SZKICE

Z HISTORYI CHEMII

DZIESIĘĆ WYKŁADÓW POPULARNYCH

WYGŁOSZONYCH PRZEZ

Dra MIECZYSŁAWA CENTNERSZWERA

DOCENTA POLITECHNIKI RYSKIEJ.

WARSZAWA.

NAKŁADEM

KSIĘGARNI E. WENDE i S-ka (T. HIŻ i A. TURKUŁ).

1909.

021

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA
im. Jerzego Giedroycia w Białymstoku
FUW0209030

UNIWERSYTET W BIAŁYMSTOKU BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA 307305

Druk Rubieszewskiego i Wrotnowskiego w Warszawie.

D/381108p

CEL WYKŁADÓW.

Na wiosnę 1906 r. zostały zorganizowane w Rydze wykłady z rozmaitych działów wiedzy, przeznaczone dla szerszego koła słuchaczy i słuchaczek. Niniejsze „szkice“ stanowić miały wstęp ogólny do systematycznego studyum fizyki i chemii. Pragnąc zachować ślad włożonej w tę rzecz pracy, postanowiłem przełożyć „szkice“ na język polski, aby podzielić się ich treścią z tą publicznością, do której żywem słowem dotąd nie mogłem przemówić, jakkolwiek pragnąłem tego szczerze.

Chcąc zasłużyć na pobłażanie łaskawego czytelnika, a jednocześnie zasłonić się przed strzałami surowego krytyka, muszę we wstępie zaznaczyć, że „szkice“ te nie są ani *zupełne*, ani *źródłowe*.

Zupełnemi nie są one z tego względu, że w ciasnych ramach dziesięciu wykładów nie sposób zmieścić całkowitego obrazu historyi tak rozległej wiedzy, jaką jest chemia. Więc trzeba uczynić wybór tych lub innych poszczególnych epizodów. Wybór taki z natury rzeczy zawsze będzie dowolny, chociaż może nie zawsze szczęśliwy.

Ale i źródłową praca ta nie może być, gdyż na źródłowe zbadanie historyi chemii od najdawniejszych jej zaczątków do ostatnich odkryć, od pierwotnych prób sztuki topienia na Wschodzie do najnowszych doświadczeń nad materyą promieniotwórczą na Zachodzie—życie pojedyńczego człowieka jest zbyt krótkie. Kto więc chce całość ogarnąć, musi czerpać z drugiej ręki; zamiast źródeł — studyować to, co o nich napisano. W końcu każdego rozdziału podałem te książki i rozprawy, z których zaczerpnąłem treść wykładów.

Niewiele jest epok w historyi wiedzy, któreby tak obfitowały w doniosłe odkrycia, jak ostatnie dziesięciolecie ubiegłego i pierwsze obecnego wieku. Ale rozprzestrzenieniu wiedzy wgłąb nie zawsze odpowiadało rozpowszechnienie jej wszerz. Tutaj potrzebny jest podział pracy. Oprócz badaczów źródłowych, potrzebni są ludzie, którzy te źródłowe badania przyobleką w formę dla ogółu dostępną. Szczególniej u nas, którzy zwykliśmy formę nad treść przekładać. U nas nauki zawsze żyły na pasierbim chlebie, a w ostatnich dziesięcioleciach wskutek hypertrofii sztuki prawie zupełnie zamarły.

O tem pamiętać winniśmy szczególniej w chwili obecnej, kiedy po długim okresie zastoju znów zaczynamy powracać do normalnego życia społecznego. Ale też i o tem winniśmy pamiętać, że wielkość kultury mierzy się nietylko jej głębokością, nietylko uczonością wybitnych jednostek, ale i szerokością jej rozpowszechnienia, ilością jednostek, przez kulturę objętych. Demokratyzacya wiedzy stanowi najpilniejsze zadanie chwili nietylko na Zachodzie, ale

w szczególności w naszem społeczeństwie, które tak długo było od wiedzy odsunięte.

Książka niniejsza ma stanowić słaby wysiłek w tym kierunku.

Formę wykładową pozostawiłem bez zmiany. Wydawało mi się, że ta forma bardziej przykuwa uwagę czytelnika, niż forma opisowa. Pozostaje w niej cząstka indywidualnego wpływu, jaki wywiera żywe słowo na słuchaczy. To samo miałem na celu, podając opis doświadczeń i ilustracye; za sumienne wykonanie tych ostatnich jestem szczerze wdzięczny Szanownym Wydawcom.

Do szczególnej wdzięczności poczuwam się względem p. Bronisława Znatowicza. Zasłużony Redaktor „Wszechświata“, założyciel i długoletni kierownik „Chemika Polskiego“, był poniekąd moim ojcem chrzestnym na niwie literackiej (i nietylko moim, ale bodaj całego młodszego pokolenia chemików). Ta okoliczność dała mi prawo do zwrócenia się doń z prośbą o przeczytanie rękopismu niniejszych „Szkiców“. Pan Znatowicz poświęcił tej pracy znaczną część wypoczynku letniego, wkładając w nią bogaty zapas własnej erudycyi. Jemu więc zawdzięczam nietylko możność wyrugowania ważniejszych błędów, ale i wiele cennych uwag. Te ostatnie oznaczone są literą Z.

SPIS RZECZY.

Str.

Wykład pierwszy. **Chemia u ludów starożytnych. Początki alchemii** 1

Nauki przyrodnicze i nauki papierowe.—Uniwersytety ludowe na zachodzie.—Po co się zbieramy.—Gdzie i kiedy zaczęła się chemia.—Wynalezienie ognia.—Epoki ludzkości.—Metale.—Złoto i żelazo.—Jak dokonywano wynalazków w starożytności.—Szklarze egipscy.—Filozofia Greków.—*Arystoteles.*—Początki nauki o pierwiastkach.—*Galenus.*—Pierwiastki człowieka.—Kamień filozoficzny.—Mojżesz jako pierwszy alchemik.—Istotne zaczątki wiary w przemianę metali.—Skąd pochodzi nazwa alchemii.—*Geber.*—

Wykład drugi. **Sztuka robienia złota. Aptekarze i lekarze.** 23

Rzut oka wstecz.—Wyliczenie alchemików.—Ogólna charakterystyka alchemików.—Ich losy.—Ich błędy.—Metody przez nich stosowane.—Oczyszczanie substancyj.—Wyliczenie ciał nowoodkrytych.—Wpływ alchemii na rozwój poglądów teoretycznych.—Zdobycze praktyczne.—Wynalazek porcelany.—Początki chemii lekarskiej.—*Paracelsus.*—Jatrochemicy.—

Wykład trzeci. **Flogiston i jego obalenie przez Lavoisiera.** 60

Podział historyi chemii.—Charakterystyka poszczególnych epok.—Chemia wstępuje w okres nowo-

Str.

żytny.—Powstanie akademij i ich znaczenie.—Pracownia chemiczna z czasów flogistonu. – Zasady układu chemicznego.—Gazy dają początek chemii pneumatycznej. — Odkrycie najważniejszych gazów.—Układ chemii zostaje oparty na zasadzie pochodzenia.—*Boyle* ojcem sztuki rozbiorowej.—Ogień rozpatrywany jako zjawisko chemiczne.—Czem był flogiston.—Ciężar odjemny.—*Lavoisier.*—Młodość.—Pani Lavoisierowa.—Ujęcie poszczególnych zjawisk przez teoryę spalenia.—Spalenie nie jest rozkładem materyi, ale łączeniem się ciał palnych z tlenem.—Dalsze prace Lavoisiera.—Jego zapatrywania polityczne.—Oskarżenie i stracenie.—

Wykład czwarty. Sir Humphry Davy i jego służący . . 93

Rzut oka wstecz.—Pierwiastki i związki.—Stałość masy.—Zasada ta nie jest apryorystyczna.—Krytyka.—Wpływ fizyki na rozwój chemii.—Systematyka chemiczna.—Tlenki: zasady i kwasy.—Znaczenie wody.—Sole jako połączenia zasad z kwasami.—Dalszy rozwój systematyki.—Odkrycie *Volty.*—H. *Davy.*—Życiorys.—Zasługi.—Michał *Faraday.*—Wstęp do pracowni Davy'ego.—Podróż po Europie —Royal Institution.—Prace Faradaya i ich wyniki. - Dalszy rozwój elektrochemii.

Wykład piąty. Dwaj przyjaciele 122

Jarmark w Darmsztacie.—Młode lata *Liebiga.*—Przygody w szkole.—Na nauce u aptekarza.—Czasy studenckie.—Dalsze niepomyślne zdarzenia.—Paryż.—Doświadczenia z solami piorunującemi.—Rozbiór kwasu piorunującego.—Kwas cyanowy *Wöhlera.*—Berzelius sędzią.—Powołanie Liebiga do Giessen.—Uposażenie materyalne.—Przewrót w nauczaniu chemii.—Jego skutki.—Rozbiór pierwiastkowy.—Zgoda z Wöhlerem.—Sztuczne otrzymanie mocznika.—Koniec siły życiowej.—Czem zajmuje się chemia organiczna.—Rodnik.—Wpływ Liebiga na rolnictwo.—Przyjaźń z Wöhlerem. — Przeprowadzka do Monachium.—Anekdota.

Str.

Wykład szósty. Lekarz i piwowar 148

Skąd pochodzi ciepło spalenia.—Odpowiedź flogistyków.—Teorya pneumatyczna nie umiała odpowiedzieć na to pytanie.—Znikanie i powstawanie ciepła.—Podczas zamarzania i topienia.—Podczas parowania i skroplenia.—Ciepło tarcia.—Doświadczenia hr. *Rumforda.*—Potwierdzenie wyników przez *Davy'ego.*—Doświadczenie Tyndalla i wnioski z niego.—Obalenie teoryi „cieczy".—*Joule* i *Mayer.*—Życiorys pierwszego.—Badania naukowe.—Podróż *Mayera* do Indyj.—Losy pierwszej rozprawy.—Walka.—Pisma filozoficzne.—Co to jest energia?—Jej rodzaje.—Jej przemiany. Energia psychiczna.—

Wykład siódmy. Świat atomów 172

Podział historyi rozwoju nauk.—Okres obserwacyi.—Nauki opisowe.—Nauki rozumowe.—Jak się odkrywa prawa przyrody.—Przykłady z rozwoju chemii.—Analiza w nauce.—Sposób wygłaszania praw przyrody.—Czem są prawa przyrody?—Zasada gospodarcza w naukach.—Prawa i hypotezy. — Zasadnicze zagadnienie hypotezy atomistycznej. — Ciała jednorodne i niejednorodne.—Śmiejący się filozof.—Co to jest atom?—Czy atomy są niepodzielne?—Istota atomów. - Atomy i modele —Rozszerzanie.—Rozpuszczanie. — Połączenia chemiczne. — Atomy i cząsteczki.—Fizyka i chemia. - Dalsze wnioski.—Benjamin *Richter.*—Ludwik *Proust.*—Jan *Dalton.*—Wagi atomowe.—Bezwzględne wielkości atomów.—Program na przyszłość.—

Wykład ósmy. Adolf Baeyer i Emil Fischer. 197

Rola hypotez.—Zarzut.—Wady hypotez. - Ich zalety.—Stan chemii organicznej po Liebigu i Wöhlerze.—Typy.—Metan.—Wartość.—Wytwory podstawienia. — Wiązania — Pierścień benzolowy.—Niezmienność szkieletu węglowego.—Wzory budowy jako symbole.—Rozwiązanie zagadnienia izomeryi.—Kierunek badań organicznych.—Syntezy *Berthelota.*—Zdobycze praktyczne. — *Baeyer.*—Życiorys.—Zasługi na polu naukowego wykształcenia techni-

Str.

ków.— *Fischer.* —Notatki biograficzne. — Cukry.— Grupa kwasu moczowego.—Proteiny.—Widoki syntezy ciał białkowych.—*Marceli Nencki.*—

Wykład dziewiąty. Van't Hoff i Ostwald—reformatorzy nowoczesnej chemii. 226

Stosunek fizyki do chemii.—*Van't Hoff.*—Węgiel w postaci czworościanu.—Dalsze losy stereochemii.—Badania z dynamiki chemicznej.—Ciśnienie osmotyczne.—I teorya roztworów.—Powołanie van't Hoffa do Berlina.—Pokłady soli w Stasfurcie.—Młodość *Ostwalda.*—Zasługi w Politechnice Ryskiej.—Powinowactwo.—Moc kwasów.—Węglan ołowiu i kwas octowy.—Badanie powinowactwa chemicznego kwasów.—Znaczenie prac *Ostwalda.*—*Svante Arrhenius* i przewodnictwo elektryczne roztworów soli.—Zbliżenie się obu uczonych.—Rok 1887.—Hypoteza jonów.—Zarzuty przeciwko niej i ich obalenie.—Prace elektrochemiczne *Ostwalda* i jego uczniów.—Osobistość *Ostwalda.*—II laboratoryum chemiczne i nowy „Instytut chemii fizycznej".—Prace katalityczne.—Zasługi w systematyce.—Podręczniki i „Szkoła chemii".—Filozof i malarz.—Ustąpienie.—

Wykład dziesiąty. Nowe pierwiastki. 270

Przypuszczenie złożonej budowy pierwiastków.—Pierwsze próby wykrycia peryodyczności we własnościach pierwiastków.—Dymitr *Mendelejew.*—Skutki układu peryodycznego.—Grupa zerowa, czyli gazy „*szlachetne*".—William *Ramsay.*—Nowe promienie.—Małżeństwo *Curie.*—Polon.—Odkrycie radu w smółce uranowej.—Aktyn.—Własności radu.—Przemiana pierwiastków.—

SPIS RYSUNKÓW.

1. Dziewiczy las podzwrotnikowy.
2. Mieszkańcy jaskiń w okresie lodowym.
3. Albertus Magnus.
4. Roger Baco.
5. Arnoldus Villanovanus.
6. Raymundus Lullus.
7. Basilius Valentinus.
8. Mnich—alchemik.
9. Elektor Jan Jerzy u Thurneyssera.
10. Torturowanie alchemika
11. Pracownia alchemiczna.
12. Destylowanie.
13. Sublimowanie.
14. Agricola.
15. Piec hutniczy z 16-go stulecia.
16. Fabryka soli z 16-go stulecia.
17. Huta żelazna w 16-em stuleciu.
18. Paracelsus.
19. Van Helmont.
20. Pracownia chemiczna 17-go stulecia.
21. Pracownia chemiczna z okresu flogistycznego.
22. Robert Boyle.
23. Jerzy Stahl.

24. Antoni Laurenty Lavoisier.
25. Panna Paulze.
26. Doświadczenia nad oddychaniem u człowieka I.
27. Doświadczenia nad oddychaniem II.
28. Państwo Lavoisier.
29. Lavoisier i Berthollet.
30. Więzienie de Port-Libre w Paryżu.
31. Ludwik Galvani.
32. Doświadczenia galwaniczne I
33. Doświadczenia galwaniczne II.
34. Aleksander Volta.
35. Stos Volty.
36. Napoleon na wykładzie Volty.
37. Scena galwaniczna.
38. H. Davy.
39. Michał Faraday.
40. Faraday w pracowni.
41. Justyn Liebig jako student.
42 Fryderyk Wöhler.
43. Jakób Berzelius.
44. Pracownia Liebiga.
45. Pracownia uniwersytecka w Berlinie.
46. Profesor Justyn Liebig.
47. Doświadczenie Rumforda.
48. J. P. Joule.
49. Doświadczenia Joule'a.
50. J. R. Mayer.
51. Przecięcie stali.
52. Jan Dalton.
53. Augnst Kekulé.
54. Marceli Berthelot.
55. Adolf Baeyer.
56. Emil Fischer.
57. Marceli Nencki.
58. Van't Hoff i Ostwald.
59. Van't Hoff.
60. Czworościan węgla.
61. Dwa czworościany symetryczne.
62. Ciśnienie osmotyczne.

63. Wilhelm Ostwald.
64. Svante Arrhenius.
65. Ostwald w gronie uczniów.
66. Uroczystość otwarcia Instytutu chemii fizycznej w Lipsku.
67. Dymitr Mendelejew.
68. Mendelejew w Izbie Miar i Wag.
69. William Ramsay.
70. Henryk Becquerel.
71. Państwo Curie w pracowni.

Sprostowanie.

Str. 184 w. 17 od góry. Zam. (A+B) ma być: (A+C).

WYKŁAD PIERWSZY.

Chemia u ludów starożytnych. — Początki alchemii.

Treść: Nauki przyrodnicze i nauki papierowe. — Uniwersytety ludowe na Zachodzie. — Poco się zbieramy. — Gdzie i kiedy zaczęła się chemia. — Wynalezienie ognia. — Epoki ludzkości. — Metale. — Złoto i żelazo. — Jak dokonywano wynalazków w starożytności. — Szklarze egipscy. — Filozofia Greków. — Arystoteles. — Początki nauki o pierwiastkach. — Galenus. - Pierwiastki człowieka. — Kamień filozoficzny. — Mojżesz jako pierwszy alchemik. — Istotne zaczątki wiary w przemianę metali. — Skąd pochodzi nazwa alchemii. — Geber.

Panowie i panie.

Ilekroć wspominam czasy dzieciństwa, które wieszcz zwie sielskiem i anielskiem, tylekroć łączy się z tem wspomnieniem pewna uraza do szkoły. Nie do nauczycieli, bo pomiędzy nimi znajdowali się zamiłowani specyaliści, zdolni pedagodzy i idealni ludzie, skazane na wymarcie resztki poprzedniej epoki, ale do szkoły, do samego systematu nauczania i wychowania. Wyznać muszę, że przez wzgląd na rodziców i z obawy kary spełniałem obowiązki uczniowskie dosyć sumiennie, ale w istocie daleko chętniej spędziłbym czas ten z towarzyszami na swobodzie.

Lecz oto po skończeniu gimnazyum udałem się na uniwersytet do Lipska. Tutaj stan rzeczy odrazu się zmienił. Oko rodzicielskie nie czuwało zbliska. Wszelki przymus ustał. Za prawo słuchania każdego wykładu należało wnosić sporą opłatę. A wiadomo, że młodzieńcowi nie trudno znaleźć sposób użytkowania sum przesłanych. Ale mimo to — z rumieńcem wstydu — wyznać muszę, że jako student byłem wcale pilnym, i to nie z obowiązku, lecz ze szczerej chęci.

Skąd tak nagła zmiana?

Przyczyna tej zmiany mogła być dwojaka. Mogła ona znajdować się we mnie, albo w przedmiocie mych studyów.

Aby tak nagła zmiana mogła zajść w człowieku, trudno dać temu wiarę. Prawdopodobniejszem nam się wyda, że zmianę tę wywołała różnica w charakterze wykładanych nauk. Różnicę tę scharakteryzował badacz, którego działalność — jak to później zobaczymy — wywarła decydujący wpływ na rozwój chemii współczesnej, we właściwej mu dość drastycznej formie, dzieląc całokształt nauk na dwie kategorye: nauk przyrodniczych i nauk papierowych.

Stosując tę charakterystykę do naszego zagadnienia, możemy orzec, że to, co stanowi przedmiot nauczania w szkole średniej, zaliczyć można w znacznej części do kategoryi nauk papierowych, to zaś, co stanowi przedmiot wykładów uniwersyteckich, składa się przeważnie z nauk przyrodniczych. Naturalnie pojęcie nauk przyrodniczych rozumiane tu jest w znacznie szerszym zakresie, niż to przyjmujemy ogólnie, a mianowicie nietylko jako wiedzy o otaczającej nas przyrodzie: żywej i martwej, lecz także jako nauki o człowieku, jako cząstce tej przyrody, o jego

duszy, o historyi ludzkiej, o stosunkach wzajemnych ludzi do siebie i t. p.

Niestety, jak wiele innych pięknych rzeczy, tak i ta nie łatwo się daje osiągnąć. Chcąc przeniknąć do nauk przyrodniczych, musimy przebyć ciernistą drogę nauk papierowych. Biada temu, kto zechce krótszą i prostszą drogą dążyć do tego celu. Brak t. zw. świadectwa „dojrzałości“ nie przestanie mu się dawać we znaki.

Na Zachodzie jednakże oddawna już zrozumiano, że temu należy zaradzić. Szczególniej zaś w ostatnich kilku dziesięcioleciach, gdy wspaniały rozkwit nauk przyrodniczych uczynił z nich niezbędną część składową wszelkiego wykształcenia ogólnego, coraz silniej poczęło uwydatniać się dążenie do udostępnienia wyników tych nauk coraz szerszemu kołu publiczności. W ten sposób powstały na Zachodzie i w Ameryce owe rozsadniki popularnej, czyli dostępnej dla ogółu wiedzy, które rychło uzyskały sobie prawo bytu pod nazwą uniwersytetów ludowych. Celem ich jest umożliwienie poznania nowoczesnych wyników wiedzy ścisłej i tym, którzy poznać je chcą nie dla korzyści materyalnych, lecz dla zaspokojenia żądzy prawdy.

Ten sam cel miała na widoku i komisya, która powołała do życia te odczyty. Nie stanowią one jeszcze uniwersytetu ludowego w zachodnio-europejskiem znaczeniu tego wyrazu, lecz kiełek, z którego rozwinąć się on może przez zobopólną pracę naszą.

Oczywista, że skoro mowa o naukach przyrodniczych, to nie powinno braknąć i chemii, tej najbardziej podstawowej i jednocześnie najbardziej zaniedbanej w nauczaniu średniem gałęzi wiedzy ścisłej. Wszelako kiedy inne działy nauk przyrodniczych

w wymaganiach swych są stosunkowo skromne, to odwrotnie chemija jest najbardziej wymagająca z nich wszystkich. Grono słuchaczów i sala wykładowa — to dla niej zamało. Ten dział nauk przyrodniczych potrzebuje do wykładu przyrody: nie wolnej natury, łąk i lasów, skał i dolin, lecz przyrody, przez człowieka opanowanej i przezeń do buteleczek i retort zamkniętej, tej przyrody, którą poznajemy w pracowni chemicznej. Oto przyczyna, która zniewoliła do zaproszenia szanownych pań i panów do tego gmachu, w którym generacye całe zbierały przybory do badań własnych i nauczania innych.

Witając więc Was, panie i panowie, w tym domu wiedzy, korzystam jednocześnie ze sposobności, aby wyrazić podziękowanie Zarządowi Politechniki oraz Dyrektorowi laboratoryum za uprzejme oddanie do naszego użytku zarówno sali, jakoteż przyborów i materyałów, do nauczania chemii niezbędnych.

A teraz niechaj wolno mi będzie przejść do właściwej treści naszych zebrań: do zbadania zagadnień, jakie chemia ma do rozstrzygnięcia, środków, jakich używa w tej pracy, wreszcie owoców, jakie z niej osiąga. Dwie główne drogi prowadzą do tego celu. Punkt wyjścia pierwszej stanowi otaczająca nas przyroda: przez dokładne badanie odbywających się w niej zjawisk chemicznych chemia wykrywa prawa ogólne, którym podlegają te zjawiska. Druga droga zwraca się ku zamierzchłym początkom wiedzy ludzkiej, aby przez badanie stopniowego rozwoju wiadomości i pojęć chemicznych dosięgnąć współczesnego stanowiska naukowego.

Obie drogi prowadzą do jednego celu. Każda z nich posiada zalety i... wady. Jedna uzupełnia drugą, i przez ich porównanie można wytworzyć sobie samodzielny pogląd na ich istotę.

Przedewszystkiem narzuca nam się pytanie, w jakiej epoce dziejów ludzkości szukać należy początku chemii. Odpowiedź na nie zależy oczywiście od tego, jak będziemy się zapatrywali na chemię.

Jeżeli — jak to dziś ogólnie zdaje się być przyjętem — uważać będziemy chemię za umiejętność wywoływania przemian chemicznych, to musimy niechybnie uznać, że chemia nie ma wcale początku, gdyż nie tylko w organizmie ludzkim, lecz w organizmie każdego zwierzęcia, w każdej roślinie aż do najniższych żyjątek włącznie odbywają się nieustannie zjawiska chemiczne, i to zjawiska niesłychanie złożone. Ustanie tych zjawisk oznacza śmierć. A jednak nikt chyba nie zgodzi się na przypisanie wszystkim stworzeniom żywym znajomości chemii. W istocie oczywistem jest, że wszystkie te przemiany wykonywane są przez nas nieświadomie: zarówno trawienie pokarmów, jako też wydzielanie soków i t. p. zjawiska odbywają się bez udziału woli.

Musimy więc zmienić treść naszego pytania. Musimy szukać początków chemii tam, gdzie po raz pierwszy trafiamy na świadome wykonywanie zjawisk chemicznych. Ale nawet wobec zmienionej w ten sposób kwestyi musimy cofnąć się w przeszłość bardzo daleką, dalej niż pozwalają podania historyczne.

Pierwsze zjawisko chemiczne, świadomie przez człowieka stosowane, to ogień, spalenie. Odkrycie tego potężnego czynnika cywilizacyi sięga niewątpliwie aż do najpierwszej epoki rozwoju gatunku ludzkiego. W jaki sposób zostało ono zrobione — co do tego wolno nam tylko snuć przypuszczenia dowolne.

Znana baśń grecka przypisuje ten ważny wynalazek Prometeuszowi, mężowi, który, jak wielu jego spółcześników, boskiego był pochodzenia. To szlachectwo dawało mu przywilej godowania śród bogów. Ale ściślejsze węzły łączyły go z ludźmi. Prometeusz porwał ogień bogom i przyniósł go w darze ludzkości.

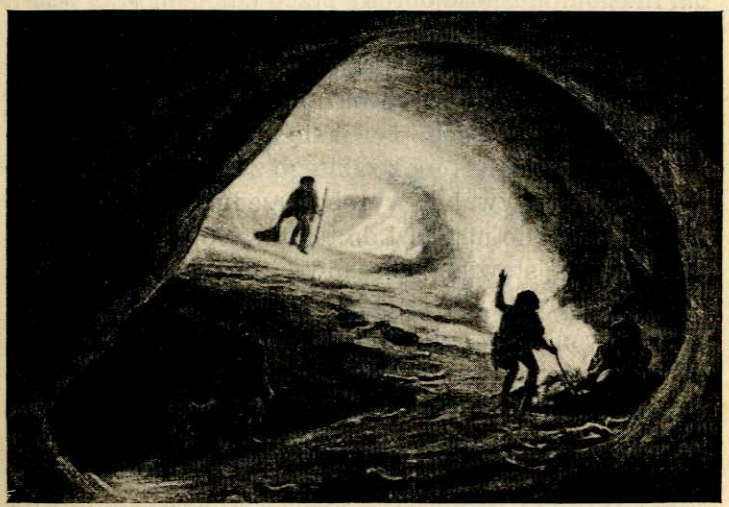
Rys. 1. Dziewiczy las podzwrotnikowy.

Zemsta boska nie minęła go. Do skał Kaukazu przykuty, oddany został na pastwę orła, który bezustannie dziobie mu wątrobę wciąż odrastającą.

Jest to baśń, jak wiele innych. Ale jeśli w baśni tej zechcemy szukać śladów rzeczywistości, to może wolno nam wyciągnąć z niej wniosek, że pierwszy ogień zstąpił z nieba na ziemię. I nie wyda się nam nieprawdopodobnem, że zstąpił pod postacią pioruna, który wywołać mógł pożar jednego z owych

pierwotnych lasów, jakiemi pokryta była wówczas przeważna część kontynentów. W istocie znaleziska geologiczne świadczą o licznych pożarach z okresu przedhistorycznego, przemawiając w ten sposób na korzyść powyższego przypuszczenia.

Nie ulega kwestyi, że człowiek pierwotny rychło



Rys. 2. Mieszkańcy jaskiń w okresie lodowym.

poznał, jak „dobroczynna jest moc ognia, gdy go człowiek poskromi i strzeże“; korzystając z przypadku, wybudował on miejsca do przechowywania i utrzymywania ognia. Świątynie westalek w starożytności, ołtarze Znicza na Litwie starożytnej i wiele zwyczajów, które śród ludów europejskich do ostatnich czasów zdołały się zachować, stanowią wspomnienia tego poważnego faktu dziejowego: dość wspomnieć święto sobótek lub wianki.

Sztuka *wytwarzania* ognia jest niewątpliwie późniejszego pochodzenia, jakkolwiek dziś—w mniej lub więcej pierwotnej formie, czy to przez krzesanie iskier z kamienia, czy to przez tarcie dwu kawałków drzewa—jest znana nawet najdzikszym ludom.

Po dokonaniu tego epokowego wynalazku, który dał ludziom możność obrony przed chłodem oraz właściwszego przygotowywania potraw, — minęły wieki, zanim wiadomości chemiczne zostały posunięte naprzód. Człowiek owej epoki nie był wymagający. Mieszkał w jaskiniach, żywił się upolowaną zwierzyną, okrywał ciało skórą z zabitego zwierza. Materyałem, jakiego używał do wyrobu przedmiotów codziennego użytku, do narzędzi do tego wyrobu służących, wreszcie do stawiania bożków, których się bardziej obawiał niż czcił,—był przeważnie kamień. Wykopaliska, dokonane w najnowszych czasach, dają nam dokładny obraz kultury owej epoki. Świadczą one wymownie o tem, że oprócz drzewa i kości, kamień był jedynym materyałem, stosowanym do najrozmaitszych celów, skutkiem czego epoka owa przez geologów i antropologów została nazwana „kamienną".

I nic w tem dziwnego, kamień stanowi bowiem materyał, który przyroda daje nam w stanie zdatnym do bezpośredniego użytku: kamień wymaga tylko mechanicznego obrobienia, a nie przerobu chemicznego. Ale w miarę tego jak wzrastały wymagania pewnego komfortu życiowego, powstać musiało dążenie do zastosowania innych materyałów do wyrobu narzędzi, broni, wreszcie przedmiotów ozdoby. I w ten sposób zapewne powstały pierwsze przypadkowe próby, zmierzające do powiększenia ilości tych materyałów zapomocą *przemiany* jednych substancyj w inne.

Z pośród tego rodzaju substancyj, nie istniejących w przyrodzie w postaci zdatnej do bezpośredniego użytku, ale wymagających sztucznego przerobu, najważniejsze znaczenie posiadają *metale*. Wpływ, jaki wywarło odkrycie i stosowanie poszczególnych metali na losy cywilizacyi rodu ludzkiego, był tak potężny, że antropologowie nie wahali się nadać ich nazw epokom, następującym po kamiennej. W ten sposób powstała nazwa epoki „bronzowej" i epoki „żelaznej" od nazw metali, które w owych czasach weszły w użycie.

Która z tych epok była pierwszą, a która następną, co do tego brak dotąd zupełnej zgody w nauce. Podczas kiedy dawniej za wcześniejszą uważano epokę bronzową, to w nowszych czasach przytoczono wiele i poważnych argumentów na korzyść pierwszeństwa epoki żelaznej. Jest wreszcie możliwe, że w różnych miejscowościach dwie te epoki następowały po sobie w niejednakowym porządku.

Ilość metali, które znane już były człowiekowi przedhistorycznemu, była nie wielka. I łatwo to zrozumieć. Natomiast godnem jest uwagi to, że ilość znanych metali pozostała bez zmiany aż do wieków średnich. Ani czasy starożytne, ani pierwsze wieki po narodzeniu Chrystusa nie przysporzyły ani jednego nowego metalu. Wogóle rzec można, że wiadomości praktyczne z chemii aż do IV-go wieku po n. Chr. nie odsunęły się od tego stanowiska, na jakiem znajdowały się już np. w starożytnym Egipcie.

Sądzę przeto, że zapamiętanie tych metali nie obciąży zbytnio naszej pamięci. Były to:

złoto, srebro, miedź, żelazo, ołów, cyna i *rtęć*,

wreszcie niektóre stopy miedzi: stop miedzi z cyną, zwany *bronzem*, oraz stop miedzi z cynkiem czyli *mosiądz* [1]).

Niewątpliwie najpierw znane i uznane było złoto, „król metali". Bo też metal ten znajduje się w przyrodzie w *rodzimym* stanie, nie wymaga przerobu hutniczego, jak inne metale. Najstarsze kopalnie złota znajdowały się w Nubii i w Indyach. Tam znajduje się ono albo w postaci pięknych, błyszczących kryształów, osiadłych w kamieniach, lub też w postaci drobnych ziarenek zmieszanych z piaskiem rzecznym.

Oddzielenie ziarnek złota od ziarnek piasku odbywa się zapomocą prostej manipulacyi, zwanej odpławianiem albo szlamowaniem.

W tej oto flaszeczce mam sztucznie przygotowaną mieszaninę piasku z opiłkami miedzianemi. Jeżeli mieszaninę tę wsypię do wysokiego cylindra, napełnionego wodą, to naprzód opada na dno miedź, ponieważ jest ona cięższa, a potem dopiero powoli piasek, stosownie do grubości ziarna. Przepuszczając przez cylinder strumień wody z wodociągu, mogę wypłókać piasek i otrzymam czysty proszek miedzi, który tu oto widzicie. W ten sam sposób mniej więcej odbywało się odpławianie złota w owych zamierzchłych czasach. W ten sam sposób odbywa się ono po dziś dzień, w tych miejscowościach, gdzie metoda szlamowania nie została jeszcze zastąpiona przez inne dokładniejsze metody chemiczne.

Otrzymywanie złota nie było więc połączone

[1]) Starożytni nie umieli otrzymać czystego cynku, ponieważ metal ten podczas przetapiania galmanu ulatnia się w piecu hutniczym.

z wielkiemi trudnościami. Również proste było topienie złota; odbywało się ono w małych płaskich piecykach, w które za pomocą mieszka wdmuchiwano powietrze dla osiągnięcia wyższej temperatury.

Wielu z was, szanowne panie i panowie, niejednokrotnie zapewne czytało lub słyszało o tym „złotym okresie" ludzkości. Jest to stare bardzo podanie, z którem wiąże się wiara w to, że ów złoty okres wróci kiedykolwiek na ziemię. Jak dalece wiara ta oddziałała na dalsze losy chemii, o tem się niezadługo przekonamy. W każdym razie podanie to zdaje się dowodzić, że ten złoty okres uważano za okres szczęścia i obfitości. W istocie jednak okres ten musiał się odznaczać wielkiem ubóstwem. Ludzie z tego okresu musieli doznawać tego samego uczucia nędzy, jakiego doznawał król Midas, któremu—podług mitu greckiego – bóg słońca udzielił daru przetwarzania wszelkich przedmiotów w złoto przez proste dotknięcie. Ale gdy król chciał się odziać, szaty jego zamieniły się w złoto, pod którego ciężarem upadał; potrawy, których się dotknął, również stawały się złotem, niezdatnem do jedzenia. I oto biedny bogaty król jął błagać boga słońca, aby wybawił go od tego daru, o który sam go uprzednio prosił. Błaganiom tym stało się zadość. Ale dla przestrogi i za karę Midas otrzymał ośle uszy. Los jego nie zdołał jednakże odstraszyć innych od pogoni za tą samą mrzonką.

A więc i ludzie „złotego okresu" nie czuli się zapewne zbyt szczęśliwymi. Bo też złoto jest to metal szacowny, o ile przechowywane jest w szafach. Do codziennego użytku jest mniej przydatne od innych metali. Pod tym względem znacznie cenniejsze własności przedstawia żelazo. Ale ten metal, tak ważny pod

względem kulturalnym, rzadko znajduje się w przyrodzie w czystym stanie. Jedynem źródłem żelaza rodzimego w przyrodzie są meteoryty, odłamki ciał niebieskich, spadające od czasu do czasu na ziemię. Żelazo meteoryczne zapewne po raz pierwszy dało poznać człowiekowi cenne własności tego metalu.

Na to wskazuje przynajmniej egipska nazwa tego metalu: „baaenepe“ (co znaczy pochodzący z nieba) i grecki wyraz „σίδηρος“. Ilości rodzimego żelaza z meteorytów są jednak bardzo nieznaczne. Przeważna jego ilość otrzymuje się z rud za pomocą procesów hutniczych, i pomiędzy temi rudami najważniejsza jest ruda żelazna magnetyczna.

Proces chemiczny przemiany tej rudy w żelazo, zatrudniający dzisiaj setki tysięcy rąk i głów, nie jest zupełnie prosty. W owych zamierzchłych czasach, o których tu mowa, wykonywano go na otwartym ogniu, po części zaś także w płytkich piecykach, zasilanych powietrzem z miechów. W piecykach tych ogrzewano rudę z drzewem, otrzymując stosownie do sposobu wykonywania tej operacyi stal albo żelazo.

W szczególności bogatym był Egipt starożytny w tego rodzaju piece hutnicze, co wskazuje następujący ustęp ze starego testamentu: „Was zaś wziął Pan i wyprowadził z żelaznego pieca, t. j. z Egiptu“. Najnowsze wykopaliska znalezione przez Flindersa Petrie, upoważniają nas do przypuszczenia, że Egipcyanie znali już żelazo na 3400 lat przed nar. Chr.

Oprócz żelaza najważniejszymi metalami była miedź i cyna oraz stop obu tych metali, bronz, pierwszy znany stop metaliczny. I one nie znajdują się w przyrodzie w rodzimym stanie, lecz muszą być otrzymywane z rud zapomocą procesów hutniczych. Otrzymywanie ich jest więc w zasadzie podobne do otrzymywania żelaza i stali. Co dotycze w szczególności bronzu, to ogólnie wiadomo, jak chętnie używano go w starożytności i używają dotychczas do wyrobu przedmiotów sztuki. Stop ten miał więc w rozwoju kultury bardzo wybitne znaczenie.

Jeżeli do metali, które poprzednio wyliczyłem, dodamy niewielką liczbę ich pochodnych ciał, otrzymywanych bądź to przez spalanie metali w powietrzu, przez stapianie ich z siarką, wreszcie przez działanie na nie octem na zimno, to wyczerpiemy prawie całkowicie ilość ciał, otrzymywanych w owych czasach sztucznie. Służyły one do rozmaitych celów, przeważnie zaś do leczenia i nadawania sztucznej piękności. Tak np. zarówno biel ołowiana jak i cynober były stosowane przez płeć piękną starożytnego Rzymu: pierwsza zamiast bielideł, drugi zamiast rużu.

Wiadomości praktyczne z chemii, jakiemi rozporządzały ludy starożytne, nie wyłączając nawet Greków i Rzymian, były zatem bardzo skąpe. Ilość ich wyda się nam wprost uderzająco małą, skoro zwrócimy uwagę na to, że ilość ciał, znanych nam dzisiaj i sztucznie przez nas otrzymywanych wynosi setki tysięcy, ilość zaś ciał, których coprawda nie znamy, które jednak na zawołanie możemy w każdej chwili otrzymać, jest niemal nieograniczona.

Zestawiając te dane, mamy prawo orzec, że o chemii, jako nauce, u starożytnych nie może być jeszcze mowy. Była ona rzemiosłem, wynajdowanem przypadkowo przez rozmaitych ludzi i przekazywanem z pokolenia do pokolenia przez tradycyę. W tej oko-

liczności upatrywać możemy przyczynę, dla której Grecy, czujący nieprzezwyciężoną niechęć do wszelkich rzemiosł, tak mało zajmowali się chemią.

Anegdota o wynalezieniu szkła, podana przez Pliniusza Starszego, jakkolwiek niekoniecznie prawdziwa, jest jednak bardzo charakterystyczna ze względu na sposób, w jaki wówczas dokonywano wynalazków. Podług Pliniusza szkło wynaleźli Fenicyanie. Okręt fenicki, naładowany sodą, przybił podczas burzy do ujścia rzeki Belus. Ponieważ na brzegu morskim nie znaleziono kamieni, więc ustawiono kotły do gotowania potraw na bryłach sody. Jak wielkiem jednakże było zdziwienie marynarzy, skoro po skończonym obiedzie znaleźli w piasku przezroczystą szklistą masę. To przypadkowe odkrycie zastosowane zostało przez sprytnych kupców fenickich do fabrykacyi szkła. I w rzeczywistości piasek z ujścia rzeki Belus słynął przez długi czas jako nader odpowiedni do szklarstwa. Oprócz hut, które powstały na miejscu, korzystały z niego chętnie i inne huty szklane.

Historya ta nie zasługuje na wiarę, jak wiele innych wiadomości, podanych przez pisarzy starożytnych. Nie ulega natomiast wątpliwości, że sztuka otrzymywania i wydymania szkła znana już była Egipcyanom; dowodzą tego wizerunki wydymaczy szkła, odkryte na pomnikach starożytnych.

Przypadek stanowił więc jedyne źródło wiadomości chemicznych u ludów starożytnych i stanowić je musiał dopóty, aż powstały pierwsze próby zestawienia pojedyńczych faktów w jedną całość, pierwsze próby naukowego objaśniania zjawisk chemicznych. Pierwsze zaczątki myśli naukowej musiały też powstać w starożytnym Egipcie. Dokładne badania pira-

mid egipskich, a w szczególności słynnej piramidy Cheopsa wydobyły na jaw wprost zdumiewające wiadomości naukowe tego ludu. Ale w Egipcie nauka nie stanowiła dobra ogólnego, lecz tylko przywilej jednej kasty, kasty kapłanów. Ci zaś starali się utrzymywać ją w ścisłej tajemnicy, wyzyskując ją gwoli własnej korzyści, a mianowicie po to aby zadziwiać ciemny lud wrzekomemi czarami i cudami. W ten sposób wraz z tą kastą wymarła i ich wiedza. Dopiero demokratyzacya wiedzy umożliwiła jej dalszy rozwój. Że zaś w Egipcie właśnie poszukiwać należy źródła wszelkich wiadomości naukowych starożytnego świata, a więc i początków chemii, dowodzi tego fakt, że wszyscy filozofowie i uczeni greccy zdobywali swą wiedzę w podróżach, a celem ich podróży był zawsze Egipt.

Przybywali oni tam, jak ów młodzian z balady szylerowskiej, którego gorące pragnienie wiedzy zapędziło do Saisu. Tutaj udawało im się pozyskać zaufanie kapłanów, nabyte wiadomości przywozili ze sobą potem do ojczyzny, i w ten sposób tajemnicza wiedza egipska przeszczepiona została do Grecyi, a stamtąd do Rzymu.

Grecy byli narodem daleko bardziej demokratycznym niż Egipcyanie. Nie wahali się rozpowszechniać swych wiadomości, zakładali szkoły, pisali dzieła, które pozostały po nich, jako pomniki ich naukowości.

Najwybitniejszym z greckich filozofów przyrody był bez wątpienia Arystoteles urodzony w Stagirze w r. 384 i zmarły w r. 322 przed nar. Chr. W dziełach swych starał się on objąć i uogólnić całkowitą wiedzę przyrodniczą owego czasu. Wpływ dzieł jego, a co więcej wprost ślepa wiara w ich nieomylność, utrzymały się aż do końca wieków średnich, tworząc tem

samem poważny szkopuł w rozwoju wolnej Nauki, która nie uznaje ni dogmatów, ni nieomylnych autorytetów.

Przedewszystkiem Arystoteles jest ojcem nauki o czterech „żywiołach“ (pierwiastkach) przyrody. W pojęciu Arystotelesa żywioł (element) przedstawia wprawdzie zupełnie co innego, niż to, co nauka dzisiejsza rozumie pod nazwą pierwiastku. Powstanie tego pojęcia jest jednakże nader charakterystyczne ze względu na sam rodzaj pierwotnego pojmowania przyrody.

Z punktu widzenia naiwnego empiryzmu Arystotelesa źródło wrażeń naszych stanowią nie ciała, lecz ich własności. One to działają na nasze zmysły. Arystoteles rozróżnia cztery własności pierwotne, nazwane przezeń żywiołami:

ciepło, zimno, suchość, wilgotność.

Przez wzajemne zestawianie tych własności w rozmaitych stosunkach powstają wszelkie możliwe ciała o najrozmaitszych własnościach szczególnych. Tak np.

ciepło + suchość = ogień
ciepło + wilgotność = powietrze
zimno + suchość = ziemia
zimno + wilgotność = woda

Ogień, powietrze, ziemia i woda są to właśnie te ciała, które przez wielu uważane są za pierwiastki Arystotelesa. Jak z tego widać, mylnie, gdyż Arystoteles uważał pierwiastki nie za ciała, lecz za własności ciał.

Na zasadzie teoryi czterech pierwiastków Arystoteles mógł objaśnić niektóre zjawiska przyrody, np. gotowanie wody. Wiemy z codziennego doświadczenia, że woda, będąc ogrzaną, poczyna wrzeć i ulatnia się wreszcie. Arystoteles uważał parowanie za przemianę wody w powietrze i tłomaczył sobie to zjawisko w taki sposób, że woda, będąc wilgotną i zimną, przez ogrzanie zamienia się na ciało wilgotne lecz ciepłe. Temu zaś warunkowi odpowiada, jak to widać z powyższej tabelki, powietrze.

Wprawdzie nie brakło zjawisk i faktów, których nie można było wtłoczyć do powyższego schematu. To jednakże nie mogło osłabić w pojęciu filozofa greckiego wartości samej teoryi, gdyż podług ówczesnych poglądów nie myśl powinna się stosować do przyrody, lecz przeciwnie przyroda podlegać winna myśli ludzkiej.

Mimo to nawet i jemu nie mogło być obcem, że ilość tych pierwiastków była za mała. Wkrótce też dołączył do owych czterech pierwiastków jeszcze jeden—nieokreślony. Ten pierwiastek otrzymał nazwę piątego pierwiastku, po łacinie quinta essentia. Od tej nazwy powstał w następstwie wyraz kwintesencya, który grał ważną rolę w dociekaniach średniowiecznych alchemików i zachował się do dziś dnia. W układzie Arystotelesa oznaczał on coś duchowego, coś w rodzaju eteru.

W zastosowaniu do człowieka teoryę przyrody Arystotelesa uzupełnił lekarz grecki, Klaudyusz Galenus, ur. w r. 121 po nar. Chr. Podług niego człowiek składa się również z tych samych czterech pierwiastków, co inne ciała przyrody. W zdrowym organizmie pierwiastki te muszą się znajdować w ściśle określonym stosunku. Biada temu, kto posiada nadmiar jakiegokolwiek z nich, lub komu brak jednego. Skutki takiego nieprawidłowego stosunku odczuwać się dają w nader nieprzyjemny sposób, jako różnego rodzaju dolegliwości i choroby. Stąd prosta recepta na leczenie tych ostatnich: dość sztucznie wprowadzić do or-

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA

ganizmu ten właśnie pierwiastek, którego brak wywołał chorobę. Oto pierwsza próba zdania sobie sprawy z istoty chorób i pierwszy początek ich racyonalnego leczenia. Poglądy Galena znalazły wyraz w nauce o temperamentach: flegmatycznym, sangwinicznym, cholerycznym i melancholicznym. Nauka ta przeżyła filozofię Arystotelesa i, jak w następstwie zobaczymy, cieszyła się zupełnem uznaniem sfer lekarskich jeszcze w początkach nowszych czasów.

Nie ulega kwestyi: dziś dziwić się możemy dziecięcej naiwności ówczesnych mężów nauki, którzy śmiało budowali teorye i układy filozoficzne, nie troszcząc się bynajmniej o liczne sprzeczności, na jakie te teorye trafiały w życiu. A jednak faktem jest, że te pierwsze zaczątki wiedzy chemicznej były owem ziarnem, z którego wykwitły w następstwie wielkie dzieła, dziś przez wszystkich podziwiane. Wprawdzie — i na to pragnę tu zwrócić szczególną uwagę — ten rozkwit wiadomości chemicznych umożliwiony został nie przez dalsze rozmyślania nad ideami Arystotelesa, nie przez filozofię i metafizykę, ale przez *poszukiwanie nowych zasadniczych faktów*, przez odkrycie nowych ciał i przez udoskonalenie sposobów przemiany jednych ciał w drugie.

Powstanie takiej dążności do rozszerzenia praktycznej wiedzy chemicznej nie było możliwe bez bodźca materyalnego. Nie wystąpiłaby owa dążność z tą nieprzepartą siłą, gdyby brakło jej nęcącego celu, dla którego osiągnięcia geniusz i talent nie szczędził pracy i znoju. Sztuka chemiczna musiała się przeobrazić z przypadkowego próbowania w celową działalność. I oto powstał wyrazisty, nęcący cel tej nauki pod nazwą „kamienia filozoficznego“. Czemże był ów

kamień filozoficzny, czemu był on tak upragniony i jak go starano się odnaleźć?

Nie był to właściwie żaden kamień, lecz ciecz, pewnego rodzaju eliksir o cudownych własnościach. Główna jego własność polegała na tem, że niewielka ilość tego eliksiru miała wystarczać do przemiany nieskończenie wielkich ilości metali nieszlachetnych, jako to: żelaza, miedzi i t. p. w metale szlachetne, w srebro i w złoto. Ale tego niedosyć. Kamień filozoficzny miał leczyć choroby, obdarowywać tych, którzy go używali, długowiecznością. Złych ludzi miał on czynić dobrymi, grzeszników — bogobojnymi, skąpców zamieniać w szczodrych. Kamień ten miał z głupich czynić mędrców, smutek zamieniać w radość. Cenny zaiste był to eliksir. Cóż w tem dziwnego, że panująca podówczas bezwzględna wiara w jego rzeczywiste istnienie zrodziła w tylu mężach nieprzepartą chęć otrzymania go za jakąbądź cenę.

Skąd powstała ta wiara? Skąd przyszła i kiedy? Późniejsi alchemicy — tak nazywano poszukiwaczy tego drogiego kamienia — starali się, podobnie jak świeżo uszlachceni parweniusze, rodowód swój wyprowadzić od jaknajdawniejszych pokoleń, najchętniej zaś od postaci biblijnych.

A więc Mojżesz był alchemikiem, gdyż w pustyni zamienił gorzką wodę w słodką, ale także i dlatego, że rozgniewany na dzieci Izraela, zamienił ich złotego cielca w płyn, który im pić kazał. Kto złotego cielca mógł zamienić na ciecz, ten potrafi też odwrotnie z cieczy otrzymać złoto, i oto mamy alchemistę.

Pomijając jednak tego rodzaju fraszki, które w wiekach średnich brane były zresztą na seryo, mamy prawo twierdzić, że sama myśl przemiany nieszla-

chetnych metali na złoto istnieć musiała oddawna. Marzenie o przyjściu złotego wieku na ziemię odbija się, jak widzieliśmy, w najróżniejszych podaniach z czasów przedhistorycznych. Ale i fakty zdawały się dostarczać wymownych dowodów możliwości urzeczywistnienia tej myśli. Przedewszystkiem powstawanie stopów metalicznych.

Przez stopienie mieszaniny z 9 części miedzi i 1 części cyny, którą ogrzewam w tym oto tygielku z porcelany, otrzymuję stop, który, jak panowie i panie widzicie, posiada zupełnie odmienne, a mianowicie cenniejsze własności niż sama miedź lub cyna. Po oszlifowaniu stop ten nabiera połysku, podobnego do połysku złota.

Jest to bronz, stop, o którego znaczeniu w rozwoju kultury ludów starożytnych już wzmiankowałem, a który i dziś jeszcze nie stracił na wartości. Ale podczas kiedy dziś wiemy, że ani bronz, ani inne stopy nie są *czystemi* metalami, lecz *mieszaninami*, podczas kiedy dzisiaj w teoryi i praktyce przeprowadzamy ścisłą granicę pomiędzy tego rodzaju mieszaninami a ich częściami składowemi, w starożytności nie uświadamiano sobie dostatecznie tej różnicy i uważano przemianę miedzi w bronz za pewnego rodzaju uszlachetnienie tego metalu.

Nauka Arystotelesa o żywiołach nadała wierze w przemianę metali pieczęć pewnika naukowego. W świetle tej nauki bowiem istotnemi częściami składowemi wszelkich ciał są różne ich własności. Pozbawiając więc ciało pewnych własności, a dodając mu innych, przemienić je możemy w inne ciało. I oto nauka ta wskazała poniekąd drogę, która prowadzić miała do celu, który dzisiaj nie bez słuszności uważamy

za niedościgniony. Metoda, ogólnie przez adeptów fabrykacyi złota stosowana, zmierzała więc do tego, aby zapomocą rozmaitych operacyj chemicznych, uwolnić własności od substancyi, a następnie w dowolnej ilości udzielać ich innym substancyom. W ten sposób procedura fabrykacyi złota była w istocie rzeczy tylko rozdzielaniem i oczyszczaniem rozmaitych ciał. Jak poważne skutki pociągnęła za sobą ta niewinna czynność, o tem się wkrótce przekonamy.

Sztuka robienia złota nie była nową. Dążenia w tym kierunku istniały już śród kapłanów egipskich. Wyraźniej jeszcze wystąpiły w pierwszych wiekach po nar. Chr. śród uczonych sławnej akademii Aleksandryjskiej. Od Egipcyan i Aleksandryjczyków sztuka ta przeszła do zdobywców tego kraju, którzy w pierwszem tysiącleciu po narodzeniu Chrystusa wywarli decydujący wpływ na całą cywilizacyę zachodniej Europy, — do Arabów.

U Arabów spotykamy też po raz pierwszy nazwę alchemii. Do wyrazu „chemia“, który zdaje się być egipskiego pochodzenia i oznaczać ma „naukę egipską“, dodali oni arabski przedimek „al“.

Mężem, który po raz pierwszy wyłożył w pismach myśl o przemianie metali oraz sposoby, stosowane przez siebie do urzeczywistnienia tej myśli, a którego pisma przeszły do potomności, był uczony arabski *Geber*, zwany po arabsku Abu-Mussa-Dżafar-al-Sofi. Mąż ten, którego żywot okryty jest mgłą i o którym wiemy tylko to, że wykładał medycynę w drugiej połowie ósmego stulecia w akademii arabskiej w Sewilli, musiał jednakże posiadać bogaty zasób wiedzy i talent niepowszedni. Pisma po nim pozostałe dowodzą tego niezbicie.

Jemu to zawdzięczamy znajomość najważniejszych substancyj, odczynników, bez których dziś żadna pracownia naukowa, żadna gałąź przemysłu chemicznego obejść się nie może, a więc kwasów siarkowego i azotowego oraz wody królewskiej. On to pierwszy nauczył nas otrzymywać sztucznie sole, ałun, witryole i t. p.

Geber był sumiennym badaczem. Wszystkie obserwacye opisywał otwarcie i jasno. A przytem był tak skromny, że nigdzie nie wymieniał własnych zasług, odkryć, które sam po raz pierwszy dokonał. Obie te zalety: otwartość i skromność rychło zanikły u jego następców.

Źródła. *H. Kopp*, Geschichte der Chemie 4 tomy. Brunświk, 1843.

H. Kopp, Die Alchemie in älterer und neuerer Zeit. 2 tomy. Heidelberg, 1886.

M. Berthelot, Origines de l'alchimie. Paryż, 1885.

M. Berthelot, La chimie au moyen âge, 3 v. Paryż, 1893.

L. Beck, Geschichte des Eisens, t. I. Brunświk, 1884.

F. Strunz, Vorgeschichte und die Anfänge der Chemie. Lipsk, 1906.

F. Strunz, Naturbetrachtung und Naturerkenntnis im Altertum. Hamburg — Lipsk, 1904.

F. Dannemann, Grundriss der Geschichte der Naturwissenschaften, 2 tomy. Lipsk, 1902.

A. Ladenburg, Vorträge über die Entwickelungsgeschichte der Chemie. Brunświk, 1907.

E. v. Meyer, Geschichte der Chemie. Lipsk, 1895.

W. Ostwald, Leitlinien zur Geschichte der Chemie, Lipsk, 1907.

WYKŁAD DRUGI.

Sztuka robienia złota. Aptekarze i lekarze.

Treść: Rzut oka wstecz. — Wyliczenie alchemików. — Ogólna charakterystyka alchemików. — Ich losy. — Ich błędy. — Metody przez nich stosowane. — Oczyszczanie substancyj. — Wyliczenie ciał nowo-odkrytych. — Wpływ alchemii na rozwój poglądów teoretycznych. — Zdobycze praktyczne. — Wynalazek porcelany. — Początki chemii lekarskiej. — Paracelsus. — Jatrochemicy.

Panie i Panowie.

Historya chemii ilustruje w poglądowy sposób zaczątki wiedzy ludzkiej. Do rozszerzenia wiadomości skłania człowieka nie dążenie do prawdy (jak to często utrzymują) — ale pobudki natury materyalnej: usiłowanie zaspokojenia potrzeb pierwotnych. Dążenie do udogodnienia i uprzyjemnienia sobie życia zniewala pierwotnego człowieka do korzystania ze spostrzeżeń, narzucanych mu przez przyrodę i w ten sposób powstają pierwsze zaczątki wiedzy, jako nauki stosowanej. Przemysł i rzemiosła ludów starożytnych, Babilończyków, Asyryjczyków i Egipcyan, dostarczają nam w tym względzie licznych przykładów.

Ale w miarę wzrostu ilości i rozmaitości tych

przypadkowych odkryć i spostrzeżeń, w życiu praktycznem stosowanych, powstaje też z żelazną koniecznością pragnienie ich uporządkowania. Umysł ludzki stara się bowiem o oszczędność w wydatkowaniu sił, a porządek wiadomości jest dlań tem, czem porządek w mieszkaniu dla gospodarnej pani domu.

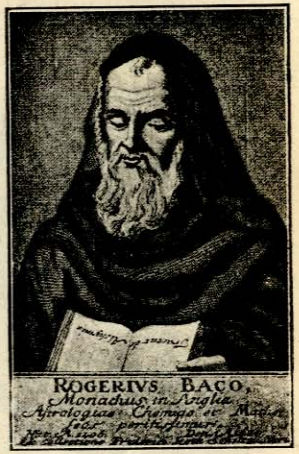
Pierwsze próby w tym kierunku ograniczają się na przypisywaniu zjawisk przyrody bóstwom. Ale rychło objaśnienia tego rodzaju okazują się niezadawalającemi. Są one jeszcze dobre dla ludu, aby lud ten utrzymać w karności i w strachu przed mocarzami. W oczach inteligencyi owych czasów, czyli kapłanów, nie zasługują już na wiarę. Zjawia się potrzeba nowych sposobów objaśniania zjawisk.

Z zestawienia i uporządkowania nabytych wiadomości powstaje pierwszy zaczątek wiedzy. Chowana zazdrośnie przez kapłanów egipskich, jako źródło ich mocy, dostaje się ona dzięki ówczesnym środkom komunikacyjnym do Grecyi, gdzie ogłaszają ją publicznie z mównic, opisują ją w dziełach. Powstają w ten sposób znakomite układy filozofów greckich, stanowiące doskonałe odbicie całokształtu nauk ówczesnych. W szczególności jeden z nich, a mianowicie układ Arystotelesa, zdołał wywrzeć niezmierny wpływ na następne pokolenia; adoptowany przez chrześcijaństwo, rozpostarł swą moc samowładną na długie wieki.

I w istocie trudno zaprzeczyć, że nauka Arystotelesa, np. rozkład ciał na ich własności, przedstawia na owe czasy krok bardzo znamienny. Jakkolwiek od tego czasu poglądy nasze na istotę pierwiastków uległy zupełnej zmianie, jednakże w nowoczesnych kierunkach filozoficznych,—o których później nieco obszerniej opowiem,— zauważyć się dają niewątpliwe podobieństwa do idei Arystotelesa.

Ale człowiek owego czasu zbyt jest podobny do dziecięcia. Odurzony znakomitem powodzeniem uogólnień, odrzuca zupełnie doświadczenie. Myśl, pojęcie jest dlań wszystkiem, spostrzeżenie, doświadczenie — niczem. Wszystko, cokolwiek zdaje się przeczyć nauce Mistrza, zostaje odrzucone lub mylnie tłumaczone, i oto zarodek, rokujący tak świetne nadzieje, zamienił się w okowy myśli ludzkiej, które pod nazwą scholastyki wstrzymały wszelki rozwój wiedzy niemal do końca wieków średnich.

Rys. 3. Albertus Magnus.

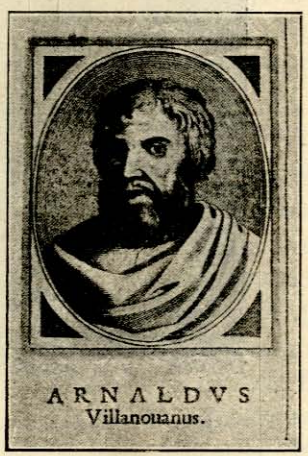


Rys. 4. Roger Baco.

Wiadomo, jak ciężką walkę toczyć musieli wielcy przyrodnicy z okresu odrodzenia: Kopernik, Galileusz, Bakon, zanim zdołali przywrócić doświadczeniu przynależne mu znaczenie.

W owych czasach, kiedy to nauki przyrodnicze, pogardzane i poniewierane leżały prawie zupełnie odłogiem, w jednej tylko dziedzinie zajmowano się zbieraniem faktów i postępami wiedzy realnej: w chemii. Nie była to wprawdzie chemia właściwa, lecz raczej jej latorośl, dziwne połączenie mrówczej pracy z pełnym przesądów mistycyzmem. Była to *alchemia.*

Powstanie zaś tej latorośli wywołane było znów przez pobudki materyalne: chęć wzbogacenia się, pragnienie zachowania zdrowia, przedłużenia życia i t. p. Zasadzona przez arabskiego uczonego Gebera, odkrywcę kwasów i soli, znajduje wkrótce licznych apostołów, których rzesza rozpościera się aż do najnowszych czasów. Nawet umysły tego pokroju, co Gete, nie potrafiły się oprzeć jej urokowi. Poszczególna charakterystyka wszystkich tych mężów, ich prac i utopij zaprowadziłaby nas zbyt daleko. Ograniczę się przeto do wyliczenia nazwisk najsłynniejszych alchemików i ogólnego naszkicowania ich działalności. Są to:



Rys. 5. Arnoldus Villanovanus.

Geber w VIII stuleciu, arab.

Albertus Magnus (duchowny, ur. r. 1193, zm. w r. 1280), niemiec.

Roger Baco (duchowny, ur. r. 1214, zm. w r. 1284), anglik.

Arnold Villanovanus (lekarz, ur. r. 1235, zm. w r. 1312), działał we Francyi i w Hiszpanii.

Raymund Lullus (duchowny, ur. r. 1235, zm. w. r. 1315), działał we Włoszech i w Hiszpanii, wreszcie

Bazyli Valentinus (duchowny), żył w XV stuleciu w Niemczech.

Kto byli ci mężowie? Jaki los przypadł im w udziale? Jakiemi środkami dążyli do celu i co udało im się osiągnąć? Oto pytania, które nasuwają się same przez się wobec wymienionych tu imion.

Rys. 6. Raymund Lullus.

Przytoczone tu dane uwidoczniają, że sztuką robienia złota zajmują się przeważnie lekarze i duchowni, zajmują się z zapałem i z wiarą w możność urzeczywistnienia tej idei. Takimi byli najznakomitsi śród nich. Lecz później, kiedy alchemia weszła w modę, szereg ich powiększyły osobistości nader rozmaitej wartości moralnej.

Kopp, autor klasycznego dzieła o historyi chemii powiada.

„Wyznawcy i promotorowie alchemii rekrutują się ze wszelkich stanów. Cesarze i królowie, ubodzy włóczędzy, duchowni i lekarze, wreszcie niezależni miłośnicy przyrody konkurują w tem zajęciu. Świątynie tej nauki znajdujemy to w klasztorach, to w apte-

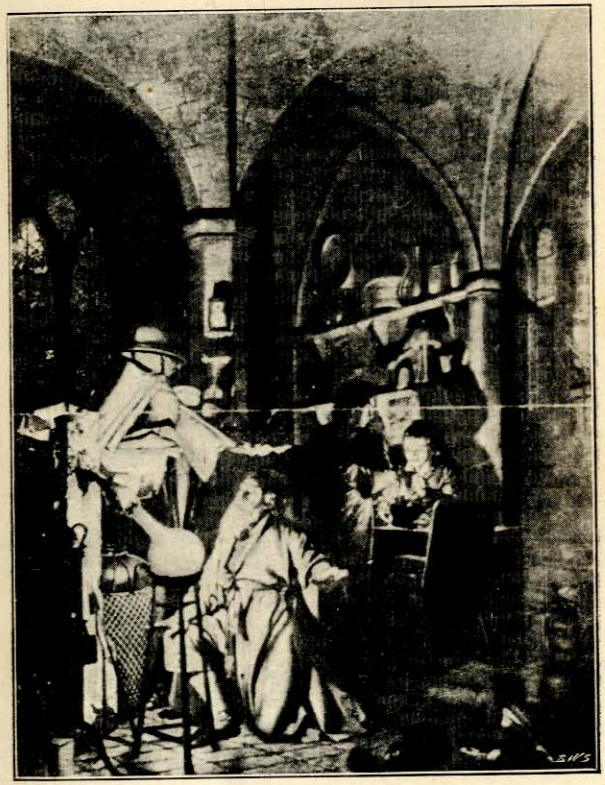
kach. Jej kapłani składają się z oszustów i rycerzy fortuny, obok których trafiamy jednak i na istotnych uczonych".

Dziwne w istocie były losy chemii w owych czasach.

„Niewiele jest nauk – pisze tenże badacz – któreby od swego początku aż do naszych czasów miały do zwalczenia tyle trudności, związanych ze swem założeniem i udoskonaleniem. Niewiele jest nauk, któreby tak dalece wahały się pomiędzy ostatecznościami, jak chemia. Raz stanowi ona zajęcie, otoczone ogólną pogardą, to znów jest nauką, najbardziej ze wszystkich nauk poważaną. To odmawiają jej wszelkiej wartości naukowej; miłośnicy prawdy widzą w niej źródło niezliczonych błędów, prześladują z całą surowością prawa, chłoszczą ironią, wielcy i możni skazują jej adeptów na wygnanie, a kościół grozi wyklęciem, to znów jest ona bożyszczem, przed którem skłaniają się wszystkie stany — wiedzą, od której każdy oczekuje bogactw i prawdy. Praktyki jej muszą się odbywać w ścisłej tajemnicy, to znów znajduje ona jawne poparcie. Jej wpływ i zastosowania też są zmienne. Raz pojawia się w otoczeniu najgorszych

Rys. 7. Basilius Valentinus.

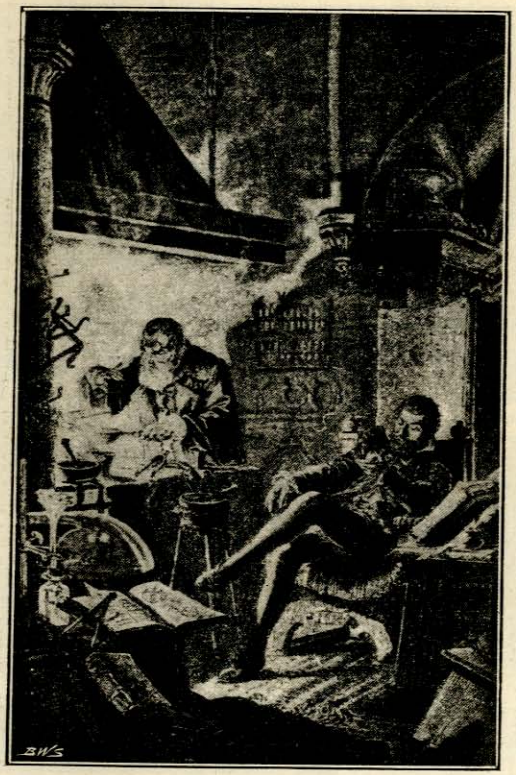
przesądów i służy do utrzymania wiary w ich prawdziwość, to znów staje się najpotężniejszem narzędziem do ich niszczenia. Raz stosują ją gwoli popar-



Rys. 8. Mnich - alchemik.

cia mistycyzmu i waryackiej teozofii, to znów uważają ją za podstawę najskrajniejszego materyalizmu. Tu chciwość stanowi pobudkę do zajmowania się nią, tam znów czyste pragnienie wiedzy. To farmacya, to

znów spekulacya finansowa stara się ją opanować. To spodziewają się po niej gór złota, to znów dążą za jej pomocą do podniesienia przemysłu i bogactwa na-



Rys. 9. Elektor Jan Jerzy u Thurneyssera.

rodowego. To ma rzeczy niemożliwe urzeczywistniać, sztucznie tworzyć żywe stworzenia, rośliny budzić do życia z popiołów, to znów zostaje zaniechana nawet w tych wypadkach, kiedy istotnie potrafiłaby wskazać

środki do osiągnięcia zamierzonych celów i przynieść korzyść rzetelną".

A jak różnorodne były losy tej wiedzy, tak samo

Rys. 10. Torturowanie alchemika w celu wydostania odeń tajemnicy.

zmienny był też i los jej adeptów. Niewielu było dosyć ostrożnych, aby nie wzbudzili zawiści lub gniewu możnych. Niewielu też doczekało późnego wieku i zmarło śmiercią naturalną. Większość — mniej

ostrożna, wzbudzała posądzenia Kościoła, wpadając w podejrzenie o utrzymywanie stosunków z dyabłem. Inni znów wywoływali chciwość książąt, którzy gwałtem pragnęli wydrzeć swym ofiarom domniemaną ich tajemnicę. Stos, szubienica lub więzienie dożywotnie przypadały im zazwyczaj w udziale; szczęśliwsi odkupowali swą winę wygnaniem lub dobrowolną ucieczką. Stan chemika nie był więc podówczas bezpieczny.

Karol Engler, któremu zawdzięczamy piękną monografię o kamieniu filozoficznym, powiada:

„W szczególności niebezpieczne było stanowisko adeptów alchemii na dworach. Jeżeli bowiem po wielu nieudanych próbach wyznawali otwarcie, że nie są dostatecznie ze sztuką robienia złota obeznani, wówczas wypędzano ich sromotnie. Jeżeli zaś rozmaitemi sposobami wyprowadzali swych panów w pole, a więc robili fałszywe złoto, lub pozornie otrzymywali od czasu do czasu drobne ilości złota, podsypując zapomocą zręcznych fortelów nieco czystego złota do naczyń, to albo zamykano ich w więzieniu i torturowano dla wydostania od nich sekretu, skoro wybiegi ich miały powodzenie, albo też, jeżeli fortel został wykryty, karano ich srogo, bezlitośnie. Za grubsze oszustwa kara polegała często na tem, że odziani w szaty oblepione szychem wieszani bywali na pozłacanych szubienicach“.

Podobnego losu doznał szkocki szlachcic, nazwiskiem Aleksander Setonius. Około 1602 r. wykonał on w Holandyi szereg udatnych transmutacyj, czyli przemian nieszlachetnych metali w złoto. To rozniosło jego sławę po świecie i w kilka lat później spotykamy go w Sztrasburgu, gdzie zamieszkał u pewnego znanego złotnika, Guestenhoefera, trudniąc się fabrykacyą złota. Przed wyjazdem Setonius, chcąc się wywdzięczyć gospodarzowi za gościnę, pozostawił mu nieco kamienia filozoficznego, i oto Guestenhoefer zaczął trudnić się alchemią. O tem dowiedział się cesarz Rudolf II i sprowadził Guestenhoefera do Pragi. Ale, niestety, kamień filozoficzny, pozostawiony mu w darze przez Setoniusa, wyczerpał się, wszelkie próby transmutacyi nie udawały się, i Guestenhoefer dokonał żywota w więzieniu.

Nietylko jemu kamień setoniusowski przyniósł zgubę miast oczekiwanych bogactw i zaszczytów. Samego Setoniusa losy zaniosły aż do Saksonii. Elektor saski Chrystyan II, omamiony przez zręczne eksperymenty alchemiczne, uznał za najpewniejszy środek zabezpieczenia dla siebie drogocennej tajemnicy zamknięcie wynalazcy w więzieniu. Ale Setonius wytrwale bronił swego sekretu, pomimo że torturowano go niemiłosiernie dopóty, dopóki nie uznano, że dalsze tortury tylko śmierć biedaka mogą sprowadzić.

W tym samym właśnie czasie na dworze drezdeńskim bawił Michał Sędziwoj, szlachcic polski. Cieszył się on wielkim wpływem, i dzięki temu udało mu się otrzymać pozwolenie odwiedzania więźnia. Przy pomocy Sędziwoja, udało się Setoniusowi uciec z więzienia. Obaj szczęśliwie dostali się do Krakowa, gdzie jednakże Setonius wkrótce umarł wskutek doznanych obrażeń.

Sędziwoj odziedziczył po nim znaczną ilość kamienia filozoficznego, z którym zaczął eksperymentować na własną rękę. W 1604 roku rodak nasz udał się do Pragi, aby nasycić żądzę złota cesarza Rudolfa II.

Uspiłt ącesarzowi nawet nieco „tynktury“, zapomocą której ten ostatni mógł własnoręcznie przekonać się o „*możliwości*“ przemiany metali w złoto. Że transmutacye te uchodziły za udatne, tego dowodzi płyta marmurowa w tej samej sali zamku w Pradze, w której doświadczenia te wykonywano, z napisem:

Faciat hoc quispiam alius,
Quod fecit Sendigovius Polonus.

(Niech wykona ktokolwiekbądź, co wykonał polak Sędziwoj).

Sędziwoj nie zadowolił się tem, że miał w ręku kamień, który mógł go wzbogacić. Ambicya zniewoliła go do udawania, że sam posiadł sztukę robienia kamienia filozoficznego. Więc książęta dobijali się o jego wizyty. Z Pragi powołano go do Sztutgartu. W Sztutgarcie działał dotąd na dworze książęcym nadworny alchemik von Müllenfels. Ten był z zawodu balwierzem, ale wiedząc, że można uchodzić za znakomitego alchemika, bez wszelkiej nawet znajomości sztuki sporządzania kamienia filozoficznego, obrał sobie ten zawód. W Sędziwoju widział on współzawodnika umiejętnego, a więc niebezpiecznego dla swego stanowiska. Postanowił go więc zgładzić i w tym celu wmówił weń, że książę pragnie wymódz na nim tajemnicę tak, jak to uczynił elektor saski z Setoniusem. Pod wpływem pogróżek Sędziwoj postanowił uciec. Na to tylko czekał chytry szarlatan. Znając plany Sędziwoja, zdradził go w haniebny sposób. Napadł go bowiem w drodze, zrabował mu zapas cennego kamienia i na domiar uwięził. Sam zaś z łupem swoim począł uchodzić za istotnego adepta i sowicie został wynagrodzony.

I jego nie minęła kara. Sędziwoj zręcznie umknął z niewoli. Znalazłszy się na wolności, opisał księciu swe

przygody i oszustwa Müllenfelsa. Ten ostatni został zaaresztowany, zmuszony do przyznania się do winy i powieszony na żelaznej „szubienicy alchemików“. Sędziwoj jednakże nie otrzymał z powrotem skradzionego kamienia. Dalsze próby transmutacyj nie udawały się, a te przypadki, które doprowadziły do pomyślnych wyników, polegały na oszustwie. Mimo to nie stracił on uznania, a nawet napisał kilka dzieł o sztuce robienia kamienia filozoficznego przed śmiercią, która nastąpiła w roku 1646 [1]).

Czy więc dziwić się mamy, że alchemia z czasem zeszła z wysokiego piedestału nauki, na jakim postawił ją Geber, na stanowisko kuglarstwa? Nauka, jak roślina, wymaga pieczołowitego pielęgnowania, powietrza i słońca. Prawda stanowi jej cel i środek zarazem. Biada temu, kto zamierzy stosować ją do celów niegodnych. Sam broń kuje ku własnej zagładzie.

Wieki średnie jednak, opanowane przez scholastykę, popierające wszelaki przesąd, gniotące wszelką myśl wolną, nie mogły stanowić należytego pola do rozwoju nauk. I w ten sposób alchemia stała się też podporą przesądów, oszustwem, a nie wiedzą.

W miarę tego, jak poczęły się mnożyć zmyślone wieści o znalezieniu kamienia filozoficznego, poczęto się uganiać za coraz nowemi dziwami, a że ich nie znajdowano, a wobec powierzchowności badań ówczesnych, nawet odnaleźć nie umiano, przeto starano się dowieść istnienia rzeczy najniemożliwszych.

A więc powstała palingenezya, czyli sztuka odradzania roślin z popiołu, a dalej próby sztucznego wy-

[1]) Do Polski alchemia zaniesiona została przez zakony: w połowie 15-go stulecia dominikanin Wincenty *Koffski* († 1488) wydał dzieło alchemiczne, z którego wynika, że znane mu już były arkana tej wiedzy.

twarzania człowieczka, syntezy t. zw. „homunkulusa".

Nie potrzebuję chyba dodawać, że wszystkie te mniemane cuda polegały na oszustwie. Podczas syntezy człowieczka np., kiedy zmieszano już najrozmaitsze ingredyencye i poddano je oddziaływaniu, któryś z pracowników wrzucał zręcznie do naczynia malutki szkielet dziecka z kości słoniowej, poczem zapewniał obecnych, że człowieczek już istniał, lecz zmarł z braku pokarmu.

Jeśli przeto tego rodzaju fakty uznać należy za wystarczające do scharakteryzowania ducha ówczesnego pokolenia oraz rodzaju zagadnień, jakie wówczas wzbudzały ogólne zainteresowanie (a bodaj i dziś jeszcze budzić go nie przestały), to z drugiej strony gruba *forma* tych oszustw stanowi wymowne świadectwo zupełnego braku krytyki śród ówczesnej publiczności.

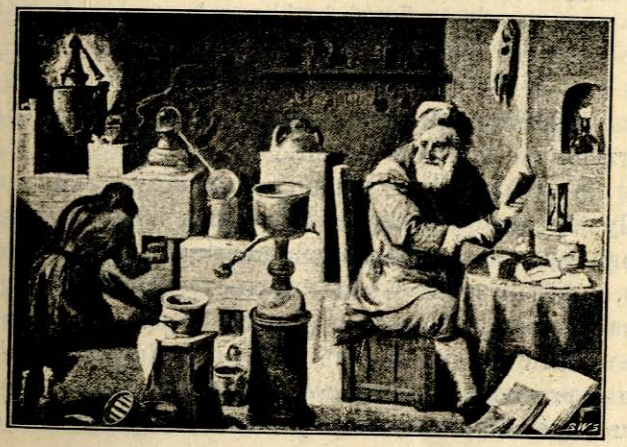
Za niezbity dowód możliwości przemiany metali uważano następujące doświadczenie, któremu sądzonem było odegrać później wybitną rolę w rozwoju pojęć chemicznych.

Skoro ostrze stalowego noża zanurzymy w niebieskim roztworze koperwasu miedzianego, pokrywa się ono, jak widzimy, czerwonym osadem. Jest to osad miedzi. Wówczas widziano w tem zjawisku wprost przemianę żelaza w miedź, i dopiero w późniejszych czasach utrwalił się pogląd, że mamy tu do czynienia nie z przemianą żelaza, ale raczej z wymianą żelaza na miedź, istniejącą już w niebieskim roztworze koperwasu miedzianego.

A inne mniemane przemiany metali były jeszcze prostszej natury. Oto brano np. srebro, zawierające domieszkę złota, co wówczas było nader trudne do stwierdzenia, i po wielu operacyach wydobywano zeń

to samo złoto, które się w niem pierwotnie znajdowało, jako rzekomy wytwór przemiany srebra.

W ogólności domieszki i zanieczyszczenia używanych ingredyencyj przyczyniały się w znacznej mierze do złudzeń samych adeptów alchemii. W ten sposób tylko można wytłomaczyć, że wielu z nich posiadało szczerą wiarę w istnienie kamienia filozoficznego.



Rys. 11. Pracownia alchemiczna.

Skoro jednak zapomnimy na chwilę o tych licznych błądzeniach umysłów ludzkich, to nie wolno nam opuścić tego rozdziału historyi chemii bez wskazania i dodatnich wyników, osiągniętych — wprawdzie mimowolnie i nieświadomie — przez sumiennych badaczów ówczesnej epoki. Boć one to właśnie stanowią ów fundament, na którym wspierają się odkrycia następnych pokoleń.

Na czemże polegały te mimowolne zdobycze?

1) na wydoskonaleniu środków wywoływania zjawisk chemicznych,

2) na powiększeniu ilości ciał, sztucznie otrzymywanych, i

3) na poznaniu ciał nowych zdatnych do praktycznego zastosowania.

Udajmy się na chwilę do owej fantastycznej pracowni alchemika, tak wiernie przedstawionej w znanej scenie z Fausta, przenieśmy się myślą do owego świata,

„pełnego flaszek i szklaneczek,
„i zapylonych instrumentów,
„a w nich bez liku śmieci starych".

Spójrzmy, jak alchemicy dążyli do swego celu, do otrzymania kamienia filozoficznego.

Wszelkie próby rzekomej przemiany metali opierały się, jak to już poprzednio zaznaczyłem, na przekonaniu — nie pozbawionem zresztą pewnej dozy sensu, — jakoby przez wielokrotne oczyszczanie ciał można było wydzielić z nich pewne własności i własności te udzielić innym ciałom. *Więc procedura alchemiczna — przynajmniej w rękach rozsądnych alchemików — przedstawiała w swej istocie procedurę oczyszczania ciał.*

Chcąc jednak należycie ocenić doniosłość tej czynności, wykonywanej wówczas przez alchemików nieświadomie, mimowolnie, — musimy zwrócić uwagę, jak dalece nieczysta jest otaczająca nas przyroda — naturalnie nie w moralnem znaczeniu tego wyrazu, lecz w tem znaczeniu, w jakiem używają go powszechnie w chemii.

Niechaj mi wolno będzie uzasadnić to napozór paradoksalne twierdzenie na kilku przykładach.

Znamy wszyscy wodę z codziennych a tak urozmaiconych zastosowań. Otóż wiadomo, że ciało to posiada najrozmaitsze własności, zależnie od pochodzenia. Woda studzienna jest „twarda", woda zaś deszczowa „miękka". Woda morska jest słona, woda zaś rzeczna lub źródlana — „słodka", czyli właściwie pozbawiona smaku. Różnice te pochodzą stąd, że woda naturalna nie jest czysta: jest ona mieszaniną kilku a nawet kilkunastu ciał; te zaś bywają różne w rozmaitych gatunkach wody, — różne zarówno pod względem jakości, jako też ilości. Nawet kryształowa woda źródeł zawiera nie mniej nad tuzin różnych substancyj, a t. zw. czysta woda aptekarzy, którą dawniejsi lekarze obficie przepisywali swym pacyentom pod nazwą „aqua destillata", zawiera ich jeszcze nie mniej nad pół tuzina.

We wszystkich tych mieszaninach, znanych pod nazwą ogólną „wody", woda stanowi też w istocie główną część składową, najważniejszą, ale nie jedyną. Nic więc dziwnego, że te rozliczne mieszaniny stosownie do ilości i do rodzaju zawartych w sobie domieszek okazują zupełnie różne własności. Czysta, prawdziwie chemicznie czysta woda jest ciałem niezmiernie rzadkiem, i ci, którzy mieli z nią do czynienia, utrzymują — naturalnie żartem, — że dość na nią spojrzeć, aby ją zanieczyścić. W każdym zaś razie wystarcza wprowadzić ją na krótki czas w zetknięcie z powietrzem, albo nalać ją do szklanego naczynia, aby niebawem módz stwierdzić zmianę jej własności naturalnych, wywołaną przez zanieczyszczenie.

A cóż dopiero powiedzieć o powietrzu. Już powonienie przekonywa nas, że powietrze pracowni chemicznej różni się od powietrza, znajdującego się poza obrębem tego gmachu. A i to powietrze ma zapach zupełnie inny niż powietrze leśne, lub to, które nam przynosi świeży powiew wiatru morskiego. Lecz w po-

jęciu chemika nawet najczystsze powietrze przedstawia — przepraszam za wyrażenie — brudy, gdyż zawiera przeszło tuzin najrozmaitszych składników.

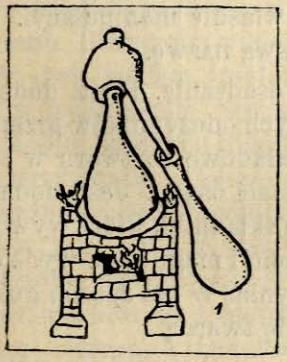
W żadnym bodaj wypadku różnice pomiędzy naturalnemi odmianami jednego ciała nie uwydatniają się tak jaskrawie, jak śród drogich kamieni. Kto nie zna subtelnych odcieni barw ametystu, kto nie podziwia rozmaitości barw opalu,—a jednak wszystkie te kamienie, rozmaicie zabarwione, raz przezroczyste jak kryształ, to znów mętne, jak mleko – z punktu widzenia chemika są tylko piaskiem, tym samym piaskiem, którym się w lecie lubujemy na brzegu morza. Ową wspaniałą skalę barw i odcieni kamienie te zawdzięczają li zanieczyszczeniom, domieszkom, których ilość częstokroć jest tak drobna, że w wielu razach nie możemy wcale dociec ich istoty.

Przykłady te powinny nam starczyć, abyśmy mogli ocenić, jak różne bywają w przyrodzie widoczne własności jednego i tego samego ciała. Nauka zaś dąży — jest to jej najogólniejszem zadaniem — do wydzielenia rzeczy podobnych w ogólnym chaosie, do odnalezienia stałych i niezmiennych pierwiastków w mnogości zmiennych zjawisk i własności. Zbliżyć się możemy do tego celu, poddając ciała badane procedurze, zmierzającej do *rozdzielenia ich na części składowe*, czyli do ich oczyszczenia. Wynalezienie i udoskonalenie sposobów pozwalających na osiągnięcie tego celu — oto główna i niezaprzeczona zasługa alchemików.

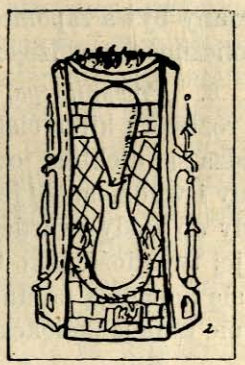
Wobec niezmiernej doniosłości, jaką metody te posiadają w dalszym rozwoju chemii, wymienię tu najważniejsze z nich.

1. *Destylacya.* Ze wszystkich metod chemicznych

jest ona najszerzej stosowana zarówno na małą skalę, w pracowni, jako też na wielką skalę, w przemyśle chemicznym. Znali ją już Egipcyanie. W rękach Gebera stała się zwykłą manipulacyą. Destylacya polega, jak widzimy, na tem, że ciecz poddaje się gotowaniu w zamkniętem naczyniu, czyli t. zw. retorcie, i parę jej skrapla się w osobnem naczyniu, zwanem odbieraczem. W tem oto naczyniu gotuję np. wodę, zabar-



Rys. 12. Destylowanie.



Rys. 13. Sublimowanie.

wioną na niebiesko zapomocą dodania koperwasu miedzianego. W ten sposób otrzymuję w odbieralniku wodę bezbarwną, gdy tymczasem koperwas pozostaje w retorcie.

Już w owym okresie alchemii, o którym tu ciągle mowa, stosowano destylacyę do otrzymywania i oczyszczania alkoholu, zwanego spirytusem winnym („spiritus vini“). Otrzymywano go bowiem przez destylacyę wina, a wszelkie lotne materye nazywano wówczas spirytusami, t. j. duchami. Stąd więc nazwa: spiritus vini — duch wina. Nazwa ta jest niezupełnie

udatna, gdyż z wina nigdy jeszcze żaden duch nie powstał, natomiast niejeden już zginął.

2. *Sublimacya.* Jest to właściwie specyalny wypadek destylacyi, a mianowicie ten, kiedy zarówno ciało, destylacyi poddane, jako też i destylat nie są cieczami lecz ciałami stałemi. Przykład stanowi znana sublimacya jodu. Chlorek rtęciowy, szeroko stosowany do dezynfekcyi pod nazwą sublimatu rtęciowego, albo wprost sublimatu, a znany już Geberowi, — oczyszczany bywa zapomocą tej właśnie manipulacyi. Tej okoliczności zawdzięcza też swą nazwę.

3. *Precypitacya,* czyli osadzanie. Przez dodanie do roztworu kilku ciał pewnych odczynników przeprowadza się niektóre części składowe roztworu w stan stały i wydziela się je w postaci osadu. Jeśli dodamy sody do wody twardej, to te składniki, które wywołują jej twardość, jako to: wapno i magnezya, wydzielają się i opadają na dno naczynia. W ten sposób gospodynie umieją zmiękczać wodę twardą.

4. *Filtracya* (destylacya przez filtr podług Gebera) stosowana bywa do oddzielenia osadu od roztworu. Jeśli wodę, zanieczyszczoną przez ciała stałe, np. węgiel albo piasek, przelejemy przez bibułę, to przechodzi czysta woda, a proszek węglowy pozostaje na powierzchni bibuły.

5. *Krystalizacya.* Stosują ją do otrzymywania ciał rozpuszczonych w wodzie lub w innych cieczach. Już w owych czasach stosowano ją do oczyszczania soli, znanych od czasów Gebera: ałunów, saletry, soli amoniakalnej i t. p. Jeżeli pozostawimy na powietrzu roztwór ałunu w wodzie, to woda ulotni się po pewnym czasie, a ałun wydzieli się w postaci pięknych

kryształów o regularnej budowie, które w tej miseczce podziwiać możemy.

Wszystkie te metody rozdzielania najrozmaitszych ciał naturalnego albo sztucznego pochodzenia na ich części składowe, otrzymały w późniejszych czasach ogólną nazwę, używaną powszechnie do dziś dnia: *metod chemii analitycznej.*

Drugim ważnym krokiem naprzód na drodze rozwoju chemii, spowodowanym również przez alchemików, było *zwiększenie ilości ciał*, które sztucznie otrzymywać umiano. Starożytni umieli otrzymywać szczupłą ilość ciał: owe siedem metali, z któremi zapoznaliśmy się w poprzednim wykładzie oraz ich bezpośrednie pochodne, wreszcie kilka innych preparatów łatwych do otrzymania. Alchemicy uczynili w tym kierunku poważne postępy zarówno pod względem ilości preparatów, jako też i ze względu na rozmaitość własności ciał nowo poznanych. O odkryciu kwasów mineralnych, siarkowego i azotowego, oraz soli, dokonanem przez Gebera, wzmiankowałem już tu kilkakrotnie. Odkrycie kwasu solnego przez Bazylego Walentyna godne jest również zaznaczenia. Są to substancye, bez których niepodobna pomyśleć pracowni chemicznej, nie podobna pomyśleć ani jednej gałęzi przemysłu chemicznego. Nie mniej doniosłem teoretycznie i praktycznie było wprowadzenie do nauki pojęcia soli. Ta cała kategorya ciał przedstawiała już ówczesnym badaczom cechy jednolite, podobne do własności najważniejszego przedstawiciela tej rodziny, soli kuchennej, której nazwa została w ten sposób uogólniona. Oprócz ałunów, saletry i soli amoniakalnej, wymienić należy w szczególności rozmaite koperwasy, jako to: koperwas żelazny, miedziany i inne. Wywarły one

znaczny wpływ na dalszy rozwój chemii. Wreszcie zaznaczyć tu musimy odkrycie przez Bazylego Walentyna preparatów antymonowych, ważnych ze względu na ich własności lecznicze, aby choć w najogólniejszych zarysach naszkicować postępy owej epoki w dziedzinie otrzymywania nowych ciał i preparatów.

Ten dział chemii, czyli sztuka otrzymywania ciał nowych ze znanych poprzednio zapomocą rozmaitych manipulacyj chemicznych, otrzymał w czasach późniejszych nazwę *chemii syntetycznej* albo chemii preparacyjnej.

Jako bezpośredni skutek tego postępu, występuje rozszerzenie poglądów na rozmaitość i rodzaje własności ciał. Arystoteles i jego następcy zadowalali się czterema pierwiastkowemi własnościami: ciepłem, zimnem, suchością i wilgocią. Późniejsi uczeni zniewoleni byli do dodania trzech nowych własności pierwiastkowych, mających służyć do objaśnienia rozmaitego zachowania się ciał:

1) *palność* i zmienność, za której przedstawiciela uważano *siarkę*;

2) *niezniszczalność*, w szczególności podczas ogrzewania na ogniu; jej przedstawicielką miała być *sól*;

3) wreszcie *metaliczność*; pod tym wyrazem rozumiano cały szereg własności wspólnych metalom, jako to: połysk, ciągliwość i t. p.; ich ucieleśnieniem miał być merkuryusz, czyli *rtęć*.

Te trzy nowe pierwiastki: siarka, sól, rtęć, a raczej reprezentowane przez nie własności pierwiastkowe wszech rzeczy, stanowić miały wspólnie z dawnemi czterema pierwiastkami Arystotelesa istotne części składowe wszelkiej materyi.

Lecz daleko ważniejsze od tych teoretyczno-metafizycznych dociekań były *zdobycze praktyczne*, osiągnięte w następstwie wynalezienia ciał nowych i cennych. Przedewszystkiem zaliczyć wypada do tej kategoryi wynalazków ulepszenia w dziedzinie hutnictwa a w szczególności w metalurgii. Dzieła *Agrykoli*, należące do tego okresu, zawierają cenne wskazówki

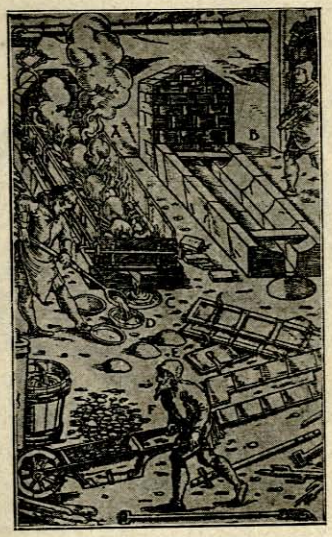
Rys. 14. Agrykola.

w kwestyi stanu hutnictwa w owych czasach; dowodzą one, że technika procesów chemicznych posunięta była dość daleko. Pisma tego uczonego — oprócz szczegółowego i sumiennego opisu manipulacyj chemicznych — zawierają piękne ilustracye, z których kilka zamieszczamy tutaj, aby czytelnik mógł po-

wziąć pojęcie o stanie przemysłu chemicznego w okresie alchemii.

Tutaj też wymienić należy wynalezienie porcelany przez alchemika saskiego Böttchera.

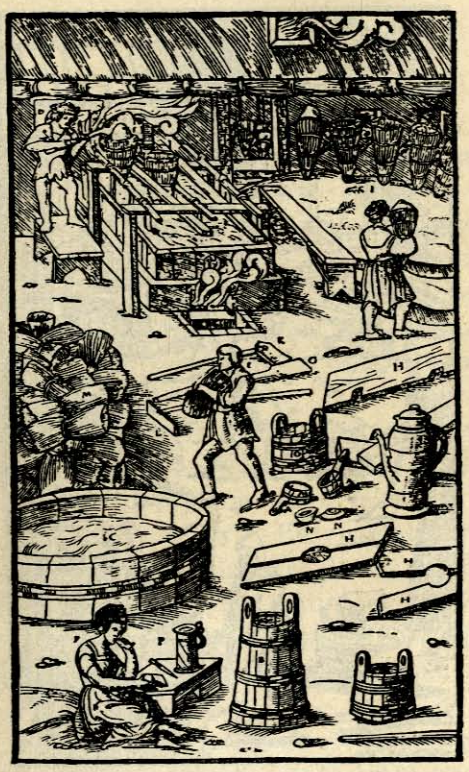
Jeśli nawet przyznamy, że ojcem tych wynalazków był raczej przypadek niż ściśle pomyślany plan, jeśli nawet uznamy słuszność znanego przysłowia



Rys. 15. Piec hutniczy z 16-go stulecia.

o tym, co „prochu nie wynalazł", używanego dla oznaczenia człowieka tak ograniczonego że nawet prostego wynalazku dokonaćby nie mógł, — to jednak niepodobna zaprzeczyć, że i w owych czasach wynalazki takie kosztowały wiele trudów i zachodów, tem więcej, im mniej celowo były dokonywane.

Znane losy wynalazcy porcelany są w tym względzie nader pouczające, jako poniekąd typowe dla wielu współczesnych alchemików. To też niechaj wolno mi będzie w kilku słowach przypomnieć dzieje tego zdarzenia.



Rys. 16. Fabryka soli w 16-em stuleciu.

Böttcher zajmował się, jak wielu innych, wyrabianiem złota. August II, król polski i elektor saski uwięził go w zamku w Miśni, po części za karę, po części zaś z obawy, aby tajemnica nie została przezeń

wydana innym na szkodę Saksonii. Böttcher, prowadząc w więzieniu doświadczenia, odkrył porcelanę, i to odkrycie przyniosło mu nietylko wolność, ale wiele zaszczytów i korzyści. W nagrodę bowiem za ten wynalazek został przez elektora uszlachcony i mianowa-

Rys. 17. Huta żelazna w 16-em stuleciu.

ny dyrektorem fabryki porcelany w Miśni, istniejącej po dziś dzień i słynnej ze swych wyrobów. Alkowa, w której więzień - wynalazca wykonywał doświadczenia, bywa pokazywana dziś wszystkim zwiedzającym

zamek w Miśni. Kiedy przed kilkoma laty znalazłem się w owem historycznem miejscu, doznałem przyjemnego uczucia wobec myśli, że dziś jednak istnieją odmienne i — mniemam — bardziej humanitarne środki ku podniecaniu talentów i pilności adeptów chemii [1]).

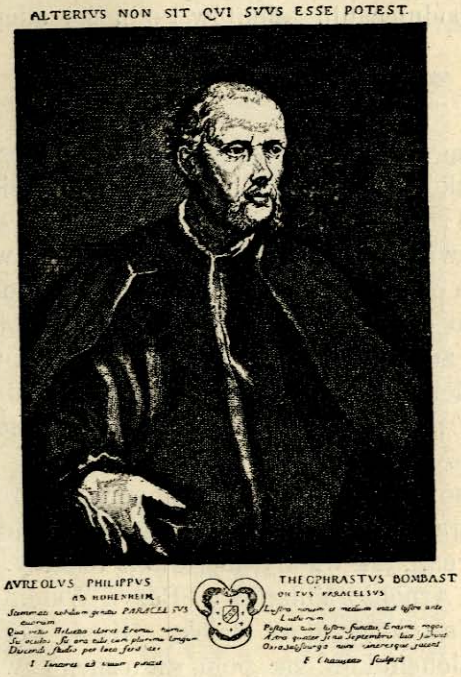
Osiągano więc wówczas piękne zdobycze na polu wynalazków chemicznych. Ale mierzyć się one nie mogą ze zdobyczami, osiągniętemi w innej dziedzinie, a mianowicie na polu zastosowań chemii w medycynie. Te ostatnie były tak wspaniałe, a w oczach ówczesnego ogółu wprost oślepiające, że zdołały nadać chemii zupełnie nowy kierunek. Prąd ten przetrwał wieki i stanowił, podobnie jak kierunek alchemiczny, punkt wyjścia nowych badań, nowych odkryć i nowych teoryj.

Stosowaniem preparatów chemicznych w lecznictwie zajmowali się wprawdzie już alchemicy, pomiędzy któremi, jak wiemy, nie brakło lekarzy. W szczególności Arnold z Villanowy i Bazyli Walentyn doprowadzili sztukę tę dość daleko. Kiedy zaś nieudane próby alchemików na polu sztucznego wyrabiania złota oraz smutne losy adeptów zdążyły ostudzić zapał w tym kierunku, wówczas sztuka leczenia uchodzić

---

[1]) Łatwo zrozumieć, że historya podobnych wynalazków otoczona jest mnóstwem anegdot. Jedna z nich opowiada, że Böttcher, nudząc się w więzieniu, próbował doświadczeń ze wszystkiem, co mu wpadło w ręce. Wziął się też i do pudru, którym posypywał perukę, i wtedy jakoby okazało się, że ten puder, zrobiony z kaolinu, może być użyty do fabrykacyi porcelany (Z).

zaczęła za najprzedniejsze zadanie chemii. Za założyciela tego nowego kierunku chemii, zwanego *chemią leczniczą*, należy uważać *Paracelsa* (1493—1541), uro-



Rys. 18. Paracelsus.

dzonego w Szwajcaryi, lekarza z powołania i profesora tejże dyscypliny.

Był to człowiek nader dziwny, wielki oryginał, a przytem pełen najsprzeczniejszych właściwości, złych i dobrych, słowem jeden z tych typów, w jakie obfitowały wieki średnie.

Już samo cudaczne nazwisko charakteryzuje po-

niekąd jego istotę. Zwał się bowiem Filipem, Aureolem, Teofrastem, Paracelsem z przydomkiem Bombastus Hohenheim.

Ojciec jego, syn wielkiego mistrza zakonu Joanitów z nieprawego łoża, był lekarzem w Einsiedeln, małem szwajcarskiem miasteczku. Starał się on pełnię swych wiadomości, stanowiących podówczas całość wykształcenia uniwersyteckiego, przelać na syna. Uczył go więc lecznictwa, astrologii i alchemii.

Dla rozszerzenia kręgu tych wiadomości i nabycia nowych, młody Paracelsus udał się w podróż po świecie. Po drodze uczęszczał do wielu uniwersytetów: niemieckich, francuskich i włoskich. Zdaje się jednak, że zajmował się bardziej innemi rzeczami niż systematyczną nauką. To też, jakkolwiek sam zwał się doktorem, twierdząc, że stopień ten osiągnął choć z niezbyt pochlebną wzmianką: „rite“, wrogowie jego utrzymywali, że on sam tytuł ten sobie przywłaszczył.

W rzeczywistości Paracelsus nie żywił wysokiego mniemania o uniwersytetach i zawodowych uczonych.

„I ja — powiada z właściwą mu napuszonością — byłem hodowany w owych ogrodach, gdzie obcinają młode drzewka, byłem nie małą ozdobą wysokiej szkoły“.

Natomiast daleko więcej korzyści, niż studya systematyczne, dały mu wrażenia i nauki podróży. Wiadomo, że w owych czasach podróżowanie słusznie uważane było za najlepszy środek wykształcenia młodzieży, a bodaj i dziś jeszcze za taki uważanem być może. A Paracelsus przewędrował połowę starego świata: od Szwecyi do Egiptu, od Portugalii aż do Polski.

Tym podróżom zawdzięczał bez wątpienia imponującą wiedzę zarówno w rozmaitych gałęziach nauki, jak i w chemii; zwiedził bowiem liczne huty, kopalnie, zawarł liczne znajomości z lekarzami i z alchemikami.

Mając lat trzydzieści, wraca do ojczyzny i poświęca się całkowicie medycynie. Znakomite wyniki w leczeniu zyskują mu rychło sławę, i oto widzimy Paracelsa już w roku 1526 na katedrze przyrody i medycyny w uniwersytecie bazylejskim. Jednakże jego burzliwy charakter nie pozwolił mu długo cieszyć się tem zaszczytnem stanowiskiem. Wkrótce wszedł w spór z radą miejską w Bazylei, a spór ten przyjął tak ostrą formę, że Paracelsus zmuszony był do opuszczenia nietylko zajmowanej katedry, lecz zarazem kraju ojczystego, będąc zagrożonym utratą wolności osobistej. Odtąd znów wrócił do tułaczego trybu życia. Bawił w Bawaryi i w Czechach i na Węgrzech, aż go w roku 1541 śmierć porwała w Salzburgu. Zmarł „w najgorszych warunkach".

Jak to już zaznaczyłem, był on uosobieniem najsprzeczniejszych właściwości.

Że występował śmiało przeciwko wszelkim autorytetom zarówno przeszłości, jak i teraźniejszości, paląc np. dzieła Galena wobec swoich słuchaczów – to dowodzi wielkiego zasobu odwagi cywilnej, nader cennej w owych czasach, gdy panowała powszechnie ślepa wiara w nieomylność uznanych wielkości. Że jednakże wychwalał sam siebie o tyle, o ile starał się poniżyć innych, to już stanowiło mniej dodatnią stronę jego charakteru.

Że w myśl swej nauki posunął się w stosowaniu medykamentów w lecznictwie dalej niż jego poprzednicy i współcześni mu lekarze, nie cofając się nawet

przed użyciem tak mocnych trucizn, jak np. arszenik, tem przyczynił się bez wątpienia niemało do dalszego rozwoju medycyny. Ale bezwzględność, z jaką traktował swych pacyentów, będących w jego rękach tylko materyałem do doświadczeń, była wprost karygodną. To też może z tego powodu parlament w Paryżu zabronił w r. 1566 pod grozą utraty prawa praktykowania wszystkim lekarzom paryskim stosowania środków paracelsowskich, potępiając jednocześnie wszelkie nowatorstwo w medycynie.

To że Paracelsus starał się uprzystępnić swą wiedzę nawet nie poświęconym i w tym celu wykładał nie po łacinie, jak to było wówczas w zwyczaju, lecz w języku krajowym, zarówno jak i to, że pisma swe dyktował swoim uczniom, aby zachować w nich piętno żywego słowa, zasługuje na pochwałę, jako nowość piękna i pożyteczna. Natomiast napuszony i rozwlekły styl jego pism, dający jego przeciwnikom powód do twierdzenia, że były dyktowane w nietrzeźwym stanie, stanowi szpetną ich wadę. W ogólności zaś, zdaniem współczesnych, żywot wielkiego uczonego pozostawiał wiele do życzenia.

Ale mimo to wszystko wpływ Paracelsa był nader wielki, a zasługi tego męża w dziejach rozwoju chemii i medycyny występują coraz wydatniej, im bardziej historycy zagłębiają się w badania owej epoki.

Wprowadzenie do medycyny preparatów chemicznych sztucznie wyrabianych na miejsce dawnych medykamentów Galena, składających się prawie wyłącznie z nastojów i esencyj roślinnych, zwróciło uwagę na nową gałąź zastosowań chemii, zdołało jej nadać zupełnie nowy kierunek. A więc zadaniem chemii nie jest wyłącznie sztuczne otrzymywanie złota,

lecz wyrób lekarstw, otrzymywanie nowych ciał, posiadających własności lecznicze. I oto nauką chemii przenosi się z zatęchłej kuchni alchemików do oficyny aptekarskiej. Paracelsus jest ojcem farmacyi, nauki o lekarstwach, która zarówno wówczas, jak i w czasach późniejszych była potężną dźwignią w rozwoju wiadomości chemicznych. Wybitni aptekarze dokonali — jak się o tem niejednokrotnie przekonamy — wielu doniosłych odkryć, udoskonalili i powiększyli zasób metod otrzymywania preparatów chemicznych, wreszcie wydobyli na światło dzienne szereg nowych i cennych faktów.

Nauka paracelsowska, zwana *jatrochemią*, uważająca lecznictwo za cel chemii, zyskała prawo obywatelstwa nie odrazu. Zawiązał się gorący spór pomiędzy rzecznikami a przeciwnikami nowego kierunku; dopiero koniec tej walki zapewnić zdołał zupełne zwycięstwo jatrochemikom.

Rzecz jasna, że w ramkach tego wykładu niema miejsca na wymienienie wszystkich albo nawet znakomitszych przedstawicieli leczniczego kierunku chemii. Muszę się przeto ograniczyć do uwzględnienia zaledwie jednego z ich szeregu. Jest to *van Helmont*, chemik holenderski, mąż o niepomiernym talencie i zadziwiająco zdrowym sądzie, przewyższający z tego względu zarówno wszystkich swych poprzedników, jako też i bezpośrednich swych następców.

Jan Chrzciciel van Helmont, urodzony w r. 1577 w Brukseli, studyował filozofię, teologię i medycynę. Po ukończeniu studyów zajmował się praktyką lekarską, podróżował wiele po Francyi i po Włoszech. W roku 1609 wrócił do kraju ojczystego, ożenił się z bogatą damą, poczem, osiadłszy na wsi, poświęcił się

wyłącznie badaniom naukowym. Tam też zakończył życie w r. 1644.

Van Helmont stanowi poniekąd żywe przeciwieństwo Paracelsa. Jeśli tamten, jak głosi podanie, przywłaszczył sobie nieuzyskany nigdzie tytuł doktora,

Rys. 19. Van Helmont.

to natomiast van Helmont dobrowolnie odrzucił przynależny sobie stopień magistra nauk wyzwolonych, uważając wszelkie tytuły za wyniki próżności świeckiej i z tego względu za marne. Co więcej zrzekł się własnego majątku na rzecz siostry, aby cały swój żywot poświęcić wyłącznie czynieniu dobrego śród bliźnich.

Jeśli wykształcenie Paracelsa, nabyte w podróżach, było z natury rzeczy powierzchowne, to natomiast van Helmont rozporządzał całkowitym zasobem systematycznej wiedzy owej epoki.

Jeżeli dzieła Paracelsa są pozbawione związku i wskutek tego trudne do zrozumienia, to natomiast pisma van Helmonta odznaczają się uderzającą jasnością i poglądowością.

A jednak obaj ci mężowie o tak sprzecznych charakterach walczyli za jednę ideę, za przełom medycyny, a van Helmont był zapalonym wielbicielem Paracelsa.

Wprost zdumiewający na owe czasy jest jego trzeźwy sąd o rzeczach. Umysł jego nie może pogodzić się z ówczesnemi poglądami na istotę pierwiastków, z mniemaniem, jakoby ciała składać się miały z różnych własności, których przedstawicielkami miały być siarka, sól i rtęć. Składowemi częściami ciał nie mogą być – zdaniem van Helmonta — oderwane pojęcia, własności dowolnie wymyślone, ale ciała *rzeczywiste*, które można otrzymać, przedmioty dotykalne i widzialne. I w tem zapatrywaniu właśnie występuje po raz pierwszy nowe pojęcie pierwiastku, występuje w tej postaci, w jakiej istnieje dziś jeszcze.

Pierwiastki, czyli składniki ciał są więc rzeczami materyalnemi, są to substancye, z których dane ciało można złożyć, albo też na które można je rozłożyć zapomocą odpowiednich manipulacyj chemicznych. Te składniki istnieją dalej w ciałach złożonych, tylko w odmiennej postaci.

Doświadczenie z mniemaną przemianą żelaza w miedź podczas zanurzania noża w roztworze koperwasu, o którem wspominałem poprzednio — van Helmont tłumaczy bardzo prosto tem, że miedź nie *pochodzi* z żelaza ale z koperwasu, którego jest składnikiem.

Głównym składnikiem wszystkich ciał ma być — podług van Helmonta — woda. Dowód w tem, że wodę otrzymujemy podczas spalania większości ciał palnych, jako to: olejów, wosku, spirytusu winnego i t. p.

Woda jest jedynym składnikiem roślin, gdyż roślina żyje tylko z wody, i tylko wodę pije z ziemi. Twierdzenie to, które uchodziło za prawdę aż do połowy XIX-go stulecia, udowodnione było nawet przez doświadczenie ilościowe.

Van Helmont nasypał do doniczki zważoną ilość ziemi i zasadził w niej ziarno rośliny. Przez czas wzrostu rośliny polewał ziemię czystą wodą, a gdy wyrosła, wyjął ją z doniczki i znów zważył ziemię. Przekonał się, że ciężar ziemi się nie zmniejszył i wywnioskował stąd, że roślina buduje swe narządy tylko z wody. Dzisiaj wiemy, że powietrze ma tutaj udział główny.

Mimo to doświadczenie powyższe jest nader znamienne, gdyż stanowi jednę z pierwszych prób szukania w doświadczeniu odpowiedzi na zagadnienia przyrody, a z drugiej strony jest nieomal pierwszym przykładem stosowania w chemii metody ilościowej.

Stanowi ono zarazem wymowny dowód tego, jak dalece ostrożnym być musi przyrodnik w tłumaczeniu faktów.

Ryby składają się również tylko z wody. Albowiem, żyjąc w wodzie, tylko z wody odbudowywać mogą swe narządy.

Dalej znajdujemy u van Helmonta myśl, że przyczynę zjawisk życiowych, powstawania, rozwoju i rozmnażania się wszelkich żyjących jestestw stanowi fer-

mentacya — że środkiem trawienia jest kwas żołądkowy i t. p. Wszystkie te myśli sprawiają na czytelniku wrażenie objawień proroczych, dowodzić się one zdają u autora daru przewidywania, chociaż niejasnego, tych prawd, których wykrycie i ścisłe uzasadnienie przypaść miało w udziale pokoleniom znacznie późniejszym.

Lecz dość przerzucić kilka stronic, aby znów znaleźć się wśród średniowiecznych baśni i przesądów. Oto van Helmont przypisuje główną rolę we wszystkich czynnościach ludzkich, a szczególnie w czynności trawienia osobnemu duchowi, zwanemu przezeń Archeuszem. Przyczyną chorób są różne usposobienia Archeusza: lenistwo, strach, gniew albo słabość. A więc leczenie chorób dążyć winno do udobruchania Archeusza, do działania łagodnemi środkami na jego uczucia.

Najznamienniejszem odkryciem van Helmonta jest rozróżnienie rozmaitych rodzajów powietrza, które po raz pierwszy od niego otrzymały nazwę gazów [1]). Dotąd znano tylko jeden gatunek ciał gazowych, czyli „płynów elastycznych", powietrze. Dopiero van Helmont zwrócił uwagę na różnice powietrza od innych gazów.

Rozróżniał on gaz „leśny", zwany dzisiaj powszechnie dwutlenkiem węgla albo bezwodnikiem węglowym oraz gaz „suchy"; tą ostatnią nazwą oznaczał rozmaite gazy palne, dzisiaj uznawane za odmienne.

[1]) Podobno van Helmont, nie mogąc opanować zauważonego przez siebie dwutlenku węgla, nazwał go „dzikim gościem". Gość pisze się po flamandzku ghoâst a wymawia się „gas"; stąd jakoby powstała nazwa gazu (Z).

I to właśnie odkrycie stać się miało wiekopomnem. Miało się ono stać zaczątkiem nowego, jeszcze płodniejszego kierunku w chemii, początkiem nowej epoki: „*chemii pneumatycznej*". W tej to epoce po raz pierwszy metody ścisłe znalazły wstęp do chemii: van Helmont stanowi więc ogniwo przejściowe do następującej epoki, której rozbiorem zajmiemy się podczas następnego zebrania.

Źródła. *G. Agricola*, De re metallica. 1557.

Schmieder, Geschichte der Alchemie. Hala, 1832.

K. Sudhoff, Jatromathematiker, vornehmlich im 15 u. 16 Jahrhundert. Wrocław, 1902.

C. Engler, Der Stein der Weisen. Karlsruhe, 1889.

F. Strunz, Theophrastus Paracelsus. Das Buch Paragranum. Lipsk, 1903.

F. Strunz, Theophrastus Paracelsus, sein Leben und seine Persönlichkeit. Ein Beitrag zur Geistesgeschichte der deutschen Renaissance.

H. Kraemer, Wszechświat i Człowiek. Warszawa, 1908.

Jan Zawidzki, „Anfänge der Chemie in Polen" w wydanych przez *Diergarta* „przyczynkach do historyi chemii" (Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Berlin, 1908).

WYKŁAD TRZECI.

Flogiston i jego obalenie przez Lavoisiera.

Treść: Podział historyi chemii. – Charakterystyka poszczególnych epok.—Chemia wstępuje w okres nowożytny. – Powstanie akademij i ich znaczenie. – Pracownia chemiczna z czasów flogistonu.—Zasady układu chemicznego.—Gazy dają początek chemii pneumatycznej. – Odkrycie najważniejszych gazów.—Układ chemii zostaje oparty na zasadzie pochodzenia (układ genetyczny) – Boyle ojcem sztuki rozbiorowej.—Ogień rozpatrywany jako zjawisko chemiczne.—Czem był flogiston.—Ciężar odjemny. – Lavoisier. – Młodość.—Pani Lavoisierowa.—Ujęcie poszczególnych zjawisk przez teoryę spalenia.—Spalenie nie jest rozkładem materyi, ale łączeniem się ciał palnych z tlenem.—Dalsze prace Lavoisiera. – Jego zapatrywania polityczne.—Oskarżenie i stracenie.

Panowie i panie.

Znakomity badacz historyi chemii, Herman Kopp, którego mozolnym poszukiwaniom zawdzięczamy poznanie pierwszych szczebli rozwoju naszej nauki, dzieli historyę chemii na pięć okresów:

1. *Wiadomości ludów starożytnych*: od najdawniejszych czasów do czwartego wieku po N. C.
2. *Okres alchemii*: od połowy czwartego do pierwszej ćwierci XVI-go stulecia.

3. *Okres chemii lekarskiej:* od pierwszej ćwierci XVI-go do połowy XVII-go stulecia.
4. *Okres teoryi flogistonu*: od połowy XVI-go stulecia do ostatniej ćwierci XVIII-go.
5. *Okres badań ilościowych*: od ostatniej ćwierci XVIII-go stulecia do czasów najnowszych.

Trzy pierwsze okresy zdążyliśmy już poznać w poprzednich dwu wykładach. Widzieliśmy więc, że pierwsze zaczątki wiadomości chemicznych powstały z dążeń materyalnych do udogodnienia warunków życiowych, – że fakty, przypadkowo odkryte, rychło zyskały zastosowanie praktyczne i znalazły wyraz w sztucznym wyrobie całego szeregu ciał. Zestawienie tych faktów znaleźliśmy w ogólnem przyrodoznawstwie filozofów greckich, a w szczególności u Arystotelesa.

Ale dopiero w okresie alchemii zauważyć się daje wyodrębnienie chemii w osobny dział wiedzy o specyalnym celu. Niestety, cel to był złudny: otrzymanie złota i metali szlachetnych z nieszlachetnych.

Cel ten ulega zmianie na początku XVI-go stulecia. Paracelsus widzi zadanie chemii nie w mrzonkach o sztucznym wyrobie złota, ale w objaśnieniu i leczeniu chorób, i oto cała rzesza jatrochemików ugania się za tym celem z niestrudzonym zapałem.

Istotny, bo niezmienny cel chemii poznano dopiero w połowie XVII-go wieku, i od tej chwili chemia z nauki pomocniczej, mającej służyć obcym bogom, staje się nauką samodzielną, stawiającą sobie własne zagadnienia gwoli doświadczalnego ich rozwiązania.

W dzisiejszym wykładzie postaramy się zbadać, w jaki sposób odbyła się owa ewolucya poglądów na zadania i cele chemii.

W wiekach średnich nauka Arystotelesa panowa-

ła niepodzielnie. Znakomity ten przyrodnik i filozof potrafił całkowitą wiedzę swojego czasu zamknąć w księgach, te zaś na długo stały się opoką, o którą rozbijał się wszelki postęp, wszelkie próby wprowadzenia rzeczy nowych do dziedziny nauk przyrodniczych. Nauka Arystotelesa, adoptowana przez Kościół, znalazła w nim obrońcę: odtąd bowiem sam Kościół zainteresowany był w zwalczaniu wszelkich nowych poglądów, wszelkich odkryć nawet, o ile te znajdowały się w sprzeczności z dogmatami arystotelesowskiemi.

Zapanowała wiara w niewzruszoność tego układu, szkodliwa dla rozwoju wszelkiej nauki, która nie uznaje i uznawać nie może żadnego dogmatu, żadnego autorytetu, oprócz jednego — doświadczenia. Tak więc nauki w wiekach średnich żyły zaledwie pół-życiem, tolerowane wyłącznie w roli nauk pomocniczych: wolno im było służyć pobocznym celom, lecz dostęp do głównych zadań, do głównych zagadnień filozoficznych był im surowo wzbroniony.

A dalej, uczeni średniowieczni, a więc i chemicy, utrzymywani przeważnie przez panujących książąt, zależeli w zupełności od ich łaski i ich humorów; — okoliczność zaś ta nie mogła w żaden sposób sprzyjać wzrostowi *wolnego* badania naukowego.

Dopiero Reformacya kościoła i Odrodzenie w sztuce i nauce przyspieszyły koniec tego nienormalnego stanu, wydzielając naukom przynależne im miejsce. Wyliczanie zasług Kopernika, Galileusza, Bakona Werulamskiego, tych pierwszych bojowników za wyzwolenie nauk doświadczalnych, — wykracza poza ramy tych wykładów. Wiadomo, że imiona ich stały się pomnikami ich czynów.

Tego rodzaju zasadnicza zmiana poglądów ówczesnych nie mogła pozostać bez wpływu na chemię. Z klasztorów i oficyn, w których była uprawiana dotąd, jako wiedza tajna, wydostaje się ona wreszcie na światło dzienne.

W tym oto czasie powstały zrzeszenia wolnych badaczów i uczonych, towarzystwa naukowe, w których komunikowano sobie wzajemnie nowe odkrycia. Stowarzyszenia te w wysokim stopniu przyczyniły się do wzajemnego zapłodnienia różnych działów wiedzy nowemi zagadnieniami i ideami.

Pierwsza instytucya tego rodzaju powstała we Włoszech. W roku 1648 założona została pod protektoratem wielkiego księcia Ferdynanda II Akademia we Florencyi. Była to słynna „Academia del Cimento“ (akademia doświadczalna). Przeniesiona w następstwie do Rzymu, istnieje ona tam dotąd i wydaje pisma p. t. „Rendiconti della Academia del Cimento“.

Wkrótce potem założona została za Ludwika XIV we Francyi znana paryska Akademia Nauk („Académie de Sciences“). Badania jej członków wydawane były w Pamiętnikach tej akademii, a w następstwie i aż do dnia dzisiejszego w szeroko rozpowszechnionych „Comptes rendus hébdomadaires de l'Académie de Sciences à Paris“.

Mniej więcej w tej samej porze, bo w r. 1662 powstało w Angli Towarzystwo Królewskie („Royal Society in London“), którego publikacya „Philosophical Transactions“ wychodzi regularnie i dotąd. Założycielem a jednocześnie jedną z najświetniejszych gwiazd tej akademii był Robert Boyle, o którego zasługach w chemii niezadługo pomówimy obszerniej. W następstwie założone zostały stowarzyszenia z analogicznemi

celami w Edynburgu i w Dublinie, które również rychło zyskały sławę i ogólne uznanie. Tak np. Towarzystwo Królewskie w Edynburgu szczycić się mogło w liczbie swoich członków Józefem Blackiem.

Przykład tych trzech krajów, które przodowały wówczas w cywilizacyi, znalazł rychło naśladowców. Powstają akademie w Holandyi (w Haarlemie); w Niemczech prywatne stowarzyszenie uczonych, utworzone jeszcze w r. 1651 w Frankfurcie nad Menem, zostaje w r. 1672 zatwierdzone przez cesarza Leopolda I i podniesione do godności akademii pod nazwą „Academia Caesareo-Leopoldina". Berlin, Monachium, Getynga podążają za danym przykładem.

W Polsce stowarzyszenia naukowe z szerszym wpływem i znaczeniem powstały znacznie później [1]). Mimo to że uniwersytet w Krakowie istniał już od połowy XIV stulecia (1360), pierwsze stałe i mające swoją historyę zrzeszenie ludzi nauki powstało dopiero w roku 1800 w znanem *Towarzystwie Przyjaciół Nauk* w Warszawie, które istniało do roku 1832 i położyło niespożyte zasługi na polu krzewienia wiedzy i oświaty w znękanym walką kraju [2]). Nieco później, bo do-

[1]) Usiłowań do wywołania ruchu naukowego w Polsce nie brakło i w dawniejszych czasach. Towarzystwa naukowe organizował już np. przyrodnik, pozostający na dworze Jana III, Tylkowski, jednocześnie z nim Rzączyński i inni. W wieku XVIII istniało czynne towarzystwo z kierunkiem alchemiczno-okultystycznym, założone przez Moszyńskiego, i szczególny rodzaj wolnych wykładów Rogalińskiego, których organizacya przypominała towarzystwo naukowe raczej niż szkołę (Z).

[2]) Pod wpływem Towarzystwa Przyjaciół Nauk powstało kilka stowarzyszeń prowincyonalnych, z których lubelskie i płockie wydawały nawet prace drukowane. W roku 1858 utworzyło się Towarzystwo Przyjaciół Nauk w Poznaniu i około tego

piero w 1818 roku, założone zostało *Towarzystwo Naukowe* w Krakowie. Towarzystwo to przemianowane zostało w roku 1872 przez cesarza Franciszka Józefa w Akademię Umiejętności, która dziś stanowi ośrodek polskiego ruchu naukowego.

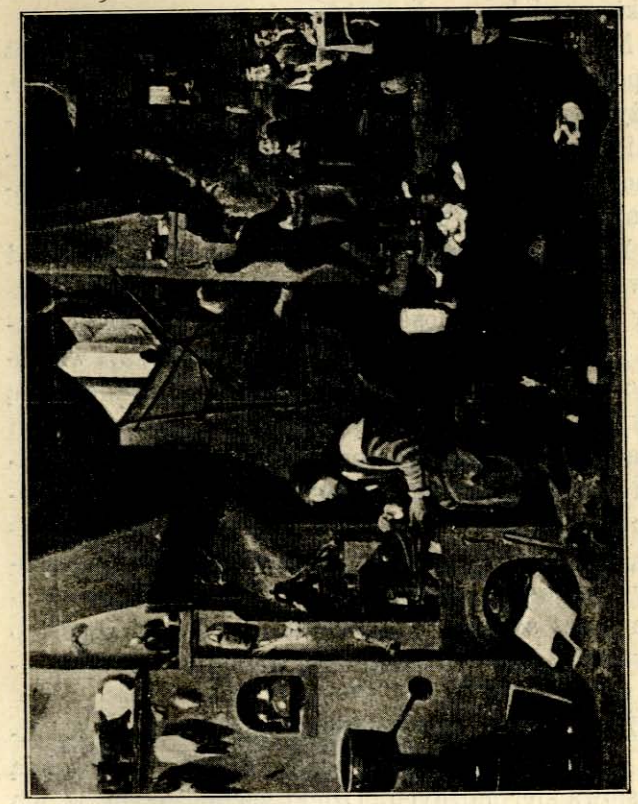
Nauka wchodzi poniekąd w modę. Rosya nawet nie pozostaje w tyle. Piotr Wielki, władca-reformator, założył w r. 1724 akademię petersburską, której członkami oprócz uczonych rosyjskich, jak znakomity Łomonosow, byli przeważnie najsłynniejsi uczeni zagraniczni: matematyk Euler i wielu innych.

Wydawnictwa peryodyczne tych akademii, pod nazwą „pamiętników", „sprawozdań", „rozpraw", dawały uczonym możność ogłaszania wyników swych badań, ogół zaś zaznajamiały z postępami wiedzy, wzmagając w ten sposób nieustannie zainteresowanie pracą naukową. Sprawozdania akademij spełniały w owych czasach tę rolę, jaka dziś przypadła w udziale rozmaitym czasopismom naukowym. One to stały się środkiem szybkiego rozpowszechnienia najnowszych odkryć, które dotąd czekać musiały lata całe, zanim zostały ogłoszone w dziełach zbiorowych, wydawanych przez samych odkrywców. I odtąd też postęp wszystkich działów nauki odbywa się w przyspieszonem tempie.

Z drugiej strony akademie dawały swym członkom poparcie moralne w walce z zachowawczością umysłową sfer możnych. Dzięki zachodzącym w ich łonie dyskusyom błędne poglądy ulegały sprostowaniu, a prawda zyskiwała należne uznanie.

samego czasu — w Toruniu. Na Litwie znaczna część działalności związków tajnych była poświęcona naukom, nie wyłączając ścisłych (Z).

W czem ucieleśnił się wpływ tego ogólnego prądu postępowego na chemię? Zanim zajmiemy się szczegółowym rozbiorem tego pytania, musimy pier-



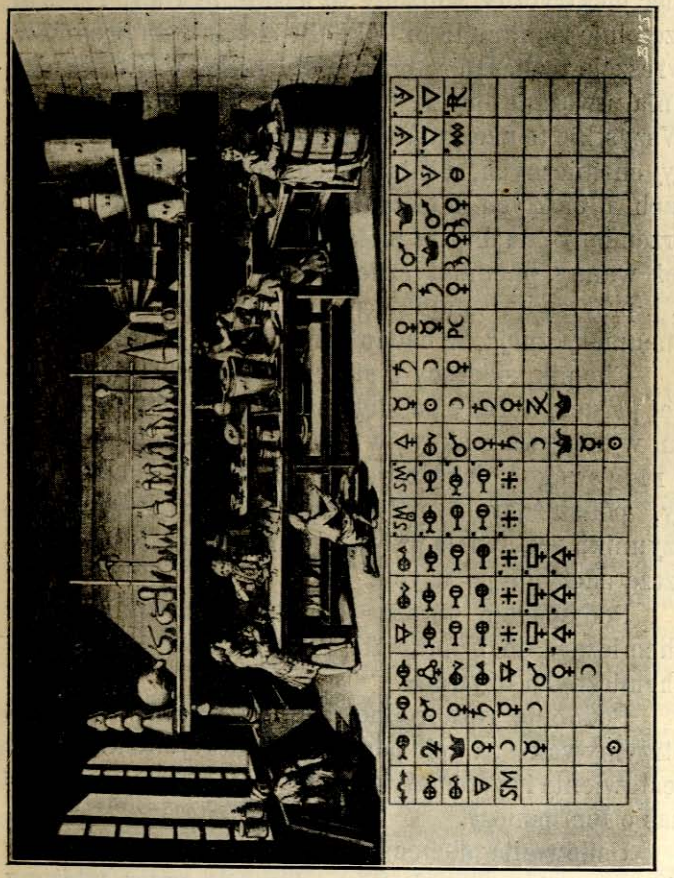
Rys. 20. Pracownia alchemiczna w 17-em stuleciu.

wej jeszcze raz rzucić okiem wstecz na całość faktów chemicznych, znanych podówczas.

Z ciemnej, tajemniczej kuchni adepta alchemii, w której przebywaliśmy tak długo podczas poprzedniego wykładu, przejdźmy do nowoczesnej, obszernej

i widnej pracowni z okresu flogistyków, przedstawionej na obrazie, wyjętym z ksiąg ówczesnych.

Uderza nas głęboka różnica. Alchemicy posługi-



Rys. 21. Pracownia chemiczna z okresu flogistycznego.
pod spodem ówczesne symbole chemiczne.

wali się w manipulacyach chemicznych — za przykładem starożytnych — przeważnie procesem stapiania. Natomiast w nowej pracowni znajdujemy rozmaite nowe przyrządy do procedury chemicznej.

Oprócz podręcznego piecyka, służącego do stapiania ciał, którego kształt utrzymał się w pracowni aż do ostatnich czasów, póki nie zastąpił go nowoczesny piec elektryczny, widzimy tu kształtne kolby i zlewki, szczelnie zamknięte butelki do cieczy i do proszków, wreszcie rozliczne retorty i odbieracze, które do dziś dnia uważane są za emblematy sztuki chemicznej. Wszystkie te naczynia służą do nowego rodzaju operacyj chemicznych, a mianowicie do zjawisk w roztworach i ciekłych mieszaninach, stanowiących t. zw. przemiany „na drodze mokrej". A obok nich widzimy też wanny pneumatyczne, klosze i zbiorniki gazów, t. j. przyrządy, znajdujące zastosowanie w „chemii pneumatycznej", w badaniach ciał gazowych.

Chemik, siedzący u stołu laboratoryjnego w pięknej peruce, ubrany podług ostatniej mody owego czasu, wykonywa reakcyę w kielichu odczynowym i pyta o radę swego kolegę, zapewne fizyka. Dwaj młodzieńcy, pół-służący a pół-asystenci, przygotowują odczynniki, zestawiają przyrządy do doświadczeń, czyszczą naczynia po użyciu.

Pod spodem obrazu widzimy ówczesne symbole chemiczne, do oznaczania pierwiastków i związków chemicznych używane.

Podobnie różnorodne, jak przyrządy, były też otrzymywane za ich pomocą preparaty. Rzut oka na zestawienie i systematykę znanych wówczas ciał zaraz nas o tem pouczy.

Usiłowania alchemików, bezowocne w osiągnięciu upragnionego celu, lecz doniosłe przez włożony w nie zapas pracy, a dalej trudy ich jednostronnych następców chemików-lekarzy — zwiększyły w znacznej mierze ilość znanych, sztucznie otrzymywanych preparatów.

Do siedmiu metali, znanych starożytnym ludom, przyłączyły się dwa nowe: *antymon* metaliczny (po łacinie „regulus antimonii"), oraz odkryty przez Agrykolę w r. 1529 *bizmut*. Kategorya ta, obejmowana wspólną nazwą metali, odróżniana była od innych przeważnie na zasadzie jej cech fizycznych, jako najbardziej widocznych, a więc połysku, ciągliwości, przewodnictwa cieplnego i t. p. Ze względu na ich własności chemiczne, a w szczególności na ich zachowanie się podczas ogrzewania na powietrzu, dzielono metale na *„nieszlachetne"* i *„szlachetne"*. Nieszlachetne palą się podczas ogrzewania i rdzewieją po pewnym czasie; są to: żelazo, miedź, cynk, cyna, ołów, antymon i bizmut. Metale szlachetne: złoto, srebro i rtęć, nie palą się i nie rdzewieją.

Ciała, powstające podczas spalania (albo rdzewienia) metali, zwano *„wapnami"*. Wapna te uważano w owym okresie za właściwe części składowe, za pierwiastki metali. Metale uważano zaś wciąż jeszcze, za przykładem alchemików, za ciała złożone. Podług ówczesnych poglądów metale składać się miały z odpowiedniego gatunku wapna i z „flogistonu", nader osobliwego ciała, które odegrało nader ważną rolę w rozwoju poglądów teoretycznych owej epoki, o czem dzisiaj jeszcze obszernie pomówimy. Tak np. młotowiny, otrzymywane przez palenie żelaza, nazywano wapnem żelaznem, czarny produkt palenia miedzi — wapnem miedzianem, biały proszek, powstający podczas palenia cynku — wapnem cynkowem i t. p.

Pokrewną kategoryi t. zw. wapien była druga kategorya ciał. Ciała te, powstające podczas prażenia soli, zwano *„ziemiami"*. W owym okresie znano i rozróżniano niewiele rodzajów „ziem": ziemia wapienna,

wyrabiana przez wypalanie kamienia wapiennego, czyli zwykłe wapno, używane w budownictwie, ziemia gorzka, powstająca podczas prażenia soli gorzkiej, wreszcie ziemia ałunowa, jako produkt prażenia ałunu — oto najważniejsze przedstawicielki tej rodziny.

Dzisiaj zwykliśmy łączyć obie wymienione kategorye ciał: wapna i ziemie, które z biegiem czasu okazały się identycznemi, pod wspólnem mianem *„tlenków“*.

Następuje gromada ciał, zwanych *solami*, zawierająca liczne wytwory naturalne i sztuczne. Oprócz soli kuchennej, najzwyklejszej przedstawicielki tej gromady, zaliczają się do niej: koperwasy, ałuny, sól amoniakalna, sól gorzka oraz sól Glaubera, odkryta przez chemika-lekarza Glaubera i ochrzczona nazwiskiem odkrywcy.

Osobną grupę soli, wyróżniającą się szczególnemi własnościami chemicznemi, wyodrębniono w gromadę *soli ługowych*, zwanych tak dlatego, że pierwotnie otrzymywano je przez ługowanie popiołów. Ług ten zawiera potaż, wytwór znany i stosowany już w starożytności. Sole ługowe dzielono na dwie podgromady: na *sole ługowe łagodne*, czyli alkalija, do których zaliczano sodę i potaż, i na *sole ługowe żrące*, otrzymywane przez gotowanie soli łagodnych z wapnem. Ich żrące, palące działanie, przypisywano zawartości flogistonu. Z pośród soli ługowych znano też oddawna „sól ługową lotną“; był to spirytus amoniakalny albo amoniak.

Zupełnie przeciwne własności, niż sole ługowe, wykazuje VI gromada, gromada *kwasów*. Dzielono ją wówczas na trzy podgromady: na kwasy *mineralne*, do których zaliczano najważniejsze z kwasów: siarkowy, solny i azotowy, później zaś przyłączono jeszcze fosforowy i borowy, — na kwasy *roślinne*, z po-

między których znane już były: octowy (część składowa octu), szczawiowy, jabłkowy i bursztynowy, — wreszcie na kwasy *zwierzęce*, z których kwas mleczny i moczowy odkryte i zbadane zostały w tym właśnie okresie.

W układzie tym nie znalazły miejsca trzy ciała, które musiały z tego względu prowadzić samoistne życie: przedewszystkiem woda, co do której nie wiedziano, czy uważać ją za pierwiastek, czy za ciało złożone, oraz siarka i fosfór, których złożony charakter nie podlegał wątpliwości, uważano je bowiem za połączenia kwasów siarkowego, oraz fosforowego z flogistonem. Fosfór, który w późniejszych czasach dopiero znalazł zastosowanie w wyrobie zapałek, odkrył alchemik Brandt w 1669 r. w moczu; doszukiwał on się kamienia mądrości i mniemał, że w tym płynie musi się on znajdować.

Ostatnia, dopiero w tym okresie po raz pierwszy wyodrębniona i dokładnie zbadana gromada obejmuje substancye o najosobliwszych własnościach fizycznych, *ciała gazowe*. Chemia gazów, zwana podówczas chemią pneumatyczną, to dział chemii, którego badania umożliwiły należyte zrozumienie najważniejszych zjawisk chemicznych, to dział chemii, który do ostatnich dni, do najnowszych odkryć przemiany radu w hel, neon i krypton, pozostał najbardziej zajmującym, najpłodniejszym w poważne wyniki.

Wiadomo nam już, że van Helmont rozróżniał rozmaite rodzaje powietrza, zwane przezeń gazami, a więc gaz leśny i gaz palny. Podjęcie dalszych badań, dotyczących chemicznej strony zagadnienia, przez chemików 18-go wieku wymagało uprzedniego dokładnego poznania fizycznych własności powietrza i pokrewnych mu substancyj.

Epokowe badania Toricellego nad ciśnieniem powietrza oraz zdumiewające ówczesny ogół eksperymenty z powietrzem, wykonane przez burmistrza magdeburskiego, Gerickego, dowiodły po raz pierwszy cielesności powietrza, wykazały, że powietrze jest substancyą, pod wieloma względami podobną do zwykłych cieczy, lecz bardziej od nich subtelną. Trzeba się było jednakże pierwej nauczyć należycie obchodzić z tą substancyą, przeprowadzać ją z jednego naczynia do drugiego, jak się przelewa wodę; należało wynaleźć i udoskonalić metody do zbierania, przechowywania i mierzenia gazów. Dopiero po tem można było przystąpić do badań doświadczalnych nad *chemicznem* zachowaniem się różnych gazów, do stwierdzenia *chemicznych* różnic pomiędzy rozmaitemi „rodzajami powietrza".

Wtedy dopiero stało się zupełnie jasnem, że prócz powietrza istnieją i powstają w przyrodzie i w pracowni rozmaite inne gatunki gazów. Gazy te zbierano, badano ich własności, wreszcie nadano rozmaitym gazom osobne nazwy.

W ten sposób odkryte zostały jeden po drugim: dwutlenek węgla (powietrze stałe) przez *Blacka*, wodór (powietrze palne) i *dwutlenek siarki* (gaz siarkawy) przez *Cavendisha*, *chlor*[1]) (kwas solny pozbawiony flogistonu) przez Scheelego, aż wreszcie chemik angielski Priestley i wyżej wzmiankowany aptekarz szwedzki Scheele zdołali udowodnić, że samo powietrze nie jest ciałem jednorodnem, lecz mieszaniną dwu gazów: *tlenu* (powietrza deflogistowanego, t. j. pozbawionego

[1]) W pierwszych latach swego żywota chlor nazywał się po polsku „chloryna" i „soliród" (Z).

flogistonu) i *azotu* (zwanego wówczas powietrzem flogistowanem). Jak gwałtowna była przemiana, wywołana przez te odkrycia w poglądach na istotę zjawisk chemicznych, o tem się niebawem przekonamy.

Rzućmy wreszcie jeszcze raz okiem na całość wyłożonego tu układu chemicznego okresu flogistyków, a przekonamy się, że nietylko *ilość* znanych i zbadanych ciał uległa znacznemu pomnożeniu, ale i sam układ pozbył się powierzchowności, a nawet — powiedziałbym — przypadkowości, jaka cechowała poprzednie układy: zarówno arystotelesowski jak i alchemiczny. W przeciwieństwie do poprzednich układów nowa systematyka nie opiera się na *fizycznych* własnościach, rzucających się powierzchownemu badaniu, lecz zmiennych, jak to wykazałem w poprzednim wykładzie, zależnych od pochodzenia wytworów przyrody, od przypadkowych zanieczyszczeń, wreszcie od okoliczności i warunków, w jakich je badano. Tutaj po raz pierwszy występuje nowa zasada systematyki, *genetyczny związek ciał*, t. j. zależność, oparta na pochodzeniu jednych ciał od drugich.

Układ związków chemicznych w okresie flogistonu.

I. Gromada: *metale*
   1. *szlachetne:* złoto, srebro, rtęć.
   2. *nieszlachetne:* żelazo, miedź, cynk, cyna, ołów, antymon, bizmut.

Tlenki

II. Gromada: *wapna*: wapno żelazowe, wapno miedziowe, wapno cynkowe.

III. Gromada: *ziemie:* ziemia wapienna, ziemia gorzka, ziemia ałunowa.

IV. Gromada: *sole*: sól kuchenna, sól amoniakalna, koperwasy, ałuny, sól gorzka, sól Glaubera.

V. Gromada: *sole ługowe*
   1. *łagodne*: potaż, soda.
   2. *żrące*: potaż gryzący, soda gryz.
   3. *lotne:* spirytus amoniakalny.

VI. Gromada: *kwasy*
1. *mineralne*: siarkowy, solny, azotowy, fosforowy, borowy.
2. *roślinne:* octowy, szczawiowy, jabłkowy, bursztynowy.
3. *zwierzęce:* mleczny, moczowy.

VII. Gromada: *woda, siarka, fosfór.*

VIII. Gromada: *gazy*: kwas węglowy, kwas siarkawy, kwas solny, wodór, chlor, tlen, azot.

Wprawdzie metale wciąż jeszcze są odróżniane na zasadzie ich własności powierzchownych, jako to: połysku, ciągliwości i t. p. Ale już druga gromada ciał, wapna metaliczne, wyprowadza się od pierwszej na zasadzie pochodzenia. Jeśli ciała pierwotne, metale, należą do wspólnej rodziny, to wytwory ich spalania, wapna, muszą również stanowić wspólną rodzinę. Podobnie wyodrębniona zostaje gromada kwasów na zasadzie wspólnych cech chemicznych i dzielona na podgromady na zasadzie pochodzenia: mineralnego, roślinnego albo zwierzęcego. Poznano nawet, że niektóre gazy, jakkolwiek odrębne od zwykłych kwasów ze względu na ich własności fizyczne, z zachowania się względem odczynów chemicznych zbliżają się do gromady kwasów, np. dwutlenek węgla i dwutlenek siarki. To zaznaczają też ich nazwy: kwas węglowy i kwas siarkawy.

Widzimy więc, że w chemii zwycięża ta sama zasada systematyki, naturalna czyli genetyczna, która mniej więcej w tym samym czasie, dzięki wpływowi Cuviera, zyskała prawo obywatelstwa w zoologii i w botanice: zasada wspólnego pochodzenia.

Zasada ta staje się jednocześnie w rękach praktyka doskonałym środkiem rozróżniania ciał, stwierdzania ich obecności nawet w bardzo złożonych mieszaninach.

Pierwsze i podstawowe kroki w tym kierunku zawdzięczamy *Robertowi Boyle'owi*, mężowi, który nazwisko swe unieśmiertelnił zarówno w fizyce — przez odkrycie znanego prawa o ściśliwości gazów — jak i w chemii przez *założenie podstaw chemii analitycznej.*

On to poznał, że nie w zmiennych własnościach fizycznych, w zabarwieniu, połysku, wytrzymałości i t .p. cechach, należy szukać niezawodnego środka do rozróżniania ciał i stwierdzania ich tożsamości, lecz w ich zachowaniu się w analogicznych przemianach chemicznych. A więc, jeżeli poddam dwa podobne ciała jednakowej procedurze chemicznej, np. spaleniu, to i wytwory tej przemiany muszą być podobne do siebie. I odwrotnie, jeżeli z dwu ciał otrzymam podobne produkty, to mam prawo sądzić, że i ciała pierwotne muszą być sobie pokrewne, że należą do jednej gromady chemicznej.

Rys. 22. Robert Boyle.

Na tej więc zasadzie Boyle oparł i uzasadnił naukowo sztukę rozdzielania ciał. Ta zaś odtąd uchodzić poczęła za jedyne prawdziwe zadanie chemii. Pogląd ten na cel chemii utrzymał się przez długi czas, za dowód czego służy to, że w języku holenderskim nosi ona

jeszcze do dzisiaj nazwę „nauki rozdzielania“ („Scheikunde“) [1]).

Aby choć na jednym przykładzie okazać charakter licznych metod, wprowadzonych do nauki przez Boyle'a, przedstawię tu zachowanie się dwu nader ważnych gromad: kwasów i zasad (wówczas zwanych solami ługowemi) względem pewnych barwników roślinnych. Metoda ta, poraz pierwszy zaproponowana przez Boyle'a, rychło zyskała ogólne uznanie i dziś jeszcze jest najbardziej zasadniczą w chemii rozbiorowej.

Mam przed sobą w dwu zlewkach roztwór jednego barwnika, lakmusu, znajdującego się w pewnym gatunku porostów, zwanych: roccella tinctoria. Oba roztwory lakmusu są, jak widzimy, fioletowe. Dość jednakże do całej masy roztworu dodać jednę kropelkę jakiegokolwiek kwasu — użyjmy np. kwasu siarczanego, aby zabarwić cały roztwór na czerwono. Zupełnie odmienny skutek wywierają natomiast zasady. Skoro dodam do drugiej zlewki kropelkę ługu sodowego, wnet cały roztwór zabarwi się na kolor mocno niebieski. W roztworze lakmusu mamy więc nader czuły środek, czyli „odczynnik“ do odróżniania kwasów i zasad.

Wyliczenie wszystkich a nawet najważniejszych tylko zastosowań rozbioru chemicznego zaprowadziłoby nas zadaleko. Niech więc wystarczy tu napomknienie, że żadna z istniejących gałęzi ludzkiej działalności nie mogłaby się dzisiaj obejść bez tej sztuki. Nie mówiąc już o przemyśle, który posiłkuje się nią bezustannie we wszystkich gałęziach, wskażę tylko, że lekarz

[1]) Po niemiecku „Scheidekunst“.

stosuje ją coraz częściej do ścisłej dyagnozy najrozmaitszych chorób, że prawnik znajduje niejednokrotnie w wynikach rozbioru chemicznego dokładniejsze i bardziej niezbite (bo bezstronne) dowody, niż w najprzebieglejszych sposobach badania sądowego.

Lecz nie w systematyce chemicznej, nie w udoskonaleniu sztuki rozbiorowej szukać należy najważniejszych postępów wiedzy chemicznej w owym okresie. Najdonioślejszą zdobyczą nauki w tej epoce było zbadanie zjawisk chemicznych samych przez się, wniknięcie w *istotę* samych przemian chemicznych. Przedmiotem zaś badania, przykładem, na którym nastąpiło to wyjaśnienie, było pierwsze zjawisko, odkryte przez człowieka pierwotnego, lub może przez jego praojca — troglodytę: było nim zjawisko spalania, ogień.

Dopiero bowiem w tym okresie umocniło się śród chemików przekonanie, że ogień nie jest substancyą ale zjawiskiem, zjawiskiem, które przyjmować może postać jaknajrozmaitszą.

Panie i panowie! Wiele z tych rozmaitych postaci ognia są dostatecznie znane z codziennego życia: znane wam jest palenie drzewa lub węgla, nafty lub gazu. I niezawodnie wszyscy już dawno uczyniliście pewne nieprzyjemne spostrzeżenie: że w każdem paleniu materyał opałowy znika. Znika więc nafta w lampie, znikają drzewo i węgiel w piecu. Czasami tylko pozostaje biały proszek, który zwiemy popiołem. Ale wszystkie te substancye nie giną darmo: dostarczają nam one światła i ciepła, t. j. tych czynników, bez których nie potrafimy dziś wyobrazić sobie najpierwotniejszej kultury.

Sumując więc te fakty, możemy powiedzieć, że

podczas każdego spalenia znika ciało palne, a natomiast powstają światło i ciepło, a prócz nich w wielu wypadkach jeszcze biały proszek, popiół.

Na tych oto prostych faktach osnuta została około 1700 r. przez Jerzego Ernesta Stahla, profesora uniwersytetu w Hali, pierwsza teorya spalenia, która wszechwładnie panowała przez całe niemal 18-te stulecie, a tu i owdzie była stosowana jeszcze nawet w 19-tem stuleciu. Była to *teorya flogistyczna.*

Rys. 23. Jerzy Stahl.

Podług Stahla wszystkie ciała palne — niezależnie od ich pochodzenia lub własności — zawierają jedyną wspólną zasadę palną, jedno i to samo ciało pierwiastkowe. Ciało to, nazwane przez Stahla flogistonem, zamienia się podczas palenia w ciepło i w światło. Ale ciała palne, np. drzewo, węgiel, metale, siarka i t. p., nie są wcale „czystym“ flogistonem. Są one mieszaninami, raczej połączeniami flogistonu i popiołu. Podczas palenia flogiston uchodzi, a zostaje popiół.

W pewnych razach możemy popiół znów połączyć z flogistonem i otrzymać w ten sposób z powrotem ciało palne. Wiadomo nam już np., że podczas palenia metali pozostaje popiół, zwany wapnem metalicznem. Otóż, jeżeli taki popiół będziemy ogrzewali z ciałem, obfitującem we flogiston, np. z węglem, wówczas

flogiston węgla przejdzie do wapna metalicznego i utworzy napowrót metal pierwotny.

A więc młotowiny, powstające ze spalenia żelaza, dają po prażeniu z węglem żelazo metaliczne, co możemy wyrazić schematycznie zapomocą równania:

wapno żelazne + flogiston = żelazo.

Odwrotnie, podczas palenia się żelaza, następuje rozkład żelaza na wapno i flogiston podług równania:

żelazo = wapno żelazne + flogiston.

Wprawdzie już Boyle uczynił spostrzeżenie, że podczas palenia znika *coś więcej*, niż samo ciało palne. Zauważył on, że podczas spalania ołowiu w zamkniętem naczyniu znika nietylko ołów, lecz także część powietrza, a mianowicie około $^1/_5$ całkowitej objętości użytego do doświadczenia powietrza.

Wprawdzie wiadomo było na zasadzie codziennego doświadczenia, że podczas palenia powstawać mogą inne substancye, oprócz ciepła i światła. Podczas palenia drzewa lub węgla powstaje popiół, podczas palenia metali — wapno, podczas palenia siarki albo węgla wreszcie — gazy, różne od powietrza, zarówno ze względu na zapach, jako też i zachowanie się wobec odczynników.

Te wszystkie fakty trudno było pogodzić z teoryą flogistyczną. Natomiast wszystkie znane podówczas zjawiska, można było wyrazić w ogólny i ścisły sposób, nie uciekając się bynajmniej do flogistonu. Ograniczając się wyłącznie na faktach, możemy orzec, *że podczas każdego spalenia znika ciało palne więcej piąta część powietrza (nazwana później tlenem); powstają zaś ciepło i światło więcej nowa substancya*, odmienna od materyału palnego a różna stosownie do rodzaju użytego do spalenia ciała. Czyli:

znikają	*powstają*
ciało palne + $^1/_5$ część powietrza	ciepło, światło + nowe ciało (popiół, wapno, kwas węglowy, kwas siarkawy i t. p.).

Teorya flogistonu nie objaśniała więc tych zjawisk. Była ona jedynie stosunkowo prostym i na owe czasy wystarczającym sposobem *opisania* zjawisk spalenia, obejmującym wszystkie przypadki szczególne.

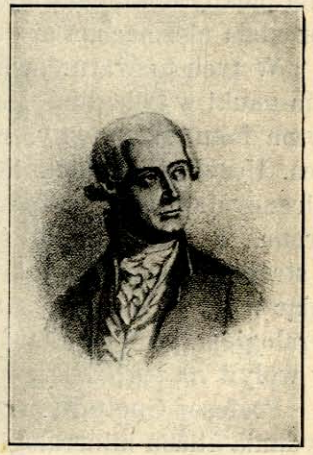
Podług tej teoryi popiół, pozostający po spaleniu, był częścią składową substancyi palnej. Tymczasem wiedziano już, że w wielu wypadkach, a w szczególności po spalaniu metali, pozostały popiół waży więcej niż ciało pierwotne. Trudno było przypuścić, aby składnik mógł być cięższy od ciała złożonego. Aby wyjść z tej sprzeczności, musiano przypuścić, że flogiston, ów palny składnik metali, posiada wagę odjemną, że nie podlega więc ciążeniu ogólnemu, jak inne ciała, lecz przeciwnie jest od ziemi odpychany.

Ciekawem jest, że to przypuszczenie, które dzisiaj zdaje się zakrawać raczej na żart, znalazło rzekome stwierdzenie w doświadczeniu. A mianowicie spostrzeżono w rzeczywistości, że ciało waży mniej na gorąco niż na zimno. Łatwo to uwidocznić, ogrzewając naczynie szklane, zawieszone na wagach, zapomocą palnika gazowego. Uważamy, że wagi wychodzą z równowagi, że więc naczynie staje się lżejszem przez ogrzanie. A więc — fakt, jakoby cieplik posiadał odjemną wagę, uchodził w mniemaniu ówczesnem za prawdę niezbitą.

Dzisiaj przystępujemy do podobnych doświadczeń z innym zasobem krytyki. Dzisiaj wiemy, że to zmniejszenie wagi jest tylko pozornem, że złudzenie to wywołane jest przez prąd ogrzanego powietrza,

wznoszący się wzdłuż ścian naczynia. Dziś wiemy, że waga jest niezmienna. Wtedy natomiast uważano powyższy dowód za zupełnie wystarczający.

I oto teorya flogistonu uważana była za niewątpliwą prawdę. Nikt nie śmiał jej dotykać, aż przyszedł ten, kto cały ten piękny gmach obalił jednym zamachem. Nie zapomocą przeczenia, nie dowodami jej niesłuszności, ale wprost tem, że potrafił zastąpić ją przez nową teoryę — lepszą, bo prostszą i ściślejszą. Mężem tym był Lavoisier.



Rys. 24. Antoni Lavoisier.

Antoni Wawrzyniec Lavoisier urodził się w r. 1743 w Paryżu, gdzie też w r. 1794 życia dokonał. Dziwnem zrządzeniem losu — choć może niezupełnie przypadkowem—najdonioślejsza rewolucya w chemii odbyła się w tym samym czasie i w tem samem miejscu, co największa rewolucya polityczna, z której wykluły się nowoczesne formy rządów. Ojciec Antoniego był adwokatem i to dość majętnym; mógł więc nie szczędzić kosztów na odpowiednie swemu stanowisku wychowanie syna. Niestety cios, który uderzył niebawem w ognisko domowe Lavoisierów, rozwiał piękne marzenia: matka zmarła w młodym jeszcze wieku, pozostawiając po sobie dwoje sierot: pięcioletniego Antoniego i zaledwie trzyletnią córeczkę.

W ciężkiem strapieniu przyszły chemik znalazł anioła opiekuńczego w siostrze zmarłej matki. Ciotka zajęła się wychowaniem sierot, nie szczędząc troskliwości i dobroci, aby im choć w części zastąpić miłość macierzyńską. Panna Poncet odrzucała wszelkie starania o jej rękę i pozostała do końca życia wierną przyjętym na się obowiązkom. Dzięki temu pomiędzy ciotką a siostrzeńcem zawiązał się niezmiernie serdeczny stosunek, oparty na macierzyńskiej opiece i szczerej przyjaźni. Korespondencya Lavoisiera przedstawia nam piękny dokument tej wzajemnej przyjaźni, która pozostała niezmącona aż do śmierci panny Poncet.

W tych to warunkach Antoni ukończył tymczasem nauki w kolegium Mazarina i wstąpił do Sorbony na fakultet prawny, mając zamiar pójść śladem ojca. Uczył się sumiennie i uzyskał stopień bakałarza i licencyata praw; lecz powołanie ciągnęło go w inną stronę, w stronę nauk ścisłych, przedewszystkiem w stronę matematyki, a także chemii i botaniki. Pracując w tej dziedzinie, zaznajomił się ze znanym mineralogiem, prof. Guettardem i to wywarło decydujący wpływ na jego dalsze losy.

Profesor Guettard otrzymał od ministra polecenie wydania atlasu mineralogicznego Francyi. Wydawnictwo to wymagało obszernych badań w różnych miejscowościach Francyi, zwłaszcza w Alzacyi i Lotaryngii. Do badań tych Guettard potrzebował pomocnika; w tej sytuacyi nastręczył mu się młody Lavoisier, który na propozycyę wspólnej podróży naukowej przystał z radością.

Podróż w Wogezach wzbogaciła umysł Lavoisiera w nowe różnorodne wiadomości, dała mu wiele pięknych wrażeń. Ale oprócz tego była pierwszym

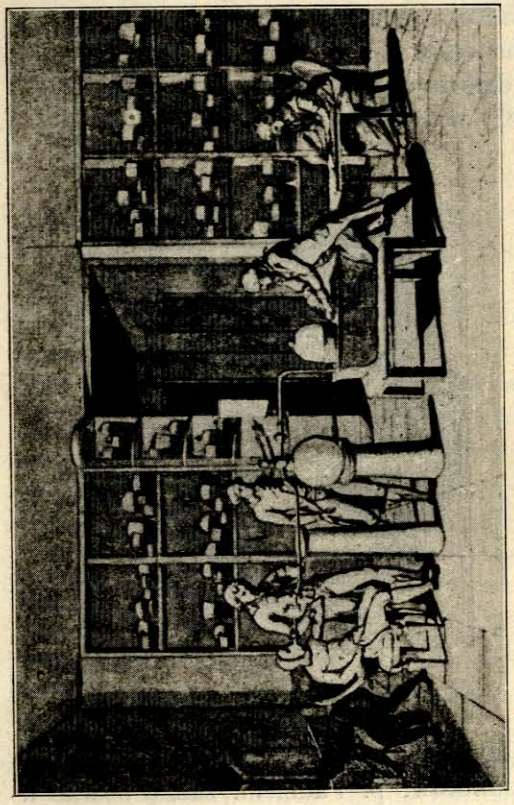
krokiem świetnej karjery. Na skutek propozycyi Guettarda Lavoisier, liczący wówczas zaledwie lat 25, został wybrany na członka Akademii Nauk.

Był to wielki zaszczyt, ale korzyść mała. Chcąc zająć stanowisko towarzyskie i zarazem przysporzyć sobie dochodów, Lavoisier zdecydował się na kupno posady dzierżawcy podatków. Ona to wywrzeć miała stanowczy wpływ na los uczonego, — gdyż z racyi tej

Rys. 25. Panna Paulze.

posady Lavoisier zawiązał stosunki z głównym dzierżawcą podatków, p. Paulzem, zaczął bywać u niego i poznał cudną jego córkę. Panna Paulze liczyła dopiero lat trzynaście, lecz pomimo tak wczesnego wieku, uroda jej potrafiła zwrócić na nią uwagę świata. Szczególnym jej wielbicielem był książę d'Amirval, mężczyzna już niemłody, bo lat około pięćdziesięciu, co mu jednak nie przeszkadzało zakochać się po uszy

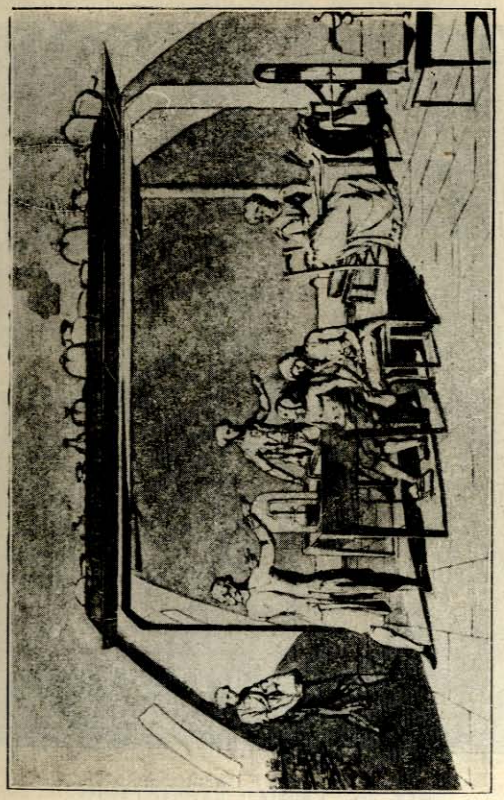
w ślicznej panience. Ale panna, mając awersyę do starego adonisa, a pociągana sympatyą ku młodemu ukształconemu akademikowi, — na oświadczyny księ-



Rys. 26. Doświadczenia nad oddychaniem. I.

cia odpowiedziała wprost odmową, a że d'Amirval przez zemstę starał się zapomocą intryg i możnych przyjaciół szkodzić Paulzemu, przeto aby raz na zawsze zakończyć tę historyę postanowiono wydać pannę za Lavoisiera.

Pani Lavoisierowa była piękna i młoda. Dzięki niewieściej przenikliwości pojęła, że talent męża rokuje mu na polu nauki świetne nadzieje. Obdarzona spo-



Rys. 27. Doświadczenia nad oddychaniem. II.

rą dozą ambicyi, zdołała usilną pracą nabyć dość wiadomości naukowych, aby rozumieć prace męża i stać się dlań zachętą do dalszego prowadzenia rozpoczętych doświadczeń. Ta piękna i rozumna pani tłumaczyła

więc dzieła chemiczne, poczęści dla męża, poczęści zaś dla ogółu, uczestniczyła we wszystkich niemal ważniejszych doświadczeniach, przesiadywała godzinami w jego pracowni, prowadziła dziennik laboratoryjny,

Rys. 28. Państwo Lavoisierowie.

wreszcie rysowała przyrządy, jak to widać z załączonych tu dwu rysunków, wykonanych przez nią, a ilustrujących historyczne doświadczenia Lavoisiera nad oddychaniem człowieka.

Gościnny dom państwa Lavoisierów stał się rychło ośrodkiem życia towarzyskiego w ówczesnym świecie naukowym. Naturalnie członkowie Akademii byli tam stałymi gośćmi. Ale też najznakomitsi uczeni zagraniczni uważali sobie za obowiązek podczas swej bytności w Paryżu złożyć wizytę w domu państwa Lavoisierów nietylko dla oddania hołdu Lavoisierowi, ale także dla poznania czarującej gospodyni, która zdumiewała zdolnościami i dowcipem. Ona zaś pilnie wprowadzała w takich razach rozmowę na tory naukowe, badając pod pozorem niewinnej konwersacyi poglądy i idee najświetniejszych uczonych stulecia, czerpiąc z nich materyał, który miał służyć jej mężowi do doświadczeń w pracowni.

I w rzeczywistości czas był szczęśliwy po temu. Badania doświadczalne poprzedników i współczesnych Lavoisierowi uczonych zebrały całkowity materyał, potrzebny do nastąpić mającego przełomu. Materyał ten czekał jedynie geniusza, któryby potrafił zeń skorzystać. Tym geniuszem był Lavoisier. Jemu przypadł w udziale szczęśliwy los, tak rzadki w dziejach wiedzy, zbudowania nowego gmachu przez genialne zużytkowanie wyników pracy innych uczonych.

Od czasu doświadczeń *Reya* i *Mayowa* nad spaleniem metali było wiadomo, że wytwory spalenia (wapna) ważą więcej niż metal spalony. *Priestley* wykazał, że podczas palenia znika część powietrza; poznał on, że ta część powietrza stanowi odrębny gaz, powietrze flogistowane, i nauczył, jak można gaz ten otrzymać w stanie czystym. Wreszcie niedługo przedtem *Black* zapoznał świat naukowy z własnościami kwasu węglowego, substancyi gazowej, powstającej zawsze podczas spalania węgla albo materyi roślinnych i zwierzęcych.

Lavoisier jednak pierwszy posiadał dostateczny zapas odwagi umysłu, aby z tych poszczególnych odkryć wyciągnąć należyte wnioski, aby mężnie wystąpić w szranki przeciwko samowładnej teoryi flogistonu.

„Spalenie nie jest *rozkładem* ciał palnych na ich pierwiastki, lecz przeciwnie *łączeniem* się ciał, a mianowicie ciała palnego z tlenem powietrza. Wytwory palenia, wapna metaliczne, kwasy: siarkawy, węglowy, fosforowy i t. p., nie są *pierwiastkami*, ale *związkami* chemicznemi, połączeniami metali, siarki, węgla, fosforu i t. p. ciał palnych z tlenem. *We wszystkich zaś zjawiskach spalenia*, t. j. łączenia się z tlenem *waga substancyi, powstającej przez spalenie, równa się ściśle wadze spalonego ciała więcej waga zużytego tlenu*:

wytwór palenia = ciało palne + tlen"

Jest to zupełne odwrócenie dotychczasowej teoryi palenia, założonej przez Stahla. Historya wiedzy zna jeszcze jeden podobny przewrót, mianowicie zastąpienie *geocentrycznego* układu Ptolemeusza, podług którego słońce i planety miały się obracać naokoło ziemi, przez *heliocentryczny* układ Kopernika, podług którego ziemia i planety krążą naokoło słońca.

Co więcej, w nowej teoryi spalenia Lavoisiera znajdujemy po raz pierwszy wypowiedzenie najważniejszej i najściślejszej zasady kosmicznej, zasady niezmienności masy, sformułowanej następnie w pięknem twierdzeniu: *la nature ne fait rien de rien, et la matière ne se perd point*, co znaczy: w przyrodzie nic nie powstaje z niczego, materya jest niezniszczalną.

Lavoisier nie należał do ludzi, których straszą wnioski ich własnej teoryi. Przeciwnie, były one dlań

bodźcem do dalszych badań. Wkrótce ogłasza on badania, dowodzące, że i oddychanie człowieka i zwie-

Rys. 29. Lavoisier i Berthollet.

rząt jest zjawiskiem chemicznem, powolnem spaleniem, — wydaje podręcznik chemii, oparty na nowej

nauce o tlenie, — wprowadza nowe nazwy ciał, odpowiadające ich rzeczywistemu składowi [1]).

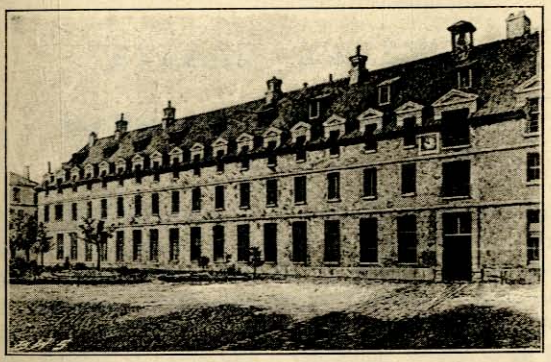
Pośród tych owocnych prac dosięgła genialnego badacza brutalna ręka teroru, który wówczas we Francyi pochłaniał coraz nowe ofiary, wrzekomo dla ocalenia państwa, w rzeczywistości zaś dla pokrycia własnej nieudolności w rządach.

Ze względu na swe przekonania polityczne Lavoisier należał do grupy ludzi, którąby dziś nazwano umiarkowanie—liberalną. On to był autorem memoryału, opracowanego przez szlachtę departamentu Blois, która dobrowolnie zrzekła się swych przywilejów i wypowiedziała się nietylko za podniesieniem wykształcenia mas ludu, ale także za polepszeniem ich bytu ekonomicznego. Był on członkiem Zebrania Konstytucyjnego, należał do komisyi rządowej, mającej ustanowić jednostki miar i wag, oraz do wielu innych komisyj, troszczących się o dobro kraju i wiedzy.

Ale wszystkie te zasługi nie posiadały znaczenia w oczach terorystycznego rządu Robespierre'a. Na skutek błahego oskarżenia, jakoby Lavoisier, za czasu gdy był generalnym dzierżawcą podatków, dopuścił się wymuszań, został on wraz z innymi byłymi dzierżawcami podatków aresztowany, a że za panowania

[1]) W Polsce nauka Lavoisiera przyjęła się stosunkowo wcześnie, wcześniej niż w innych krajach, które wówczas znajdowały się w pomyślniejszych warunkach kultury. Najważniejszą zasługę w tym względzie położył profesor uniwersytetu wileńskiego, Jędrzej Śniadecki, autor znanej „Historyi jestestw organicznych", przełożonej na niemiecki i francuski. Śniadecki potrafił z rzadkim taktem przełożyć nową nomenklaturę francuską na język polski; utworzona przez niego terminologia używana jest po dziś dzień. Jego więc uważać należy za „ojca polskiego słownictwa chemicznego".

Robespierre'a oskarżenie było jednoznaczne ze skazaniem, ci, którzy wówczas zwali się sędziami, nie zawahali się zaprowadzić go na szafot. *La patrie n'a pas besoin des savants*, ojczyzna nie potrzebuje uczonych — była to jedyna odpowiedź, jaką znalazł prezydent ówczesnego sądu wobec powoływania się



Rys. 30. Więzienie de Porte Libre w Paryżu.

obrony na znaczenie Lavoisiera w nauce. I oto spadła ta wyniosła głowa pod nożem gilotyny 22-go floreala roku drugiego rzeczypospolitej francuzkiej. „Dość było jednej chwili do zniszczenia życia geniusza, na którego pojawienie trzeba czekać stulecia".

Źródła. *Scheele C. W.* Chemische Abhandlung von der Luft und vom Feuer (1777) Ostwalds Klassiker. № 58. Lipsk 1894.

Lavoisier. Traité élémentaire de Chimie présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes. Paryż 1789.

Grimaux E. Lavoisier, Paryż 1888.

Berthelot M. La révolution chimique — Lavoisier. Paryż 1890.

Kahlbaum i *Hoffmann.* Einführung der Lehre Lavoisiers in Deutschland.—Lavoisiers Anteil an der Bestimmung der Zusammensetzung des Wassers. Lipsk 1897.

Zawidzki Jan. Z historyi poznania składników powietrza. Dwa odczyty publiczne (miane na rzecz „Polskiego Towarzystwa Oświaty“ w Rydze). Chemik Polski. Warszawa. Rok 7. str. 508—514, 539—546, 566—577 (1907).

Zawidzki Jan. Die Einführung der Lavoisierschen Lehre in Polen (w *Diergarta* Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Berlin 1908).

WYKŁAD CZWARTY.

Sir Humphry Davy i jego służący.

Treść: Rzut oka wstecz. — Pierwiastki i związki. — Stałość masy. — Zasada ta nie jest apryorystyczna. — Krytyka. — Wpływ fizyki na rozwój chemii. — Systematyka chemiczna. — Tlenki: zasady i kwasy. — Znaczenie wody. — Sole, jako połączenie zasad z kwasami. — Dalszy rozwój systematyki. — Odkrycie Wolty. — H. Davy. — Życiorys. — Zasługi. — Michał Faraday. — Wstęp do pracowni Davy'ego. — Podróż po Europie. — *Royal Institution.* — Prace Faradaya i ich wyniki. — Dalszy rozwój elektrochemii.

Panie i panowie.

Flogiston runął. Na jego gruzach wznosił się nowy gmach chemii, rozpoczęty przez Lavoisiera, rozbudowany wszerz i w głąb przez jego następców, a tak obszerny, że zdołał pomieścić wszystkie fakty, odkryte przez następne pokolenia po dzień dzisiejszy.

Nauka Lavoisiera nie odrazu została przyjęta. Najwybitniejsi badacze owych czasów, ci nawet, którzy badaniami swojemi najbardziej przyczynili się do powstania nowej nauki, jak Black, Priestley, Scheele i inni, nie mogli się wyrzec flogistonu. Nawet zażyli

przyjaciele Lavoisiera, Berthollet, Fourcroy, Guyton de Morveau lękali się początkowo nowości „pneumatycznej teoryi spalania“.

Lavoisier nie szczędził trudu, aby wprowadzić swą teoryę do zachowawczych umysłów współczesnego świata uczonego, ogłaszając coraz nowe badania w tej materyi, wydając podręcznik do nauki chemii, na nowej teoryi oparty. Po jego śmierci starania te prowadzone były dalej przez wdowę po nim.

Pani Lavoisier, jakkolwiek ciężko dotknięta przez okrutny los, jaki spotkał jej męża, postanowiła tem mocniej uwydatnić naukowe znaczenie nieboszczyka. Pierwotnie zwróciła się do kilku wybitnych uczonych z propozycyą wydania jego pism pośmiertnych, gdy ci jednakże odmówili, obawiając się zemsty ze strony wrogów Lavoisiera, stojących u steru rządów — ogłosiła sama jego pamiętniki, zaopatrzywszy je wstępem własnego pióra. Po latach wyszła powtórnie za mąż za hrabiego Rumforda, znakomitego fizyka angielskiego, tego samego, który po raz pierwszy stwierdził doświadczalnie zamienność pracy w ciepło. Nie mogła jednak odnaleźć wydartego jej szczęścia. Po czteroletnim pożyciu nastąpił dobrowolny rozwód tego małżeństwa. Pani Lavoisierowa oddała się potem całkowicie życiu towarzyskiemu. Jej salon pozostawał jeszcze przez 27 lat najulubieńszem miejscem zebrań ówczesnego świata naukowego, aż nagła śmierć porwała ją w 68-ym roku życia.

Na czem-że polegała naukowa doniosłość teoryi Lavoisiera? Zawrzeć ją można w dwu głównych zasadach:

1) *waga związku jest zawsze większa od wagi jakiegokolwiek składnika tegoż związku*;

a więc waga wapna metalicznego, będącego (w myśl teoryi pneumatycznej) połączeniem metalu z tlenem, musi być większą od wagi spalonego metalu i zużytego tlenu zosobna; waga bezwodnika węglowego, będącego wytworem spalenia węgla, musi być większa od wagi węgla i t. d., w ogólności zaś wytwór każdego spalenia musi zawsze ważyć więcej niż spalone ciało;

2) *całkowity ciężar wszystkich ciał, uczestniczących w jakiemkolwiek zjawisku chemicznem, nie może uledz zmianie po ukończeniu zjawiska.*

Ta ostatnia zasada otrzymała, jak wiadomo, nazwę „zasady niezniszczalności materyi“. Ściślej nazwać ją należało „zasadą niezmienności masy“.

Obie zaś zasady wydają się nam dzisiaj zrozumiałemi same przez się. Przeniknęły nasz sposób myślenia tak dalece, że nie możemy sobie wcale przedstawić świata, w którymby nie miały znaczenia, że nie możemy pojąć, jak ludzkość przez długie wieki mogła się bez nich obejść. Jakże można przypuścić choćby na chwilę, aby część miała więcej ważyć od całości? Jakże można przedstawić sobie nawet w wyobraźni obrócenie w niwecz albo powstanie z niczego rzeczy tak stałej, jak materya? W tem właśnie leży przyczyna, dla której dziś trudno nam należycie ocenić doniosłość teoryi Lavoisiera, trudno nam zrozumieć, że mogła ona trafić na silny opór ze strony współczesnych uczonych.

I właśnie dlatego należy sobie uprzytomnić, że w naukach przyrodzonych — a prawdopodobnie nawet w naukach ścisłych w ogólności — niema miejsca dla

zasad apryorystycznych, t. j. takich, któreby zawdzięczały swe powstanie wyłącznie rozumowaniu a nie doświadczeniom, chociażby zupełnie pierwotnym. Przypomnijmy sobie, gdy zwątpimy o słuszności tego pewnika, że t. zw. zasada niezniszczalności materyi — zasada, będąca dziś wprost trywialnym ogólnikiem, powstała dopiero dzięki faktom przez Lavoisiera i jego poprzedników odkrytym, wspomnijmy, że zasada ta jest słuszna tylko dopóty, dopóki mierzymy *ilość* materyi zapomocą masy, albo ciężaru ciał, który jest do masy proporcyonalny. Spróbujmy jednakże mierzyć *ilość* materyi nie zapomocą wagi, lecz zapomocą objętości, a rychło przekonamy się, że zarówno zasada niezniszczalności materyi, jak i pierwsza zasada, podług której całość jest większa od części, nie wytrzymają ogniowej próby doświadczenia.

Prawa przyrody nie są bezwzględnemi przepisami narzuconemi naturze, lecz przeciwnie: tkwią one korzeniami swemi w samych zjawiskach, stanowią ogólny wyraz doświadczeń i obserwacyj.

Niczem innem nie jest też prawo zachowania ciężaru albo masy. Odkrycie tego prawa chemia zawdzięcza fizyce, która w tej epoce zdążyła już dosięgnąć wysokiego szczebla rozwoju. W szczególności przyczyniła się do tego mechanika, w której pojęcie masy, wprowadzone przez Newtona, okazało się niezmiernie pożytecznem. Ona to niewątpliwie wpłynęła bezpośrednio na zmianę poglądów chemików.

Skoro zaś raz prawo stałości masy było wygłoszone i przyjęte, to musiało ono stać się skutecznem narzędziem do dalszych badań, źródłem nowych uogólnień, nowych praw, nowych teoryj.

I znów wpływ jego uwydatnił się przedewszystkiem w reformie klasyfikacyi chemicznej. Genetyczna zasada układu ciał chemicznych, wprowadzona jeszcze w okresie flogistonu, stosowana była dotąd instynktownie, a więc dowolnie. Brakło bowiem jeszcze ścisłych podstaw do rozróżnienia składników i związków. Nauka Lavoisiera określiła te różnice zupełnie jasno.

Po raz pierwszy zjawia się ścisłe, nowożytne pojęcie *pierwiastku, jako ciała, którego ciężar wobec jakiejkolwiek przemiany chemicznej, nie może uledz zmniejszeniu.*

Pomiędzy znanemi wówczas pierwiastkami szczególną rolę odgrywa *tlen*, ta część składowa powietrza, która podsyca palenie. Tlen posiada zdolność łączenia się ze wszystkiemi pierwiastkami.

Reszta zaś pierwiastków dzieli się na dwie kategorye:

a) *metale* i

b) *niemetale.*

Ilość metali znów się zwiększyła. Do metali szlachetnych, których dotąd znano tylko trzy: złoto, srebro i rtęć, przyłącza się *platyna.* Nazwa pochodzi od hiszpańskiego wyrazu „plata“, który oznacza srebro. Po raz pierwszy odnaleziono ją w Ameryce w złotym piasku rzeki Pinto i w r. 1741 sprowadzono do Europy. Doniosłość tego metalu, który ze względu na użyteczność stoi wyżej od reszty metali szlachetnych, nie wyłączając nawet złota, wystąpiła na jaw znacznie później. Zaleta jego polega na znacznej odporności zarówno względem wysokich temperatur, jako też względem odczynników chemicznych, — i tej właśnie zalecie platyna zawdzięcza szerokie zastosowanie do wyrobu naczyń, używanych w pracowni i w przemy-

śle chemicznym. Oto np. tygielek i miseczka z platyny, przyrządy niezbędne w każdej pracowni.

Zwiększyła się też liczba nieszlachetnych metali. Odkryto pięć nowych metali pokrewnych staremu żelazu:

chrom, molibden, mangan, kobalt i nikiel.

Chrom i mangan, które mam przed sobą, dodawane są obecnie do stali w celu wzmożenia jej wytrzymałości. Znane pancerze Kruppa, o których czytaliśmy w gazetach podczas wojny japońskiej, wyrabiane są ze stali chromowej. Nikiel znany jest wszystkim z życia codziennego, nie potrzebuję więc go pokazywać.

Dalej znajdujemy w tabelce starych znajomych:

cynk, cynę, miedź i ołów oraz
arsen, antymon i bizmut.

Oto spis metali znanych na początku 19-go stulecia.

Mniej liczna była gromada niemetali, zwanych też metaloidami[1]). Do niej należy przedewszystkiem *wodór*, gaz najlżejszy ze wszystkich pierwiastków, stanowiący część składową wody. Znajduje się on poniekąd na granicy pomiędzy metalami a niemetalami.

Do niej należy *azot*, ciało gazowe, jak wodór,— główna część składowa powietrza.

Do tejże gromady zaliczono węgiel, pierwiastek, występujący w przyrodzie w trzech odmianach: jako zwykły węgiel kamienny, jako grafit, wreszcie jako cenny dyament.

I na ostatku włączono do kategoryi pierwiastków dwa ciała palne, które dawniej uważano za połączenia

[1]) Metaloidami pierwotnie nazywano tylko jod i arsen; później dopiero przez nadużycie ta nazwa przeszła na ogół niemetali (Z).

flogistonowe: fosfór i siarkę. W końcu zaś osiemnastego stulecia przyłączono jeszcze tellur, nieodstępnego towarzysza siarki w przyrodzie.

Tabelka, przedstawiająca układ chemiczny z początku XIX-go stulecia.

A. Pierwiastki.
- I gromada: *metale* { szlachetne / nieszlachetne
- II gromada: *niemetale*.
- III tlen.

B. Związki.
- I gromada: *tlenki* 1) tlenki metali (zasady). 2) tlenki niemetali (kwasy). 3) woda.
- II gromada: *sole* (połączenia tlenków metali z tlenkami niemetali).

W 1819 roku ogłosił *Berzelius* elektrochemiczną teoryę związków chemicznych, która przez pół wieku przeszło wszechwładnie panowała w chemii. Berzelius przypisał pierwiastkom ładunki elektryczne, dodatnie lub odjemne. A więc w tlenie przeważa ładunek odjemny, w potasie zaś dodatni. Powinowactwo chemiczne zależeć ma tylko od wielkości owych ładunków elektrycznych. Połączenie chemiczne polega więc na zobojętnianiu elektrycznem różnoimiennych ładunków, na wyładowywaniu elektrycznem, którego wynikiem bywa ciepło i światło. Na tej teoryi osnuty został układ ciał chemicznych, który znakomicie potrafił ująć całokształt chemii nieorganicznej. Dopiero w chemii organicznej hypoteza Berzeliusa napotkała pierwsze szkopuły, które w następstwie przyczyniły się do obalenia tej teoryi, zwanej wówczas *„dualistyczną“* i zastąpienia ją przez inną, nazwaną *„unitarną“*.

Wszystkie inne ciała chemiczne, zarówno natu-

ralne, jak sztuczne, są połączeniami wymienionych pierwiastków; są one kombinacyami dwu, trzech lub większej ilości tych pierwiastków ze sobą. Rozmaitość tych połączeń, różnice własności fizycznych i chemicznych tych związków — wszystko to warunkowane jest przez jakość i ilość pierwiastków, wchodzących w skład rozpatrywanego połączenia.

Najważniejszemi z tych połączeń, a nawet jedynemi, które podówczas dokładniej zbadano, były połączenia tlenu. Zwano je *tlenkami*. A więc przedewszystkiem *tlenki metali*, wytwory ich spalenia w powietrzu lub w tlenie. Były to te same ciała, które w okresie poprzednim uważane były przez flogistyków za pierwiastki, za składniki metali i zwane były wapnami. Do nich zaliczano też alkalia: sodę gryzącą i potaż gryzący oraz amoniak, tlenek hypotetycznego metalu: amonu.

Do tlenków metali zaliczono też ziemie. Sześć takich ziem zbadano dokładnie. Były to: kilkakrotnie już wymieniana ziemia wapienna, oraz pokrewne jej ziemie barytowa i strontowa, dalej ziemia ałunu (właściwa część zasadnicza gliny), gorzka ziemia, dziś zwana powszechnie tlenkiem magnezu, wreszcie „czarna magnezya“ (dwutlenek manganu), znana bodaj od czasów Gebera.

Jakkolwiek ziem owych nie zdołano jeszcze rozłożyć na pierwiastki, to jednakże podobieństwo ich do tlenków było tak wielkie, a w szczególności zachowanie się względem kwasów o tyle jednakowe, że nie wahano się uznać ich za połączenia tlenowe przypuszczalnych metali, które nazwano potasem, sodem, wapniem, strontem, barem, glinem i magnezem. Metale te istniały wówczas wyłącznie na papierze lub w wy-

obraźni chemików, wierzących w ich rzeczywiste istnienie.

Wszystkie wymienione tu tlenki metali — zarówno tych, które istniały rzeczywiście, jako też tych, których istnienie przypuszczano na zasadzie analogii — posiadają podobne własności chemiczne, tworzą jedną wspólną gromadę *„zasad“*. Natomiast połączenia tlenu z niemetalami odznaczają się wprost przeciwnemi własnościami. One to stanowiły gromadę *„kwasów“*.

A więc tlenki siarki tworzą kwasy: siarkawy i siarkowy. Przez połączenie z tlenem fosforu powstaje kwas fosforowy. Podobnie też kwas krzemowy i borowy stanowić musiały tlenki przypuszczalnych pierwiastków krzemu i boru, które w wolnym stanie nie były jeszcze wówczas znane.

Do tejże gromady tlenków niemetali zaliczono chlor, ciało gazowe, otrzymane jeszcze przez Scheelego w poprzedniem stuleciu. Ciało to tworzy również kwas, znany pod nazwą solnego, z metalami tworzy sole, których najzwyklejszym przedstawicielem jest sól kuchenna, czyli chlorek sodu. Chociaż więc chloru nie udało się rozłożyć na prostsze ciała, chemicy ówcześni nie wahali się podług analogii z innymi kwasami uważać go za tlenek osobnego przypuszczalnego pierwiastku, zwanego po łacinie „murium“. Pierwiastek ten, jako nie istniejący, został następnie wyrzucony z układu chemii. Mimo to wegetuje on do dziś dnia w terminologii aptekarskiej, która kwas solny nazywa po łacinie: „acidum muriaticum“, t. j. kwasem murowym.

Na granicy tych dwu gromad stoi ciało dwulicowe. To woda. Jako tlenek wodoru nie stanowi ona wyraźnej zasady, nie jest też wyraźnym kwasem, lecz

raczej czemś pośredniem pomiędzy jednem a drugiem. Nie wiedziano więc dokąd ją zaliczyć. Podobne wątpliwości istniały też względem wodoru: nie wiedziano bowiem, czy uważać go za metal czy też za metaloid.

Wszystkie te połączenia były podwójne: były to związki *dwu* pierwiastków ze sobą, metalu z tlenem albo metaloidu z tlenem. Przez łączenie zasad z kwasami otrzymuje się związki *potrójne*, połączenia trzech pierwiastków: metalu z metaloidem i z tlenem. Związki te zwą się solami. Poznaliśmy je już w poprzednich wykładach.

Zaznaczyłem już wtedy, że dwie wielkie gromady związków podwójnych: kwasy i zasady posiadają własności wręcz przeciwne. Jedno z tych przeciwieństw poznaliśmy w poprzednim wykładzie. Przejawia się ono w odrębnem zachowaniu się kwasów i zasad względem pewnego barwnika roślinnego: lakmusu. Kwasy zabarwiają go na czerwono, zasady na niebiesko. W trakcie dzisiejszej pogawędki poznamy jeszcze bardziej uderzający kontrast obu kategoryj; przejawia się on w zachowaniu względem prądu elektrycznego.

Przeciwieństwa stykają się, jak powiada przysłowie. Podobnie jak niektórzy znawcy serc ludzkich twierdzą jeszcze dzisiaj, że powstanie miłości dwojga ludzi wymaga pewnego przeciwieństwa charakterów, tak ówcześni znawcy chemii przypuszczali, że do rozpalenia wzajemnej miłości dwu pierwiastków, mającej doprowadzić do ich połączenia w związek chemiczny, niezbędnem być musi pewne przeciwieństwo w charakterze obu pierwiastków. Były to resztki dawnego antropomorficznego traktowania przyrody, które tak jaskrawo zaznaczyło się u van Helmonta.

W istocie miłość wzajemna kwasów i zasad musi być wcale niemała, gdyż podczas ich zbliżenia wytwarza się gorąco, o którem możemy powziąć wyobrażenie na zasadzie następującego doświadczenia.

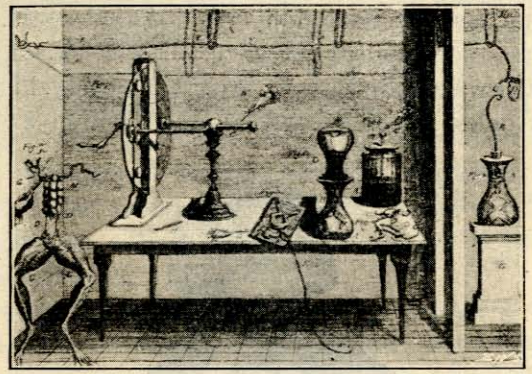
Przed sobą mam 2 roztwory: roztwór kwasu, a mianowicie kwasu siarczanego, i roztwór zasady: ług sodowy. W jedno z tych naczyń zanurzam kolbkę z eterem.

Rys. 31. Ludwik Galvani.

Wiadomo, że ciało to zagotowuje się w temperaturze nieco wyższej od pokojowej, wre ono już w temperaturze ciała ludzkiego. Oba roztwory są zimne, więc eter nie zagotuje się, skoro zanurzymy kolbkę w którymkolwiek z nich: Skoro jednak zmieszam kwas z zasadą, rozgrzewają się one wskutek połączenia tak silnie, że eter gwałtownie się zaczyna gotować i parę jego, jak widzimy, można z łatwością zapalić.

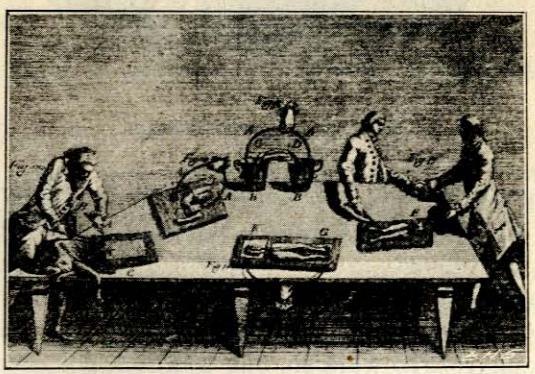
Wytworem tego połączenia jest sól. W danym

wypadku jest to siarczan sodowy, znany nam już pod nazwą soli Glaubera. Oba zaś ciała działające, kwas



Rys. 32. Doświadczenia galwaniczne I.

siarkowy i zasada, straciły wskutek połączenia swe odrębne własności. Otrzymany przez nas roztwór nie



Rys. 33. Doświadczenia galwaniczne II.

jest ani kwaśny ani zasadowy. Jest on — jak mówią chemicy — „obojętny".

W ten sposób, przez łączenie najrozmaitszych kwasów z rozmaitemi zasadami, można otrzymać mnóstwo soli, których szczegółowe wyliczanie wykracza już poza ramy opowiadania historycznego, zajmującego się ogólnem naszkicowaniem rozwoju klasyfikacyi chemicznej.

Zestawiając to wszystko, cośmy powyżej uwydat-

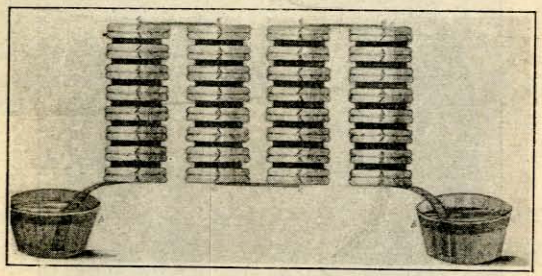
Rys. 34. Aleksander Volta.

nili, możemy powiedzieć, że zaletą antiflogistycznej nauki było to, że potrafiła nietylko zebrać rzeczy w całość harmonijną i prostą, ale umiała też przepowiedzieć rzeczy dotąd wcale nieznane. Ona to przewidziała istnienie nowych nieznanych pierwiastków: metali alkaliów i ziem alkalicznych. Przepowiednia ta niezadługo miała się sprawdzić.

Jednakże zadanie to nie było bynajmniej łatwem.

Stwierdzenie przypuszczenia o istnieniu tych pierwiastków nie dałoby się nawet wcale uskutecznić, gdyby chemii nie przyszła z pomocą jej siostrzyca fizyka, z którą mieszkała ona już oddawna pod jednym dachem.

Że wpływ fizyki na rozwój chemii uwydatnił się już w poprzednim okresie, o tem mówiłem kilkakrotnie. Starałem się dowieść, że chemia gazów, czyli chemia pneumatyczna nie mogłaby się rozwinąć, gdy-



Rys. 35. Stos Volty.

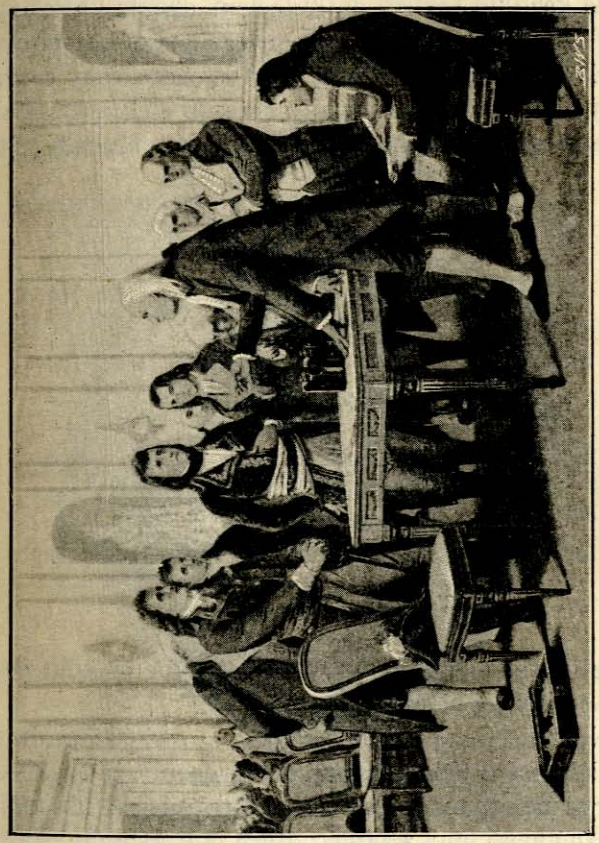
by nie uprzedziły jej doświadczenia z powietrzem, dokonane przez fizyków. Wreszcie najwybitniejsi pneumatycy z okresu flogistonu: Boyle, Black, Cavendish byli chemikami i fizykami w jednej osobie.

W dalszym ciągu poznaliśmy ścisły związek, w jakim pozostawało odkrycie prawa stałości masy i wprowadzenie wag do pracowni chemicznej przez Lavoisiera z rozwojem mechaniki przez Newtona i innych, którzy samo pojęcie masy uczynili ścisłem.

Wpływ fizyki na losy chemii nie może podlegać żadnej wątpliwości.

Nie zawiodła też ona i w tym wypadku.

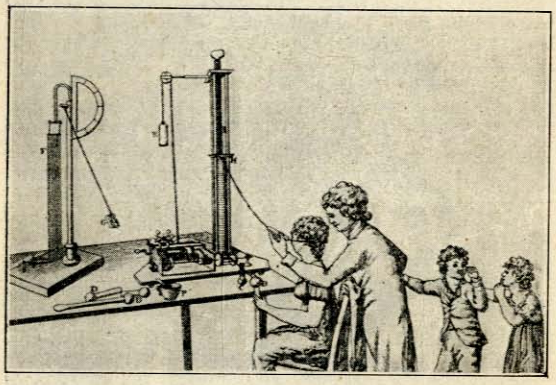
Działo się to w roku 1791, kiedy świat naukowy wprawiony został w podziw przez niewielką broszur-



Rys. 36. Napoleon na wykładzie Volty.

kę pewnego lekarza bolońskiego. W niej mąż ów opisał zjawiska elektryczne, zauważone przezeń zupełnie przypadkowo podczas badań fizyologicznych. Lekarz ten, nazwiskiem Ludwik Galvani, operował w swej

pracowni żabę, kiedy jeden z jego asystentów wykonywał doświadczenia z maszyną elektryczną. Dotykając skalpelem mięśni żaby, Galvani spostrzegł, że mięśnie za każdym takiem dotknięciem drgają kurczowo. Spostrzeżenie to uznał za wystarczające do stwierdzenia, że zwierzęta posiadają pewien szczególny rodzaj cieczy elektrycznej, nazwany przezeń elektrycznością „zwierzęcą". I oto biedne żaby ulegać musiały naj-



Rys. 37. Scena galwaniczna.

rozmaitszym eksperymentom, mającym na celu zbadanie istoty tej cieczy elektrycznej.

Nieśmiertelną zasługę genialnego włoskiego fizyka, *Aleksandra Volty* stanowi stwierdzenie, że zjawiska elektryczne, spostrzeżone przez Galvaniego, nie mają nic wspólnego ani z żabią naturą, ani w ogólności ze zjawiskami życiowemi zwierząt. Dowiódł on — i to niebawem po ogłoszeniu eksperymentów Galvaniego — że prąd elektryczny powstaje za każdym razem, skoro wprowadzamy w zetknięcie dwa różne metale z jakąkolwiek cieczą.

Jeżeli kilka podobnych par metali, np. z blaszek miedzianych i cynkowych złożonych, ułożymy jednę na drugiej, wstawiając pomiędzy jednę parę a drugą krążki filcowe, napojone jakimkolwiek płynem, np. rozcieńczonym kwasem siarczanym, to otrzymamy

Rys. 38. Humphry Davy.

stos elektryczny tak silny, że prąd jego wywołuje — jak to zauważyć można — iskry podczas zbliżenia obu końców drutu.

Podobny stos zwiemy stosem Volty. Oto jego wygląd naturalny, podczas kiedy rysunek podaje nam jego budowę w sposób schematyczny.

Badania Volty wzbudziły niebywałe zainteresowanie. Napoleon Bonaparte, będący wówczas dopiero konsulem rzeczypospolitej francuskiej, polecił Volcie wygłoszenie referatu o swych odkryciach. W ogólności zaś interesował się galwanizmem w znacznym stopniu i on to przyczynił się głównie do założenia w Paryżu „stowarzyszenia galwanicznego", które miało na celu popieranie i wykonywanie badań nad zjawiskami galwanicznemi.

Ale nietylko we Włoszech i we Francyi — galwanizm stał się modny w całej Europie. Kto tylko posiadał kilka monet miedzianych i srebrnych, nie mógł odmówić sobie przyjemności budowania stosów Volty. Próbowano z niemi najróżniejszych doświadczeń, stosowano do najrozmaitszych celów. A więc galwanizm miał jakoby posiadać cudowne własności lecznicze: głuchoniemym miał przywracać słuch; miał obdarzać ludzi zdolnością przeczuwania obecności cennych metali a nawet pewnych osobistości, słowem tworzyć podobne cudy, jakie dziś jeszcze wmawiają w łatwowierny ogół t. zw. spirytyści, medyumiści i inni zwolennicy wiary w przesądy.

Rozumie się, że nie brakło też istotnych badaczów, którzy rozporządzali niezbędną w nauce dozą krytycyzmu i pracami swemi przyczynili się do rzetelnego postępu w tej dziedzinie. Nikt z nich nie zdziałał w tym kierunku więcej niż angielski chemik Humphry Davy, którego żywot i czyny zasługują na obszerniejsze uwzględnienie.

H. Davy urodził się 17-go grudnia 1778 r. w Penzance, maleńkiej mieścinie angielskiej, położonej w hrabstwie Kornwalijskiem. Niska była skala wymagań tego miasteczka. Całkowity przemysł przewozowy składał się z jednego powozu, zaś na 2000 jego mieszkańców przypadał jeden jedyny dywan. Podłogi były przeważnie wysypane piaskiem, a srebrnej łyżki nie można było chyba znaleźć w całem mieście.

Davy wychował się więc w prostem otoczeniu. Ojciec jego był snycerzem. Rodzina była uboga. Skoro ojciec umarł, młodego Humphry'ego oddano na naukę do chirurga. Będąc jeszcze w szkole, czuł głęboką niechęć do łaciny i greki, natomiast chętnie zajmował się fajerwerkami. Zajęcie to prowadził dalej u chirurga, który wówczas w Anglii musiał jednocześnie spełniać obowiązki aptekarza. W ten sposób zapoznał się z niektóremi manipulacyami chemicznemi. Talent w wykonywaniu doświadczeń, pociąg do badania przyrody, wreszcie wybitne zdolności umysłowe zwróciły nań wkrótce uwagę.

Zadziwiająca była wszechstronność jego uzdolnienia. Pomiędzy młodzieńczemi utworami znakomitego chemika, znajdujemy rozprawy treści filozoficznej, religijnej i politycznej. Nie brak tam i poezyi. Dowodzą one rzetelnego talentu poetyckiego. Niektóre z nich wydane zostały później w osobnym zbiorku. Do końca życia Davy pozostał wierny zamiłowaniu do poezyi. Jego „Consolations in Travel" (Pocieszające rozmyślania w podróży, czyli Ostatnie dnie filozofa) mogą zadowolić nawet współczesny gust artystyczny.

Te talenty zyskały mu przyjaciół, którzy wyjednali mu miejsce, bardziej odpowiadające jego upodobaniom i zdolnościom.

W owym czasie, a mianowicie około roku 1798 założono w Brystolu nowy zakład. Nazwano go zakładem pneumatycznym. Miał on na celu zbadanie własności leczniczych gazów, odkrytych przed niedawne-

mi czasy. Davy, któremu w zakładzie tym ofiarowano posadę inspektora, przyjął chętnie to stanowisko, dawało mu ono bowiem możność pracy doświadczalnej. Należy wyznać zresztą, że zbyt różowe nadzieje założycieli zakładu pneumatycznego nie ziściły się bynajmniej. Ze wszystkich gazów zaledwie jeden tylko okazał się istotnym środkiem leczniczym, mianowicie — naturalne czyste powietrze.

Ale Davy potrafił nawet na tem polu osiągnąć dosyć pomyślne wyniki. On to odkrył podtlenek azotu, gaz odznaczający się właściwością wywoływania przyjemnych uczuć podczas oddychania nim. Tej własności gaz ten zawdzięcza nazwę gazu rozweselającego. Wiadomo, że był on niegdyś stosowany w dentystyce, ale w ostatnich latach wyszedł niemal zupełnie z użycia wobec wynalezienia skuteczniejszych środków, uśmierzających bóle.

Większej doniosłości były badania nad prądem elektrycznym i chemicznemi jego działaniami. Davy odrazu pojął, że elektryczność stanowi poważną siłę, dającą się zastosować do rozkładu ciał złożonych. Szczególną jego uwagę zwróciły na siebie próby rozkładu tych ciał, których dotąd, jak widzieliśmy, nie udało się jeszcze rozłożyć na pierwiastki.

Pierwsze doświadczenia zmierzały do rozkładu wody. Wiadomo było wprawdzie, że pod wpływem prądu elektrycznego z wody wydzielają się wodór i tlen. Ale przypuszczano, że tajemnicza moc elektryczności zdolna jest tworzyć z wody nowe ciała. Davy dowiódł niezbicie błędności podobnego przypuszczenia.

Zachęcony tak pomyślnym wynikiem pierwszych doświadczeń, Davy począł stosować prąd elektryczny do rozkładu ciał, których pierwiastków dotąd nie poznano.

Były to alkalia i ziemie alkaliczne. I te doświadczenia zostały uwieńczone pomyślnym skutkiem. Jeżeli np. roztwór sody gryzącej, który zawiera się w tem oto naczyniu, poddamy działaniu prądu, to następuje rozkład. Łatwo to zauważyć po pęcherzykach gazowych, wydzielających się na końcu drutu platynowego, połączonego z dodatnim biegunem bateryi elektrycznej. Ten gaz to tlen. U drugiego bieguna elektrycznego, który stanowi warstwa rtęci, połączona zapomocą drutu z odjemnym biegunem bateryi, gaz się nie wydziela. Tam prąd osadza sód metaliczny, składnik pierwiastkowy sody gryzącej. Metal ten o dziwnych własnościach, bo rozkładający wodę w zwykłej temperaturze, a nawet zapalający się podczas zetknięcia z wodą, — w naszem doświadczeniu rozpuszcza się w rtęci, jak cukier w wodzie.

Łatwo się jednak przekonać o jego obecności. Wylewam rtęć, pozostałą po elektrolizie, do rozcieńczonego kwasu solnego. Spostrzegamy wydzielenie gazu. Jest to wodór, wyrugowany z kwasu przez rozpuszczony w rtęci sód.

W ten sposób zapomocą prądu można rozłożyć sodę na tlen i sód. Podobną drogą Davy otrzymał też drugi metal alkaliczny, potas,—dalej zaś wapń, stront i bar składniki pierwiastkowe alkaliów ziemnych, wreszcie magnez, pierwiastek ziemi gorzkiej (magnezyi).

Po dokonaniu tego dzieła zajął się badaniem działania prądu elektrycznego na nierozłożone dotąd tlenki nie metali, podówczas zwane kwasami. Z kwasem borowym sprawa poszła gładko, i Davy otrzymał nowy pierwiastek: bor. Ale próby rozkładu chloru, owego tlenku tajemniczego pierwiastku muru, nie dopro-

wadziły do oczekiwanego wyniku. Napróżno znakomity chemik, którego dotąd szczęście nie odstępowało ani na krok, starał się pozbawić ciało to tlenu. Ze wszystkich prób, jakim je poddawał, otrzymywał jako produkt reakcyi z powrotem nierozłożony chlor.

Ten ujemny wynik zniewolił naszego eksperymentatora — a z nim większość ówczesnego świata chemicznego — do odrzucenia hypotezy, podług której chlor miał być tlenkiem muru i do uznania go za ciało nie dające się rozłożyć, t. j. za pierwiastek.

Odkrycie to było nader doniosłe. Gdyż w tym przypadku musiano po raz pierwszy uznać istnienie kwasów, nie zawierających tlenu, jak kwas solny, składający się tylko z chloru i wodoru. Dotąd tlen uchodził za zasadniczy pierwiastek wszystkich kwasów. Temu poglądowi zawdzięczał nazwę kwasorodu. Odkrycie kwasów, nie zawierających tlenu, stanowiło pierwszy wysiłek ku zepchnięciu tlenu z przodującego stanowiska, na którem go postawił Lavoisier. Jako właściwy pierwiastek kwasotwórczy uznany został przez Davyego wodór. Przyszłość dowiodła, że badacz ten się nie omylił.

Prace i odkrycia, dokonane przez Davyego, wzmogły zainteresowanie się szerszego ogółu naukami przyrodniczemi. Pod wpływem tego ruchu założono w owym czasie na początku 19-go stulecia w Londynie Instytut Królewski, przeznaczony do popularnych wykładów z zakresu nauk przyrodniczych oraz do samodzielnych badań wykładających w Instytucie uczonych. Plan Instytutu wygotowany był przez hrabiego Rumforda, drugiego męża nieszczęśliwej pani Lavoisierowej, jednym zaś z pierwszych profesorów chemii w Instytucie Królewskim był Humphry Davy.

Tutaj wykłady jego ściągały licznych słuchaczów, wzbudzając w nich szacunek dla wiedzy i chęć dalszego kształcenia się. W niczyim umyśle nie wyryły one jednakże tak wybitnego piętna, jak w umyśle niepozornego czeladnika introligatorskiego.

Nazywał się on *Michał Faraday* i był dzieckiem ludu. Ojciec jego, ubogi kowal w wiosce Newington Butts, położonej w pobliżu Londynu, a dziś zupełnie przezeń pochłoniętej, odumarł go wcześnie, i Michał, jako starszy syn, odziedziczył po nim ciężar utrzymania rodziny. Wstąpił więc na naukę do introligatora. Tutaj zajmował się pilnie oprawą książek. Przytem miał oryginalne nawyknienie: oto czytywał książki, które miał oprawiać. Początkowo czytał bez ładu wszystko, co mu wpadło w ręce. Wkrótce szczególną uwagę począł poświęcać dziełom, dotyczącym fizyki i chemii.

Pewnego dnia Faraday szedł ulicą i czytał mechanicznie porozlepiane na rogach ogłoszenia. Jedno z nich opiewało, że na Dorset Street odbywają się wieczorne odczyty popularne z filozofii przyrody. Wejście kosztowało szylinga. Faraday musiał tę sumę pożyczyć sobie u brata, poszedł na wykład, słuchał z uwagą i notował pilnie.

Pomiędzy owemi wykładami były cztery odczyty Davyego o chemii. Na przyszłość młodego introligatora wywarły one wpływ decydujący. W kilka dni potem Faraday wystosował do mistrza list, w którym wyraził gorące życzenie poświęcenia się pracy naukowej.

— „Pragnę — pisał — porzucić całkowicie rzemiosło i wstąpić na służbę wiedzy, która czyni swych zwolenników o tyle dobrymi i szlachetnymi, o ile rzemiosło czyni ich złymi i samolubnymi“.

Do tego naiwnego listu dołączone były notatki, poczynione na wykładach Davyego i własnoręcznie oprawione przez autora listu.

List zainteresował Davyego. Przeczytał go uważnie i udając się z rana do swej pracowni w Instytucie Królewskim, wstąpił do swego przyjaciela, nazwiskiem Pepy, którego zwykle o tej porze odwiedzał, aby zasięgnąć jego rady.

— „Oto list pewnego młodzieńca, który uczęszczał na moje wykłady. Nazywa się Faraday i prosi o zajęcie w Instytucie. Co mam z nim uczynić?"

— „Co z nim uczynić? — odpowiedział Pepy; każ mu płókać butelki. Jeżeli zgodzi się na to, to z niego coś będzie. Jeżeli zaś nie, to nie jest nic wart".

— „Nie, nie — odrzekł Davy — należy go wypróbować na czemś lepszem".

W rzeczywistości przyjął Faradaya do laboratoryum za 25 szylingów tygodniowo. Posada Faradaya stanowiła coś pośredniego między obowiązkiem służącego a asystenta. Miał nietylko pomagać profesorowi w pracy naukowej i przygotowaniach do doświadczeń wykładowych, ale oprócz tego musiał — stosownie do umowy — „co tydzień odkurzać wszystkie przyrządy i modele oraz zmywać i czyścić naczynia szklane".

Wkrótce potem Davy udał się w dłuższą podróż na kontynent. W tej podróży towarzyszył mu Faraday w charakterze sekretarza. Ale i teraz, oprócz obowiązkowych czynności sekretarskich, musiał spełniać rozmaite posługi, szczególnie względem wyniosłej lady Davy. Dumna natura Anglika nie mogła się z tem pogodzić.

A jednak Faraday powinien był być zadowolony

z tej podróży. Brak mu było systematycznej nauki. Podczas podróży mógł nabyć wiadomości niezbędnych dla siebie. Było tu dość sposobności do poznania nowszych kierunków prac naukowych, do zawiązania bliższych stosunków z wybitnymi uczonymi kontynentu. Faraday skorzystał sumiennie z tej sposobności.

Podróż trwała dwa lata. Po powrocie do Londynu Faraday po raz pierwszy przystąpił do samodzielnych badań naukowych. Dotyczyły one połączeń wody z chlorem, gazem, który — jak nam już wiadomo — zbadany został dokładnie przez Davyego. Davy też pierwszy dowiódł pierwiastkowej natury tego ciała.

Pewnego razu Faraday ogrzewał połączenie wody z chlorem, czyli wodzian chloru, w zatopionej rurce szklanej. Przytem zauważył, że ze związku wydziela się chlor, który na oziębionych ścianach rurki zgęszcza się w żółte krople, podobne do oleju. W tej chwili wszedł do laboratoryum doktór Paris, przyjaciel Faradaya. Widząc krople oleju na ścianach rurki, obruszył się na Faradaya, że ten używa do roboty nieczystych naczyń.

Nazajutrz rano doktór Paris otrzymał od swego przyjaciela lakoniczny liścik następującej treści:

— Szanowny Panie. Olej, który pan widziałeś wczoraj, był, jak się okazało, ciekłym chlorem.

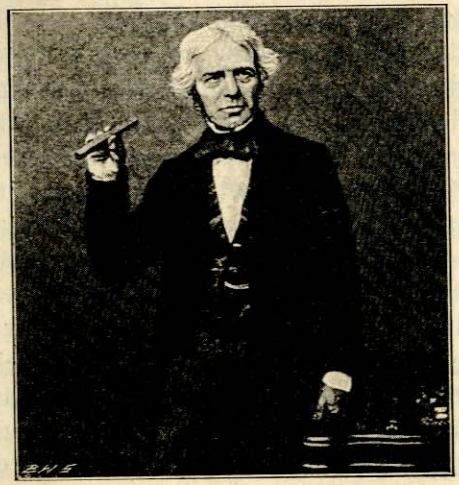
Z uszanowaniem

M. Faraday.

W ten sposób Faraday potrafił skroplić najpierw chlor, a następnie cały szereg innych gazów, tworząc most pomiędzy dwoma stanami skupienia: gazowym i ciekłym.

Te pierwociny naukowe wykazały niezwykły talent eksperymentatorski młodego uczonego. Tylko

Davy niemile był dotknięty tem, że asystent jego wykonał i ogłosił te badania samodzielnie. Zazdrość powstała w jego duszy. Nie mógł się z niej otrząsnąć nawet wtedy, kiedy Faraday był proponowany na członka Towarzystwa Królewskiego, i gdy wszyscy



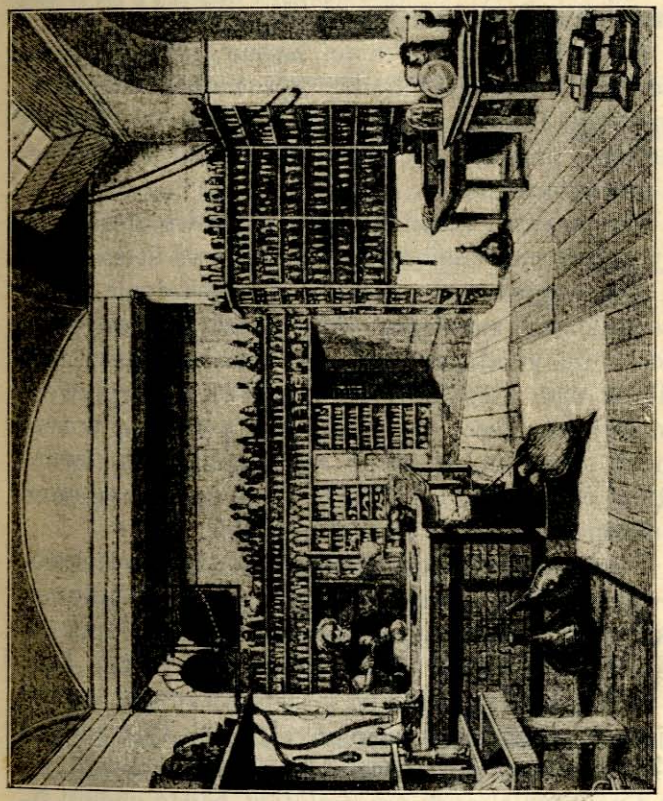
Rys. 39. Michał Faraday.

członkowie jednogłośnie uznali go za godnego tego zaszczytu, prezydent Towarzystwa, sir Davy, sam jeden głosował przeciwko niemu.

Przeciwnie zaś Faraday zawsze był pełen wdzięczności i uznania dla swego mistrza. Pozostał do końca życia wierny tym idealnym poglądom, z któremi niegdyś wstąpił do jego pracowni.

Ilekroć nadarzała mu się sposobność zwiększenia szczupłych dochodów przez zajęcia praktyczne, odrzucał wszelkie propozycye, mogące skrócić mu czas, prze-

znaczony na prace naukowe. Pozostał on profesorem, a następnie dyrektorem Instytutu Królewskiego, owej wspaniałej instytucyi, która w tak znacznej mierze



Rys. 40. Faraday w pracowni.

przyczyniła się do rozpowszechnienia i pogłębienia wiadomości przyrodniczych w Anglii. Jego wykłady, miewane w Instytucie, odznaczały się niezwykłą jasnością. Niestety, tylko jedna serya ich została przekazana potomności, — „historya naturalna świecy“,

dziełko, które dziś jeszcze uchodzi za wzór popularyzacyi.

Główną zasługę Faradaya stanowią głębokie badania zjawisk elektrycznego rozkładu ciał, których początek był ugruntowany przez Davyego.

Davy badał zjawiska te, zwane „*elektrolizą*“, jakościowo. Natomiast Faraday wprowadził do tej dziedziny ścisłe ilościowe metody, odkrył za ich pomocą zasadnicze prawa, stanowiące fundament elektrochemii nowoczesnej.

On pierwszy dowiódł, że jednakowe ilości elektryczności rozkładają zawsze jednakowe ilości materyi, bez względu na warunki doświadczenia, — że ilość rozłożonej substancyi jest wprost proporcyonalna do ilości elektryczności, — że wreszcie ilości rozmaitych ciał, ulegających rozkładowi pod wpływem jednakowych ilości elektryczności, pozostają w tym samym stosunku, w jakim się znajdują ich równoważniki chemiczne, t. j. liczby, normujące wzajemne chemiczne oddziaływanie ciał na siebie.

Jemu też zawdzięczamy wprowadzenie do elektrochemii pojęcia *jonu*, jako ciała przenoszącego ładunek elektryczny z miejsca na miejsce w przewodnikach ciekłych, niejako nosiciela energii elektrycznej. Dalszy rozwój tego pojęcia i jego zastosowania w najróżniejszych dziedzinach chemii i fizyki, tyle płodne w skutki, stanowią najnowszą fazę historyi chemii, jeden z najważniejszych przedmiotów badań chemii fizycznej. Dokładny rozbiór wyników badań nad jonami musimy odłożyć przeto do jednego z następujących wykładów.

Źródła. *I. A. Paris.* Humphry Davy. Londyn 1831.

John Davy. Denkwürdigkeiten aus dem Leben Sir Humphry *Davys.* Tłum. Neubert. Lipsk 1840. 4 tomy.

M. Faraday. Naturgeschichte einer Kerze. Berlin 1884.

M. Faraday. Die verschiedenen Kräfte der Materie und ihre Beziehungen zueinander. Berlin 1873.

M. Faraday. O siłach natury. Dzieje świecy. Warszawa 1888. Wyd. Przeglądu Tygodniowego.

J. Tyndall. Faraday und seine Entdeckungen. Brunświk 1870 r.

Silvanus Thompson. Michae Faraday's Leben und Wirken. Hala 1900.

W. Ostwald. Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre. Lipsk 1896.

W. Ostwald. Psychographische Studien, Ann. der Naturphilosophie t. 6, str. 282 (1908).

WYKŁAD PIĄTY.

Dwaj przyjaciele.

Treść: Jarmark w Darmsztadzie. – Młode lata Liebiga. – Przygody w szkole. – Na nauce u aptekarza. – Czasy studenckie. – Dalsze niepomyślne zdarzenia. – Paryż. Doświadczenia z solami piorunującemi. – Rozbiór kwasu piorunującego. – Kwas cyanowy Wöhlera – Berzelius sędzią. – Powołanie Liebiga do Giessen. – Uposażenie materyalne. – Przewrót w nauczaniu chemii. – Jego skutki. – Rozbiór pierwiastkowy. – Zgoda z Wöhlerem. – Sztuczne otrzymywanie mocznika. – Koniec „siły życiowej". – Czem się zajmuje chemia organiczna. – Rodnik. Wpływ Liebiga w rolnictwie. – Przyjaźń z Wöhlerem. – Przeprowadzka do Monachium. – Anekdota.

Panowie i panie.

Jarmark w Darmsztadzie był w roku 1812 niezwykle ożywiony. Ze wszech stron zjechali się kupcy i kramarze, ożywieni pragnieniem zbycia swych towarów. A nie była to rzecz łatwa w owych czasach, kiedy brak było szybkich i pewnych środków komunikacyjnych, jakiemi rozporządzamy w dobie dzisiejszej.

To też jarmarki i odpusty stanowiły nietylko pożądany, ale wprost jedyny sposób utrzymywania stosunków handlowych.

Śród licznych kramów i stołów, na widocznym

miejscu, stoi człowiek, otoczony ciekawą rzeszą publiczności. Sprawia on tam istotne cudy. To zlepia w mgnieniu oka rozbitą filiżankę, to wywabia jakiemuś panu plamę z odświętnego ubrania zapomocą przezroczystej cieczy. A przytem pokazuje najdziwniejsze sztuki, objaśnia i naucza, a jednocześnie wychwala najróżnorodniejsze towary, jako to: szuwaks, wodę do wywabiania plam, fajerwerki, eliksir do zębów i esencye rozmaitego rodzaju.

Jest to chemik wędrowny. W tej chwili pokazuje on właśnie zdumionej gawiedzi, jak można w mgnieniu oka przyrządzić groch wybuchający ze rtęci, spirytusu i kwasu azotowego. Wszyscy stoją z namaszczeniem, oczekując wyników tych manipulacyj. W tłumie tym można zauważyć małego chłopaka, który ze sprytnym uśmiechem obserwuje ruchy wędrownego chemika, jakby chciał dać tem do poznania, że jemu te tajemnicze arkana sztuki czarodziejskiej nie są obce.

W rzeczywistości jest on z podobnymi eksperymentami doskonale obeznany. Gdyż dziewięcioletni *Justyn* jest synem właściciela składu aptecznego. Stary pan *Liebig* posiada tuż za miastem oficynę, w której sam przygotowuje lakiery, farby i t. p. materyały. W niej to mały Justyn może ukradkiem badać tajemnice sztuki chemicznej. Tutaj zamiast zabaw z rówieśnikami stara się naśladować doświadczenia, opisane przez wielkich ludzi w księgach chemicznych. Doświadczenia te pochłaniają go nieporównanie bardziej, niż nauka szkolna. Bo też ma zawsze głowę pełną najróżniejszych myśli o tem, jak możnaby prostemi środkami, jakiemi rozporządza ojcowska oficyna, wykonać wszystkie te zawiłe doświadczenia, podane

przez mistrzów chemii. Gdzież tam mogło się w tej główce znaleźć jeszcze miejsce na Cezara albo Homera? To też musiał on zawsze siadywać w klasie na ostatniej ławce; a jeżeli nie był ostatnim uczniem, to miał to do zawdzięczenia jedynie swemu przyjacielowi Reulingowi, który jeszcze mniej poświęcał uwag nauce i z powodzeniem walczył z nim o ostatnie miejsce. Ów rywal naszego bohatera, na polu niechęci do nauki, został następnie słynnym kompozytorem i dyrektorem orkiestry opery dworu cesarskiego w Wiedniu. A nasz Justyn Liebig?

Liebig został sromotnie wykluczony z przedostatniej klasy i, jako niezdatny do czegoś lepszego, oddany na naukę do aptekarza. Apteka znajdowała się w Hoppenheimie. Ale zły los prześladował go nawet tam. Nie mogąc wyrzec się dawnego nałogu, Liebig prowadził dalej doświadczenia chemiczne w swym pokoiku na poddaszu. Najchętniej eksperymentował z substancyami wybuchowemi, które przykuwały jego uwagę jeszcze w dzieciństwie podczas jarmarków. Zajął się badaniem własności srebra piorunującego, ale doświadczenia te nie były bezpieczne. Pewnej nocy spowodowały one gwałtowny wybuch, który wysadził w powietrze nawet część dachu. Z obawy kary winowajca uciekł, korzystając z nocnych ciemności, i znów znalazł się w domu rodzicielskim.

Ojciec uznał wypadek ten za znak, że nie należy nadal sprzeciwiać się tak wyraźnym skłonnościom syna i posłał go na uniwersytet w Bonnie. Odtąd Liebig mógł otwarcie zajmować się ulubioną nauką. Niestety, i tu czekały go rozczarowania: nauczanie chemii, jak nauczanie nauk przyrodniczych w ogólności, znajdowało się wówczas w Niemczech na bardzo nizkim poziomie.

— „W większości uniwersytetów—pisze Liebig— nie było wtedy właściwej katedry chemii; wykłady chemii przypadały zwykle w udziale profesorowi medycyny, który musiał wykładać ją obok toksykologii, farmakognozyi, medycyny praktycznej i farmakologii. Wykładał też tyle, co sam umiał, a umiał nie wiele".

Rys. 41. Just. Liebig — jako student.

Niezadowolony z tego stanu rzeczy, przeniósł się Liebig do Erlangi. Ale i tu nie miał szczęścia.

W Erlandze wstąpił do korporacyi studenckiej „Renania". Była to jedna z owych korporacyj (landsmanszaftów), które w owych czasach publicznie występowały w obronie wolności. Były też one solą w oku sfer rządzących. Rządy państw i państewek niemieckich prześladowały je surowo — na zasadzie uchwał powziętych w Karlsbadzie—jako związki demagogów i przewrotowców.

Przyjaciel Liebiga, Karol Henryk Hofmann, został w tych czasach sprowadzony z Darmsztadu do Berlina i tu wtrącony do więzienia za te same dążenia, któ-

re później osiągnięte zostały i stwierdzone podpisem jego syna, ministra heskiego i posła berlińskiego, za dążenie do zjednoczenia Niemiec w związek państw z ogólnym sejmem rzeszy z wybrańców ludu.

Liebig też uchodził w Erlandze za „nieprawomyślnego“, a że oprócz tego wziął udział w demonstracyi studenckiej, t. j. w pochodzie, który skończył się podobno bójką z mieszczanami Erlangi,—przeto znów uznał za stosowne uciec do Darmsztadu. Lecz ręka sprawiedliwości dosięgła go nawet tam: Liebig został zamknięty w areszcie miejskim. Odsiedziawszy karę, potrafił jednak uzyskać przebaczenie wielkiego księcia, a nawet więcej: dzięki wstawiennictwu ministra uzyskał stypendyum na podróż do Paryża, aby tam kontynuować studya.

W tym samym czasie, gdy w Niemczech, w następstwie rozwielmożnienia się filozofii przyrody, chemia znajdowała się w stanie upadku, we Francyi była ona w pełni rozkwitu. Nauka Lavoisiera wywoływała coraz nowe badania, dążące do jej pogłębienia i stwierdzenia. Następcy Lavoisiera, a w szczególności *Thénard* i *Gay Lussac* zwrócili swe usiłowania w kierunku badania ciał roślinnych i zwierzęcych.

Więc i Liebig udał się do Paryża, pragnąc znaleźć tam to, czego brakło w Niemczech: jasne i trzeźwe pojmowanie zjawisk przyrody, pewne i zręczne stosowanie metod chemicznych, umiejętność ścisłego rozbioru chemicznego ciał złożonych.

Nie zadowalając się poznaniem rzeczy znanych, zajął się niebawem badaniem nowych zagadnień, samodzielnie obmyślonych. Z pomiędzy wszystkich ciał najbardziej pociągały go związki piorunujące, któremi, jak wiemy, zajmował się już od lat najmłodszych:

rtęć piorunująca i srebro piorunujące. Może nęciły go niebezpieczeństwa, z jakiemi połączona była praca w tej dziedzinie: dość, że prowadził w Paryżu dalej doświadczenia z temi dziwnemi, a tak niebezpiecznemi preparatami. I oto odkrył fakt, że rtęć piorunująca, srebro piorunujące i cały szereg innych podobnych preparatów piorunujących stanowią sole, t. j. połączenia metali z resztą jednego wspólnego kwasu. Liebig nazwał go *kwasem piorunowym*.

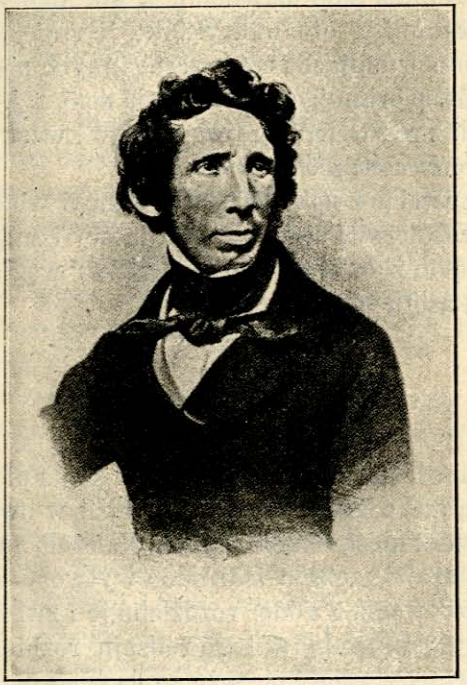
Korzystając z nabytych we Francyi wiadomości, poddaje rozbiorowi ów kwas piorunowy i znajduje, że składa się on z czterech pierwiastków: węgla, tlenu, wodoru i azotu w stosunku:

24 części węgla,
32 części tlenu,
2 części wodoru i
28 części azotu.

Rozbiór ciał, które podobnie jak kwas piorunowy zawierają pierwiastek węgla, uchodził w owych czasach za rzecz niesłychanie trudną. Należało analizowane ciało spalić, zebrać starannie wytwory spalenia: dwutlenek węgla i wodę, rozdzielić je i zważyć. Gay Lussac był mistrzem w tego rodzaju rozbiorze. Ale metoda jego była złożona, wymagała znacznego nakładu pracy i sporej dozy zręczności. Liebig przezwyciężył te trudności i w rozprawie, przedstawionej w roku 1823 Akademii Paryskiej, podał dokładny wzór kwasu piorunowego.

Jakże wielkiem było jednakże jego zdziwienie, gdy w tym samym roku inny chemik niemiecki opisał inne ciało o odmiennych własnościach, które miało składać się z tych samych pierwiastków i w tym samym stosunku: był to kwas cyanowy.

Któż był owym śmiałkiem? Nazywał się *Fryderyk Wöhler*, urodzony w roku 1800 w Eschersheim, w pobliżu Frankfurtu nad Menem. Podobnie jak Liebig



Rys. 42. Fryderyk Wöhler.

czynił jeszcze w domu doświadczenia chemiczne. Studyował początkowo w Marburgu medycynę, ale rychło porzucił ją, przeniósł się do Heidelberga, gdzie poświęcił się chemii pod kierunkiem Leopolda *Gmelina*. Wöhler, podobnie jak Liebig, nie był zadowolony ze sposobu nauczania chemii w uniwersytetach niemieckich. Gdy Liebig wyruszył na południe, do Paryża, — młody doktór Wöhler udał się na północ. Tam panował wówczas wszechwładnie niezmordowany talent *Berzeliusa* ze Sztokholmu. Do niego udał się Wöhler w celu wydoskonalenia się w obranym zawodzie.

Tutaj wykonał owo badanie nad kwasem cyanowym, związkiem, który miał się składać z tych samych pierwiastków, co kwas piorunowy Liebiga, a jednak różnił się od niego całkowicie ze względu na własności fizyczne i zachowanie się chemiczne.

Liebig uznał, że Wöhler musiał popełnić błąd w analizie swego związku; przeciwnie zaś Wöhler zaprzeczył słuszności spostrzeżeń Liebiga. W ten sposób pomiędzy obudwoma młodymi uczonymi zawiązał się spór, który doprowadził do ostrej polemiki.

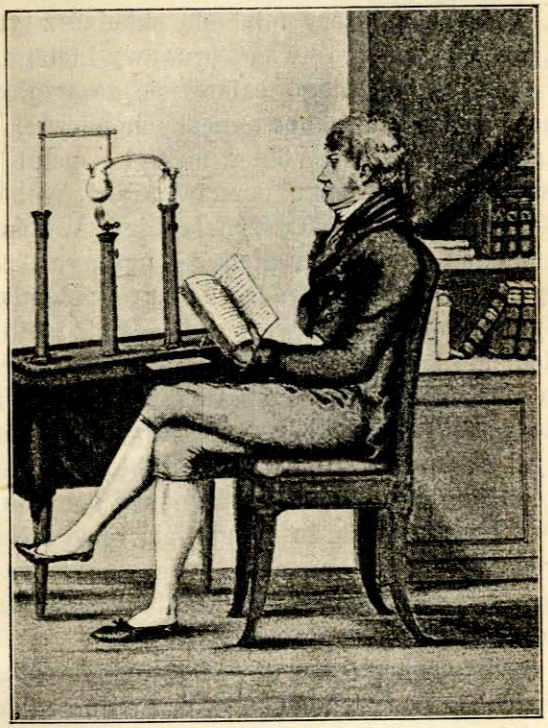
Spory możliwe są jedynie w dziedzinie idei i słów. W dziedzinie faktów niema zwykle dwu zdań; prawda rychło musi wyjść na wierzch. Obaj przeciwnicy zwrócili się przeto do Berzeliusa, który w sprawach chemicznych uchodził za najwyższy trybunał. Berzelius sprawdził sumiennie wyniki, otrzymane przez obu badaczów i przekonał się, że — obaj mają racyę. Należało pogodzić się z faktem, dotąd uznawanym za niemożliwy, że istnieć mogą ciała *jednakowego składu* chemicznego, lecz *różne co do reszty własności*.

Berzelius ochrzcił ten wypadek mianem *izomeryi*, a ciała jednakowo złożone, a jednak odmienne co do własności, nazwał *izomeronami*.

Skoro tylko uznano sam fakt izomeryi, niebawem wykryto, że nie jest ona wyjątkiem, lecz stanowi częsty przypadek. Izomerya okazała się latorośla, z której następnie rozwinęła się nowa gałąź chemii.

Powróćmy jednakże do naszego bohatera. Rozprawa Liebiga o kwasie piorunowym wywołała pewną

sensacyę. Na tem samem posiedzeniu Akademii, na którem Liebig zdawał sprawozdanie ze swej pracy, obecny był przyjaciel Gay Lussaca, Aleksander Humboldt. Był on powagą w przyrodoznawstwie i jako



Rys. 43. Jakób Berzelius.

taki niezmiernie ceniony w sferach wpływowych Niemiec. Humboldt zajął się swym ziomkiem i dzięki jego staraniom młodziutki uczony, liczący wówczas zaledwie lat 21, powołany został na profesora chemii do uniwersytetu w Giessen.

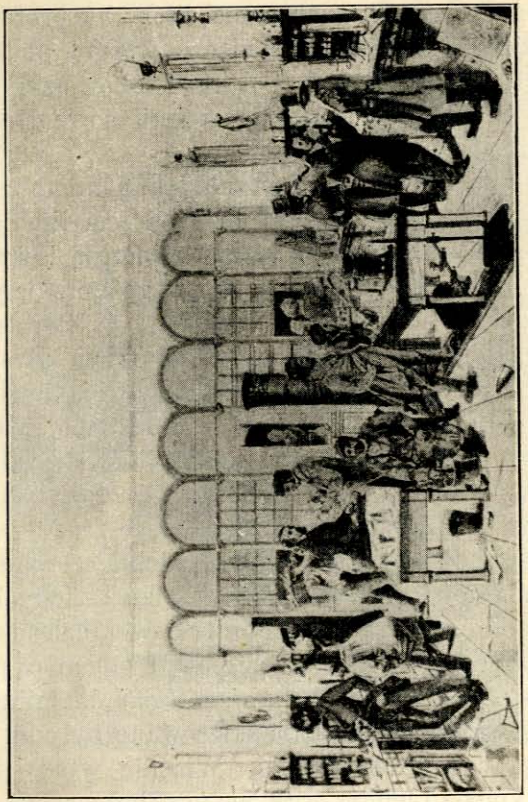
Tytuł ten brzmiał pięknie, ale mniej ponętną była materyalna strona tego stanowiska. Stała pensya wynosiła aż 300 florenów! Natomiast wszelkie przyrządy, potrzebne do pracy, musiał on wypraszać sobie od starszego kolegi, Zimmermanna, który był profesorem zwyczajnym, albo też kupować za własne pieniądze. A tych nie miał wiele. A miał obowiązki, gdyż w dwa lata po objęciu katedry ożenił się z Henryką Moldenhauerówną.

Pomimo kłopotów materyalnych, pomimo trudności w pokrywaniu kosztów doświadczeń, Liebig prowadził swe prace z godną podziwu energią i wytrwałością. Poznawszy kosztem własnego gorzkiego doświadczenia braki nauczania chemii w ówczesnych uniwersytetach, zwrócił przedewszystkiem uwagę na reorganizacyę metody nauczania odpowiednio do ducha samej nauki. Liebig pojmował doskonale, że chemia jest przedewszystkiem nauką doświadczalną, że wypłynęła ona z doświadczenia, że doświadczenie stanowić musi jedyne niewysychające źródło jej dalszego rozwoju. A więc i nauka chemii czerpana być powinna nietylko z książek, nietylko z suchych wykładów, które wówczas nie były nawet urozmaicane zapomocą pokazów,—lecz z pracowni, zapomocą poglądowego obznajmiania się ze *zjawiskami* chemicznemi.

Pierwsze więc starania skierowane były ku założeniu pracowni chemicznej. Właśnie wtedy zmarł starszy kolega Liebiga, ordynaryusz Zimmermann. Liebig odziedziczył po nim pracownię, — ściśle mówiąc,— część starych koszar. W tym oto skromniutkim gmachu narodziła się pierwsza pracownia chemiczna.

Obrazek z wesołego życia, jakie panowało w pracowni giesseńskiej, przedstawia nam rysunek, wyko-

nany przez jednego z ówczesnych jej praktykantów. Widzimy tam meksykańczyka *Ortogazę*, obok *Willa*, który był ówczesnym asystentem Liebiga, a później



Rys. 44. Pracownia Liebiga.

profesorem w Berlinie; w nawpół otwartych drzwiach stoi *Strecker*, późniejszy profesor uniwersytetu w Tubindze, dalej *Varrentrapp*, *Scherer* i wreszcie założyciel towarzystwa chemicznego w Berlinie i profesor tamtejszego uniwersytetu *A. W. Hofmann*. Nie brak też

na tym obrazku niezbędnej figury służącego laboratoryjnego: to znany famulus Liebiga Aubel, uosobienie flegmatyczności, rozciera w moździerzyku jakieś proszki.

Tutaj znajdowała się kolebka nowej metody nauczania chemii. Nauka laboratoryjna przyjęła się wkrótce w uniwersytetach niemieckich i stąd rozpowszechniła się po świecie. Dodać należy, że opiera się ona dziś jeszcze na tych samych zasadach, na jakich oparł ją Liebig.

Niestety, gdyż od owego czasu chemia uczyniła niezmierne postępy. Rozbiór chemiczny, który wówczas stanowił wyraz całkowitej nauki chemicznej, — stanowi dziś zaledwie jej cząstkę. To też w Ameryce już od kilkunastu lat początkowa nauka laboratoryjna została zreformowana stosownie do wymagań czasu. Ale u nas, w Europie, wszystko pozostało po staremu.

W każdym razie niepodobna zaprzeczyć, że założenie pracowni Liebigowskiej wprowadziło nową zasadę pedagogiczną do wyższych zakładów naukowych, zasadę nauki indukcyjnej, opartej na własnej obserwacyi, stwierdzanej zapomocą doświadczeń, wykonanych własnoręcznie przez ucznia. I od tego czasu zasada ta, rozpowszechniając się coraz bardziej, potrafiła zawładnąć całkowicie wszystkiemi naukami przyrodniczemi. Zaczęły rosnąć nowe pracownie nietylko chemii i fizyki, ale zoologii, botaniki, mineralogii, — nawet psychologii doświadczalnej tudzież fizyki teoretycznej. Świeży powiew powietrza przedostał się do wszelkich dziedzin wiedzy i wywołał piękny ich rozkwit.

Nawet nauki humanistyczne, jak np. filozofia, hi-

storya, prawo, ekonomia polityczna, przejęły się z czasem tą samą zasadą: za przykładem chemii przyjęły one metodę zajęć praktycznych w t. zw. seminaryach.

To też we wszystkich uczelniach poszczególne nauki poczęły się coraz bardziej wyodrębniać, wymagając dla siebie oddzielnych gmachów, osobnych urządzeń. Pod wpływem tego prądu niektóre uniwersytety urosły do rozmiarów przedmieść. Dość powiedzieć, że w uniwersytecie lipskim np. szereg gmachów, przeznaczonych na te cele, tworzy poważną dzielnicę, której główna ulica nazwana została ulicą Liebiga ku uczczeniu pamięci owego męża, który po raz pierwszy powołał do życia metodę praktycznego nauczania.

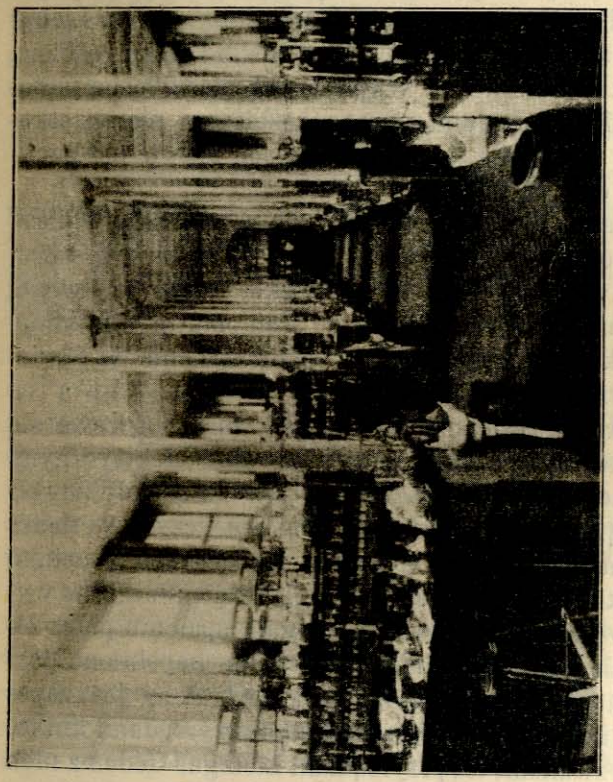
Dzisiaj laboratorya chemiczne posiadają wygląd pałaców. Dość przyjrzeć się urządzeniom pracowni chemicznej politechniki warszawskiej. Dość spojrzeć na I instytut chemiczny uniwersytetu w Berlinie. Setki praktykantów mają tam miejsce do pracy. Każdy ma na miejscu gaz, wodę, parę, próżnię, wreszcie świeże powietrze. Jak tam widno, jak przestronnie, jak powabnie! Jakże ubogiem, jak dusznem i niewygodnem wydaje się w porównaniu z temi nowoczesnemi pałacami chemii maleńkie laboratoryum Liebiga!

A jednak stamtąd wyszły właśnie najpiękniejsze prace. Tam założono kamień węgielny pod nowy gmach: tam powstała chemia organiczna.

Liebig zajął się w nowej pracowni przedewszystkiem udoskonaleniem *metod rozbioru chemicznego*, t. j. tych metod, które prowadzą do poznania składu rozmaitych ciał, do oznaczenia rodzaju pierwiastków, w ich skład wchodzących, oraz ich stosunku ilościowego.

Wówczas przyszła właśnie kolej na związki, po-

chodzące ze świata roślinnego i zwierzęcego. Wiedziano już, że wszystkie te ciała, jakkolwiek liczne i różnorodne, składają się zawsze z tych samych czterech



Rys. 45. Pracownia uniwersytecka w Berlinie.

pierwiastków: z węgla, tlenu, wodoru i azotu. Różnice pomiędzy niemi spowodowane są nie przez różnice jakościowego ich składu, ale wyłącznie niemal przez różnice w ilościowym stosunku pierwiastków. Systematyka tych związków zależała więc w znacznym

stopniu od łatwości ich rozbioru, od prostoty metod, służących do ilościowego oznaczania poszczególnych ich składników.

Że dotychczasowe metody bynajmniej nie odpowiadały warunkom łatwości i prostoty, o tem Liebig wiedział z własnego doświadczenia: od czasu rozbioru kwasu piorunowego. Wypracował więc własną metodę. Metoda Liebiga, zwana rozbiorem pierwiastkowym, utrzymała się w pracowniach prawie bez zmiany do dziś dnia.

Badana substancya waży się w maleńkiej łódeczce z porcelany. Łódeczkę wraz z substancyą wprowadza się do rurki szklanej ze szkła trudno topliwego, napełnionej tlenkiem miedzi. Ten ostatni otrzymuje się, jak to już wspominałem, przez spalenie w powietrzu wiórów miedzianych.

Przygotowana w ten sposób rurka ogrzewa się w specyalnym piecu gazowym albo elektrycznym, a jednocześnie przepuszcza się przez nią stały powolny prąd suchego powietrza, albo lepiej czystego tlenu. Badana substancya spala się wobec tego zupełnie, a resztki niespalone, które mogłyby się ulotnić w wysokiej temperaturze pieca, ulegają spaleniu przez zetknięcie z tlenkiem miedzi, którym napełniona jest rurka. Otwór wyjściowy rurki połączony jest zapomocą korka gumowego z dwoma przyrządami kulkowemi, zwanemi też przyrządami Liebiga. Jeden z nich zawiera stężony kwas siarkowy, służący do pochłaniania pary wodnej, drugi zaś — stężony ług potażowy, służący do pochłaniania bezwodnika węglowego. W ten sposób przez zważenie obu przyrządów przed spaleniem i po spaleniu możemy z różnicy wag określić ilości wytworów spalenia: wody i bezwodnika węglowego, i stąd obliczyć znów zawartość węgla i wodoru w substancyi badanej.

Uproszczenie *rozbioru* pierwiastkowego ciał organicznych przez Liebiga posunęło naprzód badania tej kategoryi ciał, umożliwiło ich systematykę. Liebig sam dumny był ze swej metody i określił jej wartość w trochę drastycznych słowach:

— „Teraz nawet małpa może zostać chemikiem".

Ale jednocześnie badania ciał organicznych popchnięte zostały wprost z przeciwnej strony: przez odkrycie metod *syntezy*, t. j. sztucznego otrzymywania tych związków. To odkrycie chemia zawdzięcza Wöhlerowi.

Poprzednio opuściliśmy Wöhlera w chwili, kiedy on, przejęty zapałem polemicznym, ostro nacierał na Liebiga, który zarzucił mu omyłki w rozbiorze kwasu cyanowego. Wrogi ten nastrój nie trwał jednak długo. Wkrótce wyszło na jaw, że obaj badacze mieli słuszność, i odtąd dwaj przeciwnicy zamienili się w szczerych przyjaciół. Wöhler pierwszy zwrócił się do Liebiga z propozycyą wykonania wspólnej pracy w celu załagodzenia wrażenia niedawnej polemiki. Chęć ta zamieniona została niebawem w czyn, z tą jedyną zmianą, że dwaj uczeni zamiast jednej rozprawy obdarzyli chemię całym szeregiem badań, zasługujących w zupełności na miano klasycznych. Wöhler pracował w Berlinie, gdzie był nauczycielem szkoły przemysłowej — a Liebig w Giessen. Pomysły do badań i wyniki doświadczeń komunikowali sobie listownie. Zbiór tej korespondencyi, wydany po ich śmierci przez Hofmanna w dwu pokaźnych tomach, składa wymowne świadectwo szczerej przyjaźni, która łączy-

ła obu uczonych przez lat 45: od chwili ich pogodzenia się ze sobą aż do śmierci Wöhlera.

Już pierwotne doświadczenia z kwasem cyanowym zwróciły uwagę Wöhlera na ciekawą przemianę chemiczną. Jeżeli kwas cyanowy zmieszamy z amoniakiem, to nastąpi, jak we wszystkich innych kwasach, *zobojętnienie*: t. j. kwas łączy się z zasadą i jako wytwór tego połączenia powstaje *sól*. W tym więc wypadku otrzymamy cyanian amonu, niepozorny proszek, który widzimy w tej oto flaszeczce. Interesującym zaczyna być ten proszek dopiero wtedy, kiedy rozpuścimy go w wodzie i roztwór otrzymany będziemy ogrzewać. Wtedy woda się ulotni, a rozpuszczone ciało pozostanie w naczyniu. Ale nie będzie to pierwotna sól, nie będzie to cyanian amonu, lecz ciało zupełnie odmienne, wytwór przemiany użytej przez nas soli.

Był to fakt nader zajmujący; ale stokroć bardziej zadziwiającem było to, że owo nowe ciało, ów wytwór przemiany cyanianu amonu okazał się substancyą znaną już oddawna, bo od roku 1773, kiedy po raz pierwszy znaleziono go w moczu i z tego względu nazwano *„mocznikiem“*. Ten przeto mocznik otrzymany został po raz pierwszy *sztucznie* przez Wöhlera w r. 1828.

Aby dostatecznie ocenić doniosłość owego odkrycia, cofnijmy się na chwilę myślą wstecz do owej epoki, kiedy to chemię dzielono na dwa wielkie obszary: na chemię mineralną, do której należała wszelka materya martwa, nieorganiczna, — i na chemię roślinną i zwierzęcą, zajmującą się badaniem ciał, spotykanych w istotach żywych, organizowanych.

Pomiędzy temi dwoma obszarami leżała przepaść. Idee Paracelsusa i van Helmonta rzucały swe cienie na początek 19-go stulecia. Tylko że nie wierzono już w duchy, któreby uczestniczyły w odżywianiu, we wzroście i rozmnażaniu się organizmów roślinnych i zwierzęcych. Ale wierzono w osobną siłę, którą zwano *siłą życiową*. W istocie swej była ona również tajemnicza, jak Archeusz van Helmonta.

Ona tylko, tylko ta „siła życiowa“ posiadała władzę tworzenia materyi organicznej żywej z ciał nieorganicznych t. j. martwych.

Lecz oto Wöhler dowiódł, że zjawisko przemiany ciała nieorganicznego w organiczne, a mianowicie soli kwasu cyanowego w mocznik, odbywa się nietylko w żyjącym organizmie, ale też w probówce chemika. W ten sposób przerzucony został pierwszy most przez przepaść, dzielącą dwie dziedziny chemii.

I odtąd dopiero rozpoczyna się era chemii organicznej, jako nauki systematycznej. Przedewszystkiem stało się jasnem, że zasadę podziału ciał winno stanowić nie pochodzenie ich: mineralne, roślinne albo zwierzęce — ale jedynie skład, rodzaj ich pierwiastków. I w ten sposób poczęto uważać za ciała *„organiczne“* wszystkie te ciała, które zawierają pierwiastek węgiel — bez względu na ich pochodzenie, a tę część chemii, która zajmuje się badaniem związków węgla, nazwano *„chemią organiczną“*.

Skądże jednak to uprzywilejowanie węgla? Czem się dzieje, że temu pierwiastkowi oddano do rozporządzenia całą odrębną dziedzinę, kiedy wszyscy jego towarzysze razem z ich połączeniami zadowalać się mu-

szą pozostałą częścią chemii, częścią nieorganiczną?

Odpowiedź na to pytanie znaleźć można w niezwykłej rozmaitości związków węgla, w przygnębiającem wprost bogactwie tej dziedziny chemii. Zaznaczę tu tylko, że ilość połączeń węgla z samym jedynie wodorem wynosi setki! Że — mówiąc teoretycznie — jest ona zupełnie nieograniczona. Gdyż do tej kategoryi należą związki tak rozmaite, jak np. gaz kopalniany, nieszczęsny gaz, którego wybuchy w kopalniach zabijają corocznie tylu dzielnych górników, — jak np. acetylen, jak np. gaz olejowy (etylen), główny składnik gazu świetlnego. Do tej samej kategoryi należy benzol, używany do fabrykacyi barwników, i nafta i terpentyna; do niej należą cerezyna, parafina i wiele, wiele innych ciał, znanych z ich praktycznego zastosowania. Wszystkie te ciała, tak różne z wyglądu, są związkami dwu tych samych pierwiastków: węgla i wodoru. Jakże wielką jest liczba połączeń węgla z wodorem i tlenem, z azotem, siarką i t. d.!

Właśnie ta zdolność węgla do tworzenia licznych połączeń z innemi pierwiastkami, zdolność wytwarzania związków posiadających nietylko jakościowo, ale częstokroć nawet i ilościowo skład zupełnie jednakowy, ta zdolność cechuje tylko węgiel; ona stanowi jego wyłączny przywilej. Ona to zniewoliła nas do wyodrębnienia tych wszystkich związków w osobny dział, dział chemii organicznej.

Ale ta sama okoliczność, ta niezmierna obfitość przedstawicieli tego działu utrudnia ich klasyfikacyę. Kiedy bowiem dla scharakteryzowania związków nieorganicznych wystarcza w ogólności podanie ich pierwiastków i ich ilościowego stosunku, to w chemii organicznej dane te bynajmniej nie wystarczają do jednoznacznego określenia badanego związku. Tutaj na każdym kroku spotykamy ciała, posiadające odrębne własności fizyczne a nawet chemiczne, a mimo to nie różniące się ani jakościowym ani ilościowym składem. Takiemi były kwasy: cyanowy i piorunowy, odkryte przez Liebiga i Wöhlera — takiemi były odkryte przez *Faradaya* węglowodory: acetylen i benzol.

Klasyfikacya związków organicznych musiała przeto szukać innych cech. W tym względzie prace naukowe dwóch naszych bohaterów: Liebiga i Wöhlera, stworzyły pierwsze podstawy, na których oprzeć się miała nowa systematyka. W jednym z następnych wykładów, który zamierzam poświęcić opisowi najnowszych zdobyczy syntezy chemicznej, zajmiemy się szczegółowym rozbiorem tego systemu chemii organicznej, który dzisiaj jest uznany za ogólnie obowiązujący. Teraz zaś ograniczymy się tylko na poznaniu pierwszych, skromnych początków tego wspaniałego dzieła: teoryi rodników.

Chemikom znany był oddawna fakt, że podczas szeregu przemian chemicznych, dokonywanych z jakimkolwiek związkiem chemicznym, część tego ostatniego pozostaje często bez zmiany; tę część możemy więc otrzymać z powrotem po całym szeregu operacyj chemicznych.

Za przykład niechaj służą kwasy. Wiemy już, że z kwasu możemy otrzymać jego sól, że tę sól możemy zamienić w inną i że z tej nowej soli możemy otrzymać odwrotnie pierwotny kwas. Podczas tych przemian związek, jako taki, nie ulega zupełnemu rozprzężeniu, jeden tylko pierwiastek zostaje odszczepiony. Jest to wodór. Ten wodór zastąpić możemy przez metal; metal możemy znów zamienić na inny

metal, a wreszcie — skoro nam się spodoba — możemy na miejsce tego ostatniego znów podstawić wodór. Reszta pierwiastków, wchodzących w skład kwasu, pozostaje podczas wszystkich tych przemian w ciągłym związku ze sobą. Wymienia ona tylko wodór, z którym związana jest nieco luźniej, na inny pierwiastek, do którego odczuwa silniejszą skłonność.

Tego rodzaju grupę pierwiastków, związaną ze sobą silniej niż z innemi pierwiastkami, nazywamy *„rodnikiem“* lub *„resztą“*.

Podobny rodnik poznaliśmy już w kwasie cyanowym: jest to rodnik cyanowy, złożony z węgla i azotu, a wchodzący nietylko w skład kwasu cyanowego, ale i wielu innych połączeń.

Zarówno Liebig, jak i Wöhler odkryli i zbadali znaczną ilość rozmaitych rodników.

Przedewszystkiem Liebig poszukuje niezmiennej reszty alkoholu, badając rozmaite metamorfozy tej substancyi. Podczas tego odkrywa on chloroform i chloral, dwa pierwszorzędne środki narkotyczne, które odegrały niesłychanie ważną rolę w rozwoju nowożytnej medycyny, a w szczególności chirurgii.

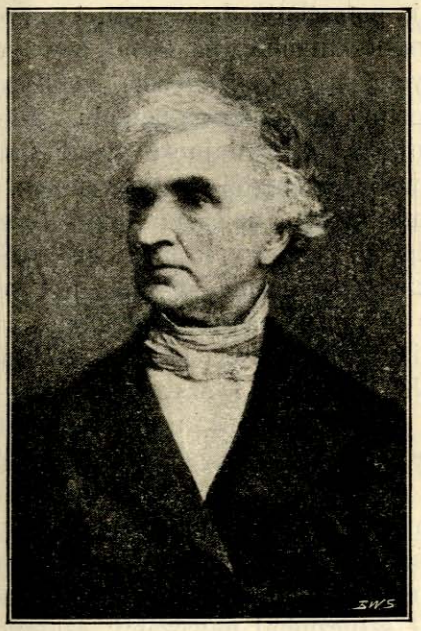
Klasyczne są dalej wspólne badania obu uczonych, Liebiga i Wöhlera, nad zasadą oleju gorzkich migdałów. W pracy tej udało im się udowodnić istnienia w związku tym osobnego rodnika, zwanego „benzoylem“; jest to ten sam rodnik, który stanowi niezbędną część składową najważniejszych ciał *aromatycznych*.

Teorya rodników była owym promieniem światła, który wdarł się do tajemniczego labiryntu połączeń organicznych. Skoro pierwsza droga została znaleziona,

dalsza praca nad rozwikłaniem tej dziedziny mogła pójść już w szybszem tempie.

Lecz Liebiga już ona nie nęciła.

Po trzydziestoletniej działalności w Giessen, Liebig został powołany do Monachium. Tutaj był on



Rys. 46. Profesor Liebig.

wolny zupełnie od nauczania w laboratoryum, które, jakkolwiek niegdyś przez niego samego zapoczątkowane, z biegiem czasu jednak zdążyło mu się zupełnie uprzykrzyć. Tutaj w Monachium miewał tylko wykłady; wykłady wieczorne, wygłaszane przezeń wobec mieszanej publiczności, cieszyły się zasłużonem uznaniem.

Ale główną uwagę zwrócił obecnie na inne zagadnienia, na kwestye doniosłości praktycznej, jak np. reformę uprawy roli.

Wiadomo było już wówczas, że wszystkie rośliny, a więc i zwykłe nasze zboża oprócz dwutlenku węgla, wchłanianego z atmosfery, i oprócz wody, wchłanianej z ziemi, potrzebują do wzrostu i rozwoju jeszcze pewnych mineralnych części ziemi, pewnych soli nieorganicznych; są to te same sole, które pozostają po spaleniu rośliny pod postacią popiołu. Nie było również tajemnicą, że wydajność ziemi zmniejsza się z czasem wskutek ciągłej straty tych soli. Dla zaradzenia temu ubóstwu należało użyźniać ziemię nawozem. Liebig był pierwszy, który oświadczył, że można użyźniać ziemię sztucznie, dodając jej tych właśnie soli, które są przez rośliny wchłaniane, a więc przedewszystkiem soli kwasu fosforowego, saletry i soli potasowych. Rolnicy, którzy nierzadko objawiają wrodzoną zachowawczość umysłów, uznali myśl Liebiga za bezsensowną. Należało przekonać ich faktami.

W tym celu jeszcze w Giessen Liebig kupił od miasta piaszczysty pagórek. Pagórek ten, na którym nie mogło rozwinąć się ani jedno źdźbło trawy, napojony został sztucznemi nawozami: azotanem potasu i fosforanem wapnia. I oto owa piaszczysta pustynia zamieniła się po kilku latach w ogród kwitnący.

W ten sposób Liebig potrafił wprowadzić sztuczne nawozy do rolnictwa, przynosząc tem niezmierną korzyść zarówno rolnictwu, jak i przemysłowi, gdyż ten ostatni w krótkim czasie począł fabrykować te nawozy na wielką skalę.

Ale nie dosyć na tem. Wykładami i pismami

popularnemi starał się on obudzić w szerokich kołach publiczności zainteresowanie do zagadnień chemicznych; poza tem zaś obdarował ludzkość niejednym pożytecznym wynalazkiem.

Wspominałem już o odkryciu chloroformu. Nie mniej znany, choć nie przez wszystkich lubiony, jest Liebigowski ekstrakt mięsny, używany jako surogat rosołu.

Przyjaźń Liebiga z Wöhlerem zacieśniała się z latami. W roku 1835 Wöhler powołany został na katedrę uniwersytecką do Getyngi. Odtąd obaj druhowie zwykle przepędzali wakacye wspólnie. Wöhler był żywem przeciwieństwem Liebiga. Ten był namiętny, nawet popędliwy — tamten pokonywał go ostrożnością i powierzchownym chłodem. Ale obaj znakomicie zgadzali się ze sobą.

„Często latem, gdy obaj rozgościli się nad Tuńskiem jeziorem, zdarzało się, że siedzieli obok siebie godzinami na werendzie, nie mówiąc ani słowa do siebie. Chcieli tylko być blizko siebie i w ten sposób znajdowali najlepszy wypoczynek po pracy semestralnej. Była to prawdziwa przyjaźń: cicha i szczera".

W Monachium Liebig pozostał na stanowisku do końca życia, t. j. do roku 1873. Postać jego stanowi wzór niemieckiego profesora ze wszystkiemi wybitnemi cechami, które zyskały mu sławę wszechświatową, ale... z pewnemi słabostkami, od których nie są wolne nawet wielkie umysły. Często zdarza się bowiem, że wielkość od śmieszności dzieli jeden krok tylko.

Niechaj mi wolno będzie dla ilustracyi tej starej prawdy poświęcić te kilka minut, które mi jeszcze pozostały do rozporządzenia, na opowiedzenie małej ale dość pouczającej anegdoty, podanej przez siostrzeńca

Liebiga. znanego profesora ekonomii politycznej, Knappa.

„W domu Liebiga był bal. Po nieprzespanej nocy Liebig wchodzi do audytoryum zmęczony. Zanim go ujrzano za stołem wykładowym, słychać już było zdaleka odgłosy ziewania. Asystent, przeczuwając coś niedobrego, stoi skromnie przy stole. Na porządku był węgiel".

— „Dyament — wszak prawda — jest to węgiel w krystalicznej postaci. Oto widzicie panowie dyament".

„Dyament miał leżeć w niebieskiem pudełku. Profesor otwiera pudełko, podnosi zlekka watę — dyamentu niema".

— „Cóż panie doktorze — zwraca się do asystenta — gdzież jest dyament?".

„Ten, do którego odnosiło się to przemówienie, wzruszył ramionami i zadrgał całem ciałem. Przemówić nie było mu wolno wobec zgromadzonego grona. Słuchacze przeczuwali zbliżający się skandal i przejęci byli litością".

„Profesor zaś z niecierpliwością znów się odezwał:

— „Panie doktorze, gdzież jest dyament?".

„Męczące milczenie i powtórne wzruszenie ramion.

— „Ja żądam od pana, aby mi pan wskazał dyament?".

„Asystent, wystawiony na tortury, zbliża się do stołu, maca ostrożnie watę w pudełku i... wyjmuje dyament.

„Profesor zaś, nie zdając sobie najmniejszej sprawy z ludzkiej strony tego zajścia, kontynuował dalej:

— „A więc — panowie — dyament jest to, jak widzicie, węgiel krystaliczny".

„W głębi asystent oparł się wygodnie o ścianę. Twarz jego była zarumieniona od przeżytego zdarzenia. Słuchacze odetchnęli".

Źródła. *E. v. Meyer*, Aus J. Liebigs Lehr- und Wanderjahren. Lipsk, 1903.

J. Volhard, Justus v. Liebig. Sein Leben und Wirken. Annale Liebiga t. *328*, str. 1—40 (1903).

G. F. Knapp, Justus v. Liebig, nach dem Leben gezeichnet. Annale Liebiga t. *328*, str. 41—62 (1903).

A. Kohut, Justus von Liebig, sein Leben und Wirken. Giessen, 1904.

A. W. v. Hofmann, Justus v. Liebig. Friedrich Wöhler. Lipsk, 1893.

A. W. v. Hofmann, Liebigs und Wöhler Briefwechsel, 2 tomy. Brunświk, 1888.

G. W. A. Kahlbaum, Fr. Wöhlers Jugendbildnis in Briefen. Lipsk, 1900.

G. W. A. Kahlbaum, J. v. Liebig und Friedrich Mohr in ihren Briefen. Lipsk, 1904.

F. Wöhler, Jugenderinnerungen eines Chemikers. Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft t. 8, str. 1 (1875).

H. G. Söderbaum, Berzelius Werden und Wachsen. 1779—1821. Lipsk, 1899.

WYKŁAD SZÓSTY.

Lekarz i piwowar.

Treść: Skąd pochodzi ciepło spalenia?—Odpowiedź flogistyków.—Teorya pneumatyczna nie umiała odpowiedzieć na to pytanie.—Znikanie i powstawanie ciepła.—Podczas zamarzania i topienia.—Podczas parowania i skraplania.—Ciepło tarcia.—Doświadczenia hr. *Rumforda*.—Potwierdzenie wyników przez *Davy'ego*.—Doświadczenie Tyndalla i wnioski z niego —Obalenie teoryi cieczy (fluidalnej).—*Joule i Mayer*.—Życiorys pierwszego.—Badania naukowe.—Podróż *Mayera* do Indyj.—Losy pierwszej rozprawy.—Walka.—Pisma filozoficzne.—Co to jest energia?—Jej rodzaje.—Jej przemiany.—Energia psychiczna.

Panie i panowie.

Mężowie, których życie i dzieła podziwialiśmy tu dotychczas, byli to bez wyjątku chemicy. Tylko niewielu jednoczyło znajomość chemii ze znajomością fizyki. Byli to Boyle, Faraday i inni, którzy w równej mierze przyczynili się do rozwoju obu dziedzin wiedzy ścisłej.

Dziś mamy poznać dwu uczonych, których działalność należy wyłącznie do dziedziny fizyki,—którym zawdzięczamy odkrycie najogólniejszego ze wszystkich praw przyrody: prawa zachowania energii.

Chociaż ich prace nie dotyczą bezpośrednio chemii, jednakże miały one tak wybitny wpływ na dalszy rozwój naszej nauki, że zrozumienie dalszych etapów tego rozwoju jest wprost niemożliwem bez znajomości tych zasadniczych badań fizycznych.

Chcąc ocenić ich doniosłość w chemii, musimy jeszcze raz cofnąć się na chwilę wstecz, aż do ery panowania flogistonu. Przypomnijmy sobie, że w owym czasie zjawisko spalenia opisywano w sposób następujący:

— Podczas spalenia flogiston, w ciałach palnych zawarty, zamienia się w ciepło i światło.

Lavoisier pogląd ten przeinaczył:

— Spalenie jest to łączenie się ciał palnych z tlenem; podczas tego aktu powstają nowe ciała: tlenki.

Skąd jednakże pochodzi ciepło?

Na to pytanie teorya spalenia, stworzona przez Lavoisiera, nie dała odpowiedzi, — co więcej, zdaje się, że nie zwróciła nawet na to pytanie uwagi.

Czyżby jednak ciepło miało powstawać z niczego? Czyżby przyroda, która ilość *materyi* wymierzyła nam tak ściśle, że nikt z nas nie może nic z niej odjąć, ani też nic do niej dorzucić,—czyżby ta sama przyroda miała obdarzyć nas zdolnością tworzenia lub unicestwiania ciepła, tego samego ciepła, które stanowi jedno z najcenniejszych dóbr świata.

Przez długie czasy zdawać się mogło, że tak jest rzeczywiście.

Niektóre spostrzeżenia zdawały się dowodzić, że ciepło należy do rzeczy, które możemy wytwarzać z niczego lub według woli obracać w niwecz.

Oto szklanka z wodą, w której pływają kawałki lodu. W wodzie zanurzono termometr. Termometr

wskazuje zero, t. j. tę temperaturę, w której lód zwykł się topić. Naczynie to z wodą i z lodem znajduje się już od dłuższego czasu w pokoju, którego temperatura jest znacznie wyższa od zera i wynosi conajmniej 14°. A jednakże termometr się nie porusza i stoi wciąż na zerze. Teraz stawiam naczynie z wodą nad płomieniem gazowym,—ale i to nie pomaga; temperatura pozostaje bez zmiany.

— Może termometr się zepsuł?—powiecie.

Wyjmuję termometr z wody i dotykam go ręką: rtęć natychmiast bieży w górę. A więc termometr jest w porządku.

Musimy przeto przyznać, że woda z lodem posiada władzę niszczenia ciepła. Gdyż oto pochłania ona ciepło bez jakiegokolwiek podniesienia własnej temperatury.

Oto kolba z wodą wrzącą. Płomień gazu wywołuje silne gotowanie się wody. A jednak temperatura wody się nie podnosi. Jakkolwiek będziemy ją ogrzewali, temperatura jej nigdy nie podniesie się wyżej 100°. A więc i w tym wypadku ciepło, powstające przez spalenie gazu, ginie bez śladu.

Ale tylko pozornie!

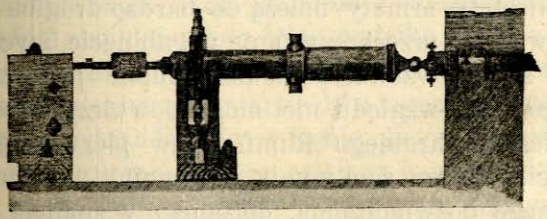
Możemy bowiem to ciepło, zmarnotrawione przez wodę wrzącą, odzyskać z powrotem. Dość wprowadzić parę wodną przez rurę szklaną do drugiego naczynia z wodą. Ta ostatnia ogrzewa się rychło.

Ogrzewa się ona nie wskutek tego, że para wodna jest gorąca. Jeżeli bowiem zamiast pary wprowadzę do drugiego naczynia z wodą równą jej ilość *wody*, ogrzanej do 100°, to wynik będzie bardzo słaby. Nie, woda w drugiem naczyniu ogrzewa się tem samem ciepłem,

które straciliśmy uprzednio na wygotowanie wody, na jej zamianę w parę.

Znany nam już znakomity fizykochemik osiemnastego stulecia Black, który po raz pierwszy zajął się dokładnem badaniem tych zjawisk, wyraził się w następujący sposób.

„Ciepło nie ginie ani podczas topienia lodu ani podczas gotowania wody: ale zamienia się w inną niewidzialną postać; z tej niewidzialnej postaci można je



Rys. 47. Doświadczenie hr. *Rumforda.*

znów zamienić w zwykłe ciepło, pozwalając wodzie zamarznąć albo skroplić się parze".

Ten niewidzialny rodzaj ciepła Black nazwał ciepłem „*utajonem*".

Wkrótce poznane zostały nowe fakty, dowodzące samoistnego powstawania ciepła. Odkryte one zostały przez znanego nam hrabiego *Rumforda*, drugiego małżonka nieszczęśliwej pani Lavoisierowej.

Hrabia prowadził życie pełne burz i zmian. Przez pewien czas był głównym inspektorem arsenału w Monachium. Zawiadując wierceniem armat, zauważył nader ciekawe zjawiska.

Ilekroć puszczano w ruch maszyny do wiercenia, można było zauważyć, że armata się ogrzewa. Ogrzewanie było znaczne, gdyż ciepło, powstające wskutek

wiercenia, doprowadziło do temperatury wrzenia 19 funtów wody, zawartych w skrzyni, otaczającej armatę.

— „Widok gotowania tak wielkiej ilości wody bez ognia wprawił w niesłychane zdumienie wszystkich obecnych“ — dodaje Rumford w opisie tych eksperymentów.

Humphry *Davy* wyniki te potwierdził, trąc o siebie dwa kawały lodu podczas wielkiego mrozu. Wskutek wytwarzanego przez tarcie ciepła lód się topił.

Niestety, armaty należą do bardzo drogich przyrządów, a ich przechowywanie w gabinecie fizycznym może nawet wzbudzić nieuzasadnione podejrzenia. Z tego więc względu nie mogę powtórzyć tutaj doświadczenia hrabiego Rumforda w pierwotnej jego postaci. Ale ten sam wynik otrzymamy z nieco odmiennego doświadczenia, opisanego w znanem dziełku Tyndalla o cieple.

Ta mała rurka mosiężna niechaj nam zastąpi armatę. Rurka ta, u dołu zamknięta, przymocowana jest do kółka maszyny obrotowej. Zapomocą kręcenia korby można w ten sposób naszą armatkę wprowadzić w bardzo szybki ruch obrotowy. Do wywołania tarcia użyję tych oto obcęgów, składających się z dwu kawałków drzewa dębowego, złączonych paskiem skórzanym. W deseczkach tych wycięto żłobki, przylegające do zewnętrznych ścian rurki mosiężnej. Ściskając te obcęgi, możemy wywołać tarcie pomiędzy drzewem a rurką miedzianą, wprawioną w szybki obrót. Zamiast wody, użytej przez Rumforda, nalewam do rurki zwykłego eteru, który łatwiej się zagotowuje. Zatykam otwór rurki korkiem, aby eter nie mógł się wylać i wprawiam rurkę w ruch. Wskutek tarcia wytwarza się ciepło, eter ogrzewa się i paruje silnie;

ponieważ para nie może się wydostać z zakorkowanej rurki, więc nastąpić musi wybuch, i w rzeczywistości korek wyrzucony zostaje ze znaczną siłą do sufitu.

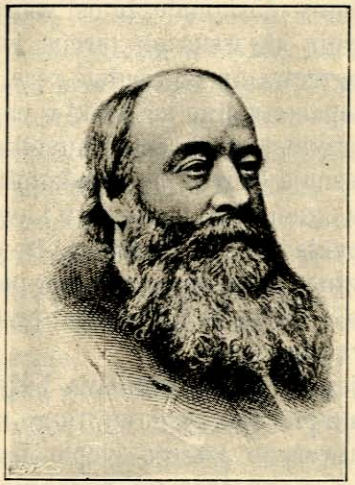
Dzisiaj doświadczenie to nie jest dla nas tak dziwnem, jak w dawniejszych czasach. Dzisiaj codzienne doświadczenie poucza nas, że przez tarcie powstaje ciepło. Wiemy doskonale, że osi wagonów kolejowych ogrzewają się wskutek tarcia; w zimie w ten sam sposób ogrzewamy zmarznięte ręce, trąc je o siebie; zapałki zapalamy, trąc ich łebki o papier, zawierający fosfór, przyklejony do ścian pudełka. Dzikie ludy, które nie znają jeszcze tego znakomitego wynalazku, wywołują ogień przez tarcie dwu kawałów drzewa.

Dość przykładów. Twierdzenie, że ciepło można wytwarzać sztucznie, a mianowicie za pomocą uderzenia czy tarcia,— nie może być dzisiaj przez nikogo podawane w wątpliwość.

Trudniejszemi do zrozumienia były te zjawiska dla uczonych z pierwszej połowy 19-go stulecia. Wtedy bowiem uważano jeszcze ciepło na równi z elektrycznością i magnetyzmem, podobnie jak dawniej światło, — za substancyę, za osobny nieważki rodzaj materyi. Co do materyi, to badania Lavoisiera stwierdziły, że nie może ona być ani stworzona ani zniszczona, że wszelkie jej przemiany polegają jedynie na zmianie postaci. Stąd powstała trudność zrozumienia tych zjawisk, w których ciepło, nazywane podówczas cieplikiem (calorique, Wärestoff) powstaje samo z siebie, a nie z jakiegokolwiek innego rodzaju materyi.

Trudność ta istniała przez długi czas. Nie zdołały jej usunąć nader dowcipne hypotezy Rumforda i Davy'ego. Dopiero w r. 1842 została ona przezwyciężona

dzięki równoczesnym wysiłkom dwu mężów, którzy dokonali tego dzieła, nie wiedząc o sobie wzajemnie. Byli to: piwowar angielski *James Prescott Joule* i lekarz niemiecki *Juliusz Robert Mayer*. Na zaznaczenie zasługuje szczególnie fakt, że obaj odkrywcy nie byli fizy-



Rys. 48. J. P. Joule.

kami ani wogóle uczonymi z powołania. Odkrycie najogólniejszego ze wszystkich poznanych dotąd praw przyrody zawdzięczamy więc ludziom, którzy uprawiali naukę nie jako profesyę, ale może właśnie skutkiem tego łatwiej mogli się uwolnić od panujących przesądów niż uczeni profesyonalni.

J. P. *Joule* urodził się w roku 1818 w Salford w pobliżu Manchestru. Był on jednym z uczonych-amatorów, którzy nie należą w Anglii do rzadkości; poza zajęciami obowiązkowemi znajdują oni dość czasu i zamiłowania do poważnej pracy naukowej i nieraz na tem polu osiągają znakomite wyniki. Ojciec Jakóba był właścicielem browaru. Ponieważ młody Jakób był słabowity od urodzenia, więc nie posyłano go do szkoły, ale uczono w domu. W szesnastym roku dopiero został wysłany wraz z bratem do Manchestru, gdzie studyował nauki przyrodnicze przeważnie pod kierunkiem Daltona. Tutaj Joule po raz pierwszy zapoznał się z używaniem przyrządów fizycznych. Mając zaledwie lat 19, ogłosił dzieło o magnetyzmie, w którem podał opis wynalezionych przezeń maszyn elektromagnetycznych.

Praktyczny jego umysł zwrócił się niebawem ku dokładnemu badaniu przemiany prądów elektrycznych w pracę. W trakcie tych badań spostrzegł, że ilekroć prąd elektryczny przebiega po przewodniku, np. po drucie metalowym, zawsze ten ostatni się ogrzewa. Ciepło, powstające z prądu, pozostaje w ściśle określonym stosunku do siły prądu.

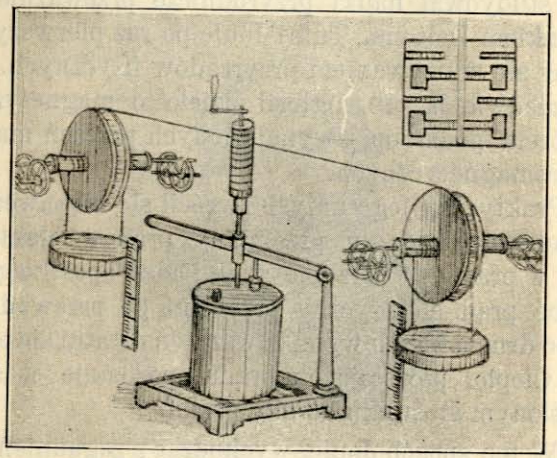
W ten sposób Joule, wychodząc z zagadnień praktycznej natury, dopiął ogólnej zasady, głoszącej, że pomiędzy ciepłem a pracą *musi* istnieć zależność przyczynowa.

— „Gdziekolwiek znika praca, powstaje zawsze ciepło. Odwrotnie zaś: zapomocą odpowiednich urządzeń możemy zamienić ciepło na pracę, używając go np. do wytwarzania pary w kotłach naszych maszyn parowych.

— „We wszystkich tych przypadkach jednak, bez względu na charakter przemiany, ciepło powstające i znikająca praca pozostają w stałym, niezmiennym stosunku".

Liczba, przedstawiająca ten stosunek, stanowi je-

dnę z najważniejszych stałych przyrody i zwie się: *„mechanicznym równoważnikiem ciepła“*. Joule oznaczył go w następujący sposób. Ciężar, którego wielkość P była znana, spadał z określonej wysokości H. Ciężar ten przymocowano do sznura, przerzuconego przez rolkę. Drugi koniec sznura owinięto naokoło walika, za-



Rys. 49. Doświadczenie Joule'a.

opatrzonego w kilka skrzydeł, zanurzonych w wodzie albo w oliwie.

Gdy ciężar spadał, walik wprawiany był w obrót. Gdy ciężar podnoszono, trzeba było zużyć pewną ilość pracy, tem większą, im większy był ciężar i im wyżej go podnoszono. Jeżeli ciężar wynosił P kilogramów a wysokość H metrów, to ilość włożonej pracy wynosi

$$A = PH \text{ kilogramometrów.}$$

Skoro ciężar spadał, praca ta zostawała niweczona. Ale przez tarcie skrzydeł w wodzie wytwarzało się ciepło, i ilość tego ciepła Q można było dokładnie oznaczyć zapomocą termometrów.

Stosunek pracy do ciepła:

$$E = \frac{PH}{Q}$$

stanowi właśnie poszukiwany przez Joule'a „równoważnik ciepła“. Joule oznaczył ten stosunek i otrzymał 424 kilogramometry na jednę kaloryę. To znaczy, że skoro praca znika, np. jeżeli ciężar 1 kilograma spada z wysokości 424 metrów, to jednocześnie powstaje przy tem jednostka ciepła, ciepłostka, czyli kalorya. Odwrotnie zaś, w razie zamiany ciepła na pracę możemy z jednostki ciepła (kaloryi) otrzymać taką ilość pracy, która pozwoli nam podnieść jeden kilogram do wysokości 424 metrów, lub też 424 kilogramy do wysokości jednego metra.

W ten sposób nasz piwowar angielski wzniósł się przez ciągłe uogólnianie poszczególnych zjawisk do poznania najogólniejszego prawa przyrody. Doniosłość tej pracy oceniona została dopiero w następstwie. Wówczas posypały się też zaszczyty na odkrywcę. Ale on żył skromnie w swoim majątku do końca życia. Umarł w roku 1889, licząc lat 71.

Zupełnie odmienną drogą szedł lekarz niemiecki. Losy jego były tak tragiczne i tak pouczające, że zasługują w zupełności na trochę obszerniejszą relacyę. W opowiadaniu ich skorzystam z niektórych danych doktora Eugeniusza Dühringa, który gorąco był przejęty sprawą Mayera.

Juliusz Robert Mayer był synem aptekarza. Urodził się w Heilbronn, małem miasteczku wirtemberskiem, w roku 1814. Był to rok rozkwitu reakcyi i restauracyi.

Uczył się początkowo w gimnazyum, a potem w zakładzie teologicznym w Schöntal. Pobyt w tym zakładzie był dlań męczarnią. Duch Mayera sprzeciwiał się całą swą mocą zajęciom trupami języków: łaciny i greki. Skoro już sądzonem mu było mieć do czynienia z trupami, to wolał prawdziwe kościotrupy ludzkie, niż szkielety martwych języków. W ten sposób szukał zadowolenia swych skłonności do badania przyrody w studyowaniu medycyny.

Udał się przeto w r. 1832 do Tubingi. Tutaj zapisał się na wydział medyczny i pozostawał studentem przez osiem semestrów. Koniec studyów w Tubindze nie bardzo był budujący — przynajmniej w pojęciu ogółu. Mayer został skazany na areszt uniwersytecki, który potrafił sobie skrócić przez konsekwentną odmowę przyjmowania pokarmu,—a następnie wydalony z uniwersytetu.

Będąc studentem, przewodniczył związkowi studenckiemu, a wszelkie organizacye studentów były, jak wiemy, w owych czasach uważane za szczególnie niebezpieczne dla państwa, i jako takie, ulegały ostrym prześladowaniom. Jakie dążenia żywili w sercach młodzi koledzy Mayera, czy tylko zadowolenie z noszenia szarf i czapeczek i z opróżniania jaknajwiększej ilości butelek z ich zawartości, — czy też może myśli ich wylatywały ponad poziomy zwykłych zabaw burszowskich—o tem historya milczy. Wiadomo jednak z pewnością, że Mayer nie myślał o zdradzie stanu. Głębokie uczucie krzywdy—a był on w tym względzie nadzwyczajnie czuły—zniewoliło go do odrzucania pokarmu, dopóki władze nie zdecydowały się na uwolnienie go z więzienia. Był więc też może pierwszym wynalazcą owego srogiego środka walki, który w ostatnich latach, podczas rewolucyi rosyjskiej, stosowany był pod nazwą „głodówki“ w tak szerokich rozmiarach.

Po tem zajściu senat uniwersytecki udzielił Mayerowi „rady opuszczenia uniwersytetu“, czyli, mówiąc językiem zwykłych śmiertelników, wykluczył go z uczelni. Mayer ukończył studyum medycyny w Monachium i w Wiedniu ze stopniem lekarza.

Rys. 50. J. R. Mayer.

W tym samym czasie nadarzyła mu się sposobność poznania świata. Przyjął posadę lekarza na okręcie handlowym, który udawał się do Jawy. Po przybyciu do celu podróży, Mayer, korzystając z wolnego czasu, zajął się praktyką śród tubylców. Uniwersalna metoda leczenia wszystkich chorób polegała wówczas, jak wiadomo, na puszczaniu krwi. Podczas wykonywania tej operacyi Mayer uczynił spostrzeżenie, które

stało się dlań źródłem odkrycia prawa zachowania energii.

Zauważył bowiem, że krew mieszkańców Jawy jest ciemniejsza od krwi Europejczyków. Czemu można było przypisać tę różnicę? Mayer wiedział z fizyologii, że krew żylna staje się jaśniejszą w płucach skutkiem tego, że w zetknięciu z powietrzem nasyca się tlenem. Odwrotnie zaś, tracąc tlen, krew ciemnieje. Cóż się jednak dzieje z tlenem, zawierającym się we krwi?

Wiemy, że na pytanie to odpowiedział już Lavoisier. Tlen zużywa się podczas spalenia substancyj organicznych, wytworzonych przez organizm, — podobnie jak zużywa się powietrze wprowadzane do rusztu pieca podczas spalenia drzewa albo węgla.

Stosując tę teoryę do Jawańczyków, Mayer rozumował w następujący sposób. Krew Jawańczyków jest ciemniejsza, a więc zawiera *mniej* tlenu, niż krew Europejczyków. Jeżeli krew zawiera mniej tlenu, to proces spalenia musi się odbywać w organizmie tubylców powolniej, niż u mieszkańców strefy umiarkowanej. Spalenie zaś jest tam mniej energiczne dlatego, że wskutek gorąca klimatu zwrotnikowego organizm tubylców nie potrzebuje wytwarzać takich ilości ciepła, jakie muszą stwarzać mieszkańcy krajów zimnych, aby utrzymać temperaturę ciała na stałym poziomie.

Oto szereg wniosków, które Mayer wyciągnął z tak prostego faktu. Ale nie zatrzymał się na tem. Wkrótce musiał się przekonać, że ciepło stanowi tylko jedno ogniwo w łańcuchu zjawisk, które odbywają się nieustannie w organizmie kosztem działania chemicznego wchłoniętego w płuca tlenu na przyjmowane

przez organizm pokarmy, gdyż oprócz ciepła organizm wytwarza i pracę. Że źródło tej pracy znajduje się również w zjawisku oddychania, o tem przekonywa nas choćby to, że skoro tylko ilość tej pracy się zwiększa, np. podczas wchodzenia na górę, podnoszenia ciężarów, szybkiego ruchu i t. p. — oddychanie staje się częstszem i silniejszem, niż w warunkach normalnych.

W ten sposób Mayer doszedł w r. 1842 do zasady ogólnej, że oprócz materyi w przyrodzie istnieje jeszcze jeden niezmiennik; to nieważkie i niemateryalne *coś* może występować w rozmaitych postaciach, jako ciepło lub światło, ruch albo elektryczność i t. d.; jednakże jego ilość ogólna w przyrodzie jest również niezmienna, jak ogólna ilość materyi.

To „niezmienne“ *coś* Mayer nazwał siłą. Nazwa ta była nieodpowiednia, gdyż pod tą nazwą rozumiemy w fizyce inną wielkość, objawiającą się w przyśpieszeniu *ruchu* ciał. Pojęcie, wprowadzone do nauki przez Mayera, nazywamy dziś ogólnie — za przykładem Rankine'a — „*energią*“.

Nieścisłość nazwy, a wreszcie i ogólna niechęć względem wszelakiej filozofii, stanowiąca reakcyę przeciwko zbyt długiemu panowaniu „filozofii przyrody“ w naukach ścisłych, — sprawiły, że myśli Mayera nie znalazły przystępu do umysłów mężów nauki.

W r. 1842 Mayer napisał niewielką rozprawkę p. t. „Siły przyrody martwej“. Zwrócił się z nią do Poggendorfa, wydawcy znanych „Roczników chemii i fizyki“, — ale ten odrzucił ją, jako zbyt metafizyczną. Wydrukował ją Liebig w swych „Rocznikach chemii i farmacyi“. Ale niewielu zrozumiało jej doniosłość. Oficyalny świat naukowy nic nie chciał o niej wiedzieć.

A jednak ta maleńka, bo zaledwie 7 stronic licząca, rozprawka zawiera całokształt odkrycia Mayera. W szczególności autor podaje w niej obliczenie mechanicznego równoważnika ciepła, tem bardziej genialne, że nie oparte na bezpośrednich pomiarach tej wielkości — bo Mayer nie był fizykiem, — ale na niezmiernie dowcipnem rozumowaniu.

Wyobraźmy sobie cylinder, zamknięty ściśle przylegającą do ścianek pokrywą, która może poruszać się wewnątrz cylindra z nader nieznacznem tarciem. Taką pokrywę w technice nazywają, jak wiadomo, tłokiem. Cylinder napełniony jest powietrzem; ciężar zaś tłoka wynosi tyleż, co ciśnienie atmosfery, t. j. nieco więcej, niż jeden kilogram na każdy centymetr kwadratowy. Doprowadzając ciepło zzewnątrz, ogrzewamy cylinder wraz z powietrzem o 1° Celsyusza.

Z codziennego doświadczenia wiadomo wszystkim, że wszystkie ciała rozszerzają się podczas ogrzewania. Powietrze nie stanowi w tym względzie wyjątku. Ponieważ tłok może się swobodnie poruszać, więc przesunie się ku górze. Ale tłok ten posiada wagę, a mianowicie ciężar jego wynosi 1 kilogram, i ten kilogram musi zostać podniesiony w górę skutkiem rozszerzenia się powietrza.

Z tego jest widoczne, że przez ogrzanie cylindra z powietrzem możemy podnosić ciężary, czyli wykonywać czynność, która w mechanice posiada nazwę pracy.

Jeżeli więc potrafimy oznaczyć ilość ciepła, która zużywa się podczas podnoszenia tłoka i obliczymy pracę, wykonaną przezeń, to możemy stąd z łatwością oznaczyć stosunek

$$E = \frac{\text{praca}}{\text{ciepło}},$$ czyli równoważnik mechaniczny ciepła.

Liczby, potrzebne do wykonania niniejszego obrachunku, były już podówczas znane. Mayer obrachunek ten wykonał i otrzymał dla E liczbę 423 kilogramometrów.

Była to liczba, zadziwiająco mało różniąca się od tej, jaką Joule otrzymał ze swych bezpośrednich pomiarów, o których mówiłem przed chwilą.

Ale też i losy obu odkryć były do siebie podobne.

Prace Joule'a były jasne w ich doświadczalnej prostocie. Ale nie chciano wierzyć ich ogólnej doniosłości. Prace Mayera były traktowane z ogólnego stanowiska. Ale właśnie dlatego nie dowierzano im, uważając je za zbyt filozoficzne.

Czekała więc Mayera ciężka i długa walka, zanim ostatecznie zwycięstwo przechyliło się na stronę jego poglądów. Musiał walczyć nietylko przeciwko wrogowi zewnętrznemu, przeciwko zachowawczości umysłów cechu uczonych. We własnym domu napotkał najpoważniejsze przeszkody w dążeniu do zwycięstwa swych idei.

Równocześnie z wydaniem swej pierwszej rozprawki Mayer się ożenił. Owocami tego związku było pół tuzina dzieci, z których tylko troje pozostało przy życiu: jeden chłopczyk i dwoje dziewcząt. Pani doktorowa była — jak głosi fama — niewiastą bardzo energiczną, obdarzoną męskim charakterem. W każdym razie i ona należała do licznego grona tych, którzy nie mogli zrozumieć uczonego filozofa. Do walki zewnętrznej przyłączyły się w ten sposób zatargi w łonie własnej rodziny, zaostrzające się z każdym rokiem. Układ nerwowy filozofa przez te ciągłe utarczki poważnie ucierpiał; po raz pierwszy dostał on w roku 1849 silnego ataku nerwowego.

W deliryum wyskoczył z okna sypialni, położonej na drugiem piętrze, na dwór. Uszedł przytem szczęśliwie śmierci, ale nadwerężył sobie obie nogi, a jednę z nich musiał wskutek tego wypadku ciągnąć do końca życia, t. j. przez pozostałe lat 28.

Zdrowie jego było mocno nadwątlone. Należało poddać się kuracyi. Niestety, ani rodzina, ani lekarze, którym oddano w opiekę genialnego filozofa, nie potrafili zrozumieć istotnej przyczyny choroby. Uważali, że cierpi on na manię wielkości! Ta mania polegać miała na chorobliwem wyobrażeniu o jakichś doniosłych odkryciach naukowych. Zamknięto go więc w domu dla obłąkanych. I oto jeden z największych odkrywców XIX-go stulecia był poddany kuracyi narówni ze zwykłymi warjatami, a była to podobno kuracya energiczna, podczas której nie wahano się używać zwykłych środków leczniczych: zimnej wody, kaftanów i t. p.

Nie trzeba zapewne dodawać, że środki te nie osiągnęły zamierzonego celu. Mayer nie chciał się wyrzec wiary w prawdę odkrytego przez siebie prawa „zachowania siły". Natomiast chudł coraz bardziej i czuł się coraz gorzej. Zdecydowano się więc wrócić mu znów wolność.

Tymczasem teorya, ogłoszona przez Mayera, poczęła przenikać do świata naukowego. Doświadczenia Joule'a stały się znane. Ich wyniki stały się jaśniejsze. Znakomity fizjolog i fizyk *Helmholtz* sformułował w roku 1847 prawo „zachowania siły" w ścisły sposób, nadał mu matematyczną postać i wykazał w szeregu przykładów, jak można zastosować to prawo do najróżniejszych dziedzin fizyki. Dzięki temu, Mayer otrzymał jeszcze za życia moralne zadośćuczynienie, widząc

zwycięstwo prawdy nad ciasnotą umysłową. I wtedy posypały się nań ze wszech stron zaszczyty i tytuły, a rząd wirtemberski dołączył do nich nawet tytuł szlachecki. Śród pracy nad dalszym rozwojem swych pomysłów dożył 64 go roku. Umarł w r. 1878.

Genialne rozumowania niemieckiego lekarza oraz świetne doświadczenia piwowara angielskiego dały życie zasadzie niezmiernej doniosłości. Ona to bowiem pozwoliła połączyć wszystkie dziedziny fizyki, a nawet i chemię, jako jednę z jej części, pod wspólnym dachem. Teraz pozostaje nam tylko dać imię tej ogólnej zasadzie. Należy stworzyć ogólną nazwę dla tego, co może występować zarówno pod postacią ciepła, jak i pracy, nie wykazując jednak wyłącznie cech tej albo innej kategoryi zjawisk. Nazwa ta nie jest nam zupełnie obcą. Wymieniłem ją już dziś kilkakrotnie. Jest to energia.

Po tym ogólnikowym opisie zażądacie zapewne odemnie—panie i panowie—(i to słusznie), abym wam dał wreszcie krótkie określenie tego pojęcia, abym wam w dwu słowach powiedział, co właściwie nazywamy energią.

Lecz tu muszę wyznać swą zupełną nieudolność. Na to pytanie nie mogę odpowiedzieć. Energii nie potrafię wam określić, gdyż podług znanych praw logiki określenie jakiegokolwiek pojęcia polega na wskazaniu ogólniejszego pojęcia i dodaniu szczegółowych cech pojęcia, podlegającego określeniu. Ale, niestety, pojęcia ogólniejszego niż pojęcie energii nie posiadamy. Przynajmniej w obrębie działania nauk ścisłych. Znamy tylko szczegółowe cechy tego pojęcia, a najważniejszą z nich jest ta, którą zawdzięczamy badaniom Joule'a i Mayera: *energia pozostaje niezmienną*

podczas wszelkich przemian, podczas jakichkolwiek zjawisk. Nikt nie jest w stanie jej stworzyć, ani zniweczyć.

Musimy się przeto ograniczyć na podaniu tych szczególnych postaci, w jakich energia może się przejawiać, na opisie tych rodzajów zjawisk, w których poznajemy przemiany rozmaitych postaci energii. Tego rodzaju podział, uczyniony jeszcze przez Mayera, został ulepszony w następstwie przez Helma, Ostwalda i innych. Poznawszy ten podział, przekonamy się, że obejmuje on w istocie całkowity obszar fizyki i chemii, a co więcej, że otwiera nam pole do nadziei, iż z czasem może uda się wciągnąć doń i życie duchowe, świat naszych wrażeń wewnętrznych.

Chcąc poznać mnogość rozmaitych rodzajów energii, musimy przedewszystkiem zapytać, jakie zjawiska połączone są z nakładem pracy, i jakie zjawiska zachodzą wtedy, kiedy praca zostaje obracana w niwecz. Jeśli bowiem — jak twierdzi Mayer — energia nie może uledz ani zniszczeniu, ani zwiększeniu — to z tego nieodzownie wypływa, że skoro praca znika, powstaje inny rodzaj energii, i odwrotnie, otrzymanie pracy połączone być musi z zanikiem jakiejkolwiek innej energii.

Jako pierwszy rodzaj energii, zamienionej na pracę, występuje przed nami ruch. Wiadomo przecie, że ruch wody rzek i strumieni wykonywa pracę w młynach wodnych; wiadomo, że ruch powietrza zamienia się na pracę w wiatrakach. Któż nie zna niszczących skutków, jakie wywrzeć zdoła kula, wyrzucona z wielką szybkością z karabinu czy z działa? Dość, że ruch stać się może źródłem pracy, użytecznej czy szkodliwej.

Rzucając pocisk w górę, uważamy, że szybkość jego ruchu się zmniejsza w miarę tego, jak wysokość wzrasta. A więc zmniejsza się energia ruchu w miarę zwiększenia się odległości od powierzchni ziemi. Ale jednocześnie w kuli nagromadza się inny rodzaj energii: nazywamy go *energią położenia*. Energia położenia wzrasta tem bardziej, im wyżej się kula wznosi. Jeżeli kula spada z osiągniętego uprzednio poziomu, to energia położenia zmniejsza się i może być zamieniona w pracę, np. zapomocą maszyny, poruszanej przez ciężar spadającej kuli.

Źródłem pracy być może nietylko ciężar podniesiony w górę. Skręcona sprężyna, ściśnione powietrze lub rozciągnięty sznur gumowy mogą też wykonać pracę. Ale rzecz jasna, że w tym przypadku nie będziemy mieli do czynienia z energią położenia, lecz z nową postacią energii. Nazwiemy ją *energią kształtu*. Jej zasadnicza cecha przejawia się w tem, że każde ciało „odkształcone“ dąży do przywrócenia kształtu pierwotnego.

Że praca zamienia się w ciepło, a ciepło w pracę, — to poznaliśmy już dzisiaj na wielu przykładach. A więc i ciepło jest energią szczególnego rodzaju: *energią cieplną*.

Ale i światło musi być uznane za pewną postać energii. Światło bowiem ogrzewa przedmiot, na który pada; odwrotnie zaś przez silne ogrzanie można doprowadzić niektóre przedmioty do świecenia. Przykład stanowi żarząca się podkowa albo węgiel. Nazwiemy więc światło *energią promieniującą*.

Wreszcie zaznaczyć należy, że w ostatnich dziesięcioleciach w przemyśle stosować poczęto nowy rodzaj energii, jako źródło pracy, ciepła i światła. Jest

to *energia elektryczna*, niedostępna wprawdzie bezpośrednio dla zmysłów ludzkich, ale znana nam dziś doskonale przez codzienne jej zastosowania. Tramwaj elektryczny zamienia ją w ruch. Motory fabryczne zamieniają ją w pracę. Lampy elektryczne: maleńkie „żarówki“, czy wielkie lampy łukowe wydostają z niej światło. A prócz tego wchodzą w użycie domowe małe piecyki elektryczne, w których ciepło otrzymuje się nie zapomocą spalania gazu, lecz kosztem energii elektrycznej. W tych piecykach więc, których użytek coprawda jest dość kosztowny, energia elektryczna zamienia się wprost w ciepło.

Skądże bierze się ta energia elektryczna, którą zapomocą drutów możemy przenosić na znaczne odległości? Udajmy się do stacyi centralnej, której olbrzymi komin możemy podziwiać z okien naszego gmachu. Tam ujrzymy wielkie cewki ze zwiniętych drutów, wprawiane w ruch kołowy przez maszyny parowe. Wskutek ruchu w cewkach tych powstają siły magnetyczne. Przez przemianę zaś tej *energii magnetycznej* wytwarzają się prądy elektryczne, odprowadzane następnie po drutach wdal.

Teraz już potrafimy znaleźć odpowiedź na to pytanie, które genialny umysł Lavoisiera przekazał potomności do rozwiązania. Skąd powstaje ciepło spalania, z czego powstaje w ogólności ciepło, wydzielające się zwykle podczas zjawisk chemicznych? I to ciepło musi mieć źródło w pewnej energii, w pewnym niewidocznym jej rodzaju. Posiadać ją musi np. każde ciało palne w ilości ściśle określonej. Ale posiada ją tylko dopóty, aż się połączy z tlenem. Podczas tego procesu łączenia ta energia opuszcza je i zamienia się na ciepło. Tę osobliwą postać energii nazywać będziemy *energią chemiczną*, gdyż zamienia się ona podczas zjawisk chemicznych w inne widoczne rodzaje energii: ruch albo ciepło, światło albo elektryczność.

A więc streszczając najogólniejszy wynik dzisiejszych naszych rozumowań, możemy stwierdzić, *że wszelkie zjawiska, fizyczne jakoteż chemiczne, zarówno w przyrodzie żywej, jako i w martwej — są tylko przemianami energii*, przejściami energii z jednej postaci w inną, albo przemianami jednej energii samej w sobie. Wszystkiego zaś, co wiemy o otaczającym nas świecie, doświadczamy jedynie na podstawie różnic pomiędzy napięciem energii naszego otoczenia a napięciem energii naszego własnego organizmu.

Jakże jednak rzecz się przedstawia w innym świecie zjawisk, w dziedzinie zjawisk psychicznych, to jest tych zjawisk, które stanowią naszą własną świadomość? W tym względzie muszę zakończyć naszą dzisiejszą pogadankę znakiem zapytania.

Przypomnijmy sobie raz jeszcze przytoczony przez Mayera przykład zmian energii w człowieku. Skoro człowiek wspina się w górę, wykonywa pracę. Ta praca wytwarza się kosztem energii chemicznej, zawartej w substancyach organizmu ludzkiego z jednej strony, z drugiej zaś — kosztem energii chemicznej tlenu powietrza. Słowem, odbywa się ona kosztem energii, wydzielającej się podczas zjawisk powolnego spalenia naszego organizmu.

Cóż zachodzi jednakże wtedy, gdy tenże człowiek zamiast pracy mechanicznej wykonywa pracę duchową? Jeżeli np. zaprząta go jaka myśl głęboka? Albo jeżeli doznaje silnych uczuć: radości lub bólu? Albo kiedy przeżywa strach śmiertelny? Czy ta sama energia spalenia pokrywa też koszty zjawisk duchowych?

Czy też starczy jej zaledwie na pokrycie strat materyalnych, strat, spowodowanych zużyciem się substancyj nerwów i mózgu?

Co do mnie, to skłaniam się raczej do pierwszego przypuszczenia, które pozwala nam ująć zjawiska ducha w jeden układ, wspólny dla świata fizycznego i psychicznego: w układ energetyczny. Przypuszczam więc, że i te zjawiska, które uważamy za przejawy życia duszy, są tylko przejawami pewnej odrębnej postaci energii: *energii psychicznej*.

Jednakże jestem tylko przyrodnikiem, nie filozofem. Muszę przeto rozstać się dziś z wami, szanowni panowie i szanowne panie, z otwartem pytaniem na ustach. Niechaj służy ono nam za dowód, że księga energetyki nie jest jeszcze dziś zamknięta, że na dnie nauki o energii istnieć mogą jeszcze zagadnienia nierozwiązane, oczekujące ścisłych badań teoretycznych i doświadczalnych.

Podział rodzajów energii.

Energie mechaniczne { energia ruchu. / energia położenia. / energia kształtu.

Energia cieplna.
Energia promieniująca.
Energia elektryczna.
Energia magnetyczna.
Energia chemiczna.

Energia duchowa.

Źródła. *J. R. Mayer.* Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur; Lieb. Ann. T. 42, str. 233–240 (1842).

J. R. Mayer. Wissenschaftliche Abhandlungen. Sztutgart 1889.

H. Helmholtz. Über die Erhaltung der Kraft. Ostwalds Klassiker. Lipsk 1889.

H. Helmholtz. Vorträge und Reden. T. 1, str. 25, 147. Brunświk 1884.

J. P. Joule. Obituary notice. Journ. Chem. Soc. London. T. 57, str. 449. 1890.

E. Dühring. Robert Mayer, der Galilei des XIX Jahrhunderts. II wyd. Lipsk 1904.

J. Tyndall. Die Wärme, betrachtet als eine Art der Bewegung. II wyd. Brunświk 1871.

J. Tyndall. Ciepło, jako rodzaj ruchu. Bibl. umiejętności przyrodniczych. Kraków 1873.

E. Mach. Principien der Wärmelehre. Lipsk 1896.

E. Mach. Populärwissenschaftliche Vorlesungen, str. 157. Lipsk 1896. Tłumacz. polskie. Łódź 1899.

Balfour Stewart. Zasada zachowania energii. Tłum. z angielskiego Wł. Kwietniewski. Warszawa 1875.

W. Ostwald. Elektrochemie, str. 759. Lipsk 1896.

W. Ostwald. Die Energie und ihre Wandlungen. Lipsk 1888.

W. Ostwald. Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus. Lipsk 1895. Polskie tłum. Z. Szymanowskiego. Warszawa 1896.

W. Ostwald. Vorlesungen über Naturphilosophie. Lipsk 1902.

J. J. Boguski. Ciepło. Encykl. rolnicza, zesz. 17. Warszawa 1891.

Wł. Natanson. Pogląd na rodzaje zjawisk w materyalnym wszechświecie. Kraków 1901; także Annal. der Naturphilos. t. 1, 133.

Wł. Natanson. Odczyty i szkice. Warszawa 1908.

WYKŁAD SIÓDMY.

Świat atomów.

Treść: Podział historyi rozwoju nauk. — Okres obserwacyi. — Nauki opisowe. — Nauki rozumowe. — Jak się odkrywa prawa przyrody? — Przykłady z rozwoju chemii. — Analiza w nauce. — Sposób wygłaszania praw przyrody. — Czem są prawa przyrody? — Zasada oszczędności w naukach. — Prawa i hypotezy. — Zasadnicze zagadnienie hypotezy atomistycznej. — Ciała jednorodne i niejednorodne. — Śmiejący się filozof. — Co to jest „atom"? — Czy atomy są niepodzielne? — Istota atomów. Atomy i modele. — Rozszerzanie. — Rozpuszczanie. — Połączenia chemiczne. — Atomy i cząsteczki. — Fizyka i chemia. — Dalsze wnioski. — *Benjamin Richter.* — *Ludwik Proust.* — *Jan Dalton.* — Wagi atomowe. — Bezwzględne wielkości atomów. — Program na przyszłość.

Panowie i Panie.

Badając historyę chemii, poznaliśmy dotąd trzy stopnie jej rozwoju. Na pierwszym stopniu nauka ta ogranicza się zbieraniem wiadomości: jej przedstawiciele czynią spostrzeżenia i zapisują skrzętnie wyniki. Jest to okres *obserwacyi*. W tym okresie znajdowała się chemia u starożytnych; na tym samym stopniu rozwoju pozostała alchemia i chemia lekarska.

Przez wprowadzenie pojęcia flogistonu nauka nasza posunęła się o jeden stopień w górę. Wstąpiła ona w okres *systematyzacyi*. Tutaj bowiem napotykamy pierwsze udatne próby systematycznego podziału wiadomości zebranych. W tym okresie chemicy starali się stworzyć układ ciał chemicznych, oparty na ich pochodzeniu. Nowa teorya palenia, stworzona przez Lavoisiera, miała też za zadanie przedewszystkiem udoskonalenie systematyki chemicznej, t. j. podziału wszystkich ciał, otrzymywanych bądź ze świata mineralnego, bądź roślinnego albo zwierzęcego.

Ale równocześnie odbył się w chemii poważny przewrót, i oto nauka ta wstąpiła na trzeci stopień rozwoju: z nauki opisowej stawać się poczęła nauką rozumowaną. Co spowodowało ten przewrót? Spowodowało go odkrycie ogólnych praw przyrody, na których podstawie można było stwierdzić wzajemną przyczynową zależność jednych zjawisk od drugich.

Dotąd poznaliśmy dwa najogólniejsze prawa, rządzące całkowitą sumą zdarzeń wszechświata. To prawo zachowania „materyi" i prawo zachowania „energii". W poprzednich wykładach poznaliśmy drogi, które doprowadziły do odkrycia obu praw. Poznaliśmy różnorodne wnioski, jakie można z nich wyciągnąć. Wytworzyliśmy na ich zasadzie ogólny pogląd na świat, pozwalający ująć w jednę harmonijną całość wszystkie zjawiska fizyczne i chemiczne.

Nie od rzeczy będzie więc teraz rozstrzygnąć zasadnicze pytanie: czem są prawa przyrody? Jak się je odnajduje? Jaką korzyść nauka osiąga przez ich odkrycie?

Twórcza praca naukowa jest bezwątpienia niesłychanie różnolita, tak różnolita, jak różnolitemi mogą

być zagadnienia naukowe. Różnolitemi są też drogi, prowadzące do rozstrzygania tych zagadnień, podobnie jak różnolitemi bywają i umysły, poświęcające się temu zadaniu. Nie może być więc z tego względu nawet mowy o jakiejś recepcie ogólnej, o jakimkolwiek uniwersalnym środku na dokonywanie odkryć. Ale można jednakże wskazać pewne ogólne cechy, charakteryzujące czynność odkrywczą, która — nawiasem mówiąc — ma wiele wspólnego z twórczą czynnością artysty.

Niełatwe zadanie chemia miała do rozwiązania w końcu 18-go stulecia. Należało rozczłonkować zjawisko chemiczne, należało rozdzielić je na takie części składowe, któreby można było oddzielnie mierzyć. Pod wpływem ówczesnego rozkwitu mechaniki znaleziono w *masie* składnik, odpowiadający temu warunkowi. Mierzono więc masy i ciężary pierwiastków chemicznych, mierzono ciężary ich połączeń, porównywano jedne z drugiemi oraz sumę pierwszych z ciężarem otrzymywanych połączeń. Stąd wynikło nietylko poznanie prawa zachowania masy, ale także poznanie niektórych innych praw zasadniczych, określających wzajemny stosunek dwu łączących się ze sobą pierwiastków lub związków. Te prawa, niemniej doniosłe w nauce niż prawo zachowania masy, poznamy niebawem dokładniej.

Przeszło pół wieku minęło, zanim nauka uczyniła dalszy krok na drodze rozczłonkowania zjawisk chemicznych. Drugi ważny składnik zjawisk chemicznych, podlegający mierzeniu narówni z masą, poznano w *energii*. Ta energia chemiczna mieszka w każdym pierwiastku chemicznym i w każdym połączeniu. Podczas zjawisk chemicznych, jako to podczas łączenia

się dwu ciał ze sobą, albo podczas samowolnego rozkładu związków nietrwałych na części składowe, lub wreszcie podczas podwójnej wymiany pomiędzy dwoma ciałami — energia ta przejawia się zwykle w postaci ciepła i może być ściśle obliczona na zasadzie podniesienia (rzadziej obniżenia) temperatury otoczenia. Otóż pomiary tej energii dowiodły, że ulega ona — podobnie jak masa — zasadzie niezmienności.

I znów minęło prawie $^1/_2$ stulecia, zanim zwrócono uwagę na nową część składową zjawisk chemicznych, zanim tę nową stronę zjawisk poddano badaniom. Polegały one na mierzeniu *czasu* trwania reakcyj chemicznych. W jednej z naszych ostatnich pogadanek będziemy mieli sposobność poznać dokładniej znaczenie tego czynnika. Dziś zaś niechaj starczy nam uwaga, że i w tym przypadku dokładne ilościowe doświadczenia pozwoliły wykryć nowe i doniosłe prawa przyrody, które znów rzuciły nowe światło na charakter zjawisk chemicznych w ogólności.

Ważnem dla nas jest stwierdzenie faktu, że każde badanie naukowe polega przedewszystkiem na rozczłonkowaniu zjawisk badanych na ich części składowe, czyli poszczególne czynniki, których wspólne działanie sprowadza przejawienie się całego zjawiska. Te czynniki pojedyńcze ulegają mierzeniu zapomocą odpowiednich przyrządów. Zmieniając zaś dowolnie wielkość każdego z tych czynników zosobna, badamy wpływ jego na całość zjawiska.

W ten sposób częstokroć daje się stwierdzić ścisła zależność pomiędzy poszczególnemi czynnikami. Ta zależność znajduje zwykle wyraz ścisły w równaniach algebraicznych.

Przykłady takich równań mieliśmy już niejednokrotnie.

— „Masa połączenia równa się sumie mas pierwiastków“—głosi prawo, odkryte przez Lavoisiera.

— „Ciepło jest w prostym stosunku do zużytej pracy—głosi zasada Joule'a i Mayera.

Stąd widocznem jest, że prawa przyrody nie są bynajmniej przykazaniami, narzuconemi przyrodzie z zewnątrz,—jak to mniemają niektórzy.

Przyroda praw nie zna. W nieskończonej rozmaitości czasu i przestrzeni, w nieustannym biegu zjawisk, nie mającym ani początku ani końca,—ona narzuca nam coraz nowe spostrzeżenia, niesłychanie długi szereg poszczególnych faktów i zdarzeń, które się nigdy nie powtarzają. W tej pstrej grze zjawisk przyrody badacz jej staje się bibliotekarzem, którego zadanie polega na porządkowaniu i katalogowaniu spostrzeżeń, dostępnych jego epoce.

On to wkłada w przyrodę swe prawa. Bo umysł ludzki nie potrafi ujmować wielkiej ilości poszczególnych faktów. Ta sama zasada, która rządzi w dziedzinie gospodarstwa społecznego, zasada, polegająca na wytwarzaniu jaknajwiększej ilości bogactw jaknajmniejszym nakładem pracy, — rządzi też w dziedzinie gospodarstwa nauk. Gdyż i wszelkie działy wiedzy dążą do tego, aby z jaknajmniejszym nakładem pracy umysłowej objąć jaknajwięcej zjawisk przyrody. Do tego właśnie służą prawa natury i taka jest ich *rola gospodarcza.*

Niestety, ilość znanych ścisłych praw przyrody nie zawsze wystarcza do ujęcia rzeczywistości. Nauki musiały przeto zawczasu zaopatrzyć się w jeszcze jeden środek pomocniczy. Nie jest on tak ścisły, jak

prawa przyrody—ale w każdym razie pozwala na przybliżone osiągnięcie tego samego celu. Ten środek pomocniczy nauki znalazły w *hypotezach.* Są to przypuszczenia niedowiedzione, i—zwykle nie dające wcale się dowieść;—są one tolerowane przez naukę w celu ułatwienia zbierania faktów i wyjaśniania wzajemnej zależności zjawisk. Jednę z takich hypotez poznać mamy dzisiaj. Jest ona najdonioślejszą ze wszystkich, jakie wytworzone zostały przez fizykę i chemię. Jest to *hypoteza atomistyczna.*

Zasadnicze zagadnienie, na którem się ta hypoteza opiera, możemy wyrazić w następującem pytaniu:

— „Czy materya, stanowiąca najrozmaitsze ciała: drzewo, wodę, powietrze, kamienie i t. d.—czy materya tych ciał stanowi jednę ciągłą, nieprzerwaną masę, — czy też przeciwnie: zbudowana jest ona z pojedyńczych kawałków, rozdzielonych od siebie pustą przestrzenią?“

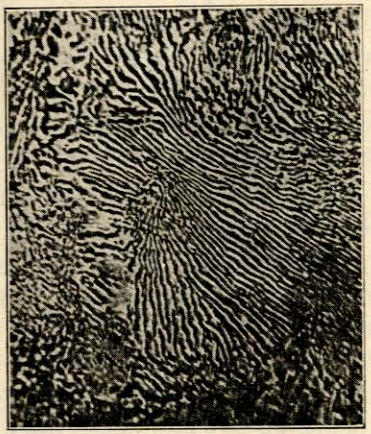
W niektórych przypadkach odpowiedź na to pytanie jest tak jasna, że — zdaje się — nie ulega żadnej wątpliwości. Zróbmy np. przecięcie drzewa i rozpatrzmy je pod mikroskopem. Obraz tego przedmiotu, powiększony kilkaset razy, przekona nas, że drzewo składa się z części, które wyraźnie możemy odróżnić. Odróżniamy więc w przecięciu tem pojedyńcze wiązki naczyń, z których zbudowany jest pień każdego drzewa.

Rozpatrując pod mikroskopem kawałek odszlifowanego kamienia, widzimy również pojedyńcze kawałki, spojone ze sobą szklistą masą.

Ten sam obraz przedstawiają metale. Przecięcie przez kawał stali odlewnej, dokładnie odszlifowanej i poddanej uprzednio działaniu pewnych odczynników, pozwala nam odróżnić pod mikroskopem pojedyńcze

kryształki, z których składa się każdy odlew żelazny, wydający się—na pozór—jednolitym.

Wszystkie te ciała, podobne do skupienia ziarn piasku, nazywamy *niejednolitemi*, ponieważ składają się z pojedyńczych oddzielnych kawałków, widocznych gołem okiem, albo z pomocą mikroskopu.



Rys. 51. Przecięcie stali.

Ale oprócz tego rodzaju ciał, przyroda obfituje w inne, w których nie potrafimy odróżnić pojedyńczych części składowych. W kropli wody, zupełnie klarownej i wolnej od pyłu i od bakteryi, nie odróżniamy pojedyńczych cząstek nawet pod największem powiększeniem, jakie możemy osiągnąć. Podobnież nie potrafimy poznać w czystym krysztale soli kamiennej pojedyńczych cegiełek, z których kryształ ten ma być zbudowany. Tego rodzaju ciała zwiemy *jednolitemi*.

Już samo istnienie ciał jednolitych zdaje się wystarczać, aby na pytanie, tutaj przezemnie uczynione,

dać decydującą odpowiedź, aby osądzić, że pewne rodzaje materyi, a mianowicie wszystkie ciała jednolite, przedstawiają ciągłą masę, w której niema pojedyńczych luk albo przerw.

A jednak nauka o przyrodzie była zniewolona na pierwszym stopniu swego rozwoju, który poznaliśmy w układach filozoficznych starożytnych Greków, —do przyjęcia odmiennego mniemania o budowie materyi. Filozof grecki *Demokryt* (470—360 r. przed Chr.), zwany śmiejącym się filozofem, pierwszy wygłosił przypuszczenie, że wszystkie ciała—zarówno jednolite, jak niejednolite—zbudowane są z pojedyńczych kawałeczków, pomiędzy któremi znajdują się luki. Te kawałeczki są jednakże tak maleńkie, że nie możemy a zapewne i nie będziemy nigdy mogli widzieć ich i poddać badaniu.

Te drobniutkie — choć wcale nie nieskończenie małe—cząsteczki, stanowiące niejako cegiełki, z których zbudowana ma być materya, Demokryt nazwał „*atomami*“; dlatego to hypoteza, oparta na istnieniu tych cząsteczek i zajmująca się rozumowaniem o ich własnościach, zwie się „*hypotezą atomistyczną*“.

Słowo atom pochodzi od greckiego wyrazu ἄτομος, który oznacza „niepodzielny“. W istocie w podręcznikach fizyki i chemii można dość często napotkać twierdzenie, że „atomy są to ostatnie, *niepodzielne* części składowe materyi“. Ale twierdzenie to, a raczej przypuszczenie niepodzielności atomów, nie jest ani niezbędnem, ani istotnem. Albowiem *w myśli* możemy dzielić każde ciało, chociażby jaknajmniejsze, tak daleko, jak nam się tylko podoba. Co zaś dotycze *praktycznego wykonania* tej operacyi, to granica podzielności zależy oczywiście od chwilowego stanu rozwoju

techniki. Ponieważ zaś rozwój techniki posuwa ją nieustannie naprzód, więc niepodobna przewidzieć granicy w tym względzie i uznać problematu podzielności atomów z góry za nierozwiązalny.

Dość, że niema bynajmniej względów, któreby nas mogły zmusić do uznania atomów za niepodzielne. A zjawiska elektryczne w fizyce i znane zjawiska radyoaktywności w chemii — z któremi zapoznamy się w ostatnim wykładzie — czynią prawdopodobnem istnienie cząstek znacznie drobniejszych od atomów. Są to elektrony, których masa jest około 1000 razy mniejszą od masy najmniejszego ze znanych atomów.

Istotna cecha atomów polega więc nie na ich niepodzielności, lecz na ich indywidualnem istnieniu. Decydującem w tym względzie jest przypuszczenie, że wszelka materya zbudowana jest z pojedyńczych cząstek.

Lecz tutaj nasuwa się odrazu pytanie: jaką korzyść stanowić może podobne przypuszczenie, którego ani obecnie ani w blizkiej przyszłości nie można dowieść doświadczalnie,—przypuszczenie, które przenosi nas odrazu z realnej dziedziny faktów, w jakiej się dotąd obracaliśmy, do państwa fantazyi i mitu.

Korzyść tę niebawem poznamy. Przekonamy się, że przypuszczenie istnienia atomów daje nam do rąk model, zapomocą którego potrafimy—w umyśle—odtwarzać zjawiska przyrodzone.

Zwróćmy się ku przykładom konkretnym.

Wszystkim zapewne wiadomo, że większość ciał rozszerza się pod wpływem ogrzewania, a naodwrót kurczy się pod wpływem oziębiania albo ściskania. Gdybyśmy uznali za prawdę, że ciała te składają się z masy ciągłej, to skłonni bylibyśmy do wywnioskowania ztąd, że objętość ciał winna być niezmienną, jak ich masa. Zjawiska rozszerzania i kurczenia się, t. j. zmiany objętości, zajmowanej przez materyę, byłyby dla nas wówczas trudne do zrozumienia, a jeszcze trudniejsze do uzmysłowienia. W innem świetle przedstawią nam się te zjawiska, skoro przypuścimy, że materya zbudowana jest z atomów. Objętość atomów może być niezmienna, jak ich masa. Lecz luki, istniejące pomiędzy atomami, owe puste przestrzenie, dzielące jeden atom od drugiego,—mogą zmieniać objętość zależnie od ciśnienia albo od temperatury. To nietrudno sobie wyobrazić.

Albo inny przykład. Wiadomo powszechnie, że cukier rozpuszcza się w wodzie. Niejeden z nas zapewne rozmyślał już czasem nad tem dziwnem zjawiskiem, pijąc ranną herbatę podczas śniadania. Cukier znika. Co się z nim dzieje? Zatrzymując się przy obrazie hypotezy atomistycznej, możemy łatwo znaleźć odpowiedź i na to pytanie. Cząstki cukru umieszczają się pomiędzy cząstkami wody, które z wrodzoną grzecznością rozsuwają się nieco, podobnie, jak się rozsuwają słuchacze na ławce, w chwili wejścia nadobnej słuchaczki, chcąc uczynić jej miejsce.

W podobny sposób hypoteza atomistyczna maluje nam też obraz połączenia chemicznego. Woda stanowi związek wodoru z tlenem. Jak możemy uzmysłowić sobie proces łączenia się ze sobą tych dwu pierwiastków? W świetle atomów—zupełnie łatwo. Oto atom tlenu chwyta jeden czy więcej atomów wodoru, powstają w ten sposób grupy atomów, podobne do figur kontredansowych. Te skupienia pojedyńczych atomów stanowią pierwotne cegiełki, z których zbudowana jest materya wody.

A więc przekonaliśmy się z tych kilku przykładów, że przypuszczenie istnienia atomów, jakkolwiek nie daje się stwierdzić doświadczalnie, pozwala nam jednak wyciągnąć wnioski, które zgadzają się dość dobrze z rzeczywistością; przypuszczenie to stanowi więc niezgorszy środek pomocniczy do *wyobrażania* sobie tej rzeczywistości.

Co więcej, doszliśmy do wniosku, że pojedyńcze atomy mogą się łączyć ze sobą, tworząc skupienia. Skupienia takie, złożone z dwu, trzech, czterech albo większej ilości atomów, nazywamy *„cząsteczkami"*.

Niektórzy autorowie podręczników określają fizykę, jako naukę o cząsteczkach w odróżnieniu od chemii, jako nauki o atomach. W istocie trudno wymyślić mniej udatne określenie. Fizyka i chemia są to nauki doświadczalne. Zajmują się one rzeczywistością, temi rzeczami i zjawiskami, które dostępne są obserwacyi zmysłowej. Ale atomy i cząsteczki nie są rzeczywistemi przedmiotami, lecz owocami naszej imaginacyi, dziećmi naszej fantazyi. Określać fizykę jako naukę o cząsteczkach, albo chemię jako naukę o atomach, — to znaczy sprowadzać te nauki z wysokiego piedestału rzeczywistości do sfery fantazyi,— znaczy zapominać o istotnem znaczeniu nauki. Atomy i cząsteczki są tylko środkami, wytworzonemi jedynie gwoli łatwiejszego odtwarzania przyrody w umyśle— nigdy celem nauki. Zadanie nauki polega i polegać będzie na badaniu przyrody rzeczywistej, na spostrzeganiu faktów i odkrywaniu rzeczywistego związku pomiędzy poszczególnemi faktami.

Przed chwilą poznaliśmy dwie zasady, na których opiera się cała hypoteza atomów.

— „Materya składa się z oddzielnych cząstek. Są to atomy".

— „Atomy tworzą skupienia, zwane cząsteczkami".

Z tych dwu przypuszczeń wyciągnęliśmy poprzednio niektóre wnioski. Sprawdzając je z doświadczeniem, stwierdziliśmy zupełną ich zgodność z rzeczywistością. Obecnie postaramy się wyciągnąć z hypotezy atomistycznej dalsze wnioski i porównać je z prawami, odkrytemi na drodze doświadczalnej.

Takiemi prawami są trzy „zasadnicze prawa stechiometryi", odkryte jeszcze na schyłku XVIII-go stulecia, wkrótce po dokonaniu znakomitego odkrycia prawa zachowania masy przez nieśmiertelnego Lavoisiera. Odkrywcami ich byli:

Jeremiasz Beniamin Richter (1762—1807), chemik w fabryce porcelany w Berlinie i Francuz *Józef Ludwik Proust* (1755—1826), początkowo zarządzający apteką w Paryżu, a w następstwie profesor w kilku uniwersytetach hiszpańskich.

Postaramy się tu przedewszystkiem poznać treść faktyczną tych trzech praw stechiometrycznych, zanim zajmiemy się rozpatrzeniem ich związku z hypotezą atomów.

Prawo pierwsze głosi: *„jeżeli 2 ciała łączą się ze sobą, to czynią one to zawsze w określonym stosunku wagowym"*.

Wodór łączy się z tlenem. Rezultatem tego połączenia jest woda. Otóż wodór z tlenem łączy się zawsze tak, że na jednę część wodoru wypada osiem części tlenu. Jeżeli użyjemy *więcej* tlenu, to nadmiar tego

gazu pozostanie po skończeniu spalania w niezmienionym stanie. Skoro zaś weźmiemy *mniej* niż osiem części tlenu, to po spaleniu pozostanie reszta wodoru.

To samo dotycze innych pierwiastków i połączeń. Stosunek pierwiastków w pewnym związku jest zawsze jeden i ten sam. Np. stosunek wodoru do tlenu w wodzie zawsze wynosi, jak tylko co wspomniałem, 1 : 8; stosunek wodoru do chloru w kwasie solnym jest zawsze = 1 : 35,5; stosunek wodoru do azotu w amoniaku = 1 : 4,66 i t. d.—bez względu na sposób otrzymania wody, kwasu solnego i amoniaku.

Daleko trudniejsze jest drugie prawo: w swej ogólnikowej, *matematycznej* postaci głosi ono co następuje:

„Dwa pierwiastki A i B łączą się pojedyńczo z trzecim pierwiastkiem C, tworząc związki (A + C) i (B + C). W związku (A + C) przypada *m* części wagowych pierwiastku A na jednę część C, a w związku (B + C)—*n* części pierwiastku B na jednę część C. Wówczas mamy prawo twierdzić, że w związkach tych samych dwu pierwiastków A i B z jakimkolwiek innym pierwiastkiem X liczby, wyrażające stosunki wagowe A do X i B do X, muszą się mieć do siebie, jak *m* : *n*“.

W tej ogólnej postaci niełatwo zdać sobie dokładną sprawę z treści owego prawa. Przykład konkretny przyczyni się nieco do jego wyjaśnienia.

Chlor, *brom* i *jod* są to trzy pierwiastki, pokrewne sobie. Tworzą one zasadnicze składniki wielu soli, a między innemi i zwykłej soli kuchennej. Ze względu na swe pokrewieństwo zaliczane są przeto do wspólnej rodziny „chlorowców“. Otóż te trzy chlorowce łączą się z *wodorem* i tworzą przytem trzy nader ważne kwasy:

kwas chlorowodorowy, kwas bromowodorowy i kwas jodowodorowy.

W tych trzech kwasach przypada:

a) w kwasie chlorowodorowym na 1 cz. wodoru 35,45 cz. chloru;

b) w kwasie bromowodorowym na 1 cz. wodoru 79,96 cz. bromu;

c) w kwasie jodowodorowym na 1 cz. wodoru 126,85 cz. jodu.

Te same trzy pierwiastki łączą się chętnie z metalami, w szczególności zaś z *potasem* i z *sodem*, tworząc odpowiednie sole. Stosunek chlorowców do metalu w tych solach jest, jak wykazały nader dokładne rozbiory chemiczne, następujący:

a_1) w chlorku potasu na 1 cz. potasu 0,9055 cz. chloru,
b_1) w bromku „ „ „ „ 2,042 „ bromu,
c_1) w jodku „ „ „ „ 3,240 „ jodu.

A w solach sodowych:

a_2) w chlorku sodu na 1 cz. sodu 1,538 cz. chloru,
b_2) w bromku „ „ „ „ 3,469 „ bromu,
c_2) w jodku „ „ „ „ 5,503 „ jodu.

Jak widzimy, wagi łączenia chlorowców z metalami tworzą dość pstry szereg liczb. Ale prosty rachunek przekonywa nas, że stosunek wag łączenia trzech chlorowców jest we wszystkich trzech wypadkach jednakowy, że więc:

0,9055 : 2,042 : 3,240 = 35,45 : 79,96 : 126,85

i również stosunek liczb ostatniego szeregu:

1,538 : 3,469 : 5,503 = 35,45 : 79,96 : 126,85.

W istocie, jeżeli podzielimy liczby drugiego szeregu przez 39,15, a liczby trzeciego szeregu przez 23,05, to otrzymamy te same wagi łączenia chlorowców, co w związkach wodorowych.

a_1') w chlorku potasu na 39,15 cz. potasu 35,45 cz. chloru,
b_1') w bromku „ „ „ „ 79,96 „ bromu,
c_1') w jodku „ „ „ „ 126,85 „ jodu.

Podobnież w związkach sodowych:

a_2') w chlorku sodu na 23,05 cz. sodu 35,45 cz. chloru,
b_2') w bromku „ „ „ „ 79,96 „ bromu,
c_2') w jodku „ „ „ „ 126,85 „ jodu.

Jeżeli więc stosunek wagowy chlorowców do potasu zamiast do jedności sprowadzimy do 39,15 części wagowych tego pierwiastku, a stosunek chlorowców do sodu sprowadzimy do 23,05 części wagowych sodu, to otrzymamy zawsze te same liczby, któreśmy otrzymali w ich połączeniach wodorowych: 35,45 cz. chloru, 79,96 cz. bromu i 126,85 cz. jodu.

W ten sposób potrafimy dla wszystkich pierwiastków oznaczyć pewne stałe liczby, zwane wagami łączenia albo równoważnikami.

Zwróćmy się wreszcie do trzeciego prawa zasadniczego. Na pierwszy rzut oka zdaje się, że prawo to znajduje się w zupełnej sprzeczności z poprzedniemi dwoma prawami. Ale w tym przypadku okazało się, że wyjątki potwierdzają regułę. Badania uczonych dowiodły bowiem, że niektóre pierwiastki łączą się z sobą nietylko w jednym stosunku, ale często w dwu, trzech lub nawet więcej określonych stosunkach. Chemik angielski Dalton, o którym zaraz obszerniej pomówimy, dowiódł np., że tlen i azot tworzą aż pięć różnorodnych związków o rozmaitym składzie, a mianowicie: podtlenek azotu, tlenek azotu, bezwodnik azotawy, nadtlenek azotu i bezwodnik azotowy. Skład tych związków jest następujący:

a) w podtlenku azotu na 1 cz. azotu 0,571 cz. tlenu,
b) w tlenku „ „ „ „ 1,143 „ „ ,

Międzynarodowe ciężary atomowe z 1908 roku.

(tlen = 16,00) (wodór = 1,008).

podł. Chemika Polskiego t. 8, str. 38 (1908).

Antymon	Sb	120,2	Neodym	Nd	143,6
Argon	Ar	39,9	Neon	Ne	20,0
Arsen	As	75,0	Nikiel	Ni	58,7
Azot	N	14,01	Niob	Nb	94,0
Bar	Ba	137,4	Ołów	Pb	206,9
Beryl	Be	9,1	Osm	Os	191,0
Bizmut	Bi	208,0	Pallad	Pd	106,5
Bor	B	11,0	Platyna	Pt	194,8
Brom	Br	79,96	Potas	K	39,15
Cer	C	140,25	Prazeodym	Pr	140,5
Cez	Cs	132,9	Rad	Ra	225,0
Chlor	Cl	35,45	Rod	Rh	103,0
Chrom	Cr	52,1	Rtęć	Hg	200,0
Cyna	Sn	119,0	Rubid	Rb	85,5
Cynk	Zn	65,4	Ruten	Ru	101,7
Cyrkon	Zr	90,6	Samar	Sm	150.3
Dysproz	Dy	162,5	Selen	Se	79,2
Erb	Er	166,0	Siarka	S	32,06
Europ	Eu	152,0	Skand	Sc	44,1
Fosfór	P	31,0	Sód	Na	23,05
Fluor	F	19,0	Srebro	Ag	107,93
Gadolin	Gd	156,0	Stront	Sr	87,6
Gal	Ga	70,0	Tal	Tl	204,1
German	Ge	72,5	Tantal	Ta	181,0
Glin	Al	27,1	Tellur	Te	127,6
Hel	He	4,0	Terb	Tb	159,0
Ind	In	115,0	Tlen	O	16,00
Iryd	Ir	193,0	Tor	Th	232,5
Jod	J	126,97	Tul	Tu	171,0
Kadm	Cd	112,4	Tytan	Ti	48,1
Kobalt	Co	59,0	Uran	U	238,5
Krypton	Cr	81,8	Wanad	V	51,2
Krzem	Si	28,4	Wapń	Ca	40,1
Ksenon	X	128,0	Węgiel	C	12,00
Lantan	La	138,9	Wodór	H	1,008
Lit	Li	7,03	Wolfram	W	184,0
Magnez	Mg	24,36	Yterb	Yb	173,0
Mangan	Mn	55,0	Ytr	Y	89,0
Miedź	Cu	63,6	Złoto	Au	197,2
Molibden	Mo	96,0	Żelazo	Fe	55,9

c) w bezwodniku azotawym na 1 cz. azotu 1,714 cz. tlenu,
d) w nadtlenku azotu „ „ „ 2,286 „ „ ,
e) w bezwodniku azotowym „ „ „ 2,857 „ „ .

Istnienie tych różnorodnych związków azotu i tlenu zdaje się przeczyć pierwszemu prawu, a mianowicie „prawu stałości stosunków". W istocie jednak tak nie jest. Należy tylko prawo to nieco rozszerzyć. Dwa pierwiastki mogą się łączyć z sobą w kilku stosunkach. *Ale stosunki te muszą być ściśle określone*, jak w związkach azotu z tlenem.

Dalej związki te ilustrują nam bardzo znamienną prawidłowość. Oto stosunek wag tlenu w owych pięciu związkach jest to stosunek liczb prostych:

0,571 : 1,143 : 1,714 : 2,286 : 2,857 = 1 : 2 : 3 : 4 : 5.

I ten wynik posiada ogólne znaczenie.

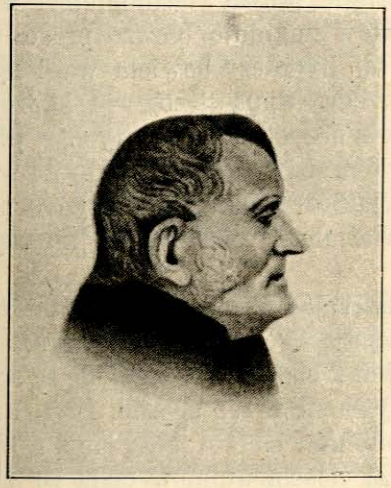
„Ilekroć ciało A łączy się z ciałem B w kilku określonych stosunkach, zawsze wagi ciała A, przypadające na jednakową ilość ciała B, znajdują się w stosunku prostych całych liczb".

W danym przypadku stosunek ten jest nader prosty: 1 : 2 : 3 : 4 : 5.

To trzecie prawo odkryte zostało w całej pełni zaledwie w roku 1808 przez Daltona. Nosi ono nazwę „prawa Daltona", albo—ściślej—„prawa wielokrotności stosunków".

Jan (John) Dalton (1766–1844) był synem ubogiego tkacza angielskiego. Urodzony i wychowany w nader mizernych warunkach, musiał od trzynastego roku zarabiać lekcyami na utrzymanie. Później został profesorem w uniwersytecie („college") manczesterskim. Wspominałem już o tem niedawno, że tutaj obaj bracia Joule'owie pod jego kierunkiem stawiali pierwsze kroki na polu naukowem.

Dalton był pierwszym, który znów zwrócił uwagę na stare wyobrażenia atomów i postarał się je zastosować do wyjaśnienia zjawisk i praw chemicznych. Nie trudno mu było przekonać się, że z pomocą hypotezy atomów można stworzyć jasny i nader poglądowy obraz, ułatwiający zrozumienie tych praw, które w swej ścisłej matematycznej postaci—jak to dopiero co widzieliśmy—są dosyć trudne do ujęcia.



Rys. 52. Jan Dalton.

Jeżeli przypuścimy, jak to czyni hypoteza atomów, że połączenie chemiczne dwu ciał polega na łączeniu się pojedyńczych atomów jednego z nich z atomami drugiego, to jasnem się staje, że łączenie to *musi* odbywać się w stałym stosunku, a mianowicie w stosunku *wag atomowych*.

Jeżeli więc jeden atom ciała A łączy się z jednym tylko atomem ciała B, to stosunek ich „wag łącze-

nia“ musi być ten sam, co stosunek wagi atomu A i atomu B.

Jeżeli zaś dwa atomy A łączą się z jednym atomem B, to stosunek wag obudwu musi być oczywiście podwójny; jeżeli trzy atomy A z jednym atomem B—potrójny—i t. d. W ten sposób jasną staje się treść zarówno prawa stałości stosunków, jak i prawa wielokrotności stosunków.

Ale i drugie prawo stechiometryi w świetle hypotezy atomów znajduje bardzo proste wyjaśnienie. W świetle tej hypotezy bowiem wagi łączenia pierwiastków przedstawiają liczby wprost proporcyonalne do wag pojedyńczych atomów tychże pierwiastków. Nic więc w tem dziwnego, że liczby te we wszelkich warunkach, jakiekolwiek kombinacye rozmaitych pierwiastków weźmiemy pod uwagę, muszą być zawsze jednakie.

Przypuszczając więc istnienie atomów, dochodzimy do następującego ogólnego wyniku:

— „Jeżeli 2 ciała A i B łączą się ze sobą, to łączenie ich odbywa się w ten sposób, że 1, albo 2, albo 3 lub więcej atomów ciała A łączy się z 1, albo 2, albo 3 albo większą ilością atomów ciała B. Dlatego wagi łączenia obu ciał znajdować się muszą w tym samym stosunku, w jakim pozostają do siebie wagi ich atomów, albo ich proste wielokrotności.“

Oto przyczyna, dla której chemicy wagi łączenia pierwiastków, których tablica zamieszczona jest na str. 187, nazywają *„wagami atomowemi“*. Oczywistem jest, że istotne wagi atomów muszą być tak małe, że ich bezpośrednio wogóle niepodobna byłoby oznaczyć. Wagi łączenia, na zasadzie których obliczamy t. zw. wagi atomowe, wskazują nam tylko liczby *stosunkowe*,

stosunkowe wagi atomów, obliczone w stosunku do jednego pierwiastku, którego wagę atomową dowolnie przyjmujemy za jednostkę. Za taki pierwiastek porównawczy możemy wybrać wodór, którego waga atomowa będzie się wówczas równać 1, albo lepiej tlen, którego wagę atomową przyjęto dziś ogólnie za 16.

Nazwa: „wagi atomowe“ jest więc niezupełnie odpowiednia choćby już z tego względu, że naprowadza mimowoli na podejrzenie, że liczby wag atomowych oznaczają pewne hypotetyczne, fantastyczne wielkości, nie nadające się do oznaczeń doświadczalnych. Tak jednakże nie jest. Liczby te nie pozostają w zależności od samej hypotezy atomów. Hypoteza ta może upaść, jak tyle innych hypotez w nauce,—ale wagi atomowe zarówno jak wszelkie obrachunki, jakie kiedykolwiek czyniono z temi liczbami, — nigdy nie dadzą się obalić.

Nasuwa się tu jednakże pytanie, czy nie można jakąkolwiek pośrednią drogą wyrobić sobie choć przybliżonego pojęcia o istotnej czyli *absolutnej wielkości atomów* i cząsteczek? Czy wyobrażenia atomów, jakie wytworzyła nauka w ciągu wieków, pozwalają nam żywić choć słabą nadzieję, że uda nam się kiedykolwiek przekonać naocznie o istnieniu tych maleńkich, a jednak tak ważnych ciałek?

W najnowszych czasach odkryto kilka dróg, prowadzących do tego celu, i jakkolwiek absolutnie pewnego wyniku nie osiągnięto — i osiągnąć nie można było ze względu na hypotetyczny charakter samego zagadnienia, — to jednak znamiennem jest to, że wszystkie te drogi, jakkolwiek różne i wychodzące z różnych punktów,—doprowadziły do prawie jednakowych wniosków co do przypuszczalnej absolutnej wielkości atomów.

Że wielkość ta musi być nader mała, za tem przemawiają liczne spostrzeżenia z życia.

Zapomocą młotka można niektóre metale wyklepać w blaszki niezmiernie cieniutkie. Mam tu np. blaszkę złota, nalepioną na szkło. Blaszka ta jest tak cienka, że wydaje się przezroczystą, chociaż nie jest bynajmniej uszkodzona. Można zważyć taką blaszkę i na zasadzie znanego ciężaru właściwego złota obliczyć objętość blaszki, jako stosunek wagi blaszki do ciężaru właściwego. Można dalej zmierzyć jej powierzchnię i dzieląc objętość przez powierzchnię, obliczyć *grubość* blaszki. Podobny rachunek dowodzi, że grubość takiej złotej blaszki wynosi 0,000066 milimetra! Tysiąc takich blaszek, złożonych jedna na drugiej, nie starczy na osiągnięcie grubości kartki papieru.

Lecz oto słynny Faraday potrafił otrzymać jeszcze cieńsze warstwy złota przez rozkład elektrolityczny roztworu soli złota. Grubość tych warstw wynosiła zaledwie 0,000001 milimetra.

Jeszcze cieńsze warstwy oleju otrzymał Röntgen, ten sam uczony, któremu zawdzięczamy odkrycie promieni X. Olej rozpościera się na powierzchni wody, tworząc cieniuchną warstewkę o 0,0000005 milimetra grubości. Granica średnicy cząsteczki musi więc być mniejszą jeszcze od wielkości powyższej.

Jak nieznaczną zaś musi być masa pojedyńczej cząsteczki, tego dowodzi najlepiej rozchodzenie się zapachów w powietrzu. Jedno ziarnko piżma, którego ciężar stanowi zaledwie kilka miligramów, nasyca swą wonią powietrze całego pokoju w przeciągu kilku lat. W nieznacznej ilości powietrza, która działa chwilowo na błonę naszego nosa, musi się przeto znajdować conajmniej jedna cząsteczka tej substancyi.

Mniej czułem od powonienia jest w tym względzie oko.

Ta flaszeczka zawiera barwnik, zwany fluoresceiną. Biorę szczyptę tego barwnika i rozpuszczam w ługu sodowym. Otrzymuje się roztwór brunatny, który — po rozcieńczeniu wodą — otrzymuje w odbitem świetle piękny połysk zielony. Podobne zjawisko świetlne zwie się fluorescencyą, i tej właściwości zawdzięcza swą nazwę nasz barwnik. Otóż widzimy, że jedna kropla tego roztworu zabarwia cały litr wody na zielono. Stwierdzono, że zabarwienie fluoresceiny występuje jeszcze w widoczny sposób w roztworach, zawierających zaledwie jeden gram barwnika w stu milionach centymetrów sześciennych wody!

Aby się przekonać, że można bezpośrednio stwierdzić nawet minimalne ilości niektórych substancyj, użyjemy do następnego doświadczenia czerwonego barwnika, zwanego fuksyną. Odważoną ilość fuksyny, a mianowicie $^1/_{10}$ grama, rozpuszczam w 50 centymetrach sześciennych spirytusu. Teraz wybiorę zapomocą małej pipetki jeden centymetr sześcienny otrzymanego przed chwilą roztworu i rozcieńczę go 20-ma centymetrami sześciennemi wody. Otrzymany roztwór zawiera więc, jak łatwo obliczyć, $^1/_{500}$ *gr.* fuksyny w 20 częściach roztworu, czyli $^1/_{10000}$ grama fuksyny w jednym centymetrze sześciennym. Kroplę tego rozcieńczonego roztworu puszczam na małą blaszkę mosiężną, w której wywiercono dwa maleńkie otwory. Blaszka ta posiada 1 milimetr grubości, przecięcie zaś otworu wynosi jeden milimetr kwadratowy. Otóż kroplę zabarwionego roztworu wpuściłem do jednego otworu, poczem zakrywam go z obu stron cieniutkiemi szkieł-

kami pokrywkowemi, używanemi powszechnie do przykrywania preparatów mikroskopowych. Drugi otwór pozostaje pusty dla kontrastu. Wstawiam blaszkę do latarni rzutowej, i wszyscy zauważyć mogą na ekranie, że malutka kropelka roztworu fuksyny posiada wyraźne zabarwienie; wystąpi ono jeszcze wyraźniej, jeżeli się je porówna z pustym otworem, umieszczonym obok pierwszego w tejże blaszce.

Obliczmy, ile fuksyny zawiera słupek cieczy, napełniający otwór blaszki. Ponieważ grubość blaszki wynosi 1 milimetr, a powierzchnia otworu 1 milimetr kwadratowy, przeto objętość słupka cieczy wynosić musi 1 milimetr sześcienny. Że zaś 1 centymetr sześcienny roztworu zawiera $^1/_{10000}$ część grama fuksyny, więc ilość fuksyny w otworze blaszki, wystarczająca w zupełności do sprawienia wrażenia barwy, wynosi zaledwie $^1/_{10\,000\,000}$ część grama!

To są oczywiście górne granice objętości i masy cząsteczek. Ale pewne teoretyczne rozumowania o własnościach atomów, których rozbiór jednak zadalekoby nas zaprowadził, pozwoliły również z pewną dozą prawdopodobieństwa ocenić wymiary cząsteczek, i ocena ta doprowadziła do liczb podobnych do tych, które przytoczyłem powyżej. Obliczono teoretycznie, że średnica cząsteczek niewiele różni się od 0,0000002 milimetra.

Dość jednak zwrócić uwagę na fakt, że najlepsze mikroskopy pozwalają zaledwie odróżniać przedmioty o $^1/_{10000}$ milimetra średnicy, aby się przekonać, że obecnie niema najmniejszej nadziei na rychłe oglądanie atomów pod mikroskopem.

Panowie i Panie. Nasze rachunki z przeszłością są skończone. W ogólnych, grubych zarysach starałem się—wobec krótkości czasu, jakim rozporządzać mam prawo—naszkicować tu najbardziej wybitne linie kierunkowe rozwoju chemii. Wiele rzeczy ważnych wspomniałem tylko pobieżnie, o wielu zamilczałem zupełnie. Dokładne ich roztrząsanie musi być pozostawione systematycznym studyom z dziedziny chemii.

Pozostałe trzy godziny pragnę obrócić na narysowanie obrazu współczesnego stanu chemii, oraz na wymienienie zasług żyjących najwybitniejszych chemików. A więc postaram się w najbliższym wykładzie przedstawić tu najnowszy okres rozwoju chemii organicznej, sposoby sztucznego otrzymywania owych pięknych barwników, otrzymywania cukrów, a wreszcie i ciał białkowych, tajemniczych substancyj życia. Następnie zaś postaram się zdać sprawę z celów i zdobyczy chemii fizycznej, która tutaj została poczęta, tutaj w murach politechniki po raz pierwszy przez Ostwalda została odziana w szaty nauki specyalnej.

Dziesiątą zaś i ostatnią godzinę tych wykładów poświęcę chemii przyszłości: zbadaniu zjawisk radyoaktywności, niedawno odkrytej. Chociaż badania te dalekie są jeszcze od końca, niemniej to, co wiemy, upoważnia nas do prorokowania temu działowi zjawisk niezwykłej doniosłości. Korzystając z tego, że pracownia nasza posiada odrobinę tych skarbów, wykonam tu kilka doświadczeń w celu zaznajomienia szanownych słuchaczek i słuchaczy z własnościami tych przedziwnych ciał.

Źródła. *W. Nernst.* Theoretische Chemie. Sztutgart 1907. Rozdział o bezwzględnej wielkości cząsteczek.

Svante Arrhenius. Theorien der Chemie. Lipsk 1906.

Kurt Snyder. Das Weltbild der modernen Naturwissenschaften. Lipsk 1905, str. 66.

L. Bruner. Pojęcia i teorye chemii. Warszawa 1905.

M. Smoluchowski. Zarys najnowszych postępów fizyki Lwów 1897.

WYKŁAD ÓSMY.

Adolf Baeyer i Emil Fischer.

Treść: Rola hypotez. — Zarzut. — Wady hypotez. — Zalety. — Stan chemii organicznej po Liebigu i Wöhlerze. — Typy. — Metan. — Wartość. — Wytwory podstawienia.—Wiązania.—Pierścień benzolowy. — Niezmienność szkieletu węglowego. — Wzory budowy jako symbole. — Rozwiązanie zagadnienia izomeryi. — Kierunek badań organicznych. — Syntezy *Berthelota*. — Zdobycze praktyczne. — *Baeyer*. — Życiorys. — Zasługi na polu naukowego wykształcenia techników. — *Fischer*. — Notatki biograficzne. — Cukry. — Grupa kwasu moczowego. — Proteiny. — Widoki syntezy ciał białkowych.

Panie i Panowie.

Hypoteza atomów zapoznała nas z nowym sposobem naukowego myślenia, z zastosowaniem hypotez. Od praw przyrody i od ścisłych teoryj, na znajomości owych praw osnutych, hypotezy różnią się tem, że opierają się na przypuszczeniach, które nie dają się bezpośrednio stwierdzić, że zawierają wielkości, których nie potrafimy bezpośrednio wymierzyć.

Masa, waga, ciepło i praca — to były wielkości, które określić możemy bezpośrednio zapomocą odpo-

wiednich przyrządów. Natomiast własności atomów, ich szybkość, wymiary, masa — są to wielkości, nie nadające się do bezpośrednich pomiarów. Co najwyżej możemy sprawdzić później, o ile te albo inne liczby, warunkowo przyjęte, zgadzają się lub przeczą naszym własnym przypuszczeniom.

Jeśli przeto zwrócimy uwagę na chwiejne podstawy hypotez, jeżeli uznamy za niemożliwe zarówno ścisłe ich udowodnienie, jakoteż i bezpośrednie obalenie, to musimy wreszcie zapytać, czy nie przynoszą one nauce bodaj więcej szkody niż korzyści. Ale dość zwrócić się ku przeszłości, dość wspomnieć, jak doniosłą rolę hypotezy odgrywały po wsze czasy, jakie wybitne miejsce zajmują jeszcze po dziś dzień, aby rychło uspokoić się w tym względzie. Znana jest hypoteza cieczy elektrycznych, na której opierała się dawniej nauka o elektryczności, znana jest hypoteza o materyi cieplnej, mającej być podłożem zjawisk cieplnych. Czemże, jeżeli nie hypotezą była teorya flogistonu? A czy eter, który jeszcze niedawno był uważany za podstawę nauki o świetle, nie jest materyą najzupełniej hypotetyczną. Przypuszczenie, że ciepło stanowi pewien rodzaj ruchu cząsteczek, jest do dziś dnia, jak to widzieliśmy — panującem w nauce. Wreszcie hypoteza atomów uważana jest dotąd za fundament całej obszernej dziedziny wiedzy: chemii.

Skoro uprzytomnimy sobie to wszystko, to łatwo nam będzie uwierzyć, że szczegółowe opracowanie hypotez stanowiło zawsze najprzedniejsze zadanie nauki, że ono i w przyszłości za takie uważane być powinno.

W rzeczywistości mniemanie to było rozpowszechnione przez długi czas. Nietylko w chemii

i w fizyce, ale w naukach przyrodniczych w ogólności poświęcono nie mniej trudu na wypracowanie różnych hypotez, niźli na wykonanie ścisłych doświadczeń, na bezpośrednie badanie zjawisk przyrody.

Lecz nauka nie uznaje autorytetu poza samą przyrodą. To samo mniemanie, które wczoraj jeszcze mogło uchodzić za ogólnie przyjęte, może jutro uledz w walce z nowemi faktami. I oto w tym samym czasie, kiedy hypoteza atomistyczna święcić się zdawała największe tryumfy, odezwały się poważne głosy, skierowane nietylko przeciwko przecenianiu jej doniosłości, ale odmawiające wszystkim hypotezom w ogólności prawa istnienia, uznające hypotezy za szkodliwe.

Najenergiczniej wystąpił w szranki przeciwko panowaniu hypotez w naukach ścisłych *Wilhelm Ostwald*, znany reformator chemii fizycznej. Poglądy swe na rolę hypotez streścił on w wykładach filozofii przyrody i w temże dziele wskazał główne cechy, dzielące hypotezy od teoryj ścisłych. Są to *dowolność* i *niestałość hypotez*.

Ścisłe prawa przyrody bywają przeważnie zawarte w pewnych równaniach algebraicznych, w których skład wchodzą rozmaite wielkości, charakteryzujące zjawiska. Przykłady takich równań miewaliśmy tu niejednokrotnie i mieliśmy okazję przekonania się o tem, w jaki sposób możemy wszystkie te wielkości mierzyć. O ile otrzymane liczby są prawdziwe, o tyleż prawdziwemi być muszą i prawa, na nich oparte. W miarę rozwoju metod badania, w miarę wzrostu ilości materyału doświadczalnego i dokładności samych pomiarów — mogą bez wątpienia wystąpić na jaw pewne odstępstwa od praw ustanowionych.

W tym przypadku albo to samo prawo musi zostać w należyty sposób ograniczone, albo też musi być ustanowione nowe prawo.

Inaczej hypotezy. Hypoteza atomów, przedstawiająca w całości nader harmonijną budowę, opiera się bez wątpienia na fundamencie założeń dowolnych. Bez kwestyi: wnioski, wyciągnięte z tych założeń, zgadzają się znakomicie z doświadczeniem. Ależ to dowodzi tylko, że założenia zostały nader szczęśliwie dobrane, nie może jednak nigdy uchodzić za dowód prawdziwości samych założeń. W istocie, historya poucza, że skoro tylko odczuwać się dawała dysharmonia pomiędzy hypotezą a doświadczeniem, wnet starano się odmienić nieco pierwotne założenia. Często udawało się w ten sposób uratować hypotezę. Jednakże każda z nich prędzej albo później traciła prawo bytu w nauce.

Czy należy z tego względu wyrzec się zupełnie używania hypotez? Nie bądźmy bezwzględni. Gdybyśmy nawet uznali za słuszne wyrzeczenie jednego z wybitnych wrogów hypotez, „że jedna liczba jest więcej warta od całej biblioteki hypotez“, to jednak nie wolno nam zapomnieć tej roli, jaką one odegrały w historyi rozwoju wiedzy.

A rola ta była dwojaka. Przedewszystkiem mnemotechniczna. Ustanawiając związek logiczny poszczególnych faktów, a nawet często całych dziedzin wiedzy, uwalniają one pamięć od balastu wiadomości luźnych. Ale, co więcej, można z nich wyciągać *nowe* wnioski. Wnioski te starano się sprawdzać doświadczalnie, i chociaż wynik nie zawsze zgadzał się z oczekiwaniem, to jednakże w ten sposób hypotezy

były bodźcem do nowych doświadczeń, źródłem nowych odkryć.

Ten bodziec jest szczególnie cenny w tych okresach rozwoju wiedzy, kiedy ona zagłębia się w nowe, dotąd niezbadane dziedziny zjawisk, gdzie zupełny brak światła ścisłych praw i teoryj dotkliwie się daje we znaki. W tych ciemnych krainach hypoteza jest w rękach badacza cudowną lampką i badacze mają prawo cenić to światełko, choć migotliwe i niestałe.

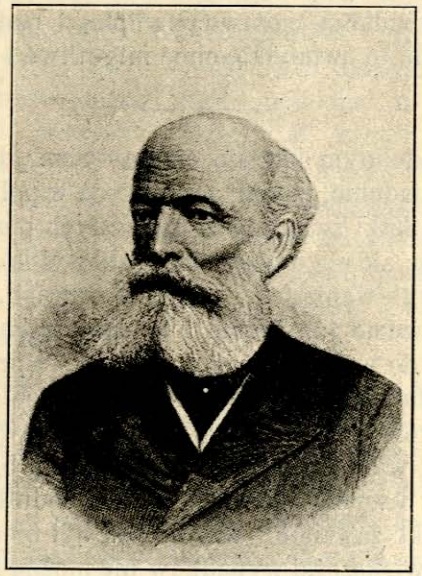
W podobnym okresie ciemnoty znajdowała się, jak nam wiadomo, chemia organiczna w połowie 19-go stulecia. Setki związków organicznych poznano i zanalizowano; ale nie umiano ich rozklasyfikować na zasadzie powstawania jednych ciał z drugich.

Wprawdzie już Liebig i Wöhler wskazali pierwszą drogę do podziału tych związków, wprowadzając pojęcie *rodnika*, jako niezmiennego skupienia pewnych pierwiastków, stanowiących części składowe związku. Ale droga, wybrana przez tych uczonych, była jeszcze dowolną, i o wybór tych albo innych rodników toczyły się walki zawzięte. Wybór ten był nieścisły, ponieważ w większości wypadków nie można było otrzymać rodników w stanie wolnym, ani też stwierdzić bezpośrednio ich własności. W wyborze rodników kierowano się zatem jedynie pewnem instynktowem poczuciem, albo tak zwanym „węchem chemicznym“. Ale był to oczywiście probierz nader subjektywny.

Jednakże w trakcie rozwoju chemii organicznej zdołała się uwydatnić wyraźna dążność do zmniejszenia ogólnej ilości rodników, do sprowadzenia wielu poszczególnych rodników do pewnych ogólnych *typów*.

W ten sposób udało się uszczuplić wreszcie obfity zasób rodników do stosunkowo nieznacznej ilości „typów“, a wreszcie i te zredukować do dwu tylko „prarodników“. Temi prarodnikami są metan i benzol.

Pierwszy z nich, zwany też gazem błotnym, tworzy się w bagnach i w kopalniach węgla; mieszaniny



Rys. 53. August Kekulé.

tego gazu z powietrzem odznaczają się niezwykłą wybuchowością i kosztują corocznie ludzkość setki istnień, pracy w kopalniach poświęconych.

Jak można z tego gazu, jako prawzoru wszystkich związków „tłuszczowych“, wyprowadzić te ostatnie, wskazał w r. 1858 *Kekulé*, profesor uniwersytetu w Bonnie.

Gaz błotny, czyli metan, składa się z dwu pierwiastków: z węgla i wodoru, a mianowicie zawiera:

na 1 część węgla 0,333 części wodoru.

Ponieważ zaś waga atomowa węgla, jak widać z załączonej tabelki (str. 187), przyjęta została za 12, przeto mamy w tym związku:

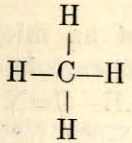
na 12 części węgla . . . . 4 części wodoru.

Że zaś wagę atomową wodoru (w przybliżeniu) przyjmujemy za jedność, przeto musimy przyznać, że w naszym węglowodorze na jeden atom węgla wypadają cztery atomy wodoru.

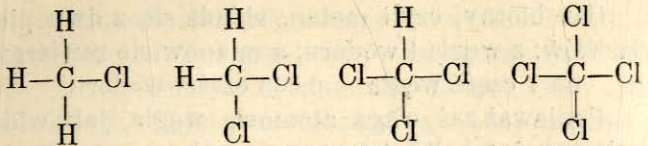
Posiłkując się symbolami chemicznemi, wyrażamy ten skład metanu zapomocą symbolu

$$CH_4.$$

W ten sposób konsekwentne zastosowanie atomistyki zniewala nas do przypisania węglowi zdolności łączenia się z czterema atomami wodoru. Stosując do wyrażenia tej zdolności pojęcie, wprowadzone przez *Franklanda* w roku 1853 i nazwane *wartościowością*, możemy określić węgiel, jako pierwiastek czterowartościowy. Cztery wartości węgla, wiążące cztery atomy wodoru, przedstawiamy obrazowo zapomocą czterech kresek, łączących symbol węgla z symbolami wodoru.

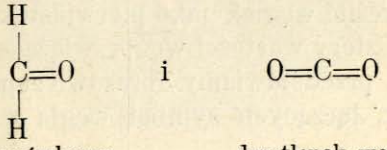


Dalej możemy w metanie zamienić wodór na inny pierwiastek, np. na chlor. Stosownie do ilości chloru, jaką wprowadzimy do metanu, otrzymamy wskutek podstawienia cztery związki, wyrażane zapomocą wzorów:



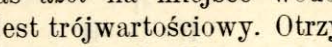
jednochlorometan dwuchlorometan trójchlorometan czterochlorometan.

Ze wszystkich tych połączeń najbardziej znane jest to, które zawiera trzy atomy chloru: trójchlorometan, w potocznej mowie zwany chloroformem. Podobnież możemy wodór zamienić na różne inne pierwiastki: na brom, lub jod, albo sód i potas. Otrzymane wytwory podstawienia nie będą się zasadniczo różniły od przytoczonych powyżej związków chlorowych. Różnica występuje na jaw dopiero podczas podstawienia tlenu na miejsce wodoru w metanie. Polega zaś ona na tem, że *jeden atom* (czyli 16 części wagowych) *tlenu zastąpić może dwa atomy* (dwie części wagowe) *wodoru*. Powiadamy, że tlen jest *dwuwartościowy*. A więc otrzymamy przez podstawienie tlenu następujące wzory:



aldehyd mrówkowy dwutlenek węgla.

Podstawiając zaś *azot* na miejsce wodoru, stwierdzamy, że azot jest trójwartościowy. Otrzymujemy:

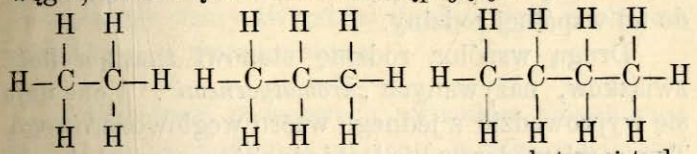


cyanowodór.

Związek ten, zwany potocznie kwasem pruskim, jest jedną z najsilniejszych trucizn.

Jednakże należy przyznać, że liczba wzorów, które można wyprowadzić w podobny sposób od metanu, nie jest znaczna. I oto tutaj zjawia się na pomoc inne

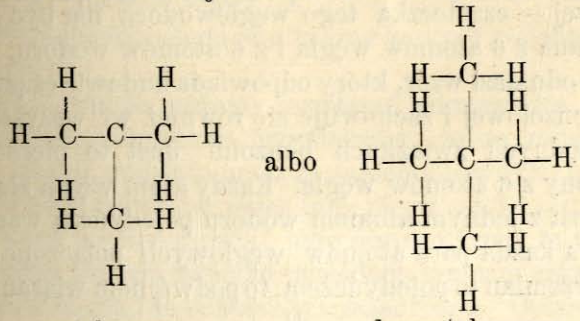
przypuszczenie. Atomy węgla mogą się łączyć ze sobą, podobnie jak się łączą z atomami wodoru, tlenu, azotu i innych pierwiastków. W ten sposób powstają *łańcuchy* z dwu, trzech, czterech i więcej atomów węgla, wchodzące w skład następujących wzorów:



etan propan butan i t. d.

Takie łańcuchy zawierają do pięćdziesięciu atomów węgla. Jako przykład dość przytoczyć stearynę, której główna część składowa zawiera łańcuch, złożony z 18 atomów węgla, i wosk, w którego skład wchodzą węglowodory z 46-ma atomami węgla.

Idźmy dalej. Do łańcuchów prostych możemy przyłączać znów łańcuchy boczne o rozmaitej długości, np.:



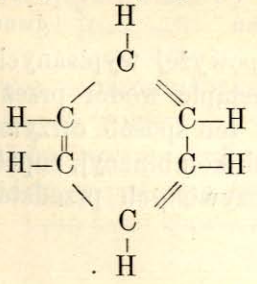
metylopropan albo dwumetylopropan

We wszystkich powyżej wypisanych węglowodorach możemy znów zastąpić wodór przez inne pierwiastki albo rodniki. W ten sposób otrzymamy niemal niewyczerpany zasób kombinacyj, zupełnie odpowiadający mnogości rzeczywistych przedstawicieli związków węglowych.

Cały ten zasób związków węglowych, których wzory dają się wyprowadzić od metanu, chemicy zwykli łączyć w jednę wielką rodzinę, zwaną *„szeregiem metanowym“* albo też *szeregiem „tłuszczowym“*. Ta ostatnia nazwa pochodzi stąd, że i tłuszcze należą również do tej wspólnej rodziny.

Drugą wspólną rodzinę stanowi znaczna ilość związków, nazywanych *„aromatycznemi“*. I one dają się wyprowadzić z jednego wzoru węglowodorowego. Tym węglowodorem nie jest jednakże metan, ale *benzol*.

Węglowodór ten otrzymuje się w wielkich ilościach w gazowniach z ciekłych wytworów suchej destylacyi węgla. Stosują go przeważnie do fabrykacyi sztucznych barwników organicznych, znanych przeważnie pod nazwą farb anilinowych i innych. Wzór benzolu wypisujemy w postaci symbolu C_6H_6, który oznacza, że — stosownie do poglądów hypotezy atomowej — cząsteczka tego węglowodoru ma być zbudowana z 6 atomów węgla i z 6 atomów wodoru. Kekulé odnalazł wzór, który odpowiada budowie cząsteczki benzolowej i zachowuje się również we wszystkich pochodnych związkach benzolu. Jest to pierścień, złożony z 6 atomów węgla. Każdy atom węgla złączony jest z jednym atomem wodoru pojedyńczą wartością; a każda para atomów węglowych połączona jest na przemian to pojedyńczem, to podwójnem wiązaniem.



Zastępując poszczególne atomy wodoru przez inne atomy albo rodniki, — łącząc wreszcie ze sobą po kilka pierścieni, możemy wyprowadzić wszystkie związki aromatyczne (a jest ich nie mniej niż związków tłuszczowych) ze wzoru benzolu w podobny sposób, jak wyprowadzamy wzory związków tłuszczowych z ich prototypu, t. j. ze wzoru metanu.

Krótka treść powyższych wywodów polega więc na tem, że wychodząc z założenia o czterowartościowości węgla i przypuszczając, że atomy węgla mogą się łączyć z sobą, możemy zbudować bardzo znaczną ilość wzorów, tworząc w ten sposób schemat, w którym następnie możemy uszeregować znane i zbadane rzeczywiste rodzaje ciał.

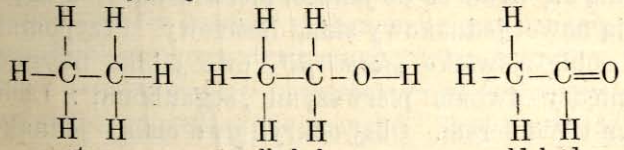
Nasuwa się pytanie:

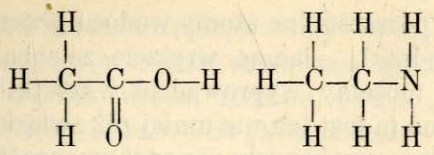
1) skąd wiadomo, jakiemu związkowi należy przypisać ten lub inny wzór? i

2) na czem polega praktyczna korzyść podobnych dociekań.

Oba pytania możemy rozwiązać jednocześnie.

Przedewszystkiem przypuścimy, że ze związku o określonej budowie przez zastąpienie pewnych pierwiastków i rodników przez inne pierwiastki i rodniki powstają zawsze związki tego samego typu, że więc pochodne danego związku posiadają ten sam szkielet atomów węgla, co substancya zasadnicza. Opierając się na tem prostem założeniu, otrzymamy kategorye ciał, posiadające jednaki układ atomów, np.:





kwas octowy etylamin

Wszystkie te ciała stanowią pochodne jednej i tej samej substancyi: etanu.

Dzięki tej analogii, możemy więc z wielką dozą prawdopodobieństwa określić budowę danego związku. Dość przeprowadzić go w inny związek, którego budowę już znamy. Ale też odwrotnie, ten sam sposób przedstawiania wzorów związków organicznych posiada nieocenione zalety w wypisywaniu reakcyj chemicznych. Pozwala nam bowiem wyrazić w nader poglądowej formie stanowisko substancyi w układzie chemicznym, jej przynależność do tej, albo do owej rodziny, jej stosunek do innych substancyj, wreszcie charakter przemian chemicznych, jakim ona podlega pod wpływem zetknięcia z rozmaitemi odczynnikami. Symbole powyższe, zwane w nauce „wzorami strukturalnemi“, przedstawiają więc krótki i niezmiernie udatny wyraz wielu poszczególnych faktów, nader trudnych do ujęcia w jakiejkolwiek innej formie.

Że powyższy sposób wyrażania charakteru chemicznego związków zyskał szczególne znaczenie w chemii organicznej, wynika to stąd, że w tej dziedzinie mamy wciąż do czynienia z połączeniami, które nie różnią się wcale co do jakości pierwiastków, a często mają nawet jednakowy skład ilościowy. Przypomnijmy sobie zjawisko *„izomeryi“*, owo jabłko niezgody pomiędzy dwoma pierwszymi „organikami“: Liebigiem i Wöhlerem. Obaj odkryli dwa ciała o jednakowym składzie a różnych własnościach: kwas piorunowy i kwas cyanowy. W świetle teoryi budowy nietrudno uzmysłowić sobie ich różnicę. Polega ona na tem, że atomy obu tych kwasów są niejednakowo obok siebie ułożone. Oba posiadają wspólny wzór: HCNO. Ale tlen raz jest związany z azotem, a drugi raz z węglem:

kwas piorunowy kwas cyanowy.

Jak to zauważyłem w wykładzie o Liebigu i o Wöhlerze, wypadki izomeryi połączeń organicznych, początkowo rzadkie, szybko zaczęły się mnożyć. I oto godny uwagi jest fakt, że ilość znanych związków izomerycznych w większości wypadków zgadza się ściśle z liczbą możliwych wzorów strukturalnych. Czasami ilość istniejących związków okazuje się *mniejszą*, niż przewiduje teorya budowy. Jednakże tę niezgodność łatwo usprawiedliwić tem, że niektórych związków nie udało się jeszcze otrzymać. Natomiast nikt dotąd nie dowiódł, aby ilość otrzymanych połączeń *przewyższyła* ilość możliwych wzorów, co oczywiście pozostawałoby w ostrej sprzeczności z teoryą.

Dzięki tym zaletom, chemia strukturalna została rychło przyjęta przez ogół uczonych z prawdziwym zachwytem. Wszystkie wysiłki odtąd skierowano ku rozmieszczeniu znanych i nowoodkrytych związków w tym schemacie. Odtąd za istotne, a nawet jedyne zadanie chemii organicznej uznano: wyznaczenie wzoru budowy dla każdego połączenia organicznego, czy to naturalnego, czy otrzymanego drogą sztuczną. Dopiero z rozwiązaniem powyższego zadania uważano samo ciało za całkowicie poznane. Ten kierunek ba-

dań utrzymał się w chemii organicznej po dzień dzisiejszy.

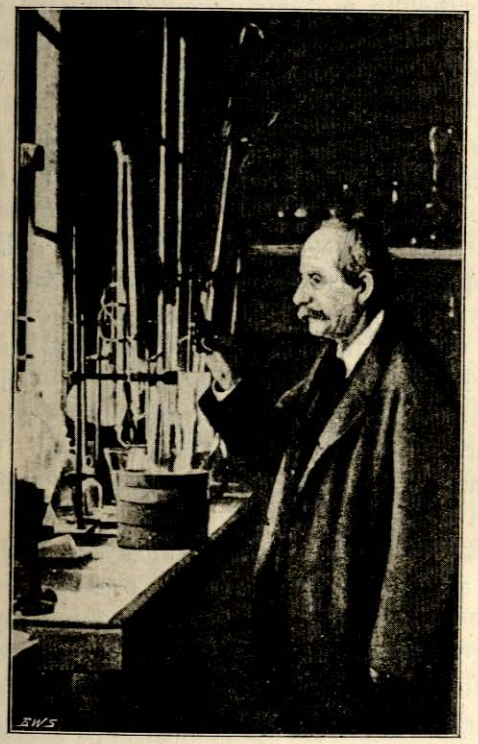
Wprawdzie musimy przyznać, że ten pogląd na cele i zadania chemii z biegiem czasu okazał się również jednostronnym, jak tyle dawniejszych poglądów na tę kwestyę. Niestety, przyroda skazała nas pod wieloma względami na jednostronność. Nasza działalność na rozmaitych polach waha się zwykle pomiędzy krańcami. Jednakże nie można zaprzeczyć, że mimo tej jednostronności,—a może też właśnie z jej powodu—kierunek strukturalny przyniósł obfite żniwo.

Przedewszystkiem na polu syntezy ciał organicznych.

Od roku 1826, od owej pamiętnej chwili, kiedy Fryderyk Wöhler uskutecznił pierwszą sztuczną syntezę mocznika, substancyi organicznej, z jego pierwiastków, minęły lata, zanim dały się zauważyć dalsze postępy wiedzy w tym kierunku. Dopiero od połowy zeszłego stulecia poczynają się mnożyć metody, zapomocą których można od ciał prostszej budowy, t. j. od związków, zawierających mniejszą liczbę atomów węgla, przejść do związków bardziej złożonych, czyli takich, które składają się z większej ilości atomów węgla.

Niesłychanie doniosłemi były w rozwoju tego zagadnienia doświadczenia, podjęte w roku 1860 przez znakomitego uczonego francuskiego, *Berthelota* (ur. w Paryżu w r. 1827, umarł tamże w roku 1907). Dowiódł on, że węgiel, który w zwykłych warunkach jest chemicznie nieczynny, w temperaturze łuku elektrycznego łączy się bezpośrednio z wodorem. Wytworem tego połączenia jest acetylen. Jest to węglowodór gazowy, który, jak wiadomo, dziś otrzymuje się

w znacznych ilościach, chociaż zupełnie odmiennym sposobem, i używany bywa do oświetlenia na równi ze zwykłym gazem oświetlającym. Otóż z acetylenu



Rys. 54. Marcelin Berthelot.

możemy zbudować najrozmaitsze związki organiczne. Więc łączy się on z wodorem, tworząc etylen. Przez przyłączenie wodoru i wody do acetylenu powstaje alkohol; przez utlenienie zaś—kwas mrówkowy. Pod-

czas ogrzewania acetylenu do nader wysokiej temperatury przemienia on się w benzol, ten sam wytwór zasadniczy, od którego wywodzi rodowód wielki szereg związków aromatycznych. Dość, że dzięki odkryciom Berthelota możemy z węgla otrzymać sztucznie całą mnogość połączeń organicznych, tysiące wytworów doniosłych nietylko dla teoryi, ale również dla fizyologii i dla chemii stosowanej.

Jeżeli jednak odkrycie to jest nieocenione pod względem teoretycznym, to natomiast ekonomiczna doniosłość jego równa się zeru. Chcąc bowiem otrzymać jeden gram masła, albo drobną ilość cukru w podobny sposób, musielibyśmy podczas rozmaitych manipulacyj, wiodących do tego celu, poddać zniszczeniu stokroć większe ilości innych substancyj, daleko cenniejszych pod względem ekonomicznym, — nie biorąc w rachubę znacznej ilości energii, która podczas tych przemian musiałaby uledz zmniejszeniu wartości. Otrzymane tą drogą produkty musiałyby być sprzedawane na wagę złota.

Tylko na niektórych polach synteza chemiczna zdołała zdobyć szerokie znaczenie praktyczne, spowodowując powstanie potężnych gałęzi przemysłu chemicznego. Tutaj zaliczyć należy fabrykacyę niektórych sztucznych lekarstw, jako to: antypiryny, fenacetyny, sacharyny i wielu innych, a przedewszystkiem przemysł, oparty na sztucznem otrzymywaniu wielu *barwników roślinnych* [1]). Najważniejsze zdobycze na

[1]) Pierwsze syntezy barwników organicznych wykonane zostały w 1856. Angielski chemik Perkin otrzymał pierwszy sztuczny barwnik anilinowy, a prawie równocześnie rodak nasz Jakób Natanson, profesor uniwersytetu dorpackiego a następnie Szkoły Głównej w Warszawie, podał sposób otrzymania rozaniliny z aniliny i chlorku etylenu. To były pierwsze zaczątki fabrykacyi farb anilinowych, a następnie sztucznych barwników organicznych w ogólności.

tem polu osiągnięte zostały w drugiej połowie ubiegłego stulecia. Było to odkrycie syntezy alizaryny i indyga. Dzisiaj widzimy rozkwit kolosalnego przemysłu barwników organicznych; w samych Niemczech zatrudnia on tysiące robotników w setkach fabryk i stanowi poważne źródło bogactwa tego narodu. Wobec tego należy uznać za zupełnie sprawiedliwe, że korporacya naukowa, na której sumieniu leży rozdawnictwo nagród, wypłacanych od kilku lat z hojnego zapisu Nobla najwybitniejszym uczonym, filantropom i artystom,—w roku 1905 przyznała nagrodę chemii w kwocie około 100 000 marek temu, który położył na tem polu największe zasługi, *Adolfowi Baeyerowi* [1]).

Baeyer jest synem pułkownika pruskiego sztabu generalnego. Urodził się w 1835 roku w Berlinie. Jak wielu innych wybitnych chemików, zaczął już za młodu zajmować się doświadczeniami chemicznemi, które zresztą początkowo traktował raczej jako rozrywkę, niż jako naukę. Kiedy po raz dziewiąty obchodził dzień swych urodzin, otrzymał od ojca w podarunku

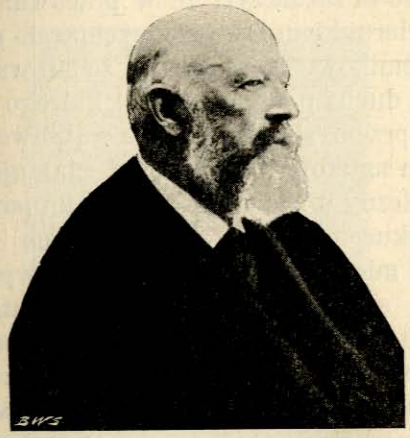
[1]) Niewiele wynalazków miało tak doniosły wpływ na gospodarstwo społeczne narodów, jak odkrycie sztucznej alizaryny. Kultura krapu, rośliny, z której dawniej otrzymywano ten barwnik, zajmowała ogromne obszary ziemi we Francyi, w Holandyi i w Rosyi południowej. Żadne cła ani premie nie były w stanie ocalić tej gałęzi przemysłu w walce z fabrykacyą sztucznej alizaryny; przeciwnie, zatamowały one rozwój przemysłu barwnikowego w tych krajach i były jedną z przyczyn, dlaczego przemysł ten rozwinął się tak potężnie w Niemczech.

„Szkołę chemii“ Stöckhardta. Odtąd zaczął urządzać sobie laboratoryum chemiczne ze swych dochodów, które wynosiły 50 fenigów tygodniowo. Kiedy jednakże w roku 1853 wstąpił na uniwersytet berliński, zapisał się początkowo na fizykę i matematykę. Dopiero później, a mianowicie po odbyciu służby wojskowej, przeniósł się z Berlina do Heidelberga i tutaj począł się zajmować specyalnie chemią pod kierunkiem Bunsena. August Kekulé był wówczas docentem prywatnym w uniwersytecie heidelberskim. Pociągnięty przez wykłady i sympatyczną osobistość Kekulego, Baeyer wstąpił do pracowni tego uczonego, urządzonej w jego prywatnem mieszkaniu.

Przedmiotem badania były związki organiczne arsenu. Są to ciała nadzwyczajnie trujące, ale z teoretycznego punktu widzenia niesłychanie ciekawe. One to doprowadziły *Bunsena* o kilka lat wcześniej do odkrycia rodnika „kakodylowego“.

Pewnego dnia Kekulé znalazł swego ucznia w stanie omdlenia, ze spuchniętą twarzą, niezdolnego do wołania o pomoc. Przed chwilą odkrył on chlorek arsenometylu, i niewiele brakowało, aby przypłacił życiem odkrycie tego związku, odznaczającego się wysoce trującemi własnościami, o których Baeyer nie wiedział. Nie dając się jednak odstraszyć przez niebezpieczeństwo, prowadził on te badania w dalszym ciągu i przedstawił je w roku 1858 uniwersytetowi berlińskiemu pod postacią rozprawy na stopień doktora. Ale berlińscy chemicy nie zdołali zrozumieć tej pracy. Świeża, rozkwitająca dopiero chemia organiczna była im jeszcze obcą. Przyjęli więc rozprawę dość chłodno. Baeyer zaledwie otrzymał stopień doktora i to wcale z nie najlepszą cenzurą.

Po tem rozczarowaniu powrócił do Kekulego i pojechał wraz z nim do Gandawy, gdy tenże powołany tam został na katedrę chemii. Dopiero w roku 1860 Baeyer wrócił do Berlina, aby habilitować się tutaj, to jest otrzymać stanowisko docenta prywatnego. Jednocześnie zaś został nauczycielem w berlińskiej szkole technicznej w Charlottenburgu, która w na-



Rys. 55. Adolf Baeyer.

stępstwie przemianowana została na politechnikę. Jego pracownia w szkole była mała, urządzenie skromne. Powoli zaczęli się zjawiać uczniowe, pragnący pod jego kierunkiem wypracować rozprawy doktorskie. Tutaj asystent Baeyera, *Graebe*, i jego uczeń, a obecnie profesor politechniki w Charlottenburgu, *Liebermann*, otrzymali po raz pierwszy sztuczną alizarynę z antracenu. Wkrótce ten znakomity wynalazek został opatentowany, i odtąd sztuczne barwniki poczęły się mnożyć, jak grzyby po deszczu.

W roku 1872 Baeyer został powołany do Strasburga. Ale już po trzech latach wezwano go do Monachium, gdzie objął puściznę Liebiga.

Na tem stanowisku, które zajmuje po dziś dzień, Baeyer otrzymał w roku 1878 izatynę, a z niej indygo sztuczne. Niestety, ramki tych wykładów nie pozwalają na skreślenie całości zasług naukowych tego badacza. Dość tu zaznaczyć, że w pracowni monachijskiej pod kierunkiem Baeyera wychowało się całe pokolenie chemików organicznych, że oni wszyscy stąd zaczerpnęli ducha pracy naukowej, którego wnieśli następnie do przemysłu. I nie ulega wątpliwości, że wysoki poziom naukowy, na którym znajduje się przemysł chemiczny u Niemców, a który im pozwala zwyciężać konkurencyę innych krajów na tem polu, w znacznej mierze przypisywać należy wpływowi tej znakomitej szkoły. W niej ujrzały światło dzienne setki badań i rozpraw z dziedziny chemii organicznej, po części wykonanych własnoręcznie przez samego Baeyera, po części zaś pod jego okiem i kierunkiem przez jego uczniów. Godnem zaś uwagi jest i to, że zapał ten nie ostygł nawet dziś pomimo podeszłego wieku Baeyera.

W czasach, kiedy Baeyer był jeszcze w Strasburgu, zgłosił się do niego jeden z tych uczniów, którzy potrafią nietylko stosować to, czego się u mistrza nauczą, ale posiadają dar odnajdowania nowych torów badania. W tym przypadku zaprowadziły one do zupełnie odmiennej dziedziny chemii, mianowicie do chemii fizyologicznej.

Tym uczniem Baeyera był *Emil Fischer*, urodzony w roku 1852 w Euskichen w prowincyi Nadreńskiej. Studyował chemię początkowo w Bonnie, następnie zaś w Strasburgu pod kierownictwem Baeyera. Tutaj doktoryzował się w roku 1874. Baeyer, przenosząc się do Monachium, ofiarował Fischerowi posadę asystenta. W roku 1882 ten ostatni dostał profesurę w Erlandze,

Rys. 56. Emil Fischer.

następnie w Würzburgu, wreszcie w roku 1892 powołany został do Berlina na katedrę chemii organicznej, którą zajmuje po dziś dzień, pełniąc jednocześnie obowiązki dyrektora pierwszego laboratoryum chemicznego uniwersytetu. Prace jego zostały w roku 1902-im odznaczone nagrodą Nobla.

O ile badania Baeyera okazały się doniosłemi dla techniki chemicznej, o tyle Fischer wprowadził ge-

nialne metody syntezy wprost do fizyologii, sięgając aż do rdzenia zagadki życia.

Ogólnikowe twierdzenia, jakoby wszelkie procesy życiowe polegały na zjawiskach chemicznych, jakoby reakcye chemiczne organizmów były nietylko podobne, ale nawet te same, co reakcye, wykonywane przez nas w zwykłych probówkach czy retortach,— wypowiadane były już od bardzo dawna i bardzo często. Ale sprawdzenie doświadczalne tych idei dawało dość długo czekać na siebie. I nie bez pewnej dozy słuszności poczęto znów z wielu stron wyrażać wątpliwość, czy zagadnienie życia i śmierci zostanie kiedykolwiek rozwiązane tą drogą, to jest metodami czystej chemii.

I w tem właśnie leży doniosłość pracowitych badań Fischera i jego uczniów, że zapoczątkował on z nadzwyczajnym powodzeniem systematyczne poznanie najważniejszych kategoryj substancyj, odgrywających pierwszorzędną rolę w życiu organizmów.

Pierwsze z owych badań dotyczyły rozmaitych rodzajów *cukrów*. W następstwie udoskonalenia metod syntezy i odkrycia nowych odczynników, używanych do oczyszczania i odróżniania wytworów syntezy, Fischer potrafił dopiąć zakreślonego celu: zbudować wszystkie rodzaje cukrów naturalnych i sztucznych, biorąc za punkt wyjścia najprostsze z nich: glikol i glicerynę; dalej podał dla wszystkich rodzajów tej kategoryi ciał dokładne wzory strukturalne, wprowadzając je w ten sposób do harmonijnego gmachu chemii organicznej w charakterze równouprawnionych obywateli.

Skoro zaś można było uważać to zagadnienie za wyczerpane, zwrócił się znów ku innej kategoryi ciał,

ku pochodnym kwasu moczowego, mającego, jak wiadomo, ważne znaczenie w fizyologii wydzielania moczu. Już Liebig i Wöhler zajęli się badaniem chemicznem tej substancyi. Baeyer poświęcił jej cały szereg rozpraw. Jednakże dopiero Fischer potrafił dowieść, że we wszystkich ciałach, należących do tej rodziny, tkwi wspólne jądro, nazwane przezeń purynem. Dokonanie syntezy kwasu moczowego oraz stwierdzenie jego stosunku do innych wytworów owej rodziny dowiodło niezbicie zarówno wzoru budowy purynu, jakoteż i wszystkich pochodnych.

Teraz Fischer przystąpił do najtrudniejszych, ale też najbardziej zasadniczych zagadnień chemii fizyologicznej, do badania *substancyj białkowych*, owych właściwych składników zarodzi, cegiełek, z których zbudowana jest komórka żyjąca.

W ubiegłym roku genialny eksperymentator zebrał główne wyniki swych owocnych badań na tem polu w nader interesującym odczycie, wygłoszonym przezeń w „niemieckiem towarzystwie chemicznem“. Ostatecznego celu, sztucznego otrzymania substancyj białkowych, nie uważa dotąd za osiągnięty nawet w zastosowaniu do najprostszych przedstawicieli tej klasy. Mniema jednak, że mamy prawo żywić nadzieję, „iż niezadługo uda się wydzielić w czystym stanie, a nawet i sztucznie otrzymać najważniejsze części składowe naturalnych peptonów i albuminoz“.

Dotąd już osiągnięto dość zadowalające wyniki, a mianowicie poznano i dokładnie scharakteryzowano te ciała, na które ciała białkowe rozszczepiają się pod wpływem rozmaitych odczynników; dalej dowiedziono, że możemy rozmaitemi sposobami łączyć z sobą owe wytwory rozkładu białek, że wreszcie możemy

wypisać schematy budowy otrzymanych w ten sposób połączeń.

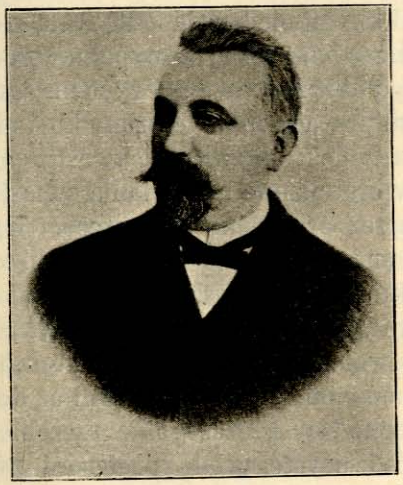
Wprawdzie niejeden z postronnych widzów, którzy zwykle oceniają tylko zewnętrzną stronę tak złożonego mechanizmu, jak badania chemiczne, oczekiwał w tym przypadku odkrycia jakiejś uniwersalnej metody, która pozwoliłaby sztucznie otrzymać w łatwy sposób najbardziej złożone białka. Ale takie życzenie nie może być spełnione, gdyż—o ile wiadomo—w tych ciałach białkowych, czyli *proteinach*, przyroda dosięgła szczytu syntezy naturalnej; zdanie, jakobyśmy w tej kategoryi mieli do czynienia tylko z niewieloma zasadniczemi typami, przeczy zarówno wszelkim wynikom chemii organicznej, jak i biologii.

Ale przypuściwszy nawet na chwilę, że to marzenie mogłoby być spełnione, przyznać jednak musimy, że nie sprawiłoby nam ono tego zadowolenia, jakiego niektórzy oczekują. Gdyż nie bez słuszności mówi Fischer:

„Taką syntezę porównałbym z podróżnikiem, który przemknąwszy w pośpiesznym pociągu przez nieznaną krainę, niewiele może o niej opowiedzieć. Zupełnie innem jest stanowisko syntezy wtedy, kiedy jest ona zmuszona do posuwania się krok za krokiem naprzód, do powolnego, stopniowego budowania cząsteczki białka. Wtedy jest ona podobna do wędrownika, odszukującego sobie samodzielnie drogę krok za krokiem, z natężoną uwagą, zmuszonego do próbowania wielu dróg, zanim trafi na właściwą. Ten pozna w długiej i trudnej wędrówce nietylko gieografię i topograficzny układ kraju, ale zaznajomi się dokładnie z kulturą jego mieszkańców. Skoro wreszcie dojdzie do celu, wówczas potrafi oryentować się w każdym

kącie kraju, a kiedy napisze o nim książkę, to i inni potrafią się w nim oryentować“.

Dodać tu należy, że w historyi rozwoju chemii organicznej uczeni polscy zajęli stanowisko niepoślednie. Pierwsze miejsce należy się bezsprzecznie *Marcelemu Nenckiemu*. Urodzony w 1847 roku w Boczkach,



Rys. 57. Marceli Nencki.

rodzinnym majątku, położonym w Sieradzkiem, ukończył gimnazyum piotrkowskie w historycznym roku 1863-cim. Wypadki owego roku zmusiły go do porzucenia ojczyzny, dokąd już nigdy nie miał wrócić... na stałe. Wstąpił więc na uniwersytet krakowski, następnie zaś przeniósł się do Jeny, a w końcu do Berlina. Droga jego studyów nie była zupełnie prosta, albo-

wiem początkowo studyował filologję i filozofię, następnie medycynę i dopiero na końcu chemię. Było to w tym samym czasie, kiedy Adolf Baeyer rozpoczął swą działalność na polu syntezy chemicznej i pod jego kierunkiem Nencki zapoznał się z nowoczesnemi metodami chemii organicznej.

Chemia organiczna była w rękach Nenckiego nader skutecznym środkiem w badaniach fizyologicznych, mających na celu wyjaśnienie tych zjawisk chemicznych, które nieustannie odbywają się w organizmach zwierzęcych i których wspólna gra stanowi to, co w mowie potocznej zwiemy życiem. Już w pierwszych swych pracach młody uczony kusi się o rozwiązanie tych zagadek: dotyczą one kwestyi powstawania mocznika w organizmie i utleniania związków aromatycznych przez organizmy zwierzęce. Druga z tych prac, ogłoszona w 1870 r., stanowiła jednocześnie rozprawę, na której zasadzie Nencki uzyskał stopień doktora w uniwersytecie berlińskim. Wkrótce potem został on powołany na asystenta anatomii w uniwersytecie berneńskim. Tutaj pozostawał aż do roku 1891, szybko przechodząc poszczególne szczeble „karyery“ naukowej: od asystenta do profesora zwyczajnego (w r. 1877).

Prace, wykonane i ogłoszone w tym okresie, dowodzą bezprzykładnej wielostronności umysłu naszego uczonego. Dotyczą one bowiem najróżnorodniejszych zagadnień czysto chemicznych i fizyologicznych, zarówno teoretycznych, jak praktycznych, interesujących lekarza i farmakologa.

W toku tych badań Nencki zetknął się ze zjawiskami chemicznemi, odbywającemi się w obecności drobnoustrojów. Szczęśliwy zbieg okoliczności spra-

wił, że znalazł on w tej nowej dla siebie dziedzinie dzielną współpracowniczkę w osobie pani N. Sieber. Ona to zaprzęgła się dobrowolnie do tych zmudnych i trudnych badań z prawdziwie kobiecem zaparciem się, ona też potem wraz z Dzierzgowskim i Wawrzyńkiewiczem była główną współpracowniczką profesora w badaniach nad etyologią dyfterytu, cholery i księgosuszu, pozostając wiernie na swem stanowisku do ostatnich dni jego.

Prace te zdobyły Nenckiemu ogólne uznanie świata naukowego. W roku 1892, kiedy w Petersburgu pod protektoratem Księcia Oldenburskiego został założony słynny Instytut Medycyny Doświadczalnej, Nencki otrzymał zaszczytne powołanie na kierownika chemicznego oddziału tej poważnej instytucyi, obdarzonej wspaniałemi środkami, z któremi porównać się zgoła nie mogły szczupłe zasoby pracowni w Bernie. One to przeważnie skłoniły Nenckiego do przyjęcia tej propozycyi i zamiany uroczej Szwajcaryi na pochmurny Petersburg.

Nencki i Sieberowa oddawna zajmowali się badaniem składu krwi. W Petersburgu badania te rozpoczęto na jeszcze szerszą skalę. W krwi odkryto heminę, ustalono jej wzór i zbadano szczegółowo wytwory przemiany tego ciała: hematynę i hematoporfirynę.

Prawie równocześnie drugi nasz rodak na drugim końcu Europy, bo aż w Manchestrze, poświęcił szereg nader wybitnych badań zielonemu barwnikowi roślin, chlorofilowi. Uczonym tym był *Marchlewski*, obecnie profesor uniwersytetu w Krakowie. Badając chlorofil, Marchlewski wspólnie z panami Schunckami wydostał zeń ciało we własnościach zupełnie podobne do hematoporfiryny, i pierwszy wypowiedział śmiało

przypuszczenie, że oba te ciała tak sobie pokrewne muszą mieć wspólne pochodzenie. I tak też było w istocie.

Obaj uczeni: Nencki i Marchlewski, porozumiewali się odtąd z sobą, pracując wspólnie nad tą kwestyą, i w rezultacie otrzymali z barwnika roślin ten sam produkt, który już dawniej wydobyli z barwnika krwi.

Praca ta, przedstawiona w czerwcu roku 1901 Akademii Umiejętności w Krakowie, była, niestety, ostatnią pracą Nenckiego. W tym samym roku bowiem straciliśmy największego chemika ze wszystkich, jakich mieliśmy i mamy obecnie.

Była to strata nietylko dla nauki europejskiej, ale i dla kraju naszego, gdyż Nencki wykształcił wielu chemików polskich, którzy dzisiaj zajmują poważne stanowiska w nauce i w przemyśle. W pracowni jego nigdy nie brakło rodaków uczonego i myśliciela, i Nencki znakomicie potrafił szczepić w swych uczniach zamiłowanie pracy naukowej, interes dla zagadnień naukowych i umiejętność wyboru i stosowania metod ku ich rozstrzyganiu, — te same przymioty, w których sam celował i którym zawdzięczał swe powodzenie.

Uniwersytet berneński, w którym Nencki począł stawiać pierwsze kroki naukowe, w jeszcze jednym względzie stał się ośrodkiem polskiej myśli naukowej. W roku 1890 na katedrę chemii organicznej tego zakładu powołany został *Stanisław Kostanecki*. Jemu chemia zawdzięcza dokładne zbadanie żółtych barwników, rozpowszechnionych w roślinach, a w szczególności brazyliny i hematoksyliny. Kostanecki w szeregu ciekawych badań zdołał udowodnić istnienie nowego rodnika barwiącego: flawonu, wykrył zapomocą nowych reakcyj analitycznych i syntetycznych związek tych barwników z ciałami o znanej budowie, wreszcie wyjaśnił w wielu wypadkach ich budowę.

Źródła. *J. Natanson.* Wykład chemii organicznej podług systemu unitarnego. Część I. Warszawa 1866.

A. v. Baeyer. Gesammelte Werke. Brunświk 1905.

Emil Fischer. Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und Proteine. Ber. deutsch. chem. Ges. T. 39, str. 530 (1906). (W polskiem tłumaczeniu wydrukowane we Wszechświecie w r. 1906).

Emil Fischer. Synthesen in der Zuckergruppe. Ber. deutsch. chem. Ges. t. 23, str. 2114 (1890); t. 27, str. 3189 (1894).

Emil Fischer. Synthesen in der Puringruppe. Ber. deutsch. chem. Ges. t. 32, str. 435 (1899).

Lippmann. Geschichte des Zuckers. Lipsk 1890.

Marceli Nencki. Opera omnia, wydane przez N. Sieber i J. Zaleskiego. Brunświk, 1905.

J. Boguski. M. Nencki. Wszechświat, t. 16, str. 81, 100, 120 (1897).

W. Leppert. M. Nencki. Nekrolog. Chemik Polski, t. 1, str. 729 (1901).

L. Marchlewski. Teorye i metody badania współczesnej chemii organicznej. Lwów 1905.

L. Marchlewski. Z postępów badań nad barwnikiem krwi i chlorofilem. Chemik Polski, t. 5, str. 797 (1905)

St. Kostanecki. Les synthèses dans les groupes de la flavone et de la chromone (1903).

St. Kostanecki. O budowie brazyliny i hematoksyliny. Chemik Polski, t. 4, str. 1, 21 (1904).

WYKŁAD DZIEWIĄTY.

van't Hoff i Ostwald—reformatorzy nowoczesnej chemii.

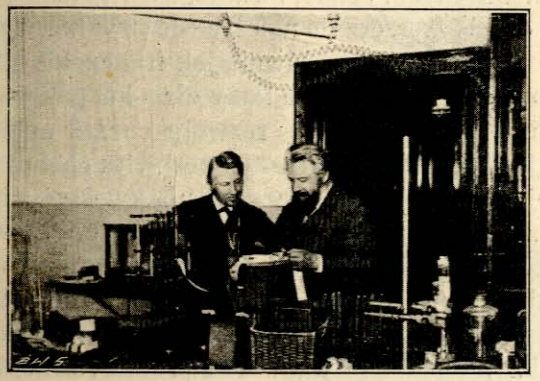
Treść: Stosunek fizyki do chemii.—*van't Hoff*.—Węgiel w postaci czworościanu.—Dalsze losy stereochemii.—Badania z dynamiki chemicznej.—Ciśnienie osmotyczne i—Teorya roztworów.—Powołanie *van't Hoffa* do Berlina.—Pokłady soli w Stasfurcie.—Młodość *Ostwalda*. — Zasługi w politechnice Ryskiej. — Powinowactwo.—Moc kwasów.—Węglan ołowiu i kwas octowy.—Badanie powinowactwa chemicznego kwasów.—Znaczenie prac *Ostwalda*.—*Svante Arrhenius* i przewodnictwo elektryczne roztworów soli.—Zbliżenie się obu uczonych. — Rok 1887. — Hypoteza jonów. — Zarzuty przeciwko niej i ich obalenie.—Prace elektrochemiczne *Ostwalda* i jego uczniów.—Osobistość *Ostwalda*.—II laboratoryum chemiczne i nowy Instytut chemii fizycznej.—Prace katalityczne.—Zasługi w systematyce.—Podręczniki i „Szkoła chemii".—Filozof i malarz.—Ustąpienie.

Panie i panowie.

Obok chemii organicznej, z której teoretycznemi i praktycznemi zdobyczami zapoznaliśmy się w poprzednim wykładzie, w ostatnich dziesięcioleciach rozwinęła się nowa gałąź chemii: chemia fizyczna, czyli ogólna. Ze względu na filozoficzną doniosłość i na

owoce doświadczalne wystąpiła ona w ostatnich czasach na plan pierwszy.

Zanim jednak ośmielę się zająć waszę uwagę, szanowne panie i panowie, szczegółami rozwoju chemii fizycznej, muszę uczynić pewne zastrzeżenie. Nazwałem poprzednio chemię fizyczną *nowym* działem chemii. Z tego względu spotkać mnie mogą pewne zarzuty. Gdyż już stary Ben-Akiba nie bez racyi wygłosił swe znamienne: „wszystko to już było". W istocie hi-



Rys. 58. van't Hoff i Ostwald.

storya chemii przekonywa nas na każdym kroku, że wiele idei zasadniczych powtarza się kilkakrotnie w ciągu rozwoju wiedzy. Stwierdziliśmy to na wielu przykładach: na pojęciu pierwiastku, na wyobrażeniach atomów i cząsteczek. To samo można powiedzieć o zasadzie niezniszczalności materyi i o zasadzie zachowania pracy. Najbardziej zasadnicze pojęcia i wyobrażenia nowoczesnej wiedzy istniały już niejako w starożytności w postaci zarodków.

Więc i chemia fizyczna nie jest w istocie tak no-

wa, jak to głosi mniemanie ogólne. W zaraniu nauk ścisłych nie spotykamy zasadniczej różnicy pomiędzy fizyką a chemią. Chemicy okresu „pneumatycznego“ byli zarówno chemikami, jak fizykami. Fizykochemikami byli wielcy chemicy początku ubiegłego stulecia: Gay-Lussac, Davy, Faraday i inni. Do fizykochemików zaliczyć też musimy liczną rzeszę elektrochemików. Jeszcze w podręcznikach chemii z pierwszej ćwierci 19-go stulecia znajdujemy na czele pierwiastków chemicznych: ciepło, światło, elektryczność, rozdziały dziś bezsprzecznie należące do fizyki, a wybitny organ Poggendorfa, zarówno jak francuskie „Annales“, otwiera chętnie swe łamy dla obu pokrewnych dziedzin wiedzy. W miarę rozwoju chemii analitycznej, a jeszcze bardziej wskutek rozkwitu chemii organicznej, na pierwszy plan występują kwestye klasyfikacyi związków, zawartej czy to w postaci typów, czy też wzorów strukturalnych. Ogólne zagadnienia fizyczno-chemiczne ustępują wobec tego na drugi plan, i z czasem jako jedyny przyrząd fizyczny w pracowni chemika pozostają — wagi. Ten proces różnicowania można doskonale obserwować, porównywając dwa organy: wyżej wspomniane roczniki Poggendorfa (później Wiedemanna) z Journal für praktische Chemie. W miarę tego jak w pierwszym coraz bardziej przeważa „czysta fizyka“, tomy drugiego coraz bardziej zapełniane są rozprawami z dziedziny chemii organicznej.

A tymczasem fizyka postępuje olbrzymiemi krokami. Odkrycie zasadniczych praw energetyki wywołuje ożywiony ruch w tej dziedzinie, nie pozostaje też bez wpływu i na chemię. Coraz częściej uczeni starają się zastosować nowe wyniki fizyki do rozwiązania

zagadnień chemicznych, że wymienię tu tylko *Helmholtza*, *Horstmanna*, *Guldberga* i *Waagego*, których prace wprowadziły naukę na nowe tory. Prawie jednocześnie *Bunsen* podnosi swój głos ostrzegawczy:

— „Chemik, który nie jest fizykiem, nie jest niczem“.

Jednakże właściwy rozkwit chemii fizycznej rozpoczął się dopiero od 1880 roku. Bodźcem były odkrycia *van't Hoffa*.

Rys. 59. Jakób Henryk van't Hoff.

Jakób Henryk van't Hoff urodził się w roku 1852 w Roterdamie, jako syn lekarza, praktykującego dotąd jeszcze w tem mieście. Po otrzymaniu wiadomości początkowych w szkole prywatnej wstąpił do „wyższej szkoły miejskiej“. Tak zwą się w Holandyi szkoły realne, w których nauka języków klasycznych jest zastąpiona przez przedmioty użyteczniejsze. Ten „niewłaściwy“ sposób kształcenia sprawił w następstwie naszemu badaczowi nie jednę przeszkodę.

Po ukończeniu szkoły średniej wstąpił do politechniki w Delfcie, której trzyletni kurs ukończył w ciągu dwu lat ze stopniem „technologa“. Czując jednak powołanie do nauk teoretycznych, zapragnął poświęcić się studyom uniwersyteckim i postanowił zostać słuchaczem uniwersytetu w Lejdzie. Tutaj po raz pierwszy trafił na trudności, wynikające z nieznajo-

mości łaciny i greki; pokonać je zdołał zaledwie na zasadzie oddzielnego rozporządzenia ministra, które otworzyło mu wrota do uniwersytetu. Przez to pozbawiony został ostatniej sposobności doznania „zbawiennego wpływu wykształcenia klasycznego."

W owym czasie chemia organiczna znajdowała się w pełni rozkwitu. Ośrodkiem ruchu umysłowego w tej dziedzinie był uniwersytet w Bonnie, w którym rozwijał swe genialne pomysły Kekulé, twórca chemii strukturalnej. Tutaj udał się też van't Hoff żądny poznania na miejscu nowych płodnych teoryj i nowych metod badania, z nich wynikających.

Bogata fantazya Kekulego znalazła w umyśle van't Hoffa grunt niezwykle podatny. Zanim jeszcze zdołał ogłosić rozprawę doktorską, na podstawie której otrzymał następnie (w roku 1874) stopień doktora w Utrechcie, — dokonał pierwszorzędnego czynu, tworząc podstawę teoryi *budowy atomów w przestrzeni*. Teorya ta stanowi poniekąd koronę całej chemii strukturalnej.

W poprzednim wykładzie usiłowałem narysować obraz naszych nowoczesnych poglądów na budowę atomów, składających świat ciał organicznych. Jakkolwiek wskutek braku czasu i szczupłości materyału faktycznego, jakim mogliśmy rozporządzać, obraz ten nie był dostatecznie jasny i wyraźny, tem nie mniej sądzę, iż udało mi się przekonać was, że z chwilą, kiedy uznamy za prawdopodobne samo istnienie atomów, musimy się zastanowić nad pytaniem o wzajemnem ich położeniu, czyli o „strukturze" cząsteczek związku. Na pierwszy rzut oka pytanie o „położeniu atomów"

wygląda na próżną grę wyobraźni. W istocie stworzenie obrazów struktury związków wymagało niezwykle bujnej fantazyi. Posłuchajmy, jak przedstawia ten proces tworzenia właściwy ojciec chemii strukturalnej, sam August Kekulé.

— „Podczas pobytu w Londynie mieszkałem przez dłuższy czas na Clapham-road, w pobliżu Common'u. Wieczory przepędzałem zwykle w Islington, na przeciwnym końcu olbrzymiego miasta, u mego przyjaciela Hugona Müllera. Tutaj gwarzyliśmy o różnych rzeczach, a najczęściej o naszej umiłowanej chemii. Pewnej pięknej niedzieli wracałem znowu ostatnim omnibusem przez ulice miasta zwykle tak ludne a teraz zupełnie puste. Jak zwykle, jechałem „outside", na dachu omnibusu. Oddałem się marzeniom. Przed memi oczyma krążyły atomy. Często malowałem sobie w wyobraźni ruchy tych małych jestestw, ale dotąd nigdy mi się jeszcze nie udało wyśledzić, jakiego rodzaju są te ruchy. Dzisiaj widziałem wyraźnie, jak tu i owdzie dwa małe atomy łączyły się w pary, jak większe obejmowały po dwa mniejsze atomy, jeszcze większe zaś trzymały w objęciach po trzy i cztery, i jak to wszystko krążyło w wirujących tańcach. Widziałem, jak większe atomy tworzyły szeregi, na których końcu zawieszały się jeszcze mniejsze atomy. Widziałem więc to samo, co tak pięknie zostało namalowane przez mego szanownego nauczyciela i przyjaciela, przez mistrza Koppa, w jego świecie cząsteczek, — ale widziałem to wszystko znacznie wcześniej niż on. Głos konduktora, wywołującego „Clapham-road" obudził mnie z tych marzeń. Znalazłszy się jednak w domu, spędziłem część nocy na szkicowaniu tych obrazów, przynajmniej w ogólnych zarysach. W ten sposób powstała teorya strukturalna".

Tak, panie i panowie, chemia strukturalna jest dziełem wyobraźni, jak każdy twór artysty, jak każde genialne odkrycie uczonego. Ale z tego wytworu marzeń dały się wyciągnąć realne wnioski, i wnioski te w dziwny sposób odbijały zdarzenia świata rzeczywistego.

Widzieliśmy już w poprzednim wykładzie, jak dokładnie zgadza się ilość obrazów, odpowiadających każdemu wzorowi chemicznemu, z ilością rzeczywiście znanych połączeń. I dzięki temu właśnie wzory strukturalne, których niemałą ilość wypisałem w poprzednim wykładzie, stanowią znakomity środek do poglądowego przedstawiania mnogości „izomeronów".

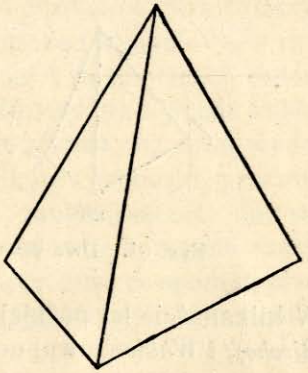
Lecz oto właśnie w państwie izomeryi zdarzyły się też pierwsze wyjątki od powyższej reguły, i one to właśnie dały naszemu bohaterowi sposobność do genialnego pogłębienia chemii strukturalnej.

Były to pary związków jednakowych pod względem składu chemicznego, nie różniących się nawet we własnościach fizycznych i tylko w jednym względzie okazujących dziwne przeciwieństwo: w zachowaniu się względem światła spolaryzowanego. Jeżeli spolaryzowane promienie świetlne, które łatwo możemy otrzymać, przepuszczając zwykłe światło przez płytkę kwarcową, wprowadzimy do roztworu jednego z tych ciał, o których mowa, to będziemy mogli stwierdzić, że płaszczyzna polaryzacyi zostanie przez nasz płyn odchylona. Ciekawem jest, że jeżeli jeden członek takiej pary związków odchyla ową płaszczyznę o pewną ilość stopni w lewo, to drugi członek odchyla ją o tyleż stopni w prawo. Przedstawiciele każdej pary ciał „optycznie czynnych" zachowują się tak, jak przedmiot i jego obraz w zwierciadle. Co dla jednego jest

prawem, to dla drugiego jest lewem. Dlatego przyjęto nazywać takie substancye *antypodami optycznemi*.

Van't Hoff zapoznał się z owemi antypodami w Paryżu, gdzie po doktoryzacyi pracował w laboratoryum Wurtza a także Pasteura. Na nich dwudziestoletni młodzieniec osnuł hypotezę, która niebawem przyniosła obfite owoce.

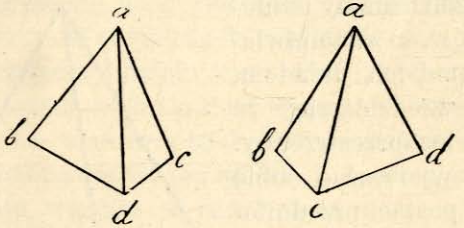
— „Jeżeli uznamy istnienie atomów, to zastanawiając się nad ich układem, musimy zgodzić się, że układ ten jest przestrzenny. Musimy wyobrażać sobie atomy w postaci przedmiotów przestrzennych, musimy ułożyć je w przestrzeni, chcąc przedstawić sobie budowę cząsteczek. Weźmy jako najprostszy przykład metan, ów węglowodór, złożony z jednego atomu węgla i czterech atomów wodoru. Układ tych atomów można w najprostszy sposób uzmysłowić sobie w postaci czworościanu, w środku którego umieścimy atom węgla, a w czterech kątach pozostałe atomy wodoru".



Rys. 60 Czworościan węgla.

To jest zasadnicze przypuszczenie, z którego płyną dalsze wnioski. Jeżeli więc cztery atomy, związane z atomem węgla, nie będą jednakowe, jak w metanie, ale różne,—wówczas otrzymamy dwa czworościany, podobne, ale nie jednakowe. Mianowicie oba czworościany nie będą przystawały do siebie. Stosunek ich będzie taki, jakim jest stosunek przedmiotu do obrazu zwierciadlanego.

I oto van't Hoff zdołał dowieść, że wszystkie znane ciała, obdarzone zdolnością skręcania płaszczyzny polaryzacyi na prawo albo na lewo, posiadają przynajmniej jeden „niesymetryczny“ atom węgla, t. j. taki, który jest związany z czterema *różnemi* atomami albo grupami atomów. Od tej chwili liczba tych optycznie czynnych związków poczęła wzrastać gwałtownie.



Rys. 61. Dwa czworościany symetryczne.

W kilkanaście lat później (a mianowicie w roku 1894) *Bischoff* i *Walden*, dwaj uczeni, szczególnie nam bliscy, ponieważ działają oni w tem samem miejscu, z którego mam zaszczyt obecnie do was przemawiać, – wydali obszerny tom, poświęcony „*stereochemii*“, t. j. nauce o układzie przestrzennym atomów. W owem dziele zdołali oni zebrać już kilkaset związków organicznych optycznie czynnych i stwierdzili, że wszystkie te związki bez wyjątku pozostają w zgodzie z przypuszczeniem van't Hoffa. Że związki te posiadają wybitne znaczenie w chemii, dowodzi tego fakt, że do nich należy zaliczyć najważniejsze produkty fizyologiczne, cukry, białka, alkaloidy.

Możnaby mniemać, że doniosłość hypotezy o przestrzennej budowie cząsteczek przyniosła jej twórcy uznanie. W rzeczywistości działo się odwrotnie. *Kolbe*, profesor chemii w uniwersytecie lipskim i wydawca Journal für praktische Chemie, wypowiedział o niej sąd następujący:

„W niedawno ogłoszonym artykule wskazałem brak ogólnego i gruntownego wykształcenia chemicznego, jako przyczynę dzisiejszego zastoju badań chemicznych w Niemczech. Ta wada, na którą ku szkodzie nauki cierpi znaczna ilość naszych profesorów chemii, spowodowuje rozrost chwastów filozofii przyrody, chcącej wydawać się uczoną i pomysłową, w rzeczywistości jednak trywialnej i pozbawionej sensu. Pokonana przed pięćdziesięciu laty przez ducha ścisłego badania przyrody, obecnie została ona znów wydobyta przez pseudo-przyrodników z komórki, przeznaczonej do przechowywania zanieczyszczeń umysłu ludzkiego. Wystroiwszy tę dziewkę w modne szaty, i pokrywszy jej lica bielidłem i różem, chcą oni ją przemycić do porządnego towarzystwa, w którem niema dla niej miejsca“.

„Komu troski te wydadzą się przesadą, ten niechaj przeczyta (jeżeli potrafi) nowo wydane dziełko panów van't Hoffa i Herrmanna o układzie atomów w przestrzeni, pełne gry fantazyi. Zamilczałbym o niem, jak o wielu innych podobnych dziełach, gdyby nie to, że jeden z wybitnych chemików, otoczył je swą protekcyą, wychwalając je, jako czyn naukowy“.

„Niejaki doktór van't Hoff, mający posadę w szkole weterynaryjnej w Utrechcie, nie gustuje widocznie w ścisłych badaniach chemicznych. Uznał on za dogodniejsze dosiąść pegaza (zapewne wypożyczonego z owej szkoły weterynaryjnej) i ogłosić w swej „la chimie dans l'espace“ to, co widział z chemicznego Parnasu, osiągniętego przezeń w śmiałym polocie: układ atomów w przestrzeni wszechświata“.

Tego rodzaju krytyka nie mogła wzbudzić w krytykowanym chęci do dalszych dociekań. Ale miała ona może i dobry skutek, ten mianowicie, że van't Hoff, porzucając sferę hypotezy atomowej, przeszedł do dziedziny ścisłych badań doświadczalnych. Szczególne zainteresowanie wzbudziły w nim zagadnienia, dotyczące *szybkości reakcyj chemicznych*.

Już powierzchowna obserwacya uczy nas, że zjawiska chemiczne w większości wypadków nie odbywają się nagle, chwilowo, lecz że wymagają *czasu*. Można więc mówić o „szybkości reakcyj chemicznych" w podobnem znaczeniu, w jakiem fizyka stosuje to pojęcie do zjawisk fizycznych, np. do ruchu albo do światła. Znane powszechnie przykłady pouczają nas o doniosłem znaczeniu pojęcia szybkości reakcyj zarówno w teoryi, jak i w praktyce. Wiadomo, że wodór i tlen, ogrzane do wysokiej temperatury (około 650°), łączą się z sobą, wywołując wybuch. Ale te same gazy mogą się łączyć i poniżej temperatury zapalenia. W temperaturze 300° łączenie się ich ze sobą trwa kilka miesięcy. W zwykłej zaś temperaturze reakcya ta odbywa się w tak wolnem tempie, że jej nawet nie możemy wcale stwierdzić. Widocznem jest więc, że mamy zupełne prawo do rozróżniania szybkich i powolnych reakcyj, że możemy określić nader obszerną skalę rozmaitych szybkości, poczynając od chwilowego wybuchu i kończąc na powolnem utlenianiu ciał organicznych, które trwać może lata i wieki.

Znajomość prawa podstawowego, określającego zależność szybkości przemian chemicznych od stanu materyi, biorącej udział w owych przemianach, zawdzięczamy dwóm szwedzkim badaczom: *Guldbergowi* i *Waagemu*. Prawo to, odkryte przez nich jeszcze

w 1867 roku, głosi, że *szybkość reakcyi znajduje się w prostym stosunku do „mas czynnych"*, czyli stężeń oddziaływających na siebie ciał.

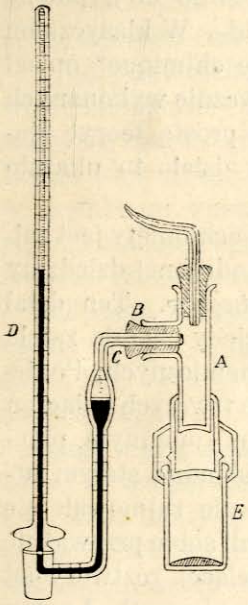
Van't Hoff, nie znając badań Guldberga i Waagego, samodzielnie odkrył to prawo, dowiódł jego ogólności i wykazał jego stosunek zarówno do hypotezy atomowej, jak i do praw energetyki. W klasycznem dziele p. t. „Études de dynamique chimique" opisał on szereg nader ciekawych i artystycznie wykonanych doświadczeń oraz podał genialnie prostą teoryę zjawisk badanych. Po raz pierwszy dzieło to ukazało się w druku w roku 1884.

A już w roku 1885 van't Hoff pochłonięty jest całkowicie zagadnieniami z zupełnie odrębnej dziedziny chemii fizycznej, z dziedziny *roztworów*. Ten dział wiedzy leżał odłogiem od czasu, kiedy chemia zajęła się wyłącznie badaniem *połączeń* chemicznych. Ponieważ roztwory w przeciwieństwie do trwałych połączeń chemicznych odznaczają się składem zmiennym, przeto chemicy w pogoni za ciałami o składzie stałym zupełnie je ignorowali. Fizycy zaś nie zajmowali się temi układami, ponieważ nie zdawali sobie przeważnie sprawy z głębokiej przepaści, dzielącej roztwory od ciał czystych, czyli indywiduów chemicznych. I w ten sposób ta obszerna dziedzina leżała zupełnie odłogiem, aż wreszcie połączenie chemii z fizyką zwróciło szczególną uwagę na zagadnienia zasadnicze, dotyczące teoryi roztworów.

Pierwszy bodziec do tego dała botanika. Botanicy wiedzieli oddawna, że w komórkach roślinnych istnieją znaczne ciśnienia, wynoszące nieraz dziesiątki atmosfer. W ogólności jednakże uważano, że te wysokie ciśnienia stanowią tajemniczą cechę komórki

żyjącej. Dopiero Pfeffer obalił ten przesąd. Zbudował on sztuczną komórkę z gliny, w której przejawiały się takie same ciśnienia.

Przyrząd, przedstawiony na załączonym rysunku, podobny jest w zasadzie do przyrządu, użytego przez Pfeffera. Składa się z cylindra szklanego, którego dolny otwór zamyka błona z pergaminu. W górny otwór cylindra wstawiono korek gumowy, przez który przechodzi rurka szklana. Cylinder ten napełniam roztworem cukru, zamykam korkiem i wstawiam do naczynia z wodą. Zobaczmy, co nastąpi. Przez błonę pergaminową przesącza się czysta woda z zewnątrz do środka cylindra. Woda ta miesza się z roztworem cukru, a że cylinder zamknięty jest korkiem, przeto woda podnosi się w rurce, co bezpośrednio spostrzegamy. W ten sposób powstaje różnica ciśnień, którą możemy mierzyć wysokością słupa wody w rurce. Chcąc lepiej uwidocznić stan wody w rurce, nalałem na powierzchnię roztworu w rurce kilka kropel zabarwionej cieczy (roztworu jodu w benzolu). Teraz oznaczam wysokość płynu w rurce kreską na kartce papieru, przylepionej do rurki, i proszę po pewnym czasie sprawdzić, o ile powierzchnia płynu w rurce zdążyła się przesunąć.



Rys. 62.
Ciśnienie „osmotyczne".

Nasuwa się tu pytanie, czemu roztwór pod wpływem ciśnienia nie przeciska się przez pergamin nazewnątrz cylindra. Oto doświadczenie dowodzi, że błona ta, przepuszczająca z łatwością wodę, nie przepuszcza rozpuszczonego w niej cukru. Tej oto własności błony w komórce Pfeffera zawdzięczamy możność stwierdzenia ciśnień, istniejących w roztworach. Ciśnienia te, wywierane przez roztwory na wszelką błonę *„pół-przepuszczalną"*, otrzymały nazwę ciśnień *„osmotycznych"*. Pfeffer zmierzył te ciśnienia osmotyczne zapomocą dokładniejszego przyrządu, składającego się z cylindra glinianego, w odpowiedni sposób spreparowanego, dla szeregu roztworów i zbadał zależność ciśnienia od temperatury i stężeń roztworów.

Wyniki, osiągnięte przezeń, interesowały początkowo wyłącznie botaników. van't Hoff dowiedział się o nich po raz pierwszy podczas spaceru w rozmowie ze znanym botanikiem de Vriesem. Przeczuł on odrazu, że te niepozorne fakty kryją w sobie zarodek ogólnej teoryi roztworów.

Ciśnienie roztworów, uwydatniające się w postaci osmozy, jest podobne do ciśnienia gazów. Różnica polega jedynie na tem, że gaz wywiera ciśnienie na wszelkie ściany, natomiast roztwór tylko na ściany pół-przepuszczalne. Ale analogia ciśnień gazów i roztworów rozpościera się na najdrobniejsze szczegóły. Liczby bowiem, przedstawiające *wielkości* obu ciśnień, osmotycznego ciśnienia roztworu i zwykłego ciśnienia gazu, okazują się jednakowemi, o ile oba układy znajdują się w jednakowych warunkach. Ale i prawa ilościowe, wyrażające zależność obu ciśnień od zajmowanej przestrzeni, od temperatury, wreszcie od istoty rozpuszczonego ciała (albo też gazu), są zupełnie identyczne. Słowem, możemy stwierdzić, że *stan ciał w roztworze*

jest zupełnie podobny do stanu tychże ciał w postaci gazowej. Doprawdy, rzadką jest w historyi rozwoju wiedzy podobna zgodność dwu zupełnie odmiennych działów zjawisk, jak ta analogia roztworów i gazów.

Wówczas kiedy van't Hoff powziął myśl o tej analogii, rozporządzał on nader szczupłym i niezbyt dokładnym materyałem liczbowym, ograniczającym się na pomiarach Pfeffera. Trzeba było nielada odwagi, aby na tej kruchej podstawie oprzeć teoryę o tak wielkiej doniosłości. Jednakże wszelkie pomiary, wykonane później z większą dokładnością, potwierdziły w zupełności słuszność teoryi van't Hoffa. Co więcej, wnioski, wypływające z przyjętej przezeń analogii roztworów i gazów, wkraczające w najróżniejsze dziedziny zarówno chemii, jak fizyki, okazały się we wszystkich wypadkach zgodnemi z doświadczeniem. W świetle nowej teoryi udało się nietylko objaśnić wiele własności roztworów, ale wprost oznaczyć ilościowo wielkości najważniejszych z nich, jako to: prężności pary, temperatur wrzenia i zamarzania i t. p. We wszystkich tych wypadkach pomiary zgadzały się ściśle z teoryą.

Jedna tylko kategorya ciał okazywała teoryi van't Hoffa zacięty opór. Były to roztwory zwykłych soli, a także kwasów i zasad. Ich własności przeczyły pod każdym względem wymaganiom teoryi. Były to te same ciała, które odznaczają się właściwością przewodnictwa prądów elektrycznych, ciała, które, pod wpływem prądów elektrycznych ulegają rozkładowi, i z tego względu jeszcze od Faradaya otrzymały nazwę „*elektrolitów*“. Te oto elektrolity wnosiły wówczas nieprzyjemny dysonans w piękną harmonię teoryi roztworów.

Tymczasem zaś badania innych uczonych sprawiły, że i pierwsze prace van't Hoffa zyskiwać poczęły coraz więcej uznania. Badania *Waldena* a także syntezy cukrów *Emila Fischera* poddały przypuszczenie o czworościanowej postaci atomu węgla wszechstronnej próbie. Próba ta wypadła nader pomyślnie dla hypotezy; sceptycyzm ustąpił na drugi plan, a jego miejsce zajęło powszechne uznanie pierwszorzędnych zasług autora. Od roku 1878 do roku 1894 van't Hoff zajmował katedrę chemii w uniwersytecie w Amsterdamie. W roku 1894 powołany został do Berlina na specyalnie dlań kreowane stanowisko w akademii nauk. Tutaj, wolny od obowiązków pedagogicznych, zarówno od wykładów, jak i od licznych egzaminów, które dla profesora są nie mniej uciążliwe niż dla słuchaczów, mógł całkowicie oddać się badaniom naukowym. Korzystając z tych dogodnych warunków, van't Hoff podjął zadanie nadzwyczajnie trudne, chociaż jednocześnie niesłychanie ważne: zbadanie historyi pochodzenia pokładów soli w Stassfurcie. Dzięki mozolnym doświadczeniom samego mistrza i jego uczniów, skierowanym ku wykryciu warunków równowagi rozmaitych soli w roztworach nasyconych, udało się rozwikłać do pewnego stopnia to złożone zagadnienie, i jakkolwiek kwestyi nie można dzisiaj jeszcze uważać za zupełnie wyczerpaną, to jednakże to, co już zostało dokonane, stanowi piękny przykład zastosowań chemii fizycznej do zagadnień geologicznych.

Zarówno stereochemia, jak i następne badania przyniosły van't Hoffowi nagrodę Nobla.

Przeglądając jeszcze raz prace tego badacza, musimy zwrócić uwagę na dwie charakterystyczne cechy: na

1) wielostronność rozpatrywanych przezeń zagadnień i na

2) krótkość czasu, potrzebnego do ich rozwiązania.

Te dwie cechy charakteryzują pierwszy okres rozwoju wszelkiego działu nauki. W takim pierwotnym okresie znajdowała się w przedostatniem dziesięcioleciu ubiegłego wieku chemia fizyczna. Ale uwzględniając nawet tę okoliczność, musimy przyznać, że uznanie nowoczesnych teoryj van't Hoffa oraz ich wprowadzenie do urzędowych rejestrów nauki odbyło się znacznie szybciej, niż to działo się z odkryciami, dokonanemi przez innych koryfeuszów nauk ścisłych. Przyczyna tego faktu leży w tem, że prawie równocześnie na widownię nauki wystąpił inny uczony, który nietylko samodzielnemi badaniami przyczynił się do rozwoju chemii nowoczesnej, ale potrafił złączyć badania innych w jednę całość, uwydatniając z rzadką w dziejach nauki bezstronnością cudze zasługi. A że oprócz tego wszystkiego ten uczony urodził się właśnie tutaj, w Rydze, że tutaj napisał swe najpoważniejsze dzieła, że wreszcie w tutejszej politechnice był przez długi szereg lat profesorem i kierownikiem pracowni, przeto mamy dość powodów do zajęcia się jego osobistością.

Osobistość ta znana będzie większości obecnych nietylko z kronik miejskich, gdyż i w tej seryi wykładów miałem już niejednokrotnie sposobność do wymienienia jej nazwiska.

Wilhelm Ostwald urodził się w Rydze w roku 1853. Ojciec jego, Gotfryd Wilhelm, był bednarzem. W późniejszym wieku był on przewodniczącym cechu a następnie intendentem cmentarza. Umarł dwa lata temu w podeszłym wieku, otoczony zaufaniem i szacunkiem współobywateli.

Rys. 63. Wilhelm Ostwald.

Wilhelm pobierał początkową naukę w szkółce rządowej znanego w owym czasie p. Fromma, poczem wstąpił do gimnazyum realnego. Profesor Walden,

który ogłosił przed niedawnym czasem interesujący życiorys Ostwalda z okazyi 25-lecia działalności naukowej tego uczonego, powiada w nim, że „Ostwald nie był wzorowym uczniem“. W rzeczywistości pomimo, iż to gimnazyum, w którem wykładano też trochę łaciny, składało się tylko z pięciu klas, Ostwald zmuszony był przebyć w niem lat siedem. Bardziej niż łacina i inne przedmioty obowiązkowe zajmowała go sztuka fajerwerków. Wkrótce fabrykacya fajerwerków poczęła się odbywać na wielką skalę. A za nią nastąpiła era doświadczeń chemicznych w kuchni pani matki. Nietrudno wyobrazić sobie, że naczynia kuchenne były podczas tych doświadczeń używane do najrozmaitszych celów. O różnych zamieszaniach, wywołanych przez ten podwójny użytek kuchni, lepiej zamilczę. Pozatem Ostwald nie gardził i innemi rozrywkami: znany hotel „Stadt Warschau“, odwiedzany regularnie przez gimnazyastów, bywał często widownią gry w bilard, uprawianej namiętnie przez przyszłego profesora.

Wreszcie w roku 1871 udało mu się zdać egzaminy ostateczne dość zadawalająco. Tylko z języka rosyjskiego musiał zdawać „poprawkę“. Teraz rozpoczęły się wolne lata uniwersyteckie. Celem studyów była chemia, a miejscem stary uniwersytet dorpacki. Stosunki były wtedy patryarchalne. Kolej, wiodąca dzisiaj z Rygi do Pskowa, wtedy jeszcze nie istniała. Żądni wiedzy młodzieńcy owej epoki musieli 250-ciowiorstową podróż z Rygi do Dorpatu odbywać końmi pocztowemi. Wesołe życie burszów niemieckich kwitło jeszcze w całej pełni; pochłonęło ono na pewien czas i Ostwalda, który wstąpił do znanej korporacyi „Rigensis“. W późniejszym wieku sam się wyraził,

że wpływ tej korporacyi uważa wogóle za dobroczynny o tyle, że odstraszony smutnemi przykładami zaprzestał później zupełnie używać alkoholu. Wreszcie kosztowała ona go niemało czasu. Ze wszystkich wykładów, które w ogólności — podług jego własnego wyznania — działały nań usypiająco, uczęszczał tylko na wykłady Karola Schmidta. Bardziej zajmującemi wydały mu się zajęcia praktyczne w pracowni, które prowadził wzorowo Lemberg. Ale to życie bez troski musiało się wreszcie skończyć. Wymówki ojcowskie zniewoliły wreszcie Wilhelma do przysiedzenia fałdów. W krótkim czasie wyuczył się tego, co zaniedbał przez lata pobytu w uniwersytecie, i już w roku 1875 zdał egzamin na stopień kandydata chemii.

Przypadek sprawił, że w tym samym czasie zawakowała posada asystenta w gabinecie fizycznym. Profesor fizyki Oettingen ofiarował ją Ostwaldowi, i w ten sposób ten ostatni wkroczył na drogę naukową. Tutaj dopiero rozwinął skrzydła do lotu. Asystentura nie wymagała wiele pracy obowiązkowej, i młody uczony mógł się całkowicie poświęcić pracy naukowej. Doświadczenia jego dotyczyły kwestyi, której sądzonem było w rękach Ostwalda rozrosnąć się do rozmiarów całej nauki. Było to zagadnienie *powinowactwa chemicznego*. Nie ulega wątpliwości, że zarówno w wyborze zagadnień, jak i w wyborze metod, stosowanych do ich rozwiązania, Ostwald ulegał wpływowi swych nauczycieli. Przedewszystkiem wymienić należy *Lemberga*, oryginała - mineraloga, z którego wyśmiewano się za jego zewnętrzne maniery, nie uznając w należytej mierze jego zasług na niwie naukowej. O ile wpływ Lemberga uwydatnił się w wyborze zagadnień, o tyle bliski stosunek z *Oettin-*

genem, który, jako profesor, wymową rozpalał słuchaczów, wpłynął niewątpliwie na rodzaj metod, stosowanych przezeń do badań. Trzecią osobą, której wpływ uwidocznił się w charakterze pierwszych prac Ostwalda, był wspomniany już wyżej Karol *Schmidt*, znany hydrolog i chemik-fizyolog (śród studentów zwany Schmidtem wodnym). W następstwie Ostwald został jego asystentem.

Ostwald pilnie pracował i szybko teraz awansował na drabinie z licznych szczebli naukowych, dotąd jeszcze stanowiących w Rosyi czyściec uczonych. W roku 1878 został magistrem, a już w rok później doktorem chemii. Ale materyalne położenie Ostwalda wciąż jeszcze pozostawiało wiele do życzenia. To też kiedy ożenił się on w roku 1880 z panną Reyher, młoda para musiała odmawiać sobie niejednej rzeczy. Ostwald był wciąż jeszcze tylko asystentem, otrzymywał 500 rubli pensyi rocznej, a z tą sumą nie można było prowadzić zbytkownego życia nawet w owych czasach i nawet w Dorpacie.

Wśród tych tarapatów nosił się on już poważnie z myślą przerzucenia się do techniki, gdy wtem na ratunek zjawiło się powołanie na katedrę chemii w politechnice ryskiej, spowodowane wstawiennictwem Karola Schmidta.

W owym czasie, kiedy Ostwaldowi zaproponowano katedrę w tutejszej politechnice, nauczanie chemii znajdowało się tu na dosyć niskim poziomie. Jak wiele innych przedmiotów, wykładano ją podług metody, odpowiedniej dla średniego zakładu naukowego, ale zupełnie nie licującej ani z powagą uczelni wyższej, ani z jej zadaniami. Teorya była zwrócona wyłącznie w kierunku zapamiętania jaknajwiększej ilości poszczególnych faktów i formułek; do zajęć praktycznych przeznaczona była piwnica, a jedynem upiększeniem tej pierwotnej pracowni chemicznej był stary typowy służący, który nazywał siebie „materyalistą".

Zapytany żartem przez studentów, co myśli o nowym profesorze, odpowiedział z powagą:

— „Zdaje się, że jest to człowiek dosyć wykształcony".

Staruszek nie omylił się w swym sądzie. Ostwald zorganizował nauczanie praktyczne, rozszerzył pracownię, i — co było nie mniej ważnem — po raz pierwszy zwrócił uwagę na przygotowanie słuchaczy do *samodzielnego* rozwiązywania zagadnień naukowych. W tym celu wprowadził „prace dyplomowe", których wykonanie stanowi do dziś dnia warunek uzyskania dyplomu inżyniera.

Politechnika ryska zawdzięcza więc Ostwaldowi bardzo wiele. On to bowiem, jako jeden z pierwszych, zbudził w niej ducha naukowego, tego ducha, którym wyższy zakład naukowy różni się od niższego. Pracując sam bez ustanku na niwie naukowej, zachęcał do niej innych, zarówno kolegów, jak słuchaczy. Przyjrzyjmy się trochę bliżej wynikom tej pracy.

Badania doświadczalne zwrócone były przedewszystkiem ku odwiecznemu zagadnieniu *„powinowactwa"* chemicznego. Co pojmowano pod tym wyrazem, którego początek, jak początek tylu innych zasadniczych pojęć naukowych, mieści się jeszcze w filozofii greckiej, w nauce Hipokratesa?

Hipokrates bowiem pierwszy wygłosił twierdzenie, jakoby te ciała, które łączą się ze sobą chemicznie, musiały być ze sobą spowinowacone, czyli musiały być mniej lub więcej podobne do siebie. Dokładne

poznanie zjawisk chemicznych doprowadziło jednak do przeciwnego wniosku. Znane przysłowie o stykaniu się sprzeczności nie znajduje nigdzie tak szerokiego zastosowania, jak właśnie w tej dziedzinie, w dziedzinie połączeń chemicznych. Im mniej dwa pierwiastki są do siebie podobne, im większem jest przeciwieństwo ich własności fizycznych i chemicznych, tem gorętszem jest ich dążenie do złączenia się. A więc właśnie najmniej podobne ciała najmocniej są ze sobą związane. Jednakże, mimo poznania tej prawdy, wyraz: „powinowactwo chemiczne“ pozostał w użyciu. Ale znaczenie jego zmieniło się: zamiast podobieństwa dwu ciał określa on dążność do złączenia., moc węzła łączącego składniki w związek.

Już oddawna, bo od czasów niezmiernie pomysłowych dociekań Bergmanna i Bertholleta, starano się określić powinowactwo jakościowo; starano się nawet rozmaite pierwiastki ustawić w szeregi, odpowiadające stopniowemu wzrostowi ich powinowactwa.

Tak np. wodór łączy się z chlorem. Powstaje chlorowodór, którego roztwór w wodzie znany jest pod nazwą kwasu solnego. Zanurzając w kwasie solnym blaszkę miedzianą, możemy zauważyć, że miedź łączy się z chlorem, uwalniając wodór. Zatem miedź wypiera wodór z połączenia tego ostatniego z chlorem. To jest bezpośredni wynik doświadczenia.

Wprowadzając pojęcie „powinowactwa chemicznego“ formułujemy *fakt* powyższy w następujący sposób:

— Miedź ma większe powinowactwo do chloru niż wodór.

Doświadczenie uczy nas, że podobnie jak miedź, wodór, żelazo wypiera miedź z połączenia miedzi z chlorem, żelazo znów wypierane bywa przez glin, ten ostatni zaś musi ustąpić miejsca potasowi lub sodowi. Na zasadzie powyższych faktów możemy ułożyć tablicę pierwiastków, w której porządek pierwiastków będzie odpowiadał wielkości ich powinowactwa do chloru, czy do tlenu, czy do innego wspólnego odczynnika. Podobne tablice powinowactwa chemicznego nie stanowią nowości. Były one znane jeszcze w 18-tem stuleciu. Pierwszym ich twórcą był *Geoffroy* w roku 1718. Ale jeszcze przed końcem owego wieku uczeni musieli się przekonać, że zagadnienie powinowactwa chemicznego jest daleko bardziej złożone, niż to się wydawać mogło na podstawie pierwszych spostrzeżeń.

Między innemi zostało stwierdzone, że ostateczny wynik walki kilku ciał o wspólny przedmiot reakcyi zależy nietylko od wielkości stałych powinowactw tych ciał, ale także od warunków przemiany, t. j. od fizycznych cech układu i jego części składowych, np. w znacznym stopniu od stanu skupienia.

Pierwszorzędne znaczenie posiada w tym względzie *masa* ciał oddziaływających. Uwydatnia się to w następującym przykładzie. Powyżej widzieliśmy, że miedź wypiera wodór z połączenia wodoru z chlorem. Jeżeli jednak zwiększymy „czynną masę“ wodoru—co uczynić możemy poddając ten gaz znacznemu ciśnieniu — to możemy osiągnąć wręcz odwrotny wynik: ściśnięty wodór wyprze miedź z połączenia miedzi z chlorem. A więc działanie miedzi na chlorowodór jest odwracalne; odbywa się ono zarówno w kierunku:

miedź + chlorowodór → chlorek miedzi + wodór,

jak i w odwrotnym kierunku:

chlorek miedzi + wodór → miedź + chlorowodór.

Podobnych przykładów nie brak zarówno w chemii nieorganicznej, jak i w organicznej. Wybitną rolę w rozwoju pojęcia o powinowactwie odegrało oddziaływanie kwasów i zasad. Przypomnijmy sobie przedewszystkiem, że kwasy łączą się nader chętnie z zasadami, że wytworami tych połączeń są sole. W ten sposób kwas węglowy łączy się z tlenkiem ołowiu, podług równania:

kwas węglowy + tlenek ołowiu = węglan ołowiu.

Jeżeli na tę sól, zawartą w kielichu, będę działał „mocniejszym“ kwasem, np. kwasem octowym, to kwas ten wyprze słabszy kwas węglowy, podług równania:

węglan ołowiu + kwas octowy = octan ołowiu + + kwas węglowy.

Kwas węglowy jest to gaz. Wydziela się on przeto podczas reakcyi w postaci pęcherzyków; są to te same pęcherzyki, które wydzielają się z wody sodowej albo z wina szampańskiego. Łatwo się przekonać, że i przytoczona powyżej przemiana nie jest jednostronna, ale odwracalna. Jeżeli bowiem rozpuścimy octan ołowiu w znacznej ilości wody i wpuścimy do roztworu kwas węglowy, to nastąpi reakcya w odwrotnym kierunku:

octan ołowiu + kwas węglowy = węglan ołowiu + + kwas octowy.

Węglan ołowiu nie rozpuszcza się w wodzie, i dlatego właśnie roztwór poprzednio przezroczysty staje się mętnym i wydziela biały proszek, który po pewnym czasie osiądzie na dnie kielicha.

Doświadczenie poucza, że obie reakcye odbywać się mogą w podobnych warunkach i że działanie obu odwrotnych procesów wytwarza pewien *stan równo-*

wagi. Ten stan równowagi zależy od *masy* wszystkich czterech ciał, uczestniczących w reakcyi. Skoro tylko zwiększymy masę jednego z nich w roztworze, stan równowagi przesunie się wnet w jednę albo w drugą stronę.

Przedmiot badań Ostwalda stanowiło właśnie zbadanie stanów równowagi, jakie wytwarzają się podczas podziału jednej zasady pomiędzy dwa kwasy o różnem powinowactwie, albo podczas podziału jednego kwasu pomiędzy dwie zasady, posiadające niejednakowe powinowactwo względem kwasów. Badania te, rozpoczęte w Dorpacie i prowadzone dalej z niezwykłą starannością w Rydze, umożliwiły po raz pierwszy nietylko oznaczenie porządku powinowactwa, ale i jego wielkości liczbą; te oznaczenia ilościowe opierały się na zasadzie pomiarów stanów równowagi w różnych reakcyach. W ten sposób samo pojęcie powinowactwa stało się pojęciem ścisłem.

Sprawiedliwość historyczna nakazuje tu zaznaczyć, że w sprawie liczbowego oznaczenia powinowactw chemicznych Ostwald miał poprzednika w Thomsenie. Ale metoda, stosowana przez Thomsena, pozwala na osiągnięcie środkami kosztownemi niezbyt wielkiej dokładności, gdy tymczasem metody, stosowane przez Ostwalda, łączą łatwość wykonania ze znaczną dokładnością, — zalety, które w naukach ścisłych cieszą się szczególnem i zasłużonem uznaniem.

Zatrzymałem się tu dłużej nad pierwszemi pracami naukowemi Ostwalda, gdyż do dziś dnia są one mało znane nawet w gronie specyalistów. Jest to los wspólny wielu pracom zasadniczym, otwierającym nowe dziedziny faktów: dopóki brak im teoryi, nie wzbudzają należytego uznania, a gdy wreszcie zosta-

ną w teoryę ujęte, znikają w jej cieniu. Podobne są do fundamentów okazałego gmachu: przechodzień mija je, zwracając uwagę na wieżyce i zewnętrzne upiększenia; kto bardziej się nim interesuje, zajrzy i do wnętrza; ale fundamenty zostają przed okiem ludzkiem ukryte; zaledwie po lat dziesiątkach, gdy gmach uledz musi przebudowie, zabierają się do fundamentów i znajdują tam nieraz skarby ukryte.

Tak i w danym przypadku. Prace nad powinowactwem kwasów, początkowo przez ogół niezrozumiane, ujęte zostały przez genialną hypotezę Arrheniusa; złożone przypadki równowagi stały się ewidencyą, prawa empirycznie wykryte — prostym wynikiem założeń. Cóż dziwnego, że w rozwoju hypotezy zapomniano o jej podstawach doświadczalnych. I Ostwald sam nie powrócił do badań dawniejszych. A jednak przewidywać należy, że nauka do nich jeszcze wróci i te podstawowe zjawiska kiedyś znów wystąpią na porządek dzienny. Wówczas odnajdzie się niejedna perła w tych nawpół zapomnianych pracach.

Mniej więcej w tym samym czasie, kiedy Ostwald trudził się nad oznaczeniem powinowactwa kwasów, wystąpił na widownię nowy uczony. *Svante Arrhenius*, fizykochemik szwedzki, ogłosił w 1885 roku rozprawę, traktującą o elektrycznem przewodnictwie roztworów soli, kwasów i zasad. Wszystkie wymienione tu ciała, zwane powszechnie „elektrolitami“, odznaczają się zdolnością przewodzenia prądu elektrycznego. Ale zdolność ta, która znana była już Faradayowi, nie jest jednakowa we wszystkich elektrolitach. Zapomocą stosunkowo prostej metody można zdolność tę mierzyć i przewodnictwo określić liczbą. Arrhenius wykonał znaczną ilość oznaczeń tego rodzaju i porównywając otrzymane wyniki — przekonał się, że te kwasy,

które są najlepszemi przewodnikami prądu, posiadają najsilniejsze powinowactwo względem zasad, i odwrotnie: im mocniejszym jest dany kwas, tem większą okazuje się wielkość przewodnictwa elektrycznego.

Ostwald postarał się sprawdzić ten pogląd.

Rys. 64. Svante Arrhenius.

— „W celu doświadczalnego sprawdzenia tego poglądu—pisze Ostwald w roku 1884—poczyniłem już przed rokiem pewne badania, które jednakże uległy przerwie wskutek innych zajęć. W tym samym czasie pan Svante Arrhenius doszedł odmienną drogą do tych samych wyników i ogłosił je w dwu rozprawach, roz-

wijając godną uwagi teoryę powinowactwa chemicznego. Autorowi prac tych, stanowiących jedno z najważniejszych odkryć w dziedzinie teoryi powinowactwa, należy się nietylko pierwszeństwo ogłoszenia, lecz wogóle pierwszeństwo powzięcia tej idei. Z drugiej strony jednakże sprawa jest zbyt ważna, aby to stać miało na przeszkodzie ogłoszeniu doświadczeń, wykonanych przeze mnie, które rozszerzają znacznie niezbyt obfity materyał porównawczy, jakim rozporządzał badacz szwedzki".

Od ogłoszenia tej pracy datuje się przyjaźń obu uczonych: Ostwalda i Arrheniusa. W roku 1886 Arrhenius przyjechał do Rygi, aby na miejscu poznać metody, stosowane przez Ostwalda. Tutaj, w pracowni Ostwalda oraz podczas spacerów nad wodami Bałtyku, odbywała się żywa wymiana zdań, tu rzucone były śmiałe plany, wygłaszane śmiałe przepowiednie co do rozwoju chemii fizycznej, oczekiwania, które później rzeczywistość znacznie przewyższyła. Jeżeli w tem zbliżeniu i wzajemnem zapłodnieniu umysłów nie bez słuszności upatrywać możemy źródło powstania teoryi jonów, to z drugiej strony dowodzi ono i tego, że Ostwald pierwszy uznał tę teoryę, przejął się jej doniosłością i przeprowadzenie jej wytknął sobie za cel życia.

W 1887 roku Ostwald został powołany do Lipska na katedrę chemii fizycznej. Była to pierwsza samodzielna katedra tej młodej nauki, a pracownia otwarta przez Ostwalda, — pierwszą pracownią, poświęconą systematycznym badaniom fizyczno-chemicznym. Tutaj mógł on rozwinąć szerszą i skuteczniejszą działalność niż w politechnice ryskiej.

Prawie jednocześnie z tym faktem odbyła się

w chemii fizycznej rewolucya, która wywarła doniosły wpływ nietylko na ten dział wiedzy, lecz i na kierunek dalszej działalności Ostwalda. W tym samym roku bowiem z inicyatywy i pod kierunkiem Wilhelma Ostwalda i Jakóba Henryka van't Hoffa poczęło wychodzić czasopismo, poświęcone wyłącznie sprawom chemii ogólnej. Nowy organ, zwany *„Zeitschrift für physikalische Chemie"*, miał zadanie utorowania drogi nowym prądom, które w ostatnich latach poczęły nurtować w chemii. Pierwszy tom wspomnianego czasopisma przyniósł dwie niewielkie i niepozorne rozprawy: J. H. van't Hoffa: „O znaczeniu ciśnienia osmotycznego w analogii pomiędzy roztworami a gazami" i Svante Arrheniusa „O dysocyacyi ciał rozpuszczonych w wodzie". Dwie te rozprawy stanowią zawiązek, z którego rozwinęła się cała teorya jonów: śmiałe, choć na pozór powierzchowne idee, stały się punktem wyjścia dla całego szeregu badań ścisłych, eksperymentalnych, źródłem nowych praw poszczególnych; a wynikiem tej szybko następującej ewolucyi było stwierdzenie śmiałych założeń van't Hoffa i Arrheniusa w całej rozciągłości.

Mówiąc o teoryi roztworów van't Hoffa, zaznaczyłem już, że pewne kategorye ciał, a mianowicie: sole, kwasy i zasady, stanowiły wyjątek od ogólnych praw roztworowych van't Hoffa. Ciśnienie osmotyczne roztworów tych ciał okazało się *większem*, niż to, jakie było wymagane przez teoryę. Różnice były dosyć znaczne, i chcąc usunąć te niemiłe wyjątki, należało uciec się do radykalnego środka, a mianowicie przypuścić, że sole i t. p. substancye rozkładają się w roztworze na części składowe, podobnie jak to dowiedzione zostało względem gazów i par, posiadających gęstości

mniejsze od normalnych. To przypuszczenie uczynił Arrhenius we wzmiankowanej rozprawie o dysocyacyi soli. *Sole* podług niego *ulegają w roztworach wodnych rozkładowi* na swe części składowe. Są to te właśnie odłamki, które przenoszą na sobie ładunek elektryczny i które jeszcze od Faradaya otrzymały nazwę *„jonów“*. W ten sposób naprzykład zwykła sól, czyli chlorek sodowy, rozkłada się na dodatni jon sodu i odjemny jon chloru:

$$\text{chlorek sodu} \rightleftarrows \overset{+}{\text{sód}} + \overset{-}{\text{chlor}}.$$

Wskutek dysocyacyi soli ilość cząsteczek w roztworze ulega zwiększeniu, a ponieważ ciśnienie osmotyczne zależy od tej ilości, więc powinno ono być większe od normalnego. W ten sposób wyjaśnione zostały wyjątki od prawa roztworów.

Ale pomimo to *hypoteza jonowa* wywołała gwałtowny opór i to przeważnie ze strony chemików. I nie bez przyczyny. Albowiem podług hypotezy tej chlorek sodowy, wchłaniany przez nas w znacznej ilości potraw i w znacznych masach, w postaci zwykłej soli kuchennej, ma w roztworze rozpadać się na sód i na chlor. Wszakże wiemy już, że sód to metal, że płonie on w zetknięciu z wodą, że podczas tego zachodzi gwałtowna reakcya, skutkiem której wydziela się wodór. Z drugiej zaś strony wiadomo, że chlor jest gazem, że posiada, przykry, duszący zapach, że odznacza się wreszcie żrącemi własnościami, których ślady niestety niejednokrotnie spostrzegamy na bieliźnie. Sól kuchenna na szczęście nie posiada zupełnie tych własności. Nie rozkłada ona wody, jak sód, nie wydziela przykrego zapachu chloru.

To był najcięższy argument, wytaczany przez opozycyę przeciwko Arrheniusowi. Nietrudno było jednakże obalić ten zarzut.

„Hypoteza jonów“ bynajmniej nie twierdzi, że chlorek sodu, czyli sól kuchenna, rozpada się na *metaliczny* sód i na *gazowy* chlor. Sól rozpada się na *jon sodu* i na *jon chloru*. Wiadomo zaś, że wiele pierwiastków może istnieć w kilku postaciach, które zwiemy wówczas *odmianami alotropowemi* danego pierwiastku. Tak np. znamy dwie różne odmiany fosforu: białą i czerwoną. Nie mniejsze różnice wykazują trzy znane odmiany węgla: zwykły węgiel bezkształtny, grafit i cenny dyament. Podobnie i jony są—stosownie do hypotezy Arrheniusa – alotropowemi odmianami pierwiastków albo rodników. Są one obdarzone znacznemi ładunkami elektrycznemi dodatniemi albo odjemnemi i wskutek tego posiadają własności odmienne od własności zwykłego sodu i zwykłego chloru. Z chwilą, gdy pozbawimy jony ich ładunku elektrycznego, przechodzą one w zwykłe ciała i okazują swe zwykłe własności: sód rozkłada wodę, chlor wydziela się, jako gaz zielony.

Drugi argument przeciwko teoryi jonów—tym razem fizycznej natury — polegał na tem, że wydawało się trudnem do zrozumienia, czemu dodatnie jony nie wyładowywują się w zetknięciu z odjemnemi. Zarzut ten jednak wyjaśnić się daje w ten sposób, że jony zawieszone są w rozpuszczalniku, spełniającym czynność izolatora, jak np. szkło w butelce lejdejskiej. Wyjaśnienie to znalazło następnie oparcie w teoryi Nernsta, podług której *te* rozpuszczalniki rozkładają sole na jony, które posiadają znaczną stałą dielektryczną.

W ten sposób udało się obalić jeden po drugim zarzuty, czynione teoryi jonów. Najrozmaitsze zjawiska elektrochemiczne wykazały zupełną zgodność z tą

teoryą. Luźne fakty związane zostały ze sobą węzłem wspólnych pojęć i praw. Do elektrochemii wprowadzona została ogólna myśl przewodnia, dzięki której można było nietylko objaśnić to, co już było wiadomem, ale przewidzieć wiele rzeczy nieznanych. I oto na fundamencie tych wiadomości teoretycznych powstała rychło *elektrochemia techniczna*, sprawiająca dzisiaj poważną konkurencyę zwykłym metodom chemicznym w wielu działach przemysłu.

Łatwo pojąć, że rozwinięcie zasadniczej idei Arrheniusa wymagało ogromnego nakładu pracy, w postaci licznych badań specyalnych, dotyczących najrozmaitszych zagadnień, związanych z teoryą jonów. Ta praca wykonana została w znacznej części w lipskiej pracowni chemii fizycznej.

Leżą przede mną cztery tomy, zatytułowane „Prace laboratoryum fizyczno-chemicznego w Lipsku". Zawierają one liczne badania, dokonane przez samego Ostwalda, jego asystentów, wreszcie przez szereg uczniów gwoli uzyskania tytułu doktora filozofii; ale prócz doktorantów zjeżdżali się też do Lipska ludzie dojrzali, którzy pod kierunkiem mistrza pragnęli się wyspecyalizować i wykonywali nieraz obszerne badania. Rozprawy, zawarte w tych czterech tomach, dotyczą przeważnie teoryi jonów i jej zastosowania do kwestyj poszczególnych: powinowactwa kwasów i zasad, budowy soli złożonych, teoryi stosów i polaryzacyi i t. p. Jeżeli zważymy, że badania te wykonane zostały w okresie dziesięcioletnim, że złożyła się na nie praca kilkudziesięciu pracowników, różniących się co do wykształcenia, zdolności i poglądów, to mimowoli przejąć się musimy podziwem wobec harmonijnego wrażenia, jakie sprawia ta całość, zbudowana z mozaikowych cegiełek. Ta harmonia i jedność idei w pracach laboratoryum fizyczno-chemicznego dowodzi najwymowniej żywego udziału, jaki sam Ostwald miał w ich wykonaniu.

Chcąc zobrazować sposób powstawania tych prac, cofnę się myślą we własną przeszłość, gdy po kilku latach studyów w uniwersytecie lipskim udałem się po raz pierwszy do prof. Ostwalda z prośbą o przyjęcie mnie w poczet swych uczniów. Ostwald miał zwyczaj traktowania każdego noworodka chemicznego, jak równego sobie uczonego.

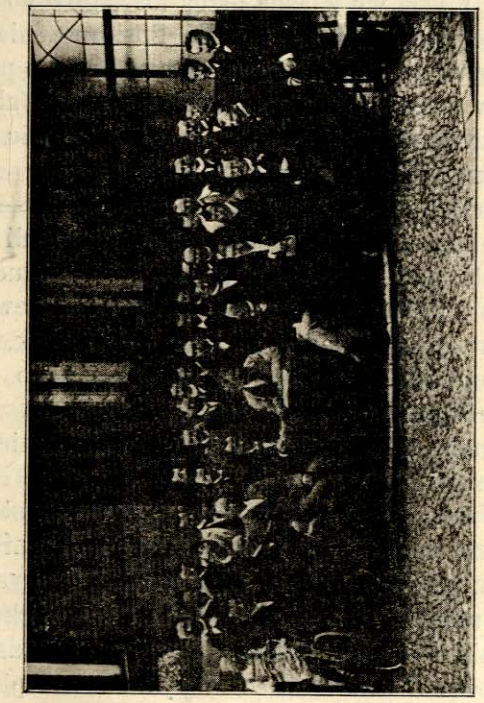
— „Przykładam ogromną wagę do tego — rzekł do mnie—aby uczniowie moi sami wyszukiwali sobie zagadnienia, nad któremi pragną pracować. Słuchając wykładów i czytając książki, zauważył pan niewątpliwie luki w naszej wiedzy. Jednę z takich luk, która najbardziej pana interesuje, wybierzemy jako temat przyszłej rozprawy doktorskiej".

Przyznaję, że ta pierwsza rozmowa zupełnie mnie oszołomiła.

— „Jakto—myślałem—więc nauka nie stanowi zaokrąglonej całości, lecz jest poszarpana lukami? I zamiast zamknąć oczy na te niedoskonałości systemu, zamiast lubować się w fantazyi pięknem wykończeniem nauki,—mamy szukać umyślnie tych dziur ze świecą w ręku? One to więc mają stanowić pierwiastek dalszego rozwoju wiedzy.

Po upływie kilku dni udałem się powtórnie do mistrza, niosąc mu w ofierze wiązankę najniedorzeczniejszych pomysłów, na jakie mógłby się zdobyć chyba zulus, skazany na rozwiązanie kwadratury koła. Mimo usilnych starań wydobycia z tych pomysłów ziarnka prawdy, musiałem wreszcie przyjąć temat do

mej pracy z rąk Ostwalda, czego też później wcale nie żałowałem. Początkowo czułem się w położeniu człowieka, uczącego się pływać. Zawisły na pasku, zacząłem mechanicznie wykonywać przepisane ruchy; sko-

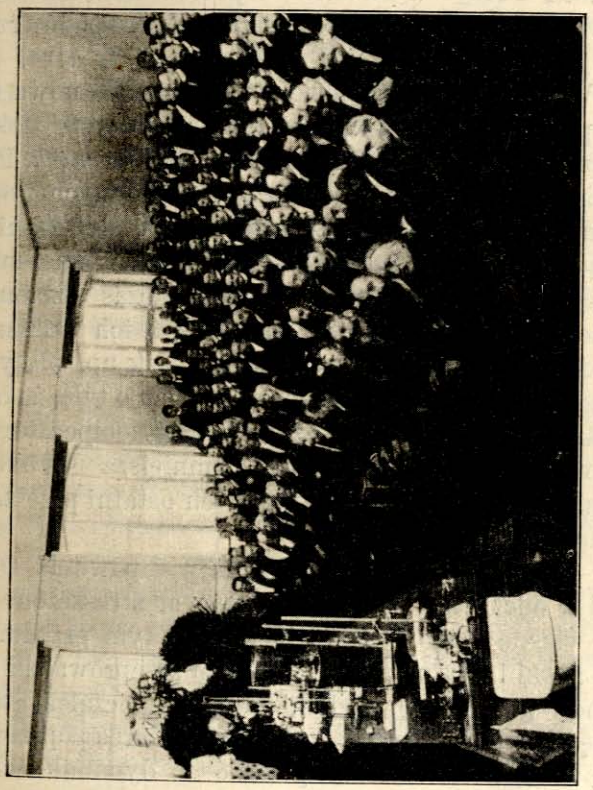


Rys. 65. Ostwald w gronie uczniów.

ro jednak nauczyciel opuszczał wędkę, zaczynałem wnet tonąć. Aż wreszcie nauczyłem się pływać w tem środowisku i z wąskiego stawu ośmielałem się już wypływać na niezmierzone jezioro przyrody.

Pracownia lipska znajdowała się podówczas w okresie najbujniejszego rozkwitu. Zastęp adeptów

wzrastał z każdym rokiem. Obok młodych doktorantów pracowali starzy profesorowie, obok Niemców liczni cudzoziemcy, w szczególności zaś Anglicy i Amerykanie. Jednocześnie zaś same prace stawały się coraz



Rys. 66. Uroczystość otwarcia „Instytutu Chemii fizycznej“ w Lipsku.

bardziej różnolite. Stara pracownia okazała się niewystarczającą. I oto w roku 1897 został uroczyście otwarty nowy „instytut chemii fizycznej“, wybudowany kosztem rządu saskiego, podług specyalnych planów Ostwalda.

Ze wszystkich stron świata zjechali się uczniowie, przyjaciele i koledzy mistrza, aby wziąć udział w uroczystości otwarcia nowego instytutu. W sali wykładowej, dzisiaj odświętnie przybranej, Ostwald wygłosił odczyt o katalizie, a potem demonstrował doświadczenia z ciekłem powietrzem, które podówczas było jeszcze nadzwyczajną rzadkością.

W nowym instytucie rozpoczęta została nowa serya prac, mająca na celu zbadanie nowej dziedziny chemii fizycznej: dziedziny *zjawisk katalitycznych*. Pod tą nazwą rozumiemy działania nader drobnych ilości rozmaitych substancyj, zwiększających albo zmniejszających szybkość reakcyj chemicznych. Same substancye katalityczne nie ulegają podczas działania żadnej widocznej zmianie, i sam sposób ich działania dotąd jeszcze nie jest wyjaśniony. Tak np. platyna przyspiesza łączenie się wodoru z tlenem o tyle, że oba te gazy łączą się ze sobą już w zwykłej temperaturze. Odwrotnie kropla terpentyny zmniejsza szybkość utlenienia fosforu w powietrzu, i ten ostatni przestaje wskutek tego świecić.

— „Kiedy przed czterema laty — powiada Ostwald w odczycie o katalizie, w którym streszczone są jego własne i jego uczniów badania w tym przedmiocie — lipski instytut chemii fizycznej przeprowadził się do nowego, pięknego domostwa, rozpocząłem tam pracę nie bez obawy o przyszłość. Okres poprzedni był owocny. Wielkie działy, jako to dynamika chemiczna i elektrochemia, uległy znacznemu postępowi; zdawało się, że nowemu instytutowi pozostało, miast wypraw zaborczych do nieznanych krajów, jedyne trzeźwe zadanie: opracowanie rzeczy zdobytych. Wówczas powiedziałem sobie: cząstkę dziewiczego lasu musimy dla siebie zachować i z rozkoszy przenikania tam, gdzie nikt nie stąpał, rezygnować nie myślimy. A ze wszystkich dróg, jakie prowadziły do tego celu, żadna nie wydała mi się tak wdzięczną i tak obiecującą, jak kataliza".

Szereg badań ostatnich lat dowiódł wymownie, że nadzieje te nie zawiodły. Podobnie jak w pierwszych pracach Ostwalda pojęcie powinowactwa, tak tutaj pojęcie katalizy zostaje po raz pierwszy ściśle określone i odgraniczone. Miejsce hypotetycznych „reakcyj pośrednich", do których uciekano się dotąd w dążeniu do wytłumaczenia tajemniczych zjawisk katalitycznych, zajmują pomiary liczbowe szybkości reakcyi. Prawa katalizy uznane zostają za zgodne z zasadami energetyki.

W ogólnych zarysach poznaliśmy trzy główne kierunki badań doświadczalnych Ostwalda i jego szkoły: studya nad *powinowactwem* kwasów i zasad, badania *elektrochemiczne*, wreszcie prace z dziedziny *katalizy*. Ale główne znaczenie Ostwalda w historyi rozwoju wiedzy polega nie na tych badaniach szczegółowych.

W liście, pisanym do mnie w roku 1903, Ostwald nie bez żalu charakteryzuje swą działalność naukową, jako bardziej *systematyzującą* niż twórczą. Nie brak w tem słuszności. Główne dzieło Ostwalda, podręcznik chemii ogólnej, a następnie założone przez niego i przez van't Hoffa czasopismo, które prócz badań oryginalnych różnych autorów zawierało sprawozdania i krytyki wszystkich ważniejszych prac i dzieł, skreślone ręką samego Ostwalda, — nadały kierunek dalszego rozwoju nietylko chemii fizycznej, ale wogóle nowo-

czesnej chemii. Streszczając to wszystko, dochodzimy do wniosku, że Ostwald ma w chemii nowoczesnej podobne znaczenie, jakie miał Berzelius w początkach 19-go stulecia. Nie wsławił on swego nazwiska żadnem odkryciem praw i rzeczy nowych. Ale ujął w system at to, co było, i zakreślił drogę na przyszłość.

Ale nie w jego naturze leży zagłębianie się w szczegóły. W miarę tego, jak chemia fizyczna poczyna się różnicować, w miarę wzrostu ilości prac doświadczalnych i teoretycznych, w miarę specyalizacyi badań, Ostwald obojętnieje względem własnego dzieła. Zbyt jest wielostronny, aby mógł dać się pochłonąć przez szczegóły mozaiki prac naukowych.

Z pośród rozmaitych przejawów tej wielostronnej działalności należy przedewszystkiem zaznaczyć działalność pedagogiczną. Nie jest on mówcą, i wykłady jego nie czyniły wrażenia zwykłych prelekcyj profesorskich, raz na zawsze opracowanych i z semestru na semestr bez zmiany powtarzanych. Ostwald wygłaszał zawsze to, co go w danej chwili najbardziej interesowało. Myśl jego formowała się w trakcie wykładu, i dlatego wykłady nie były dla początkujących dostatecznie zrozumiałe. Lecz kto w pracowni miał sposobność wniknąć głębiej w bieg myśli profesora, ten znajdował w słuchaniu jego wykładów nietylko przyjemność, lecz wynosił z nich zapas nowych zagadnień i krytyki. Te cechy trafnie scharakteryzował Walden w życiorysie Ostwalda.

— „Istnieją trzy kategorye pedagogów: do pierwszej należą tacy, którzy uważają ucznia za stworzenie nizkie i odrzucają wszelką myśl wzajemnego zbliżenia

się; są to resztki przeszłości, jakie dotąd częstokroć spotykamy w średnich zakładach naukowych. Pedagodzy drugiej kategoryi starają się sami zejść na stanowisko ucznia, wdrożyć się w bieg jego myśli; są to znakomici pedagodzy, klasyczni popularyzatorowie wiedzy. Ostwald należy do trzeciej kategoryi, dotąd mało rozpowszechnionej: zamiast zniżać się do ucznia, stara się on wznieść go do własnego poziomu. Im więcej zaufania położymy w zdolnościach ucznia, tem więcej potrafimy zeń wydostać“—oto motto pedagogicznej działalności Ostwalda“.

Ten systemat pedagogiczny nie uwydatniał się nigdzie tak wyraźnie, jak w pracowni, w kierowaniu samodzielnemi pracami uczniów. Widzieliśmy już, jak owocną była ta praca. Liczne rozprawy doktorskie, jakie wyszły z pracowni lipskiej, nie stanowią odłamków jednego tematu: każda z nich przedstawia odrębną całość, zamkniętą w sobie, a jednak wiążącą się harmonijnie z innemi. Żadna z nich nie nosi nazwiska mistrza. A jednak, ile pracy i pomysłów Ostwalda w nich się zawiera!

Szerszą działalność pedagogiczną rozwinął on w szeregu podręczników: chemii ogólnej (t. zw. „mały Ostwald“), chemii analitycznej i nieorganicznej, ostatnio zaś w „Szkole chemii“, książce o zakroju zupełnie elementarnym. „Szkoła chemii“, napisana w formie dyalogów, zaleca się w szczególności do łatwego poznania początków chemii.

Wszystkie te dzieła stanowią dalszy ciąg wykonania programu, zawartego w śmiałej tezie z r. 1878 „nowoczesna chemia wymaga reformy“. A reforma ta polega na przemianie chemii z nauki opisowej w rozumową, na znajomości ścisłych praw opartą, doty-

cze zaś ona nietylko pracy badacza, ale rozpościera się i na wykształcenie osobnika. Dzieła pedagogiczne Ostwalda, jako pierwszy krok na tem polu, nie są pozbawione pojedyńczych usterek, które sprawiły, że spotkały się z oceną nie wszędzie przychylną i nie zawsze słuszną. Pierwsze z nich, a szczególniej „Zasady chemii ogólnej“ noszą na sobie to samo piętno, co jego wykłady: zawierają zbyt wielkie wymagania co do wiadomości, zdolności i giętkości myśli czytelnika. Następne dzieła stopniowo uwalniają się od tego zarzutu, a w „Szkole chemii“ talent jego osiągnął szczyt popularyzacyi.

W wykładzie dzisiejszym starałem się naszkicować w ogólnych zarysach rozwój działalności naukowej Ostwalda. Rzućmy raz jeszcze okiem na rozwój jego *myśli*. Z badań nad równowagą chemiczną wyłania się pojęcie o *powinowactwie*, jako wielkości stałej i dającej się mierzyć. Z kolei pojęcie powinowactwa okazuje się częścią składową ogólniejszego jeszcze pojęcia *energii*. To ostatnie pojęcie jest tak szerokie, że oprzeć na niem można całkowity układ chemii ogólnej, i wszelkie zjawiska chemiczne — za wyjątkiem stosunków stechiometrycznych—uważać za przemiany innych rodzajów energii na energię chemiczną. Ten układ znajduje zastosowanie praktyczne w „chemii ogólnej“. Niema w tym układzie miejsca dla wzorów strukturalnych i kwestyi budowy materyi, a wreszcie samo pojęcie materyi ustępuje na plan drugi. Ta ewolucya nie odbywa się w umyśle Ostwalda raptownie, lecz stopniowo. Jeszcze w roku 1878 podaje on w dysertacyi doktorskiej tezę, że „położenie

atomów w cząsteczce daje się oznaczyć“, w roku 1884 w „liście otwartym do Albrechta Raua“ przypisuje atomom istnienie przedmiotowe, w roku 1887 w wykładzie wstępnym „o energii i jej przemianach“ obok materyi stawia energię, jako pojęcie substancyalne, a w roku 1895 w „krytyce materyalizmu naukowego“ zaprzecza materyi prawa bytu. Pojęcie energii, jako rzeczy realnej, i metodyka nauk ścisłych, starająca się wszelkie zjawiska ująć w liczby, wystarczają mu już nietylko do ogarnięcia procesów chemicznych, ale do objęcia całości wiedzy ludzkiej: na tych dwu zasadach opiera on układ filozoficzny, zawarty w „wykładach o filozofii przyrody“.

Dociekania *filozoficzne* Ostwalda wywołały znaczne niezadowolenie w szerokich kołach, przeważnie wśród badaczów nauk ścisłych. Czy słusznie? Odpowiedź na to dać może historya filozofii, która toczy się powolnie po drodze nierównej i trudnej. Czy przyrodnik jest wogóle do takich dociekań uprawniony? Na to odpowiedź znaleźć nietrudno. Odkąd człowiek po raz pierwszy zastanawiać się począł nad swym stosunkiem do otaczającej go przyrody, nurtować będą po wsze czasy umysł ludzkości wieczne zagadki: powstanie wszechświata, znikomość lub trwałość osobnika, zagadki życia i śmierci. Od poezyi wierzeń religijnych i od wybujałych marzeń metafizyki ludzkość zwraca się do nauk ścisłych po odpowiedź na te pytania. Dziś już nikt nie może zaprzeczyć wpływu, jaki rozwój nauk ścisłych wywarł na tej drodze. Odmawiać dziś chemii prawa zabierania głosu w tej sprawie, jest toż samo, co zepchnąć ją na stanowisko służebnicy naszych potrzeb materyalnych. Można nie doszukać się w „filozofii przyrody“ Ostwalda żelaznej

konsekwencyi, cechującej dzieła klasyków filozofii, ale to chyba nie ulega kwestyi, że ze wszystkich układów filozofii ten najbardziej odpowiada obecnym wynikom nauk ścisłych, podobnie jak filozofia materyalistyczna najbardziej odpowiadała wynikom wiedzy połowy ubiegłego stulecia.

W ostatnich czasach pisma przyniosły wiadomość, że Ostwald usunął się zupełnie z zajmowanej przez siebie katedry, że porzucił zupełnie działalność pedagogiczną, aby w ciszy gabinetu cały czas wolny oddać wyłącznie pracy naukowej. Dla tych, których łączyły z mistrzem stosunki osobiste, wiadomość ta, jakkolwiek w wysokim stopniu zasmucająca, nie była jednakże zupełnie niespodziewaną, gdyż Ostwald nosił się już od dłuższego czasu z myślą opuszczenia katedry lipskiej.

Jeżeli zechcemy szukać rozwiązania tej zagadki psychologicznej, to klucz do niej znajdziemy w jego własnych słowach:

„Uczony, zajmujący posadę uniwersytecką, może działać w trzech kierunkach: jako nauczyciel, jako badacz i jako literat. Jeśli z tego punktu widzenia poddamy krytyce działalność największych naszych uczonych, to przekonamy się, że działali oni częstokroć tylko w jednym kierunku, czasem w dwu, lecz niewielu zaledwie potrafiło dokonać potrójnej pracy. Ale i ci prędzej lub później ulegali zmęczeniu i stawali przed koniecznością wyboru nauki albo pedagogii".

Ostwald wyboru już dokonał, i życzyć tylko wypada, aby w nowem otoczeniu i w nowych warunkach pracy znalazł środek do osiągnięcia przedsięwziętych zadań.

Źródła: *L. Meyer.* Zasady chemii teoretycznej; przeł. Br. Znatowicz. Warszawa 1899.

J. H. van't Hoff. La chimie dans l'espace. Rotterdam 1875.

J. H. van't Hoff. Études de dynamique chimique. Amsterdam 1884.

J. H. van't Hoff. Lois de l'équilibre chimique. Svenska Vetenskaps Akad. Handlingart 21. № 17. Ostwalda Klasycy № 110. Lipsk 1900.

J. H. van't Hoff. Wie die Theorie der Lösungen entstand? Ber. chem. Ges. *27*, 1 (1893).

J. H. van't Hoff. Vorlesungen über physikalische Chemie. Brunświk 1898.

J. H. van't Hoff. Acht Vorträge über physikalische Chemie. Brunświk 1902.

W. Ostwald. Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Lipsk 1893–1908.

W. Ostwald. Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie. Lipsk 1901. Tłumaczenie polskie *Horwitza* i *Michalskiego*. Warszawa 1904.

W. Ostwald. Grundriss der allgemeinen Chemie. Lipsk 1899.

W. Ostwald. Grundlinien der anorganischen Chemie. Lipsk 1904.

W. Ostwald. Die Schule der Chemie. Brunświk 1904.

E. Cohen. Jacobus Henricus van't Hoff Lipsk 1899.

P. Walden. Wilhelm Ostwald. Lipsk 1904.

M. Centnerszwer. 25-lecie działalności naukowej profesora Ostwalda. Chem. Pol. t. *3*, str. 1169 (1903).

M. Centnerszwer. Teorya jonów. Warszawa 1900.

WYKŁAD DZIESIĄTY.

Nowe pierwiastki.

Treść: Przypuszczenie złożonej budowy pierwiastków.— Pierwsze próby wykrycia peryodyczności we własnościach pierwiastków.— Dymitr *Mendelejew*.—Skutki układu peryodycznego.—Grupa zerowa, czyli gazy szlachetne.—William *Ramsay*.—Nowe promienie.—Małżeństwo *Curie*.—Polon.—Odkrycie radu w smółce (blendzie) uranowej.—Aktyn.—Własności radu.—Przemiana pierwiastków.

Panie i panowie.

W jednym z poprzednich wykładów starałem się uwidocznić zmienne koleje, jakie przejść musiało pojęcie „pierwiastku", zanim zdołało osiągnąć tę prostotę i jasność, która sprawia, że obecnie od tego pojęcia zaczyna się zwykle każdy, nawet najbardziej elementarny wykład chemii. Ale jednocześnie każdemu, zarówno specyaliście, jak i początkującemu, rzuca się w oczy rażąca wada układu chemicznego, opartego na współczesnem pojęciu pierwiastku: jest to „*mnogość*" pierwiastków.

W istocie wrodzone człowiekowi dążenie do upraszczania i w tym przypadku nasuwa myśl o jedności materyi, wywołuje wiarę w istnienie *jednego* prapier-

wiastku, z którego zrodzone zostały inne zwykłe pierwiastki. Niestety, rozwój wiadomości chemicznych nie przyniósł — do ostatnich czasów — ani jednego faktu, mogącego uchodzić za niezłomny dowód takowego przypuszczenia, a natomiast—jak gdyby przez ironię—dostarczał wciąż faktów, zdających mu się wprost zaprzeczać.

Przedewszystkiem niemożność sztucznej przemiany pierwiastków, wskazana przez liczne próby otrzymania złota, podjęte przez alchemików, mogła uchodzić za dowód wielorakości materyi. A coraz nowe odkrycia nieznanych dotąd ciał elementarnych zdawały się mówić, że liczba pierwiastków zamiast się zmniejszać ulega bezustannemu wzrostowi.

Ale wiara w jedność wszechświata była w tym przypadku tak mocną, że nie dawała się pokonać; nie znajdując poparcia w bezpośrednich dowodach, starała się ona uchwycić dowody pośrednie w rozlicznych własnościach pierwiastków.

Jedną z takich własności, charakteryzującą bardziej niż inne indywidualność pierwiastków, poznano rychło w „*ciężarze atomowym*". Wiemy już, że liczby te, przytoczone w „tablicy wag atomowych" na str. 187, są nader ważnemi stałemi, że przedstawiają one jednostki wagi, indywidualne dla każdego poszczególnego pierwiastku, te ciężary, które brać należy podczas porównywania rozmaitych pierwiastków ze sobą.

Proste porównanie uwydatni nam jeszcze raz doniosłość praktyczną tych wielkości.

Znanym i łatwym do zrozumienia jest fakt, że rozmaite metale posiadają niejednakową cenę; uwidocznia się to wówczas, kiedy chcemy zamienić jeden metal na drugi. Wówczas nie zamieniamy funta

na funt albo łuta na łut, lecz bierzemy niejednakowe wagi obu metali, odpowiadające temu stosunkowi, w jakim znajdują się ceny obu metali.

Podobnie i w chemii. Niejednokrotnie mieliśmy sposobność przekonania się, że i tutaj zachodzą zjawiska, przypominające z pozoru handel zamienny towarami. Oto jedne pierwiastki zostają zamieniane na inne, i podczas tej zamiany—podobnie jak w handlu—zamieniamy nie jednakowe wagi, ale takie, które pozostają w pewnych określonych stosunkach, w stosunkach *„ciężarów atomowych“*.

I oto podobnie jak w życiu codziennem w celu uproszczenia rachunków przyjęto za podstawę cenę jednego metalu, a mianowicie złota, sprowadzając do niej ceny wszystkich innych metalów, a nawet towarów w ogólności, tak samo i w nauce przyjęto dowolnie za jednostkę ciężar atomowy jednego pierwiastku (np. wodoru) i równoważne ciężary innych pierwiastków oznaczono przez ich porównanie z obraną jednostką.

Przypadek zrządził, że analogia ta przejawiła się w jeszcze jednym względzie. Nauka o gospodarstwie społecznem zna dwie jednostki porównawcze wartości rzeczy: złoto i srebro. Podobnie też w chemii istnieją dwa pierwiastki, przyjęte za podstawę do obliczenia ciężarów atomowych. Są to wodór i tlen. Oba te pierwiastki mają pewne zalety, ale mają też i wady, i zupełna jednostajność w wyborze jednego albo drugiego nie została jeszcze dotąd niestety osiągnięta, chociaż tlen zyskuje coraz więcej zwolenników.

Zwolennikom jedności materyi te ciężary atomowe miały służyć za punkt oparcia. Jeszcze w roku

1815 *Prout* zauważył, że ciężary atomowe są niedalekie od liczb całych. Ponieważ metody oznaczania tych liczb były wówczas niedokładne i wogóle uczeni nie zadawali sobie zbyt wiele trudu w celu możliwie ścisłego ich oznaczenia, więc Prout miał zupełne prawo do przypuszczenia, że odstępstwa znanych ciężarów atomowych od liczb całkowitych są spowodowane wyłącznie przez błędy doświadczalne.

Za jednostkę ciężarów atomowych przyjmowano wówczas wodór. Przypuszczając, że wodór jest owym pra-pierwiastkiem, a wszystkie inne pierwiastki tylko skupieniami różnych ilości atomów wodoru, Prout łatwo mógł wyjaśnić, dlaczego ciężary atomowe zbliżają się do liczb całkowitych. Skoro bowiem atomy pierwiastków składają się z atomów wodoru, to oczywista, że stosunek ich wag atomowych do wagi atomu wodoru musi odpowiadać liczbom całkowitym.

Niestety jednak wiara w ten prosty stosunek zniweczona została przez okrutną rzeczywistość. Ścisłe pomiary ciężarów atomowych, wykonane przez *Berzeliusa*, a następnie oznaczenia *Stasa*, które do ostatnich dni zupełnie słusznie uchodziły za wzór dokładności, dowiodły niezbicie, że ciężary atomowe nie dają się przedstawić zapomocą liczb całkowitych, jakkolwiek niepodobna zaprzeczyć, że większość ich jest mniej lub więcej do tego ideału zbliżona.

I oto zauważyć się daje, że w miarę tego, jak wzrasta ścisłość pomiarów, coraz mniejszą staje się podstawowa jednostka, mająca oznaczać ciężar atomowy pra-materyi. Już *Dumas* zmuszony był przyjąć za jednostkę *pół* ciężaru atomowego wodoru, a następcy jego, nie chcąc wyrzec się myśli o złożonej naturze liczb atomowych, musieli zadowolić się ćwier-

cią a nawet ósemką powyższej jednostki. Rzecz jasna, że wobec tego wielkość ciężaru atomowego pra-pierwiastku stała się wkrótce mniejszą od błędów oznaczenia wag atomowych, i w ten sposób cała kwestya została ostatecznie przesunięta z dziedziny doświadczenia do krainy mitu i fantazyi.

Mimo to myśl o istnieniu pra-materyi powtarza się od czasu do czasu w rozmaitych rozprawach; spotykamy ją zarówno u pierwszorzędnych badaczów, jako to *Crookesa*, *Lockyera* i innych, jak i u początkujących pół-specyalistów, którzy oddają się tej nęcącej idei z naiwnym zapałem pierwszej miłości przyrody. Szczególniej niemiecka literatura popularno-naukowa wyrzuca corocznie na rynek księgarski kilkanaście tego rodzaju pierworodków naukowych, które nie byłyby wcale szkodliwe, gdyby... nie były drukowane.

W ostatnich czasach najzupełniej rozwinął myśl o istnieniu pra-pierwiastku na podstawie dokładnej znajomości faktycznego materyału Mikołaj *Morozow*. Teorya ta, zrodzona w samotnych murach więzienia w Szliselburgu, wydobyta została z jej autorem na wolność przez pamiętne zdarzenia październikowe roku 1905. W hypotezie Morozowa rozwinięta jest starannie analogia pomiędzy pierwiastkami nieorganicznemi a homologicznemi związkami węgla i wodoru. Jak w chemii organicznej węgiel, tak w nieorganicznej hel ma odgrywać dominującą rolę. Ale sam „pra-pierwiastek“ jest natury hypotetycznej. Autor nazywa go „archonem“ i przypisuje mu następujące własności: waga atomowa równa się 2, wartościowość zaś ośmiu; wartości te skierowane są ku 8 płaszczyznom ośmiościanu prawidłowego. Wszystkie pochodne (to jest rzeczywiste pierwiastki) otrzymuje się przez łączenie się ze sobą kilku atomów „archonu“ i przyłączenie różnych ilości „protohelu“ i „protowodoru“.

Niestety, krytyka historyczna nie może tym hypotezom wróżyć trwałego powodzenia. Jak już zaznaczyłem w jednym z poprzednich wykładów, ewolucya pierwiastków, która trwała wieki, od Arystotelesa do van Helmonta, i uwieńczona została przez nieśmiertelnego Lavoisiera, doprowadziła do tego, że za pierwiastki uznano ciała *realne*, te substancye, które można *rzeczywiście* otrzymać przez rozkład ciał złożonych i z których odwrotnie odbudować możemy te ostatnie. Wobec nieocenionych zalet tej definicyi pierwiastku, opartej na doświadczeniu, nauka niełatwo zdecyduje się na zboczenie z tej drogi, którą szła od wieków, i na uznanie pierwiastków hypotetycznych w rodzaju protowodoru; — tem bardziej że dziś nie są one jeszcze w stanie dać nam nic więcej oprócz chwilowego zadośćuczynienia pragnieniu uproszczenia przyrody.

Jeżeli więc z tego względu wszystkie próby oparcia hypotez jedności materyi na ciężarach atomowych należy uznać za chybione, to jednakże — jak to się często w życiu zdarza — dokładny rozbiór tych ciężarów dał owoce tam, gdzie ich się bynajmniej nie spodziewano: w systematyce chemicznej. Ale i w tej kwestyi, podobnie jak w innych dziedzinach, rozwój zasadniczej myśli odbywał się bardzo powolnie, a jeszcze powolniej odbywało się jej przenikanie do otoczenia. Zaraz się o tem przekonamy.

Zaledwie przez Daltona założony został fundament hypotezy atomowej, zaledwie wykonano pierwsze grube oznaczenia ciężarów atomowych, kiedy *Döbereiner* zaczął doszukiwać się w nich prawidłowo-

ści. Udało mu się w istocie w roku 1817 wykryć bardzo znamienny stosunek. Podobne pierwiastki dają się ugrupować w kategorye, złożone z trzech pierwiastków, t. zw. „tryady“. Ciężar atomowy średniego członka takiej tryady równa się (w przybliżeniu) średniej arytmetycznej dwu skrajnych pierwiastków. Tę regułę tryad ilustrują następujące przykłady:

potas	= 39,14		wapń	= 40,0	
		rubid = 85,4			stront = 87,5
cez	= 132,9		bar	= 137,0	
średnia	= 86,0		średnia	= 88,5	
		chlor	= 35,45		
				brom = 79,98	
		jod	= 126,85		
		średnia	= 81,15		

Odtąd myśl o funkcyonalnej zależności chemicznych i fizycznych własności pierwiastków od ich ciężarów atomowych nie schodzi z porządku dziennego. *Leussen*, *Pettenkofer*, *Kremers*, *Gladstone* i *Dumas* starają się uogólnić tę regułę, dążą do wykrycia „ogólnego“ prawa ciężarów atomowych. Ale dopiero w siódmym dziesiątku ubiegłego wieku to ukryte prawo objawia się *Newlandsowi* i *Lotaryuszowi Meyerowi* i znajduje zupełny wyraz w znanym układzie peryodycznym pierwiastków *Mendelejewa*.

W 1864 roku *Newlands* wyłożył swą myśl o *peryodyczności* ciężarów atomowych w Towarzystwie Królewskiem w Londynie.

„Jeżeli — mówił on — ustawimy wszystkie pierwiastki w szeregi, z których każdy składać się będzie z ośmiu, podług ich ciężarów atomowych, to przekonamy się, że co osiem pierwiastków następują po sobie pierwiastki podobne do siebie“.

Tę regułę nazwał on „regułą oktaw“.

Ale myśl o zależności pomiędzy ciężarami atomowemi i innemi własnościami pierwiastków wydawała się wówczas tak nieprawdopodobną, że prezydent Towarzystwa zwrócił się do autora z pytaniem:

— „Czy nie próbowałeś pan ustawić pierwiastków w porządku alfabetycznym?“

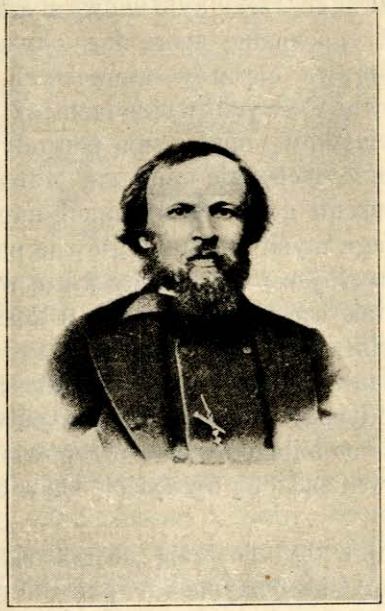
Dowodzi to, że trzeba było w owym czasie—oprócz innych zalet — posiadać sporą dozę odwagi cywilnej do obrony prawa ciężarów atomowych. Lotaryusz Meyer stosował w swych wykładach już od kilku lat układ pierwiastków, oparty na peryodyczności ich ciężarów atomowych, nie mógł się jednak zdecydować na ogłoszenie go w czasopismach naukowych.

Ta odwaga myśli stanowi główną podziwu godną cechę *Mendelejewa*. Ze śmiałą wiarą we *wszechmoc idei*, którą tak często podziwiamy u Rossyan, uczony ten wszelkie wyjątki od powyższego prawa bez wahania uznał za oparte na nieścisłości oznaczeń, układ peryodyczny doprowadził do najwyższej doskonałości i—co najciekawsze—przepowiedział szereg faktów, którym sądzono było ziścić się w bardzo prędkim czasie.

Mendelejew był postacią nawskroś oryginalną, geniuszem myśli z bożej łaski. Nie od rzeczy może będzie zastanowienie się nad warunkami, w których geniusz ten powstał, zabłysnął i... zginął.

Dymitr (syn Jana) Mendelejew urodził się w roku 1834 w Tobolsku, w Syberyi. Fizyologów zainteresuje może fakt, że był on *szesnastym* synem w rodzinie. Ojciec jego był dyrektorem tamecznego gimnazyum. Ta okoliczność przyczyniła się niewątpliwie do tego, że młody Dymitr mimo odrazy do łaciny zdołał skończyć gimnazyum w Tobolsku. Biograf

Mendelejewa, wspomniany już wyżej Morozow, zdradza nam, że i siostra Mendelejewa położyła pewne zasługi w tym względzie. Wyszła ona za mąż za nauczyciela łaciny w tem samem gimnazyum, którego uczniem był Dymitr, i fama głosi, że tym sposobem



Rys. 67. Dymitr Mendelejew.

niejedno „extemporale“ ściągane było przez przyszłego uczonego.

Wkrótce jednakże poważniejsze przeszkody stanęły na drodze do dalszego kształcenia się. Ojciec jego oślepł; mizerna emerytura nie starczyła na zaspokojenie najpilniejszych potrzeb. Matka z najmłodszym

synem przeniosła się do brata, do Moskwy. Tutaj Dymitr miał wstąpić do kancelaryi gubernatora, oddać się w ofierze molochowi urzędnictwa. Oparł się jednakże pokusie i — mimo braku środków — rozpoczął starania o przyjęcie do Instytutu Pedagogicznego w Petersburgu. Bogini Protekcyi, która w tem mieście oddawna cieszyła się szczególnym kultem, tym razem sprawiła dobre dzieło: dyrektor Instytutu, dawny kolega ojca Mendelejewa, przyjął go do internatu. W ten sposób otrzymał on możność wyższego wykształcenia.

Po ukończeniu Instytutu Pedagogicznego Mendelejew otrzymał posadę nauczyciela gimnazyalnego w Symferopolu, którą przyjął tem chętniej, że zdrowie jego było narażone na poważne niebezpieczeństwo w razie dalszego przebywania w klimacie petersburskim. Jednakże jakaś siła wewnętrzna parła go coraz wyżej. Wkrótce przeniósł się do Odesy, a skoro tylko zdrowie jego zupełnie się poprawiło, powrócił do Petersburga i został docentem prywatnym w uniwersytecie. Było to w roku 1856. Trzy lata poświęcił na opracowanie kilku monografij i na ogłoszenie i obronę rozprawy magisterskiej p. t. „o objętościach właściwych“.

W Cesarstwie istnieje oddawna zwyczaj wydawania stypendyów młodym początkującym uczonym w celu umożliwienia dalszych studyów i odpowiedniego przygotowania się do przyszłej działalności profesorskiej. Na zasadzie swych prac Mendelejew został też „odkomenderowany“ (urzędowy tytuł owych stypendyów) zagranicę. Przez dwa lata pracował w Heidelbergu pod kierunkiem Bunsena, Kirchhoffa i Koppa. Pobyt w tem mieście wywarł znaczny a nawet

decydujący wpływ na rodzaj dalszych prac Mendelejewa; tutaj rzucone były pierwsze nasiona zagadnień fizykochemicznych, które przez długi czas jeszcze zajmowały jego umysł. Szczególne wrażenie wywarł na nim zjazd niemieckich przyrodników w Karlsruhe w r. 1860, w którym uczestniczyło wielu nie-niemieckich uczonych: Dumas, Wurtz, Cannizzaro i inni, gdzie poraz pierwszy hypoteza cząsteczkowa znalazła ogólne uznanie i oficyalnie została wprowadzona do chemii.

Po powrocie z zagranicy w roku 1861 Mendelejew objął znów docenturę prywatną w uniwersytecie, do której przyłączył w roku 1863 profesurę w Instytucie Technologicznym; wreszcie w roku 1866 został profesorem zwyczajnym chemii nieorganicznej w uniwersytecie. W owym czasie ogłosił obszerną rozprawę doktorską o związkach spirytusu z wodą, oraz pierwsze wydanie znanych „Zasad chemii“. Zapewne podczas opracowywania tego dzieła wpadł na odkrycie „prawa peryodycznego“, stanowiącego najdonioślejszy czyn ze wszystkich, jakich dokonał.

Podobnie jak jego poprzednicy poznał on, że ciężar atomowy stanowi ważną zasadę klasyfikacyi pierwiastków. Jeżeli znane pierwiastki ustawimy w rzędach podług ich wag atomowych, tak jak to przedstawiono w załączonej tablicy, to łatwo przekonamy się, że tworzą one peryody. Peryody te bywają krótkie: po 7 pierwiastków i długie: po 11 pierwiastków. W każdym poziomym rzędzie chemiczne i fizyczne własności pierwiastków zmieniają się w sposób ciągły: a więc wartość wzrasta od litu do fluoru, lub od potasu do manganu od 1 do 7. Podobnie zmieniają się objętości atomowe lub temperatury topienia.

Układ naturalny pierwiastków Mendelejewa z r. 1871.

	Grupa I	Grupa II	Grupa III	Grupa IV	Grupa V	Grupa VI	Grupa VII	Grupa VIII
	wodór=1	—	—	—	—	—	—	
Pierwiastki typowe	lit=7	beryl=94	bor=11	węgiel=12	azot=14	tlen=16	fluor=19	
I rząd I	sód=23	magnez=24	glin=27,3	krzem=28	fosfór=31	siarka=32	chlor=35,5	
peryod „ II	potas=39	wapń=40	? = 44	tytan=50?	wanad=51	chrom=52	mangan=55	żelazo=56, kobalt=59, nikiel=59, miedź=63.
II „ III	(miedź=63)	cynk=65	? = 68	?=72	arsen=75	selen=78	brom=80	
peryod „ IV	rubid=85	stront=87	ytr?=88?	cyrkon=90	niob=94	molibden=96	— =100	ruten=104, rod=104, pallad=104, srebro=108.
III „ V	(srebro=108)	kadm=112	ind=113	cyna=118	antymon=122	tellur=128?	jod=127	
peryod „ VI	cez=133	bar=137	— =137	cer=138?	—	—	—	
IV „ VII	—	—	—	—	—	—	—	
peryod „VIII	—	—	—	—	tantal=182	wolfram=184	—	osm=199?, iryd=198?, platyna=197, złoto=197.
V „ IX	(złoto=197)	rtęć=200	tal=204	ołów=207	bizmut=208	—	—	
peryod „ X	—	—	—	tor=232	—	uran=240	—	

Układ naturalny pierwiastków współczesny (z r. 1908).

	Grupa 0	Grupa I	Grupa II	Grupa III	Grupa IV	Grupa V	Grupa VI	Grupa VII	Grupa VIII
1	—	wodór=1,008	—	—	—	—	—	—	
2	hel=4	lit=7,03	beryl=9,1	bor=11	węgiel=12	azot=14,01	tlen=16	fluor=19	
3	neon=20	sód=23,05	magnez=24,36	glin=27,1	krzem=28,4	fosfór=31	siarka=32,06	chlor=35,45	
4	argon=39,9	potas=39,15	wapń=40,1	skand=44,1	tytan=48,1	wanad=51,2	chrom=52,1	mangan=55	żelazo=55,9, kobalt=59, nikiel=58,7, (miedź).
5	—	miedź=63,6	cynk=65,4	gal=70	german=72,5	arsen=75	selen=79,2	brom=79,96	
6	krypton=81,8	rubid=85,5	stront=87,6	ytr=89	cyrkon=90,6	niob=94	molibden=96	—	ruten=101,7, rod=103, pallad=106,5, (srebro).
7	—	srebro=107,93	kadm=112,4	ind=115	cyna=119	antymon=120,2	tellur=127,6	jod=126,97	
8	ksenon=118	cez=132,9	bar=137,4	lantan=138,9	cer=140,25	—	—	—	
9	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	—	yterb=173	—	tantal=181	wolfram=184	—	osm=191, iryd=193, platyna=194,8, (złoto).
11	—	złoto=197,2	rtęć=200	tal=204,1	ołów=206,9	bizmut=208	—	—	
12	—	—	rad=225	—	tor=232,5	—	uran=238,5	—	

W ten sposób w każdym rzędzie prostopadłym znajdują się pierwiastki podobne do siebie, niejako pokrewne: więc w pierwszym rzędzie *jedno*wartościowe metale alkaliczne: w drugim rzędzie *dwu*wartościowe metale ziem alkalicznych, w trzecim bor, glin i podobne do nich *trój*wartościowe metale, w czwartym rzędzie *cztero*wartościowy węgiel i t. p. Jednocześnie zaś z wartością zmienia się sam charakter chemiczny metali: potasowce są, jak wiadomo, silnie zasadowe, t. j. tworzą najmocniejsze zasady: potaż i sodę gryzącą. Dalej zaś w każdym poziomym rzędzie charakter zasadowy stopniowo się zatraca. Związki węglowe są już słabo kwaśne, a w VII grupie, t. j. w związkach chlorowców, przejawia się w najwyższym stopniu kwaśny charakter.

Analogie te moglibyśmy snuć jeszcze w dalszym ciągu, gdyby nie to, że większość ich wymaga szczegółowych wiadomości z chemii opisowej i dlatego musi być obszernie traktowana w tej nauce. Nas interesują tu głównie skutki, jakie układ ten wywarł na dalsze losy chemii, oraz śmiałe przepowiednie Mendelejewa. Jak już we wstępie zaznaczyłem, umysł Mendelejewa odznaczał się ślepą wiarą we wszechmoc idei. Układ peryodyczny uważał on za prawo przyrody. A ponieważ prawa przyrody nie dopuszczają żadnych zboczeń, więc wszelkie wyjątki od tego układu przypisuje on ułomnościom wiedzy ludzkiej: błędom w określeniach wag atomowych albo nieznajomości niektórych pierwiastków. W obu razach przepowiednie się ziściły. Ciężary atomowe, poprawione przez Mendelejewa, okazały się w kilku przypadkach zgodne z wynikami badania; tylko w jednym przypadku wyjątek utrzymał się do dziś dnia: polega on

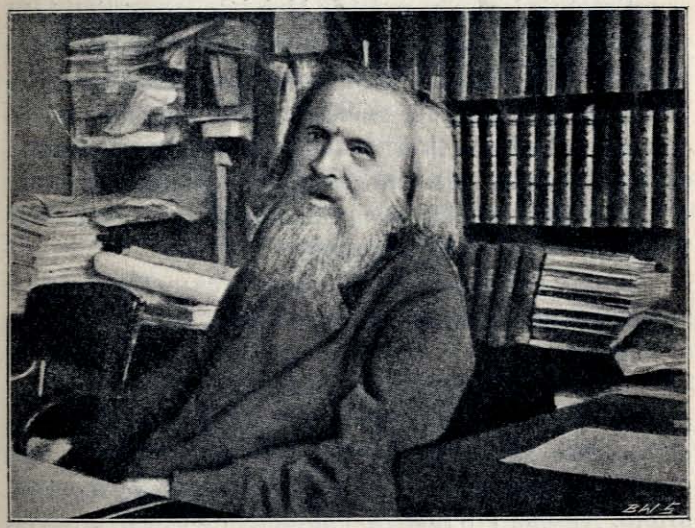
na tem, że — wbrew układowi peryodycznemu — ciężar atomowy telluru jest większy niż jodu. Podobny wyjątek odkryto w najnowszych czasach w argonie i potasie.

Jeszcze wspanialsze były przepowiednie *nowych* pierwiastków. Wszędzie, gdzie w peryodach pozostały luki, twórca układu umieścił znaki zapytania. Wszystkie te próżne miejsca odpowiadają — jego zdaniem — *nowym, nieznanym pierwiastkom*. Ich ciężary atomowe można było ocenić przez interpolacyę; fizyczne zaś i chemiczne własności Mendelejew podał z góry na zasadzie analogii z innemi, znanemi pierwiastkami tej samej grupy. I tutaj fortuna obdarzyła wielkiego odkrywcę uśmiechem. Bo oto już w roku 1875 badacz francuski *Lecoq de Boisbaudran* odkrył przy pomocy spektroskopu nowy pierwiastek, nazwany przezeń „*galem*“, z ciężarem atomowym: 70. Gal zajął trzecie miejsce w trzecim rzędzie. Rzeczywiste własności tego pierwiastku wykazały zadziwiającą zgodność z przepowiedniami Mendelejewa. W roku 1879 *Nilson* odkrył „skand“, a w roku 1886 *Winkler* — „german“. I te odkrycia również potwierdziły w zupełności to, co wymagał od nich Mendelejew, i uzupełniły jego „układ pierwiastków“.

Ten szczęśliwy zbieg okoliczności wywołał sensacyę w całym świecie naukowym. Odkrycie rosyjskiego uczonego zaczęto przedrukowywać i stosować we wszystkich krajach. Jego nazwisko zyskało sławę.

W 1890 roku powstały w wyższych uczelniach Rosyi rozruchy. Ze szczególną siłą przejawiły się one w uniwersytecie petersburskim. Mendelejew był obecny na jednem z zebrań studenckich, i tutaj studenci

zwrócili się doń z prośbą o wręczenie ministrowi ich petycyi. Petycya ta zawierała dość ostre żądania, jako to: zniesienie znienawidzonych rozporządzeń administracyjnych, zwolnienie znienawidzonych funkcyonaryuszów, wolność wykładów naukowych, autonomię wyboru profesorów przez korporacyę profesor-



Rys. 68. Mendelejew w Izbie miar i wag.

ską,— słowem ogólny powrót do dawnych ustaw uniwersyteckich. Mendelejew zawiózł tę petycyę ministrowi; ten zaś, jak należało przewidywać, nie przyjął jej wcale i w dodatku uczynił mu ostrą uwagę za to, że miesza się w nieswoje sprawy. Wskutek tego Mendelejew podał się niezwłocznie do dymisyi. Po opuszczeniu uniwersytetu Mendelejew, który liczył wówczas lat 56 zaledwie, poświęcił się całkowicie

opracowywaniu kwestyj technicznych. Na skutek propozycyi Wittego, który był wówczas ministrem skarbu, został on mianowany członkiem „Rady handlu i przemysłu". Będąc gorącym zwolennikiem rozwoju kapitalizmu w Rosyi, pomagał niejednokrotnie byłemu ministrowi finansów w przeprowadzeniu jego polityki protekcyjnej.

Ostatnie lata swego życia Mendelejew spędził śród pracy w założonej z jego inicyatywy „Izbie miar i wag". Izba ta, oprócz wykonywania zasadniczych pomiarów naukowych, miała na celu stopniowe wprowadzenie do życia praktycznego metrycznego układu oraz nadzór nad miarami i wagami. Ale te cele praktyczne zostały dotąd osiągnięte przez nią zaledwie w bardzo nieznacznym stopniu.

20-go stycznia (st. st.) 1907 roku Mendelejew zmarł wskutek przeziębienia, licząc lat 73.

Zdawało się, że układ naturalny pierwiastków ostatecznie zakreślił granice dalszego mnożenia nowych pierwiastków. Po odkryciach *Lecoq de Boisbaudrana*, *Nilsona* i *Winklera* należało oczekiwać nowych odkryć, któreby rychło wypełniły resztkę luk, pozostałych w tym układzie. Ale tutaj rzeczywistość zawiodła pokładane nadzieje. Większość luk pozostała do dziś dnia. Natomiast odkryto nowe pierwiastki tam, gdzie się ich najmniej spodziewano.

Z pośród licznych ciał, składających otaczającą nas przyrodę, żadne chyba nie było tylokrotnie i tak dokładnie badane, jak — powietrze. Od czasu podstawowych prac *Priestleya*, *Scheelego* i *Lavoisiera* wiedziano, że „czyste" powietrze składa się z *dwu* gazów:

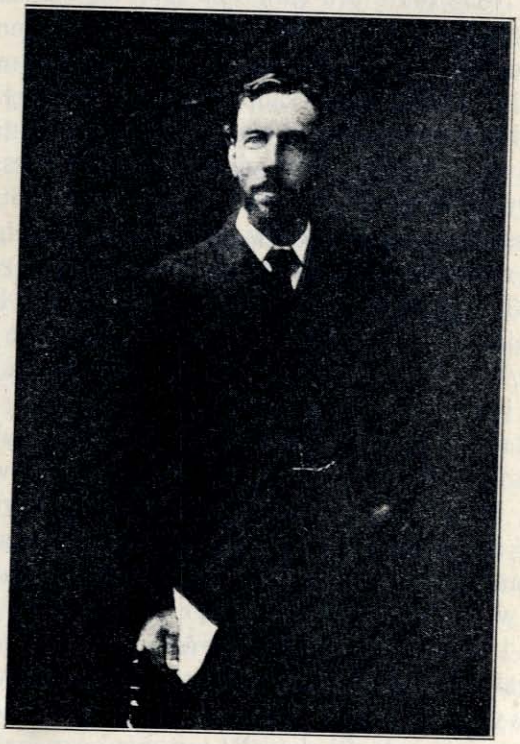
z azotu i tlenu. Stosunek objętościowy tych gazów oznaczano wielokrotnie: okazał się on zupełnie stałym i wynosił 79 części azotu na 21 części tlenu.

W 1892 roku lord *Rayleigh* zajął się oznaczeniem gęstości azotu z powietrza. Będąc właścicielem wielkich posiadłości, urządził sobie we własnym majątku w Terling Place bogato zaopatrzoną pracownię, w której wykonywał pomiary fizyczno-chemiczne z nadzwyczajną ścisłością. I oto badając azot powietrza i porównywując jego gęstość z gęstością azotu, otrzymanego sztucznie ze związków azotowych, Rayleigh zauważył różnicę. Gęstość azotu powietrznego równała się 2,31, a gęstość azotu sztucznego — 2,30. Różnica była niewielka, występowała bowiem zaledwie *w trzeciej cyfrze*. Ale wystarczała, aby skłonić lorda do dalszych badań.

Badania te, wykonane wspólnie z *Ramsay'em*, doprowadziły do odkrycia nowego gazu. Ze względu na to, że jest on chemicznie jeszcze mniej czynny niż azot i nie łączy się z żadnym innym pierwiastkiem, nazwano go *„argonem"* (nieenergicznym). Zawartość jego w powietrzu wynosi nieco mniej niż 1%. Rayleigh i Ramsay starannie oczyścili argon i zbadali jego gęstość, widmo i inne własności fizyczne w stanie gazowym. Prawie równocześnie zaś prof. *Olszewski* w Krakowie potrafił skroplić ten gaz i oznaczyć własności fizyczne argonu *ciekłego*.

Nowemu przybyszowi należało dać miejsce w układzie peryodycznym. Ciężar atomowy argonu wynosi 39,9; z tego względu należało go umieścić pomiędzy potasem a wapniem. Ale tam nie było wolnego miejsca. W ten sposób kwestya stosunku argonu do układu peryodycznego stała się nader zawiłą, i bardziej

sangwiniczni zwolennicy tego układu, a w ich liczbie sam Mendelejew, gotowi byli z tego względu odmówić argonowi prawa noszenia nazwy pierwiastku,



Rys. 69. William Ramsay.

uważając go za nową modyfikacyę azotu. Dopiero niezmordowane wysiłki Ramsaya, połączone z genialnym artyzmem w doświadczeniach, zdołały rozwikłać to zagadnienie w sposób zupełnie nieoczekiwany.

Rozpowszechnione jest mniemanie, że wielkie odkrycia dokonywane są w młodym wieku. *William Ramsay* stanowi żywe zaprzeczenie tej reguły. Urodzony w r. 1852 w Glazgowie, doktoryzował się w 1872 roku w Tubindze po ukończeniu studyów w mieście rodzinnem. Rzecz godna uwagi, że te ostatnie ukończył już w 18-ym roku życia, t. j. wówczas, kiedy u nas najzdolniejsza część młodzieży zaledwie zdołała się uporać z „maturą“ gimnazyalną. To też już w roku 1880 widzimy Ramsaya w Brystolu na katedrze profesorskiej, którą zajmował do roku 1887, czyli do chwili powołania go do „University-College“ w Londynie.

Pierwotne prace największego ze współczesnych chemików nie wróżyły nic nadzwyczajnego. Zawierały dociekania, dotyczące krytycznego stanu materyi, które Ramsay sam w późniejszym wieku uznał za grzech młodości. Dopiero w połowie dziewiątego dziesiątka lat w pracach nad prężnością pary cieczy, wykonanych wraz z *Youngiem*, Ramsay wykazał swe zdolności eksperymentalne: niezmordowaną wytrwałość i zadziwiającą ścisłość w wykonywaniu pomiarów fizyczno-chemicznych. Te same cechy uwydatniają się i w następnych badaniach tegoż autora nad „cząsteczkową energią powierzchniową cieczy“.

Skoro badania Rayleigha i Ramsaya dowiodły istnienia argonu, niemożność umieszczenia tego nowego pierwiastku w dawnym układzie peryodycznym zrodziła w Ramsayu przypuszczenie, że prócz argonu musi istnieć w przyrodzie cały szereg nowych gazów podobnych do niego i należących do wspólnej grupy owego układu.

Poszukując związków argonu z innemi pierwiast-

kami, zajął on się zbadaniem gazu, zawartego w minerale, zwanym „kleweitem“. Gaz ten był poprzednio analizowany przez Hillebrandta, który uznał go za azot. Lecz Ramsay i w tym przypadku został sowicie wynagrodzony za dokładność badania. Widmo gazu, zawartego w kleweicie, posiada te same smugi, które były znalezione przez Lockyera w widmie słońca. Jego gęstość jest zaledwie dwa razy większa od gęstości wodoru. Jasnem było więc, że mamy tu gaz nowy. Ze względu na obecność tego gazu w chromosferze *słońca* otrzymał on od Ramsaya nazwę „helu“.

Należało oczekiwać dalszych odkryć. Ale tu właśnie szczęśliwy odkrywca został poddany trudnej próbie. Wszelkie poszukiwania nowych gazów w minerałach, meteorytach i wodach mineralnych, czynione przez Ramsaya wspólnie z jego młodym utalentowanym asystentem, *Travers'em*, były bezskuteczne. Nie doprowadziły też do oczekiwanego wyniku zmudne i kosztowne próby najstaranniejszego oczyszczenia argonu i helu.

Mniej więcej w tym samym czasie inżynier angielski, Dr. *Hampson*, wynalazł nową maszynę do skraplania powietrza. Zapomocą tej nowej maszyny można dziś tanim kosztem otrzymać znaczne ilości powietrza w stanie ciekłym. Ponieważ ciekłe powietrze wre pod ciśnieniem atmosfery w temperaturze nader niskiej, a mianowicie około — 180°, więc stanowi najdogodniejszy środek oziębiający a jednocześnie źródło niezmiernie ciekawych doświadczeń. I ono właśnie stało się kopalnią poszukiwanych nowych pierwiastków argonowych. Posłuchajmy, jak Ramsay opisuje to odkrycie.

„Chcąc poznać sztukę pracowania z owym niezwykłym materyałem, prosiłem dr. Hampsona o jeden litr ciekłego powietrza. Dr. *Travers* i ja bawiliśmy się niem, wykonywając rozmaite drobne doświadczenia, aby przygotować się do wielkiego doświadczenia, t. j. do skroplenia argonu. Jednakże szkoda mi było wygotować cały zapas ciekłego powietrza, nie poddawszy badaniom pozostałej resztki. Chociaż bowiem ten gaz, którego poszukiwaliśmy, prawdopodobnie nie mógł się w niej znajdować, to jednakże nie wydawało się niemożebnem, że argonowi towarzyszy gaz cięższy od niego. To przypuszczenie zostało potwierdzone“.

W tej trudno-lotnej części powietrza odkryto dwa nowe gazy: *krypton* i *ksenon* z ciężarami atomowemi 82 i 128. Natomiast z najlotniejszej części powietrza wydzielono jeszcze jeden gaz lżejszy od argonu: był to *neon*, posiadający ciężar atomowy równający się 20.

W ten sposób można dzisiaj uważać zagadnienie o stosunku argonu i jego towarzyszów do układu peryodycznego za zupełnie rozwiązane. Ponieważ pierwiastki te nie łączą się z innemi, przeto można im przypisać wartość równą *zeru* i umieścić je w grupie 0, t. j. przed potasowcami. Odkrycia te więc nietylko nie obaliły układu peryodycznego, lecz przeciwnie uzupełniły go w zgoła nieoczekiwany sposób.

Chcąc w całości wykonać zakreślony program tych wykładów, chcąc doprowadzić zarys rozwoju chemii do ostatniej chwili, zamierzam poświęcić jeszcze kilka słów najnowszemu zagadnieniu chemii współczesnej: odkryciu radu i badaniom jego dziwnych własności. Niestety, brak czasu nie pozwala mi oczywiście rozwinąć tego tematu w tym stopniu, jaki od-

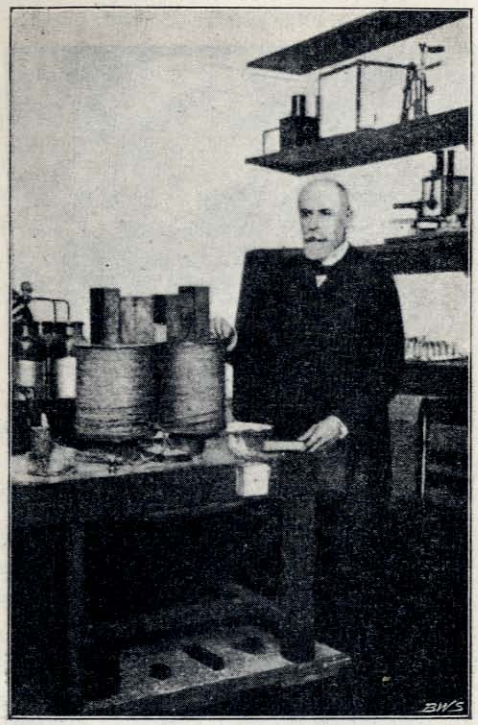
powiada doniosłości naukowej rozpatrywanych zagadnień.

Przed kilkunastu laty *Röntgen* zwrócił uwagę ogółu na promienie, powstające podczas wyładowań elektrycznych w rurkach ze znacznie rozrzedzonem powietrzem. Promienie te, działające na płytę fotograficzną, odznaczają się, jak wiadomo, właściwością przenikania przez przedmioty nieprzezroczyste względem zwykłych promieni świetlnych i niektóremi innemi zagadkowemi cechami. Wskutek tego Röntgen nazwał je promieniami X, a współczesna ludzkość przez wdzięczność dla ich odkrywcy za nieocenione zastosowania tych promieni X w chirurgii i dyagnostyce nazwała je *„promieniami Röntgena“*.

Wówczas zaczęto coraz bardziej interesować się promieniami w ogólności i poczęto badać najrozmaitsze ciała świecące i nieświecące ze względu na ich zdolności „promieniotwórcze“.

W 1895 roku znakomity fizyk francuski nazwiskiem *Becquerel* poddał badaniom sole uranowe. Sole te nie są rzadkością: przeciwnie, znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle, a mianowicie w fabrykacyi farb mineralnych. Jak wiele innych soli, odznaczają się one właściwością świecenia po uprzedniem silnem oświetleniu. To było już oddawna znane i niejednokrotnie badane. Bardziej uderzającym był jednakże fakt, że promienie, wysyłane przez sole uranowe, mogą przenikać przez ciała nieprzezroczyste, a nawet przez metale, w szczególności zaś przez glin. Ale co więcej: ściślejsze badania dowiodły, że zbytecznem jest nawet uprzednie oświetlenie owych soli: świecą one bowiem i wtedy, kiedy znajdują się przez długi czas w ciemności.

Odkryto więc w tych substancyach źródło światła na pozór niewyczerpane, i ten fakt wydawał się sam przez się tak doniosłym, zarówno dla teoryi, jako-

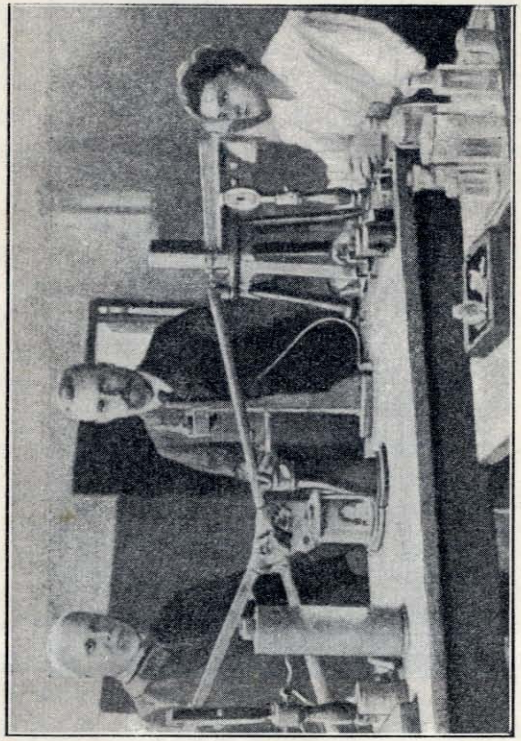


Rys. 70. Henryk Becquerel.

też dla praktyki, że wymagał jaknajdokładniejszego i wszechstronnego zbadania. Podjęte ono też zostało wkrótce przez niezwykle szczęśliwie dobraną parę: państwo *Curie*.

On był profesorem fizyki w Sorbonie. Już pierw-

sze badania własności kryształów, a następnie badanie magnetycznych i dyamagnetycznych własności różnych ciał zwróciły na niego uwagę powag naukowych. Unikając jednakże rozgłosu, pozostawał w cie-



Rys. 71. Państwo Curie w pracowni.

niu aż do chwili, gdy doniosłość zagadnień i ich wyniki siłą rzeczy postawiły go w rzędzie pierwszych znakomitości świata.

Ona, z domu *Skłodowska*, córka znanego i szanowanego nauczyciela matematyki w Warszawie, zmuszona była szukać poza granicami kraju tej nauki, która u nas, niestety, dla kobiet nie jest jeszcze dostępna, czy słusznie, o tem można sądzić z przykładu Maryi Skłodowskiej. Kształciła się więc w Paryżu, studyując chemię pod kierunkiem *Le Chateliera*, uczonego znanego ze swych badań nad teoryą stali. Tutaj poznała też Piotra Curie, z którym wstąpiła w związki małżeńskie. Małżeństwo to było w istocie, jak to nadmieniłem, niezwykle szczęśliwie dobrane: przedewszystkiem ze względu na harmonię dusz,—co nie jest rzadkością—ale także ze względu na rzadką harmonię kierunków naukowych, reprezentowanych przez tych dwoje. Ucieleśniło ono bowiem niejako połączenie owych dwu gałęzi nauk ścisłych, których ścisły związek – widzieliśmy to już niejednokrotnie—stanowił zawsze niezbędny warunek postępów zarówno fizyki, jak i chemii.

Państwo Curie naprowadzeni zostali przez badania promieni uranowych na przypuszczenie, że promieniowania soli uranowych zawdzięczają swe pochodzenie domieszce nowego pierwiastku. Pani Curie pierwiastek ten nazwała na cześć swej ojczyzny *polonem*. Niestety, muszę dodać, że dotąd nie udało się otrzymać tego pierwiastku w dość czystym stanie, aby można było oznaczyć jego wagę atomową.

Natomiast daleko szczęśliwsze były poszukiwania nowego pierwiastku promieniotwórczego w innej dziedzinie. Pomiędzy rozmaitemi minerałami, w których pani *Curie* badała „promieniotwórczość“,—w ten sposób zaczęto odtąd nazywać ową zdolność tajemniczego promieniowania — szczególną jej uwagę zwróciła na siebie ruda smolista z Jachimowa (Joachimstalu) w Czechach. Minerał ten, który tu widzimy, stosowany jest w przemyśle do fabrykacyi żółtej farby ura-

nowej oraz szkła uranowego. Ponieważ jednak jest on dosyć drogi, więc pani Curie poddawała przerobowi odpadki owego minerału, wyrzucane przez wzmiankowane fabryki farb uranowych. Przerób ten miał na celu wydzielenie poszukiwanego nowego pierwiastku i był nader złożony. Odpadki te wyługowywano naprzód sodą żrącą, potem nierozpuszczalną w ługu część traktowano kwasem solnym. Ponieważ otrzymany w ten sposób roztwór zawierał jeszcze znaczną ilość baru, stanowiącego poważną domieszkę rudy, więc należało usunąć zeń bar, co wymagało też dość złożonej manipulacyi. I oto ten osad barowy okazał się daleko bardziej promieniotwórczym, niż produkt pierwotny. Stąd wniosek, że zawierał poszukiwany pierwiastek, który otrzymał nazwę *„radu“*, czyli promieniującego. Zapomocą zmudnych operacyj, polegających na wielokrotnem rozpuszczaniu i osadzaniu promieniotwórczego baru, pani Curie zdołała wreszcie otrzymać ów pierwiastek nowy w zupełnie czystym stanie. Oznaczenie ciężaru atomowego radu pozbawiło jego pierwiastkowy charakter wszelkiej wątpliwości i zapewniło mu należne miejsce w przytoczonej powyżej tablicy układu peryodycznego: rad należy do najcięższych ze znanych pierwiastków, ze względu zaś na własności chemiczne zaliczyć go trzeba do drugiej grupy układu, gdzie zajmuje miejsce poniżej baru.

Aby dać tutaj niektóre wskazówki co do niesłychanych trudności, jakie pani Curie musiała zwalczyć, zanim zdołała osiągnąć ten cenny wynik, wspomnę, że z całej tonny odpadków rudy otrzymuje się 8 kilogramów osadu barowego, zawierającego rad. Ilość zaś radu, a raczej soli tego metalu, jaką można stąd wydobyć, wynosi zaledwie kilka miligramów. Ogólna

ilość czystego preparatu radowego, jaką dotąd udało się pani Curie otrzymać ze współudziałem fabryki przetworów chemicznych i z kolosalnym nakładem pracy i kosztów, wynosi zaledwie kilka dziesiątych części grama.

Jako trzeci pierwiastek promieniotwórczy został odkryty *aktyn*, którego obecność została również stwierdzona w rudzie smolistej przez p. Debiernea.

Własności tych trzech pierwiastków promieniotwórczych: polonu, aktynu a w szczególności radu, jako zbadanego najdokładniej z nich wszystkich, są w istocie tak dziwne, że od początku badań pp. Curie nad tą materyą przykuły uwagę świata do tego przedmiotu i nie przestają przykuwać jej po dziś dzień. Każdy rok przynosi coraz nowe, coraz bardziej uderzające odkrycia w tej dziedzinie.

W tej oto rurce mieści się zaledwie kilka miligramów chlorku radu, który jakkolwiek nie jest zupełnie czysty, przedstawia mimo to poważny kapitał kilku tysięcy rubli. Mówiąc nawiasem, cena radu wciąż wzrasta i to w bardzo szybkiem tempie wskutek monopolu, jaki posiadają w tym względzie kopalnie austryackie. Lokowanie więc kapitałów w tym ciekawym preparacie byłoby korzystniejsze od wszelkich innych akcyj, gdyby nie... pewna okoliczność, o której zaraz pomówimy.

Widzimy przedewszystkiem, że bromek radu świeci. Światło to jest słabe; przypomina świecenie fosforu.

Rad świeci nietylko sam; posiada oprócz tego zdolność obdarzania tą własnością ciał innych. Wszystkie ciała, które znajdowały się w *pobliżu* radu przez czas dłuższy lub krótszy, stają się również promienio-

twórczemi. Ale ich promieniotwórczość jest nietrwała: znika po pewnym czasie. To zmniejszenie *„wywołanej“* promieniotwórczości odbywa się podług nader ścisłego prawa, odkrytego przez Piotra Curie.

Że promienie radu działać będą na płytę fotograficzną, to zdaje się zupełnie zrozumiałem. Podczas tych doświadczeń okazało się, że promienie radu posiadają własność przenikania przez ciała nieprzezroczyste, podobnie jak promienie Röntgena. Można w ten sposób otrzymać fotografię portmonetki wraz z zawartemi w niej kluczykiem i monetą. Fotografie, zdjęte radyograficznie, są mniej wyraźne niż fotografie rentgenowskie.

Wysoce ciekawem jest działanie promieni radu na najrozmaitsze ciała; polega ono na ich zabarwieniu. Szkło staje się pod wpływem tych promieni fioletowem. Rozmaite sole zabarwiają się pod ich działaniem w rozmaity sposób.

Oprócz promieni widzialnych i niewidzialnych preparaty radowe wytwarzają bezustannie *ciepło* w znacznych ilościach. Pomiary, dokonane przez Piotra Curie i Laborde'a, dowiodły, że 1 gramo-atom (czyli 225 g.) radu wytwarza w godzinie 18000 kaloryj. I oto w całej grozie powstaje przed nauką nowe zagadnienie: skąd się biorą te znaczne ilości energii, które nieustannie, bez początku i bez końca, rozpraszają się w bezmiarze wszechświata w postaci światła i ciepła, wreszcie w postaci owych drobniutkich elektronów, których masa ma być mniejsza od masy najdrobniejszych ze znanych atomów a szybkość — dziesięć razy mniejsza od największej ze znanych szybkości: szybkości światła?

Ze względu na eksperymentalne i *ilościowe* badania promieniotwórczości radu i podobnych mu pierwiastków najważniejszą jest bez wątpienia zdolność tych ciał do zwiększania elektrycznego przewodnictwa powietrza.

Jeżeli prosty elektroskop, znany z elementarnych doświadczeń fizycznych, naładujemy dotknięciem natartej laseczki laku, to listki się odchylą. Powoli spadają one do pierwotnego położenia wskutek niezupełnej izolacyi elektroskopu i powietrza. To ostatnie jest więc złym przewodnikiem elektryczności. Jeżeli jednak naładujemy powtórnie elektroskop i zbliżymy doń rurkę z radem, to zauważymy, że *wyładuje się on teraz natychmiastowo*. Stąd wnioskujemy, że promienie radu zwiększają przewodnictwo powietrza, i ta okoliczność właśnie stanowiła w rękach państwa Curie poważny i pewny środek do *ilościowego oznaczania promieniotwórczości*.

Niemniej ciekawe, chociaż nie zawsze przyjemne w skutkach, są wreszcie *fizyologiczne* działania radu. Jeżeli rurkę, zawierającą preparat radowy, przyłożymy do skóry, to już po upływie krótkiego czasu naskórek wydaje się zaczerwieniony, jak po oparzeniu. Jeżeli zaś działanie radu trwa przez czas dłuższy, wówczas powstają mniej lub więcej głębokie rany, które nie chcą się goić w ciągu kilku miesięcy.

Działanie radu na nerwy uwydatnia się w następującem doświadczeniu. Jeżeli zamkniemy oko i zbliżymy preparat radowy do powieki a nawet do skroni, to otrzymujemy wrażenie światła; rzecz ciekawa, że to wrażenie udziela się nawet ślepym, których siatkówka nie uległa zniszczeniu.

Jest rzeczą możliwą, że stosowanie radu w lecznictwie, czyli *radyoterapia*, ma przed sobą przyszłość.

Szczególniej znamienne są w tym względzie najnowsze badania, rozpoczęte przez *Elstera* i *Geitla* i prowadzone dziś we wszystkich cywilizowanych krajach, nad własnościami promieniotwórczemi rozmaitych źródeł mineralnych, wód kąpielowych, ziem, błot i t. p. Gruntowne zbadanie własności leczniczych radu stanowi jednakże dopiero zadanie przyszłości.

Przyszłości musimy też pozostawić do zbadania najbardziej zasadnicze zagadnienie tej dziedziny: gdzie się kryje źródło tych ogromnych ilości energii, jakie rad wysyła bezustannie w przestrzeń. Dzisiaj już można z wielką dozą prawdopodobieństwa stwierdzić, że jak we wszystkich innych przypadkach, tak samo i w zjawiskach promieniotwórczości prawo zachowania energii pozostaje w mocy, że i energia radu nie powstaje z niczego, ale wypływa z bezustannej, chociaż niezmiernie powolnej, *chemicznej przemiany tego pierwiastku*.

W rzeczywistości *Rutherford* i *Soddy* potrafili dowieść w sposób niezbity, że t. zw. emanacya radu jest materyą gazową. *Ramsay*, genialny odkrywca nowych gazów atmosferycznych, zbadał dokładnie tę niezwykłą materyę. I oto okazało się, że mamy tutaj jeden z tych pierwiastków, które przez niego samego niedawno zostały odkryte. Był to *hel*, i w ten sposób po raz pierwszy od wieków i w jednym poszczególnym przypadku udało się stwierdzić przemianę pierwiastków, a mianowicie przemianę radu w hel.

Przed kilkoma tygodniami pisma doniosły nam o nowych cudach radu, o przemianie innych pierwiastków: sodu i miedzi w neon i lit. Ponieważ jednak te badania są dopiero w toku, nie należą one jeszcze do historyi wiedzy, tak samo jak ciekawe teoretyczne dociekania nad ogólną ewolucyą materyi, związane ze wspomnianą przemianą radu w hel. Dowodzą one, że odwieczne zagadki, uznane za nierozwiązane, zmartwychwstają w rozwoju wiedzy i że chwila obecna szczególnie jest pomyślna dla prób podobnych.

Los wielkich ludzi bywa nieraz okrutny, a nawet więcej niż okrutny, bo wprost pogardliwie nieludzki. W połowie kwietnia r. 1906 dzienniki przyniosły następującą suchą wzmiankę kronikarską:

„P. Curie, wychodząc dzisiaj o 2-ej godzinie po południu od jednego ze swoich kolegów i spiesząc do wydawcy, chciał w pobliżu Pont neuf przejść przez rue Dauphine, która w tem miejscu jest spadzista, a po deszczu w dodatku ślizka. Ponieważ w tej chwili z różnych stron nadjeżdżały wozy, począł on więc biedz, pośliznął się i upadł tuż przed wozem ładownym. Woźnica nie mógł zatrzymać wozu na stromej drodze i Curie zginął pod kołami".

W ten sposób bezmyślny przypadek zniszczył w mgnieniu oka jeden z największych geniuszów współczesnych, jakby dla dania ludzkości brutalnej nauki, jak mało znaczy myśl w walce z tysiącem ślepych sił, które spadają niewiadomo skąd, niszcząc wszystko w swym pochodzie.

A jego towarzyszka życia i pracy, która okryła sławą nietylko siebie ale i kraj, co ją wydał na świat! Niech mi wolno będzie przytoczyć w tej mierze sąd bezstronny, sąd Francuza i przyjaciela jej męża, akademika Poincarégo.

„Wspominając zasługi Curiego, nie możemy odłączyć ich w myśli od tej podziwu godnej niewiasty, która dlań była więcej niż oddaną towarzyszką: nieocenioną współpracowniczką. Jej udział był niezmierny. Ile cierpliwości i pracy wymagały badania tych nieskończenie małych ilości materyi, rozproszonych, a nawet niemal zagubionych w ogromnych masach obcych ciał! Ile trzeba było nieustannej uwagi, aby nie stracić z widoku tych ledwie dostrzeżonych śladów, aby je skoncentrować bez straty, aby zgromadzić je w kilku granach cennego proszku. Ta wspólna praca, w której złączyły się tak szczęśliwie przyrodzone zdolności mężczyzny i kobiety, nie ograniczała się bynajmniej na wymianie myśli; polegała ona przedewszystkiem na wymianie energii, na wzajemnem wlewaniu otuchy we wszelkich rozczarowaniach, na jakie narażony bywa każdy odkrywca. Ta moralna pomoc nie daje się ocenić, i niema tej wagi, na której można byłoby ją zważyć".

Źródła. *M. Morozow.* D. J. Mendelejew. Dwa odczyty. Petersburg 1907.

P. Walden. D. J. Mendelejew, Chem. Ztg. t. 31, str. 167 (1907).

W. Ramsay. Einige Betrachtungen über das periodische System. Lipsk 1903.

W. Ramsay. Über die neuerdings entdeckten Gase und ihre Beziehung zum periodischen Gesetz. Ber. deutsch. chem. Ges. *31*, 3111 (1898).

W. K. Röntgen. O nowym rodzaju promieni, z oryginału przełożył i wstępem opatrzył *S. Srebrny.* Warszawa 1896.

M-me Skłodowska-Curie. Recherches sur les substances radioactives. Paryż 1904. Przekład niemiecki. Brunświk 1904.

Skłodowska-Curie. Badanie ciał radyoaktywnych. Chemik Polski t. 4, str. 141. 1904.

K. Hofmann. Die radioaktiven Stoffe nach dem neuesten Stande der wissenschaftlichen Erkentniss. Lipsk 1904.

Fr. Soddy. Entwickelung der Materie. Lipsk 1904.

H. Poincaré. Allocution de M. le Président à la séance publique annuelle de l'Académie des sciences. Paris. Compt. rend. de l'Acad. *142*, p. 939; *143*, p. 989 (1906).

E. Rutherford. Radioactivity. Cambridge. 1904.

William Hammer. Radium and other radioactive substances. New-York-Londyn 1903.

ZAKOŃCZENIE.

Panie i Panowie.

Jesteśmy u końca powieści. Wędrówkę naszę możemy porównać do letniej wycieczki w góry. Z początku wstąpiliśmy w łagodnie wznoszące się podhale. Wygodne drogi, niewysokie góry — oto początek naszej wędrówki. Zewsząd, z każdego miejsca drogi mogliśmy z łatwością obejrzeć całkowity obszar.

Ale im dalej zagłębialiśmy się w góry, tem liczniejszą gromadą obstępowały nas niebosiężne szczyty górskie. Ciemne puszcze wyzierały ku nam zprawa i zlewa, a drogi stawały się coraz bardziej strome i coraz trudniejsze. I zaledwie udało się nam wdrapać na szczyt jednej z tych gór, aliści odsłaniał się nam widok na dalsze wierzchołki, coraz wyżej się pnące, coraz ostrzej i dziczej strzelające ku niebu. Uczucie zwątpienia, połączonego z podziwem, ogarniało nas.

„Jak wielką, jak przestronną jest przyroda! Jakże małym wydaje się człowiek, chcący ją ogarnąć!".

A jednak nie powinniśmy poddawać się zwątpieniu. Podróżny, którego wolny czas jest ściśle odmierzony, wie doskonale, że nie potrafi przewędrować *całej* okolicy od końca do końca. *Musi* uczynić wybór, musi ograniczyć się *kilkoma* pięknemi widokami, aby obraz całości odmalować sobie we własnej wyobraźni.

I my w krótkim przeciągu czasu mogliśmy zwiedzić zaledwie kilka punktów naszej wiedzy, poznać niektóre tylko widoki. Całość jest niedostępna nawet dla specyalisty. Ale sądzę, że te kilka widoków, które zdążyliśmy poznać, wynagrodziły pracę w to włożoną.

Skoro większe towarzystwo udaje się w dłuższą podróż, to zdarza się zawsze, że w miarę zwiększania się trudności wędrówki, jeden i drugi z uczestników opuszcza grono podróżne: wreszcie z całej gromady pozostaje zaledwie szczupła garsteczka. Ale przewodnik tem bardziej ceni wytrwałość tych, co potrafili dopiąć celu podróży. Czuje wdzięczność względem tych, którzy do samego końca okazali mu zaufanie, wdzięczność za trudy, jakie w drodze ponieśli.

Dzięki i Wam, szanowne panie i panowie, za to, że dotrwaliście do końca naszej wędrówki.

Kiedy wykłady te miały się rozpocząć, pytano mnie z wielu stron o właściwy cel ich.

— „Czy ma to być nauka, czy rozrywka?"

— „Jedynie rozrywka" odpowiadałem wówczas.

Bo czyż ma być przestępstwem chęć zabawy? Czy ma być upokarzającem okazanie bliźnim pomocy w tym względzie?

Bo czy muzyka, poezya, teatr, ta potężna Sztuka, którą wszyscy uwielbiamy, nie jest też również zabawą? Tak. Ale zabawą, która jednocześnie uszlachetnia człowieka.

I nauka jest sztuką. Jeżeli wydaje się ona nam mniej dostępna, niż inne rodzaje sztuki, to jedynie

dlatego, że w niej forma w stosunku do treści ulegała dotąd pewnemu zaniedbaniu.

Kiedy przed laty przysłuchiwałem się tonom orkiestry lipskiego Gewandhausu, którego motto stanowi zdanie: „Prawdziwa rozrywka jest to rzecz poważna“ — zauważyłem, jak cała sala oddana była kapelmistrzowi, który swą magiczną pałeczką wyczarowywał cudne tony ze 100 instrumentów. Oczy wszystkich na niego były zwrócone, uszy wchłaniały jego tony, i wszystkie uczucia zlewały się w jedno potężne uczucie, stworzone przez niego, przez mistrza...

I oto wydało mi się wówczas, że i *wykład naukowy powinien wywierać to samo wrażenie.*

Był to ideał, marzenie niezniszczone, cel, do którego można dążyć, ale którego nie można osiągnąć.

A jednak widywałem niekiedy w ciągu tych godzin, które tu wspólnie spędzaliśmy, że i wasza uwaga, szanowni słuchacze i słuchaczki, poświęcona mi była niepodzielnie. Widziałem wyraźnie, że przedmiot tej sztuki, którą starałem się odtworzyć tutaj w sposób niedoskonały, porywał was widocznie. Spotykałem niejedno błyszczące oko, zdradzające podniecenie umysłu pod wpływem rozkoszy z poznanej prawdy.

I dlatego śmiem sobie tuszyć, że te godziny były nietylko godzinami rozrywki, że potrafiły one rzucić także niejedno ziarno poznania przyrody.

UNIWERSYTET W BIAŁYMSTOKU
BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA
307305