jako uboczny produkt otrzymuje się często związki jodu oraz nadchloran potasowy ($K\,Cl\,O_4$).

Podobne, lecz znacznie mniejsze pokłady znajdują się w Kalifornji, Peru i na Kaukazie, lecz nie są eksploatowane. W każdym razie są to źródła ograniczone, z których wyczerpaniem trzeba się liczyć; pozatem opieranie się na saletrze, jako na źródle związków azotowych, uzależnia państwo i przemysł od zewnętrznych czynników, oddziaływujących na transport, — stąd ustawiczna dążność wszystkich państw do zastąpienia saletry chilijskiej innemi surowcami.

Główna ilość sprowadzanej saletry służy jako nawóz — w rolnictwie, lub jako surowiec do otrzymywania kwasu azotowego — w przemyśle.

W celu otrzymania z niej kwasu azotowego ogrzewa się ją w retortach z kwasem siarkowym do temperatury 150°, przyczem zachodzi reakcja:

$$Na\,NO_3 + H_2\,SO_4 = Na\,H\,SO_4 + H\,NO_3.$$

W wyższej temperaturze reakcja przebiega dalej:

$$2\,Na\,NO_3 + H_2\,SO_4 = Na_2\,SO_4 + 2\,H\,NO_3,$$

lecz jednocześnie następuje częściowy rozkład kwasu azotowego, a pozatem powstający w retortach siarczan sodu ($Na_2\,SO_4$) — w przeciwieństwie do kwaśnego siarczanu ($Na\,H\,SO_4$) — jest trudno topliwy i jako taki kłopotliwy przy oczyszczaniu retort, które polega na stopieniu pozostałości i jej wylaniu w stanie płynnym.

Fakt, że pokłady saletry muszą się kiedyś wyczerpać, kazał myśli ludzkiej szukać innego źródła związków azoto-

wych, tutaj w pierwszym rzędzie nasuwały się niewyczerpane ilości azotu atmosferycznego. Otrzymano na tej drodze liczne związki, któremi zajmować się będziemy w dalszym ciągu, poczynając od azotniaku.

Azotniak.

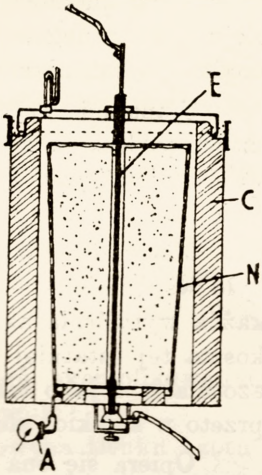
Frank i Caro w 1895 r. chcieli otrzymać cjanki przez łączenie azotu z karbidem ($Ca\,C_2$). Tymczasem otrzymali cjanamid wapnia ($Ca\,CN_2$); zatem łączenie nie przebiegło — jak tego oczekiwali — w myśl równania

$$Ca\,C_2 + N_2 = Ca\,(CN)_2 \qquad \text{lecz:}$$

$$Ca\,C_2 + N_2 = Ca\,CN_2 + C.$$

W Niemczech w 1905 r. powstała pierwsza fabryka cjanamidu wapnia, który okazał się dobrym nawozem azotowym.

Metod fabrykacji jest kilka; najbardziej charakterystyczną jest metoda Franka i Caro. Rys. 16 przedstawia piec cjanamidowy ich pomysłu. Jest to naczynie żelazne z pokrywą, wyłożone cegłą ogniotrwałą C; wewnątrz znajduje się blaszane naczynie N o ścianach dziurkowanych. Naczynie to napełnia się sproszkowanym karbidem; rurą A wprowadzamy azot, który ma przereagować z karbidem[1]). Przez całe naczynie przechodzi pionowa elektroda E; jest to pręt grafitowy o średnicy 10 *mm*, przez który przepuszcza się prąd. Dzięki dużemu oporowi elektroda ogrzewa stykający się z nią karbid. Reakcja łączenia azotu zaczyna się koło 700—800°, a przy 1000—1100 jest bardzo energiczna; wydziela się przy niej dużo ciepła, tak że bez dalszego ogrzewania temperatura utrzymuje się na żądanym poziomie, dopóki cała masa nie przereaguje. Po-



Rys. 16.

Piec karbidowy. — Według Bergera. Przegl. Techn. 1926, str. 187.

[1]) Azot ten zazwyczaj otrzymuje się ze skroplonego powietrza; sprawa otrzymywania azotu będzie dokładnie omówiona niżej przy syntezie amonjaku.

wyżej 1100° iść nie należy, bo cjanamid wapnia zaczyna się rozkładać.

Gdyby wyjść z chemicznie czystego karbidu, możnaby otrzymać produkt, zawierający tylko 30·4% azotu ze względu na wydzielanie przy reakcji węgla, który zostaje w masie poreakcyjnej. Techniczny karbid daje produkt o zawartości 20% azotu. Cjanamid wapnia jako nawóz nosi miano azotniaku.

W opisanej metodzie po przereagowaniu całej zawartości pieca należy pracę jego przerwać w celu oczyszczenia i powtórnego naładowania.

Wśród patentów na produkcję ciągłą zasługuje na uwagę patent Polzenjusza (Polaka); sposób w nim podany polega na przeprowadzaniu wagoników z karbidem przez cylindryczną ogrzewaną komorę, przez którą też prowadzi się azot w kierunku przeciwnym niż wagoniki. Masę poreakcyjną proszkuje się i rozkłada wodą resztki karbidu.

Aby zapobiec unoszeniu się pyłu azotniaku w powietrzu, co szkodzi ludziom i zwierzętom, miesza go się z 3·5—5% oleju mineralnego. We Francji nie stosują olejowania, lecz produkują azotniak w postaci granulowanej.

Cjanamid wapnia jest nietylko stosowany jako nawóz sztuczny, lecz także jest materjałem wyjściowym dla otrzymywania niektórych związków organicznych, jak mocznik, cjanamid i t. p.; otrzymywać też z niego można amonjak, o czem niżej.

Materjałem wyjściowym dla azotniaku jest — jak już było wspomniane — karbid, czyli węglik wapnia. Ponieważ każda wytwórnia azotniaku musi produkować karbid, ponieważ koszta tej ostatniej produkcji są największe w całej fabrykacji azotniaku i jako takie decydują o jego cenach i rentowności, przeto w krótkich słowach przedstawię zarys fabrykacji karbidu.

Opiera się ona na reakcji:

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO.$$

Reakcja ta zużywa ogromne ilości ciepła i przebiega najlepiej w temp. 3000°. Taką temperaturę osiągnąć można w piecach elektrycznych.

Najczęściej spotykanym typem pieca karbidowego jest naczynie, wyłożone szamotą, do którego wsypuje się mieszaninę wapna palonego i węgla (zazwyczaj koksu). W mieszaninie

tej tkwią elektrody, dla których przeciwelektrodą jest warstwa węgla, ubita na dnie. Prąd o napięciu 120—160 voltów i natężeniu 40.000 amperów rozgrzewa substancję aż do stopienia, przyczem następuje reakcja tworzenia karbidu. W nowych urządzeniach wydajność karbidu dochodzi do 8 *kg* na kilowatgodzinę.

Synteza kwasu azotowego w łuku elektrycznym.

Zjawisko łączenia się tlenu i azotu w płomieniu elektrycznym na tlenek azotu *NO* znali już Cavendish i Priestley. Od roku 1898 rozpoczęły się wysiłki, by reakcję tę wykorzystać w celu otrzymywania kwasu azotowego.

Momentem zwrotnym dla tych wysiłków było ogłoszenie prac Nernsta, który laboratoryjnie zbadał dokładnie warunki łączenia azotu z tlenem. Prace swoje oparł na zjawisku, że przy ogrzewaniu mieszaniny czystego azotu i tlenu powstaje trochę tlenku azotu, zaś przy ogrzewaniu czystego tlenku azotu następuje zawsze częściowy jego rozkład na azot i tlen. Zatem zawsze mamy w rezultacie mieszaninę trzech gazów: azotu, tlenu i tlenku azotu. Zależnie od temperatury ustala się pewien stan równowagi, w którym w jednostce czasu jednakowa ilość tlenku azotu rozpada się i powstaje. Zatem każdej temperaturze odpowiada mieszanina o pewnej określonej koncentracji azotu, tlenu i tlenku azotu.

Reakcja syntezy tlenku azotu pochłania ciepło, więc aby ją przeprowadzić, należy gazy możliwie silnie ogrzewać; im w wyższej temperaturze pracujemy, tem więcej otrzymujemy tlenku azotu, co jest dla nas korzystnem.

Nernst wykonał cały szereg bardzo skomplikowanych eksperymentów i otrzymał następujące wyniki:

Przy	2000°	powstaje	1,2%	objętościowych	tlenku azotu
„	2500°	„	2,6%	„	„ „
„	3000°	„	5,3%	„	„ „

Im wyższa temperatura, tem szybciej też ustala się odpowiadający jej stan równowagi — im zaś niższa, tem wolniej.

Stąd wypływa wniosek, że korzystnie jest ogrzać gazy możliwie wysoko i jaknajszybciej ochłodzić do temperatury, w której szybkość reakcji jest praktycznie równa zeru. Otrzymujemy wtedy w mieszance gazów możliwie wysoki procent

tlenku azotu. Gdyby się chłodziło gazy powoli, procent ten malałby stopniowo, gdyż wytwarzałyby się kolejno stany równowagi, odpowiadające każdej przejściowej temperaturze; jeśli chłodzimy gwałtownie, wtedy procent ten utrzymujemy, gdyż w niskich temperaturach rozkład tlenku azotu jest bardzo powolny — praktycznie nie istnieje.

Gazy w wysokiej temperaturze należy trzymać jedynie tak długo, aż ustali się stan równowagi, gdyż dalsze grzanie ich jest tylko stratą energji. Ponieważ w wysokiej temperaturze stan równowagi ustala się szybko, trzeba je bardzo krótko ogrzewać. Potrzeba gwałtownego schłodzenia nie pozwala ogrzewać gazów zbyt wysoko, choć to podnosi procentowość tlenku azotu; praktycznie reakcję przeprowadza się w 3000–3500°.

Próby wykorzystania syntezy tlenku azotu dla produkcji kwasu azotowego można podzielić na dwa okresy:

1. przed ogłoszeniem prac Nernsta,
2. po ich ogłoszeniu.

Pierwszy okres to próby poniekąd ślepe, których powodzenie w znacznej mierze zależy od przypadku. Okres drugi — to praca z pełnem zrozumieniem badanego zjawiska.

Prim przeprowadzał próbę syntezy azotu i tlenu pod ciśnieniem; przy obecnym stanie wiedzy możnaby zgóry przewidzieć, że wynik będzie negatywny, gdyż ciśnienie wtedy sprzyja syntezie, gdy powstanie produktu reakcji jest połączone ze zmniejszeniem objętości. W omawianym zaś przypadku jedna objętość tlenu z jedną objętością azotu dają dwie objętości tlenku azotu:

$$O_2 + N_2 = 2\,NO.$$

Pierwszy patent na wiązanie azotu z tlenem w płomieniu elektrycznym wykupiła w Anglji w roku 1859 pani Lefèbre. Następne próby stosowania łuków elektrycznych miały miejsce w Ameryce. Zbudowano bardzo kosztowne i precyzyjne aparaty, których zasada polegała na tem, że mieszanina tlenu i azotu przechodziła przez szereg małych, ciągle gasnących i znów zapalających się łuków. Próby te nie dały zadawalających rezultatów.

Bardzo ciekawe ze względu na swą ewolucję są prace profesora Mościckiego. Początkowo starał się on przestrzeń, przez którą przeprowadzał gazy, wypełnić możliwie wielką

ilością płomieni elektrycznych. W tym celu zbudował liczne próbne aparatury, które miały tę wspólną wadę, że wymagały w konstrukcji wielkiej precyzji i — co za tem idzie — były bardzo kosztowne; jednocześnie wydajność nie była dostateczna. Prof. Mościcki stosował prąd zmienny — zazwyczaj o napięciu 50.000 voltów i 50 okresach na sekundę. Operowanie tak wysokiem napięciem było niebezpieczne i wymagało nadzwyczaj dobrych izolacyj; prof. Mościcki sądził jednak wówczas, że wysokie napięcie i częsta frekwencja prądu wpływają pomyślnie na przebieg reakcji. Ten okres prac prof. Mościckiego jest specjalnie ciekawy ze względu na to, że konstruowanie wspomnianych aparatur nasunęło mu do opracowania liczne tematy z dziedziny elektrotechniki.

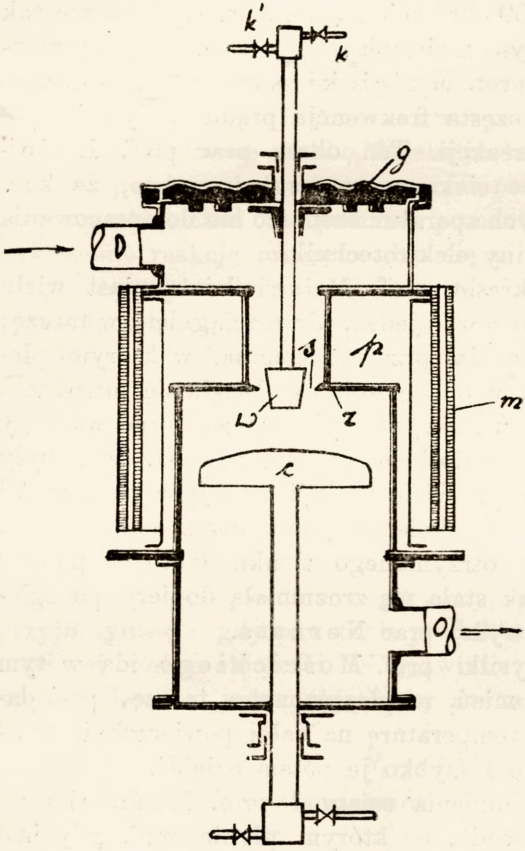
W następnym okresie prof. Mościcki zamiast wielu płomieni próbował zastosować jeden, ale rozciągnięty w tarczę; rozciągnięcie to uskuteczniał przeciąg komina, w którym płomień był umieszczony; w ten sposób zwiększała się przestrzeń reakcyjna. Wadą tego urządzenia było to, że górne warstwy tej tarczy płomiennej, uniesione prądem powietrznym, były dość chłodne i gazy po przejściu reakcji w najgorętszej części płomienia, przesuwały się kolejno przez coraz chłodniejsze, przez co koncentracja otrzymanego tlenku azotu stopniowo malała. Rzecz ta jednak stała się zrozumiałą dopiero po ogłoszeniu wspomnianych wyżej prac Nernsta.

Od tej chwili wysiłki prof. Mościckiego idą w tym kierunku, by przez płomień, rozpłaszczony w tarczę, posiadającą możliwie wysoką temperaturę na całej powierzchni, przeprowadzać gazy szybko i szybko je potem oziębić.

Rozpłaszczenie płomienia osiągnął prof. Mościcki na tej zasadzie, że przewodnik, po którym płynie prąd, gdy jest w polu magnetycznem, porusza się prostopadle do linij sił tego pola (zasada motorów elektrycznych). Płomień elektryczny jest to pęk iskier — jakby „włókien“, wzdłuż których idą wyładowania; każde takie „włókno“ jest więc przewodnikiem i będzie się poruszać w polu magnetycznem; można więc cały płomień wprawić w ruch przez zastosowanie magnesu.

Po szeregu szybko po sobie następujących prób i konstrukcyj powstał piec, którego ostateczną do dziś używaną postać przedstawia rys. 17. W nim *z* jest to cylindryczna elektroda

zewnętrzna — tak zwany „nóż“ — o wadze około 140 *kg*; *w* — elektroda wewnętrzna w kształcie stożka ściętego o wadze około 30 *kg*; obie elektrody są z miedzi[1]). Szpara *s* między niemi wynosi 1—2 *mm*: w tem miejscu zapala się łuk przez chwilowe obniżenie elektrody *w*, co zmniejsza odległość między elektrodami; tędy też przechodzą wszystkie wprowadzane do reakcji gazy; przepływ ich spycha łuk w dół, przez co raz zapalony pali się potem niżej między elektrodą *w*, a szerszemi częściami elektrody *z*. *m* jest to szpulowy zwój przewodnika prądu stałego, wytwarzający pole magnetyczne (elektromagnes), powodujące wirowanie płomienia.



Rys. 17.
Piec elektryczny Mościckiego. — Według Dominika. Przem. Chem. 1922, str. 157.

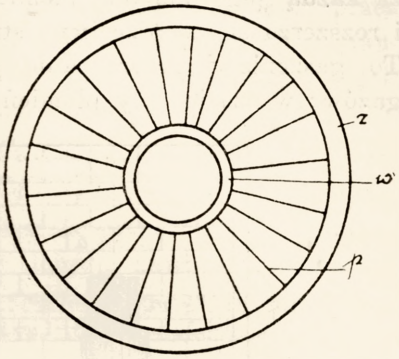
Na skutek tego wirowania płomień elektryczny przyjmuje postać tarczy: Rys. 18 przedstawia schematycznie przekrój poziomy przez elektrody i płomień. Wobec bardzo szybkiego wirowania płomienia nikną jego chłodniejsze części, gdyż wirują i tworzą tarczę tylko owe najgorętsze „włókna“, o których wspominałem.

Elektroda *z* (rys. 17) jest uziemiona, do elektrody *w* doprowadzany jest prąd zmienny; za każdą jego zmianą zmienia się

[1]) Według najnowszych badań bardzo dobrze mają pracować elektrody aluminjowe.

kierunek wyładowań między elektrodami, a zatem i kierunek wirowania płomienia, co zupełnie na przebieg reakcyj nie wpływa; prąd stały daje się równie dobrze zastosować jak i zmienny.

Elektroda *z* jest zzewnątrz w przestrzeni *p* chłodzona przepływającą wodą; również przez kran *k* wpływa woda chłodząca do wnętrza elektrody *w* wypływa zaś przez kran *k'*. Miedź niechłodzona nie wytrzymuje temperatury łuku. *g* jest to gumoid — masa izolująca, w której obsadzona jest elektroda *w*.



Rys 18.
Schematyczny przekrój poprzeczny przez elektrody w piecu Mościckiego: *z* — elektroda zewnętrzna, *w* — elektroda wewnętrzna, *p* — wirujące „włókna" płomienia. — Według Mościckiego. Chemik Polski 1907, str. 465.

Powietrze, tłoczone przez dmuchawę, wchodzi do pieca przez rurę *D*, przechodzi reakcję w łuku i wychodzi do dalszej przeróbki rurą *O*. Grzyb *c* gra rolę chłodnicy, przy zetknięciu z którą chłodzą się szybko gazy, co jest konieczne dla utrzymania powstałego *NO* — o czem wyżej. Przez chłodnicę tę przepływa stale woda analogicznie jak w elektrodzie *w*. Wymagana jest wielka szczelność, aby woda z chłodnicy lub elektrod nie zalała łuku.

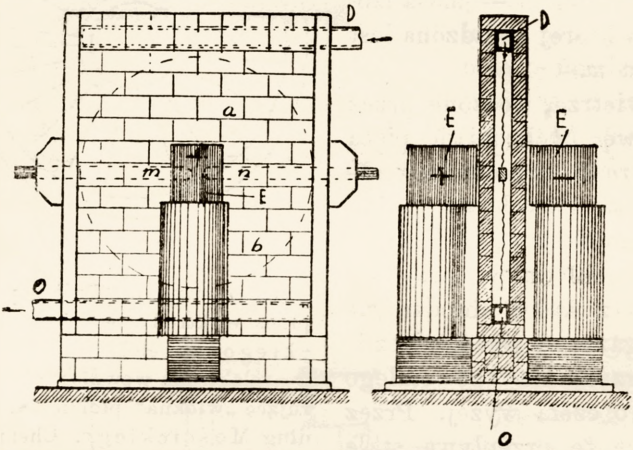
Gazy, wychodzące z pieca, zawierają od 1—2·5% tlenku azotu. Jeśli przepuszczać nie powietrze, lecz równoobjętościową mieszaninę tlenu i azotu, procent ten podnosi się do 3; tak mała nadwyżka nie opłaca trudności, związanych z otrzymywaniem takiej mieszanki, przeto zawsze stosuje się powietrze jako surowiec.

Ze wszystkich pieców elektrycznych dla syntezy tlenku azotu opisywany daje najwyższą jego koncentrację.

Ponieważ zapalanie łuku jest pewnego rodzaju krótkiem spięciem, przeto w celu uniknięcia „szarpania" prądu zastosował prof. Mościcki specjalne dławiki samoindukcyjne, które zmniejszają natężenie prądu w momencie zapalania łuku.

Sam pomysł stosowania elektromagnesu dla rozpłaszczenia płomienia elektrycznego nie był w opisanym piecu stosowany po raz pierwszy. Na tej zasadzie zbudowane były piece Birkelanda i Eydego (rys. 19).

Łuk, palący się między elektrodami *m* i *n*, zostaje rozciągnięty przez elektromagnes *E*; prąd dający łuk jest zmienny — za każdą jego zmianą płomień gaśnie, zapala się ponownie i rozszerza się w przeciwną stronę, niż w poprzednim okresie. To gaszenie i przerzucanie płomienia służy do chłodzenia gazów: w czasie, gdy płomień pali się np. w części *a*, stygną



Rys. 19.
Piec Birkelanda i Eydego. — Według Technologji Chemicznej Osta (wydanie polskie z r. 1922), str. 148.

w części *b* gazy, które przeszły reakcję przy poprzednim przeciwnym prądzie w łuku. Zmiany prądu są tak szybkie, że otrzymuje się wrażenie wielkiej tarczy płomiennej o średnicy około 2*m*. Powietrze wchodzi przez *D*, idzie wzdłuż tej tarczy i wychodzi przez *O*. Wadą jest to, że przestrzeń przeprowadzania gazów przez płomień jest szeroka, przez co ich przepływ jest powolny.

Dość rzadko stosowany jest w przemyśle piec Schönherra; jest to długa rura, wzdłuż której między dwoma elektrodami pali się spokojnie łuk, a jednocześnie przepływa powietrze. Piece Birkelanda oraz Schönherra są używane głównie w Norwegji.

Opisana metoda syntezy kwasu azotowego (względnie tlenków azotu) z powietrza zużywa dużo prądu, wobec czego musiała ustąpić miejsca tańszym metodom — głównie utlenianiu amonjaku — o czem niżej.

Pierwszą fabrykę, opartą na metodzie Mościckiego, zbudowano w 1908 r. w Chippis w Szwajcarji, gdzie produkcja opłacała się ze względu na tanie wodne źródła prądu.

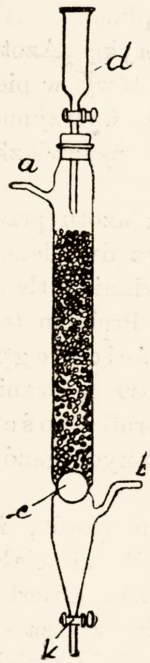
W Polsce uruchomiono w jesieni 1920 r. fabrykę „Azot“ pod Jaworznem, która miała produkować kwas azotowy w piecach Mościckiego. Ten dział produkcji nie wytrzymał jednak konkurencji i „Azot“ musiał przerzucić się na związki cjanowe.

Aby otrzymany w piecu elektrycznym tlenek azotu przeprowadzić na kwas azotowy, należy go utlenić na dwutlenek azotu (NO_2), — co przechodzi samorzutnie pod działaniem tlenu powietrza, — a potem zaabsorbować w wodzie. Problem ten został nader pomyślnie rozwiązany przez prof. Mościckiego; jest on ściśle związany z omawianą metodą otrzymywania kwasu azotowego, nie mniej jednak urządzenia prof. Mościckiego dają się zastosować także przy absorbcji innych gazów w cieczach.

Zazwyczaj absorbcję przeprowadza się w ten sposób, że w wieży, wypełnionej niezbyt wielkiemi kawałkami ciała, odpornego na działanie cieczy absorbującej i gazów absorbowanych, przepuszcza się gazy od dołu, zaś od góry zrasza się wypełnienie cieczą absorbującą. Wypełnienie ma na celu zwiększenie powierzchni cieczy absorbującej. Dołem odpływa ciecz, nasycona gazem absorbowanym. Wadą tego urządzenia jest to, że zwykle między kawałkami wypełnienia tworzą się kanaliki; jednemi z nich idą gazy, a drugiemi spływa ciecz; wpływa to bardzo ujemnie na dokładność absorbcji. Specjalnie niedogodnym byłby ten sposób absorbcji przy tlenkach azotu ze względu na ich rozcieńczenie i nienajlepszą łatwość łączenia się z wodą.

Pierwowzorem urządzeń absorbcyjnych Mościckiego jest wieżyczka szklana, przedstawiona na rys. 20. Rurką *a* wprowadzane są gazy, przechodzą one przez warstwę kulek szklanych i wychodzą rurką *b*. Warstwa kulek spoczywa na kuli *c*, opartej na wgłębieniach, przez które przechodzą gazy. W regularnych odstępach czasu z lejka *d* zostaje wpuszczona

pewna ilość cieczy tak szybko, że spływa ona po wypełnieniu jako zwarta masa, przez co zwilża równomiernie powierzchnię wszystkich kulek. Ciecz, nasycona absorbowanym gazem, wypływa przez kurek *k*. Gazy idą tu w tymsamym kierunku, co i ciecz, przez co opuszczanie cieczy zwartą masą nie powoduje zaburzeń w przepływie gazów. Wypełnienie aparatu absorbcyjnego musi się składać z małych kawałków, aby powierzchnia była duża; nie mogą one jednak być zbyt małe, gdyż wtedy przepływające gazy napotykają nadmierny opór. Jeśli wypełnienie składa się z kawałków o wielkości 0·1—0·2 cm^3, wtedy 1 m^3 wypełnienia posiada około 600 m^2 powierzchni. Prof. Mościcki w urządzeniach technicznych stosował kawałki kwarcytu o wielkości 0·3—0·5 cm^3. Wówczas przy dobrem zraszaniu dla zaabsorbowania tlenków azotu, będących w koncentracji około 2·5 %, wystarcza 30-centymetrowa warstwa absorbcyjna. Warstwa grubsza nie byłaby już należycie wyzyskana. Odnosi się to do wypadku, gdy gazy idą dostatecznie wolno, aby dwutlenek azotu miał czas zaabsorbować się.



Rys. 20. Laboratoryjny aparat absorbcyjny Mościckiego. — Według Mościckiego. Metan 1917, str. 65.

Utlenienie tlenku azotu na dwutlenek i absorbcja tego ostatniego w wodzie przebiega według następujących reakcyj:

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

$$2NO_2 + H_2O = \underset{\text{kwas azotowy}}{HNO_3} + \underset{\text{kwas azotawy}}{HNO_2}$$

$$3HNO_2 = H_2O + HNO_3 + 2NO.$$

Częściowo więc przy samej absorbcji powstaje tlenek azotu, który znowu należy utlenić. O ile tlenek azotu, wychodzący z pieców, łatwo przechodzi w dwutlenek, bo jest gorący, o tyle powstający przy absorbcji utlenia się trudniej jako chłodniejszy. Dlatego każda wieża absorbcyjna winna posiadać specjalną komorę do utleniania tlenku azotu na dwutlenek, ponadto wież tych musi być cały szereg, aby absorbcja była zupełna. Gdyby nie ta uboczna reakcja odtwarzania *NO*, wystarczyłaby znacznie mniejsza ilość wież, przez które kolejno przechodzą gazy.

W laboratorjum uniwersytetu fryburskiego prof Mościcki skonstruował próbną instalację absorbcyjną, składającą się z 7 wież, zbudowanych z cylindrów szklanych. Zasada każdej wieży była taka sama jak przedstawionego na rys. 20 aparatu laboratoryjnego. Jedynie przed dojściem do warstwy absorbującej gazy przechodziły w każdej wieży przez komorę utleniającą. Gazy szły kolejno przez wieże od I-ej do VII-ej, zaś spływająca z każdej wieży ciecz, była przerzucana perjodycznie pompką na wierzch wieży sąsiedniej. W ten sposób ciecz też przechodziła kolejno przez wszystkie wieże, ale w odwrotnym porządku niż gazy, mianowicie czysta woda wpływała do wieży VII-ej, potem szła na VI-tą i t. d. aż z I-ej, wypływał kwas azotowy około 50%-wy. Jest to tak zwana „zasada przeciwprądu", stale stosowana w technice. Polega tu ona na tem, że gazy o największym % gazu absorbowanego stykają się już z dość nasyconym absorbensem, a gazy o małym % — z czystym. Kompensuje się w ten sposób zdolność mieszanki gazowej oddawania gazu absorbowanego ze zdolnością absorbcyjną absorbensa.

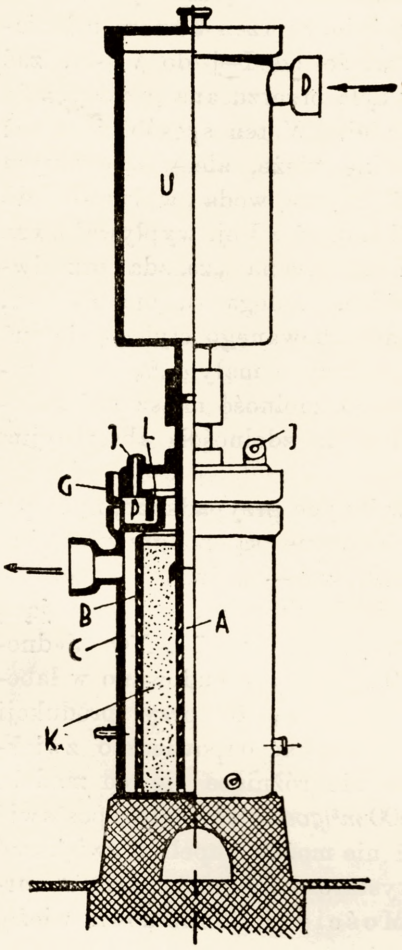
Tę samą zasadę stosuje się w innych przypadkach, np. przy chłodzeniu; gazy najgorętsze chłodzone są podgrzanem już medjum chłodzącem, a gazy zimniejsze — najzimniejszem.

W 1908 r. budowano w Chippis fabrykę, wytwarzającą 2500 m^3 na godzinę gazu, zawierającego do 2·5% *NO*. Jednocześnie model tej fabryki na 100 m^3/*godzinę* budowano w laboratorjum fryburskiem. Tu okazało się, że przy produkcji 100 m^3/*godz.* można do absorbcji stosować odpowiednio zwiększone wieże, niczem w zasadzie nie różniące się od modelu z rys. 20; natomiast przy 2500 m^3/*godz.* trzebaby postawić takich wież ogromne ilości, gdyż nie można zupełnie zwiększać ich wysokości wobec tego, że wystarcza 30-centymetrowa warstwa absorbująca. Wtedy prof. Mościcki skonstruował wieżę, przedstawioną na rys. 21.

W naczyniu *C* umieszczone są dwie rury *A* i *B*; przestrzeń między niemi wypełniona jest kawałkami kwarcytu *K*. Ciecz absorbująca wpływa przez otwór *J* do przestrzeni *P* w pokrywie *G*; gdy trzeba zwilżyć kwarcyt *K*, wyciska się ciecz sprężonem powietrzem z przestrzeni *P* przez szczelinę *L*. Ciecz spływa zwartą masą w dół po kwarcycie i wycieka

z wieży odpowiedniemi otworami bądź to do pomp, które ją przerzucą na następne wieże, bądź to jako gotowy już kwas.

Gazy z pieców, tłoczone dmuchawą, wchodzą przez *D* do komory utleniającej *U*, stąd do rury wewnętrznej *A*. Ściany tej rury posiadają otworki, przez które gazy przedostają się do przestrzeni, wypełnionej kwarcytem i tam stykają się z cieczą absorbującą; przez otworki w ścianie rury *B* dostają się do rury odpływowej *O*. Otworki w ścianach rury *A* i *B* są w ten sposób nachylone (co widać na rysunku), że ciecz, spływająca w przestrzeni kwarcytowej, nie wycieknie przez nie.



Rys. 21.
Wieża absorbcyjna Mościckiego. — Według Mościckiego. Metan 1917, str. 75.

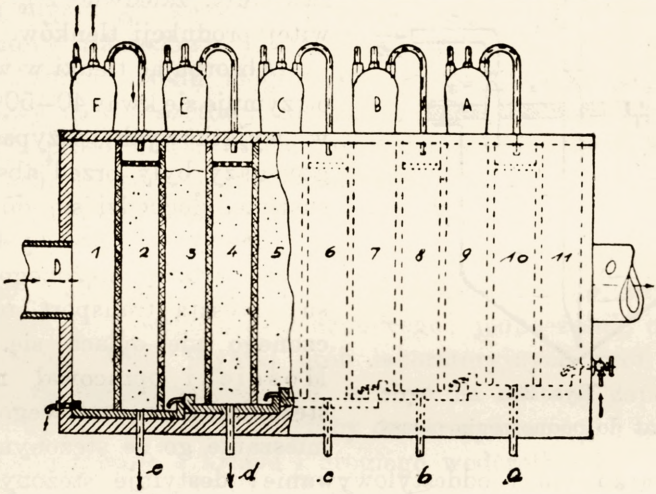
W urządzeniu opisywanem gazy idą w kierunku prostopadłym do kierunku spływania cieczy absorbującej, można przeto warstwę *K* podwyższyć, a mimo to będzie ona cała wykorzystana; jedynie grubość jej winna nie przekraczać 30—35 *cm*.

Gdy fabrykę w Chippis powiększono dziesięciokrotnie, ten typ wież okazał się niepraktycznym dla tak wielkiej produkcji. Wtedy powstało urządzenie absorbcyjne, przedstawione na rys. 22. Cała aparatura składa się z komór *1, 2, 3....10, 11*, — poprzedzielanych dziurkowanemi ścianami; wypełnienie kwarcytowe komór *2, 4, 6, 8* i *10* jest zraszane cieczą absorbującą, zaś pozostałych komór jest suche; komory te mogą nawet wcale wypełnienia nie posiadać. Gazy z pieców wchodzą rurą *D*, przechodzą

kolejno przez komory w kierunku poziomym i wychodzą rurą *O*. W komorach zwilżanych następuje absorbcja dwutlenku azotu, zaś w komorach suchych utlenia się tlenek azotu na dwutlenek.

Wlewana perjodycznie ciecz spływa w dół, zatem jej kierunek krzyżuje się z kierunkiem gazów jak w poprzednio opisanej aparaturze.

Ciecz absorbująca, ściekająca rurką *a* z komory *10-ej*, jest przerzucana do zbiornika *B*, z którego zostaje perjodycznie wyciskana dla zroszenia komory *8-ej* i t. d. Podnoszenie cieczy odbywa się tu przy pomocy t. zw. „automatów"; sposób ten



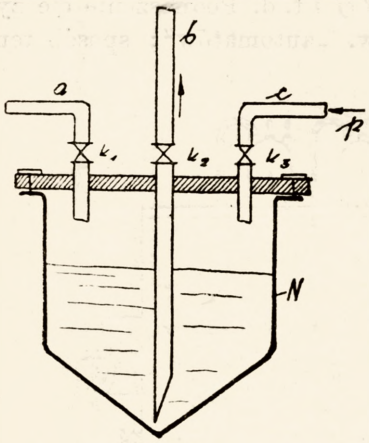
Rys. 22.
Urządzenia absorbcyjne Mościckiego. — Według Mościckiego. Metan 1917, str. 89.

często stosuje się w przemyśle. Schemat automatu widzimy na rys. 23. Do szczelnie zamkniętego naczynia *N* wcieka ciecz rurką *a*; gdy trzeba ją podnieść na wyższy poziom, zamyka się kran k_1, otwiera k_2 i k_3 i rurą *c* tłoczy się sprężone powietrze; wtedy ciecz rurą *b* podnosi się do wysokości zależnej od wielkości ciśnienia powietrza *p*. Analogicznie odbywa się perjodyczne wylewanie cieczy ze zbiorników *A, B, C, E, F* (rys. 22).

Tak wyglądają aparatury prof. Mościckiego w ostatecznej formie, w której mogą już być stosowane dla największych ilości gazów.

Rezultaty absorbcji są wypadkową różnych czynników; kwestję tę prof. Mościcki bardzo dokładnie opanował, ujmując matematycznie zależności między wielkością urządzenia absorbcyjnego i jego wypełnienia, a ilością cieczy, wlewanej jednorazowo, szybkością jej wlewania i t. p.

W rezultacie opisane urządzenia działały tak sprawnie, że pierwsze trzy wieże (względnie komory) chwytały łącznie 80% całej ilości przepuszczanego przez nie dwutlenku azotu, dwie następne 12%, dwie ostatnie 6%; zatem gazy uchodzące zawierały zaledwie 2% całkowitej produkcji tlenków.



Rys. 23.
Automat do podnoszenia cieczy.

Absorbując tlenki w wodzie, otrzymuje się kwas 40–50%-wy; w wyjątkowych przypadkach, gdy gazy były przed absorbcją suszone, dochodzi się do 60%.

Zazwyczaj przemysł wymaga bardziej stężonego kwasu, zresztą transport rozcieńczonego nie opłaca się. Prof. Mościcki opracował metodę stężania kwasu azotowego przez mieszanie go ze stężonym kwasem siarkowym i oddestylowywanie; destyluje stężony kwas azotowy, a zostaje kwas siarkowy, który można znowu podgęścić.

Możnaby też rozcieńczony kwas azotowy wprowadzać w reakcję z ługiem i otrzymaną w ten sposób saletrę przerabiać na kwas azotowy tak, jak się przerabia chilijską. Wtedy jednak pozostaje kwaśny siarczan sodowy ($NaHSO_4$) jako bezużyteczny produkt. Dlatego idą obecnie próby otrzymywania stężonego kwasu azotowego z azotanu amonowego, który można otrzymać z rozcieńczonego kwasu azotowego i amonjaku. Metoda ta byłaby specjalnie dogodna dla fabryk, które produkują amonjak i część tego utleniają na kwas azotowy, o czem niżej.

Kamieniobrodzki[1]), a także Józef Zawadzki i Tadeusz Kiślański[2]) podają dotychczasowe wyniki tych prób. Są one pomyślne.

[1]) Przem. Chem. 1925, 337.
[2]) Przem. Chem. 1927. 121.

Zawadzki i Kiślański działają kwasem siarkowym na azotan amonu (NH_4NO_3) pod zmniejszonem ciśnieniem (400 *mm* rtęci) w temperaturze nie wyższej jak 200°, przyczem otrzymują 98%-ową wydajność: 85% otrzymanego kwasu azotowego posiada stężenie 99%, a reszta przeszło 80%.

Powodzenie tej metody zależy od tego, czy powstający przy tej reakcji kwaśny siarczan amonowy (NH_4HSO_4), da się zastosować przy przeróbce mączki fosforytowej na superfosfaty. Dotychczasowe wyniki są zachęcające. W każdym razie ze względu na taniość amonjaku korzystniej byłoby przy fabrykacji stężonego kwasu azotowego przechodzić przez azotan amonowy niż sodowy.

Azotan amonu mógłby być stosowany jako wysokoprocentowy nawóz azotowy, ale ma tę wadę, że zbija się w workach i przed siewem musiałby być rozcierany w specjalnych młynach, co znów jest niebezpieczne dla rolnika ze względu na eksplozywność omawianego związku.

Prof. Dominik proponuje przerabiać [1]) chlorek sodu lub potasu, których dużo mamy w kraju, na azotany przez działanie 50%-wego kwasu azotowego; jednocześnie otrzymywałoby się chlor. Wyniki prób laboratoryjnych prof. Dominika są bardzo zachęcające, a zbyt na azotany zapewniony w rolnictwie. Metoda ta mogłaby dostarczyć tańszych azotanów, niż otrzymywane z kwasu i drogiego wodorotlenku.

Utlenianie amonjaku na kwas azotowy.

Z kolei przejdziemy do otrzymywania kwasu azotowego przez katalityczne utlenienie amonjaku; metoda ta ma ogromne widoki rozwoju przed sobą ze względu na łatwość otrzymywania amonjaku.

Utlenianie amonjaku na tlenki azotu poznał Kuhlmann w r. 1839, lecz dopiero w ostatnich czasach Ostwald zastosował je dla celów przemysłowych. Proces polega na tem, że amonjak, zmieszany z powietrzem i przepuszczany nad rozgrzaną platyną, utlenia się w myśl reakcji:

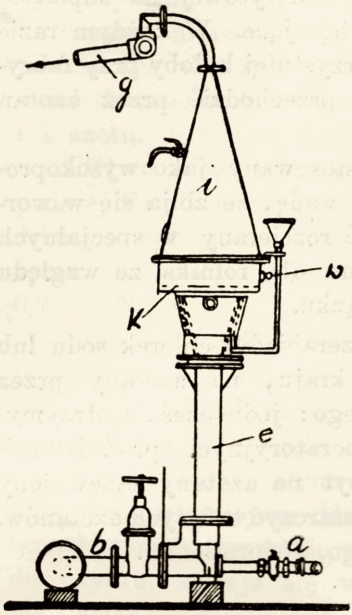
$$4\,NH_3 + 5O_2 = 4\,NO + 6\,H_2O.$$

[1]) W. Dominik. O przeróbce chlorków alkaljów na azotany z równoczesnem otrzymywaniem chloru. Przem. Chem. 1926, 106.

Reakcja przebiega najlepiej w temperaturze 700—800°; nazbyt wysoka temperatura jest szkodliwa, gdyż wtedy ma miejsce inna reakcja:

$$4\,NH_3 + 3\,O_2 = 2\,N_2 + 6\,H_2O$$

a także rozkład amonjaku na azot i wodór. Przepływ gazów nad platyną, której obecność przyśpiesza reakcję (kataliza), winien być bardzo szybki, bo dłuższe zetknięcie powoduje również uboczne reakcje, częściowy rozpad amonjaku i t. p.; styk gazów z katalizatorem winien trwać $\frac{1}{500}$ — $\frac{1}{1000}$ sek. Ważnem też jest, by amonjak z powietrzem były dobrze wymieszane. Przy spełnieniu wszystkich warunków reakcja utleniania amonjaku dochodzi do 97% wydajności; w praktyce przemysłowej osiąga się 92%.



Rys. 24.
Aparat do utleniania amonjaku na tlenki azotu. — Według Technologji Chemicznej Osta (wydanie polskie z r. 1922), str. 151.

Rys. 24 przedstawia przekrój aparatu do utleniania amonjaku. Przez *a* dopływa powietrze, zaś przez *b* — amonjak. Gazy, wymieszane przez specjalne mieszadło, idą rurą *e*, przyczem natrafiają na warstwę katalizatora *k*; przeszedłszy tu reakcję, idą przez hełm żelazny *i* i rurę glinianą *g* do dalszej przeróbki, która jest identyczna, jak przy piecach elektrycznych. Zazwyczaj katalizatorem jest siatka platynowa. Dla zapoczątkowania reakcji ogrzewa się tę siatkę prądem elektrycznym przez kontakt *w*; w dalszym ciągu ogrzewa ją ciepło reakcji, która jest wybitnie egzotermiczna; nieraz ogrzanie to jest tak wielkie, że trzeba siatkę chłodzić przez dodanie nadmiaru powietrza, gdyż przekracza się optymalną temperaturę reakcji 700—800°. Wszczęto próby, by przez mieszanie amonjaku z tlenem, a nie z powietrzem, podnieść wydajność reakcji; trudno jednak wtedy zapobiec zbyt silnemu rozgrzewaniu katalizatora. Zagadnienie to jest nadal opracowy-

wane, bo byłoby to bardzo dobre zużycie tlenu, co obniżyłoby koszt produkcji wodoru przez elektrolizę wody; obecnie wodór elektrolityczny jest drogi, a powstający równocześnie tlen jest mało wartościowym odpadkiem ze względu na ograniczony zbyt.

Opisane aparatury buduje się zazwyczaj 2·5—3 *m* wysokie, o średnicy 1 *m*. Zwiększanie ich nie jest wskazane, bo wtedy — ze względu na zwiększenie objętości — zewnętrzne chłodzenie powietrzem jest niewystarczające i temperatura katalizatora staje się nazbyt wysoką. Dlatego stosuje się całe baterje takich aparatów — nieraz do 40 sztuk.

Na każdy aparat potrzeba około 300 *gr* platyny jako katalizatora, co jest bardzo kosztowne. Zaczęto zatem szukać tańszych katalizatorów. Okazało się, że odpowiednio przygotowane tlenki żelaza, chromu i niklu przy dodaniu około 8% chlorku bizmutylu ($BiOCl$) — są bardzo dobremi katalizatorami, dającemi wydajność przeszło 80%. Zaletą tych katalizatorów w stosunku do platyny jest oprócz ceny jeszcze to, że znacznie trudniej niż platyna ulegają one zatruciu; najsilniejszemi trutkami dla katalizatorów są: fosforowodór (PH_3), często występujący jako zanieczyszczenie amonjaku, oraz niektóre związki organiczne — np. acetylen ($CH \equiv CH$).

Amonjak.

Z pośród omawianych związków azotowych amonjak (NH_3) jest najłatwiej dostępny na drodze syntezy. W przemyśle amonjak znajduje zastosowanie przy sztucznem chłodzeniu, praniu wełny, wyrobie sody, przy fabrykacji barwików, materjałów wybuchowych i innych związków organicznych. Od czasu, gdy amonjak stał się surowcem dla produkcji kwasu azotowego, jak to wyżej opisano, znaczenie jego wzrosło znacznie. Amonjak w postaci soli amonowych (najczęściej siarczanu) jest często stosowany jako nawóz sztuczny. Siarczan amonu zawiera wyższy procent azotu (21·2%) niż saletra (16·5%), lecz azot jego musi być liczony rolnikom taniej, gdyż rośliny łatwiej asymilują azotany niż sole amonowe. Pozatem siarczan amonu ma tę jeszcze wadę jako nawóz, że wprowadza do gleby bezużyteczny dla roślin jon siarczanowy, który tę glebę zakwasza oraz wiąże zawarty

w niej wapń na trudnorozpuszczalny siarczan wapnia, przez co utrudnia roślinom asymilowanie tego pierwiastka. Nie mniej jednak siarczan amonu ze względu na swą taniość i dostępność często jest przez rolników stosowany.

a) Otrzymywanie amonjaku przez gazowanie węgla.

Do czasu Wielkiej wojny głównym producentem amonjaku były gazownie. Węgiel, nadający się do gazowania, zawiera około 1—1,6% azotu; przy suchej destylacji węgla — obok gazu świetlnego i licznych cennych produktów ubocznych jak benzol, smoła pogazowa i t. p. — powstaje też amonjak. W tej formie uchodzi $\frac{1}{8}$—$\frac{1}{5}$ azotu, zawartego w węglu; część uchodzi jako cjanowodór, część pozostaje w smole i w koksie, część uchodzi jako wolny azot. Dla orjentacji podaję wykaz rozdziału azotu, zawartego w węglu westfalskim, między produkty suchej destylacji[1]).

Koks	30 —35,6%	całej zawartości azotu w węglu
Wolny azot . .	47,1—55 %	„ „ „ „ „
Amonjak . . .	10,5—14,6%	„ „ „ „ „
Cjanowodór . .	2 — 4 %	„ „ „ „ „
Smoła	1,3— 1,4%	„ „ „ „ „

Podział ten zmienia się zależnie od gatunku węgla i od sposobu suchej destylacji.

Główna ilość amonjaku uchodzi w temperaturze 500—700°; poniżej 450° azot z węgla wogóle nie wydziela się; zaś w bardzo wysokich temperaturach uchodzi dużo wolnego azotu na skutek rozkładu amonjaku. Należy więc uchwycić optymalną temperaturę, przy której niezbyt wiele amonjaku rozkłada się, a jednocześnie możliwie mało azotu pozostaje w koksie. Praktycznie nie przekracza się 900°. Gaz węglowy przez chłodzenie odczyszcza się od smoły, porwanej przy destylacji, a przeprowadzając go kolejno przez różne płóczki, oddziela się od niego zanieczyszczenia. W tak zwanej „płóczce amonjakalnej“, absorbuje się w wodzie amonjak oraz węglan, siarczek i cjanek amonu, o ile te dwa ostatnie nie zostały pochłonięte w „płóczce cjanowej“. Płóczką amonjakalną jest wieża z przegrodami

[1]) H. Ost. Technologja chemiczna, str. 152 (wyd. polskie 1922).

z dziurkowanej blachy; gazy idą od dołu do góry, zaś z góry spływa woda w postaci natrysku. Coraz częściej stosują jako płóczki cylindry leżące, w których woda spotyka się z gazem w przeciwprądzie przy silnem mieszaniu i rozpryskiwaniu wody specjalnemi mieszadłami. Z płóczek amonjakalnych odbieramy „wodę amonjakalną“ lub „pogazową“, zawierającą zazwyczaj 3—5% NH_3 — częściowo w postaci rozpuszczonego gazu, głównie zaś jako węglan, a także siarczek i cjanek. Sole te bardzo łatwo rozpadają się przy podgrzaniu, przyczem powstały dwutlenek węgla, siarkowodór i cjanowodór ulatniają się łatwiej, niż amonjak. Przez destylację w specjalnych aparatach, oczyszczonej w ten sposób wody pogazowej, otrzymuje się wodę amonjakalną zgęszczoną, zawierającą 15—25% amonjaku. Proces polega na tem, że uchodzącym przy destylacji amonjakiem gazowym, nasyca się czystą wodę. Przez destylowanie wody pogazowej z dodatkiem mleka wapiennego (roztwór wodorotlenku wapnia) otrzymuje się specjalnie czysty produkt. Często oczyszczony i oddestylowany w ten sam sposób amonjak — zamiast rozpuszczać w wodzie — komprymuje się do stanu ciekłego; stosuje się tu zazwyczaj ciśnienie 8 atmosfer. Płynny amoniak znajduje się w handlu w butlach stalowych.

Wiele gazowni przerabia „wodę pogazową“ wprost na siarczan amonu ($(NH_4)_2SO_4$). W tym celu odpędza się z niej amonjak przez ogrzewanie z dodatkiem mleka wapiennego, które ma za zadanie rozłożyć wszelkie sole amonowe; uchodzące pary wprowadza się do kwasu siarkowego:

$$2\,NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2\,SO_4.$$

Używa się kwasu siarkowego o tyle stężonego (45° Bé), że siarczan amonu krystalizuje; mokry produkt osusza się na wirówkach. Produkcja siarczanu amonowego zużywa dużo kwasu siarkowego, przeto prowadzone są próby w kierunku zastąpienia go innym produktem; stosunkowo najlepiej idzie reakcja z gipsem, prowadzona na większą skalę w Oppau:

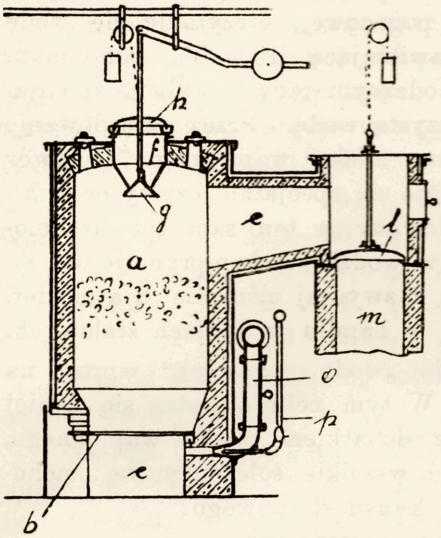
$$Ca\,SO_4 + 2\,NH_3 + CO_2 + H_2O = Ca\,CO_3 + (NH_4)_2\,SO_4\,.$$

Przy suchej destylacji 100 *kg* węgla pozostaje 70 *kg* koksu, a w nim do 50% całkowitej zawartości azotu w węglu. Oddawna czyniono próby otrzymania większej ilości gazu przez zgazowanie koksu. Przeprowadza się to w aparatach, zwanych

generatorami; zasada ich polega na tem, że na rozżarzony koks, znajdujący się w generatorze, dmucha się powietrze i parę wodną — zazwyczaj wylotową parę z urządzeń fabrycznych. Wówczas w temperaturze 1000° i wyżej przebiega reakcja między parą wodną i węglem koksu:

$$C + H_2O = CO + H_2.$$

Rys. 25 przedstawia jeden z najprostszych generatorów. Węgiel, względnie koks, spoczywa na ruszcie *b* w komorze *a*, do której parę i powietrze tłoczy się rurami *o* i *p*. Ruszt ogrzewany jest przez palenisko *c*. Gaz uchodzi kanałami *e* i *m* przez wentyl *l*. Świeży węgiel wrzuca się do komory *f* po otworzeniu klapy *h*; po zamknięciu tej klapy opuszcza się dzwon *g* i węgiel spada do komory *a*. Dzięki temu podwójnemu zamknięciu generator może być w ruchu ciągłym.



Rys. 25.
Generator. — Według Technologji Chemicznej Osta (wydanie polskie z r. 1922), str. 27).

Zależnie od sposobu gazowania rozróżnia się liczne odmiany gazu; oto najważniejsze z nich: gaz „powietrzny“ — najdawniej znany — otrzymuje się przez częściowe spalenie węgla, to znaczy tylko na tlenek węgla, który może być spalany dalej na dwutlenek; gdy wdmuchujemy na koks parę wodną i powietrze jednocześnie — otrzymujemy gaz „półwodny“ czyli „generatorowy“, gdy zaś rozżarzamy koks przez wdmuchiwanie powietrza, a dopiero na rozżarzony dmuchamy jakiś czas parę, — otrzymujemy gaz „podwójny“.

Nie będziemy tutaj zajmować się bliżej gazowaniem węgla, obchodzi nas ono o tyle, o ile przyczynia się do wzmożenia produkcji amonjaku, bądź bezpośrednio, bądź jako źródło wodoru do syntezy amonjaku z azotu i wodoru, o czem niżej.

Pierwszym, który generatorowe gazowanie węgla połączył z otrzymywaniem amonjaku, był Mond; system jego polega na tem, że na rozżarzony w generatorze węgiel, dmucha się parę wodną z powietrzem; wydajność amonjaku jest 3 razy większa niż przy suchej destylacji węgla; mianowicie ze 100 *kg* węgla otrzymuje się od 750 do 1000 *gr* amonjaku, co odpowiada 3—4 *kg* siarczanu amonowego.

Przed wojną robiono dalsze próby gazowania węgla z dobrem wyzyskaniem amonjaku, lecz stosowano nazbyt małe generatory (średnica 3 *m*). Mniejwięcej 12 lat temu firma J. Pintsch zbudowała duże generatory o średnicy 12 *m*; generator taki może zgazować do 1 wagonu paliwa dziennie, przyczem 75% zawartego w paliwie azotu uchodzi w postaci amonjaku. Ponadto otrzymuje się cenną smołę pogazową. Specjalnie korzystnie przedstawia się gazowanie torfu w generatorach, gdyż paliwo to jest łatwo dostępne, a posiada cokolwiek wyższy % azotu niż węgiel.

Jeśli chodzi o gazowanie materjałów opałowych w celu wydzielenia wodoru z otrzymanego gazu, projektuje prof. Dominik[1]), aby gazowanie przeprowadzać zapomocą pary wodnej i tlenu a nie pary i powietrza, gdyż wtedy wzrasta procent wodoru w gazach.

Wszystko przemawia za tem, by przemysł zarzucił spalanie węgla na ruszcie, a przeszedł na paleniska gazowe, zasilane gazem z generatorów. Wyzyskanie bowiem energji węgla w obu systemach jest jednakowe, obsługa generatorów i palenisk gazowych bardzo prosta; przesyłanie energji cieplnej w postaci pary w rurociągach daje straty przez schłodzenie pary, tymczasem gaz można prowadzić na bardzo znaczne odległości bez izolowania przewodów i spalać go w miejscu zużycia energji. Za systemem generatorowym przemawia bardzo silnie ten jeszcze fakt, że gdyby cały przemysł go zastosował, wyprodukowany przy tem amonjak pokryłby całkowicie zapotrzebowanie związków azotowych, a przecież byłby to tylko produkt uboczny. Że do tej pory mało co ponad $^1/_{50}$ całkowitego zużycia węgla przerabia się w generatorach, tłómaczyć należy konserwatyzmem przemysłowym, mającym swe źródło

[1]) W. Dominik. Zagadnienie azotowe w Polsce na tle mapy źródeł energji. Przem. Chem. 1929. 281.

w zrozumiałej obawie przed kosztami, które pociąga za sobą instalowanie urządzeń generatorowych oraz zmiana palenisk — często jeszcze nie zaamortyzowanych. Nadmienić należy, że generatory amonjakalne dość trudno regulują swój ruch w zależności od zapotrzebowania energji; tak więc elektrownia, oparta na nich, miałaby dużo prądu zbędnego w pewnych porach dnia, gdy zużycie jego jest małe; tę odpadkową energję możnaby zużywać w celu wiązania azotu w piecach Mościckiego[1]).

b) Amonjak z cjanamidu wapnia.

Metoda polega na ogrzewaniu cjanamidu wapnia z wodą pod ciśnieniem, przyczem zachodzi reakcja:

$$Ca\,CN_2 + 3\,H_2O = 2\,NH_3 + Ca\,CO_3.$$

W pierwszem stadjum zadaje się cjanamid wapnia 2%-wym roztworem sody w celu rozłożenia zawartego w technicznym azotniaku karbidu; następnie dopuszcza się parę wodną pod ciśnieniem 12—15 atmosfer; na skutek wydzielania amonjaku ciśnienie rośnie do 18—20 atmosfer i wówczas odpuszcza się amonjak do dalszej przeróbki. Wydajność amonjaku około 96% teoretycznej.

c) Synteza amonjaku z azotu i wodoru.

Ze wszystkich sposobów wiązania wolnego azotu największe widoki rozwoju ze względu na swą prostotę i taniość ma synteza amonjaku z azotu i wodoru.

Przebiega ona według równania:

$$3\,H_2 + N_2 = 2\,NH_3.$$

Z równania tego widać, że wprowadzając do reakcji trzy objętości wodoru i jedną objętość azotu, otrzymujemy dwie objętości amonjaku; proces jest więc połączony ze zmniejszeniem objętości, stąd wniosek, że reakcja będzie dawać lepszy wydatek, gdy się ją przeprowadzi pod ciśnieniem (reguła Le Chatelier).

Amonjak pod wpływem ogrzewania rozkłada się na azot i wodór, zatem syntezę należy prowadzić w możliwie niskiej temperaturze. Jednak trzeba uwzględnić, że łączenie azotu

[1]) Mościcki. W sprawie azotowej w Polsce. Metan 1919, 24.

z wodorem nawet pod bardzo wielkiem ciśnieniem idzie w temperaturze zwykłej nieskończenie wolno, a szybkość reakcji zwiększa się z temperaturą. Zatem reakcję należy przeprowadzić w podwyższonej temperaturze, ale tę ostatnią należy tak dobrać, by reakcja szła dostatecznie szybko pod danem ciśnieniem, a nie następował zbyt silny rozkład amonjaku.

Łączenie azotu z wodorem w obecności katalizatorów daje się przeprowadzić w temperaturach stosunkowo niskich dzięki przyśpieszającemu reakcję działaniu katalizatorów. Podstawowym składnikiem używanych tu katalizatorów jest specjalnie preparowane rozdrobnione żelazo; do żelaza tego dodawane są rozmaite domieszki, np. tlenek glinu, potasu, wapnia i t. p. Rodzaj katalizatora, na jakim się pracuje, jest rzeczą ogromnej wagi: stanowi to zazwyczaj tajemnicę fabryczną.

Zazwyczaj syntezę przeprowadza się w temperaturze 560°, bo — jak wykazał Haber — otrzymuje się wtedy najwyższy procent amonjaku w gazach przereagowanych, czyli i szybkość reakcji jest dostatecznie duża i rozkład amonjaku dostatecznie mały.

Istnieje kilka metod przeprowadzania omawianej syntezy: metoda Habera, Claude'a, Casale'go i Fausera. Omówimy je kolejno w krótkości.

1. Metoda Habera.

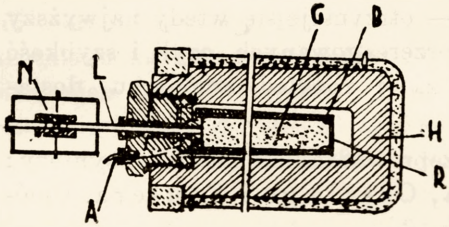
Jest ona dotychczas najwięcej używana. Pracuje się tu pod ciśnieniem 200 atmosfer i w temperaturze około 550°. Gazy poreakcyjne odprowadza się kanałami, które są zzewnątrz opływane przez gazy, idące do reakcji; w ten sposób następuje wymiana ciepła i mieszanka wchodzi do komory reakcyjnej już podgrzana mniejwięcej o 80°. Do temperatury 550° doprowadza się ją przez ogrzewanie elektryczne. Gazy, wychodzące z komory, zawierają około 5% amonjaku. Wychodzą one pod ciśnieniem 200 atmosfer i pod tem ciśnieniem są przeprowadzane przez wodę, w której pozostawiają amonjak. Woda, nasycona amonjakiem, pod tak wielkiem ciśnieniem, przy przejściu do normalnego ciśnienia zatrzymuje jedynie tyle amonjaku, że zostaje 25%-wy roztwór, a resztę oddaje w stanie gazowym; ten gazowy amonjak albo zostaje skroplony po osuszeniu, albo idzie do dalszej przeróbki chemicznej. Uwolnione od amonjaku

nieprzereagowane gazy wracają znowuż do komory reakcyjnej, uzupełnione świeżą mieszanką azotu i wodoru.

2. Metoda Claude'a.

Claude przeprowadza syntezę pod ciśnieniem, dochodzącem do 1000 atmosfer. Na skutek tego pracuje w znacznie mniejszych objętościach. Gazy poreakcyjne zawierają 25% amonjaku: przy tak wysokiej koncentracji i przy takiem ciśnieniu łatwo jest przez ochłodzenie wydzielić amonjak w stanie płynnym.

Gazy idą przez kilka po sobie następujących komór reakcyjnych, przyczem po każdej komorze tracą amonjak przez wykroplenie w specjalnych aparatach chłodzących. U Habera gazy, wchodzące do komór trzeba podgrzewać prądem; u Claude'a na skutek wielkiego ciśnienia reakcja zachodzi między większemi ilościami gazów, a w mniejszej objętości, to też ciepło jej wystarcza do ogrzania świeżych gazów do 550°. Rys. 26 przedstawia komorę Claude'a w przekroju. Świeża mieszanka wchodzi przez rurę *A*, przeciska się przez przestrzeń *B* między komorą reakcyjną *G*, a płaszczem *H*; dzięki temu ogrzewa się od komory, do której wchodzi przez otwory w dnie *R*. Przeszedłszy przez komorę z katalizatorem, gazy wychodzą rurą *L* do przyrządów *N*, skraplających amonjak.



Rys. 26.
Aparat Claude'a do syntezy amonjaku i wodoru.

Przewidywane trudności co do uszczelnienia aparatury, pracującej pod tak wielkiem ciśnieniem, udało się Claude'owi zupełnie pokonać; wynaleziono także specjalne gatunki stali chromowej, która opiera się działaniu gazów mimo wielkiego ciśnienia.

3. Metoda Casale'go.

Casale stosuje ciśnienie 500 *atm*, a dopiero po pewnem zużyciu katalizatora podnosi je do 700 *atm*. Wskutek mniejszego ciśnienia otrzymuje się tu mniej ciepła z reakcji i aby mieszankę doprowadzić do żądanej temperatury 550° trzeba ją

podgrzewać prądem elektrycznym. Wytworzony amonjak poddaje się skropleniu.

4. Metoda Fausera.

Metoda ta jest bardzo podobna do metody Habera, gdyż stosuje się tu ciśnienie około 250 atmosfer, a wytworzony amonjak absorbuje w wodzie. Metoda wyróżnia się pewnemi sobie właściwemi udoskonaleniami natury technicznej, których rozpatrywanie zaprowadziłoby nas w dziedzinę szczegółów konstrukcyjnych.

Trudno stwierdzić, która z opisywanych metod, daje najlepsze wyniki — zwłaszcza wobec ogromnego wpływu na reakcję katalizatorów, które są zazwyczaj tajemnicą fabryczną. Jak wielkim jest ten wpływ, świadczą następujące dane: Casale przy ciśnieniu 500—700 *atm* otrzymywał tylko 22% amonjaku w gazie wyjściowym, a teoretycznie winien otrzymać 70%. Fabryka zaś w Mont Cenis przy 95 *atm* otrzymuje 16% amonjaku w gazach poreakcyjnych, czyli prawie teoretyczny wydatek. Tłómaczy się to różnicami w katalizatorach.

Przy wszystkich omawianych metodach bardzo ważnem zagadnieniem jest zawsze kwestja otrzymywania surowców do syntezy, czyli azotu i wodoru.

W metodzie Habera wodór do syntezy czerpie się z gazu wodnego, t. j. powstającego przy działaniu pary wodnej na rozżarzony koks:

$$C + H_2O = H_2 + CO.$$

W dalszym ciągu przeprowadza się reakcję między tlenkiem węgla a parą wodną w obecności specjalnych katalizatorów:

$$CO + H_2O = CO_2 + H_2.$$

Usuwa się w ten sposób tlenek węgla, który grozi zatruciem katalizatora przy syntezie, a jednocześnie podnosi się ilość wodoru [1]).

Haber wytwarza też gaz generatorowy, t. j. powstający przy jednoczesnem wdmuchiwaniu na koks powietrza i pary wodnej. Gaz ten zawiera znaczną ilość azotu, pochodzącego z wdmuchiwanego powietrza. W przybliżeniu skład tego gazu jest następujący:

CO_2 5%, CO 30%, H_2 15%, N_2 50%.

[1]) Proces ten zastosowano w budowanej obecnie fabryce związków azotowych w Tarnowie.

Gaz wodny miesza się z generatorowym i w tej mieszaninie wspomnianem działaniem pary wodnej wobec katalizatorów przeprowadza się tlenek węgla w dwutlenek. Ostatecznie mamy gaz o składzie:

CO_2 29,5%, CO 1,5%, H_2 53%, N_2 16%.

Dwutlenek węgla wymywa się wodą pod ciśnieniem, a resztę absorbuje w ługu; resztę tlenku węgla absorbuje amonjakalny roztwór mrówczanu miedziawego. Dochodzi się więc do czystej mieszanki azotu z wodorem, do której dodaje się jeszcze tyle azotu, otrzymanego ze skroplonego powietrza, aby dojść do mieszanki, składającej się ściśle z 3 objętości wodoru i 1 azotu.

Claude wydobywa wodór z gazów koksownianych. Jak podaje Frydlender[1]) gazy te mają skład: 55—61% wodoru, 22—26% metanu, 4,4—6,0% tlenku węgla, 4—13% azotu, 1,5—2,4% bezwodnika węglowego, 1,2—2,8% etylenu, 0,2—0,3% benzolu.

Benzol zostaje dokładnie usunięty przez zastosowanie płóczki z olejem mineralnym; gazy, wypłókane od benzolu, poddaje się wymrażaniu i sprężaniu przy użyciu specjalnego deflegmatora Claude'a, na skutek czego zanieczyszczenia odciekają w stanie płynnym, a pozostaje czysty wodór, gdyż jest on najtrudniejszy do skroplenia. Ponieważ w tak niskich temperaturach wszystkie smary krzepną i przestają być zdatne do użytku, stosuje się w omawianej aparaturze ciekły azot jako smar.

Azot, potrzebny do syntezy, otrzymuje Claude przez skroplenie powietrza i frakcjonowaną jego destylację; najpierw uchodzi azot jako łatwiej wrzący (temperatura wrzenia —194°), a pozostaje tlen (temp. wrzenia —185°). Tlen komprymuje się w butlach stalowych, lecz zbyt jego jest ograniczony, to też dąży się do użycia go przy utlenianiu amonjaku na kwas azotowy lub do gazowania koksu i t. p. materjałów w generatorach, o czem wspominałem wyżej.

Linne-Bronn stosują płynny azot do wypłókiwania resztek zanieczyszczeń z wodoru; wymywanie jest bardzo do-

---

[1]) Frydlender. Nowoczesne syntezy amonjaku z azotu i wodoru. Przegląd Techniczny 1926, 195 i 225.

kładne, a jednocześnie następuje wymieszanie azotu z wodorem, potem doprowadza się już tylko nieznaczną ilość azotu, by uzyskać żądany stosunek 1 : 3.

Casale otrzymuje azot z powietrza przez wypalenie tlenu wodorem. Wodór, potrzebny do wypalenia tlenu i do syntezy, otrzymuje na drodze elektrolitycznej.

W instalacjach, otrzymujących wodorotlenek sodowy lub potasowy przez elektrolizę chlorków, wodór jest materjałem odpadkowym, więc tanim. Można też otrzymać wodór przez elektrolizę wody, ale wtedy otrzymuje się jednocześnie tylko tlen, na który brak zbytu. Wodór jest wtedy drogi, choć otrzymanie go zużywa mniej energji.

1 m^3 wodoru z wody powstaje przy zużyciu 6 kilowatgodzin.

1 „ „ przy elektrolizie chlorku potasu powstaje przy zużyciu 9 kilowatgodzin.

Fauser opiera się też na wodorze elektrolitycznym. Co do azotu, to wykorzystuje on odpadkowy azot, pozostający po utlenieniu części wytworzonego amonjaku na kwas azotowy; tlen powietrza zużywa się na utlenienie amonjaku, a pozostaje azot.

Charakterystycznem jest to, że każda metoda wytwarza wodór drogą najdostępniejszą w kraju, gdzie powstawała; Haber, pracujący w Niemczech, opiera się na węglu, Claude na gazach koksownianych, w które obfituje Francja, Casale i Fauser na elektrolizie, do której we Włoszech nie brak wodnych źródeł energji.

Nowopowstające fabryki — bez względu na to, jaką metodą przeprowadzają syntezę — otrzymują azot i wodór metodami dla siebie najdostępniejszemi. Np. budujący się u nas Tarnów, oparty na systemie Fausera, otrzymuje wodór przez zgazowanie koksu w generatorach i dalsze oczyszczanie go według Habera; azot zaś otrzymuje ze skroplonego powietrza przez frakcjonowaną destylację według Claude'a.

Niektóre fabryki włoskie otrzymują azot z powietrza przez związanie tlenu z miedzią w myśl reakcji:

$$2\,Cu + O_2 = 2\,Cu\,O.$$

Miedź można potem regenerować.

W każdym razie azot jest znacznie łatwiej dostępny niż wodór i otrzymywanie tego ostatniego jest przy syntezie amonjaku kwestją zasadniczą. Istnieje cały szereg pomysłów oparcia syntezy amonjaku na innych źródłach wodoru niż elektroliza lub węgiel czy koks. Profesorowie Mościcki i Dominik zwracają uwagę na liczne w kraju torfowiska, bo torf zupełnie dobrze nadawałby się do gazowania, przytem według prof. Dominika stosowanie w tym procesie tlenu zamiast powietrza jest bardzo korzystne, zwłaszcza przy torfie. Prof. Dominik oblicza, że torfowiska polskie mogłyby dostarczyć surowca na przeciąg pięciu stuleci przy produkcji 100.000 ton związanego azotu rocznie. W pracy swej p. t. „Przemysł azotowy na surowcach rolnych“ [1]) proponuje on oprzeć fabrykację syntetycznego amonjaku na produktach rolnych, więc na słomie, łęcinach, drewnie, wiklinie i t. p., które poddawałoby się gazowaniu w generatorach. Oblicza, że przyrost plonu, spowodowany silnem nawożeniem okolicy fabryki, dostarczyłby właśnie surowców. Mogłaby też fabryka posiadać własne tereny i na nich plantować np. wiklinę. Fabryka taka, według prof. Dominika, winna być nieduża, czerpać surowce z najbliższej okolicy i ją też zasilać nawozami; wskazanem byłoby rozrzucić możliwie dużo takich fabryczek po całym kraju, a każda z nich obsługiwałaby obszar 18.000—42.000 *ha*. Projektodawca podkreśla, że w ten sposób uniknęłoby się uzależnienia przemysłu azotowego od kwestyj węglowych oraz zgrupowania tego przemysłu w określonych punktach kraju, co jest specjalnie ważne, gdy się uwzględni ścisłą łączność między produkcją związków azotowych a kwestjami obrony państwa.

Do syntezy amonjaku może też nadawać się wodór, otrzymywany metodą Sainte-Claire Deville'a; opiera się ona na tem, że para wodna, przepędzona w odpowiedniej temperaturze nad specjalnie przygotowanem żelazem, redukuje się w myśl reakcyj:

$$Fe + H_2O = FeO + H_2$$
$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2.$$

Utlenione żelazo można regenerować działaniem gazu generatorowego. Decydującym czynnikiem w tej metodzie jest jakość redukującego żelaza.

[1]) Przem. Chem. 1927. 259.

d) Otrzymywanie amonjaku metodą Serpeka.

Tlenek glinu — t. zw. boksyt — ogrzewa się z węglem w atmosferze azotu. Zachodzą następujące reakcje:

1. $Al_2O_3 + 3\,C = 2\,Al + 3\,CO$

2. $2\,Al + N_2 = Al_2N_2$ (powstaje azotek glinu).

Proces ten przeprowadza się w silnie ogrzewanych pochylonych piecach o kształcie cylindrów, obracających się koło podłużnej osi; w ten sposób boksyt zsuwa się powoli w dół, a w przeciwprądzie spotyka się z azotem. Wychodzący z pieca azotek glinu poddaje się działaniu wody:

$$Al_2N_2 + 3\,H_2O = 2\,NH_3 + Al_2O_3.$$

Boksyt zatem regeneruje się całkowicie.

Aktywniejszym w tych reakcjach od glinu jest lit, ale jest on zbyt drogi.

Metoda Serpeka nie rozwinęła się tak, jak się tego spodziewano, bo jest znacznie droższą od syntezy amonjaku z pierwiastków.

Koszta wiązania azotu rozmaitemi metodami przedstawiają się według Płużańskiego i Kwiatkowskiego[1]) następująco:

1	kilowatrok	wiąże	130 *kg*	azotu	w postaci	kwasu azotowego w metodzie łukowej;
1	„	„	380	„	„	„ cjanamidu wapnia;
1	„	„	830	„	„	„ syntetycznego amonjaku.

Są to jedynie liczby orjentacyjne, jednak tłómaczą wymownie, dlaczego ostatnia metoda ruguje wszystkie inne.

Związki cjanowe.

Związki te nie znajdują tak szerokiego zastosowania w przemyśle jak kwas azotowy i amonjak, nie nadają się też jako nawozy, są jednak najdroższemi ze wszystkich nieorganicznych związków azotowych, omawianych w niniejszej pracy.

Cjanowodór (HCN) znany był dawno ludzkości jako trucizna; występuje on w organizmach wielu roślin tropikalnych,

[1]) Płużański i Kwiatkowski. O nasz program gospodarczy w sprawie azotowej. Przem. Chem. 1920. 97 i 113.

zwłaszcza w nasionach, np. w gorzkich migdałach; zazwyczaj znajduje się tam w stanie związanym w postaci związków, łatwo rozpadających się z wydzieleniem cjanowodoru wolnego.

Najdawniejsze próby otrzymywania pochodnych cjanowych (żelazocjanków) polegały na prażeniu z żelazem rogów, krwi i t. p. substancyj, obfitujących w azot; powstawał przy tem t. zw. błękit pruski lub berliński. Błękit ten jest najdawniej znanym związkiem cjanowym, bo jeszcze od r. 1704.

Z pośród wielu metod otrzymywania cjanków i cjanowodoru wspomnę tylko o najważniejszych z pośród tych, które bądź to znalazły zastosowanie techniczne, bądź to miały po temu pewne dane, opierając się na tanich surowcach. Specjalnie zatrzymam się nad metodą prof. Mościckiego syntezy cjanowodoru w płomieniu elektrycznym; w rozwinięciu tej metody opiszę dalszą przeróbkę cjanowodoru tak, jak ona się odbywa w polskiej fabryce „Azot“ pod Jaworznem.

W r. 1839 Thompson otrzymał syntetyczny cjanek potasowy, przeprowadzając powietrze nad mieszaniną koksu, potażu i opiłek żelaznych, rozgrzaną do czerwonego żaru. Metoda ta znalazła zastosowanie techniczne w Ameryce, gdzie używano sody zamiast potażu i dochodzono do cjanku sodowego.

Scheele otrzymał cjanek potasu, prażąc salmjak, węgiel i potaż.

Clouet doszedł do cjanowodoru, przeprowadzając amonjak nad rozżarzonym węglem drzewnym.

Dużem zastosowaniem cieszyło się przeprowadzanie amonjaku w temp. 900° nad potażem i węglem drzewnym, przyczem powstawał cjanek potasu; metodę tę jeszcze dziś można spotkać.

Tendencja do przeróbki amonjaku na cjanki do tej pory jest aktualna ze względu na taniość amonjaku.

Dobre rezultaty daje stapianie sodu metalicznego w obecności węgla drzewnego i działanie na niego amonjakiem; sód z amonjakiem daje amidek sodowy ($Na\,NH_2$), a ten z węglem drzewnym reaguje w kierunku powstania cjanamidu sodowego:

$$2\,Na\,NH_2 + C = Na\,N_2\,C + 2\,H_2$$

który w wyższej temperaturze daje z węglem cjanek sodu:

$$Na_2\,N_2\,C + C = 2\,Na\,CN.$$

Ta metoda do dziś jeszcze znajduje zastosowanie.

Jeden z nowszych patentów niemieckich (460. 134) podaje sposób otrzymywania cjanowodoru przez przepuszczanie mieszaniny tlenku węgla i amonjaku w wysokiej temperaturze nad katalizatorem, którym może być tlenek cynku, glinu, toru, uranu.

Wywar cukrowniczy (melasę) można poddać destylacji rozkładowej, przy której uchodzą rozmaite organiczne związki azotowe, dające się przez ogrzewanie do 1000° rozłożyć z wydzieleniem cjanowodoru. Metoda ta, oparta na odpadku przemysłu cukrowniczego, mogłaby dostarczyć znacznej ilości cjanowodoru, gdyby była stosowana na szeroką skalę.

Jedną z ważniejszych metod otrzymywania cjanków było stapianie z sodem metalicznym żelazocjanku potasowego (żółtej soli):

$$K_4Fe(CN_6) + 2\,Na = 4\,KCN + 2\,Na\,CN + Fe.$$

Żelazocjanki otrzymywano dawniej przez prażenie substancyj organicznych, obfitujących w azot (rogi, włosy, krew, skóra i t. p.) z potażem i opiłkami żelaznemi. Potaż z azotem substancji organicznej daje cjanek, a ten reaguje z żelazem. Wydajność tej metody nie jest dobrą i teraz już tylko nieliczne przedsiębiorstwa w Anglji ją stosują.

Bardzo ważnem źródłem związków cjanowych w postaci żelazocjanków są gazownie. Gaz, powstały przy suchej destylacji węgla, zawiera 0·1—0·2% cjanowodoru. Gaz wprowadza się do „płóczki cjanowej“, napełnionej stężonym roztworem siarczanu żelazawego. Ponieważ płóczka ta jest załączona przed opisaną wyżej płóczką amonjakalną, gazy, przechodzące przez nią, zawierają jeszcze amonjak i siarczek amonu. Ten ostatni z siarczanem żelazawym daje siarczek żelazawy:

$$FeSO_4 + (NH_4)_2S = FeS + (NH_4)_2SO_4.$$

Siarczek żelaza z cjanowodorem i amonjakiem reaguje w kierunku wytworzenia żelazocjanku amonowego

$$(NH_4)_4Fe(CN)_6.$$

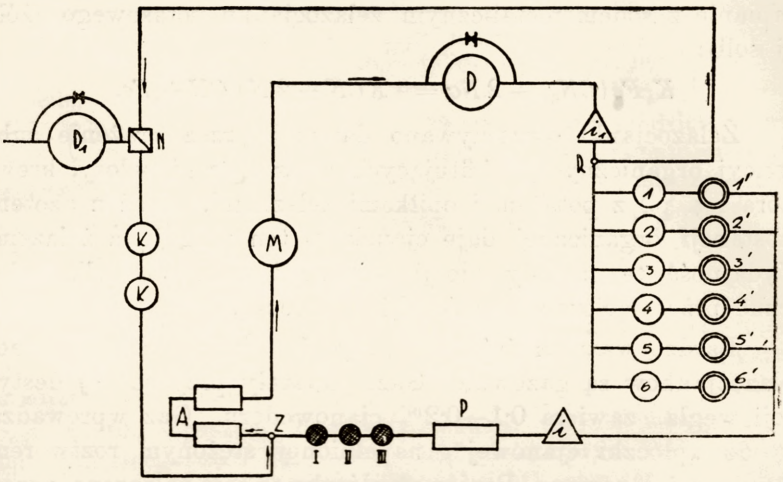
Wszystkie wymienione metody otrzymywania związków cjanowych schodzą na dalszy plan wobec metody łukowej prof. Mościckiego. Aczkolwiek jeszcze mało rozpowszechniona, ma ona wielkie widoki rozwoju. Opiera się na tem, że miesza-

nina azotu i węglowodorów reaguje w łuku elektrycznym w kierunku wytwarzania cjanowodoru:

$$C_n H_m + N \longrightarrow HCN + C.$$

Pozostaje jednocześnie wolny węgiel w postaci sadzy.

Prof. Mościcki zastosował tu identyczne piece jak do utleniania azotu — rys. 17. Zamiast powietrza wprowadza się do pieca azot i węglowodory w postaci gazu ziemnego, nafty lub oleju mineralnego. Grzyb chłodzący działa taksamo jak przy tlenkach azotu i zapobiega rozkładaniu się cjanowodoru. Piec pracuje pod napięciem do 1400 volt przy obciążeniu 300—400 kilowatów. Co do samych pieców i elektrod odnosi się



Rys. 27.
Schemat instalacji do fabrykacji związków cjanowych metodą Mościckiego.

do nich wszystko to, co opisano przy syntezie tlenków azotu. Powstająca przy reakcji sadza zapycha piec i odpływ gazów; dlatego średnio co 24 godziny należy piec z ruchu wyłączyć i oczyścić; na miejsce pieca wyłączonego załącza się rezerwowy, tak że baterja pieców pracuje zawsze w komplecie.

Schemat krążenia gazów w całej aparaturze przedstawia rys. 27. Gazy tłoczy do pieców dmuchawa *D*. Wchodzą one do sześciu pieców: *1, 2, 3, 4, 5, 6*; z pieców przechodzą do skruberów (*1', 2', 3', 4', 5', 6'*) czyli wież, w których spoty-

kają się z silnym natryskiem wodnym. Natrysk ten odczyszcza je od sadzy, która powstaje przy reakcji w łuku. Błoto z sadzą spływa na dół, a gazy uchodzą górą wieży; błoto to spływa później do podziemnego dołu, w którym na dnie zbiera się sadza (pasta cjanowa), a ciecz przenoszą znowu pompy do skruberów (zupa cjanowa). W ten sposób krąży w nich ciągle tasama ciecz i tylko czasami uzupełnia się ją świeżą wodą; gdybyśmy ciągle zraszali gazy świeżą wodą, byłyby straty z powodu rozpuszczania cjanowodoru w wodzie; przy opisywanym systemie zbijamy sadzę wodą raz na zawsze nasyconą cjanowodorem. Odstojnik sadzy od czasu do czasu oczyszcza się przez wybranie „pasty“, którą można zużytkować jako paliwo.

Za skruberami znajduje się separator *i*, w którym — dzięki krętej drodze — tracą gazy jeszcze znaczną część sadzy. Stąd gazy idą przez chłodnicę *P* do wież absorbcyjnych; chłodnica ma na celu zniżenie temperatury gazów, bo gorące źle będą się absorbować. Wież absorbcyjnych jest trzy; gazy idą kolejno przez wieże *III, II, I,* przechodząc przez każdą od dołu do góry; z góry ścieka jako natrysk mleko wapienne, przyczem na *I-ą* wieżę pompa tłoczy świeży płyn, na *II-gą* ten, który spłynął z *I-ej* na *III-ą* z *II-ej*. W ten sposób gazy spotykają się z wapnem zgodnie z zasadą przeciwprądu [1]). Przy absorbcji zachodzi reakcja:

$$Ca(OH)_2 + 2\,HCN = Ca(CN)_2 + 2\,H_2O.$$

Z wieży *I-ej* odpływa cjanek wapniowy z nadmiarem wodorotlenku wapnia, zanieczyszczonego węglanem, do dalszej przeróbki. Nie można przy tej absorbcji zastosować aparatów Mościckiego, opisanych przy kwasie azotowym, gdyż aparaty te nadają się jedynie do absorbcji czystą cieczą; mleko wapienne zapchałoby wolne przestrzenie między wypełnieniem.

Gazy po absorbcji cjanowodoru posiadają w przybliżeniu skład następujący: 55% azotu, 30% wodoru, 10% tlenku węgla i 5% metanu. Ponieważ oprócz tego niosą ze sobą znaczną ilość wody, przeto przechodzą przez chłodnicę amonjakalną *A*, gdzie ją tracą na skutek wykroplenia; jest to konieczne, gdyż

[1]) Do niedawna prowadzono w „Azocie“ absorbcję we współprądzie, ale to dawało gorsze rezultaty.

woda, doszedłszy do łuku, nietylko chłodziłaby go, ale też ulegała rozkładowi. Przez to w mieszance gazów, poddawanych syntezie, znajdowałby się tlen i powstawałby w łuku tlenek azotu; ponadto tlen z węglowodorami i wodorem mógłby utworzyć mieszaninę wybuchową.

Przed samą chłodnicą dopływa azot, uzupełniający w ten sposób mieszankę, o czem niżej. Po chłodnicy amonjakalnej gazy przechodzą przez urządzenie, zwane „mgłą“ (na rysunku oznaczono *M*), gdzie dzięki krętym drogom, jakie przechodzą, odczyszczają się od porwanej sadzy i od reszty wody (mgły). Wreszcie wracają do dmuchawy *D*, która tłoczy je znów do pieców przez separator i_1 — identyczny z separatorem *i*.

Część gazów w punkcie *R* — zatem między dmuchawą *D* a piecami — zostaje odprowadzona do „pieców azotowych“ *N*. W piecach tych powietrze, tłoczone do nich dmuchawą D_1, spala swój tlen kosztem owych gazów, gdyż zawierają one węglowodory i wodór; ma to na celu otrzymanie azotu. Jako produkt spalania otrzymujemy wodę i dwutlenek węgla, które zanieczyszczają azot. Dwutlenek węgla absorbuje się w ługu potasowym (absorbery *K*), dzięki czemu ubocznym produktem jest potaż. Od wody uwalniają się gazy w chłodnicy amonjakalnej już po przyłączeniu się w punkcie *Z* do głównego obiegu.

Cały proces fabrykacji składa się zatem z dwóch obiegów, zwanych kołami: duże koło (cjanowe) i małe (azotowe). Koło cjanowe — to główne krążenie gazów reagujących: dmuchawa *D*, piece cjanowodorowe, skrubery, absorbcja, chłodnica amonjakalna, mgła, dmuchawa *D*; koło azotowe obejmuje piece azotowe, absorbcję dwutlenku węgla, chłodnicę amonjakalną, mgłę, dmuchawę *D*, punkt rozdziału *R*, piece azotowe. Koło cjanowe jest zasilane w miarę potrzeby azotem z koła azotowego, a samo dostarcza do pieców azotowych małego koła gazów, obfitujących w węglowodory, kosztem których spala się tlen powietrza.

W instalacji fabryki „Azot“ w Jaworznie dmuchawa *D* tłoczy na godzinę 4000—4500 m^3 gazów. Gazy, wychodzące z pieców i poddawane absorbcji, zawierają 1—2% cjanowodoru. Jeśli zamiast nafty czy oleju stosować w syntezie metan, dochodzi się do 19% cjanowodoru (prace prof. Mościckiego), lecz „Azot“ nie posiada źródła gazu ziemnego.

Największą trudnością w całym procesie jest sadza, o której już wspominałem, a od której gazy nie dadzą się dokładnie odczyścić; sadza ta ciągle krąży i zatyka stopniowo aparaturę, osadzając się we wszystkich załamaniach rurociągów i w węższych przepływach. Dlatego praca w fabryce trwa okresami; do niedawna zatrzymywano fabrykę co dwa tygodnie w celu czyszczenia aparatury, obecnie dzięki ciągłym udoskonaleniom przedłużono okres pracy do 4, a nawet 6 tygodni.

Wydajność produkcji wynosi 22—24 *gr* cjanowodoru na 1 kilowatgodzinę. Ze względu na kopalnie węgla, których na miejscu w Jaworznie jest cztery (szyby: Piłsudski, Sobieski, Kościuszko i Jan Kanty) cena energji jest niezbyt wysoka.

Zaabsorbowany cjanowodór — już w postaci cjanku wapnia, zanieczyszczonego wodorotlenkiem i węglanem wapniowym — idzie na prasy filtracyjne. Węglan i nierozpuszczony wodorotlenek zostają na prasach jako szlam. Roztwór cjanku wapnia zadaje się siarczanem żelazawym, na skutek czego powstaje żelazocjanek wapniowy — $Ca_2 Fe(CN)_6$. Ten działaniem węglanu potasowego przechodzi w żelazocjanek potasowy, a sodowego — w sodowy:

$$Ca_2 Fe(CN)_6 + 2\,K_2 CO_3 = 2\,Ca\,CO_3 + K_4 Fe(CN)_6.$$

Przy sączeniu na prasach węglan wapnia zostaje jako szlam, a żelazocjanek w postaci roztworu odcieka. Odciek podparowuje się na gorąco, a przy oziębianiu krystalizuje z niego żelazocjanek.

Główne zastosowanie znajdują żelazocjanki przy wyrobie błękitu berlińskiego. W tym celu działa się na żelazocjanek solą żelazową; powstaje błękit, którego budowa nie jest stałą; są to związki częściowo żelaza trójwartościowego. Najogólniejszym będzie wzór: $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$. Błękity mają zastosowanie w farbiarstwie, drukowaniu tkanin i t. p. Polska fabryka „Azot“ wytwarza specjalnie piękne błękity. Jeśli chodzi o produkcję samych cjanków, to jest ona utrudniona przez to, że przy odparowywaniu roztworu cjanku na gorąco ten ostatni ulega rozkładowi. Nie mniej jednak jest nadzieja, że „Azot“ uruchomi wkrótce i ten dział produkcji. Cjanki znajdują zastosowanie w galwanoplastyce, bo w roztworach ich rozpuszczają się liczne metale i osadzają się pod

wpływem prądu. Największe ilości cjanków zużywają kopalnie złota; przez rozpuszczenie tego kruszcu w roztworze cjanku oddziela go się od piasku.

Czysty cjanowodór otrzymuje się najczęściej przez rozkład żelazocjanku, polegający na prażeniu i następnem zadaniu substancji kwasem siarkowym:

$$K_4Fe(CN)_6 = 4\,KCN + FeC_2 + N_2$$

$$4\,KCN + 2\,H_2SO_4 = 2\,K_2SO_4 + 4\,HCN.$$

albo na ogrzewaniu mieszaniny żelazocjanku i kwasu siarkowego:

$$K_4Fe(CN)_6 + 3\,H_2SO_4 = 2\,K_2SO_4 + FeSO_4 + 6\,HCN.$$

Uchodzący cjanowodór można skomprymować i jako ciecz przechowywać w małych flaszkach stalowych. Najczęściej używany jest do walki z owadami, myszami i t. p. szkodnikami. Produkcja jego jest jeszcze tem ograniczona, że musi być zużyty w ciągu dwóch tygodni po skropleniu; w przeciwnym razie zachodzą zmiany międzycząsteczkowe (polimeryzacja), dzięki którym staje się nadzwyczaj wybuchowym.

Dla otrzymywania związków cjanowych metoda łukowa jest najlepsza; „Azot“ jest jedyną fabryką, opartą na tej metodzie. Obecnie Niemcy budują próbną fabryczkę w Ludwigshafen, opierając się na metanie i acetylenie; korzystają z tego, że patenty prof. Mościckiego wygasły.

Na zakończenie przedstawię stan kwestji azotowej w Polsce.

Pierwszą placówką jest wspomniana fabryka związków cjanowych „Azot“. Założona w czasach wojennych (uruchomiona w jesieni 1920 r.), ma wiele braków w swej budowie, niemniej jednak wyszła zwycięsko z walki, jaką jej wypowiedziała konkurencja niemiecka. Początkowo fabryka ta miała dostarczać kwasu azotowego metodą łukową; dopiero potem przeszła na związki cjanowe [1]). Fabryka ta spełnia wielkie zadanie, bo jest nietylko fabryką doświadczalną, ale także dostarczycielką sił fachowych dla nowopowstających zakładów [2]). Powstanie „Azotu“ zawdzięczamy prof. Mościckiemu.

Państwowa fabryka Związków Azotowych w Chorzowie na Śląsku zbudowana została w czasie wojny przez Niemców —

[1]) Fabryka wytwarza liczne produkta uboczne: potaż, ług potasowy, wapno chlorowane.

[2]) Tarnów wielu pracowników zaangażował z „Azotu“.

w 1917 r. Z częścią Śląska dostała się Polsce w 1922 r. Na skutek celowych wrogich wystąpień personelu niemieckiego otrzymała ją Polska w stanie zupełnie zdekompletowanym. Dzięki nadzwyczajnej energji prof. Mościckiego w krótkim czasie wyszkolono polski personel, uzupełniono braki i dziś fabryka prosperuje znacznie lepiej niż za Niemców. Fabryka ta głównie wytwarza azotniak, ten częściowo sprzedaje jako nawóz, a częściowo przerabia na amonjak, którego część znów utlenia na kwas azotowy; w dalszym ciągu produkuje saletrę sodową i amonową. Ubocznym produktem fabrykacji jest tlen skroplony.

Fabryka w Knurowie na Śląsku wytwarza amonjak syntetyczny metodą Habera.

Na ukończeniu jest budowa fabryki związków azotowych w Tarnowie (Mościce); dzieło to też zawdzięczać należy Prezydentowi Profesorowi Mościckiemu. Odbywają się obecnie próby uruchomienia fabryki.

Ponadto budują się dwie prywatne fabryki na Śląsku.

Wszystkie te placówki łącznie z gazowniami i koksowniami dadzą nam (po uruchomieniu budujących się) 80.000 ton związanego azotu rocznie[1]); tymczasem wewnętrzne zapotrzebowanie winno dojść ze względu na rozwój rolnictwa do 182.000 ton[2]).

Pole zatem do pracy jest ogromne; nietylko ogromne, ale i wdzięczne, bo można umieścić kapitał w dobrze procentujących przedsiębiorstwach, a jednocześnie rozwijać gałąź przemysłu, niezbędną dla państwa zarówno w czasie pokoju jak i wojny.

---

[1]) W. Dominik. Zagadnienie azotowe w Polsce na tle mapy źródeł energji. Przem. Chem. 1929. 281.

[2]) Płużański i Kwiatkowski. O nasz program gospodarczy w sprawie azotowej. Przem. Chem. 1920. 97 i 113.

LITERATURA.

1. Lunge-Köhler. Industrie des Ammoniaks, 1912.

2. Thiele. Salpeterwirtschaft und Salpeterpolitik. 1905.

3. Brion. Luftsalpeter. 1912.

4. Muhlert. Die Industrie der Ammoniak- und Cyanverbindung. 1915.

5. Bertelsmann. Technologie der Cyanverbindungen. 1906.

6. Ahrndt. Technische Elektrochemie.

7. Berger. Wytwarzanie azotniaku i jego przeróbka. Przegl. Techn. 1926. 187.

8. Frydlender. Nowoczesne syntezy amonjaku z azotu i wodoru. Przegl. Techn. 1926. 195 i 225.

9. Mościcki. W sprawie azotowej w Polsce. Metan 1919. 24.

10. Mościcki. W sprawie produkcji stężonego kwasu azotowego w Polsce. Przem. Chem. 1925. 235.

11. Mościcki. Nowe urządzenia absorbcyjne dla dużych ilości gazu. Metan. 1917. 61.

12. Walenty Dominik. Kilka słów o fabryce „Azot" w Jaworznie. Przem. Chem. 1922. 157.

13. Walenty Dominik. O przeróbce chlorków alkalji na azotany z równoczesnem otrzymywaniem chloru. Przem. Chem. 1926. 105.

14. Walenty Dominik. Nieco o procesach w odnawianem środowisku gazowem. Przem. Chem. 1924. 181.

15. Walenty Dominik. Przemysł azotowy na surowcach rolnych. Przem. Chem. 1927. 259.

16. Walenty Dominik. Zagadnienie azotowe w Polsce na tle mapy źródeł energji. Przem. Chem. 1929. 281.

17. Mościcki. Otrzymywanie kwasu azotowego z powietrza przy pomocy płomienia elektrycznego. Chemik Polski. 1907. 409.

18. Mościcki. Artykuł w Elektrotechnische Zeitschrift. 1907. 1003, 1032, 1058.

19. Polzenjusz. Systematyczne otrzymywanie związków azotowych z wolnego azotu. Chemik Polski. 1909. 108.

20. Berger i Kwiatkowski. Sprawa azotowa na tle wielkiej wojny. Przegląd Techn. 1923. 57.

21. Józef Zawadzki i Tadeusz Kiślański. O otrzymywaniu kwasu azotowego z azotanu amonowego i próbach zastosowania kwaśnego siarczanu amonu do fabrykacji superfosfatów amonowych. Przem. Chem. 1927. 121.

22. Płużański i Kwiatkowski. O nasz program gospodarczy w sprawie azotowej. Przem. Chem. 1920. 97 i 113.

23. A. Lewalski. Gazowanie węgla w generatorach. Metan. 1919. 42.

24. Kosiński. Kwestja azotowa w Królestwie Polskiem. 1916.

25. Vageler P. Die Bindung des atmosphärischen Stickstofs in Natur und Technik. Die Wissenschaft. Heft 26.

26. Zenneck. J. Die Verwertung des Luftstickstoffes mit Hilfe des elektrischen Flammenbogens.

Odpowiednia działy encyklopedji technicznej chemji Uhlmanna (Enzyklopedie der technischen Chemie). Jest tam podana przy każdym dziale wyczerpująco literatura szczegółowa, więc powtarzać jej tutaj nie będę.

Cennem źródłem jest literatura patentowa — zwłaszcza niemiecka i polska.

W sprawie wolności krytyki naukowej.

W sprawie wolności krytyki naukowej Sąd Najwyższy wydał doniosłe orzeczenie, które do wiadomości przyrodników przytaczamy poniżej w całości.

II. 4. k. 805/29.

Działo się w Warszawie na posiedzeniu sądowem Izby Drugiej Sądu Najwyższego dnia 21 grudnia 1929.

W imieniu Rzeczypospolitej Polskiej.

Sąd Najwyższy w składzie: Przewodniczący: Prezes W. de Michelis. Sędziowie: S. S. N. St. Zaleski, S. S. N. St. Frycz, przy udziale Sędziego Grodzkiego J. Wyczańskiego, jako protokólanta, i w obecności Prokuratora S. H. Dr. Z. Piernikarskiego, jako przedstawiciela Prokuratury, rozpoznawał sprawę dr. Stanisława Kulczyńskiego i dr. Zygmunta Jakubowskiego, skazanych wyrokiem II. Izby Karnej Sądu Okręgowego w Poznaniu z dnia 8 czerwca 1928 L. 10. P. 143/28 z § 185 k. k. i art. 34 rozp. Prez. Rz. z 10. V. 1927 o prawie prasowem (Dz. U. N. 1. p. 1/28), pierwszego na grzywnę w kwocie 500 zł., a drugiego na grzywnę w kwocie 200 zł., obu zaś ponadto na poniesienie kosztów postępowania karnego, w związku z doniesieniem Prokuratora Sądu Najwyższego o uchybieniach i usterkach, popełnionych powyższym wyrokiem.

Po wysłuchaniu wniosków Prokuratora Sąd Najwyższy zważył, co następuje:

1. Wyroki sądów niższych przychodzą pod rozpoznanie wyższych instancyj jedynie w przepisanym przez prawo trybie. Skarg w drodze nadzoru obowiązująca procedura karna nie zna i tego rodzaju skargi stron nie mogą być uważane za równoważnik środka odwoławczego.

Mogą one natomiast stać się źródłem wiadomości o zaszłych naruszeniach i pogwałceniach ustawy, i w ten sposób dać powód do wkroczenia z urzędu Sądu Najwyższego w imię wskazanego przez ustawy obowiązku usuwania dostrzeżonych w działalności sądów usterek, a to na podstawie art. 3 *b* dekretu w przedmiocie ustroju Sądu Najwyższego z d. 8 lutego 1919 r.

Dekret wymieniony, jak to wyjaśnił Sąd Najwyższy (orzeczenie powiększonego składu z dnia 7 grudnia 1929 r. J. II. lk. 695/29), w części swej procesowej przez prawo o ustroju sądów powszechnych uchylony nie został i do spraw wszczętych przed 1 lipca 1929 stosowany być winien.

Tem samem uchwała Sądu Najwyższego, zapadła w sprawie niniejszej w dniu 22 stycznia 1929, staje się bezprzedmiotowa i nie wiążąca. Z powyższych względów Sąd Najwyższy ma pełne uprawnienie, a nawet obowiązek, do zastosowania w niniejszej sprawie swych praw nadzoru na mocy art. 3 *b* dekretu z 8 lutego 1919, a to nietylko ze względów na pogwałcone przez wyrok Sądu Okręgowego w Poznaniu prawa oskarżonych, lecz i w imię interesu publicznego.

2. Wzmiankowany wyrok zapadł z wyraźnem pogwałceniem §§ 185 i 193 k. k. oraz art. 117 konstytucji.

Zniewaga jedynie wówczas ulega karze, gdy jest bezprawną. Natomiast, gdy pewne działanie, zewnętrznie przedstawiające się jako brak szacunku dla drugiej osoby, nie jest bezprawne, nie może być i karalne.

Z tego założenia wychodzi właśnie § 193 k. k., wystawiając cały szereg powodów, usprawiedliwiających czyn, pozornie niezważający. Powyższy przepis ustawowy głosi, że zniewaga nie jest bezprawną, a na skutek tego niekaralną, gdy nastąpiła w wykonaniu prawa, które stoi obok lub ponad prawem jednostki do szacunku. W takich przypadkach czyn zwraca się tylko pozornie przeciwko danej osobie, w istocie zaś swej jest skierowany wyłącznie na wykonanie przysługującego jednostce prawa.

Według art. 117 konstytucji nauka jest wolna. Wolność nauki jest podstawowym warunkiem bytu i rozwoju każdego człowieka, każdego społeczeństwa, każdego państwa. Jest ona nieodzowną przesłanką postępu wiedzy i posuwania się człowieka na wyższe szczeble cywilizacji i kultury. Bez wolności nauki pogrążyłaby się ludzkość w mroki ciemnoty i barbarzyństwa i zapadłaby w odmęty anarchji i zdziczenia.

To też prawo do wolnego wykonywania nauki jest prawem wyższego rzędu i stać musi ponad prawem jednostki do szacunku. Dlatego też i § 193 k. k. nietylko odbiera cechy bezprawności zniewadze, która została zadana w imię uprawionych interesów, lecz wręcz przewiduje i uprawnia oceny, a właściwie zawierające naganę

sądy (ściślejszy przekład terminu ustawowego „tadelnde Urteile“) o pracach naukowych.

Przepisy § 193 k. k. są najzupełniej zrozumiałe i dla postępu wiedzy konieczne, gdyż wszelka działalność ludzka, a tembardziej naukowa, wymaga wszechstronnego omówienia i oświetlenia, podlegać więc musi swobodnej krytyce.

Ta ostatnia jest koniecznym współczynnikiem nauki. Zamknięcie ust uczonym, uniemożliwienie im wydawania sądów ujemnych o bezwartościowycu pracach naukowych, niemożność prostowania fałszywych poglądów naukowych, doprowadziłoby do zaniku wiedzy i upadku cywilizacji.

To też wszelka, najbardziej nawet surowa i potępiająca krytyka, byleby tylko była rzeczowa, jest wolna i zarówno przez konstytucję, jak i § 193 k. k. dozwolona.

Krytyka ta z konieczności musi się odnosić nietylko do danej pracy, lecz i jej autora, § 193 k. k. nie może mieć na oku samego dzieła, lecz i jej twórcę, gdyż tylko jednostka ludzka podlega obrazie.

Pozatem niemożliwością jest oddzielenie krytyki dzieła od krytyki jej autora, ta pierwsza będzie zawsze i oceną talentu uzdolnień, motywów samego autora. Ten nierozerwalny związek między dziełem i jego twórcą sprawia, że potępiająca krytyka dzieła pociąga za sobą zawsze wyraźny lub domyślny wniosek i co do ujemnych kwalifikacyj jego autora.

W tym sensie za dopuszczalnością krytyki i autora wypowiada się i w ojczyźnie kodeksu karnego niemieckiego orzecznictwo i doktryna naukowa (ob. Ebermayer, Frank, Schwartz, Liepman w Vergleichende Darstellung t. IV).

§ 193 dopuszcza karalność zniewagi jedynie wówczas, gdy forma ujemnego sądu lub okoliczności, wśród których został wydany, wskazują niewątpliwie na zamiar (Absicht) sprawcy znieważenia autora pracy naukowej.

Sama obraźliwa treść i świadomość tej obraźliwości ze strony sprawcy nie wystarcza, niezbędny jest jeszcze i powyższy zamiar.

Gdy zamiar taki nie został ustalony, ogólne zasady § 193-go k. k. winny znaleść pełne zastosowanie i potępiająca krytyka staje się niekaralną.

Powyższy pogląd na stronę podmiotową czynu przy § 193 k. k., wypowiadany stale przez Sąd Rzeszy, jest jedynie słuszny i w zupełności odpowiada istocie i duchowi tego przepisu oraz art. 117 Konstytucji Marcowej.

Stosując powyższe zasady do sprawy niniejszej, należy dojść do jednego tylko wniosku, iż w czynie oskarżonych, profesora Kulczyńskiego i dr. Z. Jakubowskiego, niema nic występnego i karalnego.

Przedewszystkiem, ustalenia wyroku nie podają zupełnie treści krytyk oskarżonych, lecz każą się tylko jej domyślać, przytaczając wychwytane poszczególne zdania, nawet wyrazy.

Ustalenia tego rodzaju zniekształciły tylko istotną treść krytyk, jak to stwierdza pełne ich brzmienie w Nr. 9/10 miesięcznika „Szkoła i Wiedza".

Prawdziwa treść tych krytyk jest wprawdzie ujemną oceną zarówno podręcznika, jak pośrednio i kwalifikacyj naukowych twórcy, lecz oceną wyłącznie rzeczową, wykazującą szeregiem dowodów i argumentów naukowych bezwartościowość oraz szkodliwość podręcznika i dla nauczycieli, i dla uczących się.

Sąd tego rodzaju mógłby stanowić zniewagę jedynie wówczas, gdyby nie istniał § 193 k. k. i art. 117 konstytucji oraz gdyby oskarżeni nie działali wyłącznie dla dobra wiedzy, a tem samem i społeczeństwa, i nie strzegli w ten sposób, jako ludzie nauki, swych oraz ogółu uprawnionych interesów.

Brak wszelkiego zamiaru znieważenia oskarżyciela wynika z samego wyroku, który żadnych w tym kierunku ustaleń nie zawiera. Stwierdza też brak zamiaru i treść artykułu, która bezwzględnie wskazuje, iż oskarżeni, wypowiadając swą potępiającą pracę oskarżyciela krytykę, wykonali tylko swe prawo do wolnego głoszenia swych poglądów naukowych, stojące ponad prawem oskarżyciela do szacunku. Spełniali oni tylko swój obowiązek, wypływający z ich zawodu, kierując się wyłącznie pobudkami ideowemi — dobra nauki i społeczeństwa. Przesłanka zatem karalności — zamiar znieważenia — nie istnieje.

W czynie oskarżonych, wobec art. 117 konstytucji oraz istnienia warunków, przewidzianych z § 193 k. k., nie ma żadnych znamion zniewagi, ani przedmiotowych, ani też podmiotowych.

To też wydając wyrok, skazujący prof. Kulczyńskiego i Dr. Jakubowskiego, sąd wyrokujący nietylko wykazał, iż nie zdaje sobie zupełnie sprawy z istoty zagadnienia wolności nauki, będącego właściwym przedmiotem sporu, lecz ponadto dopuścił się i pogwałcenia §§ 185 i 193 k. k. oraz art. 117 Konstytucji, pozbawiając tem wyrok swój mocy orzeczenia sądowego.

Zarówno krzywda, wyrządzona powyższym oskarżonym przez skazanie ich za czyn niekaralny, jak i naruszony interes publiczny do wolności nauki, zmuszają Sąd Najwyższy do wkroczenia z urzędu w drodze nadzoru i uchylenia wyroku Sądu Okręgowego w trybie ust. *b* art. 3 dekretu z 8 lutego 1919 r. w jego nieuchylonej części procesowej.

Na mocy § 394/1 u. p. k. uniewinnienie oskarżonych winno nastąpić przez Sąd Najwyższy.

Z tych zasad i na mocy art. *b* ust. 3 Dekretu z 8 lutego 1919 r. w jego nieuchylonej części procesowej i §§ 394, 499 u. p. k.

Sąd Najwyższy

wyrok IX Izby Karnej Sądu Okręgowego w Poznaniu z dnia 8 czerwca 1928 r. w części skazującej prof. dr. Stanisława Kulczyńskiego i dr. Zygmunta Jakubowskiego z § 185 k. k. i art. 34 rozp. Pr. Rz. o prawie prasowem z 10. V. 27 Dz. U. Nr. 1 p. 1/28, pierwszego na grzywnę w kwocie 500 zł., drugiego na grzywnę w kwocie 200 zł. uchyla, oskarżonych profesora dr. Stanisława Kulczyńskiego i dr. Zygmunta Jakubowskiego uniewinnia, koszty postępowania karnego na oskarżyciela nakłada.

(—) W. de Michelis. (—) St. Zaleski. (—) St. Frycz.

L. S.

Za zgodność
L. Jasiński podp.
St. Sekretarz.

Do P. T.
Członków Towarzystwa!

Administracja „Kosmosu“ prosi o niezwłoczne zawiadamianie o wszelkich zmianach adresu.