



WSZECHŚWIAT

TYGODNIK POPULARNY, POŚWIĘCONY NAUKOM PRZYRODNICZYM.

PRENUMERATA „WSZECHŚWIATA“.

W Warszawie: rocznie rs. 8 kwartalnie „ 2
Z przesyłką pocztową: rocznie rs. 10 półrocznie „ 5

Prenumerować można w Redakcyi „Wszechświata“
 i we wszystkich księgarniach w kraju i zagranicą.

Komitet Redakcyjny Wszechświata stanowią Panowie:
 Deike K., Dickstein S., Hoyer H., Jurkiewicz K.,
 Kwietniewski Wł., Kramsztyk S., Morozewicz J., Na-
 tanson J., Sztoleman J., Trzeźniński W. i Wróblewski W.

Adres Redakcyi: Krakowskie-Przedmieście, Nr 66.

CHEMIA WODANÓW WĘGLA

i jej znaczenie dla fizjologii ¹⁾.

Żadna gałąź wiedzy nie była w tak ścisłym sojuszu z medycyną jak chemia. Zadaniem ostatniej, poczynawszy od najodleglejszych czasów, aż do wieku siedemnastego, było głównie wyszukiwanie nowych środków leczniczych, a najbieglejsi lekarze owych czasów byli zarazem najskrętniejszymi krzewicielami wiedzy chemicznej. Nie jest zatem zdaniem przypadkowym, że najobszerniejszą teorią chemiczną czasów minionych, teorią flogistonu, wysnuł lekarz Stahl. Jednakże wielkie zdobycze zeszłego wieku, obalające teorią flogistonu, zmieniły znacznie stosunek wzajemny wspomnianych obu gałęzi wiedzy. Z chwilą zastosowania ścisłych metod badania, a tem samem z chwilą zbliżenia się pomiędzy chemią a fizyką, chemia znalazła

nader obszerne i urodzajne pole działania, a utrwalając swe ogólne prawa zasadnicze i rozszerzając swe nowe teorye, tem samem oddalała się znacznie od celów lecznictwa. Niebawem wszelako zdobycze jej ponownie stały się cennymi dla terapii. Synteza chemiczna wieku bieżącego nadzwyczaj wzbogaciła zasób środków leczniczych, a dyagnoza, hygiena i inne gałęzie medycyny praktycznej osiągnęły znaczne korzyści z wypracowanych metod analitycznych. Lecz wszystkie te postępy wydają się nieznacznymi w porównaniu z olbrzymiami przysługami, jakie chemia oddała fizjologii. Niech nam zatem będzie wolno zwrócić uwagę czytelnika na wpływ chemii wodanów węgla na nauki biologiczne.

Związki organiczne, spotykane w ciele zwierzęcem lub roślinnem, podzielić można, jak wiadomo, na trzy wielkie gromady: tłuszcze, wodany węgla i ciała proteinowe. Podczas gdy badanie ostatnich jest dopiero w zaczątku, natura chemiczna tłuszczów była zbadana już w pierwszych dziesiątkach lat tego wieku, a sztuczne otrzymywanie ich z elementów należy do pierwszych zdobyczy syntezy organicznej wogóle.

Stanowisko pośrednie pomiędzy temi grupami, zarówno z powodu licznych przedstawicieli jak i trudności badania zajmują wo-

¹⁾ Według odczytu prof. E. Fischera.

dany węgla. Badanie ich zapoczątkowane było również już w zaraniu rozwoju chemii organicznej i uprawiane było z tak wielką gorliwością, że stan wiadomości naszych o tych ciałach w danej chwili uważany może być za miarę rozwoju całej tej gałęzi wiedzy. Wszelako od chwili fundamentalnego odkrycia Lavoisiera, że ciała te składają się z węgla, wodoru i tlenu, aż do chwili rzeczywistnienia syntezy najprostszych przedstawicieli tej grupy, nauka musiała czekać lat 100, a zapewne minie jeszcze niejedną dziesiątek lat zanim cały obszar zostanie zbadywany w tej samej mierze.

W porównaniu z olbrzymio szybkimi postępami innych gałęzi chemii organicznej, stopniowy rozwój poglądów na cukry może się wydawać powolnym. Jednakże wtajemniczony powód tego widzieć będzie nie w powolności badania lecz w nader wielkich jego trudnościach. Ostatnie spowodowane są głównie przez nieporównaną mnogość form, które zarazem są przyczyną skomplikowanej systematyki. Rozróżniamy przedewszystkiem t zw. monosacharydy i polisacharydy. Pierwsze rozpuszczają się łatwo w wodzie, posiadają smak słodki i naogół takie własności chemiczne, jakie charakteryzują cukier gronowy. Z tych cukrów prostych powstają cukry skomplikowane, w taki sposób, że kilka cząsteczek pierwszych łączy się wzajemnie, wydzielając wodę. Odwrotnie, wszystkie skomplikowane wodany węgla mogą być przemienione w cukry proste przez t. zw. hydrolizę, proces polegający na przyczepianiu wody.

Do polisacharydów należą niektóre rozpuszczalne w wodzie cukry, jak np. cukier trzcinowy i mleczny, po największej jednak części są one nierozpuszczalne, jak np. mączka i celuloza czyli drzewnik. Obecnie znamy więcej niż 30 monosacharydów pomiędzy temi 6 produktów naturalnych; pozostałe 24 otrzymano drogą sztuczną, a istniejące metody syntetyczne umożliwiają otrzymanie jeszcze wielu setek ciał podobnych. Ponieważ wszystkie te ciała mogą łączyć się między sobą w najróżnorodniejszych kombinacjach, czytelnik może sobie wyobrazić jak olbrzymią ilość polisacharydów chemia jest w stanie wytworzyć.

Szczęśliwym zbiegiem okoliczności przyro-

da przeznaczyła zaledwie kilka z tych produktów dla odżywiania roślin i zwierząt; lecz te zato są wytwarzane w przyrodzie w olbrzymich ilościach. Wskutek tego ważniejsi przedstawiciele byli już znani w początkach rozwoju chemii organicznej. W chemicznie czystym stanie najwcześniej wyosobniono cukier trzcinowy. Najstarszym jego współzawodnikiem jako substancja słodząca był cukier gronowy, część składowa miodu i wielkości owoców słodkich. Otrzymali go już alchemiści arabscy przez odparowywanie soku winogron, lecz w stanie czystym miał go w rękę dopiero Marggraf, w połowie wieku zeszłego. Trzeci wreszcie cukier, znacznie mniej słodki, niż oba poprzednie, cukier mleczny, został odkryty w roku 1619 przez Bartolettiego w Bolonii.

Z pomiędzy innych wodorów węgla wiek ubiegły znał tylko mączkę i drzewnik.

Chemia więc organiczna z chwilą powołania jej do życia przez Lavoisiera i Scheelego rozporządzać już mogła pięcioma dobrze scharakteryzowanymi wodorami węgla. Niebawem zajęła się skrzętnie ich zbadaniem, a cukier trzcinowy, pięknie się krystalizujący, był ciałem z upodobaniem używanem przy wypróbowywaniu np. metod analitycznych. Skutkiem tego cukier trzcinowy był jednym z ciał, których dokładny skład znano najwcześniej. Z tego samego powodu już na początku bieżącego wieku odkryto fakty, które rzucały dużo światła na wzajemny stosunek wodorów węgla. Najważniejszym z pomiędzy nich był fakt, że mączka przemienia się w cukier gronowy przez gotowanie jej z rozcieńczonemi kwasami, odkryty przez Kirchhoffa w roku 1811. Niemniej ważnem było też odkrycie, zrobione przez tegoż badacza, że nasiona zawierają pewną substancję, która w podobny sposób działa na mączkę jak kwasy rozcieńczone. Dyastaza, jak ciało to później nazwano, jeszcze dzisiaj jest uważana za typowy ferment nieorganizowany a scukrzenie mączki, ułatwiające transport jej w roślinie lub resorpcję w przyrządach trawienia zwierząt pozostanie na zawsze klasycznym przykładem spraw tego rodzaju. W podobny sposób, przez użycie stężonego kwasu siarczanego, udało się w roku 1819 scukrzenie drzewnika. Ponieważ wreszcie zarówno cukier trzcinowy jak mleczny

i różne rodzaje gum, nagromadzonych w tak znacznych ilościach w państwie roślinnem, pod wpływem kwasów lub fermentów przemieniają się w cukier gronowy, ten ostatni przez długie lata uważano za jedyną podstawę wszystkich wodorów węgla. Wszelako niebawem postępy fizyki, a szczególnie odkrycia na polu optyki przekonały, że wniosek taki jest niesłuszny. Z chwilą, gdy odkrycie Biota, że cukier trzcinowy skręca płaszczyznę światła polaryzowanego, zaczęto stosować i do innych cukrów, przekonano się, że ciała, które uważano za identyczne z cukrem gronowym, skręcały płaszczyznę polaryzacji nie tylko w różnym stopniu, lecz nawet w różnych kierunkach. Tak w roku 1847 Dubrunfaut przekonał się, że ciało tworzące się skutkiem gotowania cukru trzcinowego z kwasami, zawiera obok cukru trzcinowego i inne ciało, dzisiejszy cukier owocowy czyli fruktozę, który w odróżnieniu od wszystkich w owe czasy znanych cukrów, skręca płaszczyznę światła polaryzowanego w stronę lewą. Cukier ten nazwano przeto lewulozą. Wiemy teraz, że cukier ten zawarty jest w miodzie i w większości owoców słodkich, jak również, że tworzy jeden z najbardziej rozpowszechnionych polisacharydów t. zw. inulinę. Na tej samej drodze Pasteur odkrył galaktozę, która tworzy się obok glukozy przez hydrolizę cukru mlecznego i którą następnie odkryto nie tylko w ciele zwierzęcem ale i w roślinnem. W tym samym mniej więcej czasie odkryto czwarty cukier tego samego składu, mianowicie sorbozę, którą wszelako aż do dnia dzisiejszego pozostała ciałem rzadkiem i mało zbadanem. Jeżeli do szeregu wymienionych cukrów dodamy jeszcze maltozę, odkrytą przez Dubrunfauta i posiadającą ten sam skład co i cukier trzcinowy, następnie dekstryny i glikogen, odkryty w wątrobie przez Klaudyusza Bernarda, a mający w ciele zwierzęcem prawdopodobnie znaczenie podobne, jak mączka w ciele roślinnem, wyczerpiemy cały zasób wiadomości, posiadanych o cukrach do roku 1860.

Około owego czasu chemia organiczna zrobiła jeden z największych w swym rozwoju kroków: opuściła teorię typów a zwróciła się do teorii t. zw. strukturalnej; gdy w następstwie tego poczęto dokładniej i głębiej badać

gromadę wodorów węgla, cukier gronowy, jako najważniejszy przedstawiciel tych związków, był często przedmiotem badania. Budowę jego chemiczną wysnuto głównie na zasadzie zachowania się względem środków utleniających i odtleniających. Obecnie formułują go jako aldehyd alkoholu sześciocyfrowego a wzór taki tłumaczy w istocie większość znanych reakcyj glukozy ¹⁾.

Rezultaty otrzymane przez badanie cukru gronowego można było bez wielkich trudności zastosować i do innych cukrów podobnych. Galaktoza skutkiem tego otrzymała taki sam wzór budowy jak cukier gronowy, fruktoza zaś okazała zachowanie się nieco odmienne. Zamiast grupy aldehydowej ciało to zawiera grupę acetonową, skutkiem czego zresztą ogólny charakter cząsteczki niewielkiej uległ zmianie, a zdolność spalania się łatwego nawet się powiększyła. Ta ostatnia okoliczność spowodowała zalecenie tego cukru zamiast glukozy dla osób cierpiących na chorobę cukrową.

Metoda, która posłużyła H. Kilianiemu do wykrycia budowy chemicznej fruktozy jest tak ważną, że musimy scharakteryzować ją tutaj choć w kilku słowach. Glukoza łączy się z kwasem pruskim, a utworzony związek, po zmydleniu kwasem mineralnym, daje nowe ciało, mające charakter kwasowy i zawierające o jeden atom węgla więcej niż użyty cukier. Badanie bliższe tego ciała ułatwiło wykrycie budowy chemicznej fruktozy. Szczególniej zaś ważnym był rezultat otrzymany przez działanie kwasu pruskiego na arabinozę, cukier wyosobniony w roku 1873 z gumy arabskiej, a poprzednio już z buraków cukrowych, który uważano za ciało izomeryczne z cukrem gronowym. Kombinacja z kwasem pruskim wykazała, że arabinoza zawiera tylko 5 atomów węgla, a skutkiem tego przypuszczenie, mające prawie charakter dogmatu, że wodorany węgla zawierają najmniej 6 atomów węgla, zostało

¹⁾ W ostatnich czasach wzór aldehydowy glukozy został zachwiany. Przeciwno temu wzorowi przemawia budowa glukozydów, związków acetylowych glukozy, istnienie trzech izomerów glukozy właściwej, objętość cząsteczkowa glukozy w roztworach wodnych i t. d.

obalone. Do zerwania z tym dogmatem zniewoliła zresztą niebawem i synteza nowych ciał, mających charakter cukrowy.

Od czasu, gdy Woehler przez przemianę cyanianu amonu w mocznik udowodnił możliwość syntezy ciał organicznych z pierwiastków, ostatecznym celem badania każdego związku organicznego jest jego synteza. Ostatnią zaś poprzedza badanie analityczne, zakończone wykryciem budowy chemicznej. Nim badanie to przygotowane zostało ukończone, robiono już wszelako i próby syntetyczne, które jednakże nie przyniosły wielkiego rezultatu. Z pomiędzy licznych sztucznych produktów z własnościami cukrów, poznanych przed rokiem 1887, tylko jeden wytrzymał krytykę; jest nim słodki syrop otrzymany przez Butlerowa z aldehydu mrówkowego pod wpływem wapna. Lecz produkt ten nie przedstawia bynajmniej osobnika chemicznego, a metody analityczne nowszych czasów wykazały, że jest on skomplikowaną mieszaniną różnych ciał, z pomiędzy których tylko jedno, występujące w bardzo małych ilościach, jest pokrewnem glukozie.

Droga, obrana przez Butlerowa, chwilowo nie prowadziła dalej. Znalezione wszelako lepszą drogę, biorąc za punkt wyjścia glicerynę. Ciało to ma pewne podobieństwo z cukrem, mianowicie ma smak słodki; pod względem zaś chemicznym podobieństwo jest nieco mniejsze. Glukoza zawiera 6 atomów węgla, gliceryna zaś tylko 3, pierwsza przytem zawiera grupę aldehydową, albo przynajmniej układ łatwo w nią przechodzący, a gliceryna jest alkoholem trójhydroksylowym. Ponieważ zaś cukry uważane są za aldehydy ostatnich, można się było spodziewać, że przez utlenienie gliceryny lub ciała podobnego otrzymamy ciało cukrowe. Doświadczenie takie przedsięwzięto naprzód z mannitem, wyosobnionym z manny i to z rezultatem dodatnim; otrzymano przytem nowy cukier nazwany mannozą i znaleziony później również i w pewnych gatunkach roślin. Rezultat ten nie mógł wszelako być uważanym za syntezę kompletną, albowiem mannit tutaj użyty pochodził z rośliny. Natomiast doświadczenia w ciągu tych prac zdobyte można było zastosować do gliceryny, przyczem otrzymano nader dziwne ciało

cukrowe. Posiada ono wprawdzie w cząsteczce tylko 3 atomy węgla, lecz zachowuje się zupełnie jak cukier gronowy, ulegając np. także fermentacji alkoholowej. W celu zaznaczenia pochodzenia tego ciała, jak również jego cukrowej natury, nazwano je glicerozą. A więc arabinoza nie jest jedynym cukrem posiadającym skład odmienny od dawniej przyjmowanego. Gliceroza jest jeszcze bardziej oddalona od starego typu glukozy, a niektórzy konserwatywni badacze wykreślili ją wogóle z grona ciał cukrowych. Wykluczenie to wszelako nie długo mogło ostać się, albowiem niebawem wykryto reakcją glicerozy, która ją bezwątpienia stawia w bliskim stosunku do cukrów. Pod wpływem mianowicie alkali gliceroza ulega przemianie, którą chemicy nazywają polimeryzacją. Dwie cząsteczki glicerozy łączą się z sobą tworząc nowe ciało, zawierające 6 atomów węgla i zarazem wszystkie własności cukrów naturalnych. Nie posiada ono wszelako własności skręcania płaszczyzny światła polaryzowanego. Własność tę wszelako można mu nadać, i akroza, tak bowiem nazywają sztuczny ten cukier, może być przemienioną dowolnie w fruktozę, mannozę lub glukozę, a fakt, że akroza tworzy część składową syropu słodkiego otrzymanego z aldehydu mrówkowego, dowodzi, że synteza glukozy może być urzeczywistnioną zapomocą łatwo zrozumiałych reakcyj chemicznych, których punktem wyjścia jest jedno z najprostszych ciał chemii organicznej.

Zdobywszy szeroką tę podstawę dla syntezy glukozy, możemy otrzymać drogą sztuczną bardziej złożone ciała cukrowe. Wspomnieliśmy już poprzednio, że działaniem kwasu pruskiego glukoza przemienia się w nowe ciało, z którego otrzymać można kwas, posiadający o jeden atom węgla więcej niż glukoza. Kwas ten przez odtlenianie daje prawdziwy cukier o 7 atomach węgla, z którym możemy oczywiście ponownie powtórzyć reakcją z kwasem pruskim i otrzymywać ciała cukrowe ze stopniowo zwiększającą się liczbą atomów węgla. Otrzymano już dzisiaj ciała zawierające aż do 9 atomów węgla.

Przekonawszy się w taki sposób, że otrzymaniu drogą sztuczną ciał, posiadających charakter cukrów, a bardziej skomplikowanych od nich, nie stoi na przeszkodzie

dzie, usiłowano otrzymać najprostszego przedstawiciela tej grupy ciał, t. j. związek o dwu atomach węgla, któryby posiadał własności ciała hydroksylowego i aldehydowego zarazem. Ciało to w rzeczy samej istnieje: jest to mianowicie t. zw. aldehyd glikolowy, który jest w wysokim stopniu podobny do gliceroly i który pod wpływem alkaliu przemienia się w cukier o 4 atomach węgla. Tym sposobem szereg cukrów, poczynawszy od najprostszego a kończąc (tymczasem) na cukrze zawierającym 9 atomów węgla, został otrzymany drogą sztuczną.

Wspomnieliśmy pobieżnie powyżej, że niektóre ciała z tej gromady posiadają zupełnie jednakowy skład chemiczny i jednakową budowę chemiczną, a pomimo to bardzo różne własności. Jako przykład przytaczamy trzy heksozy, t. j. cukry o 6 atomach węgla, nazywane glukozą, mannozą i galaktozą. Ciała takie nazywano dawniej izomeronami fizycznymi, ponieważ były one dla ówczesnych teorii chemicznych zagadką. Zrozumienie tych różnic stało się dopiero wtedy możliwym, gdy poczęto liczyć się z przestrzenią budową cząsteczek, gdy słowem powstała stereochemia ¹⁾. Najważniejszą gałęzią tej ostatniej jest teoria węgla asymetrycznego ²⁾, która powołaną została do życia przez badanie ciał skręcających światło polaryzowane, do których właśnie należą i cukry.

Badaniami podstawowymi w tej mierze były badania Pasteura nad kwasami winnymi. Pasteur znalazł mianowicie kwas winny skręcający płaszczyznę polaryzacyjną w lewą stronę, w odróżnieniu od dawniej znanego kwasu skręcającego ją w prawą stronę. Pominawszy tę różnicę, oba kwasy są nader podobne, w krystalizowanym zaś stanie różnią się tylko różnym układem jednej płaszczyzny hemiedrycznej. Przez zmieszanie jednakowych ilości tych kwasów powstaje kwas gromowy, optycznie nieczynny, który wszelako może być znów rozłożony na obie modyfikacje kwasów winnych.

Przyczynę tego stanu rzeczy Pasteur widział w niesymetrycznej budowie chemicznej

cząsteczki. Dalej myśli tej snuć w owe czasach niepodobna było, dopiero gdy powstała teoria strukturalna w chemii, owa myśl stereochemiczna została pogłębioną a dokonali tego w roku 1874 Le Bel i van t'Hoff, tworząc teorią t. zw. węgla asymetrycznego, t. j. węgla połączonego z 4-ma różnymi atomami lub rodnikami ¹⁾. Za słusnością tej hipotezy dziś przemawia już cały szereg faktów, a szczególnie też zebranych w granicach chemii cukrów. W cząsteczce heksozy istnieje nie mniej od 4 atomów asymetrycznych ²⁾, pentozy zawierają 3, podczas gdy w heptozach i t. d. ilość ta jeszcze wzrasta. Można więc zrozumieć dlaczego wszystkie cukry naturalne są optycznie czynne. Istnieją wprawdzie i optycznie nieczynne cukry, otrzymane syntetycznie, lecz istnienie ich nie sprzeciwia się teorii, gdyż są one poniekąd, na podobieństwo kwasu gromowego, mieszaniną jednakowych ilości dwu ciał skręcających światło polaryzowane w strony przeciwnie.

Znacznie więcej zainteresowania budzą jednak wnioski teorii, dotyczące ilości izomeronów. Ponieważ każdemu asymetrycznemu atomowi węgla odpowiadają dwie modyfikacje izomeryczne, istnieć musi 16 przestrzeniowo różnych heksoz. Eksperymentalne więc badanie tej grupy mogło być znakomitą środkami sprawdzenia wyników teorii; w istocie wykryto dotychczas 12 różnych heksoz, a niedaleka przyszłość niewątpliwie wzbogaci nas pozostałymi czterema. Podobnie też z liczby 8 możliwych pentozy znamy już 4. Znacznie mniej kompletnie zbadano cukry bardziej złożone. Z pomiędzy 32 możliwych heptoz znamy tylko 6, a z pomiędzy 128 nonoz tylko 2.

(Dok. nast.).

Dr L. Marchlewski.

¹⁾ Wszechświat, loc. cit.

²⁾ Względnie pięć, jeżeli przyjmujemy wzór Tollensa lub Skraupa dla glukozy.

¹⁾ Porówn. Wszechświat, tom XIII, str. 145.

²⁾ Porówn. Wszechświat, tom XII, str. 245 i 577.

O budowie wewnętrznej kryształów.¹⁾

Z pomiędzy zagadnień znaczenia ogólniejszego, jakimi zajmuje się krytalografia nowoczesna, budowa wewnętrzna czyli molekularna ciał krystalicznych należy bezwątpienia do najciekawszych, a nawet najważniejszych. Kwestya to, zajmująca zarówno chemika, jak fizyka i matematyka. O rozwiązanie jej kusił się już Frankenheim w r. 1835, lecz dopiero Bravais w r. 1850 stworzył matematyczną teorię budowy ciał krystalicznych²⁾, którą następnie uprzystępniał i rozwinał Sohncke (r. 1867). W czasach najnowszych ukazały się prócz tego teorie Schönfiessa i Fiodorowa, o których znaczeniu i różnicy w stosunku do teoryj dwu pierwszych uczonych wspomnimy poniżej, gdy zapoznamy się z istotą samego zagadnienia.

I.

Znaną jest powszechnie ogólna własność ciał stałych, zwana ściśliwością. Własność ta polega na tem, że ciała stałe pod wpływem sił mechanicznych działających zewnątrz, zmniejszają swą objętość, jakby kurczą się nieznacznie. Zjawisko ściśliwości stanowi słuszną podstawę do twierdzenia, że ciała stałe składają się z drobnutkich elementów materyalnych, rozdzielonych pewnymi odstępami. Zapomocą sił mechanicznych możemy wywołać zmiany w ugrupowaniu tych elementów, nadać ciału inną objętość i postać, „zdeformować” je.

Ponieważ kryształy podlegają tego rodzaju deformacyom mechanicznym, musimy zatem przyjąć, że składają się one również z owych najdrobniejszych elementów, które

nazywamy cząsteczkami (molekułami) krystalicznymi czyli fizycznymi. Nie zdołano dotychczas wyrobić dokładnego pojęcia o własnościach cząsteczki fizycznej, ani też o jej stosunku do cząsteczki chemicznej, t. j. molekuly w stanie ciała gazowym. Istnieje wprawdzie pewna liczba faktów, które przemawiają jakgdyby za przypuszczeniem, że cząsteczka krystaliczna składa się z mniejszej lub większej ilości cząsteczek chemicznych, że pierwsza jest jakby stanem polimerycznym (wielokrotnym) drugiej. Nic pewnego jednak o istocie cząsteczki krystalicznej, jak dotąd, nie jesteśmy w stanie powiedzieć.

Posiadamy natomiast wyborny klucz do rozwikłania a nawet całkowitego prawie wyjaśnienia kwestyi, w jaki sposób kryształ jest zbudowany z owych najdrobniejszych cząsteczek. Kluczem tym jest całokształt własności fizycznych kryształu, na których opieramy pojęcie o jego budowie molekularnej czyli wewnętrznej. Istniejące teorie dają nam jasne i konkretne wyobrażenie nie tylko o wewnętrznym stosunku cząsteczek kryształu, lecz nadto ułatwiają zrozumienie tych prawidłowości, jakie dostrzegamy w jego postaci zewnętrznej, geometrycznej. Ponieważ teorie te całkowicie opierają się na własnościach fizycznych kryształu, musimy przeto, dla dokładnego ich zrozumienia, przejrzeć i zestawieć w krótkości główne wyniki badań krytalograficzno-fizycznych.

Najważniejszym otrzymanym tu rezultatem jest ten, że kryształy wogóle są ciałami anizotropowemi, czyli że każda ich własność zmienia się co do swego natężenia według pewnych praw, zależnie od kierunku. Ze względu na tę zależność wszystkie własności fizyczne kryształów dadzą się podzielić na dwie grupy. Do pierwszej należą: szybkość rozchodzenia się i pochłaniania światła, rozchodzenie się i pochłanianie promieni ciepła, rozszerzanie się i kurczenie pod wpływem zmiany temperatury i innych czynników, wreszcie indukcyja magnetyczna i polaryzacyja dielektryczna. Drugą natomiast grupę stanowią własności takie, jak elastyczność, rozchodzenie się dźwięku, spójność (łupliwość i twardość), plastyczność, rozpuszczalność i wzrost, wreszcie pyro- i piezoelektryczność. Na czem polega zasadnicza różnica

¹⁾ Porównaj początek artykułu: „Kryształy i ich symetria”, *Wszechświat*, 1896, nr 1.

²⁾ W dziele: „Mémoire sur les systèmes formés par des points distribués régulièrement sur un plan ou dans l'espace”. Paryż, 1850.

pomiędzy własnościami obu grup? Zwykle powiadamy, że zależność własności fizycznych pierwszego rodzaju od kierunku daje się wyrazić w najogólniejszym przypadku zapomocą elipsoidy o trzech prostopadłych lecz nierównych osiach, gdy ta sama zależność własności drugiego rodzaju jest natury bardziej złożonej i wyraża się geometrycznie zapomocą powierzchni krzywej zamkniętej wyższego szeregu. Aby określenie to zrozumieć, weźmy pod uwagę jakąkolwiek własność z pierwszej grupy, dajmy na to rozchodzenie się ciepła. Przypuśćmy, że wewnątrz kryształu umieściliśmy jakiekolwiek źródło ciepła. W przypadku najogólniejszym ciepło rozchodzić się będzie w rozmaitych kierunkach z szybkością rozmaita, ale pomiędzy temi kierunkami zawsze znajdziemy trzy takie między sobą prostopadłe, z których jeden będzie przedstawiał największą, drugi—średnią, trzeci zaś—najmniejszą szybkość rozchodzenia się ciepła; wszystkie zaś inne kierunki (a tych jest nieskończona ilość), będą przedstawiały szybkości pośrednie pomiędzy trzema wymienionymi. Gdybyśmy połączyli ze sobą wszystkie punkty, do których doszło w danej chwili ciepło, to otrzymalibyśmy powierzchnię zamkniętą, elipsoidałą, posiadającą trzy prostopadłe osi: najdłuższą, średnią i najkrótszą, odpowiadające największej, średniej i najmniejszej szybkości rozchodzenia się ciepła. Położenie takiej elipsoidy jest zależnem od symetrii kryształu i pozostaje w rozmaitym stosunku do jej elementów geometrycznych. Tak samo zupełnie możemy sobie wyobrazić „elipsoidę optyczną”, wyrażającą szybkość rozchodzenia się światła w rozmaitych kierunkach. I dla wszystkich innych własności pierwszej grupy możemy wykreślić odpowiednie elipsoidy, które wykażą nam zależność własności tych od kierunku.

Ze względu na własności fizyczne pierwszej kategorii wszystkie kryształy dzielą się na pięć szeregów:

1) Przypadek najogólniejszy przedstawiają kryształy, które dla każdej z własności powyżej wymienionych (gr. I) posiadają elipsoidy trzyosiowe różne nie tylko stosunkową długością osi, ale i położeniem. Pomiedzy osiami elipsoidy i osiami kryształu niema żadnej zależności prawidłowej i tylko

praktyka może nam dać odpowiedź na pytanie, w jakim stosunku pozostają owe elipsoidy względem elementów geometrycznych kryształu. Do tej gromady należą kryształy trójskośne (trykliniczne), pozbawione zupełnie symetrii prostej¹⁾.

2) Elipsoidy, odpowiadające rozmaitym własnościom, odznaczają się, jak i w szeregu poprzednim, rozmaitym stosunkiem ilościowym między długościami swych osi, lecz jedna z tych ostatnich zajmuje w kryształach położenie zawsze ściśle określone i jest równoległą do jednej z osi krystalograficznych. Dwie inne osi (prostopadłe do pierwszej) leżą w jednej płaszczyźnie, która jest płaszczyzną symetrii geometrycznej i fizycznej. To znaczy, że nie tylko ściany i krawędzie kryształu grupują się symetrycznie po obu stronach tej płaszczyzny, ale i własności fizyczne w kierunkach, leżących w płaszczyznach, prostopadłych do płaszczyzn symetrii i tworzących z nią jednakowe kąty, są zupełnie identyczne: ta sama szybkość rozchodzenia się światła, to samo przewodnictwo ciepła, ta sama rozszerzalność wskutek ciepła i t. p. Są to zatem kryształy układu jednoskośnego (monoklinicznego), posiadające jedną płaszczyznę symetrii prostej.

3) Wszystkie trzy osi elipsoid, wyrażających zależność własności fizycznych od kierunku, mają rozmaite stosunki długości, lecz położenie ich w kryształach jest ściśle określone i stałe: zlewają się one mianowicie z trzema również prostopadłymi i niejednoznacznie osiami krystalograficznymi. Kryształy tego rodzaju są bryłami o trzech prostopadłych płaszczyznach symetrii, względem których elementy geometryczne, jak również i własności fizyczne (wyrażone graficznie) układają się symetrycznie. Mamy tu zatem do czynienia z kryształami układu rombowego.

4) Dwie osi każdej elipsoidy stają się równymi, przez co same elipsoidy przechodzą w sferoidy, zwane także elipsoidami obrotowymi, dwuosiowymi. Posiadają one dla każdej własności postaci nieco odmienne, ale oś ich obrotowa ma zawsze położenie stałe, równoległe do głównej czyli pionowej osi

¹⁾ Porówn. art. „Kryształy i ich symetria”, *Wszechświat*, 1896, nr 2.

kryształu. W kryształach tej gromady wszystkie kierunki jednakowo nachylone do osi obrotu są jednoznaczne pod względem fizycznym i geometrycznym. Optycznie są to kryształy jednoosiowe, gdy trzy pierwsze grupy kryształów posiadają dwie osi optyczne czyli dwa kierunki o prostem łamaniu się światła. Należą tu dwa układy krystalograficzne: tetragonalny i heksagonalny.

5) Do piątej wreszcie gromady należą kryształy, których rozmaite własności możemy wyrazić zapomocą elipsoidy o trzech osiach równych, t. j. zapomocą kuli. W kryształach układu regularnego (równoosiowego), gromadę tę stanowiących, własności fizyczne pierwszej z odróżnionych powyżej grup we wszystkich kierunkach są jednakowe, t. j. nie są od nich zależne. Są to zatem kryształy pod względem tych własności (światło, ciepło i t. d.) izotropowe, zachowujące się tak, jak ciała amorficzne czyli bezpostaciowe (szkło, opal i in.).

Co dotyczy własności fizycznych drugiego rodzaju (elastyczność, spójność i t. d.), to istotna ich cecha polega na tem, że nawet w kryształach układu regularnego są one najściślej związane z kierunkiem i od niego zależne i tylko w ciałach bezpostaciowych są od zależności tej zupełnie wolne. Skutkiem tej różnicy jesteśmy w stanie z łatwością rozpoznawać ciała amorficzne od kryształów regularnych. Te ostatnie odznaczają się np. zależną od kierunku łupliwością, gdy pierwsze własności tej wcale nie posiadają. Na tej różnicy polega także najogólniejsza charakterystyka kryształu, jako ciała stałego, jednorodnego, w którym własności fizyczne (spójność, elastyczność i t. d.) są funkcjami, zależnymi w sposób prawidłowy od kierunku.

Jakśmy wyżej nadmienili, zależność własności fizycznych drugiej grupy od kierunku wyraża się zapomocą powierzchni krzywych zamkniętych, różnych od elipsoidy trzechosiowej i posiadających kształt nader skomplikowany nawet w przypadku najprostszym (układ regularny), kiedy elipsoida trzyosiowa zamienia się w kulę. Ze względu na te powierzchnie (zwane powierzchniami krzywymi wyższych szeregów) moglibyśmy podzielić kryształy na dziewięć gromad, których bliższą charakterystykę jako bardziej złożoną musimy pominąć.

Zwróćmy tylko uwagę na jedną okoliczność, posiadającą, jak się przekonamy, doniosłe znaczenie. Różnice, zachodzące pomiędzy powierzchniami, o których mowa, sięgają znacznie głębiej, niż w pierwszej grupie własności fizycznych. Powierzchnie, odnoszące się do rozmaitych własności, nawet w obrębie jednej i tej samej gromady kryształów, posiadają nie tylko rozmaite wymiary stosunkowe swych osi, lecz nawet inną symetrię; różnią się zatem nie tylko ilościowo, lecz i jakościowo. W gromadzie, obejmującej np. kryształy układu regularnego, (które są optycznie jednołamne, a więc izotropowe), kierunki prostopadłe do płaszczyzn sześciianu i dwunastościanu rombowego ze względu na spójność i elastyczność są jednoznaczne, a odpowiadające własnościom tym powierzchnie są symetryczne względem ścian postaci tylko co wymienionych. Nie tak się rzecz ma z innymi własnościami pierwszej grupy, np. rozpuszczalnością. O symetrii powierzchni, charakteryzującej tę ostatnią, sądzimy z kształtu t. zw. figur wytrawiania, powstających na ścianach kryształu pod wpływem substancji, w której się kryształ ten rozpuszcza. Otóż tylko pewna część kryształów regularnych (jednołamnych) wykazuje figury wytrawiania o symetrii, odpowiadającej dwum wzmiankowanym własnościom, spójności i elastyczności, inna ich część przeciwnie odznacza się pod tym względem niższym stopniem symetrii. To samo powiedzieć musimy i o kryształach innych gromad, które również rozpadają się na dalsze poddziały, różniące się symetrią zjawisk, zachodzących przy rozpuszczaniu i wzroście kryształu. Figury wytrawiania wskazują nam zatem właściwy, t. j. najniższy stopień symetrii kryształu, który pod względem innych swoich własności odznaczać się może symetrią wyższą. Kryształy np. regularne (jednołamne) pod względem własności optycznych posiadają nieskończoną ilość płaszczyzn symetrii, gdyż wyrazem ich zależności od kierunku jest kula; własności te nie wystarczają jednak do określenia bliższego stopnia symetrii kształtu prawidłowego, albowiem inne jego własności wykazać mogą symetrią niższą. Dla ścisłego oznaczenia symetrii ciała krystalicznego posługujemy się zatem temi jego własnościami, które posiadają symetrią najniższą. Do ta-

kich zaliczają się przede wszystkim rozpuszczalność (figury wytrawiania) i wzrost, od którego zależą kształty geometryczne kryształu. Biorąc rzeczy ogólnie, powiedzieć możemy, że właściwą symetrią kryształu określa nie tylko postać zewnętrzna lecz także każda jego własność fizyczna, wykazująca najniższy stopień symetrii.

W artykule, zamieszczonym w n-rze 1 i 2 Wszechświata z r. b., podaliśmy charakterystykę wszystkich możliwych rodzajów symetrii, opierając się wyłącznie tylko na właściwościach geometrycznych kryształu. Widoczną jest jednak rzeczą, że te same rodzaje symetrii wpływać muszą z budowy molekularnej kryształów, albowiem siły, którymi najdrobniejsze ich cząsteczki działają na siebie (t. zw. siły molekularne) i od których zależą ich własności fizyczne, muszą także kierować i układaniem się tych cząsteczek podczas wzrostu kryształu, t. j. nadawać mu tę lub inną postać zewnętrzną. Tę ostatnią słusznie zatem nazwać możemy „fizyczną” własnością kryształu, a ściśły związek pomiędzy jego kształtem i własnościami fizycznymi możemy traktować, jako szczególny przypadek związku prawidłowego, łączącego wszystkie wogóle własności fizyczne ciał krystalicznych. Rozumiemy teraz, że wszystkie wyobrażenia nasze o budowie kryształów z najdrobniejszych cząsteczek, muszą się opierać na całokształcie własności fizycznych, zależnych od przyrody tych cząsteczek, t. j. od sił, które ich światem rządzą.

Wychodząc z założenia, że kryształy są ciałami jednorodnymi (homogenicznymi), musimy jednocześnie przyznać, że we wszystkich swych częściach posiadają jednakowe własności fizyczne. Jeżeli zatem z jakiegokolwiek punktu w kryształe przeprowadzimy linią prostą w kierunku dowolnym, lecz równoległą do innej prostej, przechodzącej przez jakikolwiek drugi punkt tegoż kryształu, to na obu tych liniach spotkamy identyczne własności fizyczne. Tą samą identycznością odznaczać się będą wszystkie inne równoległe (linie) bez względu na kierunek, w jakim przebiegają kryształ. Jestto dowodem, że w kierunkach równoległych siły molekularne posiadają jednakowe natężenie, a ponieważ odległość pomiędzy cząsteczkami kryształu zależy od równowagi owych sił wewnętrz-

nych, musimy więc wyprowadzić stąd wniosek, że układ cząsteczek kryształu na liniach równoległych jest jednakowy. Droga również prostych rozumowań dochodzimy do przekonania, wypływającego logicznie z poprzedniego, że i wszystkie równoległe płaszczyzny kryształu jednorodnego będą pod względem własności fizycznych jednoznaczne. Innymi słowy, w płaszczyznach równoległych siły molekularne (wewnętrzne) i zależne od nich ugrupowanie cząsteczek są jedne i te same. Ponieważ stosuje się to do każdego punktu, do każdego kierunku i do każdej płaszczyzny kryształu, twierdzić zatem możemy, że w substancjach krystalicznych, bez względu na ich postaci zewnętrzne, „ugrupowanie cząsteczek w przestrzeni dookoła jednej z nich jest takie samo, jak dookoła każdej innej”. Tego rodzaju ugrupowanie cząsteczek nazywamy prawidłowym układem molekularnym.

Z pojęcia, do któregośmy przed chwilą doszli, wypływa bezpośrednio takie określenie kryształu: „jestto ciało jednorodne, stałe, posiadające prawidłową budowę molekularną”. Ponieważ dalej w każdej prawidłowej budowie odległości pomiędzy cząsteczkami w rozmaitych kierunkach wogóle nie są jednakowe, ciało to będzie prócz tego zawsze anizotropowem ze względu na własności, zależące od siły wzajemnego przyciągania się cząsteczek (elastyczność, spójność i t. p.). Zgodnie z taką definicją kryształu, proces jego tworzenia się czyli krystalizacja będzie znaczyć tyle, co „prawidłowe układanie się cząsteczek krystalicznych”. W samej rzeczy kryształ jednorodny wtedy tylko powstać może, kiedy jego cząsteczki, wolne od wpływów zewnętrznych, układać się będą przez wzajemne przyciąganie się, gdyż w tym tylko przypadku budowa wewnętrzna i kształty kryształu będą wyłącznym wytworem sił molekularnych.

Jeżeli natomiast krystalizacja, t. j. przechodzenie ciał płynnych, rozpuszczonych lub gazowych w stan stały, odbywa się w warunkach nieprzyjaznych prawidłowemu układaniu się cząsteczek, jeżeli np. przejście ze stanu ciekłego w stały nastąpi w jednej chwili, natenczas powstaje ciało, którego najdrobniejsze cząsteczki tworzą mieszaninę bezładną i różną w każdym jego punkcie. Doświadczenie wykazuje jednak, że własności

fizyczne takich ciał we wszystkich kierunkach są zupełnie jednakowe. Pochodzi to stąd, że jakkolwiek odległości pomiędzy cząsteczkami ciał tego rodzaju ustawicznie się zmieniają, to jednak w praktyce mamy zwykle do czynienia z warstwami molekuł stosunkowo tak grubymi, że w rezultacie na danej długości znajdziemy zawsze przeciętną średnią, t. j. jednakową ich liczbę, a co zatem idzie w każdym kierunku jednakowe własności fizyczne. Widzimy więc, że substancje, o których mowa, składają się z cząsteczek anizotropowych, ale same dla braku prawidłowego wśród tych ostatnich ugrupowania, są izotropowymi agregatami molekularnymi. Substancje takie nazywamy ciałami amorficznymi czyli bezpostaciowymi. Od kryształów układu regularnego różnią się one tem, że i pod względem własności drugiej grupy we wszystkich kierunkach zachowują się najzupełniej jednakowo, pozbawione są np. łupliwości, twardość wszędzie mają jednakową i t. d. Ciała amorficzne wtedy tylko powstają, kiedy przejście ich ze stanu płynnego w stały nastąpi raptownie, przeciwnie ta sama substancja może „skryształizować się”, jeżeli owo przejście odbywać się będzie powoli, jeżeli jej cząsteczki zdołają ułożyć się w sposób prawidłowy, zgodnie i zależnie od rządzących nimi sił molekularnych. Braku prawidłowości w ułożeniu cząsteczek w ciałach amorficznych dowodzi również i ta okoliczność, że ciężar ich właściwy jest zawsze mniejszy od ciężaru kryształów tej samej substancji, że zatem w jednakowych objętościach kryształu i ciała amorficznego mieszczą się niejednakowe ilości cząsteczek, a mianowicie w pierwszym więcej niż w drugim. Bezpostaciowa odmiana jednej i tej samej chemicznie substancji jest nadto mniej trwała od kryształicznej, w której wewnętrzne siły molekularne znajdują się w równowadze stałej. Dowodem tego jest stwierdzony po wielokroć fakt, że ciała bezpostaciowe przechodzą niekiedy same przez się w stan kryształiczny; jako przykład przytoczymy tu tylko szklisty trójtlenek arsenu, z biegiem czasu rozpadający się na drobny proszek kryształiczny.

(Dok. nast.).

J. Morozewicz.

ŻYCIE UTAJONE ziarn roślinnych.

Według C. de CANDOLLA ¹⁾.

Mówimy o ziarnach, zostających w spoczynku, które zachowują zdolność kiełkowania, że posiadają życie utajone. Wyrażenie to nie jest ściśle, nie wiemy bowiem, czy życie w ziarnie roślinnem jest całkiem zatrzymane, czy tylko czynności jego są zwolnione.

Zdarzają się przypadki, w których ziarno oddychać nie przestaje, a pomimo to nie tworzą się w niem żadne nowe elementy histologiczne, lecz przeciwnie, roślina zamknięta w ziarnie traci pewną ilość substancji, która musi być zastąpiona następnie przez przyswajanie. W taki sposób roślina może żyć przez pewien czas, byle tylko temperatura była sprzyjająca i powietrze otaczające nie było zbyt suche i wtedy słusznie można powiedzieć, że życie zwolnione jest prawdziwie życiem utajonem. Doświadczenia Van Tieghema i Bonniera wykazały, że ziarna mogą żyć przez pewien czas życiem utajonem. Trzy równe porcje ziarn grochu i fasoli zostały umieszczone—jedna na wolnem powietrzu, druga w rurce szklanej, zamkniętej i zawierającej oprócz ziarn powietrze zwyczajne, trzecia zaś w rurce zamkniętej i zawierającej ziarna umieszczone w czystym dwutlenku węgla. W końcu drugiego roku ziarna pierwszej porcji zyskały na wadze i prawie wszystkie wykiełkowały. Ziarna, zamknięte w powietrzu zwyczajnem, powiększyły wagę bardzo nieznacznie i stosunkowo mniej wykiełkowały aniżeli pierwsze; co więcej, powietrze z niemi zamknięte zmieniło swój skład chemiczny, zawartość tlenu spadła do 11,4 na 100, gdy tymczasem dwutlenku węgla znalazło się 3,8 na 100. Ziarna, trzymane w czystym dwutlenku węgla wcale nie kiełkowały i nie zmieniły swego ciężaru.

¹⁾ Revue scientifique, n-r 11, 1895.

Z tych rezultatów okazuje się wyraźnie, że ziarno żyło w dalszym ciągu, tylko powolniej, czy to w zwykłych warunkach na otwartem powietrzu, czy też w powietrzu zamkniętem. Można by jednak przypuszczać, że to życie powolne mogło trwać krótko bardzo i ustało przed końcem doświadczenia wskutek zupełnego zawieszenia oddychania i przyswajania.

Przyjmując takie wyjaśnienie, należy przypuścić, że w ziarnach żyjących życiem utajonym protoplazma zostaje zupełnie bezwładną, zachowując wszakże swój skład chemiczny i budowę wewnętrzną. Ten sposób widzenia rzeczy usprawiedliwia cały szereg doświadczeń i obserwacji. Znane są doświadczenia wykazujące, że ziarna mogą być poddane przez kilka godzin działaniu bardzo niskiej temperatury, nie tracąc wcale swojej zdolności kiełkowania. Między innymi doświadczenia Raula Picteta wykazały, że ziarna grochu, *Pisum sativum*, fasoli, *Phaseolus vulgaris* i koperku, *Foeniculum officinale*, kiełkują bardzo dobrze po przebyciu czterech dni w temperaturze 100°C poniżej zera.

Z tego się okazuje, że protoplazma ziarn znosi bezkarnie bardzo niską temperaturę i nie ulega żadnym wewnętrznym przemianom życiowym pod jej wpływem. Inne badania Picteta wykazały, że reakcje chemiczne, które odbywają się w temperaturze zwyczajnej, przestają się dokonywać w temperaturze bardzo obniżonej. Przyjawszy to za pewnik, musimy przyznać, że protoplazma ziarn znajduje się podczas doświadczenia w stanie zupełnej bezwładności, nie może oddychać ani przyswajać,—życie jej jest całkiem wstrzymane, co wszakże nie przeszkadza jej funkcjonować, skoro tylko się zmieniają warunki temperatury i wilgoci. W badaniach powyżej przytoczonych ziarna były zawsze zbyt raptownie oziębiane i można by przypuszczać, że protoplazma ich znajdowała się już w stanie zupełnej bezwładności przed rozpoczęciem doświadczenia. Inaczej trudno byłoby wytłumaczyć sobie jej obojętność na gwałtowne zmiany temperatury, które musiałyby być bardzo szkodliwymi, gdyby działały na protoplazmę jeszcze czynną. Pod tym względem rezultaty nowych doświadczeń świeżo dokonanych, są jeszcze bardziej przekonującymi. W ciągu roku 1894 autor miał sposobność poddawać ozię-

bieniu nasiona przez dowolny przeciąg czasu w przyrządzie do oziębiania powietrza, należącym do p. Sansinena, dostawcy mięs mrożonych, których skład znajduje się w Liver-poolu. Do doświadczeń użyte były ziarna, zawarte w pudełku blaszanym, które umieszczono w komorze oziębiającej. Należały one do następujących gatunków: żyto, owies, koper, czulek, *Lobelia crinus*. Każdy gatunek był zawinięty w papier cynowy i następnie szczelnie ułożony w pudełku blaszanym walcowatym, objętości około 10 cm^3 , ściśle zamkniętem pokryweczką. Z obawy uszkodzenia, jakie mogłoby nastąpić przy dłuższem pozostawianiu w komorze oziębiającej, pudełko blaszane włożone zostało do skrzyneczki drewnianej w górnej części tylko otwartej. Wreszcie skrzyneczka drewniana, zawierająca w sobie pudełko, zawieszoną została w komorze oziębiającej, gdzie się od razu znalazła na przejściu bezpośrednim powietrza oziębionego.

Doświadczenie rozpoczęto 11 maja 1894 r., a zakończone zostało 7 września tegoż roku. Trwało ono przeto dni 118. Zapisywano codziennie przeciąg czasu, przez który naczynie zawierające ziarna, było wystawione na działanie zimnego powietrza i ułożono odpowiednią tablicę, która wskazuje dzień po dniu liczbę godzin pracy maszyny oziębiającej i zarazem średnią temperaturę, jaka panowała w naczyniu podczas każdej próby. Oprócz tego inna tablica wykazuje w 18 próbach szybkość ogrzewania się tego naczynia w ciągu trzech godzin następujących po zatrzymaniu się maszyny.

Podczas 118 dni trwania doświadczenia, maszyna oziębiająca była czynna od 8 do 20 godzin dziennie.

2 razy po 8 godzin bez przerwy			
4	"	9	"
13	"	10	"
1	"	11	"
6	"	12	"
3	"	14	"
6	"	16	"
12	"	18	"
3	"	19	"
68	"	20	"

Widzimy z tego, że próby najdłuższe, 20 godzin trwające, były najliczniejsze. Z dru-

giej strony te długie próby odbywały się zawsze przy niskiej temperaturze (-40°C) i zawsze powtarzane były 6—8 razy bez przestanku.

Najniższą była temperatura przy trwaniu jednej próby: $-53,89^{\circ}\text{C}$, a najwyższa $-37,78^{\circ}\text{C}$. Średnia zaś temperatura 118 doświadczeń wynosiła $-41,93^{\circ}\text{C}$.

Po każdym doświadczeniu, gdy maszyna przestawała działać, temperatura podnosiła się w środku komory oziębiającej, ogrzewanie jednak było tutaj bardzo powolne, tak że temperatura zaledwie podnosiła się do 0° przy końcu dwu albo trzech godzin po zatrzymaniu maszyny. Przy końcu każdego doświadczenia oziębienie pudełka, zawierającego ziarna, musiało być bardzo silnem, bo było ono wystawione bezpośrednio na przewiew mroźnego powietrza w komorze oziębiającej.

Później wykonano kilka jeszcze doświadczeń kontrolujących dla dowiedzenia się, do jakiego stopnia powłoka drewniana otaczająca pudełko, mogła opóźniać oziębianie ziarn w niem zawartych. Z tych doświadczeń można wnioskować z całą pewnością, że zawartość pudełka, umieszczonego w komorze oziębiającej, potrzebowała kilku minut, by znaleźć się w zupełnej równowadze temperatury z powietrzem oziębionem, wyrzucanem przez maszynę. Według tego pudełko drewniane zaledwie mogło opóźniać oziębianie na początku każdej próby i naodwrot opóźniało także i ogrzewanie, które następowało zawsze w atmosferze spokojnej, po zatrzymaniu maszyny.

Oto są rezultaty tego długiego doświadczenia.

Pudełko zostało wyjęte z komory oziębiającej w dobrym stanie jeszcze w skrzyneczce drewnianej, wydobyto ziarna w tym samym porządku, w jakim były ułożone i natychmiast umieszczono je w inspektach, w celu zbadania kiełkowania.

Prawie wszystkie ziarna żyta, owsa i kopru bardzo prędko powschodziły. Czulka z 60 ziarn tylko 13 wykiełkowało, a z bardzo wielkiej liczby nasion lobelii tylko 10 ziarn zeszło. Że mało ziarn czulka weszło, nie można tego przypisywać działaniu zimna, tembardziej, że z tych samych ziarn inne nie poddawane wcale doświadczeniu, także w ma-

łej liczbie powschodziły. Co do lobelii, to przeciwnie ziarna nie poddawane próbie bardzo pomyślnie powschodziły, co dowodzi, że te, które nie wschodziły po doświadczeniu, musiały zginąć w czasie samej próby.

W rezultacie ziarna żyta, owsa, kopru, z małemi bardzo wyjątkami, nie ucierpiały wcale, chociaż były 118 razy z rzędu oziębiane z małemi przerwami do temperatury niżej -30°C , w której trzymano je 8 do 20 godzin pozwalając im powracać do zwykłej temperatury na bardzo krótko. Bardzo znaczna liczba ziarn czulka wytrzymała także tę próbę, która okazała się groźną dla większej części ziarn lobelii.

Rezultaty wymienionych doświadczeń potwierdzają to przekonanie, że w ziarnach, których życie jest utajonem, zostaje ono po pewnym czasie rzeczywiście całkiem wstrzymane, zawieszone, protoplazma ich staje się zupełnie bezwładną, niezdolną do oddychania i do przyswajania. W takim stanie może ona bezkarnie znosić największe i najgwałtowniejsze obniżenia temperatury, a można przypuszczać, że te tylko ziarna giną przy doświadczeniach, których protoplazma nie doszła jeszcze do zupełnej bezwładności i znajduje się w stanie życia opóźnionego, dlatego może ona być bezkarnie przechowywaną w środku niepodtrzymującym oddychania. Trzeba tylko, żeby tam nie było substancji chemicznie działających szkodliwie na protoplazmę, jakby to miało miejsce np. w atmosferze dwutlenku węgla.

Ciekawą byłoby rzeczą obserwowanie pod względem kiełkowania ziarn, które przez pewien czas przebywały w próżni barometrycznej. W każdym razie, gdyby po tej próbie nie wschodziły wcale, nie należałoby tego przypisywać wyłącznie brakowi powietrza. Byłoby możliwą rzeczą, że gwałtowne wydobywanie się powietrza i wilgoci mogło rozłożyć tkanki, tudzież zakłócić budowę i skład ich protoplazmy. Chcąc się przekonać jaki wpływ na kiełkowanie wywiera wstrzymanie przystępu powietrza do nasion, de Candolle pozostawiał je na pewien czas w rtęci. W tym celu zamykał je na jakiś czas w worku z tkaniny metalicznej, umocowanym na drucie platynowym, zanurzonym w rtęci. Drut poruszano często podczas doświadczenia, ażeby ułatwić wydzielanie się banieczek powietrza,

które mogłoby przylegać do powierzchni ziarn. Kilka doświadczeń przeprowadzonych tą metodą, dało następujące rezultaty:

Pierwsza próba trwała miesiąc od 19 października do 19 listopada. Z ośmiu ziarn żyta, które przez ten czas były zanurzone na 21 cm głęboko w rtęć, 4 tylko zeszły; cztery inne wydawały się zdrowymi przy wyjęciu z rtęci, jednak po włożeniu do ziemi zgniły, prawdopodobnie miały zawiele wilgoci.

Druga próba, która trwała od 27 listopada do 27 grudnia odbywana była z 5 ziarnami żyta, ważącymi razem 0,253 g, trzymanymi w głębokości 13 cm. Po wyjęciu z rtęci ciężar ich był ten sam. Po zasianiu tych 5 ziarn 4 zeszły równie szybko, jak te, które nie były wcale zanurzane w rtęci. Za trzecim razem wzięto 5 ziarn żyta: wszystkie wykiełkowały w sposób najzupełniej prawidłowy, pomimo, że były trzymane od 5 lutego do 5 maja czyli przez trzy miesiące w głębokości około 5 cm w kąpieli rtęciowej. Nakoniec zrobiono jeszcze próbę z 13 ziarnami *Lepidium sativum*, z których wszystkie zeszły pomimo, że dwa miesiące były zanurzone w rtęci w głębokości około 5 cm.

Widzimy tedy, że rezultaty otrzymane tą drogą, zgadzają się z wynikami, otrzymanymi w przyrządach ochładzających i dowodzą, że ziarna mogą pozostawać w stanie zupełnej bezwładności życiowej, z której wychodzą, gdy warunki otaczającego je środka pozwalają znowu ożywionym masom ich komórek nanowo oddychać i asymilować. Na pierwszy rzut oka ten powrót do życia wydaje się puszczeniem w ruch maszyny, połączonej ze swym motorem. W każdym razie zjawiska nie są jednakowej natury w obu przypadkach, a energia, której przejawy stanowią życie istoty organizowanej, nie jest energią maszyny w zwykłym tego słowa znaczeniu. Maszyna pracuje, niezmieniając wcale swojej budowy, gdy tymczasem substancja organiczna ożywiona, tworząca młodą roślinkę w ziarnie, przyswaja substancje z zewnątrz przez protoplazmę żywą, powiększając swoją masę i niezmniejszając bynajmniej energii. Powiększająca się więc masa protoplazmy żywej musi koniecznie otrzymywać ciągle nowe ilości energii, a ta może pochodzić tylko z dwu źródeł—środka otaczającego z jednej strony i z dzia-

łania, jakie się odbywa w samym łonie protoplazmy—z drugiej. Jeżeli pierwsze jest zjawiskiem fizyko-chemicznym, inaczej rzecz się ma z drugim. W rzeczy samej życie protoplazmy objawia się ruchami, które są w taki sposób skombinowane, że ustawiają się według pewnych uzdolnień budowy i następują po sobie w oznaczonym porządku: zjawisko, które nie podlega wcale działaniu czynności fizyko-chemicznych. Zmuszeni jesteśmy przeto przypuszczać istnienie odrębnej grupy oddziaływań, którym materje przyswojone stają się przydatnymi dopiero po ich zabsorbowaniu w protoplazmie żyjącej, w którą wnika ją.

Pod tym względem należałoby porównać asymilację do tego, co się dzieje, gdy materiały palne zajmą się ogniem po ogrzaniu ich w ognisku, gdzie istnieje palenie przez nie same utrzymywane. Można by powiedzieć, że dopiero doprowadzone do pewnego stanu specjalnego, skutkiem pomieszania się z protoplazmą, substancje asymilowane działają między sobą w taki sposób, że wytwarzają nową ilość materji życiowej. W tem znaczeniu pojęta protoplazma, w stanie życia utajonego, zostawszy bezwładną i pozbawioną możliwości życia, podobną jest do tych mieszanin utworzonych z ciał, które działać zaczynają tylko w pewnych, określonych ściśle warunkach temperatury i które, dopóki te warunki nie są dopełnione, zostają w zetknięciu z sobą nieograniczenie długo, bez wzajemnego na siebie oddziaływania. Takimi są np. mieszaniny wybuchające.

Obecność w protoplazmie materji, mogących ulegać przyswajaniu, nie wystarcza do tego, żeby wystąpiły zjawiska asymilacji i szeregowania się czynności. Trzeba obok tego jeszcze pewnych warunków temperatury, wilgoci, powietrza. Bez tych warunków energia pozostaje napiętą, zachowując wszakże całą możliwość zamiany na cynetyczną, w warunkach sprzyjających.

Ten stan bezwładności chemicznej i życiowej może prawdopodobnie trwać bardzo długo. Jestto jedyny sposób wytłumaczenia sobie przechowywania ziarn przez wielką liczbę lat. Znane są przypadki, w których ziarna wschodziły po tak długim przeciągu lat, że niepodobna przypuścić, żeby przez ten przeciąg długi żyły chociażby życiem po-

wstrzymanem. Oto przykłady godne uwagi: A. P. de Candolle wspomina o ziarnach czułka (*Mimosa*), które wybornie wschodziły po 60 latach spoczynku. Girardin widział wschodzące ziarna fasoli, które pochodziły z zielnika Tourneforta, gdzie przebywały 100 lat przeszło. W r. 1850 Robert Brown zasiał przez ciekawość kilka ziarn z kolekcji sir Hansa Sloanea, gdzie były przeszło od lat 150. Weszło z nich kilka. Między temi jedno *Nelumbium speciosum*, którego okaz był przechowywany w galeriach British Museum.

Mniemane kielkowanie żyta, znajdowanego przy mumiach, jest, jak wiadomo, bajką bez podstawy. Zdaje się rzeczą pewną, że żyto było zawsze sterylizowane przed umieszczeniem go w sarkofagach, co wykluczało już całkowicie wszelką możliwość powrotu do życia. Wiele doświadczeń wykazało natomiast, że ziarna mogą na bardzo długo zachować własności życiowe, mimo przedłużonego pobytu w ziemi, czyli bez wpływu atmosfery. Najciekawszym z tego rodzaju zjawisk przypadkiem jest opowiedziany przez prof. Heldreicha, dyrektora ogrodu botanicznego w Atenach. Herboryzując w okolicach kopalń Laurium uczony ten odkrył w r. 1873 *Glaucium*, którego nie wahał się uważać za nowy gatunek i opisał pod nazwą *G. Serpieri*. Roślina ta była znaleziona na gruncie, z którego świeżo zdjęto grubą warstwę gruzów, pochodzących z dawnych bardzo kopalń, mających przeszło lat 1500. Wykluczając najzupełniej samorodztwo, trzeba przypuścić, że to *Glaucium* jest gatunkiem, który istniał kiedyś w tej miejscowości i którego ziarna przechowały się nienaruszone pod warstwą ziemi i gruzów, które ją pokrywały.

Wspominają często o takich zdarzeniach, w których wykopywanie głębokich przekopów lub karczowanie lasów wykazywało w różnych miejscach gatunki, aż dotąd tam nieznane. Prof. Peter¹⁾ z Getyngi poczynił w tym przedmiocie szereg badań metodycznych, których wyniki najwyższe budzą zajęcie. Metoda jego polega na wybieraniu pró-

bek ziemi z lasów, których wiek i wszelkie warunki poprzednie bardzo dobrze były mu wiadome. Uprawia je następnie z całą przezornością, żeby jakie obce ziarno tam się nie dostało. Ziemia ta jest zwykle brana z miejsc bardzo cienistych, pozbawionych wszelkiej innej roślinności oprócz mchu, który porasta powierzchnię ziemi. W oznaczonych miejscach kopie się dziury, z których wydobywa się ziemię na 8, 16, 24 cm głębokości, a zaczerpnięcie z każdej głębokości bada się oddzielnie. Uprawa ta prowadzona przeszło przez trzy miesiące, wydała w końcu rośliny, których ziarna musiały znajdować się w ziemi od mniej lub więcej długiego czasu.

P. Peter wykazał szczegółowo rośliny, należące do każdego skrawka ziemi. Oto rezultaty, jakie otrzymał:

Kawałki ziemi, pochodzące z lasów bardzo starożytnych, wydały gatunki leśne. Ziemię świeższej epoki dostarczyły gatunków roślin, których natura była w ścisłym związku z poprzednim pokryciem gruntu, to jest były to rośliny pól i łąk, stosownie do tego jaka uprawa istniała poprzednio w danym kawałku. Sam bardzo oględnie oceniając przypuszczalną bytność ziaru pod powierzchnią ziemi, konkluduje temi słowy:

„Jakkolwiek te próby uprawy, któreśmy opisali powyżej, nie rozwiązują wcale kwestyi, jak długo rośliny będące w spoczynku mogą zachowywać zdolność kielkowania, wypada z tych prób, że wiele roślin z pól i łąk może bezkarnie spoczywać przeszło pół wieku”.

Badania Petera zasługują, by na nie zwrócić uwagę. Nie tracimy nadziei, że w innych miejscach i z gruntem innej natury będą powtarzane, bo mogą one wyświetlić wiele ważnych faktów, odnoszących się do biologii i geografii botanicznej przedhistorycznej. Alfons de Candolle już przed kilkoma laty zwracał uwagę na interes naukowy, jaki przedstawiałoby sondowanie śniegów alpejskich ze względu, że możnaby tam znajdować ślady roślinności z epoki poprzedzającej jeszcze okres lodowy.

Szkoda wielka, że nikt nie podniósł tej kwestyi, bo fakty, które powyżej streszczono, pozwalają przypuszczać, że badania tego

¹⁾ Patrz *Wszechświat* n-r 19 z r. 1895: „Próby hodowli nasion spoczywających”.

rodzaju mogłyby doprowadzić do odkrycia nasion jeszcze żywych z epok bardzo oddalonych.

Streścił A. Ś.

SPIS ROŚLIN RZADKICH

lub zupełnie dotąd nieobserwowanych w kraju,

zebranych w okolicach Warszawy w r. 1894

przez p. H. Cybulskiego.

(Dokończenie).

10) *Enchidium syriacum* R. Br. (*Anastatica syriaca* Jacq.). Granica północna zasięgu tej rośliny z Moraw przechodzi do Węgier, Siedmiogrodu, na Bukowinę, nad Dniestr do Zaleszczyk, następnie przez Bessarabię wchodzi znowu nad Dniestr między Uszycą i Jampolem, dalej do Humania, Białej Cerkwi, do Łubian za Dnieprem, do Pawłówki, gub. Połtawskiej i do południowej części gub. Kurskiej. Stamtąd do gub. Tambowskiej nad Don, nad niższą Wołgę i stepami do Turkiestanu. Granica zachodnia wiedzie z Moraw do Dalmacji; południowa z Dalmacji przez Kroację i Rumunię dostaje się na wybrzeża czarnomorskie do Krymu i przez Kaukaz aż do Syrii i Azji środkowej. („Zasięgi roślin krzyżowych” p. K. Łapczyńskiego, tom X. Pam. Fizyogr.).—Znalazłem kilkadziesiąt okazów tej rośliny w bliskości stacji kolei Teresp. Praga i Nadwiśl. Pelcowizna. Pierwszy raz w kraju znaleziona.

11) *Isatis tinctoria* L. Rośnie przeważnie w Europie środkowej i południowej. Znalazłem kilka okazów w bliskości stacji kolei Teresp. Praga. Pierwszy raz w kraju znaleziona.

12) *Lepidium draba* L. Granica północna zasięgu z Francji przechodzi nad Ren, potem przez Turynię, Saksonię i Brandeburgię nad Odrę. Stamtąd idzie w górę rzeki na Szląsk do Opola i Mysłowic. Stąd omijając Królestwo idzie przez Kraków, Lwów, Krzemieniec, Kijów, Charków nad Don, Wołgę i stepami południowymi Syberii aż do Altaju. Granica zachodnia opiera się o ocean Atlantyki, południowa o morze Śródziemne i przechodzi z Europy do Azji środkowej i Turkiestanu. („Zasięgi roślin krzyżowych” p. K. Łapczyńskiego, tom X. Pam. Fizyogr.). Znajdowałem ją dosyć licznie w kilku miejscach na gruzowiskach w bliskości brzegu

Wisły obok parku. Pierwszy raz w kraju znaleziona.

13) *Nasturtium armoracioides* Tausch. (*Nasturtium austriacum silvestre* Neibreich). Z pierwszego wejrzenia bardzo podobna do *Nasturtium silvestre* R. Br. i z tego powodu została przeoczona. Napotykałem ją na prawym brzegu Wisły obok fortu Śliwickiego, w miejscach niskich, często przez rzekę zalewanych. Pierwszy raz w kraju znaleziona.

14) *Sisymbrium Columnae* Jacq. Granica północna zasięgu tej rośliny z Hiszpanii przechodzi do Francji, Austrii, Czech, Moraw, na Węgry, do Siedmiogrodu, na Bukowinę, do Bessarabii, potem wybrzeżem czarnomorskim do Krymu i na Kaukaz. Granica południowa trzyma się morza Śródziemnego, następnie przechodzi do Azji zachodniej. Poza granicą północną zasięgu ukazuje się ten gatunek niekiedy chwilowo. Był znajdowany przed kilkunastu laty w okolicach Warszawy przez Szuberta (Prod. Rost.). Od tego czasu nigdzie nie był w kraju napotykan. Znalazłem jeden okaz w bliskości kolei Teresp. Praga. (Gatunek powyższy z pierwszego wejrzenia podobny jest do *Sisym. officinale* Scop.).

15) *Rapistrum perenne* All. (*Myagrum perenne* L.). Granica północna zasięgu z Bawarii przechodzi do Turynii, Saksonii, Czech, Moraw, Węgier, Siedmiogrodu, Bessarabii i na Podole południowe. Stamtąd nad Boh i dalej do Elizabetgradu. Granica zachodnia z Bawarii dochodzi do Włoch północnych. Granica południowa z Włoch przez Kroację kieruje się na Podole. („Zasięgi roślin krzyżowych”, p. K. Łapczyńskiego, tom X. Pam. Fizyogr.).—Znalazłem kilka okazów przy placie kolei Teresp. Praga.

Papilionaceae. 16) *Onobrychis sativa* Lmk. Roślina ta dotychczas była napotykana w południowo-wschodnich okolicach kraju (Prod. Rost.). Znalazłem kilka okazów w bliskości plantu kolei Nadw. na Pelcowiznie.

Asperifoliaceae. 17) *Cynoglossum officinale* L. v. *flo. albo.* Odmiana rzadka w Niemczech, a u nas w kraju dotychczas nieobserwowana. Wzgórza w bliskości Białan.

Scrophulariaceae. 18) *Veronica prostrata* L. Przed kilkunastu laty została znaleziona pod Kaźmierzem przez Jastrzębowski i podobno około Warszawy przez Szuberta. To ostatnie stanowisko „Prodromus” Rostafińskiego mylnie podał, gdyż Szubert w spisie roślin, wydanym w r. 1824, do roślin krajowych jej nie zaliczył. Znalazłem jeden okaz w bliskości plantu kolei Teresp.

19) *Verbascum phoeniceum* L. Miejsca piaszczyste. Pelcowizna.

Labiatae. 20) *Salvia verticillata* L. *flo. albo.* Odmiana bardzo rzadka w Niemczech,

Znalazłem ją w bliskości plantu kolei W.-W. na Czystem.

Compositae. 21) *Achillea Collinia* Becker (*A. Millefolium* v. *lanata* Koch.). Rzadko napotykana w kraju. Piaszczysty plant kolei Teresp. Praga.

22) *Achillea nobilis* L. Roślina b. rzadka w kraju. Dotychczas znaleziona była w dolinie Prądnika i w okolicy Brześcia Litewskiego (Prod. Rost.). — Wzgórze piaszczyste w bliskości plantu kolei Nadw. na Pelcowiznie.

23) *Aster bellidiflorus* Willd. Pochodzi z Ameryki północnej. Rośnie licznie w zaroślach nadbrzeżnych Wisły, między fortem Śliwickiego a Żeraniem. Pierwszy raz w kraju znaleziona.

24) *Aster brumalis* Nees. Pochodzi z Ameryki północnej. Rośnie dosyć licznie w zaroślach wierzbowych pomiędzy Siekierkami a stacją pomp. Kwitnie bardzo późno, gdyż około 5 listopada napotykałem jeszcze niektóre okazy niezu-

pełnie rozkwitłe. Pierwszy raz w kraju znaleziona.

25) *Centaurea solstitialis* L. Roślina południowo-europejska. Znalazłem kilka okazów na plancie kolei W.-W. na Czystem. Pierwszy raz w kraju znaleziona.

26) *Hieracium echinoides* W. K. Miejsca wzgórkowate między Bielanami a Młocinami w bliskości brzegu Wisły.

Oprócz gatunków powyżej wymienionych, znajdowałem w kilku miejscowościach Pragi rośliny, jeszcze mi nie znane z rodzajów, *Sisymbrium*, *Brassica* i *Lepidium*, ale tych z posiadanych dzieł botanicznych oznaczyć nie mogłem. Prawdopodobnie rośliny te pochodzą z dalekich stepów wschodnich.

Buletyn meteorologiczny

za tydzień od 26 lutego do 3 marca 1896 r.

(ze spostrzeżeń na stacyi meteorologicznej przy Muzeum Przemysłu i Rolnictwa w Warszawie).

Dzień	Barometr 700 mm +			Temperatura w st. C.					Wlg. śr.	Kierunek wiatru Szybkość w metrach na sekundę	Suma opadu	U w a g i
	7 r.	1 p.	9 w.	7 r.	1 p.	9 w.	Najw.	Najn.				
26 S.	50,0	56,8	54,7	-9,2	-2,8	-3,6	-1,0	-9,2	74	SE ¹⁷ , SE ¹² , E ¹²	—	☞ cały dzień
27 C.	52,7	51,9	51,1	-6,3	-3,9	-2,4	-2,3	-6,4	87	E ¹⁷ , SE ⁵ , SE ⁴	0,7	☞ deszcz w nocy
28 P.	48,7	45,9	42,5	-2,2	0,8	0,3	1,5	-3,0	92	SW ³ , SW ⁵ , W ³	2,2	● wieczorem
29 S.	35,1	35,7	36,5	0,8	-0,6	-1,0	1,0	-1,0	91	W ⁵ , W ⁵ , W ⁵	1,9	● cały dzień
1 N.	42,1	43,8	43,8	-1,9	-1,0	-4,8	0,0	-4,8	89	W ¹ , W ⁶ , SW ²	1,5	● zrana
2 P.	35,9	34,2	37,4	-3,6	2,6	2,2	2,7	-5,9	94	S ⁹ , SW ⁷ , SW ³	4,4	● cały dzień
3 W.	41,4	42,6	42,6	2,1	6,0	5,0	7,1	1,5	81	SW ⁷ , SW ⁵ , S ⁷	0,4	● w nocy
Średnia	44,5			-1,4					87		11,1	

T R E Ś Ć. Chemia wodoru węgla i jej znaczenie dla fizjologii, przez d-ra L. Marchlewskiego. — O budowie wewnętrznej kryształów, przez J. Morozewicza. — Życie utajone ziarn roślinnych. Według C. de Candolla, streszczył A. Ś. — Spis roślin rzadkich lub zupełnie dotąd nieobserwowanych w kraju, zebranych w okolicach Warszawy w r. 1894 przez p. H. Cybulskiego (dokończenie). — Buletyn meteorologiczny.