

233

*z myśli i praci
ad autora.*

JAN ZAWIDZKI.

0 ROZTWORACH KOLOIDALNYCH.

(Odczyt miany na posiedzeniu Polskiego Towarzystwa
imienia Kopernika we Lwowie dnia 17 kwietnia
1910 roku).

Odbitka z „Wszeczeświata“



Drukarnia L. Bogusławskiego, Ś-to-Krzyska 11.

WARSZAWA

—
1910.

W. Kępczyński

2331

Z księgozbioru

Inż. Zygmunta Lepperta

Dział V

Grupa E № 14

№ ogól. kat. 933

O roztworach koloidalnych.

(Odczyt miany na posiedzeniu Polskiego Towarzystwa
imienia Kopernika we Lwowie dnia 17 kwietnia
1910 roku).

Odbitka z „Wszecłswiata“.



544.5

Drukarnia L. Bogusławskiego, Ś-to-Krzyska 11

W A R S Z A W A

—
1910.



2331

B.209PK/006-99

Żyjemy w wieku dwudziestym, którego fantazyjny obraz nakreślił Bellami w swej niezwykle zajmującej powieści; żyjemy w wieku elektryczności, — spadkobiercy i następcy wieku pary.

Nie miejsce zastanawiać się nad tem, czy owe fantastyczne obrazy Bellamego ziszczą się kiedykolwiek, — czy pokolenia przyszłe nazwą wiek nasz okresem elektryczności, lub okresem promieniotwórczości. Jedno wszakże zdaje się być pewnem, że wiek nasz, w porównaniu ze stuleciami minionemi, będzie wiekiem niezwykle twórczym, twórczym na wszelkich polach pracy naukowej i kulturalnej, — wiekiem niesłychanie wojowniczym i zabórczym w swych dążeniach do całkowitego podboju przyrody, do zupełnego ujarznienia jej sił i mocy. Tych jego cech znamienych dowodzi już obecnie niesłychanie szybki rozwój wszyst-

kich gałęzi wiedzy ścisłej i stosowanej,— dowodzi potężny rozrost pracy kulturalnej.

Jeszcze nie minęło pierwsze dziesięciolecie tego wieku dwudziestego, a już przyszedł kronikarz dziejów kultury,—tej najogólniejszej historii rodzaju ludzkiego,—będzie miał do zaznaczenia powstanie całego szeregu nowych odłamów pracy ludzkiej, całego szeregu nowych gałęzi wiedzy i techniki.

Jednemu z tych nowonarodzonych działów wiedzy, rozrastającemu się i potężniającemu z dniem każdym odłamowi chemii, traktującemu o koloidach, a właściwie stanach koloidalnych, pragnąłbym poświęcić słów kilka.

Że jednak czas, którym rozporządzam, jest ograniczony, więc z konieczności wyrzec się muszę zamiaru przedstawienia historii powstania i rozwoju tego ciekawego odłamu chemii, zrezygnować muszę z chęci roztoczenia obrazu obecnego stanu nauki o koloidach, — i ograniczyć się elementarnym przedstawieniem istoty pojęcia koloidu, ilustrując owo pojęcie szeregiem odpowiednich pokazów i doświadczeń.

Początki chemii koloidów nie są zbyt świeżej daty, — podwaliny tej nauki położył już w latach 1861 — 1864 chemik angielski Tomasz Graham. Umysł to był niezwykle, rzadko spotykany typ uczonego, który, nie troszcząc się o panujące kierunki i poglądy naukowe, własnymi chodził drogami. W czasach pierwszych świetnych tryumfów Daltonowskiej teorii atomowej, w czasach formowania się zrębów chemii organicznej, — Graham zwrócił wzrok swój na zaniechaną, ignorowaną dziedzinę zjawisk fizyko-chemicznych. W czwartym dziesiątku ubiegłego stulecia poczyną studyować dyfuzję gazów, by następnie przejść do badania zjawisk dyfuzji cieczy i roztworów. Oznaczając szybkość dyfuzji roztworów przez błony galaretowate, przez pęcherz i papier pergaminowy, znajduje, że substancje kryształiczne jak sole, kwasy i inne związki mineralne przenikają owe błony bardzo szybko, — natomiast substancje bezpostaciowe, w rodzaju krochmalu, białka, kleju i innych im podobnych, albo całkiem nie dyfundują, lub też dyfundują niezmiernie powoli. Uogólniając spostrzeżenia te, Graham wygłasza pogląd, że wszystkie rodzaje materij przyrodzonych

można podzielić na dwa zasadniczo różne typy, z jednej strony substancje krystaliczne, z drugiej zaś strony substancje kleiste, od colla—kleju, nazwane przezeń koloidalnymi. Wodne roztwory owych substancyj koloidalnych mianuje on hydrozolami; alkoholowe—alkoholozolami; glicerynowe — glicerozolami i t. d. Najciekawszą osobliwość tych roztworów koloidalnych,—czyli zolów — stanowi ich właściwość zamieniania się pod wpływem niewielkich ilości elektrolitów na galarety — czyli żele. Tą drogą z hydrozolów powstają hydrożele, z alkoholozolów — alkoholżele i t. d.

W tej oto kolbie mamy przed sobą tego rodzaju hydrozol: roztwór wodny zwykłego białka kurzego, który za dodaniem nasyconego roztworu siarczanu amonowego strąca się w postaci galaretowatych kłaczek, przedstawiających hydrożel białka.

Ta sprawa ścinania się, czyli koagulacji hydrozolów następuje nieporównanie efektowniej w przypadku koloidalnego roztworu siarczku arsenawego. Żółty, zupełnie przezroczysty roztwór tego związku, roztwór przechodzący bez zmiany przez sączki z bibuły,—wytwarza za do-

daniem najmniejszych ilości kwasów lub soli obfity osad kłaczkowaty, dający się z łatwością odsączyć od bezbarwnego płynu.

Klasyczne badania Grahama nad koloidami, nad ich istotą i zachowaniem się nie pobudziły współczesnych do żywszego zainteresowania się temi nad wyjąz ciekawemi substancjami. Najczęściej zbywano owe badania milczeniem, lub pobieżnemi wzmiankami,—samy zaś koloidów unikano jaknajstaranniej, obawiając się zetknąć z niemi na gruncie doświadczalnym. Obawiano się zaś dlatego, że, w przeciwieństwie do krystaloidów, manipulowanie z koloidami jest niezmiernie trudne i uciążliwe, zwłaszcza trudne jest otrzymywanie tych substancyj w stanie względnej czystości i jednorodności.

Dopiero przed laty mniej więcej dwudziestu poczęto się nieco żywiej interesować koloidami, a od roku 1902 — 1903 na ową zaniedbaną niwę koloidów rzuciły się naraz całe legiony badaczyw śmielszych, zwłaszcza z generacyi najmłodszej.

W ciągu ostatnich lat kilkunastu ukażało się przeszło półtora tysiąca badań

doświadczalnych nad koloidami, ogłoszono szereg znakomitych opracowań monograficznych traktujących o chemii koloidów ¹⁾, opracowań tak oryginalnych, tak śmiałych w swych uogólnieniach i poglądach, że dają się one przyrównać tylko do świetnych traktatów o substancjach promieniotwórczych. Wreszcie założono aż dwa specjalne czasopisma, poświęcone wyłącznie tylko badaniom nad koloidami ²⁾.

1) Oto tytuły ważniejszych z nich: A. Lottermoser, Ueber anorganische Kolloide, Stuttgart 1901; R. Zsigmondy, Zur Erkenntniss der Kolloide, Jena, 1905; A. Müller, Allgemeine Chemie der Kolloide, Lipsk, 1907; Wolfgang Ostwald, Grundriss der Kolloidchemie, Drezno, 1909; H. Freundlich, Kapillarchemie, eine Darstellung der Chemie der Kolloide und verwandter Gebiete, Lipsk, 1909; The Svedberg, Die Methoden zur Herstellung kolloider Lösungen anorganischer Stoffe, Drezno, 1909; R. Liesegang, Beiträge zu einer Kolloidchemie des Lebens, Drezno, 1909. Nadto zapowiedziane: P. Weimarn, Kolloidwissenschaft und Struktur der Materie; Bechhold, Die Kolloide in Biologie und Medizin; W. Hardy, Colloids; W. Ostwald, Untersuchungen zur Theorie der Oberflächen- und Volumenergien.

2) Są to „Zeitschrift für Chemie und Industrie der Kolloide“ oraz „Kolloidchemische Beihefte“, — oba redagowane przez Wolfganga Ostwalda.

Czemże wytłumaczyć to nagłe zainteresowanie się sfer chemicznych, jak również i technicznych, substancjami koloidalnymi?

Przedewszystkiem tem, że dopiero w czasach ostatnich problemat koloidów dojrzał należycie; że dopiero niedawno zrozumiano istotę stanów koloidalnych, skutkiem czego poczęto świadomie i celowo opracowywać ogólne metody otrzymywania dowolnych substancyj w stanie koloidalnym; że wreszcie obalono zakorzenione uprzedzenie o wyjątkowości tych stanów oraz o niezwykłych trudnościach eksperymentalnego ich badania.

Chcąc przeto głębiej wniknąć w znaczenie teoretyczne i praktyczne współczesnych badań nad koloidami, musimy przedewszystkiem zdać sobie sprawę z tego, co właściwie przedstawiają koloidy, co rozumiemy pod nazwą koloidów?

W tym celu cofnijmy się myślą do najelementarniejszych pojęć chemicznych.

Wiadomo, że istniejącą różnaitością rodzajów materji wypełniających przyrodę sprowadzamy przedewszystkiem do dwu różnych typów — do materji jednorod-

nych oraz materyj niejednorodnych pod względem fizycznym.

Jednakże i niejednorodność materyj bywa różnego rodzaju i stopnia. Tak np. niejednorodność materyi składającej zwykły granit jest widoczna dla każdego na pierwszy rzut oka. Tymczasem niejednorodność mieszaniny cukru z solą kuchenną, mieszaniny dobrze rozartej w moździerzu, — występuje dopiero po zbadaniu mikroskopowem.

Jeszcze większą rozmaitość przejść i stopniowań niejednorodności fizycznej spotykamy wśród mieszanin substancyj ciekłych. I tak, skłóćmy z wodą kilka centymetrów sześciennych dwusiarczku węgla lub oliwy, zabarwionej odrobiną jodu, — a otrzymamy zawiesinę makroskopową kropel dwusiarczku węgla w wodzie, której niejednorodność fizyczną możemy obserwować zdaleka. Teraz dodajmy kilka kropel alkoholowego roztworu kalafonii do czystej wody i skłóćmy tę ostatnią. Otrzymamy ciecz mleczną, nieprzezroczystą, przedstawiającą również zawiesinę, lecz zawiesinę mikroskopową, bowiem dopiero pod mikroskopem różniamy w niej drobniutkie kropelki roztworu kalafonii.

A dalej przyjrzyjmy się dokładniej wodnemu roztworowi zwykłego białka kurzego. Przedstawia się on zupełnie przezroczystym, conajwyżej słabo opalizującym. Badając roztwór ten pod mikroskopem, nie wykrywamy w nim obecności jakichkolwiek cząstek obcych, — zdaje się on być przeto zupełnie jednorodnym pod względem fizycznym. Tymczasem, gdybyśmy go poddali tak zwanej próbie optycznej Tyndalla, t. j. gdybyśmy przepuścili przezeń w ciemności wiązkę zbieżnych promieni światła, — to zauważylibyśmy, że owe promienie, przechodząc przez roztwór, znaczą swą drogę w postaci jasnej smugi. Innemi słowy, na drodze swej przez roztwór białka spotykają obce cząstki zawieszane, od których odbijają się częściowo, a rozpraszając się na wszystkie strony, dochodzą i do oka naszego. Te niezmiernie małe cząstki białka kurzego, niedostrzegalne zwykłym mikroskopem, — można jednak obserwować zapomocą tak zw. ultramikroskopu. A zatem i roztwór białka, pomimo swej przezroczystości, jest także niejednorodny fizycznie, przedstawia również zawiesinę subtelną, zawiesinę ultramikroskopową.

Wreszcie poddamy analogicznym próbom optycznym wodny roztwór jakiegokolwiek substancji krystalicznej, dajmy na to soli kuchennej lub też cukru trzcinowego. Nie bacząc na to, że roztwór ten przedstawia również mieszaninę dwu różnych substancyj, wody i soli lub wody i cukru, — ani zapomocą mikroskopu ani też ultramikroskopu nie będziemy w stanie wykryć w nim śladów niejednorodności fizycznej. Aczkolwiek przeto chemicznie niejednorodny, przedstawia się on pod względem fizycznym jako substancja zupełnie jednorodna — substancja optycznie próżna.

Zastanawiając się nad tem, co powodowało ową rozmaitość stopni niejednorodności fizycznej rozpatrywanych mieszanin ciekłych, dochodzimy mimowoli do wniosku, że jedynie tylko stopień rozdrobnienia, rozpylenia, czyli stopień dyspersyi substancji zawieszanej. Gotem okiem możemy rozróżniać ziarna i krople, których średnica wynosi przynajmniej 0,01 *mm*. Zatem w zawiesinach makroskopowych średnica tworzących je kropeł nie może być mniejsza od 0,01 *mm*. W zawiesinach mikroskopowych, zwanych powszechnie suspensjami oraz

emulsyami, średnica ziarn i kropeł jest większa od 0,1 μ . W zawiesinach ultramikroskopowych czyli pseudoroztworach, do których zaliczają się tak zw. roztwory koloidalne, średnica ziarn i kropeł jest zawarta w szczytych granicach od 0,1 μ do 1,0 $\mu\mu$. Wreszcie w roztworach właściwych, mieszaninach amikroskopowych, wielkość ziarn substancyj rozpuszczonych odpowiada wymiarom cząsteczkowym, t. j. leży w granicach od 1,0 $\mu\mu$ do 0,1 $\mu\mu$.

A zatem od gruboziarnistych zawiesin i emulsyj do fizycznie jednorodnych roztworów właściwych istnieje przejście ciągłe, nieprzerwane. Ogniwo zaś łączne tych dwu rodzajów mieszanin stanowią roztwory koloidalne, przedstawiające otwory dyspersyjne, niejednorodne.

Tak zapatrują się na istotę koloidów, a właściwie roztworów koloidalnych, współcześni badacze. Graham był w tym względzie odmiennego zdania. Przypuszczał bowiem, że koloidy charakteryzują się osobliwszą budową cząsteczkową, wyróżniającą je znamienne od substancyj krystalicznych. W przypuszczeniu tem utwierdzały go fakty, że z pośród znanych naówczas substancyj chemicznych

jedne występowały przeważnie tylko w postaci krystalicznej,—inne natomiast prawie wyłącznie w postaci koloidalnej. Stąd też Graham mówi o dwu różnych światach materji — o świecie krystaloidów i o świecie koloidów.

Późniejsze wszakże badania wykazały, że nawet najbardziej typowe koloidy, w rodzaju białka jaj kurzych, dają się otrzymać w stanie krystalicznym, — a z drugiej strony większość substancyj krystalicznych można przeprowadzić w stan roztworów koloidalnych. Koloidy przeto i krystaloidy nie mogą tworzyć różnych typów materji, lecz tylko różne jej postaci, odmienne stany, odrębne fazy,—podobnie jak lód i para przedstawiają różne fazy wody.

Podział materji na krystaloidy i na koloidy jest zatem błędny: istnieją tylko stany koloidalne i stany krystaliczne materji.

Jeśli roztwory koloidalne przedstawiają tylko zawiesiny ultramikroskopowe, układy niejednorodne w stanie daleko posuniętego rozdrobnienia,—to, podobnie jak zwykle suspensye i emulsye, zastosowaniem środków czysto mechanicznych win-

ny się dać rozdzielić na swe części składowe, na czysty rozpuszczalnik oraz zawieszoną w nim substancję koloidalną.

Z suspensyj i emulsyj tak makro— jak mikroskopowych możemy wydzielić substancję rozpyloną zapomocą prostego sączenia przez zwykłą bibulę. Przez tak rzadkie sito, jakie przedstawiają różne gatunki bibuły, koloidy wprawdzie swobodnie przenikają, lecz, jak to wykazał Bechhold oraz inni badacze, zostają one częściowo zatrzymywane przez błony wytworzone z żelatyny i kolodium. Tą drogą t. zw. ultrafiltracyi udało się Bechholdowi oddzielić koloidy od krystaloidów, oddzielić jedne koloidy od drugich, wreszcie oznaczyć nawet średnią wielkość cząstek, występujących w różnych zawiesinach koloidalnych. Zjawiska przeto ultrafiltracyi stanowią bezpośredni dowód oczywisty niejednorodności roztworów koloidalnych.

Do tych samych wyników prowadzi pośrednio rozważanie wpływu stężenia roztworów koloidalnych na cały szereg ich własności fizycznych. Wiadomo każdemu, że tylko substancje chemicznie jednorodne, jak np. czysta woda, czysty kwas octowy lub czysta rtęć, wykazują

stałe, niezmiennie temperatury krzepnięcia, identyczne z ich temperaturami topnienia, jak również stałe temperatury wrzenia. Jeśli wszakże rozpuścimy w wodzie jakąkolwiek substancję krystaliczną, to temperatura jej krzepnięcia zostanie przez to obniżona, temperatura zaś wrzenia podwyższona, przyczem wielkość zmiany obu tych temperatur będzie wprost proporcjonalna do ilości rozpuszczonego krystaloidu. Jeżeli jednak dodamy do wody substancji, która się w niej całkowicie nie rozpuszcza, np: piasku lub gliny, to obecność w wodzie takiej substancji nie wywrze żadnego wpływu ani na jej temperaturę krzepnięcia, ani też na temperaturę wrzenia. Otóż roztwory koloidalne zachowują się w taki sposób jak czyste ciecze,—wodne roztwory koloidów wykazują temperaturę krzepnięcia i wrzenia czystej wody, roztwory benzolowe — czystego benzolu. A zatem układy te nie przedstawiają właściwych roztworów, czyli mieszanin cząsteczkowych, lecz tylko pseudoroztwory, zawiesiny ultramikroskopowe. Wprawdzie dla wielu wodnych roztworów koloidalnych obserwowano nieco niższe temperatury krzepnięcia, niżli dla czystej

wody, jednakże owe obniżenia temperatury zamarzania wody nie wzrastały proporcjonalnie do stężenia roztworu, były przeto powodowane częściowem przejściem fazy koloidalnej w stan właściwego roztworu.

Stanąwszy na punkcie widzenia, że koloidy przedstawiają tylko pewne szczególne stany materji, mianowicie stany daleko posuniętego jej rozdrobnienia, jednem słowem układy dyspersyjne,— należy z powyższego założenia wysnuć odpowiednie konsekwencye i sprawdzić, o ile one odpowiadają rzeczywistości.

Spróbujmy uczynić to częściowo.

Jeśli koloidy przedstawiają tylko osobliwsze stany materji, to w takim razie każdy rodzaj materji, zatem każdy pierwiastek, jak niemniej każdy związek chemiczny winien się dać przeprowadzić w stan koloidalny. Cel ten powinniśmy osiągnąć dwoma przeciwnymi sobie sposobami, mianowicie albo kondensacją układów jeszcze bardziej rozdrobnionych, lub też dalej idącym rozdrobnieniem, rozpyleniem układów gruboziarnistych.



W rzeczy samej wszystkie dotychczas stosowane sposoby otrzymywania koloidów dają się podzielić według The Svedberga (1907), znakomitego szwedzkiego badacza tych utworów, na metody kondensacyjne oraz metody dyspersyjne.

Najdawniej praktykowanymi, a tem samem najdokładniej opracowanymi i różnicowanymi są metody kondensacyjne. Istota ich polega na tem, że wychodzi się z układów bardziej rozdrobnionych, jakimi są roztwory elektrolitów oraz nieelektrolitów, zatem z układów cząsteczkowo - dyspersyjnych lub jonowo - dyspersyjnych, — i zapomocą odpowiednich reakcyj chemicznych wywołuje w owych układach częściową kondensację rozpuszczonych cząsteczek lub jonów na większe skupienia, na agregaty ultramikroskopowe.

Tego rodzaju agregacja daje się wywołać w roztworach różnemi sposobami, przeważnie jednak posiłkują się w tym celu reakcjami odtleniania czyli redukcji, dalej reakcjami utleniania oraz reakcjami hydrolizy.

Reakcje redukcji stosują się głównie celem otrzymania koloidalnych roztworów metali szlachetnych. Ich mechanizm

sprowadza się do odebrania jonom danego metalu ich ładunku elektrycznego, skutkiem czego elektrycznie obojętne atomy owych metali łączą się ze sobą na większe skupienia, na agregaty ultramikroskopowe. Sam zaś proces redukcji dokonywa się bądź działaniem wodoru elementarnego, bądź też działaniem stosownych związków organicznych, np. działaniem alkoholów, zwłaszcza wielowartościowych, działaniem aldehydów, węglowodanów, fenolów, olejków eterycznych, hydrazyny i t. p. połączeń, przenoszących ładunek jonów metalicznych na wodór wody.

Pierwsze nieświadome zastosowania tej metody redukcyjnej sięgają już czasów alchemii. Mianowicie t. zw. „aurum potable“ alchemików, otrzymywane przez redukcję wodnych roztworów złota za pomocą olejków eterycznych, przedstawiało właśnie koloidalny roztwór tego metalu, było przeto pierwszym sztucznie otrzymanym koloidem. Nieco później, na schyłku osiemnastego stulecia, pewna angielska, p. Fulhame (1794), ogłosiła niezwykle oryginalne i wyczerpujące studium nad zjawiskami redukcji wodnych roztworów soli metalicznych, działaniem

wodoru elementarnego oraz eterowych roztworów fosforu ¹⁾. W studyum tem, między innymi ciekawymi spostrzeżeniami podaje ona sposoby otrzymywania koloidalnych roztworów złota, srebra, platyny i rtęci na powierzchni tkanin jedwabnych, skutkiem czego te ostatnie przyjmują piękne zabarwienia.

Metodą redukcji otrzymują się dzisiaj w stanie roztworów koloidalnych wszystkie metale szlachetne. Jaką zaś rozmaitość barw i odcieni można osiągnąć dla roztworów koloidalnych tegoż samego metalu, tego najlepszym przykładem i ilustracją niechaj będą te oto roztwory złota koloidalnego, otrzymane działaniem redukcyjnym fosforu, formaliny oraz hydrazyny. Roztwory te wykazują całą skalę barw widma słonecznego, od najciemniejszej purpury, przez czerwień coraz słabszych odcieni, do złotawej żółtości, zielonkawego błękitu, a wreszcie coraz to ciemniejszego fioletu. Najprzezro-

¹⁾ M-rs Fulhame, *Essay on Combustion, with a View to a New Art of Dying and Painting*, 1794; *Versuch über die Wiederherstellung der Metalle durch Wasserstoffgas, Phosphor, Schwefel etc.* Uebers. v. Lentin. Getynga, 1798.

czystsze, bez śladów opalescency, są roztwory purpurowe, roztwory koloru ciemno-wiśniowego, otrzymane przez redukcję chlorku złota zapomocą fosforu, czyli w zasadzie metodą pani Fulhame. Nawet zapomocą ultramikroskopu w roztworach tych nie widzimy oddzielnych cząstek złota. Ich niejednorodność fizyczna objawia się zaledwie tylko słabem rozjaśnieniem pola widzenia, smugą światła rozproszonego, oznajmiającą, podobnie jak droga mleczna występująca na firmamencie niebieskim, istnienie milionów indywidualów oddzielnych, z których tylko nieliczne dają się rozróżnić zapomocą ultramikroskopu, jak tam zapomocą teleskopów najsilniejszych.

Metoda redukcji soli złota roztworami fosforu elementarnego nietylko że pozwala otrzymać najbardziej jednorodne roztwory koloidalne tego metalu, ale jest również najpewniejszą i najdogodniejszą w użyciu, jak się o tem naocznie przekonąć możemy.

W tej oto zlewce ze szkła jenajskiego przygotowałem zawczasu rozcieńczony roztwór chlorku złota (1 g Au w postaci

NaAuCl₄, na 25 litrów wody) ¹⁾, zobojętniony roztworem węglańu potasowego. Jeśli do tego roztworu chlorku złota będą dodawał kroplami roztworu fosforu w eterze, to niebawem wystąpi lekkie poczerwienienie naszej cieczy, skutkiem poczynającego się wydzielać złota metalicznego. Fosfór działa jednakże bardzo powoli odtleniająco, więc żeby osiągnąć purpurowe zabarwienie pomienionego roztworu, trzebaby stracić na to kilkanaście minut czasu. Mogę jednak ów proces kondensacyi atomów złota znacznie przyspieszyć przez dodanie odczynnika silniej i szybciej redukującego. W tym celu dolewam kilka kropel rozcieńczonego handlowego roztworu formaliny i oto ciecz ponsowieje prawie natychmiastowo.

Niemniej efektownie przebiega proces redukcji roztworów chlorku złota rozcieńczonym roztworem chlorowodoru fenylhydrazyny. Jak widzimy, w miarę powolnego dolewania kroplami coraz to

¹⁾ Ażeby doświadczenia te się udały, należy wykonywać je w naczyniach ze szkła jenajskiego, przyczem użyta do doświadczeń woda winna być świeżo przedestylowana z zastosowaniem chłodnicy srebrnej, a w braku takiej—cynowej.

większych ilości fenylohydrazyny, — koloidalny roztwór złota przyjmuje coraz to inne zabarwienie, — od różowego, poprzez purpurowe, do fioletowawego, a wreszcie brudno błękitnego.

Lecz przejdźmy do innych metod kondensacyjnych.

Metody oksydacyjne pominiemy milczeniem, jako dające się stosować w pewnych tylko szczególnych przypadkach, zatrzymamy się za to nieco dłużej nad metodą hydrolizy.

Metoda ta polega na rozkładowym działaniu, jakie wywiera woda na sole słabych kwasów, albo też słabych zasad. Będąc sama niezmiernie słabym kwasem, a jednocześnie i zasadą, skutkiem przeważającej swej masy, odbiera owym solom ich silną zasadę, albo silny kwas. Skutkiem tego zostają wydzielone w stanie wolnym, niezdysocjowanym, pominięte słabe kwasy lub zasady. Jeśli przytem są one trudno rozpuszczalne w wodzie, a nadto wykazują tendencję do polimeryzacji, — to wolne ich cząsteczki, łącząc się ze sobą na coraz to większe skupienia, występują ostatecznie w postaci roztworów koloidalnych, lub

osadów galaretowatych,—zatem również koloidalnych.

Tą drogą rozkładu hydrolitycznego soli otrzymano między innymi roztwory koloidalne tlenków bizmutu, ołowiu, cyny, chromu, glinu, żelaza, krzemu i innych. W tej oto flaszy mamy przed sobą koloidalny roztwór tlenku glinu przygotowany drogą hydrolizy octanu glinowego.

Jak wiadomo, przeważna masa skorupy ziemskiej składa się z różnych wielokrzemianów, glinokrzemianów oraz glinianów. Że zaś kwas krzemowy jest niezmiernie słabym kwasem, a wodorotlenek glinowy równie słabą zasadą,—więc też sole obu tych związków bywają przez wodę częściowo rozkładane na wolny kwas krzemowy i na wodorotlenek glinowy, wydzielające się bardzo często w postaci koloidalnej, już to zolów—czyli roztworów, już też żelów—czyli galaret. Te zjawiska hydrolizy zachodzą bezustannie w przyrodzie na olbrzymią skalę, podczas wietszenia skał, jak również w glebie, jednym z produktów tego wietszenia.

W ostatnich czasach Weimarn podał następującą ogólną teorię kondensacyjnych metod otrzymywania roztworów

koloidalnych. Wiadomo, że każdy roztwór koloidalny, nawet najstaranniej przygotowany, po dłuższym lub krótszym przeciągu czasu ulega koagulacji, skutkiem której zawieszona w nim faza dyspersyjna wydziela się w postaci osadu mniej lub bardziej gruboziarnistego. Stąd wynika, że procesy kondensacji substancji rozpuszczonych składają się właściwie z dwu odrębnych procesów;—z właściwej kondensacji, polegającej na łączeniu się cząsteczek rozpuszczonych na agregaty ultramikroskopowe, oraz następującego po nim procesu agregacji owych cząstek ultramikroskopowych na skupienia mikro- lub makroskopowe. Podczas każdej reakcji osadowej, wywoływanej w roztworach jonowo-dyspersyjnych lub cząsteczkowo - dyspersyjnych, zachodzą jednocześnie oba pomienione procesy. Zazwyczaj jednak pierwszy z nich przebiega bardzo powoli, gdy tymczasem szybkość drugiego jest stosunkowo bardzo wielka,—to też substancja rozpuszczona, kondensuje się, występuje odrazu w postaci mniej lub bardziej gruboziarnistej. Chcąc otrzymać daną substancję w postaci roztworu koloidalnego, czyli zawiesiny cząstek ultramikroskopowych,

należy szybkość właściwego procesu kondensacji uczynić bardzo wielką, szybkość zaś wtórnego procesu agregacji możliwie znikomą.

Właściwy proces kondensacji przebiega pomiędzy cząsteczkami—molekułami, i dochodzi do skutku drogą wzajemnych ich zderzeń. A zatem, podobnie jak zwykle reakcje chemiczne, podlega on prawom cinetyki chemicznej i jest zależny od całego szeregu czynników fizycznych. Przedewszystkiem zaś szybkość jego zależy od stężenia początkowego fazy dyspersyjnej oraz od rozpuszczalności tej fazy w ośrodku dyspersyjnym. A mianowicie jest ona wprost proporcjonalna do różnicy tych dwu wielkości, różnicy zwanej względnem przesyceniem lub prężnością kondensacyjną, oraz odwrotnie proporcjonalna do rozpuszczalności ziarn wydzielającej się substancji, rozpuszczalności zwanej oporem kondensacyjnym.

Zasadniczym przeto czynnikiem, warunkującym otrzymanie danej substancji, drogą reakcyj osadowych, w postaci koloidalnej—jest wielkość oporu kondensacyjnego mianowicie możliwie mała rozpuszczalność ziarn owej substancji w da-

nym ośrodku dyspersyjnym. Gdy warunek ten został zachowany, wówczas zależnie od prężności kondensacyjnej, czyli, mniejszego lub większego przesylenia względnego fazy dyspersyjnej,—wystąpi ona już to w postaci roztworu koloidalnego, już też w postaci żelu, czyli zawiesiny galaretowatej.

Ilustracją powyższego jest następujące doświadczenie: Jeśli przez nasycony roztwór etylanu sodu (C_2H_5ONa) w alkoholu amyłowym przepuścimy silny strumień suchego chlorowodoru, to roztwór ten zamieni się niebawem na stałą przeświecającą galaretę soli kuchennej. Powtarzając toż samo doświadczenie, tylko z rozcieńczonym roztworem etylanu sodu w alkoholu amyłowym, — otrzymamy bezbarwny koloidalny roztwór chlorku sodu. Stosując zaś jako ośrodki dyspersyjne rozpuszczalniki, w których chlorek sodu jest względnie łatwo rozpuszczalny, otrzymamy tylko mniej lub więcej gruboziarniste zawiesiny lub osady tej soli.

Szybkość przebiegu drugiego stadium procesów kondensacyjnych, polegającego na agregacji cząstek ultramikroskopowych na skupienia mikro- i makroskopowe, — jest wprost proporcjonalna do

stałej dyfuzji oraz do przesylenia względnego fazy dyspersyjnej. Od szybkości tego procesu zależy przede wszystkim trwałość roztworów koloidalnych. Zmniejszając stałą dyfuzji drogą zwiększenia tarcia wewnętrznego (lepkości) rozpuszczalnika, możemy uczynić roztwory koloidalne trwalszemi. Istotnie też doświadczenie wykazuje, że dodatek do wody tak zw. koloidów ochronnych, w rodzaju żelatyny lub agar-agaru, zwiększających niepomiarowo tarcie wewnętrzne tego rozpuszczalnika, — umożliwia tem samem otrzymanie w nim wielu substancyj w stanie zawiesin ultramikroskopowych.

Według powyższej teorii Weimarna, metoda wytwarzania osadów nierozpuszczalnych w ośrodkach ciekłych przedstawia prototyp wszystkich metod kondensacyjnych. Zarazem przedstawia ona najogólniejszą i najwydatniejszą metodę otrzymywania roztworów koloidalnych. Stosując ją bowiem konsekwentnie od lat kilku, Weimarn otrzymał w stanie roztworów koloidalnych, już też w stanie galaret koloidalnych, — przeszło dwieście najpospolitszych soli mineralnych.

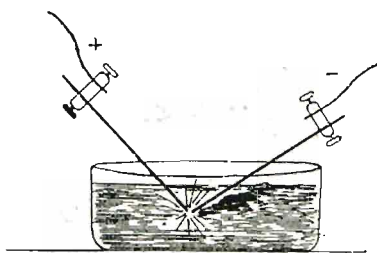
Na tem zakończymy przegląd metod kondensacyjnych. A teraz jeszcze słów kilka poświęcimy metodom dyspersyjnym. Svedberg dzieli te metody na chemiczne i elektryczne. Istota metod chemicznych polega na tem, że daną substancję stałą, w stanie możliwie dokładnego rozdrobnienia mechanicznego, poddaje się trawiącemu działaniu rozcieńczonych roztworów kwasów, zasad lub soli, a następnie łąguje się ją czystą wodą. Pod działaniem pomienionych chemikalij spojenia cząstek substancyi trawionej zostają tak dalece rozluźnione, że w zetknięciu z czystą wodą rozprasza się ona w niej w postaci roztworu koloidalnego. Z tego rodzaju procesami peptyzacyi spotykamy się na każdym kroku w pracowniach chemicznych, zwłaszcza w analizie wagowej, mianowicie podczas strącania soli i następnego przemywania otrzymanych osadów wodą.

Metody elektryczne sprowadzają się do rozpylenia materiału katody w łuku Volty lub też w iskrze elektrycznej, wytworzonej bądź przez prądy stałe, bądź zmienne, w jakiegokolwiek cieczy obojętnej, najczęściej w wodzie. Stąd też metody te bywają stosowane prawie wy-

łącznie do otrzymywania koloidalnych roztworów metali. Próbki otrzymanych tą drogą roztworów koloidalnych widzimy w tych oto flakonach, z których jeden zawiera brunatny roztwór koloidalnej platyny, drugi zaś oliwkowy roztwór koloidalnego srebra.

Z rozpatrywanych dotychczas metod otrzymywania roztworów koloidalnych, metoda elektrycznego rozpylania metali stanowi najprostszą; pomimo tego jednak, jak to często bywa na świecie, została ona wynaleziona dopiero w r. 1898 przez d-ra Brediga w pracowni lipskiej prof. Ostwalda. Później metodę tę znakomicie wydoskonalił i ulepszył, wspominany już kilkakrotnie chemik szwedzki The Svedberg.

Postępowanie prof. Brediga jest tak proste i łatwe w użyciu, że daje się od ręcznie zademonstrować. W tym celu połączyłem uprzednio z przewodnikami prądu centralnej stacyi elektrycznej, te oto dwa grube druty platynowe. Obecnie zanurzam je w świeżo przedestylowanej wodzie stykam na chwilę ze sobą i natychmiast rozdzielam. Skutkiem tego powstaje pomiędzy zbliżonemi do siebie końcami drutów niewielki łuk Volty,



(Fig. 1).

a jednocześnie z katody, czyli bieguna odjemnego, poczynają wydzielać się ciemne obłoczki pyłu platynowego tak drobnego, że pomimo wielkiej gęstości platyny, pozostają w zawieszeniu przez przeciąg całych lat, tworząc istotne roztwory koloidalne.

Pomienionemi metodami otrzymano dotychczas w stanie koloidalnym przeszło 50 pierwiastków chemicznych, zatem, nie licząc gazowych, prawie wszystkie pierwiastki stałe, dostępnejsze badaniom. Dalej temiż samemi metodami zdołano przeprowadzić w stan roztworów koloidalnych całe setki przeróżnych związków chemicznych, tak organicznych jak i mineralnych. Wspominaliśmy już, że sam Weimarn otrzymał w ciągu ostatnich lat

kilku, zapomocą metody osadowej, roztwory koloidalne przeszło dwustu soli kwasów nieorganicznych.

Jednem słowem, nie ulega dziś najmniejszej wątpliwości, że każdą substancję, zarówno stałą jak ciekłą, można przeprowadzić stosownemi sposobami w stan koloidalny. A zatem z wielką pewnością możemy twierdzić, że stan koloidalny jest niemniej powszechnym i ogólnym stanem materji, jak stan gazowy, ciekły i stały, jak stany rozpuszczenia.

Na czem więc polegają szczególne cechy owego stanu koloidalnego?

Wiemy już, że stany koloidalne są to stany dyspersyjne, stany daleko posuniętego rozdrobnienia materji. Ze wzrastającym zaś rozdrobnieniem materji ulegają stopniowej zmianie wszystkie jej własności gatunkowe. Przedewszystkiem wraz z malejącą wielkością ziarn wzrasta niepomierne stosunek ich powierzchni do objętości. By uwidocznic jak szybko wzrost ten następuje, weźmy dla przykładu sześcian o krawędzi równej 1 *cm*, i w myśli dzielimy go na coraz to mniejsze sześciany, lecz stale w ten sposób, by krawędzi każdej nowej seryi sze-

ścianów były 10 razy krótsze od krawędzi sześciątów seryi poprzedniej. Na tej oto tablicy znajdujemy wypisaną na przód długość krawędzi poszczególnych seryj sześciątów, a w kolumnach następnych liczbę owych sześciątów w jednym centymetrze sześciennym, wielkość powierzchni całkowitej tych sześciątów, wreszcie stosunek tej powierzchni całkowitej do objętości owych sześciątów, czyli wielkość ich powierzchni gatunkowej.

Długość krawędzi	liczba sześciątów	ich powierzchnia całkowita	ich powierzchnia gatunkowa
1 <i>cm</i>	1	6 <i>cm</i> ²	6.
0,1 „	10 ³	60 „	6. 10
0,01 „	10 ⁶	600 „	6. 10 ²
1 μ	10 ⁹	6000 „	6. 10 ³
0,1 „	10 ¹²	6 <i>m</i> ²	6. 10 ⁴
0,01 „	10 ¹⁵	60 „	6. 10 ⁵
1 $\mu\mu$	10 ¹⁸	600 „	6. 10 ⁶
0,1 „	10 ²¹	6000 „	6. 10 ⁷
0,01 „	10 ²⁴	6 <i>km</i>	6. 10 ⁸

Porównywając dane liczbowe tej tablicy z tem, cośmy uprzednio powiedzieli o wymiarach cząstek koloidów w roztworach, mianowicie, że średnica owych cząstek leży w granicach od 0,1 μ . do 1 μ . widzimy, że np. powierzchnia całkowita 19 gramów złota w stanie roztworu koloidalnego wynosiłaby od 6 do 600 metrów kwadratowych.

C. wt. Au = 19.

Owe olbrzymie „powierzchnie gatunkowe“ koloidów, pod którą to nazwą rozumiemy stosunek powierzchni do objętości, warunkują cały szereg własności i cech charakteryzujących te układy.

Wiadomo ogólnie, że powierzchnie ciał stałych zagęszczają na sobie różne substancje gazowe, tak np. powierzchnia ciał stałych, stykających się z powietrzem, jest stale pokryta cieniutką warstewką wody. Również znany jest fakt, że ciała stałe, pogrążone w roztworach krystaloidów, zagęszczają na swej powierzchni, czyli absorbują, owe substancje rozpuszczone. Otóż koloidy wykazują owe zdolności absorpcyjne w stopniu nieporównanie silniejszym, aniżeli ciała stałe, nawet najdrobniej sproszkowane. Następujące proste doświadcze-

nie uwidoczni najlepiej tę właściwość koloidów.

W tych oto trzech cylindrach szklanych widzimy niebieski roztwór lakmu-su. Jeśli do jednego z tych cylindrów dodamy porcję galaretowatego wodorotlenku glinowego, do drugiego takąż porcję świeżo przygotowanego krystalicznego osadu siarczanu baru i zawartość obu pomienionych cylindrów silnie skłócimy, to po odstaniu się tych na razie mętnych zawiesin zauważymy, że woda w pierwszym cylindrze odbarwi się prawie całkowicie, tymczasem zabarwienie roztworu w drugim cylindrze zaledwie cokolwiek osłabnie.

Ta to zdolność absorpcyjna koloidów ma doniosłe znaczenie w wielu działach techniki, zwłaszcza w farbierstwie oraz w rolnictwie. Barwienie bowiem tkanin polega w większości przypadków na absorpcyi barwnika przez koloidalną materię włókien. Również i właściwość gleby zatrzymywania i pochłaniania różnych soli mineralnych z ich roztworów wodnych jest w przeważnej części warunkowana obecnością w glebie substancyj koloidalnych.

Substancje porowate, włókniste, rozdrobnione — zatem posiadające silnie rozwiniętą powierzchnię, wykazują jeszcze inną niemniej ciekawą i pod wieloma względami doniosłą właściwość katalitycznego przyśpieszania tempa przemian chemicznych. Każdemu znane jest tak zw. krzesiwo Doebereinera, polegające na tem, że strumień wodoru skierowuje się na gąbkę platynową, która, zagęszczając na swej powierzchni ów wodór jednocześnie z tlenem pobieranym z powietrza, tak gwałtownie przyśpiesza zjawisko wzajemnego łączenia się tych gazów, że wodór niebawem zapala się płomieniem. Nie posiadając krzesiwa Doebereinera, wykonam inne jeszcze prostsze doświadczenia, równie dobrze ilustrujące ową właściwość platyny przyśpieszania sprawy utleniania.

W tym celu rozżarzamy do czerwoności w płomieniu palnika Bunsenowskiego zwykły tygiel platynowy. Następnie zamykamy na chwilę kurek doprowadzający gaz i ponownie go otwieramy. Tygiel platynowy, który w trakcie tego przestał się już żarzyć, znów się rozżarza w strumieniu zimnego gazu świetlne-

go, i to do tego, stopnia, że po pewnym czasie gaz sam się zapala.

Otóż tę właściwość katalitycznego przyspieszania tempa reakcyj chemicznych, substancje koloidalne wykazują w stopniu bardzo wybitnym. I tak platyna, przyspieszająca w krzysiwie Doebereinera sprawę łączenia się wodoru z tlenem, czyni toż samo i w roztworach koloidalnych, jak to okazuje następujące doświadczenie.

W tej oto biurecie połączonej z rezerwoarem rtęciowym zamknęliśmy nad rtęcią mieszaninę piorunującą wodoru z tlenem wraz z kilkunastoma centymetrami sześciennymi koloidalnego roztworu platyny. W nieobecności platyny tlen działa na wodór tak powoli, że nawet po upływie lat kilkunastu nie zauważylibyśmy zmniejszenia się objętości pomienionej mieszaniny gazowej. W zetknięciu z koloidalnym roztworem platyny, proces spalania się wodoru przebiega nieporównanie prędzej, jednak powolność dyfuzji mieszaniny piorunującej do roztworu hamuje go tak dalece, że na widoczne zmniejszenie się objętości należy czekać kilka godzin. Wystarczy wszakże w ciągu kilkunastu sekund wstrząsać roztwór



(Fig. 2).

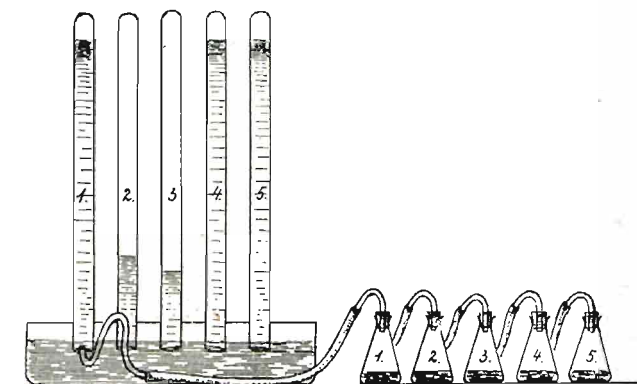
platyny z mieszaniną piorunującą, by zmniejszenie objętości gazu stało się od razu widocznem.

W organizmach roślinnych oraz zwierzęcych przebiega bardzo szybko w niskich temperaturach całe mnóstwo przeróżnych procesów chemicznych, które na zewnątrz owych organizmów, np. w warunkach laboratoryjnych, albo całkiem iść nie chcą, lub też zachodzą z widoczną szybkością dopiero w temperaturach

nieporównanie wyższych. Dawniej próbowano tłumaczyć tę osobliwość chemizmu organizmów żywych przejawami tak zw. siły życiowej; dziś przypisują ją katalitycznemu działaniu przeróżnych fermentów, enzymów, związków organicznych zawilej budowy chemicznej.

Nas tu interesuje przede wszystkim fakt, że owe przeróżne enzymy posiadają strukturę koloidalną i że ta struktura koloidalna warunkuje w znacznej mierze ich zdolność zmieniania tempa przebiegu spraw chemicznych. Znacomity odkrywca ozonu, Schönbein, stwierdził już w pierwszej połowie ubiegłego stulecia, fakt znamieny, że najróżnorodniejsze substancje koloidalne, tak uorganizowane, jak organiczne i mineralne, przyśpieszają albo opóźniają tempo przebiegu tychże samych reakcyj chemicznych.

Osobliwszą tę właściwość koloidów możemy z łatwością okazać na przykładzie katalitycznego rozkładu dwutlenku wodoru. W tym celu wlewamy do tych oto pięciu kolbek erlenmeyerowskich jednakowe objętości roztworu dwutlenku wodoru tegoż samego stężenia. Następnie do drugiej z kolei kolbki dodajemy kilka centymetrów sześciennych koloidal-



(Fig. 3).

nego roztworu platyny, do trzeciej nieco rozcieńczonej zawiesiny zwykłych drożdży piwnych w wodzie, do czwartej znów roztworu platyny oraz kilka kropeł bardzo rozcieńczonego roztworu kwasu pruskiego, wreszcie do piątej drożdży piwnych oraz kwasu pruskiego. Napelnivszy w ten sposób wszystkie kolbki, zamykamy je szybko korkami gumowymi, a końce rurek, przechodzących przez owe korki, podstawiamy pod rurki eudyometryczne, wypełnione wodą i umieszczone w waniencie szklanej, również napelnionej wodą. Po dokonaniu tych wszyst-

kich manipulacyj zauważymy niebawem, że drugi i trzeci z eudyometrów poczyna się szybko napełniać tlenem, powstałym skutkiem katalitycznego rozkładu dwutlenku wodoru, wywołanego w pierwszej kolbie obecnością platyny koloidalnej, w drugiej zaś kolbie obecnością enzymu zawartego w drożdżach. Ale w eudyometrach pierwszym, czwartym i piątym pęcherzyki tlenu pojawiają się bardzo powoli i w małej ilości. W przypadku eudyometru pierwszego tłumaczy się to tem, że zawarty w kolbce czysty roztwór dwutlenku wodoru rozkłada się samorzutnie na tlen i wodę, lecz bardzo powoli. Co zaś dotyczy eudyometrów czwartego i piątego, to aczkolwiek połączone z niemi kolbki zawierają jedna platynę koloidalną, druga zaś drożdże, znakomicie przyśpieszające rozkład perhydrolu, to jednak, skutkiem dodatku śladów kwasu pruskiego, owe katalizatory zostały „zatrute“. Po upływie nieco dłuższego przeciągu czasu ślady kwasu pruskiego zostaną utlenione tlenem perhydrolu, a wówczas zarówno platyna koloidalna jak i enzymy drożdży odzyszczą uprzednią swą zdolność katalicznego przyśpieszenia rozkładu dwutlenku.

Z doświadczeń tych widzimy, że koloidalna platyna, podobnie jak koloidalne enzymy drożdży, przyśpiesza katalitycznie samorzutny rozkład dwutlenku wodoru, a nadto, podobnie jak drożdże, daje się zatruć śladami kwasu pruskiego, tej tak zabójczej trucizny dla wszelkich organizmów żywych.

Analogia pomiędzy zachowaniem się platyny a drożdży jest zupełna,—do tego stopnia ludzą, że skłoniła swego czasu Schönbeina do uznania katalitycznego rozkładu dwutlenku wodoru za „pierwotny wzór fermentacji“, a później Brediga do ochrzczenia koloidalnych roztworów metali mianem „fermentów metalicznych“ ¹⁾.

Powyższe przykłady bynajmniej nie wyczerpują całego bogactwa osobliwych cech koloidów, zależnych bezpośrednio od ich niepomiarnej rozwiniętej powierzchni gatunkowej. Już na wstępie wspomnieliśmy, że do najbardziej znamienitych własności koloidów należy ich zdolność ścinania się pod wpływem

¹⁾ Patrz Bredig, *Anorganische Fermente*, Lipsk, 1901.

różnych czynników natury tak fizycznej jak i chemicznej. Wiadomo, że prócz koloidów analogiczne zachowanie wykazują również zawiesiny makro- i mikroskopowe substancyj stałych w cieczach; wiadomo, że np. taka zawiesina zwykłej gliny w wodzie zsiada się oraz sklaruje nieporównanie szybciej, jeśli dodamy do niej roztworu jakiegokolwiek soli, lub wogóle roztworu jakiegobądź elektrolitu. Pod wpływem tych elektrolitów drobniutkie cząstki gliny łączą się ze sobą na większe ziarna, które też szybciej opadają. Podobnie rzecz się ma i z roztworami koloidalnymi. Zmiany ich stanów, znane pod nazwą zjawisk galarecienia i ścinania się, polegają na zmniejszaniu się stopnia dyspersyi cząstek zawieszonych, na zbijaniu się owych cząstek ultramikroskopowych na skupienia większe, jak to niedawno wykazał Zsigmondy drogą bezpośrednich obserwacyj ultramikroskopowych.

Różne wszakże substancje koloidalne zachowują się względem jednych i tych samych czynników fizycznych i chemicznych w sposób całkiem odmienny. Na przykład jedne roztwory koloidalne ściągają się z łatwością już skutkiem nie-

znacznych podwyższeń ich temperatury, inne natomiast znoszą ogrzanie nawet do względnie wysokich temperatur. Jedne koloidy ścinają się pod wpływem minimalnych ilości elektrolitów, inne tylko galarecieją, a jeszcze inne nie zmieniają się nawet pod wpływem znacznych dawek soli. Wszystkich tych różnic zachowania się roztworów koloidalnych nie tłumaczy teoria dyspersyjna. Nie tłumaczy jednak tylko z tego względu, że narazie pominęliśmy milczeniem kwestyę stanu skupienia cząstek koloidu rozsianych w ciekłej masie rozpuszczalnika.

Wypełnijmy jednak tę lukę naszych wywodów teoretycznych.

Z góry przewidzieć można, że cząstki koloidu, czyli fazy dyspersyjnej, mogą być albo gazowe, albo też ciekłe lub stałe. Ze swej strony i środowisko, w którym owe cząstki są zawieszone, czyli ogólnie mówiąc, środowisko dyspersyjne, można sobie przedstawić również gazowym, ciekle lub stałym. Z tych sześciu możliwości daje się utworzyć 9 kombinacyj dwójkowych, z których przedewszystkiem trzy bliżej nas obchodzą, a mianowicie:

faza dyspers.	środoowisko dyspers.	utwór kol.
gazowa	ciekle	piana
ciekła	ciekle	emulsoidy
stała	ciekle	suspensoidy

Zatem, nie uwzględniając piany, roztwory koloidalne możemy podzielić przede wszystkim na dwie grupy: na suspensoidy oraz na emulsoidy.

Typowemi przedstawicielami pierwszych są demonstrowane poprzednio roztwory koloidalne złota, srebra i platyny, przedstawicielami zaś drugich, znane każdemu roztwory białka lub żelatyny.

Suspensoidy wykazują wogóle wielkie podobieństwo do grubych zawiesin ciał stałych w cieczach, czyli do tak zw. suspensyj, na co zresztą zwrócił uwagę Benjamin Richter, już w początkach XIX stulecia. Podobnie jak zwykle suspensye dają się one rozdzielać zapomocą centrifugowania, przyczem faza dyspersyjna wydziela się w postaci stałych proszków. Pod względem optycznym suspensoidy prawie stale okazują słabsze lub silniejsze zmętnienie, niekiedy zjawiska opalescencyi, a obserwowane pod ultramikroskopem wykazują obecność oddzielnych ziarenek. Owe ziarnka są zwykle słabo naładowane elektrycznością, już to

odjemną, już też dodatnią,—to też w polu elektrycznym suspensoidy wędrują albo w kierunku anody, lub też w kierunku katody. W parze z obecnością tych ładunków elektrycznych idzie wrażliwość suspensoidów na minimalne nawet dawki elektrolitów, które zobojętniają owe ich ładunki elektryczne i wywołują przez to koagulację koloidu. Raz strącone z roztworów, suspensoidy nie rozpuszczają się ponownie, zatem ich procesy koagulacyi są nieodwracalne.

Wreszcie suspensoidy nie wywierają widocznego wpływu ani na napięcie powierzchniowe, ani też na tarcie wewnętrzne rozpuszczalnika czyli środowiska dyspersyjnego.

Emulsoidy, odwrotnie, już w minimalnych koncentracjach gwałtownie zwiększają tarcie wewnętrzne środowiska dyspersyjnego, a jego napięcie powierzchniowe silnie obniżają, skutkiem czego wszystkie niemal emulsoidy pienią się tak łatwo, jeśli skłócimy je z powietrzem lub innym gazem obojętnym. Pod względem optycznym emulsoidy przedstawiają się przeważnie jako ciecze całkiem przezroczyste, klarowne, wykazujące co najwyżej ślady opalescencyi, czyli odmien-

nego zabarwienia w świetle przechodzącem niż w świetle odbitem. Podobnież jak suspensoidy wykazują one wprawdzie znane zjawisko Tyndalla, lecz pod ultramikroskopem niepodobna rozróżnić w nich poszczególnych kropelek. Również nie mają one ładunków elektrycznych, to też nie wędrują w polu elektrycznym, a małe dawki elektrolitów nie ścinają ich, dawki zaś duże wywołują zjawiska galarecienia, czyli rozdziału suspensoidu na dwie nie mieszające się ze sobą warstwy,—na rozpuszczalnik wraz z elektrolitem, oraz galaretę, zawierającą w sobie cały zasób fazy dyspersyjnej. W zetknięciu z czystym rozpuszczalnikiem, galarety te przechodzą ponownie do roztworu;—zatem procesy galarecienia emulsoidów są odwracalne, w przeciwstawieniu do nieodwracalnych procesów ścinania się suspensoidów.

Uwzględnienie przeto stanu skupienia faz zawieszonych pozwoliło teorii dyspersyjnej roztworów koloidalnych wytłumaczyć zasadnicze różnice w zachowaniu się suspensoidów i emulsoidów. Pozwoliło ono nadto przewidzieć i poglądowo objaśnić wiele innych cech i właściwości bardziej subtelnych, wykazywanych

przez różne kategorie roztworów koloidalnych. Niestety—brak czasu nie pozwala nam rozszerzać jeszcze bardziej ram niniejszego wykładu.

W ciągu tych kilku kwadransów czasu zdołaliśmy zaledwie zlekka tylko nasykować zrab chemii koloidów, a i tak już przebraliśmy miarę cierpliwości słuchaczy. Czy jednak bezowocnie — to jeszcze pytanie.

Koloidy stanowią dziś bowiem niejako ośrodek badań fizyko-chemicznych, badań budzących najżywsze zainteresowanie nie tylko pośród chemików teoretyków, lecz również w szerokich kołach biologów, mineralogów, geologów, techników, medyków, a nawet i rolników.

Ale bo też koloidy odegrały niepoślednią rolę czynną w dziejach powstania i rozwoju życia organicznego na powierzchni globu naszego—i rolę tę w dalszym ciągu spełniają. Czyż bowiem na tem podłożu jałowem, wytworzonym przez krystaliczne substancje mineralne, wchodzące w skład skał i gładów naszej skorupy ziemskiej, powstałoby kiedykolwiek życie organiczne—gdyby owa powłoka

krystaliczna nie pokryła się skutkiem wietszenia warstwami koloidalnych rozтворów oraz galaret? Czyż dziś jeszcze nie obserwujemy, że owo życie organiczne tam się najbujniej rozwija, gdzie spotyka najgrubsze warstwy podłoża koloidalnego, że wre ono pod równikiem, a zamiera u biegunów, prawie pozbawionych koloidów!

A i same organizmy, czy to roślinne czy zwierzęce, jednokomórkowe—czy najbardziej złożone—czyż nie składają się przeważnie z substancyj koloidalnych? Czyż protoplazma, ów ośrodek życia organicznego, nie jest niemi poprostu przepelniona!

To też nie bez racji biolog oczekuje od badań nad koloidami rozwiązania wielu zagadnień życia organicznego,—nie bez racji rolnik oczekuje wskazówek, jakimi sposobami podnieść intensywność tego życia w glebie.

