

MARCELIN BERTHELOT (1827—1907)
JEGO ŻYCIE I DZIEŁA

MARCELIN BERTHELOT — SA VIE ET SES OEUVRES

W dniu 25 października obchodziła Francja bardzo uroczyste i okazałe stulecie urodzin Marcelin'a Berthelot'a, jednego z najświetniejszych umysłów badawczych w dziedzinie chemii, jednego z najpotężniejszych tytanów twórczej pracy naukowej, jakich kiedykolwiek wydała ludzkość. W podniosłej tej uroczystości wzięli udział chemicy całego świata. Zarazem w dniu tym położono fundamenty pod „Dom Chemii” imienia Berthelot'a, w którym będą ogniskowały się usiłowania chemików całego świata, zmierzające do wspólnej skoordynowanej pracy nad dalszym rozwojem chemii i jej zastosowań praktycznych.

Nie mogąc uczestniczyć w tym podniosłym hołdzie, jaki cały świat naukowy złożył pamięci Berthelot'a, zdajmy sobie przynajmniej sprawę z tego, co nauka chemii zawdzięcza pracom badawczym tego fenomenalnego uczonego, zapoznajmy się w najogólniejszych zarysach z kolejami jego cichego, a tak płodnego żywota.

Pierre — Eugène — Marcelin Berthelot urodził się w Paryżu w dniu 25 października 1827 roku. Ojciec jego Jacques — Martin był lekarzem wolno praktykującym w biedniejszej dzielnicy Paryża, a matka Claudine Picard, była również rodowitą paryżanką. Młody Marcelin odziedziczył po matce nie tylko swą

postać zewnętrzną oraz rysy twarzy, ale również żywość temperamentu oraz wielką ciekawość i ruchliwość umysłową. Po ojcu przypadła mu w udziale wytrwałość, siła charakteru, obowiązkowość oraz liberalność poglądów i zapatrywań społecznych i politycznych.

Kurs nauk szkoły średniej przeszedł Berthelot w liceum Henryka IV-go, oddając się z zapalem studium filologicznym, do których okazywał wielkie zamiłowanie. „Wstępował w życie z kulturą klasyczną..., która mu dała należyte wykształcenie umysłu, nawyknienie do pracy oraz wzwyczajenie do pióra, tak niezbędne dla metodycznego wyłożenia własnych prac oraz skutecznej propagandy swych idei”. Już podczas pobytu w liceum zarysowały się wyraźnie charakterystyczne cechy jego niezwyklej umysłowości, już wówczas podziwiano jego wielką ruchliwość w pracy, jego pomysłowość, logiczność dowodzeń, wybitne zdolności eksperymentalne, łatwość przerzucania się od jednych zagadnień do innych, w szczególności zaś niezwyklej pamięć.

W liceum nawiązał Berthelot stosunek serdecznej przyjaźni ze starszym od siebie Ernestem Renanem, który to stosunek wywarł wielki wpływ na dalszy jego rozwój intelektualny, a w harmonii niezem niezakłóconej przetrwał prawie pół wieku, aż do śmierci Renana.

Po skończeniu liceum w r. 1848 wstąpił Berthelot, za namową ojca swego, na Wydział medyczny Uniwersytetu Paryskiego. Studia lekarskie prowadził jednakże tylko do r. 1850, uczęszczając jednocześnie na wykłady przyrodnicze w Faculté des Sciences, gdzie też zdobył w r. 1849 stopień licencjata. W rok po zapisaniu się

na studia medyczne wstąpił Berthelot do prywatnego laboratorium chemicznego prowadzonego przez prof. Pelouz'a, w którym kształcili się synowie zamożnych przemysłowców francuskich. W laboratorium tym pracowali również młodzi uczeni tej miary co Laurent, Gerhardt, Cahours, Sobrero i wielu innych. W takim środowisku stawiał Berthelot pierwsze swe kroki w kierunku praktycznego zapoznania się z chemią. Widocznie poczynania te były pomyślne, bowiem niebawem zostaje on asystentem Pelouz'a w r. 1850, mając zaledwie 23 lata, ogłasza drukiem w „Comptes Rendus de l'Académie” pierwsze swe prace samodzielne, jedną „O prostym postępowaniu celem okazania zjawiska skrapiania gazów”, drugą „O zjawiskach przymuszonej dylatacji cieczy”, które to zjawiska zostały nieco dokładniej zbadane dopiero w drugim dziesięcioleciu bieżącego stulecia. Obie te prace świadczą wymownie o oryginalności pomysłów ich autora oraz o wybitnych jego zdolnościach eksperymentalnych.

W Collège de France słuchał Berthelot wykładów Pelouz'a, Balarda, Dumas'a, Biot'a, Claude Bernard'a, a w szczególności Regnault'a, który wywarł nań największy wpływ. Już w roku 1851 został on mianowany asystentem Balarda w Collège de France, z płacą 800 fr. rocznie, na którym to stanowisku pozostawał przez lat 9, do końca r. 1859, poświęcając się prawie wyłącznie badaniom naukowym nad związkami organicznymi. W ciągu tego czasu wykonał on 90 prac doświadczalnych ogłoszonych drukiem w 147 rozprawach. A nie były to żadne drobne, zdawkowe robótki, lecz badania pionierskie, dotyczące najważniejszych zagadnień i przedmiotów chemii organicznej.

Badania te zapoczątkował on drobną rozprawką o produktach rozkładu alkoholu etylowego oraz kwasu octowego pod wpływem temperatury czerwonego żaru. Aczkolwiek praca ta nie wносиła do nauki nic doniosłego, to jednakże jest ona ciekawa z tego względu, że w niej użył Berthelot w r. 1851 po raz pierwszy terminu „synteza” dla oznaczenia procesu powstawania związków organicznych ze składowych ich pierwiastków oraz wskazał na możliwość syntetycznego otrzymania takich węglowodorów aromatycznych jak benzen, naftalen i inne. Zatem w rozprawce tej mamy pierwszą zapowiedź późniejszych systematycznych jego badań nad syntezą związków organicznych.

Po tej pierwszej, dorywczej próbie bezpośredniego zapoznania się z zachowaniem najpowszedniejszych związków organicznych, następuje szereg wyczerpujących badań eksperymentalnych nad olejkim terpentynowym, które doprowadziły Berthelot'a najpierw do odkrycia dwuchlorowodoru dwupentenu, a następnie do odkrycia kamfenu, przemiany kamfenu na kamforę itp. Jednakże terpeny nie wyczerpują jego zainteresowań związkami organicznymi. W roku 1853 rozpoczyna on swe klasyczne badania nad gliceryną oraz jej połączeniami z kwasami, które w rezultacie doprowadzają go do syntezy tłuszczów naturalnych. Jak wiadomo Chevreul wykazał w latach od 1813 do r. 1818, na podstawie wyczerpujących badań analitycznych, że tłuszcze naturalne przedstawiają połączenia gliceryny z kwasami tłuszczowymi tj. przedstawiają estry złożone czyli estrы. Jednakże Chevreul'owi nie udało się otrzymać tłuszczów na drodze syntetycznej. Dopiero pierwszy Berthelot wykazał eksperymental-

nie, że ogrzewając glicerynę z kwasami tłuszczowymi, w szczególności z kwasem stearowym, palmitowym oraz olejowym, otrzymuje się tłuszcze naturalne, przedstawiające połączenia gliceryny z trzema częściami wymienionych kwasów, zarazem stwierdził on, że zależnie od wysokości temperatury oraz od czasu trwania ogrzewania, otrzymuje się połączenia gliceryny bądź z jedną, bądź z dwiema lub trzema cząsteczkami kwasów tłuszczowych, czyli innymi słowy otrzymują się estry jedno- dwu-, lub trój-kwasowe. Te badania Berthelota nad syntezą tłuszczów naturalnych stworzyły podstawy doświadczalne teorii alkoholi wielowartościowych, teorii rozwiniętej nieco później przez Würtza, a zastosowanej przez samego Berthelota do wyjaśnienia charakteru chemicznego mannitu oraz cukrów.

Poza tłuszczami naturalnymi otrzymał Berthelot z gliceryny również inne jej pochodne, w szczególności chlorohydryny, bromohydryny oraz jodek allylu.

Badania nad syntezą tłuszczów naturalnych stanowiły treść rozprawy, na podstawie której Berthelot uzyskał w r. 1854 stopień doktora nauk.

Prawie jednocześnie z pracami nad pochodnymi gliceryny ogłasza Berthelot szereg badań doświadczalnych nad cukrami, które prowadzą go do stwierdzenia dwoistego charakteru tych związków, mianowicie dochodzi on do wniosku, że cukry przedstawiają alkohole wielowartościowe o charakterze aldehydowym. Nadto rozróżnia on cukry proste od tzw. wielosacharydów, odkrywa dwa nowe cukry trehalozę i melitozę oraz stwierdza, że mannit jest alkoholem sześciowartościowym.

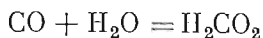
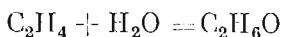
Te badania nad cukrami były przedmiotem drugiej rozprawy, na podstawie której zdobył Berthelot w roku 1848 stopień farmaceuty pierwszej klasy.

W związku z pracami nad cukrami zajął się Berthelot doświadczalnym zbadaniem procesów fermentacji i w tym kierunku dokonał ważnego odkrycia, mianowicie stwierdził, że proces inwersji cukru trzcinowego jest dokonywany przez ferment rozpuszczalny tzw. inwertazę, dzieloną przez komórki drożdżowe. Zarazem wypowiedział on pogląd, że fermentacja alkoholowa cukru nie jest powodowana procesem życiowym komórek drożdżowych, jak tego dowodzi Pasteur, lecz najprawdopodobniej jakimś fermentem nierozpuszczalnym zawartym w komórkach drożdżowych. Jak wiadomo, w 37 lat później stwierdził E. Büchner słuszność tego poglądu, wydzielając z komórek drożdżowych „zymazę”, enzym powodujący fermentację alkoholową.

Wymienione studia doświadczałne Berthelota nad terpenami, tłuszczami, estrami, cukrami oraz procesami fermentacji, aczkolwiek same przez się bardzo cenne i doniosłe, nie tylko nie wyczerpały całego dorobku naukowego z czasów jego asystentury u Ballarda, ale przede wszystkim nie objęły najważniejszej ich części, mianowicie klasycznych badań nad syntezą zupełną najprostszych związków organicznych z ich pierwiastków składowych. Badania te zapoczątkował Berthelot syntezą alkoholu etylowego z etylenem, dokonaną w r. 1855. Działając kwasem siarkowym na gazowy etylen, otrzymał on kwas etylosiarkowy, który podczas rozkładu dał alkohol etylowy. W analogiczny sposób otrzymał on alkohol propylowy z propylenem.

Zdając sobie sprawę z zasadniczej doniosłości tej syntezy, wypracował on niebawem drugą ogólną metodę syntetycznego otrzymania alkoholi z etylenu oraz jego homologów. Metoda ta polegała na przyłączaniu cząsteczki kwasów chlorowcowodorowych do cząsteczki węglowodorów olefinowych, wskutek czego powstawały odpowiednie chlorki, bromki lub jodki, które traktowane wodą w wyższej temperaturze dawały stosowne alkohole. Przejście od chlorków i bromków do odpowiadających im alkoholi osiągnął on łatwiej na drodze pośredniej, mianowicie, przez zamianę tych związków najpierw na estry kwasu octowego lub benzoosowego, a następnie zmydlenie tych ostatnich do alkoholi.

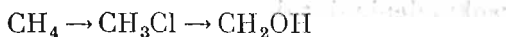
Zamiana etylenu na alkohol etylowy nasunęła Berthelotowi myśl syntezy innego, niemniej ważnego, związku organicznego. Wychodząc mianowicie z założenia, że tlenek węgla tak się ma do kwasu mrówkowego jak etylen do alkoholu etylowego, bowiem alkohol etylowy przedstawia połączenie etylenu z wodą, zaś kwas mrówkowy połączenie tlenku węgla również z wodą, jak to uwidoczniają następujące wzory:



zaprzagnął on zrealizować tę ostatnią reakcję. Dokonał tego w roku 1856 w sposób niezmiernie prosty, mianowicie nagrzewaniem przez dłuższy okres czasu tlenku węgla ze słabo zwilżonym wodorotlenkiem potasowym. W tych warunkach powstawał mrówczan potasu, a reakcja ta przebiegała tak gładko, że na jej podstawie wypracowali Merz i Tibirica w roku 1894

metodę technicznego otrzymywania kwasu mrówkowego.

Kwas mrówkowy stał się następnie punktem wyjścia do dalszych syntez. Poddając bowiem mrówczan baru procesowi suchej destylacji, otrzymał zeń Berthelot takie węglowodory jak metan, etylen oraz propylen. Ogrzewając zaś produkty przyłączenia bromu do etylenu i propylenu z jodkiem potasu i wodą, otrzymał z nich etan oraz propan. W sposób analogiczny, mianowicie drogą suchej destylacji octanów udało mu się otrzymać obok metanu, etylenu i propylenu, jeszcze butylen oraz amylen. Metan otrzymał Berthelot jeszcze w inny sposób, mianowicie przepuszczaniem mieszaniny dwusiarczku węgla z siarkowodorem nad rozgrzonymi opiłkami miedzianymi. Wreszcie z metanu otrzymał on alkohol metylowy, poddając metan najpierw chlorowaniu, a otrzymany zeń chlorek metylu rozkładowi hydrolitycznemu:

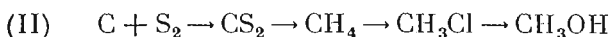
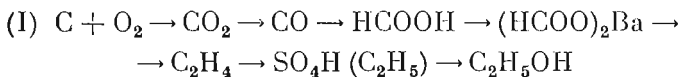


W ten sposób dokonał on zupełnej syntezy najprostszego alkoholu ze składowych jego pierwiastków.

Wyniki tych poszczególnych badań syntetycznych zestawił Berthelot w wyczerpującej rozprawie zatytułowanej: „Sur la synthèse des carbures d'hydrogène”, ogłoszonej drukiem w r. 1858. W pracy tej zaznacza on z naciskiem, że wobec otrzymania metanu, etanu, propanu, etylenu, propylenu, butylenu, benzenu oraz naftalenu z kwasu mrówkowego, z dwusiarczku węgla, względnie z kwasu octowego, synteza tych zasadniczych węglowodorków z ich pierwiastków składowych węgla i wodoru daje się uskutecznić.

„Punkt wyjścia syntezy związków organicznych jest przeto zapewniony”. Drugi etap tej syntezy stanowi przejście od węglowodorów do alkoholi. „Jest to”, mówi on, „co osiągnąłem zamieniając węglowodory na odpowiadające im alkohole”. W ten sposób została zrealizowana całkowita synteza mnóstwa związków organicznych, które z łatwością dają się otrzymać z alkoholi.

Całokształt tych syntez zasadniczych dokonanych przez Berthelota w ciągu lat kilku daje się poglądowo zobrazować za pomocą następujących schematów:



Doprowadziwszy swe prace nad syntezą związków organicznych z ich składowych pierwiastków do tego zaokrąglenia i zakończenia, Berthelot nie poprzestał na tym ich wyniku. Filozoficzny jego umysł, zdradzający wybitne skłonności konstrukcyjno-syntetyczne, zapragnął dać obraz całokształtu związków organicznych z punktu widzenia ich syntezy. W tym celu pisze on w ciągu 15-tu miesięcy pierwsze swoje wielkie dzieło „Chimie organique fondée sur la synthese”, które wyszło pod koniec roku 1860 w postaci dwóch obszernych tomów, obejmujących przeszło 1500 stron druku.

Dzieło to napisane nawskroś oryginalnie, w sposób całkiem różny od istniejących podówczas wykładów całokształtu chemii organicznej było niewątpliwie dziełem pionierskim, stwarzającym dla badań do-

świadczalnych nad związkami organicznymi zupełnie nowe horyzonty. Z dzieła tego dowiadujemy się przede wszystkim, że podjęte przez Berthelota syntetyczne badania nad syntezą związków organicznych z ich pierwiastków składowych nie były rzeczą przypadku, lecz wynikiem gruntownych rozważań nad jednostronnością stosowanych w chemii organicznej metod badania. Do roku bowiem 1853, w którym Berthelot opublikował pierwsze swe prace syntetyczne nad otrzymywaniem tłuszczów z gliceryny, chemia organiczna posilkowała się w swych badaniach doświadczalnych prawie wyłącznie metodą stopniowej odbudowy złożonych związków przyrodzonych, otrzymując z ich, działaniem czynników bądź fizycznych, bądź chemicznych, związki coraz to prostsze. W ten sposób zostały stworzone analityczne podstawy klasyfikacji połączeń organicznych, znajdujące swój wyraz w ówczesnych systematycznych wykładach całokształtu chemii organicznej. Tak np. Berzelius, pierwszy prawodawca chemii w początkach ubiegłego stulecia, podaje w 5-tym wydaniu swego znakomitego „Podręcznika chemii” z r. 1847 najpierw opis kwasów organicznych, następnie zasad organicznych, a wreszcie związków charakteru obojętnego, do których zalicza tłuszcze, woski, etery, a dopiero na samym końcu najprostsze węglowodory. W kilka lat później Gerhardt, znakomity systematyk związków organicznych, opisuje w swym „Traité de Chimie organique” z r. 1855—1856 najpierw szeregi połączeń, wyprowadzających się od najprostszych kwasów organicznych, do kwasów coraz to bardziej złożonych, zatem pochodne kwasów mrówkowego, octowego, propionowego itd.,

następnie pochodne kwasu benzoesowego i jego homologów, a wreszcie połączenia nie dające się zgrupować w żadne systematyczne szeregi homologiczne.

Ten układ, ta klasyfikacja, wydaje się tym dziwniejszą, że w wykładach chemii związków nieorganicznych postępowano od czasów Lavoisier'a w sposób wprost przeciwny. Mianowicie rozpoczynano ich opis od pierwiastków i następnie przechodzono stopniowo do opisu związków podwójnych, potrójnych itd., czyli do opisu związków powstających przez wzajemne łącznie się dwóch, trzech, czterech lub więcej liczby pierwiastków.

Różnica dwu tych klasyfikacji była powodowana różnicą metod stosowanych przy badaniu doświadczalnym połączeń mineralnych i organicznych. Związki mineralne poddawano najpierw rozkładowi na ich składowe pierwiastki, a następnie otrzymywano z powrotem z ich składników, stwierdzając słuszność wniosków wysnuwanych z danych analitycznych za pomocą postępowania syntetycznego. Otóż w dziedzinie związków organicznych owo postępowanie syntetyczne zdawało się być niewykonalne. Sądono, że dla syntezy połączeń organicznych z ich pierwiastków składowych nie wystarcza działanie samych czynników fizycznych i chemicznych, lecz konieczny jest do tego współudział tzw. „siły życiowej”. Wprawdzie Wöhler dokonał już w r. 1828 syntezy mocznika z cyjanianu amonu, Polouze syntezy kwasu mrówkowego z cyjanowodoru w r. 1831, a Kolbe otrzymał w r. 1845 kwas tróchlorooctowy z dwusiarczku węgla, działając nań wolnym chlorem, a po nich inni chemicy otrzymali przed rokiem 1855 szereg różnych związków orga-

nicznych również na drodze syntetycznej. Jednakże ogół chemików uważał wymienione syntezy nielicznych zresztą połączeń organicznych za dzieło przypadku. Gerhardt pisał jeszcze w roku 1844, że „działalność chemika jest wprost przeciwna działaniu natury, bowiem chemik spala, niszczy, rozkłada, a tylko jedna siła życiowa działa syntetyzująco, odtwarzając i budując z powrotem to, co zostało zniszczone działaniem sił chemicznych”, a Berzelius wyraził się w r. 1847, we wstępie do opisu związków organicznych, że „w przyrodzie żywej pierwiastki zdają się podlegać innym prawom niż w przyrodzie martwej”.

Berthelot nie dokonał przeto pierwszych syntez związków organicznych, ale niewątpliwie był pierwszym chemikiem, który w sposób systematyczny począł stosować postępowanie syntetyczne jako zasadniczą metodę otrzymywania i badania związków organicznych, był pierwszym, który na podstawie własnych badań syntetycznych oparł nową — racjonalną klasyfikację tych połączeń, odwrócił dawny porządek ich opisu, rozpoczynając go od omówienia węglowodorów, od których przechodził następnie do alkoholi i ich pochodnych, kończąc na związkach najbardziej złożonych. W swej „Chimie organique fondée sur la synthese” daje on najpierw systematyczny opis syntezy węglowodorów, następnie sposobów otrzymywania alkoholi z odpowiednich węglowodorów, a wreszcie sposobów otrzymywania różnych pochodnych alkoholi. Oddzielny rozdział poświęca on węglowodanom, a na końcu podaje systematyczny opis ogólnych metod postępowania syntetycznego. Całe dzieło, napi-

sane być może nieco za rozwlekłe, jest jednak na wskroś indywidualne i oryginalne i dlatego też dziś jeszcze czyta się z wielkim zainteresowaniem. Ażeby dać pojęcie o jego głębi filozoficznej, wystarczy jeden z ostatnich ustępów, w którym autor daje charakterystykę chemii: „Chemia — mówi on — tworzy sama przedmiot swych badań. Ta jej potęga twórcza, podobna do zdolności twórczych sztuk pięknych, wyróżnia ją od innych nauk przyrodniczych oraz od nauk historycznych. Nauki historyczne mają z góry dany przedmiot swych badań, niezależny od woli oraz czynności uczonego; związki ogólne, które one wykrywają i ustanawiają, opierają się wyłącznie na wnioskowaniach mniej lub bardziej prawdopodobnych, niekiedy tylko na przypuszczeniach, których słuszności niepodobna stwierdzić poza obrębem obserwowanych zjawisk...”.


„Jedna tylko chemia posiada zdolność twórczą w stopniu wyższym od innych nauk przyrodniczych, to też przenika ona głębiej, sięgając aż do naturalnych elementów swych tworów. Nie tylko bowiem sama stwarza ona zjawiska, ale ponadto odtwarza to co zniszczyła, a nawet posiada władzę tworzenia nowych jestestw sztucznych, podobnych do tworów przyrodzonych. Te zaś twory sztuczne, to nic innego jak realne obrazy praw ogólnych, poznawanych przez chemię. Nie ograniczając się do przenikania naszą myślą przemian materialnych, które kiedykolwiek zostały dokonane, zarówno jak i tych, które codziennie zachodzą w świecie organicznym, nie zadawalnając się chwytnością za pomocą obserwacji ulotnych śladów zjawisk oraz istnień bieżących, pretendujemy

do wynajdywania typów ogólnych wszystkich substancji możliwych oraz do ich urzeczywistniania. Możemy stwarzać na nowo wszystkie materie, które kiedykolwiek powstały od początku rzeczy, możemy je stworzyć w tych samych warunkach, mocą tychże praw, działaniem tych samych sił, którymi posilkowała się przyroda podczas aktu do tworzenia''.

Z rokiem 1860 kończy się pierwszy okres twórczej pracy Berthelota, pracy, dokonanej w laboratorium Balarda, na skromnym stanowisku preparatora, czyli asystenta. Na skutek ogłoszonych w tym okresie czasu tak doniosłych badań pionierskich, został on z początkiem roku 1860 powołany na świeżo utworzoną katedrę chemii organicznej w École Supérieure de Pharmacie. W ten sposób zdobył on nie tylko przynależne mu stanowisko w hierarchii społecznej, odpowiadające jego zasługom naukowym, ale również i podstawy skromnego bytu materialnego.

Do czasu uzyskania katedry uniwersyteckiej, ojciec Berthelota, aczkolwiek sam niezbyt zamożny, dostarczał synowi środków materialnych, umożliwiających mu całkowite oddanie się pracy badawczej. Z chwilą ustalenia swego bytu materialnego, pomyślał Berthelot o stworzeniu własnego ogniska rodzinnego i w maju roku 1861 poślubił Zofię Niaudet, Szwajcarkę, w dodatku protestantkę, siostrzenicę inżyniera Breguet'a, znanego fabrykanta instrumentów precyzyjnych.

Wybór ten okazał się bardzo szczęśliwy, bowiem panna Niaudet, była osobą nie tylko zamożną, nie tylko bardzo piękną i miłą, ale również wysoce inteligentną o niezwykłych przymiotach umysłu i serca.



Edmund Goncourt wyraził się o niej w swych pamiętnikach, że była „pięknością prostą, niezwykłą; pięknością inteligentną, głęboką, magnetyczną, — pięknością duszy i myśli, przypominającą kreacje poetyckie Edgarda Poe”. Nadto panna Niaudet posiadała umysł dość wielki, by należycie zrozumieć człowieka geniusza, którego pojęła za męża, by całkowicie oddać się jego pracom, jego dążeniom i marzeniom. Toteż małżeństwo to było niezwykle szczęśliwe i harmonijne. Jeden z synów Berthelot’a wyraził się o nim tymi słowy: „ojciec mój i matka moja uwielbiali się na wzajem; najmniejszy dysonans nie zakłócił ich szczęścia. Rozumieli się od pierwszego dnia. Byli stworzeni, ażeby się nawzajem uzupełniać. Matka moja, aczkolwiek bardzo wykształcona i inteligentna, usuwała się stale na plan drugi, zadawałniając się tym, by uczynić swego małżonka jak najszczęśliwszym. Zdaniem jej, był to jedyny sposób współpracy w wielkim jego dziele”.

W tym związku małżeńskim, tak szczęśliwym, tak pogodnym i harmonijnym spędził Berthelot całych lat 46, aż do chwili, gdy w jednym dniu, tej samej niemal godziny, oboje dokonali swego pracowitego żywota.

Małżeństwo było szczęśliwe i bogate również pod względem potomstwa. Mieli bowiem sześcioro dzieci, czterech synów i dwie córki. Synowie doszli do wysokich stanowisk w dziedzinie nauki, filozofii, polityki i dyplomacji, córki zaś poślubiły wybitnych profesorów uniwersyteckich.

W r. 1863 poruczono Berthelot’owi tymczasowo wykład uzupełniającego kursu chemii organicznej

w College de France, a w r. 1865, na skutek wniosku Balarda, Ministerstwo Oświaty utworzyło w tymże College de France odrębną Katedrę Chemii Organicznej, przeznaczoną specjalnie dla Berthelot'a, na której pozostawał on do końca swego życia.

Katedra ta była nie tylko stworzona dla niego, ale zarazem zaspakajała jego najgłębsze życzenia, bowiem obowiązywała zaledwie do dwóch godzin wykładu w ciągu tygodnia, i to nie normalnego Kursu Chemii Organicznej, lecz tych specjalnych działów chemii, nad którymi prelegent sam pracował. Przedmiot wykładów ulegał co lat kilka zmianom; omawiał na nich Berthelot historię alkoholi, rolę ciepła w powstawaniu związków organicznych, ogólne metody syntezy związków organicznych, podstawy termochemii, metody analizy gazowej, filozofię chemii itp.

Do katedry należała odpowiednia pracownia, dość obszerna, którą Berthelot dostosował do potrzeb swych badań specjalnych i w której to pracowni spędził on całe 42 lata, aż do ostatnich chwil swego życia, przebywając w otoczeniu nielicznych swych asystentów oraz współpracowników.

Od chwili powołania Berthelota w r. 1860 na katedrę chemii organicznej w Ecole Supérieure de Pharmacie, datuje się drugi okres jego twórczej pracy w dziedzinie chemii organicznej, trwający aż do końca roku 1869. Wstępował on w ten okres przygnębiony i przemęczony nadmierną pracą nad pierwszym swym wielkim dziełem „*Chimie organique fondée sur la synthese*”. W grudniu 1860 roku donosił swemu przyjacielowi Renanowi: „jestem chory, niezdolny do intensywnej pracy, wysiłki w czerwcu i lipcu były

ponad moje siły''. Tym niemniej w owym drugim dziesięcioleciu ogłasza on drukiem 200 prac badawczych w 370 publikacjach, a ponadto cztery dzieła oryginalne objętości przeszło 2500 stron druku. Produkcja naukowa wprost zdumiewająca, zdumiewająca nie tylko swym ogromem ale również swą jakością pierwszorzędną.

W tej produkcji naukowej Berthelota jedno z pierwszych miejsc zajmują niewątpliwie dalsze jego badania nad bezpośrednią syntezą związków organicznych, przede wszystkim zaś nad syntezą acetyleny oraz nad własnościami i zachowaniem się tego ważnego węglowodoru.

Jak wiadomo acetylen został odkryty w r. 1836 przez Edmunda Davy'ego, ale do czasu klasycznych prac Berthelota niewiele o nim wiedzano i mało się nim interesowano. Pierwsze prace Berthelota nad acetylenem datują się od roku 1860. Otrzymał on go wówczas przepuszczaniem par alkoholu etylowego, jak również eteru etylowego, przez rozżarzone rury metalowe. Próbował otrzymać acetylen również bezpośrednio z jego pierwiastków, przepuszczając wodór nad węglem rozżarzonym do białego żaru, jednakże bezskutecznie. Dopiero w roku 1862 udało mu się dokonać bezpośredniej syntezy acetyleny za pomocą płomienia elektrycznego, wytwarzanego pomiędzy elektrodami węglowymi, umieszczonymi w atmosferze czystego wodoru.

W następstwie odkrył Berthelot cały szereg innych metod otrzymywania acetyleny, jak np. przepuszczaniem par chloroformu nad rozżarzonymi opiłkami miedzianymi, jak działaniem silnych wyładowań elek-

trycznych na metan, na etylen oraz na mieszaniny cyjanu z wodorem.

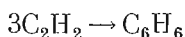
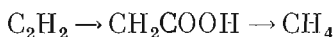
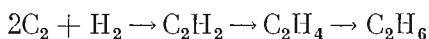
Działając wodorem na acetylen, zamienił go Berthelot na etylen oraz na etan, a drogą utlenienia na kwas octowy oraz na kwas szczawiowy. Przy pomocy zaś chlorku antymonu otrzymał z acetylenu dwuchlorek acetylenu oraz czterochlorek acetylenu, którą to metodę stosuje się obecnie do technicznego otrzymywania tych chloropochodnych acetylenu.

Te studia nad acetylenem doprowadziły Berthelota do szczegółowego zbadania procesów pirogenetycznego powstawania węglowodorów. W trakcie tych badań stwierdził on w r. 1866, że acetylen, nagrzewany do temperatur niezbyt wysokich, ulega polimeryzacji na benzen i w ten sposób wykazał po raz pierwszy możliwość bezpośredniego przejścia od związków alifatycznych do związków aromatycznych.

Następnie z benzenu otrzymał on dwufenyl, a z toluenu — antracen. Przepuszczaniem mieszanin benzenu z metanem przez rozżarzane rury — udało mu się otrzymać homologi benzenu, z mieszanin benzenu z etylenem — steryl i naftalen, z mieszanin naftalenu z etylenem — acenaften itd. Wymienione reakcje pirogenetyczne rzuciły nowe światło na istotę procesu suchej destylacji węgla kamiennego, stosowanego do otrzymywania gazu świetlnego. Sam Berthelot przeprowadził szereg badań nad składnikami smoły węgla kamiennego i wykrył w niej obok styrolu i naftalenu nowe węglowodory, mianowicie czterometylobenzen, fluoren i acenaften.

Wszystkim tym reakcjom, pobieżnie tylko wspomnianym, przypada ważna rola w systemie syntezy

związków organicznych. Z chwilą bowiem dokonania syntezy acetylenu bezpośrednio z węgla i wodoru, a następnie zamiany tego węglowodoru na atylen, metan, benzen, naftalen itd. — przyjął Berthelot acetylen za punkt wyjścia swego układu syntezy związków organicznych, jak to schematycznie uwidoczniają następujące wzory:



Pod koniec życia zestawiał Berthelot wyniki swych pięćdziesięcioletnich badań doświadczalnych nad węglowodorami, nad ich syntezą, ich przemianami i pochodnymi, w wielkim trzutomowym dziele, zatytułowanym „*Les carbures d'hydrogène. 1851—1901, Paris 1901*”. W dziele tym podał on systematycznie uporządkowany dosłowny przedruk swych prac oryginalnych, z tą tylko zmianą, że zamiast dawniej przez się stosowanych wzorów równoważnikowych wprowadził współczesne wzory atomowe. W tomie pierwszym tego dzieła znajdujemy prace nad acetylenem oraz nad całkowitą syntezą najprostszych węglowodorów; tom drugi traktuje o syntezie węglowodorów pirogeniczych; zaś w tomie trzecim znajdujemy zestawienie badań nad powstawaniem pochodnych węglowodorów.

Całość robi wprost imponujące wrażenie. Przy tym podnieść należy, że zbiór tych prac, po upływie przeszło pół wieku nie stracił nic ze swej doniosłości i aktualności. Raczej przeciwnie, wobec olbrzymiego rozwoju przemysłu przetwórczo-węglowego, wymienione

prace doświadczalne Berthelota nawet zyskały na aktualności i na doniosłości praktycznej. Bowiem wiele dokonanych przezeń odkryć i spostrzeżeń, które przed 50 lub 70-ciu laty mogły interesować wyłącznie tylko teoretyka, staje się dziś punktem wyjścia nowych postępowań i udoskonaleń technicznych.

Bezpośrednio po dokonaniu najważniejszych swych syntez, ogłosił Berthelot drukiem drugie klasyczne swe dzieło „Leçons sur les methodes gènèrales de synthèse en chimie organique, Paris 1864”, w którym podał systematyczny opis postępowań, prowadzących do bezpośredniego otrzymywania najprostszych związków organicznych, takich jak węglowodory, alkohole, kwasy i inne z ich pierwiastków składowych: węgla, wodoru i tlenu. Ponadto podał on szereg innych metod, prowadzących do otrzymania tychże związków organicznych z wody oraz z dwutlenku węgla, czyli z materiałów wyjściowych, którymi posilkują się organizmy roślinne. Tym metodom syntetycznym przypisuje on wielką doniosłość, bowiem zdaniem jego prowadzą one do „poznania praw ogólnych, rządzących związkami chemicznymi. Gdy bowiem analiza ogranicza się z konieczności do badania związków przyrodzonych oraz ich pochodnych, to synteza, postępując w myśl prawa twórczego, odtwarza nie tylko substancje przyrodzone, będące poszczególnymi przypadkami tego prawa, ale nadto stwarza nieskończoną ilość innych substancji, które nigdy w przyrodzie nie istniały”.

Drugą serię badań Berthelota z chemii organicznej, badań przeprowadzonych na szeroką skalę, stanowią jego prace nad tzw. uniwersalną metodą uwodorod-

niania, wykonane w latach od r. 1867 do 1869. Wy-mieniona metoda uniwersalna, polegająca na stosowaniu jodowodoru jako środka uwodorniającego, w istocie swej nie była nową, bowiem Lautemann zastosował jodowodór już w r. 1860 do redukcji kwasu mlekowego. Jednakże pierwszy Berthelot uogólnił tę metodę w ten sposób, by przy jej pomocy można każdy dowolny związek organiczny zredukować do jego macierzystego węglowodoru nasyconego. Stosując mianowicie wodne roztwory jodowodoru, nasycone w temperaturze około 280° , zredukował on alkohol etylowy, aldehyd octowy oraz kwas octowy do etanu, glicerynę oraz aceton do propanu, kwas masłowy oraz kwas bursztynowy — do butanu itd. Redukcja związków aromatycznych za pomocą jodowodoru nie dała tak prostych i jasnych wyników, jednakże Berthelotowi udało się po raz pierwszy stwierdzić, że węglowodory aromatyczne takie jak benzen i jego homologi, zarówno jak węglowodory wielocyklowe w rodzaju naftalenu, antracenu, acenaftenu itp. mogą bezpośrednio przyłączać wodór. Fakt ten był bardzo doniosły i w następstwie spowodował całe mnóstwo prac nad otrzymywaniem pochodnych uwodornionych związków aromatycznych.

Te prace Berthelota nad zastosowaniem jodowodoru do redukcji związków organicznych były ostatnimi jego badaniami z dziedziny chemii organicznej, badaniami zakrojonymi na szerszą skalę i stanowiącymi pewną zaokrągloną całość. Przed nimi dokonał on wraz z Pean de Saint — Gillesem w latach od 1861 do 1863 rozległych badań nad powstawaniem i rozkładem estrów, ale cel tych badań wychodził właściwie

poza granice chemii organicznej. Określił go sam Berthelot w sposób następujący: „W szeregu prac ogłoszonych w ciągu lat ostatnich starałem się wykazać na drodze eksperymentalnej, że związki organiczne powstają w analogiczny sposób do związków mineralnych, oraz próbowałem sformułować ogólne podstawy metod syntetycznych. Ażeby móc skutecznie kontynuować te moje badania syntetyczne, wydało mi się wskazanym zbadać mechanizm odpowiednich procesów. W tym celu podjąłem moje studia nad prawami, rządzącymi powstawaniem estrów”. W ten sposób wkroczył Berthelot po raz pierwszy w zupełnie nową, prawie przez nikogo nie uprawianą dziedzinę tzw. mechaniki chemicznej.

We wstępie do tych wyczerpujących — klasycznych badań, ogłoszonych drukiem w r. 1863 w rozprawie zatytułowanej „Recherches sur les affinités”, która następnie została przetłumaczona w r. 1910 na język niemiecki i wydana oddzielnie w „Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften”, mówi Berthelot między innymi co następuje:

„W chemii organicznej zajmowano się przede wszystkim otrzymywaniem nowych związków, ustanawianiem ich wzorów oraz badaniem odpowiednich reakcji...”

Prowadząc wszakże studia nad poszczególnymi związkami, nad wzajemnymi stosunkami ich wzorów oraz równoważników, pomijano zupełnie ogólne czynniki mechaniki chemicznej, warunkujące powstawanie i rozkład tych związków, zadawałnając się w tym względzie wynikami otrzymanymi w chemii mineralnej.

„Tymczasem studium związków organicznych od-

słania nam całkiem nieoczekiwane fakty — nie mające analogii w chemii związków mineralnych, fakty posiadające największą doniosłość dla teorii powinowactwa chemicznego. Chodzi tu przede wszystkim o wpływ czasu oraz o rolę pewnych czynników równowagi, nie stosujących się do praw ogólnych Berthelota”.

„Reakcje estrów są wzorem całego mnóstwa zjawisk, które z tymi samymi cechami charakterystycznymi odnajdujemy nie tylko w procesach chemicznych dokonywanych w naszych laboratoriach, ale również w przemianach materii, zachodzących w organizmach żywych”.

„Badając uważniej zjawiska (powstawania estrów i soli) spostrzegamy niebawem, że podobieństwo tych związków jest bardzo powierzchowne i zasada się raczej na analogii ich wzorów, aniżeli na reakcjach ich powstawania...”

„Różnice występują głównie w powolnym przebiegu reakcji estrów w przeciwieństwie do momentalnego dokonywania się reakcji soli, a ponadto w niezupełnym łączeniu się alkoholi z użytymi kwasami, w przeciwieństwie do zupełnego łączenia się zasad z kwasami, które się wzajemnie nasycają w stosunku ich ciężarów równoważnikowych...”

„Mamy w tym przypadku do czynienia z całkiem nową mechaniką chemiczną, nieporównanie subtelniejszą, zarazem bardziej skomplikowaną od mechaniki zjawisk, zachodzących w chemii mineralnej. Obejmuje ona również powinowactwa indywidualne, których występowanie w chemii mineralnej zasłaniały pewne czynniki fizyczne...”.

Ostatecznie Berthelot i Pean de Saint — Gilles stwierdzili na podstawie tych badań, trwających prawie trzy lata i obejmujących przeszło 500 serii pomiarów ilościowych, że procesy łączenia się kwasów z alkoholami na estry przedstawiają: 1° procesy przebiegające w tempie powolnym, dającym się dogodnie śledzić za pomocą pomiarów acydymetrycznych; — 2° przedstawiają procesy ograniczone, niezupełnie prowadzące do stanów równowagi, osiąganych z chwilą gdy $\frac{2}{3}$ ilości użytego kwasu i alkoholu ulegną przemianie na ester; — 3° że są to procesy odwracalne, gdy bowiem kwasy działając na alkohole zamieniają się częściowo na estry poddane działaniu wody rozkładają się częściowo na wolne kwasy i alkohole.

Ponadto próbował Berthelot po raz pierwszy sformułować matematycznie szybkość procesu powstawania estrów, wychodząc z całkiem słusznego założenia, że w każdym momencie czasu szybkość tego procesu jest proporcjonalna do iloczynu mas substancji reagujących, a odwrotnie proporcjonalna do objętości zajmowanej przez owe substancje. Aczkolwiek już przed Berthelotem podał Wilhelmy w r. 1850 ścisłą matematyczną definicję pojęcia szybkości reakcji chemicznych w przypadku procesów jednocząsteczkowych, aczkolwiek wyprowadzone przez Berthelota wzory matematyczne na szybkość procesów esteryfikacji okazały się w następstwie błędne, to jednakże słuszenie uchodzi on za jednego z pionierów kinetyki chemicznej, zarówno jak i za pioniera nauki o równowadze chemicznej. Jego badania nad powstawaniem i rozkładem estrów były doniosłe zwłaszcza z tego względu, że pobudziły one dwu norweskich uczonych Guldberga

i Waage do przeprowadzenia w latach 1864—1867 klasycznych studiów ilościowych nad prawem działania mas, którymi to studiami stworzyli oni podstawy nowoczesnej nauki o stanach równowagi chemicznej.

Jednakże nie tylko swymi pracami nad powstawaniem estrów wkroczył Berthelot w dziedzinę tak zwanej chemii fizycznej podówczas jeszcze nie istniejącej. W tym samym okresie swej działalności twórczej począł się on interesować również zagadnieniami termochemicznymi. „Było to w roku 1864 — mówi on we wstępie do swoich „*Essai de Mécanique Chimique*” — gdy zacząłem się zajmować termochemią... Utworzenie katedry w *College de France*... dało mi możliwość publicznego przedstawienia mych idei, a jednocześnie zobowiązało do nowych wysiłków. Przez naturalny związek rzeczy, a zarazem jako konieczne uzupełnienie uprzednich moich badań (nad syntezą związków organicznych), podjąłem się przedstawić zasady mechaniki (chemicznej), wchodzące w grę przy powstawaniu związków chemicznych. Punkt wyjścia stanowiła praca wykonywana przez cząsteczki podczas reakcji chemicznych, a mierzona metodami termochemicznymi. Było to zagadnienie podówczas niedostatecznie zbadane, aczkolwiek niezmiernie ciekawe. W gruncie rzeczy chodziło o stworzenie podwalin nowej nauki, mającej przekształcić całą chemię, sprowadzając ją do zasad racjonalnych, opierających się na prawach mechaniki...”.

Poglądy te rozwinął Berthelot w swych wykładach: „O roli ciepła w powstawaniu związków organicznych” oraz w obszernej rozprawie zatytułowanej

„Recherches de thermochimie”, ogłoszonej drukiem w r. 1865. Była to jednakże narazie praca czysto spekulacyjna, opierająca się wyłącznie na dawniejszych pomiarach termochemicznych, głównie Favrè’a i Silbermanna.

Ta niezwykle płodna działalność naukowa Berthelota poczęła zjednywać mu uznanie nie tylko paryskich sfer naukowych, ale również i zagranicznych. W r. 1863 został on powołany na członka paryskiej Akademii Nauk Medycznych, a w r. 1869 na członka zagranicznego Bawarskiej Akademii Nauk. To ostatnie jego powołanie uzasadniał słynny Justus von Liebig tymi słowy: „Berthelota należy zaliczyć do rzędu tych chemików społecznych, którzy wywarli największy i najdonioślejszy wpływ na rozwój chemii organicznej: wzbogaca on ją bowiem niemal codziennie nowymi, podziw wzbudzającymi odkryciami: między innymi otrzymał on po raz pierwszy kwas mrówkowy z tlenku węgla oraz alkohol (etylowy) bezpośrednio z etylenu“.

„Jego badania nad termochemią, nad stosunkami zachodzącymi pomiędzy składem chemicznym związków organicznych, a ich objętościami gatunkowymi, jego badania nad ciepłem spalania, nad ciepłem właściwym, nad temperaturami wrzenia oraz nad spółczynnikami załamania (światła) substancji — są wprost epokowe. Równie doniosłe są jego prace nad fermentacją oraz nad działaniem soku trzustkowego na tłuszcze. Wraz z de Luca odkrył on jodek propylu, a równocześnie z Zininem, lecz niezależnie odeń, wykazał, że olejek gorczyczny daje się otrzymać z jodku propylu i rodanku potasowego. Niemniej zna-

komite są jego prace nad syntezą węglowodorów, w szczególności nad syntezą acetylenu oraz nad przemianą metanu na alkohol metylowy”.

Trzeci okres twórczej działalności naukowej Berthelota, obejmujący czas od końca roku 1869 do roku 1885, można by nazwać periodem termochemicznym, albowiem w przeciągu tych 16 lat, pracuje on głównie nad eksperymentalną rozbudową termochemii. Nie przeszkadza mu to wszakże do jednoczesnego rozwinięcia podstaw nowoczesnej nauki o materiałach wybuchowych, do wykrycia prawa rozdziału substancji rozpuszczonych pomiędzy dwa niemieszające się ze sobą rozpuszczalniki, a ponadto do wzięcia czynnego udziału w życiu społecznym i politycznym swego narodu.

Wyniosłszy z domu rodzicielskiego zapatrywania wolnomysłne oraz przekonania skrajnie republikańskie, patrząc ponadto własnymi oczyma na upadek ruchu rewolucyjnego w r. 1848, nie mógł on pogodzić się z panującym ustrojem politycznym i przez cały czas panowania rządów cesarskich zamknął się w sobie samym, oddając się wyłącznie pracy badawczo-naukowej. Dopiero upadek cesarstwa w r. 1870 skłonił go do wyjścia ze swego zacisza laboratoryjnego na szerszą widownię publiczną, jak się o tym sam wyraził w następujących słowach: „Podczas pierwszego okresu mej kariery naukowej przebywałem samotny w moim laboratorium, z kilkoma zaledwie uczniami, swoimi przyjaciółmi, ożywionymi tym samym co i ja zapałem do badań naukowych i poświęcających się temu dziełu syntezy, które przekształciło chemię oraz przemysł. Całkowicie oddany wyłącznie temu

przedmiotowi, nie przestałem jednakże interesować się zagadnieniami historycznymi, filozoficznymi, poruszonymi przez naukę, która jedna stanowiła ośrodek oraz cel życia. Jednakże od roku 1870 zadania moje uległy rozszerzeniu wobec konieczności podjęcia nowych obowiązków na rzecz ojczyzny pokonanej i upokorzonej. Z początkiem przeto ostatniej ćwierci stulecia wypadło mi opuścić laboratorium; zdecydowałem się bowiem przejść od teorii osobistej do działalności publicznej na różnych terenach: przede wszystkim obrony narodowej, z racji zagadnień, wchodzących w zakres mej kompetencji specjalnej, następnie nauczania publicznego, z którym byłem związany przez całe me życie; wreszcie polityki ogólnej, obowiązującej w Rzeczypospolitej wszystkich jej obywateli''.

Przed nastaniem oblężenia Paryża przez wojska niemieckie, Berthelot wywiózł swe dzieci na południe Francji, a sam wraz z żoną powrócił do zagrożonej stolicy państwa, by wiadomościami swymi służyć ojczyźnie. Wybrany w maju 1870 r. prezesem Komitetu Naukowego Obrony Paryża, zajmował się on osobiście kwestią fabrykacji saletry potasowej, studiowaniem różnych materiałów wybuchowych, odlewaniem armat oraz innymi sprawami aktualnymi. Na skutek tej wielostronnej, a pożytecznej działalności, został on w kilka lat później, mianowicie w r. 1878 mianowany prezesem rządowej Komisji substancji wybuchowych, na którym to stanowisku oddał sprawie obrony militarnej państwa niespożyte zasługi.

Nieco wcześniej, bowiem już w r. 1876 został Berthelot mianowany, po ustąpieniu Balarda, inspektorem

generalnym szkolnictwa wyższego i pozostawał na tym wpływowym stanowisku przez przeciąg lat dwunastu. Wreszcie w r. 1881, w uznaniu wybitnych zasług położonych dla państwa, został Berthelot wybrany dożywotnym członkiem senatu, w którym wstąpił do unii partii republikańskich i przez długi szereg lat brał żywy udział w dyskusjach i pracach dotyczących wychowania publicznego, przy czym w znacznej mierze przyczynił się do wyswobodzenia szkolnictwa publicznego spod wpływów klerykalnych.

Na skutek zajmowanych wysokich stanowisk publicznych, a przede wszystkim wobec niezwyklej tężyzny swego umysłu oraz wyjątkowej pracowitości, stał się Berthelot w dziewiątym dziesięcioleciu ubiegłego stulecia jedną z najbardziej wpływowych osobistości francuskich, szczególnie w sprawach dotyczących nauki oraz nauczania publicznego. Zwłaszcza w kwestiach, dotyczących chemii i jej nauczania, wpływ jego był prawie nieograniczony, analogiczny do tego jaki poprzednio, za czasów cesarstwa, wywierał Dumas. Będąc powszechnie uważanym za najwybitniejszego przedstawiciela i wyraziciela chemii francuskiej, niejako za jej duchowego kierownika, Berthelot położył dla rozwoju tej nauki we Francji niewątpliwie olbrzymie zasługi, ale równocześnie wyrządził jej także wielką krzywdę, opóźniając swymi wpływami osobistymi rozpowszechnienie nowych poglądów na budowę związków chemicznych, zwłaszcza organicznych.

Absorbując zajęcia na arenie publicznej, nie zahamowały jednak dalszego rozwoju twórczości naukowej Berthelota. W rozważanym bowiem okresie 16 lat

wykonał on prawie 400 prac doświadczalnych, ogłoszonych drukiem w 740 publikacjach, a ponadto wydał 6 dzieł oryginalnych, objętości przeszło 3800 stron druku.

Z tych tak licznych prac naukowych niewątpliwie najważniejsze i najdonioślejsze są rozległe jego badania doświadczalne w dziedzinie termochemii. Pierwsza doświadczalna praca Berthelota z zakresu termochemii, wykonana w r. 1869 wspólnie z Ługininem, dotyczyła efektów cieplnych, towarzyszących działaniu wody na chlorki, bromki i jodki kwasowe oraz na bezwodniki kwasów. Za nią posypały się, jak z rogu obfitości, inne coraz to liczniejsze studia, tak że do końca r. 1885 ogłosił Berthelot w samych tylko *Annales de Chimie et de Physique* ni mniej, ni więcej tylko 150 rozpraw objętości przeszło 2000 stron druku.

Nie mogąc z natury rzeczy omawiać zasadniczej treści wymienionych prac nawet w najogólniejszej formie, winienem jednakże zaznaczyć, że wraz z pracami Juliusza Thomsena stworzyły one fundamenty oraz główny zrąb nowoczesnej termochemii. Przede wszystkim zawdzięcza nauka Berthelotowi pierwsze ściśle sformułowanie zasad, na których opiera się cała termochemia. Są to znane trzy jego zasady wygłoszone po raz pierwszy w r. 1869, a orzekające:

Pierwsza, że efekt cieplny procesów chemicznych stanowi miarę wchodzących w grę powinowactw chemicznych;

Druga, że ilość ciepła, wytwarzana przez proces chemiczny, zależy wyłącznie tylko od stanu początkowego i końcowego danego układu i jest niezależna od drogi, na której ów stan końcowy został osiągnięty;

Trzecia, że każda przemiana chemiczna dąży do wytworzenia takiego układu, którego powstaniu towarzyszy wydzielenie maksymalnej ilości ciepła.

Dwie pierwsze z nich były już dawniej znane, aczkolwiek może nie tak jasno i ściśle sformułowane. Natomiast trzecia, znana powszechnie pod nazwą „zasady pracy maksymalnej”, jest wyłączną zasługą Berthelota. Przypisywał on jej wielką doniosłość teoretyczną, to też wysilał swój genialny umysł na wykazanie jej słuszności oraz ścisłości. Niestety późniejsze rozważania termodynamiczne Horstmann'a, Helmholtz'a, Gibbs'a, Duhema oraz Van't Hoffa wykazały dowodnie, że wymieniona „zasada pracy maksymalnej” jest ścisła i dokładna jedynie tylko w pobliżu temperatury zera bezwzględnego. W temperaturach nieco wyższych, jak np. w temperaturze panującej na powierzchni naszego globu, sprawdza się ona w większości przypadków, jednakże nie we wszystkich. Zaś w temperaturach wysokich najczęściej zawodzi. Tym niemniej prof. Nernst jest zdania, że „w osnowie zasady pracy maksymalnej leży ukryte jakieś istotne prawo natury, którego wyświeślenie byłoby niezwykle doniosłe. Stosowane w obecnej swej postaci, prowadzi ono nieraz do całkiem błędnych wyników; jednakże procesy chemiczne, zwłaszcza nieodwracalne, przebiegają najczęściej zgodnie z tą zasadą”.

Poza tymi zasadami teoretycznymi wzbogacił Berthelot termochemię wypracowaniem dokładnych metod pomiarów kalorymetrycznych; zwłaszcza skonstruowana przezeń w r. 1880 tzw. bomba kalorymetryczna służąca do oznaczania ciepła spalania związków organicznych, doprowadziła dokładność pomiarów tych

wartości cieplnych do niebywalej wprost precyzji. W wykonaniu Mahlera, bomba ta stała się dziś nieodzownem narzędziem każdej pracowni chemiczno-technologicznej, zajmującej się oznaczeniem wartości kalorymetrycznej materiałów opałowych.

Wreszcie pomiarom kalorymetrycznym samego Berthelota oraz jego uczniów zawdzięcza chemia przeważną ilość dokładnych oznaczeń wartości ciepła właściwego, ciepła rozpuszczania, ciepła najrozmaitszych reakcji chemicznych, takich jak procesy zobojętniania, podstawiania, izomeryzacji, a przede wszystkim ciepła spalania olbrzymiej ilości związków organicznych.

W r. 1879, z chwilą gdy pomiarowe badania termochemiczne Berthelota osiągnęły pewien stopień zaokrąglenia, zestawił i zobrazował on ich wyniki w dwutomowym obszernym dziele, zatytułowanym „*Essai de mécanique chimique*”. W przedmowie do tego, na owe czasy niezwykle oryginalnego dzieła, pisał on: „Jestem u końca własnych moich myśli, sądzę przeto, że nadszedł moment przedstawienia praw i pojęć ogólnych, których badanie zajmowało mnie w ciągu tego długiego szeregu prac eksperymentalnych. Postanowiłem przeto wyłożyć, w jaki sposób pojęcia niedawno zdobyte w teorii ciepła, pozwalają sprowadzić całą chemię, zatem reakcje powstawania zarówno substancji organicznych jak i mineralnych, do tych samych zasad mechanicznych, które rządzą różnymi działami fizyki. Takim jest przedmiot niniejszego dzieła”.

W pierwszym tomie tego dzieła omawia on w sposób wyczerpujący kalorymetrię, metodykę, pomiarów

termochemicznych oraz podaje systematyczne zestawienie liczbowych danych termochemicznych. Tom drugi traktuje o termochemii reakcji powstawania i rozkładu związków chemicznych oraz o statyce chemicznej. Dzieło to było pierwszym w literaturze chemicznej wyczerpującym przedstawieniem całokształtu termochemii, bowiem Aleksandra Naumann'a „Lehr — und Handbuch der Thermochemie” ukazał się w druku dopiero w r. 1882, a Juljusza Thomsen'a czterotomowe „Thermochemische Untersuchungen” wyszły w latach od 1882 — do 1886 roku.

Zagadnienia termochemiczne nie były w stanie całkowicie pochłoniąć i zaspokoić ruchliwego i niespokojnego umysłu Berthelota. Zetknąwszy się podczas oblężenia Paryża w r. 1870, jako przewodniczący Naukowego Komitetu Obrony Stolicy, z materiałami wybuchowymi, zainteresował się on nimi nieco bliżej i zaraz ogłosił w *Comptes Rendus de l'Académie* trzy rozprawki, traktujące o sile wybuchowej tych substancji; rozprawki te wydał następnie z początkiem r. 1871 w oddzielnej broszurce zatytułowanej: „Sur la force de la poudre et des matières explosives”. W broszurce tej, będącej niejako zapowiedzią i programem późniejszych własnych badań, postawił on sprawę materiałów wybuchowych, traktowaną do owego czasu prawie wyłącznie z punktu czysto empirycznego, na gruncie ściśle naukowym. Od razu bowiem we wstępie wypowiedział pogląd, że „dla określenia siły substancji wybuchowych niezbędna jest znajomość czterech czynników: po pierwsze składu chemicznego tych substancji, po drugie składu chemicznego ich produktów rozkładu, po trzecie obję-

tości gazów wytwarzanych przez wybuch oraz po czwarłe ilości ciepła wytwarzanego przez rozkład wybuchowy.

„Ta ostatnia wielkość — mówi on — jest miarą pracy maksymalnej wykonywanej przez substancje wybuchowe, podczas gdy ciśnienie początkowe jest warunkowane objętością wytwarzanych gazów oraz ich temperaturą”.

W ten sposób całe zagadnienie materiałów wybuchowych oraz ich siły zostało postawione na platformie termochemicznej i wciągnięte w zakres przednich jego badań kalorymetrycznych. Poczynając od r. 1874 oznacza Berthelot ciepło powstawania kwasu azotowego i jego soli, następnie ciepło powstawania nitrogliceryny, bawełny strzelniczej, chloranów oraz nadchloranów. Zaś od r. 1878, z chwilą powołania go na przewodniczącego komisji substancji wybuchowych, utworzonej przy Ministerstwie wojny, przeprowadza on już to sam, już też ze swymi współpracownikami, zwłaszcza z Vieille'm, Sarrau oraz Le Chatellerem, liczny szereg gruntownych badań doświadczalnych nad przebiegiem rozkładu materiałów wybuchowych, których tylko część została ogłoszona drukiem pod postacią 60 rozpraw, objętości 540 stron. Badania te doprowadziły go między innymi do odkrycia wraz z Vieillem w r. 1883 tzw. „fali wybuchowej” (onde explosive), odgrywającej zasadniczą rolę w gwałtownym rozkładzie substancji wybuchowych, wywołanym za pomocą detonatorów.

Wyniki tych badań eksperymentalnych, dokonanych niejednokrotnie z narażeniem własnego życia, zarówno jak i wyniki badań swych utalentowanych współpra-

cowników, zestawił Berthelot w obszernym dwutomowym dziele zatytułowanym: „*Sur la force matières explosives d'après la thermochimie*”, wydanym w r. 1883. Klasyczne to dzieło, aczkolwiek napisane przed 44 laty, nie straciło po dziś dzień swej wartości i stanowi dotychczas podstawę nauki o materiałach wybuchowych.

Całkowicie poza obrębem termochemii leżą badania Berthelot'a, wykonane wspólnie z Emilem Jungileischem w r. 1872 nad rozdziałem substancji pomiędzy dwa nie mieszczące się ze sobą rozpuszczalniki. W znamiennej tej pracy, zatytułowanej: „*Sur les lois qui président au partage entre deux dissolvants*”, wykazał on, że podział ten dokonywa się w zależności od stosunku stężeń substancji rozpuszczonej w obu rozpuszczalnikach, w stosunku nazwanym przezeń „spółczynnikiem rozdziału”, który to współczynnik zmienia się nieco wraz z temperaturą. Ważna ta prawidłowość, odgrywająca doniosłą rolę w preparatyce związków organicznych, została dokładniej zbadaną przez Nernst'a dopiero w r. 1894.

Również nie miały nic wspólnego z termochemią liczne badania eksperymentalne Berthelota nad wpływem cichych wyładowań elektrycznych na szereg procesów chemicznych, zwłaszcza z pierwiastkami tak biernymi jak wolny azot. Między innymi stwierdził on w r. 1876, że pod wpływem cichych wyładowań elektrycznych szereg związków organicznych takich jak benzen, olejek terpentynowy, celuloza oraz wiele innych, pochłania w dużych ilościach wolny azot, wiążąc go na połączenia, które ogrzewane z wapnem palonym, wydzielają amoniak. Cenne te spostrzeżenia

uległy częściowemu zapomnieniu i nie zostały dotychczas wykorzystane w celach technicznych. Działaniem cichych wyładowań elektrycznych na mieszaniny dwutlenku siarki z tlenem, otrzymał Berthelot siedmiotlenek siarki, najwyższy stopień utlenienia tego pierwiastka. Jednocześnie stwierdził on, że podczas elektrolizy dość stężonego kwasu siarkowego powstaje kwas nadsiarkowy ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$), który obecnie odgrywa ważną rolę w technice chemicznej jako cenny środek utleniający.

Poza tymi pracami doświadczalnymi, z których mogliśmy wymienić jedynie tylko najdonioślejsze i najobszerniejsze, wzbogacił Berthelot równocześnie literaturę chemiczną dwoma cennymi dziełami, wiążącymi się bezpośrednio z poprzednimi jego badaniami eksperymentalnymi nad syntezą związków organicznych. Mianowicie w r. 1876 ogłosił on w „Międzynarodowej bibliotece naukowej” ciekawą książeczkę pt. „La synthèse chimique”, przeznaczoną dla szerokich kół czytelników inteligentnych, która to książeczka doczekała się aż dziesięciu wydań i została przetłumaczona na kilka języków europejskich. Nieco wcześniej, bowiem w r. 1872, wydał on uniwersytecki podręcznik chemii organicznej pt. „Traité élémentaire de chimie organique”, który w następstwie ukazał się w trzech wydaniach znacznie rozszerzonych, opracowanych przez Jungfleischa. W przedmowie do pierwszego wydania tego dzieła pisał Berthelot: „W książce tej, będącej streszczeniem dwunastoletniego nauczania, chemia organiczna została przedstawiona i uporządkowana w myśl zasady stopniowego tworzenia się związków z pierwiastków aż do połączeń najbardziej

złożonych. Jest to elementarne zastosowanie doktryny, na której opierał się mój „*Traite de chimie organique fondée sur la synthèse*”, ogłoszony w roku 1860...

„Liczba związków organicznych, które dotychczas zostały otrzymane przekracza dziesięć tysięcy; liczba tych, które dadzą się otrzymać za pomocą znanych metod jest prawie nieskończenie wielka. Konieczne przeto było przyjęcie kilku prostych zasad klasyfikacyjnych w celu skoordynowania studium tych połączeń. Jako zasadę ogólną i dominującą przyjąłem tzw. funkcję chemiczną; innymi słowami mówiąc podzieliłem moje dzieło na rozdziały obejmujące węglowodory, alkohole i etery, aldehydy, kwasy, zasady organiczne, złożone rodniki metaliczne, wreszcie amidy.

Ten podział zasadniczy, na pozór tak prosty, nie został zastosowany w żadnym dziele, opublikowanym przed ukazaniem się mojej książki z r. 1860... Wyraża on metodyczne powstawanie oraz stopniową syntezę związków organicznych z ich pierwiastków składowych. Zarazem pozwala on formułować ogólne prawidłowości składu, ogólne sposoby powstawania oraz ogólne reakcje, zdaniem moim, z większą jasnością i prostotą aniżeli jakikolwiek inny podział opierający się na odmiennych zasadach. Uważam go za bardziej jasny i właściwy w nauczaniu od podziału opierającego się na szeregach homologicznych, zaproponowanego przez Gerhardtą w r. 1844. tym bardziej za odpowiedniejszy od podziału opierającego się na historii każdej oddzielnej serii związków organicznych, rozpatrywanych jako całość jednorodna, podziału stosowanego w większości najwybitniejszych dzieł...

„Zaznaczywszy ramy ogólne, zarówno jak i podział

zasadniczy, starałem się szczegółowo opisywać małą tylko liczbę związków zasadniczych, rozpatrywanych jako przedstawicieli typowych odpowiednich klas. Takimi są acetylen, etylen, metan, benzen spośród węglowodorów; zwykły spirytus, gliceryna, cukry spośród alkoholi itp. Historię każdego z tych związków przedstawiam według planu ogólnego, dającego się zastosować do wszystkich związków tej samej grupy: mówię o powstawaniu na drodze syntezy i rozkładu, o przygotowaniu, własnościach fizycznych i działaniu ciepła, o działaniu wodoru, tlenu, chloru, wody, wreszcie o działaniu kwasów, zasad itp.'".

Był to za tym podręcznik chemii organicznej całkiem nowożytny pod względem swego układu oraz przeprowadzonej w nim klasyfikacji związków organicznych. W tym kierunku wyprzedził Berthelota jeden tylko Aleksander Butlerow w swym „Wiedienij kpołnomu izuczeniju organiczeskoj chimiji”, wydanym w Kazaniu w r. 1864, w znacznej mierze wzorowanym na poprzednich działach Berthelota. Jednakże pod innymi względami zajął Berthelot w swej książce stanowisko bardzo konserwatywne i reakcyjne, stosował bowiem wyłącznie tylko przestarzałe, ogólnie zarzucone, wzory równoważnikowe, nie uznając zasadniczo ani teorii atomowej, ani też opartych na niej wzorów racjonalnych, a tym bardziej wzorów strukturalnych. Był on zapamiętałym przeciwnikiem zarówno teorii atomowej jak i teorii cząsteczkowej i zwalczał te koncepcje hipotetyczne w sposób prawie że namiętny. „W nauce współczesnej — pisał on — istnieją jedne tylko podstawy pewne: są nimi fakty i prawa należycie stwierdzone. Prawa fizyki i mecha-

niki, odkryte w XVII i XVIII wieku przez Galileusza, Descarta, Newtona oraz Lavoisiera, pozostały dotychczas prawdziwymi. To co się zmienia, są to teorie, systemy, słownictwo, symbolika, interpretacja...

One to rozszerzają się i zmieniają przez nieustanną ewolucję, idącą równolegle z bezustannym wzrostem naszej znajomości nowych faktów". Hipotezy atomowej nie uznawał Berthelot ze względów zasadniczych, bowiem jak się wyraził w r. 1885 do Naquet'a: „nie chciał, by chemia zeszła do dogmatyzmu wiary, obawiał się by nie wierzono w istnienie atomów tak, jak chrześcijanie wierzą w obecność Chrystusa w hostii”.

Jednakże należy podnieść z uznaniem, że ten naukowy konserwaryzm Berthelota nie był powodowany ani ślepym przywiązaniem do tradycji, ani bezmyślnym uporem, bowiem w późnym już wieku nie tylko że zaniechał on swej opozycji względem teorii atomowej, ale nawet sam począł stosować w swych dziełach znakowanie atomowe oraz racjonalne wzory cząsteczkowe, nie mogąc się przekonać jedynie tylko do wzorów strukturalnych. Profesor Guye, który w r. 1890 słuchał wykładów Berthelota w Collège de France, opowiadał, że rozpoczął on je, jak zwykle, stosując stare znakowanie równoważnikowe, a w środku jednego z rozdziałów, nie uprzedzając o tym słuchaczy, przeszedł nagle do znakowania atomowego, którym się nadal stale posługiwał.

Ciekawe jest, że Berthelot nie był jedynym, ani też ostatnim spośród wybitnych chemików, którzy odnosili się sceptycznie i wrogo względem teorii atomowej. Wielki jego antagonistą, współczesny znako-

mity fizyko-chemik prof. Wilhelm Ostwald, z tych samych co Berthelot względów zasadniczych nie uznawał teorii atomowej oraz wzorów racjonalnych, w szczególności zaś wzorów strukturalnych. Pod wpływem wszakże nowych faktów, dostarczonych przez badanie zjawisk promieniotwórczych oraz przez rozwój wiadomości o stanach koloidalnych materii, zmienił on nagle w r. 1909 swe stanowisko odporne względem teorii atomowej, jednakże wzorów strukturalnych nie uznał po dzień dzisiejszy.

W czwartym zarazem ostatnim okresie swej twórczości, trwającym od r. 1885 do 1907, Berthelot zmienia ponownie przedmiot swych głównych zainteresowań intelektualnych, i nie zrywając całkowicie z termochemią, zajmuje się przeważnie badaniami eksperymentalnymi z dziedziny chemii roślinnej oraz chemii rolnej, prowadząc jednocześnie rozległe poszukiwanie historyczno-filologiczne nad początkami chemii.

W tym prawie dwudziestodwuletnim okresie wyłożonej pracy badawczej jego sława oraz autorytet naukowy dochodzą do maximum, po przekroczeniu którego stopniowo maleją, zwłaszcza wobec nowych doniosłych odkryć oraz nowych koncepcji teoretycznych, które spowodowały odrodzenie nieuznawanej przezeń atomistyki. Powołany już w r. 1873 na członka paryskiej Académie des Sciences, zostaje Berthelot wybrany w r. 1899 jej dożywotnim sekretarzem generalnym, a w r. 1901 zostaje powołany do grona 40 „nieśmiertelnych” Akademii Francuskiej. Również liczny szereg Akademii zagranicznych, oraz zagranicznych towarzystw naukowych mianuje go swym członkiem honorowym.

Poza własną pracą badawczą oraz zajęciami administracyjno-organizacyjnymi, związanymi ze stanowiskiem sekretarza generalnego Akademii Nauk, oddaje się on jeszcze działalności politycznej. Nie ograniczając się do działalności związanej ze stanowiskiem dożywotniego członka Senatu Rzeczypospolitej, obejmuje on w r. 1886 tękę oświaty w gabinecie Goblet'a i zajmuje się tak energicznie przeprowadzeniem reformy nauczania elementarnego i powszechnego, że dziełem tem zdobywa sobie wielką popularność w szerokich warstwach narodu. W r. 1895 wchodzi Berthelot ponownie do rządu, obejmując tym razem w gabinecie Bourgeois, stanowisko ministra spraw zagranicznych, którymi kieruje w ciągu 5 miesięcy.

Te tak różnorodne zajęcia uboczne nie odrywają go jednak od głównego celu życia — od pracy badawczej. W ciągu tych ostatnich 22 lat swego życia wykonuje on 880 badań bądź doświadczalnych, bądź teoretycznych i historycznych, ogłoszonych drukiem w 1245 publikacjach. Ponadto ogłasza 17 dzieł, obejmujących przeszło 12 500 stron druku.

Z termochemią Berthelot na razie nie zrywa, jednakże tempo jego badań termochemicznych słabnie coraz bardziej, zanikając całkowicie przed r. 1900. Tym niemniej ogłasza on w samych *Annales de Chimie et de Physique* przeszło 80 rozpraw termochemicznych, obejmujących około 1300 stron druku, a w r. 1897 monumentalne, dwutomowe dzieło pt. „*Thermochimie. Données et lois numériques*”, wydawszy poprzednio w r. 1893 krótki podręcznik kalorymetrii pt. „*Traite pratique de calorimetrie chimique*”, znacznie rozszerzony w wydaniu ponownym ogłoszonym drukiem w r. 1905.

W przedmowie do swej „Thermochimie” zaznacza Berthelot że „wypadło mu ponownie przeprowadzić wszystkie obliczenia (termochemiczne), postępując według jednolitego planu i układu prawidłowego, a to w celu otrzymania danych jednorodnych”. Była to praca nie tylko mozolna lecz i olbrzymia, którą wykonał bez niczyjej pomocy. Jak się wyraził do A. Gautiera, zużył do tych obliczeń ni mniej ni więcej tylko około 30 000 arkuszy papieru. Tę wprost tytaniczną pracę wykonał on w 70 roku swego życia. W ten sposób stworzył Berthelot dzieło naprawdę monumentalne, dające krytyczne zestawienie całego dorobku badań termochemicznych do roku 1897; stworzył dzieło jakim dotychczas nie może się poszczycić żaden inny dział chemii fizycznej.

Ostatnim niejako akordem wspaniałej symfonii termochemicznej Berthelota były wykonane przezeń w r. 1898 badania kalorymetryczne nad ciepłem zwierzęcym. Doprowadziły go one między innymi do wykrycia niezmiernie doniosłego dla fizjologii faktu, że mianowicie procesowi pochłaniania tlenu powietrza przez czerwone ciała krwi towarzyszy wydzielanie znacznych ilości ciepła, wynoszących na gramocząsteczkę pochłoniętego tlenu aż 15 wielkich kalorii, czyli prawie $\frac{1}{7}$ część tej ilości ciepła, jaką wytwarza proces spalania węgla. Zarazem wykazał on, że tej produkcji ciepła, zachodzącej w płucach przeciwstawiają się endotermiczne procesy wydzielania przez krew żyłą dwutlenku węgla oraz pary wodnej, które to procesy mogą w pewnych warunkach kompensować dodatni efekt cieplny, powodowany wiązaniem tlenu przez hemoglobinę. Wyniki wymienionych pomiarów

kalorymetrycznych zestawiał Berthelot w dwutomowym dziełku ogłoszonym drukiem w r. 1899 pod tyt. „Chaleur animale”.

Badania i prace termochemiczne Berthelota wykonane w okresie czasu od r. 1885 do 1899 były tylko wykończeniem i uzupełnieniem uprzednich jego poczynąń w tym kierunku. Dokonawszy w pierwszym oraz w drugim okresie swej twórczej działalności syntezy zasadniczych związków organicznych, a tym samym podporządkowawszy procesy powstawania połączeń organicznych z ich pierwiastków składowych pod ogólne prawa fizyko-chemiczne, wyświetlił Berthelot w trzecim — termo-chemicznym okresie swej działalności energetyczną stronę tych procesów syntetycznych. Te doniosłe wyniki jego badań eksperymentalnych, wyświetlające w znacznej mierze istotę procesów chemicznych zachodzących w warunkach laboratoryjnych, nie zaspokoili jego ciekawości naukowej. Zapragnął on dokładniej poznać środki oraz sposoby, którymi posiłkują się organizmy roślinne, dokonując w zwykłych warunkach temperatury syntezy najbardziej złożonych związków organicznych z tak prostych materiałów wyjściowych jak dwutlenek węgla, woda oraz sole kwasu azotowego, zapragnął rzucić nieco światła na mechanizm tych procesów.

Sprawa ta interesowała jego umysł od dawna. Już bowiem w pierwszym wyczerpującym swym dziele „chimie organique fondée sur la synthèse” z r. 1870 poświęcił on obszerny rozdział działaniom kontaktowym, którym — zdaniem jego — przypada dominująca rola w procesach chemicznych, zachodzących w organizmach żywych. Już wówczas wygłosił on

pogląd, że wymienione działania kontaktowe nie przedstawiają w istocie swej nic niezwykłego, bowiem dają się one sprowadzić do gry zwykłych sił powinowactwa chemicznego, występujących w procesach międzycząsteczkowych. Już wówczas próbował Berthelot, jeden z pierwszych, stworzyć ogólną klasyfikację tych działań kontaktowych, dzieląc je na trzy wielkie grupy, mianowicie na działania powodowane obecnością ciał porowatych, na działania przyspieszające wywierane przez kwasy oraz na działania wywoływane przez fermenty. Wreszcie w ostatnim rozdziale swego dzieła zajął się zastosowaniami syntezy chemicznej w dziedzinie fizjologii.

Z wprowadzeniem w czyn swych poglądów oraz zamierzeń badawczych względem procesów biochemicznych, zachodzących w organizmach roślinnych, wypadło Berthelotowi dość długo czekać. W przedmowie do swego dzieła „*Chimie végétale*” mówi on między innymi: „brakło mi przez dłuższy czas środków eksperymentalnych by móc — w sposób metodyczny — zająć się zrealizowaniem tych idei, również doniosłych dla zastosowań rolniczych jak i dla nauki czystej. W rzeczy samej, badania tego rodzaju nie mogą być wykonywane w pomieszczeniach laboratorium chemicznego, w ośrodku tak wielkiego miasta, jakim jest Paryż; wymagają one bowiem uprawy pól doświadczalnych w większej rozciągłości. Są to środki działania, którymi właściwi chemicy dotychczas rzadko rozporządzali. Wreszcie w latach ostatnich zdobyłem, na skutek domagań Parlamentu oraz Ministerstwa Oświecenia Publicznego, pomieszczenia oraz materiały, niezbędne do podjęcia tego nowego szeregu prac. Od-

dano do mej dyspozycji plac, znajdujący się na terenach należących do dawnego pałacu Meudon, zniszczonego pod koniec wojny 1870 r. ... Dekretem Ministra oświecenia ze stycznia r. 1883 została utworzoną (w Meudon) stacja chemii roślinnej, przydzielona do katedry chemii organicznej w College de France, którą zajmowałem od r. 1865... Dzięki podwójnemu poparciu (ze strony Ministerstwa Oświaty oraz Ministerstwa Rolnictwa) zostały wykonane liczne serie obserwacji i doświadczeń nad wiązaniem azotu, nad ogólnym przebiegiem wegetacji, nad składnikami gleby roślinnej oraz studia nad tworzeniem się bezpośrednich składników roślin; wreszcie studia nad cukrami i węglowodanami”...

Niewątpliwie najdonioślejszymi z tych prac biochemicznych Berthelota były jego badania nad asymilacją wolnego azotu przez rośliny i glebę. Od czasu bowiem prac Saussure’a z r. 1804, a następnie wyczerpujących badań znakomitego francuskiego agrochemika Boussingaulta z r. 1853 ustaliło się w nauce przekonanie, że ani gleba ani rośliny nie są w stanie asymilować, czyli wiązać wolnego azotu atmosferycznego. Zapatrywanie to podzielał zarówno Justus Liebig, jak Lawes i Gilbert z Rothamsted, największe powagi w sprawach dotyczących chemii rolnej. Odmienne poglądy Georges Villea, opierające się na doświadczeniach polowych zbyt nie przekonujących i nieścisłych, nie znajdowały uznania. Badania Boussingaulta nie rozstrzygały jednakże pytania, w jaki sposób roślinność łąkowa i leśna pokrywa swe zapotrzebowanie związków azotowych, z jakich źródeł wyrównywa swój deficyt tych związków?

Otóż Berthelot stwierdził już w r. 1876, że pewne związki organiczne są w stanie wiązać, pod wpływem cichych wyładowań elektrycznych, wolny azot na połączenia, z których daje się on następnie wydzielić pod postacią amoniaku. Fakt ten naprowadził go na myśl, że analogiczne procesy wiązania azotu gazowego mogą zachodzić i w przyrodzie, mianowicie pod wpływem bezustannych cichych wyładowań elektryczności atmosferycznej, prowadząc w ten sposób do nagromadzenia się związków azotowych w glebie. Badania doświadczalne przeprowadzone w tym kierunku na stacji agrochemicznej w Meudon stwierdziły że istotnie zarówno rośliny jak i gleby próchnicze są w stanie, pod wpływem cichych wyładowań elektrycznych, wiązać niewielkie ilości wolnego azotu, jednakże ilości na ogół tak małe, że nie mogą one stanowić właściwego źródła pokrycia niedoboru związków azotowych, wywołanego procesem rozwoju roślin.

Dalsze jednak metodyczne badania Berthelota wykazały, że gleby gliniaste, zawierające nie na zbyt małe ilości próchnicy, wystawione w różnych warunkach na działanie czystego powietrza atmosferycznego, okazywały stały przyrost ilości zawartych w nich związków azotowych. Doświadczenia równoległe, przeprowadzone z tymi samymi glebami, jednakże sterylizowanymi przez ogrzanie ich do temp. 100° , nie wykazywały żadnego przybytku związków azotowych. Na podstawie tych badań, ogłoszonych w *Comptes Rendus de l'Academie* w r. 1885, doszedł Berthelot do wniosku, że wiązanie wolnego azotu atmosferycznego przez gleby gliniasto-próchnicze jest dokonywane przez pewne drobnoustroje, żyjące kosztem próch-

nicy. Wniosek ten potwierdziły całkowicie późniejsze badania rosyjskiego botanika Winogradskiego, któremu udało się wyodrębnić z gleb próchniczych pewien rodzaj bakterii beztlenowych, posiadających zdolność asymilowania wolnego azotu. Jeszcze później hollenderski bakteriolog Beyerinck wyodrębnił z gleby oraz z wód słodkich kosmopolityczny gatunek bakterii tlenowych, nazwanych azotabakterem, które wykazywały w większym jeszcze stopniu zdolność wiązania azotu atmosferycznego.

Jako na trzecią przyczynę wiązania wolnego azotu w przyrodzie w temperaturze zwykłej, wskazał Bertholt na procesy powolnego utleniania, zachodzące w organizmach roślinnych. „Zdaje się — pisał on — że znajdują się one w ścisłym związku z procesami wiązania azotu powodowanymi przez drobnoustroje. Te ostatnie działają bowiem niewątpliwie w sposób chemiczny, analogiczny do procesów fermentacji utleniającej, zatem dokonywany za pomocą pewnych zasad czynnych zdolnych do łączenia się z azotem do przenoszenia go na związki węglowodorowe roślin i gleby”.

Odkrycia procesów asymilacji wolnego azotu atmosferycznego przez drobnoustroje gleby dokonał Bertholt na trzy lata przed ogłoszeniem wyników znanych badań Hellriegela i Willfartha nad procesem asymilacji wolnego azotu przez rośliny strączkowe.

Całokształt swych dwudziestopięcioletnich badań biochemiczny, obejmujących przeszło 80 obszernych komunikatów ogłaszanych stopniowo w *Annales de Chimie et de physique*, przedrukował następnie Bertholt w r. 1899 w czerotomowym dziele, zatytułowanym „*Chimie vegetale*”. Pierwszy tom tego wydawnictwa

podaje prace nad wiązaniem azotu atmosferycznego, zaś tomy drugi i trzeci reprodukuja prace wykonane wspólnie z André nad rocznym przebiegiem wegetacji roślin od chwili ich skiełkowania aż do wytworzenia nasion. Prace te zawierają obfity materiał analityczny dotyczący rozwoju całości roślin oraz poszczególnych ich części, takich jak korzenie, łodygi, liście i owoce, zawierają dane dotyczące zmian ilościowego stosunku składowych pierwiastków związków organicznych, zwłaszcza wzajemnego w nich stosunku węgla, wodoru tlenu oraz azotu. Wreszcie ostatni tom jest w całości poświęcony studiom chemicznym nad mineralnymi oraz organicznymi składnikami gleb, zwłaszcza studiom nad związkami humusowymi.

Ostatnim doświadczalno-chemicznym dziełem Bertholta był jego „*Traité pratique de l'analyse des gaz*”, ogłoszony drukiem w roku 1906, czyli na krótko przed śmiercią. W dziele tym zestawil on wyniki wyłącznie własnych wieloletnich, bardzo obfitych doświadczeń praktycznych nad sposobami obchodzenia się z substancjami gazowymi, nad sposobami ich analizy jakościowej oraz objętościowej. Podobnie jak wszystkie poprzednie jego dzieła chemiczne i fizyko-chemiczne jest ono na wskroś indywidualne i oryginalne, a przez to samo bardzo cenne i ciekawe.

* *

Poza tymi niesłychanie licznymi, a zarazem bardzo doniosłymi pracami eksperymentalnymi oraz teoretycznymi we wszystkich działach chemii czystej oraz w chemii biologicznej położył Bertholt wielkie za-

sługi również w dziedzinie historii chemii, zwłaszcza w sprawie wyświeetlenia początków tej nauki. W przedmowie do swego dzieła „*Les origines de l'Alchimie*”, wydanego w r. 1885, opowiada on następującymi słowami genezę tych swoich prac historyczno-lingwistycznych: „Podróż, którą odbyłem w r. 1869 na Wschód z okazji inauguracji Kanału Sueskiego, obejrzenie ruin miast i świątyń starożytnego Egiptu od Aleksandrii do Theb i Philoe, na koniec widok szczątków tej cywilizacji, która trwała tak długo i tak daleko posunęła rozwój swego przemysłu, skierowały mój umysł ku zapoznaniu się z tymi wiadomościami praktycznymi z chemii, których należało się domyślać“.

„Alchemicy wyprowadzali swą naukę z Egiptu. Miała to być doktryna święta, objawiona przez Hermesa i jego kapłanów. Lecz gdzie odnaleźć pozytywne ślady wiadomości tego rodzaju? Od Marietta, do którego niejednokrotnie zwracałem się w tej kwestii, niczego się nie dowiedziałem. Traktat Lepsiusa o metalach egipskich, przetłumaczony w r. 1877 dla Biblioteki Wyższych Studiów, dostarczył mi pierwszych konkretnych wskazówek. Porównyując je z tym, co wiedziałem o pierwszych alchemikach z Encyklopedii Metodycznej oraz z dzieł historycznych Koppa i Hoefera, począłem rozumieć bieg idei, które kierowały pierwszymi usiłowaniami transmutacji i zamierzałem wyłożyć je w piśmie... Byłem jednakże całkowicie zajęty wydaniem dwóch wielkich dzieł: „*l'Essai de mécanique chimique*” oraz traktatu „*Sur la Gorce des matierés explosives*”. Ich opublikowanie, ukończone w r. 1883, pozwoliło mi powrócić do studiów nad alchemią. Przystąpiwszy do ich zredagowania,

ujrzałem konieczność dokładniejszego zapoznania się z rękopisami greckimi, dotychczas nie publikowanymi, a które zawierały najdawniejsze znane nam dokumenty dotyczące tej sprawy...

„Otóż w ten to sposób, ta pierwsza moja praca zamieniła się na książkę powstałą z pierwszej ręki na podstawie dokumentów w przeważnej części nie publikowanych...

„Wyprowadziłem (w niej) na światło dzienne autorów (starych rękopisów), wydobyłem wszystkie rysy ich indywidualności, które wydobyć mogłem i wykazałem, w jaki sposób wiążą się oni ze szkołą Demokryta, kwitnącą w Egipcie w początkach ery chrześcijańskiej, a następnie z Gnostykami oraz Neoplatonczykami.

„Odkryłem nie tylko rodowód idei, które wiodły do transmutacji metali; ale również i teorię, filozofię przyrody, którą się posiłkowano jako przewodnikiem; teorię opierającą się na jedności materii, w istocie swej równie prawdopodobną jak nowożytna, najbardziej sławione teorie naukowe. Teoria ta została zbudowana przez Greków a następnie przyjęta przez Arabów oraz przez uczonych średniowiecznych, w trakcie rozwoju praktyk przemysłowych, których jednakże nie udoskonalała”...

Po tym pierwszym swym dziele historycznym „*Les origines de l'Alchimie*” ogłosił Berthelot w roku 1888 wspólnie ze znanym lingwistą Ch. Ruellem wielką trzutomową pracę pt. *Collection des anciens alchimistes grecs*”, w której wydrukował przetłumaczył oraz objasnił zbiór starych greckich rękopisów, posiadających duże znaczenie dla historii początków chemii

zarówno jak i dla historii procesów i manipulacji metalurgicznych. Przy innej okazji wyraził się on o tej swojej pracy w sposób następujący: „wydałem pierwszy tekst chemików greckich, syryjskich i arabskich, udostępniłem kodeksy rękopiśmienne wielkich bibliotek Paryża, Londynu i Leydy, które w nich spoczywały zagrzebane i zapomniane. Wzgardzano ich czytaniem, tym bardziej ich opracowywaniem, bowiem uważano je za ciemne wymysły i niejasne fantazje. A jednak, jakże się mylono. Właśnie w tych to starych tekstach tkwiła prawdziwa głęboka wiedza, w dziwny sposób pomieszana z fałszem zawierająca błędne pojęcia o transmutacji metali obok wielu utopijnych, wprost szarlatanówskich uproszczeń. Próbowałem z tej dziwnej mieszaniny wydobyć treść czysto naukową, próbowałem wykryć i wykazać początek zasadniczego błędu alchemii występującego w filozoficznych teoriach Platona i Arystotelesa o składzie materii”.

W r. 1889 ukazało się trzecie dzieło historyczne Bertholta pt. „Introduction a l'etude de la Chimie des anciens et du moyen-âge”, w którego przedmowie mówi on: „przedstawiłem naprzód w jaki sposób alchemia, ta nauka po części realna, po części chimeryczna wyłoniła się z praktyk złotników i metalurgów greckich.

„W rzeczy samej bowiem fabrykacja asemu czyli elektrum, stopu uważanego do VI-go stulecia naszej ery za odrębny metal; (tego) złota o niskiej próbie, otrzymywanego przez dodatek miedzi i cyny do czystego metalu; tych aliaży, metalicznych o podstawie miedzi, przeznaczonych do naśladowania i fałszowania złota, zrodziła w umysłach dawnych szarlatanów

nadzieję wytwarzania samego złota z odpowiednich mieszanin. Zwyczajem, praktykowanym w starożytnym Egipcie i Babilonie, manipulatorzy ci wzywali do pomocy moce boskie, wywoływane odpowiednimi formułami magicznymi.

„W epoce aleksandryjskiej na początku ery chrześcijańskiej, istniały traktaty techniczne, traktujące mniej lub bardziej wyczerpująco o aliazach metalicznych, o barwieniu metali, o szklach i tkaninach, o destylacji itp. traktaty ułożone przez autorów grecko-egipskich. Posiadamy zaledwie ich szczątki, a nazwiska ich autorów doszły do nas, już to za pośrednictwem rękopisów alchemicznych, już to przez pisma klasyczne Dioskoryda, Plinjusza i innych. Są nimi Pammenes, Telesis, Maria Kleopatra itd.; autorowie, z których najstarsi należeli do szkoły naturalistów; uważających się za uczniów starożytnego filozofa Demokryta. Po nich przyszli gnostycy, którzy do praktyk swych poprzedników dodali szereg pojęć mistycznych i alegorycznych, dziwną mieszaninę filozofii z religią, pojęć, których punktu wyjścia należy szukać w starych tekstach egipskich i chadejskich, zniekształconych w ich symbolice. Jeden z owych pisarzy Zosimos, żyjący w trzecim wieku naszej ery, utworzył z dzieł swych poprzedników pierwszą kompilację, która niestety doszła nas nie w całej rozciągłości oraz nie w pierwotnej swej postaci...

„W ten sposób znalazłem wytłumaczenie zasadniczych praktyk stosowanych przez pierwszych alchemików w celu zmieniania i bejcowania metali w celu zmieniania ich barwy, co było uważane za wstęp oraz konieczny warunek dokonania transmutacji. Zoba-

czymy jak pierwsze aparaty destylacyjne, wynalezione w początkach ery chrześcijańskiej występują w (tych) rękopisach obok mitycznego węża, pożerającego swój ogon, a symbolizującego świat i alchemię, zarówno jak twierdzenie mityczne o jedności materii''...

„Filozofowie neoplatonscy, współcześni gnostykom, a nauczający w Aleksandrii, nie pozostali obcy alchemii; stanowiła ona bowiem wraz z astrologią i magią, jedną gałąź ówczesnej nauki, po części mitycznej, a częściowo realnej... (Ci) filozofowie aleksandryjscy stworzyli prawdziwą teorię chemiczną swego czasu, teorię opartą na pojęciu platońskiej materii pierwotnej wspólnej wszystkim ciałom i zdolnej przyjmować wszelkie postacie. Rozwinęli oni w szczególności i koncepcję materii prostej metali, czyli tzw. „merkuriusza filozofów“ i dołączyli ją do pojęć starożytnych filozofów greckich szkoły naturalistów o czterech elementach”.

Ostatnią wielką pracą Berthelota, dotyczącą alchemii, było obszerne trzytomowe dzieło pt. „La Chimie au Moyen-âge”, wydane w r. 1893. Pierwszy tom tego dzieła traktował o przejściu nauk starożytnych alchemików greko-egipskich do wieków średnich, drugi o alchemii syryjskiej, a trzeci o alchemii arabskiej. Główną treść tego dzieła stanowią przekłady oraz komentarze alchemicznych tekstów greckich, syryjskich oraz arabskich, na podstawie których doszedł Berthelot do wniosku, że wiadomości praktyczne oraz teorie alchemistów greko-egipskich przedostały się z Aleksandrii do Europy nie jedną lecz dwiema drogami. Mianowicie z jednej strony za po-

średnictwem traktatów technicznych do Rzymu, gdzie zostały przetłumaczone na język łaciński i zachowały się po upadku Rzymu. Z drugiej strony za pośrednictwem syryjskich tłumaczeń tekstów greko-egipskich dostały się one do Arabów, którzy następnie przeszczepili owe praktyki i teorie alchemiczne na grunt zachodnio-europejski.

Jednocześnie z powyższymi studiami lingwistyczno-historycznymi nad genezą i rozwojem alchemii prowadził Berthelot badania chemiczno-analityczne nad metalurgią starożytnych. Zanalizował on wiele starożytnych przedmiotów metalowych, zwłaszcza brązowych, a wyniki tych badań rozproszonych po różnych czasopismach zebrał i przedrukował w dziele pt. „Archéologie et histoire des sciences” wydanym w r. 1906, w którym podał również tłumaczenie X-go papyrysu z Leydy oraz łacińskiego kodeksu „Liber de septuaginta”, będącego autentycznym dziełem Gebera.

W tych dziewięciu obszernych tomach zebrał i zanalizował Berthelot bardzo obfity i cenny materiał do historii alchemii, rzucający po części nowe światło na powstanie praktyk i poglądów alchemicznych oraz na ich rozpowszechnienie w zachodniej Europie. Jednakże prace te nie były wolne od wad i błędów, nie-raz bardzo poważnych, w każdym razie nie były one przełomowe, za jakie je sam autor uważał. Krytyka fachowa¹ zarzucała mu, że przedrukowane teksty rękopisów starożytnych wydał nie w dosłownym ich brzmieniu oraz pierwotnej ich postaci, lecz po doko-

¹ Porównaj w tym względzie: Edmunda Lippmanna „Entstehung und Ausbreitung der Alchemie”, Berlin 1919, str. 647 do 659.

naniu pewnych „rekonstrukcji”, polegających na dowolnym opuszczeniu ustępów rzekomo nie mówiących, oraz na ich rozkawałkowaniu i również dowolnym zgrupowaniu oddzielnych części. Również i tłumaczenia tekstów oryginalnych, dokonane przez fachowych filologów Ruella, Duvala i Houdasa, nie zostały podane w ich pierwotnemu brzmieniu, lecz po przeprowadzeniu dość dowolnych „rewizji”, polegających na zmianach, zmierzających do osiągnięcia „sensu zrozumiałego”. Wreszcie komentarze i objaśnienia tych tekstów, podawane przez Berthelota były niejednokrotnie błędne, a nawet wprost fałszywe, a to wskutek niedostatecznej znajomości filozofów greckich, zwłaszcza dzieł Platona i Arystotelesa. Jednakże, najcięższy zarzut czyni krytyka Berthelotowi z tego względu, że nie uwzględnił on i zignorował dzieła swych poprzedników, zwłaszcza bardzo cenne prace Koppa, Hoefera oraz Chevreula, którymi się posiłkował i z których wiele zaczerpnął.

Tym niemniej, pomimo wszystkich tych braków i usterek, wymienione prace historyczne Berthelota stanowią nie małą jego zasługę naukową. A wprost zdumiewać się trzeba, że wielkiego tego dzieła dokonał on jednocześnie ze swymi różległymi badaniami laboratoryjnymi w dziedzinie termochemii oraz w dziedzinie chemii roślinnej. Były one dlań pewnego rodzaju rozrywką i wytchnieniem po mozolnej pracy eksperymentalnej, bowiem jak się wyraził o nim Graebe „należał on do tych rzadkich umysłów, wyjątkowo bogato od natury uposażonych, które zaznawały wypoczynku przerzucając się od jednych prac do innych, zachowując przy tym świeżość myśli oraz zdolność do czynu”.

Do szeregu poważnych prac historycznych Berthelota należy zaliczyć jeszcze piękne jego studium o Lavoisierze, napisane z okazji obchodu stulecia wielkiej rewolucji francuskiej. W dziele tym, zatytułowanym „La Revolution chimique. Lavoisier”, a ogłoszonym drukiem w r. 1890, rozpatruje on szczegółowo genezę odkryć Lavoisiera oraz znaczenie i doniosłość jego poglądów i idei dla rozwoju nowoczesnej chemii. Ponadto podaje on w nim treść odnalezionych 13 tomów zapisek laboratoryjnych tego genialnego chemika, pozwalających głębiej wnikać w bieg jego prac i myśli.

Wreszcie nie można pominąć milezieniem faktu, że Berthelot od pierwszych lat swych studiów żywo interesował się zagadnieniami filozoficznymi oraz ogólnonaukowymi. Część swych bardzo licznych szkiców i artykułów treści filozoficznej, przyrodniczej, społecznej pedagogicznej, moralnej oraz biograficznej, rozproszonych po różnych czasopismach, zebrał i wydał on w latach od r. 1886 do 1905 pod postacią czterech tomów, zatytułowanych „Science et Philosophie”, „Science et Morale”, „Science et Education” oraz „Science et Libre Pensée”.

Z tych szkiców, poświęconych przede wszystkim kultowi nauki, a napisanych pięknym językiem, zasługuje na szczególną uwagę artykuł pt. „La Science idéale et la Science positive”, będący reprodukcją listów, pisanych w r. 1863 do Renana, w których Berthelot rozwinał swoje zasadnicze poglądy filozoficzne, nazwane przezeń pozytywistycznymi, aczkolwiek były różnymi od pozytywizmu Comte’a.

*

*

*

W dniu 24 listopada r. 1901 spotkała Berthelota rzadka w dziejach nauki owacja. Cały naród francuski uczył w dniu tym w sposób niezwykle podniosły i uroczysty pięćdziesięciolecie jego pracy badawczej. W wielkiej auli Sorbony, zdobnej we wspaniałe malowidła Puvis de Chavanne, zebrało się przeszło 3800 osób ze sfer naukowych, politycznych i społecznych, w obecności Prezydenta Rzeczypospolitej, przedstawicieli Rządu, Senatu, Parlamentu, delegatów Akademii, Towarzystw Naukowych oraz Szkół Akademicznych całej Europy. Wygłoszono szereg przemówień, sławiących działalność naukową i społeczną Berthelota, odczytano dziesiątki adresów od różnych Akademii i Towarzystw Chemicznych, a Prezydent Rzeczypospolitej wręczył jubilatowi piękną plakietę, dzieło znakomitego artysty Chaplaina.

Pod koniec uroczystości przemówił wzruszony jubilat w te słowa: „Jestem głęboko przejęty i prawdziwie zawstydzony hołdem, który mi składacie w tej chwili. Te honory, wiem o tym, zawdzięczam nie tylko waszemu przywiązaniu do mej osoby, odnoszę również do mego wieku, do długiej mej pracy i tych kilku zasług, które zdołałem oddać bliźnim oraz ojczyźnie.

„Najpierw co się tyczy wieku, ta wasza sympatia rozпали ostatnim blaskiem lampę mego żywota, bliską zgaśnięcia w ciemności nocy wiekuistej. Szacunek, jakim ludzkość otacza starców, jest wyrazem solidarności, łączącej pokolenia obecne z przyszłymi i tymi, które po nas przyjdą.

„To czym jesteśmy, przypisać należy w małej tylko części własnemu naszemu trudowi i naszej indywidual-

ności, bowiem zawdzięczamy to przeważnie naszym przodkom, przodkom z krwi i ducha. Jeśli każdy z nas dorzuci cośkolwiek do wspólnego skarbcza nauki, sztuki i moralności, to jedynie dzięki temu, że długi łańcuch pokoleń żył, myślał i cierpiał przed nami. Wysiłki to przadków naszych stworzyły tę naukę, której dziś hołd wasz składacie.

„Każdy z nas, jakikolwiekby nie był jego udział osobisty, zawdzięcza znaczną część swych sukcesów uczonym współczesnym, rywalizującym z nim we wspólnej wielkiej pracy. W rzeczy samej, nikt nie ma prawa przypisać samemu sobie zasługi w wielkich, olśniewających odkryciach wieku ubiegłego. Nauka bowiem jest w istocie swego dziełem zbiorowym, podejmowanym w biegu wieków wynikami mnóstwa pracowników wszystkich czasów i narodowości, pracowników, następujących po sobie, jednakże związanych wspólnym dążeniem w poszukiwaniu prawd czystych oraz w stosowaniu tych prawd do ciągłej poprawy warunków bytu ludzkości”...

Wskazawszy w dalszym ciągu swego przemówienia na korzyści osiągnęte przez świat cywilizowany z badań i doświadczeń naukowych, skończył jubilat swe przemówienie słowami: „Nie dla egoistycznego zadowolenia próżności osobistej oddaje świat dzisiejszy hołdy uczonym. Bynajmniej! Czyni on to w przeświadczeniu, że uczony, godny tego miana, poświęca swe życie wielkiemu dziełu naszych czasów, dziełu polepszenia, niestety zbyt powolnemu, doli wszystkich — od bogatych i szczęśliwych, do pokornych, biednych i cierpiących”...

Podniosła ta uroczystość jubileuszowa została upa-

miętniona wspianiałym, bogato ilustrowanym wydawnictwem, zatytułowanym „Cinquantenaire scientifique de M. Berthelot”.

Ostatnie lata swego życia spędził Berthelot w pełni sił fizycznych i umysłowych, oddając się w dalszym ciągu wyteżonej pracy naukowej, osładzanej szczęściem i harmonią pożycia rodzinnego. Pod koniec r. 1905 poczęła wszakże pani Berthelot zapadać na zdrowiu, skutkiem rozwijającego się cierpienia sercowego. W początkach r. 1907 stan jej zdrowia stał się na tyle groźnym, że małżonek czuwał całymi nocami u jej łoża. Wreszcie w dniu 18 marca wydała pani Berthelot ostatnie tchnienie, co widząc Berthelot wzniosł w górę swe ramiona i z krzykiem padł na ziemię, tknięty udarem sercowym.

Na wniosek rządu, powzięły obie izby parlamentu francuskiego jednomyślną uchwałę. „Szczątki Marcellego Berthelot oraz pani Berthelot złożone będą w Panteonie”.

W dniu 26 marca r. 1907 oddała Francja Berthelotowi hołd największy, jakiego nie doznał żaden uczony. W Panteonie, obitym kirem, odbył się ceremoniał pogrzebowy, w obecności Prezydenta Republiki oraz licznych delegacji świata politycznego, naukowego i literackiego. Jedyłą mowę wypowiedział minister oświecenia Briand, sławiąc Berthelota jako uczonego, filozofa, pedagoga, obywatela oraz człowieka.

Berthelot był niewątpliwie najwybitniejszym, najwszechstronniejszym oraz najpłodniejszym chemikiem drugiej połowy ubiegłego stulecia. Odnajdujemy w nim wszystkie cechy prawdziwej wielkości umysłowej; mianowicie wielką uczoność, obfitość oryginalnych po-

mysłów, niezwykle zdolności eksperymentalne, wielką niezależność sądów oraz duży talent literacki. Prace jego badawcze dotyczą niemal wszystkich działów chemii, wyróżniając się oryginalnością pomysłów oraz swą gruntownością. W samych początkach swej kariery naukowej dokonuje on syntezy tłuszczów naturalnych, a następnie czyni z syntezy zasadniczą metodę badania związków organicznych. Sam jeden dokonuje on syntezy najprostszych węglowodorów, alkoholi oraz kwasów ze składowych ich pierwiastków, a opierając się na tych wynikach własnych badań eksperymentalnych, stwarza nową klasyfikację związków organicznych, którą się dotychczas posiłkujemy. Swymi badaniami nad powstawaniem i rozkładem estrów zapoczątkowuje on rozwój nowoczesnej statyki oraz dynamiki chemicznej, zaś rozległymi badaniami kalorymetrycznymi stwarza główny zrąb wspaniałego gmachu termochemii, zarówno jak i nauki o substancjach wybuchowych. Wreszcie czyni doniosłe odkrycia w dziedzinie chemii roślinnej, a rozległymi studiami lingwistyczno-historycznymi przyczynia się w dużym stopniu do wyświeatlenia genezy poglądów alchemicznych oraz ich rozpowszechnienia w zachodniej Europie. We wszystkich tych dziedzinach jest on jednym z najwybitniejszych pionierów, torujących nowe drogi następnym generacjom badaczy.

W prawdziwy podziw wprawia nas różnorodność oraz wielorakość jego prac badawczych, wiążących się genetycznie z pierwszymi jego badaniami w dziedzinie syntezy związków organicznych. Wprost zaś zdumiewać się trzeba nad ogromem jego badań ekspe-

rymentalnych, oraz nad wielką liczbą napisanych przezeń dzieł, dzieł oryginalnych i na wskroś indywidualnych.

Z bibliografii jego publikacji, starannie zebranej i zestawionej przez Jungfleischa, wynika, że w ciągu 56 lat ogłosił Berthelot drukiem nie mniej i nie więcej tylko:

1570 rozpraw w 2700 publikacjach, zajmujących 19 700 stron druku oraz 38 dzieł w 50 tomach, obejmujących 20 960 stron druku.

Czyni to razem 40 760 stron, a po potrąceniu około 5 660 stron na powtórzenia oraz przedruki, daje w rezultacie 35 000 stron własnoręcznie napisanych, odpowiadających jakim 130 do 150 kilometrom wierszy ręcznego pisma.

Takim ogromem produkcji naukowo-piśmiennej nie może się poszczycić żaden z dawniejszych ani też późniejszych uczonych całego świata. Dla lepszego uprzytomnienia sobie wielkości tej produkcji naukowej wystarczy przytoczyć, że wszyscy polscy chemicy ogłosili drukiem w ciągu całego ubiegłego stulecia zaledwie 2245 przyczynków naukowych wraz z ich powtórzeniami w czasopismach zagranicznych, czyli mniej więcej tyleż co jeden tylko Berthelot, w przeciągu 56 lat.

Spośród uczonych, pracujących na innych polach wiedzy zasłynął ogromem swej produkcji piśmienniczej znakomity matematyk szwajcarski Leonard Euler (1707—1785). Jednakże Euler ogłosił drukiem zaledwie 475 rozpraw oraz 50 tomów dzieł.

Z grona chemików uchodził za niezrównanego tytana pracy niestrudzony szwedzki badacz Jan Jakób

Berzelius (1779—1848), który opublikował 280 prac oryginalnych oraz 47 tomów dzieł i sprawozdań rocznych z postępów chemii, objętości prawie 24 000 stron druku. Za najpłodniejszego ze współczesnych chemików uchodzi prof. Wilhelm Ostwald, który ogłosił drukiem w pierwszych wydaniach około 54 tomów dzieł objętości przeszło 21 000 stron druku.

Te godne podziwu produkcje naukowo-piśmiennicze, zaćmiewa całkowicie liczba przeszło 1500 prac eksperymentalno-badawczych, dokonanych przez Berthelota i przezeń opisanych!

Wprost wierzyć się nie chce, by tego olbrzymiego dzieła pracy badawczo-naukowej mógł dokonać jeden człowiek, w dodatku człowiek słabowity, wzrostu niewielkiego o wielkiej głowie i głęboko osadzonych szarych oczach, w których przebijał się raczej wyraz smutku niż radości. „Nigdy nie ufałem życiu całkowicie — pisał on do Renana — bowiem zbyt wiele zawiera ono niepewności i możliwości nie dających się powetować. Stąd stałe uczucie smutku i niepewności, które nie opuszczało mnie we wszystkich okolicznościach życiowych, a było żywszym w czasach młodości, ponieważ nie zaznałem wówczas tej pogody, jaką daje perspektywa coraz to bliższego końca wszelkiej radości i wszelkiego smutku”.

A jednakże, pomimo tego uczucia smutku, był on romantykiem i idealistą w pracy badawczej, pracował całe życie bez chwili wytchnienia, pracował zawsze z pełnym nakładem niespożytej swej energii. W tej wytrwałej pracy sześćdziesięcioletniej była mu niewątpliwie pomocną jego fenomenalna pamięć, była pomocną niezwykła szybkość myślenia i orientowa-

nia się, zarówno jak znakomity dar obserwacyjny oraz wielkie zdolności eksperymentalne. Jednakże pomimo tych niezwykłych uzdolnień, nie dokonałby on swego dzieła, gdyby nie dążył doń wytrwale, systematycznie i metodycznie, układając codziennie program swych zajęć od godziny 6 rano do północy i stale go wypełniając; nie dokonałby go, gdyby otuchy, pobudki oraz energii do pracy nie dodawała mu wiara w naukę, jako jedyną potęgę, zdolną dokonać polepszenia i udoskonalenia warunków materialnych i moralnych bytu całej ludzkości.

Wprawdzie sam on nie zabiegał o dobra i bogactwa materialne, z góry odrzucając wszelkie propozycje, zmierzające do ciągnięcia zysków materialnych ze swych odkryć naukowych. W życiu swym nie zgłosił i nie wziął on ani jednego patentu, aczkolwiek jego odkrycia naukowe, zwłaszcza w dziedzinie syntezy, powołały do życia nie jedną gałąź przemysłu chemicznego.

Zawsze dążył on wytrwale i konsekwentnie jedynie tylko do poznania „prawdy”, prawdy naukowej, a w tych swoich usiłowaniach kierował się stale dewizą Faradaya „pracować, kończyć, publikować”.

Jak każdy człowiek posiadał on wady i ułomności, zarzucano mu nadmierną ambicję a nawet i próżność, zarzucano, że pragnął zostać drugim Lavoisierem dwiętnastego stulecia, że zamierzał dokonać nowej rewolucji chemii opartej na syntezie, na mechanice chemicznej oraz na termochemii. Celu tego wprawdzie nie osiągnął, ale wzbogacił chemię bezcennymi zdobyczami konkretnymi oraz w znacznej mierze przyczynił się do skierowania jej rozwoju na nowe tory.

SPIS CHRONOLOGICZNY DZIEŁ BERTHELOTA

1. Combinaisons de la glycérine avec les acides et reproduction artificielle des corps gras neutres. Thèse de doctorat es sciences. Paris, 1854.
2. Nouvelles recherches sur les corps analogues au sucre de canne. Thèse de l'Ecole supérieure de pharmacie. Paris, 1858.
3. Chimie organique fondée sur la synthèse. Paris, 1860, 2 vol.
4. De la synthèse en chimie organique. Leçon professée à la Société Chimique. Paris, 1861.
5. Sur les principes sucrés. Leçons professées à la Société Chimique. Paris, 1865.
6. Leçons sur les méthodes générales de synthèse en chimie organique professées au Collège de France. Paris, 1864.
7. Sur l'isomérisie. Leçons de chimie professées devant la Société chimique. Paris 1866.
8. Notice sur les travaux scientifiques de M. Berthelot. Paris, 1868.
9. Sur la force de la poudre et des matières explosives. Paris, 1871.
10. Sur la force de la poudre et des matières explosives. Paris, 1872.
11. Traité élémentaire de chimie organique. Paris, 1872, 2-e édition (en commun avec E. Jungfleisch), Paris, 1881, 2 vol 3-e édition (en commun avec E. Jungfleisch), Paris 1886, 4-e édition (avec E. Jungfleisch), Paris, 1898—1904, 2 vol.
13. Notice sur les travaux de physique de M. Berthelot. Paris, 1872.
- 6—a Lecciones sobre los metodos generales de sintesis en quimica organica, traducidos par V. M. de Argenta. Madrid, 1874.
14. La synthèse chimique. Paris 1875 2-e édition, Paris 1876, 3-e édition, Paris, 1879, 4-e édition. Paris, 1880, 5-e édition. Paris, 1883, 6-e édition. Paris, 1887, 8-e édition. Paris, 1897, 9-e édition. Paris, 1903, 10-e édition. Paris, 1910. Die Chemische Synthese. Leipzig, 1877.

15. Essai de mécanique chimique fondée sur la thermo-chimie, 2 vol. Paris, 1879.

16. Essai de mécanique chimique fondée sur la thermochimie. Paris, 1881.

17. Sur la force des matières explosives d'après la thermo-chimie. 3-e édition. Paris, 1883, 2 vol.

18. Explosive materials. A series of lectures delivered before the Collège de France. Translated by M. Benjamin. New York, 1883.

19. Les origines de l'alchimie. Paris, 1885.

20. Science of Philosophie. Paris, 1886, 3-e édition. Paris, 1906.

21. Collection des anciens alchimistes grecs (en commun avec Ch. Em. Ruelle), 3 vol. Paris, 1888, 1-e vol. Introduction 2-e vol. Texte Grec, avec variantes, notes et index, 3-e vol. Traduction avec notes, commentaires, tables et index.

22. Introduction à l'étude de la chimie des anciens et du moyen-âge. Paris, 1890.

23. La Révolution chimique, Lavoisier. Paris, 1890, 2-e édition. Paris, 1902.

17-b Explosives and their powers. Translated and condensed, by C. Napier, Hake and W. Mc. Nah. London, 1892.

24. Die Chemie im Altertum und im Mittelalter, uebersetzt von E. Kalliwoda. Leipzig, 1909.

25. Traité pratique de calorimétrie. Paris, 1893; Praktische Anleitung zur Ausführung thermochemischer Messungen, Uebersetzt von G. Siebert Leipzig, 1893; Praktyczeskoje wwe-denje w chemiczeskiju kalorimetrja. Odessa, 1894.

26. Histoire des Sciences. La Chimie au Moyen-âge. 3 vol. Paris, 1894, vol. 1-er Essai sur la transmission de la science antique au moyen-âge, vol. 2-e d'Alchimie syriaque, avec la collaboration de Rubens-Duval, vol 3-e L'Alchimie arabe, avec la collaboration de O. Houdas.

27. Science et Morale. Paris, 1897.

28. Thermochimie. Données et lois numériques, 2 vol. Paris, 1897.

29. Correspondance entre MM. E. Renan et M. Berthelot (1847—1892). Paris 1898.

30. Chaleur animale. Principes chimiques de la production de la chaleur chez les êtres vivants, 2 vol. Paris, 1899.

31. Chimie végétale et agricole. Station de chimie végétale de Meudon, 4 vol Paris, 1899; vol. 1-e Fixation de l'azote libre sur la terre et sur les végétaux, vol. 2-e Recherches générales sur la végétation; actions chimiques de la lumière, vol. 3-e Recherches spéciales sur la végétation: éléments; azolanes, acides, sucres; composés oxydables, oxydants, vol. 4-e La terre végétale; le vin et son bouquet.

32. Science et éducation. Paris, 1901.

33. Les carbures d'hydrogène, 1851--1901. Recherches expérimentales, 3 vol. Paris, 1901, vol. 1-e L'acétylène, synthèse totale des carbures d'hydrogène, vol. 2-e Les carbures pyrogénés, séries diverses, vol 3-e Combinaison des carbures d'hydrogène, avec l'hydrogène, l'oxygène, les éléments de l'eau.

34. Cinquantenaire scientifique de M. Berthelot, 1851--1901. Paris, 1902.

35. Etude sur l'insecte de J. Michelet. Paris, 1903.

36. Traité pratique de calorimétrie chimique, 2-e édition. Paris, 1905.

37. Science et libre pensée. Paris, 1905.

38. Archéologie et histoire des sciences. Avec publication du papyrus grec chimique de Leyde et impression du Liber de septuaginta de Geber. Paris, 1906.

39. Traité pratique de l'analyse de gaz. Paris, 1906.