

Thorburn Burns, D.

Wkład Roberta Boyle'a (1627-1691) do teorii i praktyki analizy chemicznej

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 31/1, 95-124

1986

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.





Ryc. 1. Grawiura Michaela van der Guchta (1660—1725), wykonana na podstawie obrazu Johanna Karsebooma (?—1708), uważanego według obecnych badań za jeden z dwóch niewątpliwie autentycznych portretów Roberta Boyle'a

D. Thorburn Burns *
(Belfast)

WKŁAD ROBERTA BOYLE'A (1627—1691)
DO TEORII I PRAKTYKI ANALIZY CHEMICZNEJ **

1. STOSUNEK BOYLE'A DO ALCHEMII — *THE SCEPTICAL CHYMIST*

Pierwsza książka naukowa Roberta Boyle'a *The Spring and Weight of the Air* (1660)¹ spowodowała szybkie ustalenie się wysokiej reputacji jej autora (por. Aneks I). Drugie wydanie (1662)² zawierało owo sławne uogólnienie, które utrwaliło imię Boyle'a w pamięci przyszłych pokoleń; uogólnienie to, głoszące, że objętość zajmowana przez gaz jest odwrotnie proporcjonalna do ciśnienia³, sformułowane zostało w rezultacie ataku Linusa na wnioski Boyle'a, poczynione odnośnie ciężaru powietrza. W tym samym tomie omówionych zostało również wiele spraw wchodzących bezpośrednio w zakres chemii, jak np. badanie substancji chemicznych⁴, eksperymenty chemiczne pod zmniejszonym ciśnieniem⁵ oraz dokładny przebieg destylacji⁶. Boyle odwołuje się także do swoich

* Department of Analytical Chemistry, The Queens University of Belfast, Belfast, Irlandia Północna.

** Z braku miejsca artykuł niniejszy drukuje się w formie skróconej w stosunku do wersji nadesłanej przez Autora. Redakcja dziękuje Doktorowi Christopherowi Kasparkowi (USA) za bezinteresowną pomoc w weryfikowaniu przekładu.

¹ R. Boyle: *New Experiments, Physico-Mechanicall, Touching The Spring of the Air...* H. Hall for T. Robinson, Oxford 1660.

² R. Boyle: *New Experiments Physico-Mechanicall, Touching The Spring of the Air...*, Wyd. 2, H. Hall for T. Robinson, Oxford 1662; *The Works of the Honourable Robert Boyle. In Five Volumes. To which is prefixed the Life of the Author.* A New Edition, J. Rivington, F. Rivington i in., London 1772 (cytowane dalej jako *Works*), t. 1 s. 1—242.

³ *Works*, t. 1 s. 158.

⁴ *Works*, t. 1 s. 57.

⁵ *Works*, t. 1 s. 113.

⁶ *Works*, t. 1 s. 83.

„myśli i eksperymentów dotyczących ognia”⁷ (wówczas gotowy był już ich rękopis, opublikowany później jako *The Sceptical Chymist* (1661), do wcześniejszych teorii atomistycznych oraz do możliwości uznania powietrza za pierwiastek. Tu można doszukiwać się również początków jego ataku na alchemię⁸, kontynuowanego w *Certain Physiological Essays* (1661)⁹. Te ostatnie ukazały się w marcu 1661 r., *The Sceptical Chymist* natomiast — w sierpniu tegoż roku.

Znaczenie *Essays* polega na tym, że stanowiły one prolog do sławnego i szerzej znanego *The Sceptical Chymist*. W *Essays* Boyle po raz pierwszy wyraźnie sformułował w zarysie swe poglądy na korpuskularną teorię materii oraz zastosował ją do wytłumaczenia analizy i syntezy saletry potasowej. Kluczowy ustęp brzmi: „Odtworzenie (czyli reprodukcja) analizowanego ciała, jeśli uda się przeprowadzić je dokładnie i skutecznie, może rzucić światło na wiele szczegółowych zagadnień filozoficznych i z pewnością będzie radośnie powitane przez zwolenników hipotezy atomowej”¹⁰. Boyle był również świadom tego, że niektóre substancje bynajmniej nie są proste: „...saletra jest ciałem, którego części nie są organiczne i które jest nawet nie tak bardzo złożone; inne przeto ciała zawierające większą liczbę składników, a przy tym więcej takich, których części organiczne wymagają dużo bardziej wyszukanego i starannego rozłokowania...”¹¹. Pojawiła się tu również idea pierwiastka chemicznego, wyrażona tak oto: „analiza chemiczna ciał, z których zostały one wydobyte, może zgodnie z doktryną chemiczną być uważana za czystą i elementarną”¹².

Bardziej szczegółową dyskusję pojęcia pierwiastka oraz idei i eksperymentów z udziałem ognia, Boyle przeprowadził w *The Sceptical Chymist*¹³. Wśród kolekcjonerów, księgarzy i wielu historyków nauki przyjął się pogląd, że *The Sceptical Chymist* stanowi najbardziej istotny wkład Boyle’a do postępu wiedzy ludzkiej. Wiele nowszych prac sugeruje jednak, że pogląd taki jest błędny. Dla przykładu: Davis¹⁴ uznał Boyle’owskie pojęcie pierwiastka za gruntownie nieprzekonywające; Fulton¹⁵ po 30 latach badań postanowił odrzucić bezkrytyczną opinię

⁷ *Works*, t. 1 s. 32, 67.

⁸ *Works*, t. 1 s. 54.

⁹ R. Boyle: *Certain Physiological Essays, written at distant times and on several occasions*. H. Herringman, London 1661 (wyd. 2: 1669); *Works*, t. 1 s. 298—457.

¹⁰ *Works*, t. 1 s. 372.

¹¹ Tamże.

¹² *Works*, t. 1 s. 433.

¹³ *Works*, t. 1 s. 458—661.

¹⁴ T. L. Davis: *Boyle's conception of Element compared with that of Lavoisier*. „*Isis*” 1931 v. 16 s. 82.

¹⁵ J. F. Fulton: *A Bibliography of The Honourable Robert Boyle Fellow of the Royal Society*. Wyd. 2 Clarendon Press, Oxford 1961.

o doniosłości *The Sceptical Chymist* aby „dojść niestety do wniosku, że nie jest to najbardziej istotna praca Boyle'a”.

Aby móc spojrzeć na wkład Boyle'a do teorii i praktyki chemicznej we właściwej perspektywie należy zdać sobie sprawę ze stanu wiedzy chemicznej przed ukazaniem się publikacji Boyle'a. Pożyteczne przeglądy różnych aspektów siedemnastowiecznej chemii sporządzili: Kuhn¹⁶ o chemii strukturalnej, Debus¹⁷ o analizie płomieniowej na pierwiastki¹⁸ i o analizie w roztworach¹⁹, Ihde²⁰ o antecedensach Boyle'owskiego pojęcia pierwiastka oraz Hooykass²¹ o eksperymentalnych źródłach teorii atomistycznej i molekularnej w chemii przed Boylem. Najszersze źródło-wo udokumentowane przeglądy dali Boas²² i Partington²³. Hall zajmuje stanowisko krytyczne twierdząc, że „korpuskularna filozofia Boyle'a, pod wieloma względami tak płodna, przeszkodziła mu w uczynieniu jakiegokolwiek kroku w kierunku nowoczesnej koncepcji pierwiastka chemicznego”²⁴.

Na temat postawy Boyle'a wobec alchemii wypowiedziano różne sądy. More stwierdził: „powszechnie wiadomo, że Boyle był alchemikiem, że akceptował w teorii i praktyce doktrynę transmutacji pierwiastków i że był przekonany, iż rozwiązał ów problem”²⁵. Thorndike²⁶ uważa ten pogląd za przesadny. Zarówno Boas²⁷, jak i ostatnio Dobbs²⁸ podkreślają ostrożność Boyle'a, wyrażającą się w jego wątpliwościach odnośnie przemiany wody w ziemię. Pisząc o białej ziemi, uzyskanej po wielo-

¹⁶ T. S. Kuhn: *Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century*. „Isis” 1952 v. 43 s. 12.

¹⁷ A. G. Debus: *The English Paracelsians*. Oldbourne, London 1965.

¹⁸ A. G. Debus: *Fire Analysis and the Elements in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*. „Annals of Science” 1967 v. 23 s. 127.

¹⁹ A. G. Debus: *Solution Analysis Prior to Robert Boyle*. „Chymia” 1958 v. 8 s. 41.

²⁰ A. J. Ihde: *Antecedents to Boyle Concept of the Element*. „Journal of Chemical Education” 1956 v. 33 s. 548.

²¹ R. Hooykaas: *The experimental origin of chemical atomic and molecular theory before Boyle*. „Chymia” 1949 v. 2 s. 65.

²² M. Boas: *Robert Boyle and Seventeenth Century Chemistry*. University Press, Cambridge 1958 (reprint: Kraus Reprint Co., Millwood, New York 1976).

²³ J. R. Partington: *A History of Chemistry*. Macmillan, London 1961 t. 2.

²⁴ A. R. Hall: *The Scientific Revolution 1500—1800*. Longmans Green & Co., London 1954.

²⁵ L. T. More: *Boyle as an alchemist*. „Journal of the History of Ideas” 1941 v. 2 s. 61.

²⁶ L. Thorndike: *A History of Magic and Experimental Science*. T. 8. *The Seventeenth Century*. Columbia University Press, New York 1958.

²⁷ M. Boas: *Robert Boyle and Seventeenth Century Chemistry*. wyd. cyt.

²⁸ B. J. T. Dobbs: *The Foundations of Newton's Alchemy or The Hunting of the Greene Lyon*. Cambridge University Press, Cambridge 1975.

krotnej destylacji czystej wody²⁹, Boyle stwierdził: „jeżeli ... ten proszek, czy jest to rzeczywiście Pierwiastek Ziemi czy nie, powstał jak się okazuje z Wody samej w sobie, może to ustalić Magnal w Naturze, i o większych konsekwencjach niż można teraz przewidzieć, i może stworzyć alchemikom nadzieję na przemianę innych Metali w Złoto, okazuje się mniej fantastyczna, niż udało się to wykazać drogą Eksperymentalną, że dwie tak trudne Jakości do wprowadzenia w ciało, jak znaczne stopnie Stałości i Wagi (są to dwie z Zasadniczych rzeczy, których potrzeba do zrobienia Złota, co trzyma mnie z dala od łatwego oczekiwania, aby usiłowania Alchemików uznać za prowadzące do sukcesu) ażeby, bez mieszaniny Homogenicznej Materii, została w niej wytworzona, przez zmniejszenie tekstury jej części”³⁰.

Mniej zapewne ostrożna jest osobliwa opowieść chemiczna, traktująca o *Degradation of Gold*³¹, gdzie Boyle stwarza takie wrażenie, jakby osiągnął odwrotność marzenia alchemików. Wcześniej jeszcze Boyle pisał w *Seraphic Love*: „i mam nadzieję, że znajdziesz to, co odwraca się przy pomocy pieców, chociażbyś nie był pretendentem do kamienia filozoficznego, jeśli wolno upiększyć nieco chemiczną metaforę”³². Później znowu Boyle dostarczył podstaw do przypuszczenia, że uważa on transmutację metali nieszlachetnych w złoto za niemożliwą:

„Filozofia (czyli udoskonalony Rozum ludzki) pozostaje w związku z Zagadnieniami Religijnymi, podobnie jak wprawa w chemii pozostaje w związku z Metalami szlachetnymi. Pomimo tego, że nawet wprawny chemik nie może zrobić Złota, może jednak — gdy kawałek metalu weźmie on za Złoto — poddać go kupelacji lub przekonać się w inny sposób, że jest to jedynie jego imitacja; może też, jeśli będzie to prawdziwe Złoto, spowodować aby wyszło na jaw, iż jest to prawda, i oddzielić od niego wszelkie heterogeniczne i nieszlachetne domieszki: tak oto teza z Teologii przedłożona została Filozofowi Chrześcijańskiemu”³³.

Warto odnotować, że Burnst uznał za wskazane zakomunikować o „stałej Rtęci” elektorowi z Collen³⁴.

Przedstawiona wyżej dyskusja nad tym, czy Boyle był kiedykolwiek alchemikiem, czy też nie, oraz jak dalece oryginalna i jasna była jego

²⁹ R. Boyle: *The Origine of Formes and Qualities, (According to the Corpuscular Philosophy) Illustrated by Considerationes and Experiment, (Written formerly by way of Notes upon Essay about Nitre)*. H. Hall for R. Davis, Oxford 1666 (wyd. 2: H. Hall for R. Davis, Oxford 1667); *Works*, t. 3, s. 1—137.

³⁰ *Works*, t. 3 s. 108. „Jakości” odpowiadają używanemu obecnie w chemii terminowi „właściwości”.

³¹ R. Boyle: *Of a Degradation of Gold. Made by an Anti-Elixir: A strange chymical narrative*. T. N. for H. Herringman, London 1678; *Works*, t. 4 s. 371—379.

³² *Works*, t. 1 s. 258.

³³ Notes made for „Christian Virtuoso” Royal Society Boyle Papers, t. 1 f. 175.

³⁴ *Some Letters containing, An account of what seemed most remarkable in Switzerland, Italy, etc.* A. Achor Rotterdam 1686 s. 294.

divisions in the shorter Tube, the several Observations that were thus successively made, and as they were made set down, afforded us the the ensuing Table.

A Table of the Condensation of the Air.

A	A	B	C	D	E
48	12	00		29 $\frac{1}{8}$	29 $\frac{1}{8}$
46	11 $\frac{1}{2}$	01 $\frac{1}{8}$		30 $\frac{1}{8}$	30 $\frac{1}{8}$
44	11	02 $\frac{1}{8}$		31 $\frac{1}{8}$	31 $\frac{1}{8}$
42	10 $\frac{1}{2}$	04 $\frac{1}{8}$		33 $\frac{1}{8}$	33 $\frac{1}{8}$
40	10	06 $\frac{1}{8}$		35 $\frac{1}{8}$	35 $\frac{1}{8}$
38	9 $\frac{1}{2}$	07 $\frac{1}{8}$		37 $\frac{1}{8}$	36 $\frac{1}{9}$
36	9	10 $\frac{1}{8}$		39 $\frac{1}{8}$	38 $\frac{1}{8}$
34	8 $\frac{1}{2}$	12 $\frac{1}{8}$		41 $\frac{1}{8}$	41 $\frac{1}{7}$
32	8	15 $\frac{1}{8}$		44 $\frac{1}{8}$	43 $\frac{1}{6}$
30	7 $\frac{1}{2}$	17 $\frac{1}{8}$		47 $\frac{1}{8}$	46 $\frac{1}{4}$
28	7	21 $\frac{1}{8}$		50 $\frac{1}{8}$	50 $\frac{1}{4}$
26	6 $\frac{1}{2}$	25 $\frac{1}{8}$		54 $\frac{1}{8}$	53 $\frac{1}{3}$
24	6	29 $\frac{1}{8}$		58 $\frac{1}{8}$	58 $\frac{1}{2}$
23	5 $\frac{1}{2}$	32 $\frac{1}{8}$	Added to 29 $\frac{1}{8}$ makes	61 $\frac{1}{8}$	60 $\frac{1}{2}$
22	5 $\frac{1}{2}$	34 $\frac{1}{8}$		64 $\frac{1}{8}$	63 $\frac{1}{2}$
21	5 $\frac{1}{4}$	37 $\frac{1}{8}$		67 $\frac{1}{8}$	66 $\frac{1}{2}$
20	5	41 $\frac{1}{8}$		70 $\frac{1}{8}$	70 $\frac{1}{2}$
19	4 $\frac{1}{2}$	45 $\frac{1}{8}$		74 $\frac{1}{8}$	73 $\frac{1}{2}$
18	4 $\frac{1}{2}$	48 $\frac{1}{8}$		77 $\frac{1}{8}$	77 $\frac{1}{2}$
17	4 $\frac{1}{4}$	53 $\frac{1}{8}$		82 $\frac{1}{8}$	82 $\frac{1}{2}$
16	4	58 $\frac{1}{8}$		87 $\frac{1}{8}$	87 $\frac{1}{2}$
15	3 $\frac{1}{2}$	63 $\frac{1}{8}$		93 $\frac{1}{8}$	93 $\frac{1}{2}$
14	3 $\frac{1}{2}$	71 $\frac{1}{8}$		100 $\frac{1}{8}$	99 $\frac{1}{2}$
13	3 $\frac{1}{4}$	78 $\frac{1}{8}$	107 $\frac{1}{8}$	107 $\frac{1}{2}$	
12	3	88 $\frac{1}{8}$	117 $\frac{1}{8}$	116 $\frac{1}{8}$	

AA. The number of equal spaces in the shorter leg, that contained the same parcel of Air diversly extended.

B. The height of the Mercurial Cylinder in the longer leg, that compress'd the Air into those dimensions.

C. The height of a Mercurial Cylinder that counterbalanc'd the pressure of the Atmosphere.

D. The Aggregate of the two last Columns *B* and *C*, exhibiting the pressure sustained by the included Air.

E. What that pressure should be according to the *Hypothesis*, that supposes the pressures and expansions to be in reciprocal proportion.

For the better understanding of this Experiment it may not be amiss to take notice of the following particulars:

1. That the Tube being so tall that we could not conveniently make use of it in a Chamber, we were fain to use it on a pair of Stairs, which yet were very lightsom, the Tube being for prefer-
variations

Ryc. 2. Wykres Boyle'a, pokazujący wzajemną zależność między ciśnieniem gazu i jego objętością (*Works*, t. 1 s. 158)

THE
SCEPTICAL CHYMIST:
OR
CHYMICO-PHYSICAL
Doubts & Paradoxes,
Touching the
SPAGYRIST'S PRINCIPLES
Commonly call'd
HYPOSTATICAL;
As they are wont to be Propos'd and
Defended by the Generality of
ALCHYMISTS.

Whereunto is præmis'd Part of another Discourse
relating to the same Subject.

B Y
The Honourable *ROBERT BOYLE*, Esq;

L O N D O N,

Printed by *J. Cadwell* for *J. Crooke*, and are to be
Sold at the *Ship* in *St. Paul's Church-Yard*.

M D C L X I.

Ryc. 3. Strona tytułowa *The Sceptical Chymist* (1661). Oryginał wydrukowany jest w kolorze czarnym, a wyrazy: *Sceptical Chymist*, *Doubts*, *Paradoxes*, *Hypostatical*, *Alchymist*, *London* oraz data 1661 — w kolorze czerwonym

definicja pierwiastka, przysłoniła wielki wkład Boyle'a do rozwoju nowożytnej chemii, jaki stanowiło jego dzieło *The Sceptical Chymist*. Wkład ów polegał na wyraźnym zerwaniu z niejasnym, alchemicznym sposobem wyrażania się oraz na żądaniu, aby eksperymenty były opisywane zrozumiałym językiem, aby były one powtarzalne i prowadziły do tych samych rezultatów, aby teoria miała wzgląd na poznane dotychczas fakty i na nich opierała się, aby na jej podstawie projektować z kolei nowe eksperymenty rzucając w ten sposób nowe światło na przedmiot badań. Krótko mówiąc: Boyle był zwolennikiem Baconowskiej — czyli nowożytnej — indukcyjnej metody naukowej. W *The Sceptical Chymist* ujawnia on ponadto swą fascynację analizą i wprowadza sam termin „analiza chemiczna”.

2. WPROWADZENIE I ZASTOSOWANIE PRZEZ BOYLE'A TERMINU „ANALIZA CHEMICZNA”

Meyer³⁵ zauważył, że „Boyle najwyraźniej jako pierwszy posłużył się terminem analiza w tym znaczeniu, w którym używany jest on odtąd przez chemików”. Twierdzenie to podtrzymuje zarówno słownik Samuela Johnsona³⁶, jak i *Oxford Dictionary*³⁷, jako że najwcześniejsze przytoczone tam cytaty ilustrujące znaczenie słów „analityczny”, „analizować” i „analizer” w sensie chemicznym zaczerpnięte zostały z pism Boyle'a. Crosland³⁸, o dziwo, nie rozważa pochodzenia terminu „analiza”. Priorytet Boyle'a w zastosowaniu tego terminu odnotowany został w kilku książkach po Meyerze³⁹, później jednak jak gdyby popadł w zapomnienie aż do czasu, gdy Szabadváry⁴⁰ słusznie zwrócił ponownie uwagę na Boyle'owskie użycie wyrażenia „analiza chemiczna” powołując się na nagłówek *The Analysis of Seed Pearls (Analiza perełkowa)* w Shawa

³⁵ E. von Meyer: *A History of Chemistry, from earliest times to the present day*. Transl. G. M'Gowan, Macmillan, London 1891 s. 134.

³⁶ S. Johnson: *A Dictionary of the English Language*. Wyd. 6 J. F. and C. Rivington et al., London 1785.

³⁷ J. A. H. Murray (red.): *A New Dictionary on Historical Principles...* Clarendon Press, Oxford 1888.

³⁸ M. P. Crosland: *Historical Studies in the Language of Chemistry*. Heinemann, London 1962 (przedruk: Dover, New York 1978).

³⁹ F. Rolt-Wheeler (red.): *The Science History of the World*. T. 4; W. A. Hamor: *Chemistry*. Waverley Book Co., London 1909, 1911 s. 95; T. P. Hilditch: *A Concise History of Chemistry*. Methuen, London 1911 s. 210; F. J. Moorse: *A History of Chemistry*. McGraw Hill, New York 1918; F. Fershl, A. Sussenguth: *A Pictorial History of Chemistry*. Heinemann, London 1939.

⁴⁰ F. Szabadváry: *History of Analytical Chemistry*, Pergamon, Oxford 1966; F. Szabadváry: *Early Eminent English Contributions to the Development of Analytical Chemistry from Boyle to Ure*. „Periodica Polytechnica” 1975 v. 19 nr 4 s. 339; F. Szabadváry: *From Assaying to Analytical Chemistry. How an art became a Science*. „Periodica Polytechnica” 1977 v. 21 nr 4 s. 355.

edycji *The Philosophical Works of the Honourable Robert Boyle*⁴¹ — co, niestety, nie jest oryginalnym źródłem.

Po raz pierwszy w wyraźny sposób termin ów użyty został w liście Boyle'a do Fredericka Clodiusa⁴² napisanym w Irlandii w kwietniu 1654 r., po raz pierwszy zaprezentowanym społeczności chemików analityków w 1978 r. w wykładzie inauguracyjnym na III sympozjum „Euroanalysis” w Dublinie⁴³. Odpowiedni ustęp brzmi następująco:

„Żyję w kraju barbarzyńskim, gdzie umysły chemiczne nie znajdują zrozumienia a przyrządy chemiczne są tak trudne do zdobycia, że trudno tu wpaść na jakąś hermetyczną myśl i nie sposób zgromadzić zestawu przyrządów ... Ja ze swej strony nie mogę żyć nie robiąc nic pożytecznego i nie prowadząc żadnych badań przyrodniczych; ponieważ do prowadzenia *chemicznej analizy ciał nieożywionych* niezbędne są mi naczynia szklane i piece, wprawiam się w wykonywaniu sekcji anatomicznej żywych zwierząt”. Jedynie część tego listu została zacytowana w *Bircha Life of Robert Boyle*⁴⁴, przy czym kluczowy ustęp, dotyczący analizy chemicznej, został pominięty.

W druku natomiast po raz pierwszy terminem „analiza chemiczna” posłużył się Boyle w *Certain Physiological Essays*⁴⁵. „Analiza chemiczna”⁴⁶ (tzn. analiza przy użyciu ognia⁴⁷), „analityczny”⁴⁸, „zanalizowany”⁴⁹, „analizując”⁵⁰, „analiza”⁵¹, i „analizer”⁵² — wszystkie te słowa używane są regularnie w *The Sceptical Chymist* i w późniejszych książkach.

Po raz wtóry Boyle podjął zagadnienia analityczne w *Usefulness of Experimental Naturall Philosophy*⁵³. Część I była próbą samousprawiedliwienia eksperymentatora w oczach współczesnych. Dzieło to jest świadectwem jego rozległej wiedzy w zakresie historii naturalnej, medycyny,

⁴¹ P. Shaw: *The Philosophical Works of The Honourable Robert Boyle Esq...* W. and I. Innys and J. Osborn, London 1725 (wyd. 2: 1738).

⁴² *Works*, t. 6 s. 54.

⁴³ D. Thornburn Burns: *Irish Contributions to European Analytical Chemistry*. w: D. M. Carroll, D. T. Burns, D. A. Brown, D. A. MacDaeid (red.): *Euroanalysis III. Reviews on Analytical Chemistry, Applied Science*. London 1979.

⁴⁴ T. Birch: *The Life of the Honourable Robert Boyle*. A. Millar, London 1744.

⁴⁵ *Works*, t. 1 s. 433.

⁴⁶ *Works*, t. 1 s. 511, 658, 659.

⁴⁷ *Works*, t. 1 s. 479, 480, 482, 487, 488, 511, 512, 544, 545, 554.

⁴⁸ *Works*, t. 1 s. 586.

⁴⁹ *Works*, t. 1 s. 479, 487, 490.

⁵⁰ *Works*, t. 1 s. 558, 584.

⁵¹ *Works*, t. 1 s. 470, 472, 474, 478, 484, 485, 486, 487, 490, 496, 510.

⁵² *Works*, t. 1 s. 487.

⁵³ R. Boyle: *Some Considerations touching the Usefulness Of Experimental Naturall Philosophy...* H. Hall for R. Davis, Oxford 1663; wyd. 2: H. Hall for R. Davis 1664 (dwa nakłady: „Naturall... London „A”, „Naturall... Oxford „B”); *Works*, t. 2 s. 1—255.

fizyki i chemii. Część II (1671)⁵⁴ obejmuje ponadto dziedzinę matematyki, mechaniki, umiejętności manualnych i handlowych. Zwracają uwagę zwłaszcza szczegóły dotyczące „chemicznie zanalizowanej krwi”⁵⁵, „chemicznie zanalizowanej krwi różnych zwierząt”⁵⁶, rabarbaru⁵⁷, kamieni pęcherzowych⁵⁸ oraz następująca wypowiedź: „kto, jednym słowem, przywykł starannie analizować i dokonywać eksperymentów na różnych członkach ... najprawdopodobniej wyjaśni bardziej zrozumiale liczne szczegóły z zakresu patologii, niż ten, kto jest mało obeznany z chemią”⁵⁹. Liczne informacje o zjawiskach zaobserwowanych przezeń w Irlandii pozwalają sądzić, że Boyle dobrze spożytkował swój czas na badania medyczne w okresie, w którym nie mógł zajmować się chemią — zgodnie ze swymi preferencjami. W Części II mowa jest również o analizie nieorganicznej, m.in. o oznaczaniu próby srebra i złota⁶⁰, o próbie na miedź z amoniakiem⁶¹ i na żelazo w wodach mineralnych⁶².

W wielu innych swych książkach Boyle porusza zagadnienia analizy chemicznej lub odwołuje się do pozycji interesujących z tego punktu widzenia. Oto wybór najważniejszych aspektów rozważań Boyle'a nad analizą chemiczną i ilustrujących je cytatów:

Identyczność terminów „rozkład” i „analiza” oraz problem syntezy po analizie pojawiają się w *Origine of Formes and Qualities*⁶³: „...krew i mocz, poddane rozkładowi i (jak mówią chemicy) analizowane sposobem destylacji...”⁶⁴; „Nie można było dokonać odpowiedniej restytucji zanalizowanego chemicznie ciała, ponieważ niektóre z rozproszonych części uciekły przez miejsca złączenia naczyń”⁶⁵.

Boyle powrócił do zagadnień analizy i syntezy w celu wyjaśnienia składu w *Of the Imperfection of the Chemist's Doctrine of Qualities* (1675)⁶⁶, gdzie wykazał, że destylacja jest analizą przy użyciu ognia. Charakterystyczne pod tym względem są następujące fragmenty: „...ana-

⁵⁴ R. Boyle: *Some Considerations Touching the Usefulness of Experimental Naturall Philosophy... The Second Tome...* H. Hall for R. Davis, Oxford 1671; *Works*, t. 3 s. 392—494.

⁵⁵ *Works*, t. 2 s. 79, 211—215.

⁵⁶ *Works*, t. 2 s. 84.

⁵⁷ *Works*, t. 2 s. 188.

⁵⁸ *Works*, t. 2 s. 81.

⁵⁹ *Works*, t. 2 s. 80.

⁶⁰ *Works*, t. 3 s. 403, 415, 448, 453.

⁶¹ *Works*, t. 3 s. 421.

⁶² *Works*, t. 3 s. 482.

⁶³ R. Boyle: *The Origine of Formes and Qualities...* wyd. cyt.; *Works*, t. 3 s. 1—137.

⁶⁴ *Works*, t. 3 s. 56.

⁶⁵ *Works*, t. 3 s. 61.

⁶⁶ R. Boyle: *Experiments Notes & ABOUT THE Mechanical Origine of or production of divers particular QUALITIES*. E. Flesher for R. Davis, London 1675; *Works*, t. 4 s. 230—254.

liza ciał przy pomocy ognia, podobnie jak analiza w ogóle, jest jedynym narzędziem do zbadania, z jakich składników zrobione są ciała mieszane..."⁶⁷; "...ponieważ można to w różnych przypadkach stwierdzić sposobem składania, jak również sposobem rozkładania..."⁶⁸; "...przez destylację, czyli rozkład wotriolu przy pomocy ognia"⁶⁹; „Nie wiem, jak chemicy są w stanie uzyskać topliwosć chociażby soli otrzymanych przez ich własną analizę..."⁷⁰.

*The Excellency of Theology*⁷¹ może wydać się dość dziwnym tytułem dla książki, w której omawiane są szczegółowe problemy rozkładu na ciała (tzn. pierwiastki), rozważane szerzej w załączonym *Excellency and Grounds of the Mechanical Hypothesis*⁷². Staranne i ostrożne podejście Boyle'a znalazło wyraz w takim oto ustępie: „Wiem, że można by tu przypuścić, że produkty analizy są ciałami prostymi i z tej racji nie dają się rozłożyć. Ale to, że różne substancje, które chemicy raczą nazywać solami lub siarkami lub rtęciami ciał, które ich dostarczyły, nie są proste ani homogeniczne, zostało już gdzie indziej wystarczająco udowodnione; bo też niełatwo rozkładają się one na składniki i trudno dowieść, że sporządzone są one z bardziej pierwotnych porcji materii"⁷³. Owe „sole, siarki i rtęcie” to *tria prima*, czyli trzy hipostatyczne zasady z teorii alchemicznych na temat pochodzenia metali i minerałów⁷⁴. Jako typowe przykłady ciał złożonych, opierających się analizie ogniowej, Boyle wymienia powstawanie emalii przez stapianie oraz ognioodporność szkła.

⁶⁷ Works, t. 4 s. 274.

⁶⁸ Tamże.

⁶⁹ Tamże.

⁷⁰ Works, t. 4 s. 277.

⁷¹ R. Boyle: *The Excellency of Theology...*, to which are annex'd some Occasional Thoughts about the Excellency and Grounds of the Mechanical Hypothesis. T. N. for H. Herringman, London 1674.

⁷² Works, t. 4 s. 1—78; por. przyp. 71.

⁷³ Works, t. 4 s. 74. Owo „gdzie indziej” odnosi się do *The Sceptical Chymist*.

⁷⁴ M. Sandivogius (trans. J. F.): *A New Light of Alchymie: Taken out of the fountaine of Nature, and Manuall Experience. To which is added a Trestise of Sulphur: ...* (por. polski przekład Romana Bugaja zamieszczony W: M. Sędziwój: *Traktat o kamieniu filozoficznym*. Warszawa 1971), R. Cotes for T. Williams, London 1630; *The Works of Gaber, The Most Famous Arabian Prince and Philosopher of the Investigation and Perfection of The Philosophers-Stone*. W. Cooper, London 1686 (trans. R. Russell); M. A. Atwood: *A Suggestive Inquiry into The Hermetic Mystery with a Dissertation on the More Celebrated of the Alchemical Philosophers...* Wyd. 3, poprawione, W. Tait, Belfast 1920 (wyd. 1: 1850); J. Reid: *Prelude to Chemistry: An Outline of Alchemy its Literature and Relationships*. G. Bell, London 1936 (wyd. 2: 1939; jego przedruk: Scientific Book Guild, London 1961); E. J. Holmyard: *Alchemy*, Penguin Books, Harmondsworth 1957; T. J. Trenn: *Transmutation, Natural and Artificial*. Hayden, London 1982.

*The Chemical Paradox*⁷⁵ to inna praca Boyle'a o intrygującym tytule. Dołączona została ona do *Experiments and Observations made upon the Icy Noctiluca*; Boyle rzadko przepuszczał okazję aby poprzeć sprawę chemii analitycznej. *The Chemical Paradox* traktuje o destylacji oleju naftowego niezmienionego przez ogień, co nasunęło pytanie: czy „ogień jest właściwym i autentycznym narzędziem analizy ciał mieszanych”⁷⁶, czy też nie. Boyle był przekonany, że „ogień, który przywykło się stosować, nie jest, chociaż wśród chemików za takowy uchodzi, autentycznym i właściwym instrumentem analizy ciał, ponieważ — wbrew ich mniemaniom — wydziela kilka podobnych nie rozdzielonych substancji, skrytych i zamaskowanych przez współskładniki, z których każda była pre-istniejąca (w tej samej formie, w jakiej następnie się pojawiają) w ciele poddanym jego działaniu”⁷⁷.

Ostatnia rozprawa opublikowana na życia Boyle'a — *Experimenta & Observationes Physicae* (1691)⁷⁸ — znów dotyczy zagadnień analizy chemicznej i zawiera pewne dane ilościowe. Rozdział pierwszy opisuje eksperymenty chemiczno-magnetyczne⁷⁹, drugi zawiera wyniki badań ciężaru właściwego i innych fizycznych właściwości diamentów⁸⁰, trzeci mówi o „Różnych zmianach barwy wywołanych przez ten sam prosty składnik”⁸¹. Rozdział piąty zawiera „Dowód na metaliczną strukturę granatów”⁸² oraz opisuje „Eksperyment z zakresu chemicznej analizy pereł”⁸³.

Doniosłość tych i innych prób z dziedziny chemii ilościowej polega na tym, że utorowały one drogę do ery współczesnej chemii ilościowej, o której sądzi się powszechnie, że rozpoczęła się od Lavoisiera⁸⁴. Chociaż

⁷⁵ R. Boyle: *New Experiments and Observations, made upon the Icy Noctiluca ... To which is annexed a Chymical Paradox*, R. E. for B. Tooke, London 1681/2; *Works*, t. 4 s. 469—505. *Icy Noctiluca to fosfor elementary* (pierwiastkowy).

⁷⁶ *Works*, t. 4 s. 496.

⁷⁷ *Works*, t. 4 s. 500.

⁷⁸ R. Boyle: *Experimenta & Observationes Physicae...* J. Taylor and J. Wyat, London 1691; *Works*, t. 5 s. 564—609.

⁷⁹ *Works*, t. 5 s. 569.

⁸⁰ *Works*, t. 5 s. 575. Zob. też R. Boyle: *An Essay About the Origine and Virtues of Gems...* W. Godbid seld by M. Pitt, London 1672 (reprint: Hafner, New York 1972).

⁸¹ *Works*, t. 3 s. 578. Zob. też: R. Boyle: *Experiments and Considerations Touching Colours...* H. Herringman, London 1663 (reprint: Johnson Reprint Corp., New York 1964); *Works*, t. 1 s. 662—788; R. Boyle: *Cosmicall Qualities of Things etc...*, W. R. for R. Davis, Oxford 1671; *Works*, t. 3 s. 290—325.

⁸² *Works*, t. 5 s. 593.

⁸³ *Works*, t. 5 s. 603.

⁸⁴ E. von Meyer: *A History of Chemistry...* Wyd. cyt.: T. P. Hilditch: *A Concise History of Chemistry*. Wyd. cyt.; I. Freund: *The Study of Chemical Composition. An account of its Method and Historical Development...* University Press, Cambridge 1904.

metoda ilościowa stanowiła podstawę sztuki oznaczania próby metali, to jednak pozostawała ona w rękach rzemieślników, a więc nie wpływała na rozwój teorii chemicznej, podobnie jak znaczna część ówczesnych praktycznych umiejętności w zakresie chemii. Pierwsza książka w języku angielskim na temat oznaczania próby metali, autorstwa Cramera⁸⁵, ukazała się w 1741 r.

3. SPOSOBY UŻYCIA TERMINU „ANALIZA” W CZASACH BOYLE’A

Pierwszy przypadek użycia terminu „analiza chemiczna” w tytule pracy wydanej drukiem stanowi najprawdopodobniej *Chymicam formicarum analysin* („Analiza chemiczna mrówek”) Manitiusa (1689)⁸⁶.

Termin „analiza” („analysis”), pochodzenia greckiego, lub jego łaciński odpowiednik „resolution”, rzadko pojawiają się w tekstach chemicznych w czasach Boyle’a. Popularne w tym okresie były książki Lemery’ego⁸⁷, Béguina⁸⁸ i Le Fèvre’a⁸⁹. Oto jedyne przypadki użycia obu terminów w wymienionych książkach: Lemery — „...zrobić dokładną analizę wina...” oraz „...znaleziony w opium na drodze analizy jakiej je poddałem...”; Béguin — „...dzięki chemicznemu rozkładowi”; Le Fèvre — „...po rozkładzie i anatomii tego związku...” oraz „chemiczny rozkład ciała...”.

Po raz pierwszy w druku terminem „analiza” w odniesieniu do składu posłużył się zapewne Hartlib: „...ma taką samą naturę jak miód, co najlepiej uwidacznia się w toku jego analizy...”⁹⁰. Hartlib był bliskim przyjacielem Boyle’a. Pierwsza ogłoszona drukiem praca Boyle’a, wydana anonimowo, włączona była do *Chymical, Medicinal and Chyrurgical Addresses: Made to Sammuell Hartlib*⁹¹. Córkę Hartliba, Marię poślubił Frederick Clodius, do którego Boyle pisał z Irlandii⁹².

⁸⁵ J. A. Cramer: *Elements of the Art of Assaying Metals. In two parts. The first containing THE THEORY, The second THE PRACTICE of the said Art...* T. Woodward and C. Davis, London 1741.

⁸⁶ S. G. Manitius: *Resp. Chymicam formicarum analysin*. Pracs J. G. Sperlingio, publico examini subjicet, Wittenbergae 1689. Imprimebat Mattaeus Henckelius) s. 64, 1 tabl. 4^o).

⁸⁷ N. Lemery (trans. W. Harris): *A course of Chymistry...* W. Kettliby, London 1677, s. 253 (wino), 281 (opium).

⁸⁸ J. Béguin: *Tyrocinium chymicum: or chymical essays...* T. Passenger, London 1669, s. 20.

⁸⁹ N. Le Fèvre (trans. P. D. C. Esq.); *A compleat body of chymistry*. T. Rattoliffe for O. Pulleyn, Jun., London 1664, s. 17, 19.

⁹⁰ S. Hartlib: *The Reformed Commonwealth of Bees...* G. Calvert, London 1655.

⁹¹ *An Invitation to a free and generous Communication of Secrets and Receipts in Physik, w: Chymical, Medicinal and Chyrurgical Addresses: Made to Samuell Hartlib, Esquire...* G. Dawson for G. Calvert, London 1655.

⁹² *Works*, t. 6 s. 54.

Rzadkość występowania terminów „analiza” i „analiza chemiczna” w pracach autorów współczesnych Boyle’owi silnie kontrastuje z jego własnym użyciem obu terminów, co wykazywałem już na przykładzie *The Sceptical Chymist*. Na podstawie cytowanych prac łatwo się przekonać, że Boyle interesował się analizą chemiczną w ciągu całej swej kariery naukowej. Przeglądu wprowadzonych przezeń innowacji i jego zasług w tej dziedzinie dokonamy w paragrafie 4.

Sposób podejścia Boyle’a do chemii uważany był już za jego życia za wyjątkowy — o czym świadczy wypowiedź Oldenburga do Huygensa z 11 czerwca 1674 r. dotycząca Daniela Coxe’a: „...wiele zrobił w dziedzinie chemii i był prawdziwym filozofem, idąc drogą wyznaczoną przez Mr. Boyle’a”⁹³. Sławę, jaką cieszył się Boyle w późniejszych czasach, najpełniej ilustruje tytuł „Ojciec Chemii”.

4. BADANIA W ZAKRESIE ANALIZY CHEMICZNEJ

Boyle przeprowadził wiele eksperymentów, obserwacji i badań substancji nieorganicznych i organicznych⁹⁴, przy czym znaczna część tych badań miała charakter analityczny. Tematyka jego prac badawczych w dziedzinie chemii — obok natury pierwiastków i zastosowania analizy ogniowej, o czym pisaliśmy w paragrafie 1 — obejmuje (1) chemię roztworów, (2) pomiary ciężaru właściwego oraz (3) chemię kliniczną. Systematyczne badania w tym zakresie opisane zostały w tekstach, w głównej mierze poświęconych zagadnieniom analitycznym. Książki te nawiasem mówiąc, są mniej rozwlekłe i w konsekwencji łatwiejsze do czytania od innych jego tekstów.

a. Analiza roztworów

Przedmiotem zainteresowania Boyle’a w zakresie analizy roztworów były wskaźniki kwasowości i zasadowości, odczynniki i reakcje specyficzne na różne substancje oraz granice wykrywalności tych substancji, a także systematyczna analiza wód mineralnych.

Mimo, iż pewne reakcje kwasów i zasad z sokami niektórych roślin opisano już wcześniej⁹⁵, to jednak Boyle jako pierwszy stwierdził, że wszystkie kwasy powodują zmianę barwy tych soków z niebieskiej na czerwoną, wszystkie zasady natomiast zmieniają ją na zieloną. Zauwa-

⁹³ A. R. Hall, M. B. Hall (red.): *The Correspondence of Henry Oldenburg*. Mansell, London 1975, t. 11 s. 32.

⁹⁴ J. R. Partington: *A History of Chemistry*. Wyd. cyt., t. 2, rozdz. 14.

⁹⁵ A. A. Baker: *A History of Indicators*. „Chymis” 1964, v. 9, s. 147; W. Eamon: *New Light on Robert Boyle and the discovery of colour indicators*. „Ambix” 1980 v. 27 s. 204; D. Thorburn Burns: *Edward Jorden M. D. (1569—1632): Early contributions to solution analysis*. „Proc. Analyt. Div. Chem. Soc.” 1979 v. 16 s. 219.

żył on ponadto, że niektóre substancje nie wywołują żadnej zmiany barwy, toteż zaklasyfikował je jako ani kwasowe, ani zasadowe, a jako obojętne (w terminologii Boyle'a: „adiaphorous”, od słowa greckiego oznaczającego „neutralny”). W ten sposób Boyle faktycznie odstąpił od kwasowo-zasadowej teorii materii wprowadzonej przez Helmonta i podtrzymywanej przez Tacheniusa, Lamery'ego i Kunckela ⁹⁶.

Boyle jako pierwszy opisał fluoryzujący wskaźnik kwasowo-zasadowy ⁹⁷, ekstrakt z *Lignum nephriticum*, oraz nieorganiczny wskaźnik — jon aminomiedziowy. Wykazał on wyraźną predylekcję do posługiwania się ekstraktem z *Lignum nephriticum*; opisał efekty związane ze zmianą stężenia, kwasowości oraz kąta obserwacji błękitnej barwy roztworu ⁹⁸. Najwcześniejszy opis właściwości tego drzewa przed Boylem pochodzi od Monardesa. Botaniczne źródło substancji używanych przez Boyle'a zidentyfikowane zostało przez Safforda jako *Esyenhardtia Polystacha* ⁹⁹. Główny składnik owego ekstraktu wykazujący aktywność fluorescencyjną zidentyfikowany został niedawno jako 7-hydrokso-2,4,5-trójmetyloksyizoflawon ¹⁰⁰. Boyle powoływał się na ten wskaźnik także w *Sceptical Chymist* ¹⁰¹, *Experimenta & Observationes Physicae* ¹⁰², *An Essay on the Perousness of Solid Bodies* ¹⁰³ oraz w *Mineral Waters* ¹⁰⁴.

Wiele reakcji kolorymetrycznych, jakimi posługiwał się Boyle do celów analitycznych, opisanych zostało w *Experiments and Considerations Touching Colours* ¹⁰⁵, które to dzieło w pełni zasługuje na miano punktu zwrotnego w historii chemii analitycznej.

Chociaż ekstrakt z galasówki jako odczynnik na żelazo znany był od czasów Pliniusza ¹⁰⁶, to dopiero Boyle opisał jego reakcje z innymi me-

⁹⁶ Works, t. 4, s. 284; M. Boas: *Robert Boyle and Seventeenth Century Chemistry*, wyd. cyt.

⁹⁷ R. Boyle: *Experiments and Considerations Touching Colours...* H. Hall for T. Robinson, Oxford 1662; Works, t. 1 s. 662—788.

⁹⁸ Works, t. 1 s. 729—735.

⁹⁹ W. E. Safford: *Lignum Nephriticum — Its History and an account of the remarkable fluorescence of its infusion*. „Annual Reports of the Smithsonian Institution” 1915 s. 271, Gov. Printing Office, Washington 1916; J. R. Partington: *Lignum Nephriticum*, „Annals of Science” 1955, v. 11 s. 1.

¹⁰⁰ D. Thorburn Burns, J. Grimshaw, P. E. Gargan: „Phytochemistry” 1984 v. 23 s. 167.

¹⁰¹ Works, t. 1 s. 562.

¹⁰² Works, t. 5 s. 579.

¹⁰³ R. Boyle: *Experiments AND considerations ABOUT the porosity of Bodies. IN TWO ESSAYS*. S. Smith, London 1684; Works, t. 4 s. 792.

¹⁰⁴ R. Boyle: *SHORT MEMOIRS FOR THE Natural Experimental HISTORY OF Mineral Waters...* S. Smith, London 1684/5 (recenzowane w „Philosophical Transactions” 1685, v. 15 s. 1063); Works, t. 4 s. 794—821.

¹⁰⁵ Works, t. 1 s. 729—735.

¹⁰⁶ P. Holland (trans.): *The Historie of the World. Commonly called, The Naturall Historie of C. Plinius Secundus*. A. Fslip, London 1601; D. Thorburn Burns, M. A. Leonard, W. J. Swindall. „Edn. Chem.”, 1981, v. 18 s. 80.

EXPERIMENTS
AND
CONSIDERATIONS
Touching
COLOURS.

First occasionally Written, among some other
Essays, to a Friend; and now suffer'd to
come abroad as

THE
BEGINNING
Of An
Experimental History
OF
COLOURS.

By the Honourable ROBERT BOYLE,
Fellow of the ROYAL SOCIETY.

*Non fingendum, aut excogitandum, sed invenien-
dum, quid Natura faciat, aut ferat. Bacon.*

LONDON,
Printed for Henry Herringman at the
Anchor in the Lower walk of the *New-*
Exchange. MDCLXIV.

Ryc. 4. Strona tytułowa *Experiments and Considerations Touching Colours* (1664)



SHORT
MEMOIRS
FOR THE
Natural Experimental
HISTORY
OF
Mineral Waters.

Addressed
By way of Letter to a Friend.

By the Honourable
ROBERT BOYLE,
Fellow of the Royal Society.

L O N D O N,
Printed for *Samuel Smith* at the *Prince's*
Arms in *St. Pauls Church-Yard.* 1684.

Ryc. 5. Strona tytułowa *Memoirs for the Natural Experimental History of Mineral Waters* (1684/5)

talami¹⁰⁷; stwierdził on też, że odczynnik ten nie zawsze wykrywa żelazo, opisał sposób przygotowania i trwałość jego roztworu oraz zbadał czułość reakcji na żelazo; „jedna część rozpuszczonego markazytu dodana do nalewki zawierającej (61440) sześćdziesiąt jeden tysięcy czterysta czterdzieści części naparu z galasówki”¹⁰⁸.

W poszukiwaniu innych odczynników, służących zwłaszcza do wykrywania metali toksycznych, Boyle stosował z powodzeniem siarkowodor w próbach na miedź i ołów; nie udało mu się natomiast wytrącić arsenu, prawdopodobnie ze względu na alkaliczny odczyn roztworu¹⁰⁹. Szabadváry potwierdził trafność Boyle'owskiego przepisu¹¹⁰ na otrzymywanie wodnego roztworu siarkowodoru¹¹¹.

Przygotowanie wody zdatnej do picia z wody morskiej miało podówczas wielkie znaczenie dla marynarki wojennej¹¹²; Boyle otrzymał w związku z tym „rozkaz Króla, aby pokazać Jego Wysokości eksperyment ... i zbadać Zdatność do Picia oraz Słoność Wody”¹¹³. Posługując się roztworem azotanu srebrowego, był on w stanie wykryć zawartość soli w ilości mniejszej niż tysięczna część; metoda ta wzmiankowana jest także w *Mineral Waters*¹¹⁴.

Skrócony opis większości badanych przez Boyle'a odczynników i reakcji zamieszczony został w *Experimenta & Observationes Physicae*¹¹⁵.

Przeglądu badań z zakresu analizy roztworów przeprowadzonych przed Boylem dokonał Debus¹¹⁶. Cytuje on wprawdzie większość prac poprzedników Boyle'a w tym zakresie oraz jemu współczesnych, łącznie z T. Willisem, zaniedbał jednak wspomnieć o dwóch źródłach — jedy-nych, jakie cytuje Boyle w *Mineral Waters* — mianowicie Dr Listera *De Fontibus Medicatis Angliae*¹¹⁷ oraz „ciekawą rozprawkę o Francuskich

¹⁰⁷ Works, t. 4 s. 803.

¹⁰⁸ Works, t. 4 s. 817.

¹⁰⁹ D. T. Burns, A. Townshend, A. H. Carter: *Inorganic Resation Chemistry. T. 2, Reactions of the Elements and their Compounds. Part A: Alkali Metals to Nitrogen*. E. Horwood, Chichester 1981, rozdz. 5.

¹¹⁰ Works, t. 4 s. 807.

¹¹¹ F. Szabadváry: *Early preparation and analytical use of hydrogen sulphide*. „Talanta” 1959 v. 2 s. 156.

¹¹² R. E. W. Maddison: *Studies on the Life of Robert Boyle F. R. S.* cz. 2, *Salt Water Freshened*. „Notes and Records of Royal Society, London” 1952 v. 9 s. 196.

¹¹³ R. Boyle: *Way of examining waters as to Freshness and Saltness*. „Philosophical Transactions” 1693 v. 17 s. 627; Works, t. 5 s. 744—750.

¹¹⁴ Works, t. 4 s. 813.

¹¹⁵ Works, t. 5 s. 569.

¹¹⁶ A. G. Debus: *Solution Analysis Prior to Robert Boyle*. „Chymia” 1962 v. 8 s. 41.

¹¹⁷ M. Lister: *De Fontibus medicatis Angliae...* Eboraci 1682 (wyd. 2: W. Kettilby, Londini 1684); G. Keynes: *Dr Martin Lister. A Bibliography*. St Pauls Bibliographies, 1981.

Wodach Mineralnych”¹¹⁸. Powody, dla jakich Boyle zaniedbał powołać się na innych autorów, prezentując niezależny i eksperymentalnie podbudowany punkt widzenia, stały się przedmiotem kontrowersji Witty *versus* Simpson¹¹⁹, która przeniosła się na teren Royal Society i spowodowała duży napływ korespondencji do „Philosophical Transactions” oraz serię rozpraw polemicznych; streszczenie tych ostatnich zamieszcza Short¹²⁰. Pomijając utarczki personalne, przedmiotem kontrowersji była interpretacja rezultatów doświadczeń z galasówką z powodu niestabilności próbek wody mineralnej, natura wiotriolu oraz rola siarki w wodzie. Boyle w zadowalającym stopniu zbadał reakcje z udziałem ekstraktu z galasówki, łącznie z zagadnieniem granicy wykrywalności żelaza. Forma obecności siarki pozostała natomiast problemem nierozstrzygniętym, stając się w XVIII w. podstawą kontrowersji Lucas *versus* Ruty wokół problemu wód mineralnych¹²¹.

Boyle’owski schemat badania wód mineralnych był nader szczegółowy i stanowił znaczny postęp w stosunku do propozycji wcześniejszych a także współczesnych jemu badaczy, takich jak Lister, Du Clos i Guidott¹²²; nawet późniejsi autorzy aż do czasów Bergmana¹²³ i Kirwana¹²⁴ stosowali znacznie mniejszą ilość odczynników i prób. Praca Boyle’a na ten temat, chociaż krótka i fragmentaryczna, wiele mówi o Boyle’owskim podejściu do badań eksperymentalnych oraz o jego wiedzy na temat ograniczeń metody eksperymentalnej. Schemat badania wód mineralnych obejmuje zrazu szereg obserwacji geograficznych i mineralogicznych (17 punktów), po których następują badania fizyczne i chemiczne (Aneks 2.); te ostatnie Boyle opatrzył jedynie krótkimi komentarzami,

¹¹⁸ [S. C.] Du Clos: *Observations on the Mineral Waters of France Made in the Royal Academy of Sciences*. H. Faithorne and J. Kersey, St Pauls 1684 (oryginalne wydanie franc.: 1675 — było szczegółowo recenzowane w „Philosophical Transactions” 1676, v. 11 s. 612—621).

¹¹⁹ F. H. L. Poynter: *A Seventeenth Century Medical Controversy Robert Witty versus William Simpson* W: C. Singer (red.): *Science, Medicine and History*, Oxford University Press 1953; N. G. Coley: *Cures without Care, Chymical Physicians*. „Medical History” 1979 v. 23 s. 191.

¹²⁰ T. Short: *The Natural, Experimental and Medicinal History of the Mineral Waters of Derbyshire, Lincolnshire and Yorkshire particularly those of Scarborough...* F. Gyles, London 1734.

¹²¹ W. K. Sullivan: *Memoir of Byran Higgins and the William Higgins with a short noitce of Irish Chemists and the state of Chemistry in Ireland before the year 1800*. „Dublin Quat. J. Med. Sci.” 1836 v. 8 s. 465.

¹²² D. Thorburn Burns: *Thomas Guidott (1638—1705), Physician and Chemist; Contribution to the Analysis of Mineral Waters*. „Analytical Proceedings” 1981 v. 18 s. 2.

¹²³ T. Bergman, E. Cullen (trans.): *Physical and Chemical Essays*. J. Murray, London 1784.

¹²⁴ R. Kirwan: *An Essay on the Analysis of Mineral Waters*. J. W. Myers, London 1799.

zakładając u czytelnika znajomość swych wcześniejszych prac. Kilka prób omówionych zostało jednak bardziej szczegółowo, a mianowicie badania z galasówką i siarkowodorem oraz pomiar ciężaru właściwego. Praca zawiera również wnioski dotyczące zastosowania wód mineralnych w medycynie.

Dla niektórych pierwiastków, takich jak miedź, Boyle znał wiele reakcji charakterystycznych. Niebieskozielony kolor miedzi w roztworze *aqua fortis* (steżony kwas azotowy) pozwalał mu stwierdzić czy srebro zanieczyszczone jest miedzią¹²⁵. Miedź daje ponadto barwę trawiastozieloną w roztworze ze „spirytusem soli”¹²⁶ (kwas solny) oraz barwę lazurową w obecności „spirytusu moczowego”¹²⁷ (roztwór amoniaku), ustępującą po dodaniu kwasu. Inna próba na miedź polega na powstawaniu koloru czarnego w obecności roztworu „lotnej tynktury siarki” (siarkowodór)¹²⁸.

Miedź i niektóre jej związki mogą także dawać zieloną barwę w innych warunkach — a mianowicie w płomieniu. Boyle wiedział również, że srebro nie barwi płomienia¹²⁹. Zaobserwował także niebieski płomień w obecności saletry i oslepiająco jasny płomień węgla drzewnego z azotanem sodu¹³⁰, niebieski płomień siarki¹³¹ oraz płomień mieszany — niebieski i żółty — substancji organicznych¹³². Barwne płomienie znane już wcześniej, tym jednak, co nowego wprowadził Boyle — wykorzystując w tym celu swą wiedzę — było zastosowanie ich do rozpoznawania związków chemicznych oraz do wykrywania zanieczyszczeń.

b. Pomiaru ciężaru właściwego i ich zastosowanie

Zasada ważenia ciał w powietrzu i w wodzie datuje się już od czasów Archimedesusa, ale Boyle jako pierwszy zwrócił uwagę fizyków i chemików na znaczenie pomiarów ciężaru właściwego; po wielu jego pracach rozrzucone są wypowiedzi na temat przydatności pomiarów ciężaru właściwego w analizie i w identyfikacji różnych substancji. Po raz pierwszy wzmianka na ten temat pojawia się w *The second tome of Usefulness of Experimental Philosophy*¹³³ i dotyczy badania soli pod kątem potrzeb rolnictwa¹³⁴. Boyle przeprowadził szczegółową dyskusję zasad hydrosta-

¹²⁵ *Works*, t. 1 s. 775.

¹²⁶ *Works*, t. 5 s. 569.

¹²⁷ Tamże.

¹²⁸ *Works*, t. 4 s. 807.

¹²⁹ *Works*, t. 3 s. 80—82.

¹³⁰ *Works*, t. 3 s. 88.

¹³¹ *Works*, t. 1 s. 625.

¹³² *Works*, t. 4 s. 498.

¹³³ R. Boyle: *Some Considerations Touching the Usefulness of Experimental Naturall Philosophy... The Second Tome...* wyd., cyt.

¹³⁴ *Works*, t. 3 s. 407.

tyki — jej wyniki opisane są w *Hydrostatical Paradoxes*¹³⁵ — będącą następstwem uważnej lektury traktatu Pascala *Aequilibrium of Liquids*.

W *Gems*¹³⁶ Boyle przedstawił ogólny zarys metody hydrostatycznej¹³⁷ z wykorzystaniem „czulej wagi”; na podstawie pomiaru gęstości wykazał niesłuszność teorii głoszącej, że kryształ (tzw. kwarc) to nic innego, jak lód utwardzony wskutek długotrwałego i silnego oziębiania¹³⁸; dowiódł, że niektóre kamienie szlachetne zawierają „pigment kruszcowaty”¹³⁹; podał gęstość różnych kamieni¹⁴⁰, smoły ziemnej, węgla¹⁴¹ itd.

Boyle przedstawił szczegółowy opis nowego „przyrządu probierczego”¹⁴², używanego przezeń do badania złotych monet oraz do określania zawartości złota, srebra i innych metali w stopach. Zwrócił przy tym uwagę na oryginalność tej metody: „jako, że Złoto, które Chemicy i — nazwijmy to — Mistrzowie zwykli badać przy pomocy ognia, my badamy przy pomocy wody”¹⁴³.

Wielkie dzieło Boyle’a *Medicina Hydrostatica*¹⁴⁴ było pierwszym w języku angielskim traktatem na temat wyznaczania ciężaru właściwego. Tytuł nawiązuje do dzieła Santorio *Medicina Statica*; być może Boyle — jak pisze Fulton¹⁴⁵ — chciał wyrazić uznanie dla owego dzieła, skoro umieścił słowo „medicina” w tytule monografii poświęconej zagadnieniom fizycznego badania substancji. Na frontyspisie pokazana została waga hydrostatyczna, uwidoczniiona również na rys. 6. Boyle wiedział, jak należy postępować z substancjami o ciężarze właściwym mniejszym od wody lub rozpuszczalnymi w wodzie. Rezultaty swych pomiarów przedstawiał w formie liczb dziesiętych, np. kryształ górski oznaczał jako $2\frac{21}{100}$.

¹³⁵ R. Boyle: *Hydrostatical Paradoxes, Made out by New Experiments (for the most part PHYSICAL and Easie)*. W. Hall for R. Davies Oxford 1666; *Works*, t. 2 s. 738—797.

¹³⁶ R. Boyle: *An Essay About the Origine and Virtues of Gems...*, wyd. cyt.; *Works*, t. 3, s. 516—561.

¹³⁷ *Works*, t. 3, s. 536.

¹³⁸ Tamże.

¹³⁹ Tamże.

¹⁴⁰ *Works*, t. 3 s. 547.

¹⁴¹ *Works*, t. 3 s. 556.

¹⁴² R. Boyle: *A New Essay instrument ... with Uses thereof ...* „Philosophical Transactions” 1675, v. 10 s. 329; *Works*, t. 4 s. 204—213.

¹⁴³ *Works*, t. 4 s. 205.

¹⁴⁴ R. Boyle: *Medicina Hydrostatica OR HYDROSTATICKS Applyd to the MATERIA MEDICA ... To which is subjoyn'd A Previous Hydrostatical way of Estimating ORES*. S. Smith, London 1690 (recenzowane w „Philosophical Transactions” 1686—1692, v. 16, s. 488); *Works*, t. 5 s. 453—507.

¹⁴⁵ J. F. Fulton: *A Bibliography of The Honourable Robert Boyle Fellow of the Royal Society...*, wyd. cyt.

Fig. 22. p. 310.



Fig. 23. p. 311.

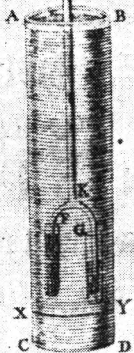


Fig. 24. p. 312.



Fig. 25. p. 312.

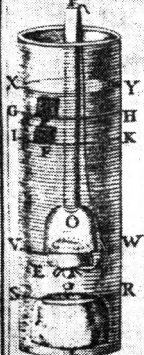


Fig. 26. p. 318.

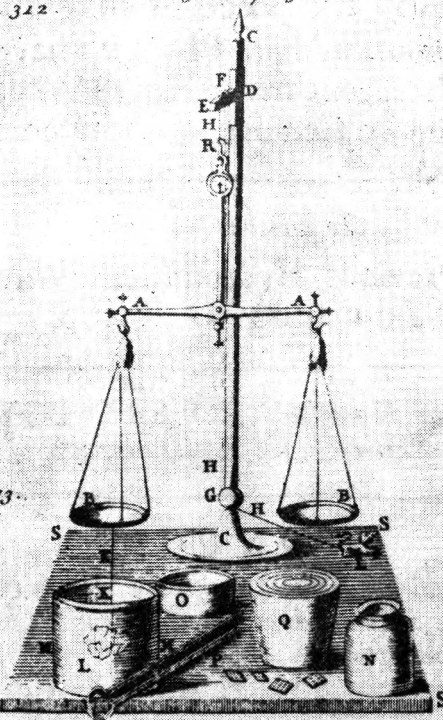


Fig. 27. p. 372.

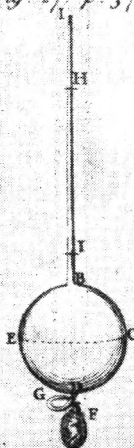


Fig. 28. p. 373.



Fig. 29. p. 373.



Ryc. 6. Przyrząd badawczy (Fig. 27) i waga hydrostatyczna (Fig. 26). Ryciny te zostały przerytowane z prac Boyle'a i stanowią dokładne kopie oryginałów



1772
Medicina Hydrostatica :
O R,
HYDROSTATICKS

Applied to the
MATERIA MEDICA.

SHEWING,
How by the Weight that divers
Bodies, us'd in Physick, have in
Water; one may discover Whether
they be Genuine or Adulterate.

To which is subjoyn'd,
A Previous Hydrostatical Way of
Estimating **O R E S.**

By the Honourable **ROBERT BOYLE,**
Fellow of the Royal Society.

L O N D O N,
Printed for *Samuel Smith* at the Sign of
the *Princes Arms,* in *St. Paul's Church-*
Yard, 1690.

R B

27

Wyniki badań dla wielu różnorodnych substancji zebrane zostały w porządku alfabetycznym w „Tabeli” umieszczonej na końcu książki¹⁴⁶. Boyle stwierdził, na przykład, znaczną różnicę ciężaru właściwego naturalnych i sztucznych tzw. crabs-eyes, co miało rzecz jasna duże znaczenie dla lekarzy i ich pacjentów. Gdy Davies¹⁴⁷ opracowywał przegląd zagadnień z tego zakresu, powołał się na wyniki Boyle’a i potwierdził ich dokładność. W przypadku wielu związków chemicznych odstępstwa od współcześnie ustalonych wartości mogą być kwestią czystości; dla licznych substancji wyniki wykazują dobrą zgodność z obecnie przyjętymi ciężarami właściwymi¹⁴⁸. Wyniki niektórych pomiarów ciężaru właściwego przeprowadzonych przez Boyle’a w porównaniu z danymi współczesnymi:

	Boyle ¹⁴⁹	Dane współczesne ¹⁵⁰
Złoto	19,64	19,30
Rtęć	14,00	13,60
Ołów	11,32	11,34
Miedź	9,00	8,92
Żelazo	7,64	7,86
Cyna	7,32	7,28
Chlorek sodu	2,14	2,17
Boraks	1,71	1,73
Kwarc	2,66	2,64

Boyle stosował pomiary ciężaru właściwego również przy badaniu krwi¹⁵¹, moczu¹⁵² oraz wód mineralnych¹⁵³. W *Mineral Waters* rozważa problem konstrukcji odpowiedniej wagi do tego celu; potrafił on zważyć 3 uncje (czyli 93 g) z dokładnością do pół grama (czyli 3 mg)¹⁵⁴.

c. Analizy kliniczne i biochemiczne

Stosunek do dzieła Boyle’a *Memoirs for the Natural History of Humane Blood*¹⁵⁵ zmieniał się dość znacznie: określano je mianem „rozczar-

¹⁴⁶ *Works*, t. 5 s. 505—507.

¹⁴⁷ R. Davis: *Tables of Specific Gravities, extracted from various Authors; with some observations upon the same*, „Philosophical Transactions” 1748 v. 45 s. 416.

¹⁴⁸ R. C. Weast, M. J. Astle (red.): *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. Wyd. 59, CRC Press, West Palm Beach, USA, 1978.

¹⁴⁹ R. Boyle: *Medicina Hydrostatica...*, wyd. cyt.

¹⁵⁰ R. C. Weast, M. J. Astle (red.): *CRC Handbook of Chemistry and Physics...*, wyd. cyt.

¹⁵¹ R. Boyle: *MEMORIS FOR THE NATURAL HISTORY OF HUMANE Blood...*, S. Smith, London 1683/4; *Works*, t. 4 s. 595—759.

¹⁵² Tamże.

¹⁵³ R. Boyle: *Mineral Waters...*, wyd. cyt.

¹⁵⁴ *Works*, t. 4 s. 810.

¹⁵⁵ R. Boyle: *Humane Blood...*, wyd. cyt.

rowującej rozprawy”¹⁵⁶, „najważniejszej spośród medycznych prac Boyle’a ... wyznaczającej początek chemii fizjologicznej”¹⁵⁷, nazywano dziełem „pierwszego autentycznego przedstawiciela chemii klinicznej”¹⁵⁸, „wykazującego analityczną elegancję, z którą dziś trudno jest iść w zawody”¹⁵⁹. Najbardziej krytycznie odniósł się do niej Hall¹⁶⁰, który twierdził, że błędnie uważa się takich badaczy, jak Willis, Lower, Boyle, Mayow i Hooke za prekursorów badań eksperymentalnych w zakresie fizjologii i medycyny, a także znakomitych rezultatów uzyskanych w tym zakresie w XIX w. Mani¹⁶¹ po prostu omija ten problem zakładając, iż badania w tej dziedzinie zapoczątkowane zostały w XIX w.

Boyle nie był pierwszym uczonym, który podjął próby analizy krwi. Dla przykładu Needham w 1675 r. wygłosił na ten temat odczyt w Royal Society¹⁶²: „znajdujemy w niej dwie, na pozór odmienne części, siłę krzepnącą i surowicę; gdy przeprowadzimy jednak jej analizę przy pomocy ognia, stwierdzimy, że obie one składają się z tych samych części, a mianowicie flegmy, spirytusu, jeśli wolno mi tak to nazwać, lotnej soli, oleju, nietlotnej soli oraz ziemi... ale w różnych proporcjach...”

Zasługa Boyle’a polegała na postawieniu większej liczby pytań i wprowadzeniu nowych rodzajów prób pomocnych do scharakteryzowania poszczególnych komponentów. Styl pracy podobny jest do *Mineral Waters*, i tu również niektóre kolejne pozycje schematu badawczego zostały uzupełnione spisem wyników eksperymentów i obserwacji. Schemat badania krwi obejmuje kolor, smak, zapach, temperaturę, ciężar właściwy, różne czynniki wzmagające lub osłabiające jej krzepliwość oraz badania produktów suchej destylacji. Boyle nie mógł się zdecydować, czy lotne alkalia, spirytusy moczu i mieszanina kwaśnego węgla amonowego z karbaminianem są tym samym, co spirytus krwi — a to ze względu na problem czystości¹⁶³. Całkowicie zdecydowany był natomiast w sprawie „nietlotnej soli” i drogą licznych prób wykazywał obecność w niej chlor-

¹⁵⁶ L. Thorndike: *A History of Magic and Experimental Science*. T. 8, wyd. cyt.

¹⁵⁷ J. F. Fulton: *A Bibliography of The Honourable Robert Boyle Fellow of the Royal Society*, wyd. cyt.

¹⁵⁸ S. Winston: *The Skeptical Chemist*. „Clinical Chemistry” 1969, v. 15, s. 739.

¹⁵⁹ J. G. Lines: *A Chronicle of the Development of Clinical Chemistry*. „IFCC Newsletter” 1977, October, s. 3.

¹⁶⁰ A. R. Hall: *Medicine and the Royal Society*. W: A. G. Debus (red.): *Medicine in Seventeenth Century England*. University of California Press, Berkeley 1974.

¹⁶¹ R. Mani: *The Historical Background of Clinical Chemistry*. „Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry” 1981, V. 19, s. 311.

¹⁶² W. Needham, W. T. Birch: *The History of the Royal Society of London, as a supplement to The Philosophical Transactions*. T. 3, A. Millar, London 1756.

¹⁶³ *Works*, t. 4 s. 623.

ku sodu¹⁶⁴. Produkt miał smak soli morskiej i nie był kwasem, ponieważ nie zmieniał fioletowej barwy wskaźnika na zieloną, po dodaniu oleju wiotriolowego (stężony kwas siarkowy) reagował jak zwykła sól „ulegając zżeraniu z wielką intensywnością i z wydzielaniem piany oraz dymu”, tworzył biały osad z roztworem srebra w aqua-fortis. Jednakże najbardziej elegancki dowód uzyskał on wówczas, gdy udało mu się rozpuścić nieco złota w aqua-fortis (kwas azotowy): ów kwas nie rozpuszcza złota, ale gdy Boyle dodał „naszej sproszkowanej soli do roztworu, który w ten sposób przekształcił się w rodzaj aqua regia w mgnieniu oka, bez pomocy ogrzewania, całkowicie je rozpuścił”.

Pozostałość po suchej destylacji, *caput mortuum* czyli *terra damnata*, „nie była czystą elementarną ziemią, ponieważ miała jaskrawy czerwony kolor, bardzo podobny do tego, jaki ma tzw. calcothar wiotriolu (czerwony tlenek żelaza)”¹⁶⁵. Gdyby wykonał on wówczas odpowiednią próbę, mógłby być pierwszym, który wykrył żelazo we krwi.

Asystentem Boyle'a w badaniach krwi oraz soli powietrza był John Locke, którego dziennik ocalał¹⁶⁶. *Humane Blood* wydrukowana została z dedykacją dla „bardzo Pomysłowego i Uczonego Doktora J[ohna] L[ocke'a]”.

Boyle uważał, że należałoby objąć badaniami również inne płyny ciała ludzkiego, jak żółć, ślinę, mleko itd., chociaż sam — oprócz opisanych wyżej analiz krwi — podał szczegółowe wskazówki dotyczące jedynie badania moczu. Był on przekonany, że „zręcznie postępując” z tym płynem można wiele się dowiedzieć, skoro z moczu uzyskuje się fosfor¹⁶⁷. Schemat badania moczu wydzielanego przez zdrowego człowieka obejmował 31 punktów¹⁶⁸ i w znacznym stopniu zbliżony był do procedury badania krwi; schemat ten stanowił znaczne osiągnięcie w porównaniu z chemiczną analizą moczu przeprowadzoną przez Paracelsusa¹⁶⁹. Ta ostatnia była niczym innym, jak destylacją prowadzoną w wyskalowanym cylindrze, zbliżonym pod względem kształtu do ciała ludzkiego. Staranne zbadanie poszczególnych frakcji oraz pozostałości po destylacji miało dopomóc w wykryciu rodzaju choroby oraz jej zlokalizowania w ciele. Uroskopia¹⁷⁰ atakowana była już wcześniej, Boyle wszakże po-

¹⁶⁴ *Works*, t. 4 s. 609.

¹⁶⁵ Tamże.

¹⁶⁶ K. Dewhurst: *Locke's Contribution To Boyle's Researches on The Air and on Human Blood*. „Notes and Records of Royal Society” 1962, v. 17 s. 198.

¹⁶⁷ R. Boyle: *Hydrostatical Paradoxes...*, wyd. cyt.

¹⁶⁸ *Works*, t. 4 s. 601.

¹⁶⁹ A. G. Debus: *The English Paracelsians*. Oldbourne, London 1963; A. G. Debus: *The Chemical Philosophy: Paracelsian Science and Medicine in the Sixteenth and Seventeenth Centures*. T. 1—2, Science History Pub., New York 1977.

¹⁷⁰ T. Brian: *The PISSE-PROPHET or CERTAINE PISSEPOT LECTURES...* E. P. for R. Thrale, London 1637.

kazał, czego można się nauczyć, jeśli przeprowadzi się analizę moczu wykraczającą poza pospolitą destylację.

W konkluzji stwierdzić należy, że Boyle, chociaż nie mógł jeszcze zająć się badaniem organicznych subtelnosci krwi i moczu, dokonał znacznego postępu w ich analizie nieorganicznej.

5. WNIOSKI

Szczegółowe studia nad pracami Boyle'a wykazały, że temat analizy chemicznej przenika całość jego dzieł, stanowiąc przy tym klucz do ich zrozumienia. Termin „analiza chemiczna” niemal z pewnością wywodzi się od Boyle'a. Przegląd jego prac poświęconych temu zagadnieniu oraz prac jego poprzedników i współczesnych mu badaczy pozwala stwierdzić, że był on czołowym reprezentantem tej dziedziny badań w owym okresie. Główne obszary jego badań w zakresie analizy obejmowały chemię roztworów, pomiary ciężaru właściwego i ich zastosowania oraz chemię kliniczną. Do charakterystycznych cech jego pracy naukowej należało drobiazgowość i krytyczne podejście do przedmiotu badań oraz wyrażane częstokroć upodobanie do badań eksperymentalnych. Jego dzieło z pewnością uznać można za „jeden z Kamieni Węgielnych Chemii Analitycznej na Wyspach Brytyjskich”¹⁷¹.

Listę publikacji naukowych Boyle'a otwierają i zamykają studia nad powietrzem: jego ostatnie dzieło, opublikowane pośmiertnie, stanowi *The General History of Air*¹⁷². Boyle nie przeprowadził wprawdzie analizy powietrza, ani też nie zdołał w pełni zrozumieć jego funkcji w spalaniu, stwierdził jednak obecność w powietrzu cząsteczek wody¹⁷³, soli¹⁷⁴ oraz siarki¹⁷⁵ — zasłużył sobie zatem na miano „pierwszego chemika środowiska”. Wcześniej jeszcze Boyle zbliżył się znacznie do zrozumienia teorii utleniania¹⁷⁶ i dziwnym zbiegiem okoliczności pisał na ten temat w tym samym roku 1674, w którym Mayow opublikował *Tractatus Quinque*¹⁷⁷.

¹⁷¹ D. Thorburn Burns: *Robert Boyle (1627—1691): A Foundation Stone of Analytical Chemistry in the British Isles. Part I. Life and Thought*. „Analytical Proceedings” 1982, v. 19, s. 224; D. Thorburn Burns: *Robert Boyle (1627—1691): A Foundation Stone of Analytical Chemistry in the British Isles. Part II. Literary Style, Specific Contributions to the Principles and Practice of Analytical Chemical Science*. „Analytical Proceedings” 1982, v. 19, s. 288.

¹⁷² R. Boyle: *THE General History OF THE AIR...* Awnsham and J. Churchill, London 1692; *Works*, t. 5 s. 609—743.

¹⁷³ *Works*, t. 5 s. 622.

¹⁷⁴ *Works*, t. 5 s. 626.

¹⁷⁵ *Works*, t. 5 s. 635.

¹⁷⁶ R. Boyle: *Tracts: Containing 1. Suspicions about some Hidden Qualities of the Air etc...* Printed W. G. sold by K. Pitt, London 1674; *Works*, t. 4 s. 85—144.

¹⁷⁷ J. Mayo: *Tractatus Quinque Medico-Physici quorum primus agit De Sal Nitro, et Spiritu Nitro-Aereo. Secundus De Respiratione...* Sheldoniano, Oxford 1674.

W *Hidden Qualities of the Air* pisał: „podejrzywałem często, że w powietrzu może znajdować się jeszcze więcej jakości albo sił, odmiennych całkiem od takich, jak ciepło, zimno, suchość, sprężystość lub siła refrakcji i w zasadniczy sposób uzależnionych od substancjalnych części lub składników, z których jest ono zbudowane”¹⁷⁸. Później powie on nam, że powietrze składa się z wielu różnych cząstek, które mogą w pewnych przypadkach przechodzić w ciała stałe, „co możemy zilustrować powstawaniem rdzy lub grynspanu tworzącego się na miedzi wystawionej na długotrwałe działanie powietrza, którego solne cząstki, powoli lecz systematycznie, osadzają się na niej z biegiem czasu...”¹⁷⁹.

Zaslugi jego znalazły już częściowo uznanie — ilustruje je choćby nadany mu już w XVIII w. tytuł „Ojca Nowoczesnej Chemii”; wypada wszakże stwierdzić, że tytuł ów jest nadal jak najbardziej aktualny, zwłaszcza, iż Boyle pracował w tych dziedzinach, które i dziś mają największe znaczenie i szeroki zakres zastosowań. Dotyczy to przede wszystkim chemii analitycznej.

Recenzent: Stefan Zamecki

Z języka angielskiego przełożył: Włodzimierz Ługowski

Weryfikacja: Christopher Kasperek

X Autor pragnie wyrazić szczerze podziękowanie swej żonie za wielotygodniową pomoc w kwerendach bibliotecznych, w zbiorach Science Library oraz w Oddziale Zbiorów Specjalnych Biblioteki Głównej Queen's Library w Belfaście za sporządzenie kopii wielu rzadkich wydań niezbędnych do tego studium, W. J. Swindallowi i W. A. Gabbeyowi za liczne cenne dyskusje, A. B. Scottowi za pomoc w czytaniu tekstów łacińskich oraz R. Doggartowi (Ulster Hospital) za dane dotyczące dziejów analizy klinicznej. Dziękuje on również Royal Society of Chemistry za udzielenie zgody na wykorzystanie materiałów przygotowanych jako podstawa uzasadnienia Medalu Roberta Boyle'a, ustanowionego przez Towarzystwo; materiały te były publikowane w „Analytical Proceedings” (D. Thorburn Burns: *Robert Boyle...*, Part I—II, wyd. cyt.).

ANEKS 1

SKRÓCONE TYTUŁY ORAZ DATY PIERWSZYCH WYDAŃ KSIĄŻEK ROBERTA BOYLE'A

1. *Some Motives and Incentives to the love of God*, znana jako *Seraphic Love*, 1659
2. *Spring and Weight of the Air*, 1660.
3. *Certain Physiological Essays*, 1661.
4. *The Sceptical Chymist*, 1661.
5. *Style of the Scriptures*, 1661.

¹⁷⁸ *Works*, t. 4 s. 85.

¹⁷⁹ *Works*, t. 4 s. 86.

6. (i) Usefulness of Experimentall Naturall Philosophy (tom 1), 1663.
- (ii) Usefulness of Experimentall Naturall Philosophy (tom 2), 1671.
7. Experimental History of Colours, 1663.
8. Occasional Reflections, 1665.
9. Experimental History of Gold, 1665.
10. Hydrostaticall Paradoxes, 1666.
11. Origine of Formes and Qualities, 1666.
12. Cosmicall Qualities etc., 1671.
13. Rarefaction of the Air etc., 1671.
14. Origine and Virtues of Gems, 1672.
15. Relation betwixt Flame and Air etc., 1672.
16. Essays of Effluviiums etc., 1673.
17. Saltness of the Sea, 1674.
18. Excellency of Theology, 1674.
19. Hidden Qualities of the Air, 1674.
20. Possibility of the Resurrection, 1675.
21. Mechanical Qualities, 1675.
22. Degradation of Gold, 1678.
23. Aerial and Icy Noctiluca, 1680/81.
24. Things above Reason, 1681.
25. Humane Blood, 1683/84.
26. Porosity of Bodies, 1684.
27. High Veneration to God, 1685.
28. Mineral Waters, 1684/85.
29. Languid and Unheeded Motion, 1685.
30. Specific Medicines, 1685.
31. Vulgarly reciev'd Notion of Nature, 1686.
32. Martyrdom of Theodora, 1687.
33. Protestant and Papist, 1687.
34. Medicinal Experiments, 1688.
35. Final Causes and Vitiated Sight, 1688.
36. Loss of his Writings, 1688.
37. Medicina Hydrostatiea, 1690.
38. The Christian Virtuoso, 1690.
39. Experimenta et Observationes Physicae, 1691.
40. History of the Air, 1692.
41. Natural History of a Country, 1692.
42. Free Discourse against Swearing, 1695.

ANEKS 2

STADIA FIZYCZNO-CHEMICZNEGO BADANIA WODY MINERALNEJ
—SCHEMAT BOYLE'A

1. Temperatura.
2. Ciężar.
3. Przezroczystość lub mętność.
4. Wytrącanie się osadu po odstawieniu, przy dostępie powietrza oraz przy szczelnym zamknięciu.
5. Obserwacja pod mikroskopem.
6. Barwa.
7. Woń.

3. Smak.
9. Zmiana przezroczystości, barwy, woni i smaku w czasie przechowywania, w naczyniu otwartym i zamkniętym, ogrzewanym i oziębionym.
10. Lepkość.
11. Ciepło właściwe.
12. Prędkość psucia się.
13. Zmiany barwy po dodaniu ekstraktów zawierających taninę.
14. Wytrącanie się osadu pod wpływem soli, kwasów, amoniaku, zasad.
15. Ilość soli w pozostałości po odparowaniu.
16. Kwasowość.
17. Obserwacja destylatu.
18. Pozostałość po całkowitym odparowaniu lub destylacji do sucha.
19. Rozkład pozostałości po częściowym odparowaniu.
20. Skutki doprowadzenia do wrzenia przy hermetycznym zamknięciu.
21. Ilość suchej pozostałości.
22. Podział suchej pozostałości na część rozpuszczalną i nierozpuszczalną.
23. Względna ilość pozostałości rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej.
24. Skutek ogrzewania solnej części pozostałości.
25. Formy kryształów solnej części pozostałości.
26. Solna część pozostałości, kwaśna, zasadowa czy obojętna.
27. Badanie nierozpuszczalnej części pozostałości, skutki ogrzewania, potraktowania kwasem, amoniakiem itd.
28. Ubytek i zmiana barwy po zapaleniu nierozpuszczalnej części pozostałości.
29. Zastosowania, jak na to wskazują składniki.
30. Imitowanie wody mineralnej w celu ułatwienia identyfikacji natury i ilości składników wody naturalnej.

Д. Бернс

РОБЕРТ БОЙЛЬ (1627—1691): ЕГО ТРУД С ОСОБЫМ УЧЕТОМ ВКЛАДА В ТЕОРИЮ И ПРАКТИКУ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Журналы Роберта Бойля, как каждый отдельно, так и все в целом, весьма важны потому что дают основное, главное понятие о науке, философии и религиозной мысли второй половины семнадцатого века. Подробно обсуждены взгляды Бойля на алхимию и его трактат „The Sceptical Chymist”, приведен обзор достижений Бойля в области химического анализа, проиллюстрированы обстоятельства введения им самим термина „химический анализ”. Проблема химического анализа появляется в большинстве трудов Бойля и его систематических научных работах в области химии, являясь при этом ключом к их пониманию. Главным предметом заинтересованности Бойля в его научных работах в области химии — кроме происхождения химических элементов и применения термического анализа была химия растворов, измерения удельного веса и клиническая химия.

Представлены доказательства происхождения известного определения „сын графа Корк и отец современной химии”. В рамках настоящих обсуждений особо выделены химические аспекты творчества Бойля, но почти полностью не будут упоминаться медицинские и физические аспекты, такие как изучение дыхания, давления воздуха, вакуума и измерения низких температур.

*D. Thorburn Burns***ROBERT BOYLE (1627—1691): A SURVEY OF HIS WORK, WITH PARTICULAR
REFERENCE TO HIS SCIENTIFIC CONTRIBUTION TO THE PRINCIPLES
AND PRACTISE OF CHEMICAL ANALYSIS**

The writings of Robert Boyle are important as individual items and as a whole since they provide a cross section of science, philosophy and religious thought in the second half of the seventeenth century. Boyle's attitude to alchemy and "The Sceptical Chymist" are discussed in detail, followed by a survey of his contributions to, and evidence for his origination of the term "chemical analysis". The theme, chemical analysis, permeates most of Boyle's works and is a key thread to their comprehension. Boyle's main chemical themes and systematic studies, apart from the nature of elements and the validity of fire analysis were solution chemistry, measurement and application of specific gravity measurements and clinical chemistry. Throughout the present account the chemical aspects of Boyle's work are stressed, medical and physical aspects, such as the study of respiration, air pressure, vacuum, cold (thermometry) are, by and large, purposely excluded.