

MIECZYŚLAW LUBAŃSKI
Warszawa

NAUKA WIDZIANA OD WEWNĄTRZ

Truizmy bywają niekiedy dobrym początkiem rozważań. Oto dwa spośród nich o charakterze semiotycznym, związane z nauką: (a) Nazwa *nauka* jest wieloznaczna, (b) W każdym ze swych znaczeń charakteryzuje się ona nieostrością. Taki stan rzeczy pociąga za sobą fakt polegający na tym, że nazwa *nauka* w różnych swoich znaczeniach jest niewyraźna i chwiejna. W takiej sytuacji można głosić o nauce, a więc o jej istocie, własnościach, strukturze itp., prawie dowolną tezę, przy czym uzasadnienie każdej z nich zdaje się jednakowo „mocne”.

Niezależnie od powyższego stwierdzenia typu semiotycznego jest rzeczą niedyskusyjną wyraźnie widoczna różnica zewnętrzna zachodząca między nauką dawniejszą, nawet tą sprzed stu laty, a nauką dzisiejszą. Wystarczy w tym celu przejrzeć choćby podręczniki z dowolnej gałęzi wiedzy z ubiegłego stulecia oraz podręczniki współczesne, aby bez trudu zauważyć między nimi znaczną różnicę. Współczesne sformułowania zagadnień i odpowiedzi na nie są bardziej precyzyjne i bardziej ścisłe niż dawniejsze, nowa aparatura pojęciowa szerzej i głębiej pozwala ujmować problemy danej dziedziny wiedzy. Inaczej więc, wyrażając się zwięźle, wygląda nauka dawniejsza, inaczej nauka dzisiejsza.

Jeżeli więc już pobieżny rzut oka pozwala dojrzeć różnice, i to znaczne, zachodzące między nauką obecną a dawną, świadczy to bez wątpienia o rozwoju nauki. Nasuwa się pytanie o jego przebieg. Jak on następował, czy był równomierny, czy też nieciągły, skokowy? Szczególnie, w jaki sposób powstawały nowe pojęcia, nowe teorie, jaka była ich geneza, jakie ich

odniesienie do rzeczywistości empirycznej, jakie czynniki odgrywały rolę istotną? Z dziejów nauki chcemy uzyskać informacje w interesującym nas zakresie. Toteż przyjrzyjmy się kilku typowym sytuacjom rozwojowym nauki, aby na tej podstawie móc proponować fragmentaryczne podsumowania, które – co zdaje się, już teraz nie powinno budzić wątpliwości – nie mogą rościć sobie pretensji, aby być podsumowaniem pełnym, ogólnie obowiązującym. Nauka współczesna jest bardzo złożonym, wielowarstwowym, nieustannie się rozwijającym tworem, toteż jakakolwiek próba sformułowania jej pełnej charakterystyki nie wydaje się możliwa.

1. Zwróćmy najpierw naszą uwagę na arytmetykę. Interesować nas będzie mianowicie pojęcie liczby i jego ewolucja¹.

Otóż nazwa *liczba* nie ma w matematyce ustalonego znaczenia. Zakres tej nazwy rozszerzał się w toku rozwoju historycznego. Jej treść ulegała przemianom. Można je określić jako uogólnianie, ale dość specyficznego charakteru. Nie zawsze posługiwano się terminem *liczba*. Nowe twory liczbowe dawały początek samodzielnym teoriom, które nie mieściły się w arytmetyce, a wchodziły na teren algebry. Obserwujemy to po dzień dzisiejszy. Mamy tu na myśli pojęcie ciała, pierścienia, algebry, zwłaszcza algebry Clifforda.

Skonkretyzujmy te ogólne uwagi. Przyjmuje się, że już na bardzo niskim stopniu kultury nasi przodkowie posługiwali się małymi liczbami naturalnymi. Zostały one niejako wymuszone potrzebami życia codziennego, mianowicie liczeniem posiadanych przedmiotów. Z biegiem czasu okazywały się niezbędne liczby większe, co jest zrozumiałe. Konieczność dokonywania różnego rodzaju pomiarów spowodowała utworzenie ułamków lub – ogólniej – liczb wymiernych. Teorię tych liczb znajdujemy już w papirusach egipskich sprzed pięciu tysięcy lat. W starożytnej Babilonii zaczęto posługiwać się symbolem zera. Dwa i pół tysiąca lat temu Grecy wprowadzili liczby niewymierne. Było to związane z obliczaniem długości przekątnej kwadratu o boku równym jedności. Pierwiastek kwadratowy z liczby 2 stał się klasycznym przykładem liczby niewymiernej. Historia poucza, że teoria liczb niewymiernych zbudowana przez starożytnych Greków zostaje zapomniana przez wiele lat.

¹ Materiał do tych rozważań czerpiemy z publikacji: *Historia matematyki od czasów najdawniejszych do początku XIX stulecia*, pod red. A. P. Juszkiewicza, t. 1-3, Warszawa 1975-1977; A. P. Juszkiewicz, *Historia matematyki w wiekach średnich*, b.m.w. 1969; A. Mostowski, M. Stark, *Elementy algebry wyższej*, Warszawa 1968; A. Białynicki-Birula, *Algebra*, Warszawa 1976; J. Komoroski, *Od liczb zespolonych do tensorów, spinorów, algebr Liego i kwadryk*, Warszawa 1978.

Jej odnowienie przypada na czasy nowożytne. Liczbę zero wprowadzają Hindusi. Pierwsze wiarygodne świadectwo o zapisie zera pochodzi z r. 876. Liczby ujemne wprowadzają Chińczycy. Zanotujmy, że Grecy nie znali ani liczby zero, ani liczb ujemnych. W Europie zaczęto posługiwać się liczbą zero dopiero po średniowieczu. Powszechniejsza stała się znajomość zera i liczb ujemnych dopiero w czasach Renesansu. Ale jeszcze w XVII w. liczby ujemne sprawiały wiele trudności pojęciowych. Wątpliwości budził fakt równości $1 : -1 = -1 : 1$, gdzie po lewej stronie liczba większa jest dzielona przez liczbę mniejszą, zaś po prawej stronie – liczba mniejsza przez większą, a zatem liczba większa byłaby równa liczbie mniejszej. Wypada zasygnalizować oddziaływanie myśli matematycznej krajów hellenistycznych, Chin, Indii i krajów islamu na matematykę średniowiecza europejskiego. Przepływ informacji, z różnym stopniem nasilenia, trwał prawie nieustannie.

G. Cardano (1501-1576) wprowadza formalnie „liczby urojone”. Poprzednio znane liczby nazwano liczbami rzeczywistymi. Pierwiastek kwadratowy z minus jedności pojawiał się przy rozwiązywaniu równań. Jedni matematycy zdecydowanie odrzucali istnienie liczb urojonych, drudzy – posługiwali się nimi zgodnie z formalizmem algebraicznym, nie troszcząc się o ich uzasadnienie. Wprowadzono oznaczenie $i = \sqrt{-1}$. Utworzono „liczby” postaci $a+bi$. Posługiwano się nimi podobnie, jak to miało miejsce dla dwumianów, pamiętając, iż $i^2 = -1$. Liczby te, nazywane dziś liczbami zespolonymi, nie miały uzasadnienia logicznego, ich utworzenie nie było kierowane intuicją opartą na zjawiskach przyrodniczych. Rachowano nimi, nie mając ścisłego uzasadnienia praw nimi rządzących. Dopiero w XIX w. znaleziono dla nich dwie interpretacje: liczby zespolone są to punkty płaszczyzny euklidesowej (K. F. Gauss), bądź są to układy uporządkowane złożone z dwu liczb rzeczywistych (W. R. Hamilton). Obie te interpretacje, jak wiadomo, są równoważne. Rozwiały one wszelkie zastrzeżenia w odniesieniu do liczb zespolonych, które okazały się jednym z ważnych narzędzi matematycznych przy badaniu zjawisk fizycznych.

Wiek XIX przynosi uogólnienia liczb zespolonych w postaci systemów liczbowych z wieloma jednostkami. Najprostszym tego rodzaju systemem są kwaterniony Hamiltona. Zanotujmy, że mnożenie kwaternionów nie jest przemienne w odróżnieniu od mnożenia liczb rzeczywistych i liczb zespolonych, które jest przemienne.

A zatem, na ile pozwala nam to ustalić znajomość historii, istotna kolejność powstawania różnych rodzajów liczb przedstawiałaby się następująco: liczby naturalne, liczby wymierne, liczby niewymierne, liczba zero, liczby ujemne, liczby urojone, liczby zespolone. Nie znaczy to, że podana

kolejność odnosi się do każdego obszaru geograficznego. Bywało pod tym względem, jak widzieliśmy, różnie. Nie znaczy też, że nie było czasowego zachodzenia na siebie w przyswajaniu na przykład liczb ujemnych oraz liczb urojonych. Już zaczęły funkcjonować liczby urojone, a istniały jeszcze trudności w odniesieniu do zrozumienia „natury” liczb ujemnych. Myśl matematyczna szła tutaj dość krętą drogą.

Zwykle uważa się liczby całkowite (a więc liczby dodatnie, liczbę zero i liczby ujemne) za uogólnienie liczb naturalnych, podobnie liczby zespolone – za uogólnienie liczb rzeczywistych. Ten sposób mówienia – praktycznie biorąc – nie prowadzi do nieporozumień. Jednakże z czysto logicznego punktu widzenia liczba całkowita $+n$ jest innego rodzaju tworem w porównaniu z liczbą naturalną n . Podobna sytuacja ma miejsce w odniesieniu do liczby zespolonej postaci $(a, 0)$ oraz liczby rzeczywistej a . Ściśle biorąc, zbiór liczb całkowitych dodatnich jest izomorficzny ze zbiorem liczb naturalnych. I analogicznie zbiór liczb zespolonych postaci $(a, 0)$ jest izomorficzny ze zbiorem liczb rzeczywistych a . Ukazuje to charakterystyczną cechę operacji uogólnienia w odniesieniu do pojęcia liczby.

Jaka więc była geneza liczb? Odpowiedź zdaje się być następująca. Były nią potrzeby życia codziennego (liczenie, mierzenie), a także wewnętrzne potrzeby samej matematyki (rozwiązywanie wszelkich rodzajów równań, zwłaszcza pierwszego i drugiego stopnia). Tworzenie nowych rodzajów liczb związane było w przechodzeniu na wyższy poziom abstrakcji. Uświadamianie tego stanu rzeczy następowało powoli. Praktyczne posługiwanie się nowymi rodzajami liczbami poprzedzało ich ścisłe, teoretyczne ujęcie.

Nowa myśl budziła z reguły zastrzeżenia, wątpliwości. Zwyciężała jednak, jeżeli potrafiła wykazać swą naukową użyteczność. Przypomnijmy, że liczby n -jednostkowe, aczkolwiek są dalszym uogólnieniem liczb zespolonych, nie odgrywają tak znacznej roli, jak te ostatnie. Nie są one przedmiotem kontrowersji. Ich własności są znane. Liczby te nie znajdują, przynajmniej dotychczas, ważniejszych zastosowań w nauce.

2. Odnieśmy się teraz do fizyki. Interesować nas będzie problematyka magnetyzmu².

² Por. następujące prace: A. C. C r o m b i e, *Nauka średniowieczna i początki nauki nowożytnej*, t. 1-2, Warszawa 1960; S. S z c z e n i o w s k i, *Fizyka doświadczalna*, cz. III: *Elektryczność i magnetyzm*, Warszawa 1966; A. H. P i e k a r a, *Elektryczność i magnetyzm*, Warszawa 1970; E. M. P u r c e l l, *Elektryczność i magnetyzm*, Warszawa 1971; D. S. P a r a s n i s, *Magnetyzm. Od magnezu naturalnego do wędrówek biegunów*, Warszawa 1970; M. v o n L a u e, *Historia fizyki*, b.m.w. 1960.

Zauważmy najpierw, że podzielana powszechnie opinia głosi, iż uczoney bada zjawiska zachodzące w świecie, z reguły w niewielkim jego otoczeniu. Następnie rozwija (lub tworzy) metody dla ich intelektualnego opracowania. One z kolei generują określoną dziedzinę nauki. Nie należy, oczywiście, powyższego ciągu działań rozumieć jako narzucającego się uczonemu postępowania. Uczony jest przecież człowiekiem, toteż jego uwarunkowania somatyczno-psychiczne, społeczne, kulturowe, a także ekonomiczne wpływają nań i w pewnym znaczeniu ukierunkowują jego działalność naukową. Ale historia poucza, że bywają odkrycia zupełnie przypadkowe, odkrycia nieoczekiwane, nie przewidziane przez żadną teorię czy hipotezę, jak również pojawiają się nowe, śmiałe oryginalne idee naukowe, które spajają fragmenty wiedzy w zwarte całości. Rozwój nauki zdaje się więc dokonywać, mówiąc modnym dziś językiem, w sposób niezaprogramowany.

Gdy idzie o zjawisko magnetyzmu, to początek wiedzy o nim należy odnieść do starożytności. Już wówczas znano magnesy naturalne, zawierające magnetyt lub piryt magnetyczny, które przyciągały kawałki żelaza. Nie wiemy, kto, gdzie, kiedy i w jaki sposób dokonał tego odkrycia. Przyjmuje się, że pierwszeństwo przysługuje tu Chińczykom. Korzystali oni z własności magnezu już od 2537 r. przed Chrystusem. Grecy nie wiedzieli, że swobodnie zawieszony magnes jednym ze swych końców wskazuje kierunek północny, a także iż dwa magnesy mogą się przyciągać i odpychać. Nie wiemy także, kto dokonał tych konstatacji. Wynalazek kompasu zawdzięczamy najprawdopodobniej muzułmanom. Najnowocześniejszą wzmiankę o tym urządzeniu w łacińskiej literaturze średniowiecznej znajdujemy w pracy A. Nequama *De naturis rerum* (około r. 1200). Najwcześniejszą pracą o magnezie i jednocześnie najwcześniejszą znaną nam pracą europejską dotyczącą wiedzy eksperymentalnej jest Piotra Peregrinusa *Epistola de magnete* z roku 1269. Wspomina w niej o magnezie kulistym (*magnes rotundus*). Przyjmuje się, że ta praca (wydrukowana w r. 1558) zainspirowała Wilhelma Gilberta, który w *De magnete* (r. 1600) wysunął koncepcję, że cała Ziemia jest wielkim magnesem. Konsekwentnie przyczyniła się ona do powstania idei pola magnetycznego na powierzchni Ziemi. Jan z St. Amand, współczesny Gilbertowi, w swej pracy *Antidotarium Nicolai* zbliżył się do dzisiejszego pojmowania magnetyzmu. Zanotujmy, że w czasach Gilberta nauka o magnetyzmie ograniczała się właściwie do wiedzy o magnesach, igłach kompasu i do opisu pola magnetycznego Ziemi.

W ciągu następnych dwu stuleci nie zmieniło się nic w tej dziedzinie. Dopiero wiek XIX przynosi dalszy rozwój wiedzy związanej z magnetyzmem. H. C. Oersted odkrywa wpływ prądu elektrycznego na zachowanie się igły

magnetycznej. M. Faraday prowadzi systematyczne badania własności magnetycznych materii, odkrywa związki zachodzące między magnetyzmem i elektrycznością, podaje pełny opis zjawisk magnetycznych wywołanych prądami elektrycznymi. Ukoronowaniem tych badań było odkrycie zjawiska indukcji elektromagnetycznej. Wcześniej, jak wiadomo, magnetyzm i elektryczność traktowano jako dwie różne, nie powiązane ze sobą, dziedziny. Wypada zasignalizować tzw. nadzwyczajne doświadczenie F. Arago, o którym wspomina Faraday. Uwieńczeniem prac w zakresie związków zachodzących między magnetyzmem i elektrycznością są słynne dwa prawa J. C. Maxwella. Głoszą one, że: Zmiana pola elektrycznego (magnetycznego) wywołuje powstanie pola magnetycznego (elektrycznego). Ich konsekwencją jest teoria fal elektromagnetycznych. Istnienie tych fal zostało wykazane przez H. R. Hertza w r. 1888, a więc około 20 lat po ich teoretycznym opracowaniu. Rozwój idei fal elektromagnetycznych objął swym zasięgiem wiele nowych zjawisk (np. nadprzewodnictwo) i znajduje liczne zastosowania w wielu gałęziach nauki i techniki.

Wróćmy do magnetyzmu w sensie ścisłym. W r. 1880 zostaje wykryte zjawisko histerezy (termin zaproponował J. A. Ewig), polegające na tym, że namagnesowanie podlega innemu prawu, gdy pole wzrasta od zera, innemu – gdy pole maleje. Zatem przemagnesowanie wymaga pewnego nakładu pracy. Na przełomie XIX i XX w. odkryto zjawiska dia- i paramagnetyzmu, a także zjawiska ferro-, antyferro- i ferrimagnetyczne oraz tzw. rezonanse magnetyczne (rezonans para- i ferromagnetyczny). Przyjmuje się, że magnetyzm należy zaliczać do prawłasności cząstek elementarnych.

Gdy idzie o magnetyzm ziemski, to badania wyróżniły pojęcie biegunów magnetycznych oraz geomagnetycznych Ziemi. Wyjaśniono naturę burz magnetycznych będących silnymi zakłóceniami ziemskiego pola magnetycznego, zaobserwowano 27-dniowy ich cykl, wskazano na związane z nimi zjawiska zwane zorzami polarnymi. Analiza fal sejsmicznych pozwala przyjąć, że tzw. wewnętrzne jądro Ziemi może być utworzone z żelaza w stanie stałym, natomiast pozostała część jądra jest stopionym żelazem. Teoria głosi, że jądro Ziemi działa jak prądnica, która wytwarza prądy elektryczne niezbędne do podtrzymywania pola geomagnetycznego.

Ostatnio rozpoczęto badania paleomagnetyczne. Zaobserwowano bowiem ślady pola geomagnetycznego w postaci szczątkowego namagnesowania skał skorupy ziemskiej. Stwierdzono, że kierunki namagnesowania odbiegają od obecnego kierunku pola geomagnetycznego. Toteż mówi się o biegunach paleomagnetycznych.

Ten skrótowy przegląd osiągnięć z dziedziny zjawisk magnetycznych wskazuje na wzajemne powiązania zachodzące między rozbudowywaną teorią magnetyzmu i teorią elektryczności, poucza także o empirycznej genezie teorii magnetyzmu, o poszerzaniu jej zakresu i poszukiwaniu odniesień do teorii cząstek elementarnych. Świadczy to o złożonej strukturze teorii magnetyzmu, o wkomponowaniu jej w inne działy fizyki. Jak widzieliśmy, miały miejsce przerwy w rozwoju teorii. Ale można również mówić o przyspieszeniu w jej rozwoju. Miało ono miejsce w obecnym stuleciu. Nie wydaje się, by teraz ono malało, a także by problematyka magnetyzmu została już wyczerpana.

3. Zwróćmy się obecnie ku biologii. Przyjrzyjmy się, jak doszło do rozpoznania struktury kwasu dezoksyrybonukleinowego³. Naszkicujemy, za jednym z autorów odkrycia, istotne etapy procesu badawczego, który doprowadził do rozszyfrowania budowy DNA.

Przypomnijmy najpierw, że kwasy nukleinowe DNA i RNA wchodziły w skład każdej komórki żywej. Są one zbudowane z 4 monomerów. W DNA [RNA] monomerami są nukleotydy dezoksyrybozowe [rybozowe]: adeninowy (A), tymidynowy (T) [urydynowy (U)], guanidynowy (G) i cytydynowy (C). E. Chargaff wykazał, że w DNA adenina i tymina oraz guanina i cytozyna występują w równych ilościach. Ten fakt sugerował, że w DNA istnieje pewna prawidłowość. Po dwu latach poszukiwań jej wyjaśnienie uzyskali w r. 1953 F. Crick, J. Watson i M. Wilkins. Oprócz nich należy jeszcze wymienić R. Franklin i L. Paulinga. Cała piątka wspomnianych osób brała udział w tej akcji.

Linus Pauling – to światowej sławy chemik, Jim Watson – młody biolog amerykański po doktoracie (zajmował się fagami). Maurice Wilkins, fizyk, pracował w laboratorium prof. I. T. Randalla w Londynie. Jemu były wówczas przekazane badania molekularne nad DNA w Anglii. Jako narzędzie badawcze stosował promienie rentgenowskie. Rosalind Franklin, asystentka Wilkinsa, była doświadczonym krystalografem. Domagała się, aby całkowicie przekazano jej badania nad DNA. Francis Crick, fizyk, pracował w laboratorium Maxa Perutza w Cambridge (szefował tu słynny Sir Lawrence Bragg). Zainteresował się biologią zainspirowany lekturą książki E. Schrödingera pt. *What is life?*. W zasadzie pracował nad doktoratem.

³ Korzystamy z następujących pozycji: J. D. W a t s o n, *Podwójna spirala. Relacja naoczna o wykryciu struktury DNA*, Warszawa 1975; W. J. H. K u n i c k i - G o l d f i n g e r, *Podstawy biologii. Od bakterii do człowieka*, Warszawa 1978; J. A. V. B u t l e r, *Życie komórki*, Warszawa 1967; L. P a u l i n g, P. P a u l i n g, *Chemia*, Warszawa 1983; E. M a l i n o w s k i, *Genetyka*, Warszawa 1958.

Historię odkrycia budowy DNA można rozpocząć od niewielkiego zjazdu naukowego w Neapolu wiosną 1951 r. Watson, przebywający na stypendium naukowym w Kopenhadze, przyjechał na zjazd. Wiedział, iż podejrzewano, że DNA jest zasadniczym materiałem genetycznym. Ale był świadom faktu, że aczkolwiek prace nad trójwymiarową budową kwasów nukleinowych trwały już prawie pół wieku, to jednak większość uzyskanych danych była niepewna. W Neapolu czasami marzyło mu się, aby wykryć tajemnice genu. Na zjazd przybył także Wilkins, który przedstawił zdjęcie rentgenograficzne DNA, które zawierało znacznie więcej szczegółów niż wszystkie dotychczasowe rentgenogramy DNA. Mogły one świadczyć o substancji krystalicznej. To natchnęło Watsona przeświadczeniem, że geny krystalizują, a zatem mają budowę uporządkowaną. Wysunął sugestię współpracy z Wilkinsem. Ten zachował dystans do niej. Watson dowiedział się o częściowym rozwiązaniu zagadnienia budowy białka przez Paulinga, który zaproponował tzw. α -spiralę. W tej sytuacji Watson zdecydował się na pracę w laboratorium u Perutza, aby nauczyć się interpretować rentgenogramy dyfrakcyjne. Uznał bowiem, że kluczem do genetyki jest krystalografia rentgenowska.

Tutaj spotkał Cricka, który był przekonany, że DNA jest ważniejszy od białek. Razem z nim chciał odkryć dane, które pozwoliły Paulingowi wysunąć hipotezę α -spirali. Sedno sprawy, ich zdaniem, sprowadza się do pytania: jakie atomy „lubią” być obok siebie? Tą drogą chcieli poznać budowę DNA. Ze względu na prostotę przyjęli założenie, iż cząsteczka DNA zawiera dużą ilość nukleotydów powiązanych ze sobą w sposób powtarzalny. Crick pracował niejako na dwu płaszczyznach. Od czasu do czasu przeprowadzał doświadczenia. Zwykle był zagłębiiony w rozważaniach teoretycznych. Pomysły przychodziły mu do głowy często. Wkrótce zdawał sobie sprawę z pomyłki i wtedy wracał do doświadczeń. Nuda skłaniała go do ponownego pogrążenia się w rozważaniach teoretycznych.

Od Wilkinsa dowiedzieli się, że poprzeczny przekrój cząsteczki DNA jest większy, niż byłby w przypadku, gdyby w jej skład wchodził pojedynczy łańcuch polinukleotydowy. Na tej podstawie Crick wysunął przypuszczenie, że cząsteczka DNA jest spiralą mieszaną, zbudowaną z kilku owijających się wokół siebie łańcuchów polinukleotydowych. Na podstawie zdjęć rentgenograficznych Wilkins wyraził przypuszczenie, że DNA jest spiralą zbudowaną z trzech łańcuchów polipeptydowych. Przekazał on Franklin do badań rentgenograficznych cały swój zapas dobrego krystalicznego DNA. Dyskusje z Crickiem uświadamiały Watsonowi, że sprawą zasadniczą jest to, czy nowe rentgenogramy, które wykonała Franklin, dostarczą danych pozwalających na podtrzymanie poglądu o spiralnej budowie DNA. Watson uczył się krysta-

lografii, aby móc zrozumieć zapowiedziany wykład Franklin, w którym miała przedstawić wyniki swych doświadczeń dotyczących opisu rentgenogramów krystalicznego DNA. Franklin swój wykład potraktowała jako doniesienie wstępne. Zignorowała w nim całkowicie osiągnięcie Paulinga. Wilkins ocenił jej osiągnięcia dość oględnie. Obecność Watsona na wykładzie Franklin dodała Wilkinsowi otuchy, że jego przejście z fizyki do biologii ma sens. Niektórzy biochemicy dostarczyli mu preparaty wysokooczyszczzonego DNA.

Crick wysunął przypuszczenie, że należałoby zdecydować, ile łańcuchów polinukleotydowych występuje w cząsteczce DNA, co pozwoliłoby rozwiązać problem w drodze budowania odpowiednich modeli atomowych. Toteż Watson zaczął konstruować prymitywne modele atomowe DNA. Chodziło o potwierdzenie, że cząsteczka DNA jest spiralą. Kolejne modele były nieco bardziej udane. W końcu uznali, że niezły wydaje się model trójłańcuchowy, w którym trzy łańcuchy związały się wokół siebie. Powiadomiony o tym Wilkins przybył do Cambridge wraz z Franklin. Jej zdaniem w tym, co mówił Crick, nie ma nawet cienia dowodu, że DNA ma budowę spiralną. Obejrzenie modelu powiększyło tylko jej pogardę. Poprawny model DNA winien zawierać co najmniej dziesięć razy więcej wody, niż na to zezwalał ich model. Uznano, że Franklin odniosła zwycięstwo nad pomysłami Cricka i Watsona. Przekazano im decyzję, zgodnie z którą mieli porzucić badania nad DNA. Model zabrano do Londynu.

Po Świątach Bożego Narodzenia 1951 r. Watson rozpoczął badania nad budową wirusa mozaiki tytoniowej (TMV), którego istotnym składnikiem jest kwas nukleinowy, wprawdzie RNA, ale zawsze kwas nukleinowy. TMV jest zbudowany z dużej ilości identycznych podjednostek. Nie mając doświadczenia w robieniu rentgenogramów, z czasem dopiero udało mu się uzyskać rentgenogramy świadczące o budowie spiralnej wirusa TMV. Franklin nadal twierdziła z naciskiem, że jej aktualne wyniki uzyskiwane wyłącznie przez zastosowanie techniki dyfrakcji promieni rentgenowskich przeczą temu, by DNA było spiralą. Podtrzymywała także swoją negatywną postawę wobec prób konstruowania modeli, które miały obrazować, w jaki sposób skręca się łańcuch polipeptydowy. Wilkins zwrócił Watsonowi i Crickowi model przez nich budowany.

Dzięki posłużeniu się nową, świetną lampą rentgenowską, której montaż w laboratorium został wówczas ukończony, Watson uzyskał dobre rentgenogramy, dowodzące, że TMV ma budowę spiralną. Ale RNA to nie to samo co DNA. Razem z Crickiem uznali, że droga do DNA nie prowadzi przez RNA. Przypomnieli sobie o dziwnych regularnościach w chemii DNA, zaobserwowanych przez E. Chargaffa, jednego ze światowej sławy specjalistów

zajmujących się DNA. W lipcu 1952 r. Chargaff przybył na jeden wieczór do Cambridge. Do pomysłów Cricka i Watsona odniósł się z rezerwą. Dużą rolę odegrał tu niezbyt staranny wygląd drugiego z nich, brak zaś pewnej porcji wiedzy u pierwszego. Crick coraz mocniej utwierdzał się w przeświadczeniu, że rzeczywisty klucz do poznania budowy DNA tkwi w regułach Chargaffa. Do Cambridge przybył Peter Pauling. Przywiózł on informację, że jego ojciec zajmuje się schematami opisującymi nadspiralizację α -spirali w kreatynie. W Cambridge zaczęto doceniać umysł Cricka. Watson i Crick pracowali dalej, bez wielkich osiągnięć, nad zagadką budowy DNA, kiedy Pauling otrzymał od ojca list powiadamiający, że udało mu się określić budowę DNA.

W styczniu 1953 r. Linus Pauling nadesłał maszynopis swej pracy o strukturze DNA. Model przedstawiał trójłańcuchową spiralę z rdzeniem fosforocukrowym znajdującym się wewnątrz spirali. Watson zauważył, że grupy fosforanowe w modelu nie były zjonizowane, zatem kwas nukleinowy Paulinga w rzeczywistości nie był kwasem. Poinformował o tym Wilkinsa i Franklina, która nadal zdecydowanie odrzucała sensowność wniosków o spiralnej budowie DNA. Wilkins dał do obejrzenia zdjęcie nowej struktury nazwanej formą „B”. Watson dostrzegł w niej dane świadczące nieodwołalnie o istnieniu struktury spiralnej. Sir Lawrence Bragg, zapoznany przez Watsona z aktualnym stanem rzeczy, zachęcił go do pracy nad budowaniem modelu cząsteczki DNA.

Watson z Crickiem uświadamiali sobie, że rentgenogramy formy „B” pozwalają na wysunięcie hipotezy głoszącej, że warstwy puryn i pirymidyn o grubości $3,4 \text{ \AA}$ są ułożone w stos jedna nad drugą prostopadle do osi spirali, której średnica wynosi około 20 \AA . Pracowali dalej nad modelami. Poszukiwali właściwego ułożenia zasad znajdujących się wewnątrz cząsteczki. Watsonowi przyszedł do głowy pomysł, że pierścienie adeniny tworzą między sobą wiązania wodorowe podobne do wiązań w kryształach adeniny. A zatem nasunęło się przypuszczenie, że cząsteczka DNA jest zbudowana z dwu wzajemnie splecionych łańcuchów o jednakowej sekwencji zasad połączonych wiązaniami wodorowymi, wytworzonymi między parami jednakowych zasad. Nie może to być dziełem przypadku. Stąd sugestia, że jeden z łańcuchów we wczesnym stanie służy jako matryca, na której dokonuje się synteza drugiego łańcucha. A więc replikacja genu rozpoczynałaby się od rozdzielenia dwu identycznych łańcuchów. Ten schemat budowy DNA nie wytrzymał jednak próby. Dalsze badania prowadziły do wniosku, że jeżeli ilości reszt purynowych i pirymidowych w DNA są sobie równe, to łączenie się adeniny z tyminą oraz guaniny z cytozyną w pary jednakowego kształtu dwoma wiązaniami wodorowymi świadczy o tym, że sekwencje zasad w dwu wspólnie

skręconych łańcuchach fosforocukrowych są wzajemnie komplementarne. Odpowiedniości znalezione przez Chargaffa okazują się konsekwencjami istnienia w DNA układu podwójnej spirali. Toteż proponowany wcześniej model budowy DNA uzupełniony w podany przed chwilą sposób został uznany za poprawny.

Wilkins ustalił ponad wszelką wątpliwość, że podstawowe cechy modelu podwójnej spirali są poprawne. Franklin również zgodziła się, że jej dane rentgenograficzne popierają istnienie podwójnej spirali. Linus Pauling uznał model za dobry. W ten sposób została zaproponowana struktura soli kwasu dezoksyrybonukleinowego. W kwietniu 1953 r. maszynopis pracy Cricka i Watsona został wysłany do „Nature”.

Naszkiecowana pokrótce historia dwuletnich zmagania nad poznaniem budowy DNA ukazuje, jak wiele czynników występowało w toku pracy badawczej. Ile trudu czysto intelektualnego oraz pracy eksperymentalnej ona wymagała. Autorzy uzyskanego wyniku doznawali od współkolegów nie tylko inspiracji. Spotykali się również z niezrozumieniem i przesadnym krytycyzmem. O przyjęciu wysuniętej propozycji zadecydowała harmonia wiedzy teoretycznej z empirią, dokładniej: z wieloma coraz subtelniejszymi doświadczeniami. Nie należy jednak sądzić, że uzyskany wynik stanowi kres badań w odniesieniu do problematyki struktury DNA. Rzeczywistość jest bogatsza od jej ujęć dokonywanych przez naukę.

4. Jakie wnioski podpowiadają przedstawione ilustracje z arytmetyki, fizyki i biologii?

Po pierwsze, jest widoczna różnica w odniesieniu do rodzaju postępowania badawczego, a także do samej genezy konstruowanych pojęć i teorii. Inny jest początek zagadnień w wypadku wspomnianych dziedzin nauki. Najbardziej elementarny zdaje się w wypadku arytmetyki, gdzie – w zasadzie – wystarcza prosty kontakt z rzeczywistością zewnętrzną. W wypadku problematyki magnetyzmu odniesienie do rzeczywistości zewnętrznej występuje w stopniu wyższym niż w wypadku arytmetyki. Jeszcze wyższe powiązanie z empirią i z wiedzą biochemiczną występuje w poszukiwaniu struktury DNA.

Po drugie, relacja o poznaniu budowy DNA została opisana przez jednego z uczestników, którzy rozwiązali problem. Relacja ta jest nam bliska czasowo. Ma więc szczególną, niejako naoczną cechę. Ukazuje, jak wiele elementów charakterystycznych dla człowieka wchodzi w proces badawczy, jak on jest zawiły. Idzie naprzód, zawraca i znowu zmierza do przodu, co nie znaczy, że następuje to zawsze po linii prostej. Tak się przedstawia nauka *in statu nascendi*. I to zdaje się dla nauki czymś istotnym. Gdyby po rozwiązaniu zagadnienia nie pojawił się następny stan badawczy, nauka by zamarła. Ale

nauce to nie grozi. Doświadczenie badawcze poucza, że w miarę postępowania badań naprzód otwierają się przed nami szersze horyzonty.

Po trzecie, daje się zauważyć następująca prawidłowość. W miarę zwiększania się „zasobu” wiedzy w jakiejś dziedzinie, następuje przyspieszenie rozwoju danej dyscypliny. Zaczątki, z reguły, bywają dawne. Rozwój początkowo powolny, stopniowo wzrasta. Sprzężone są ze sobą: empiria (eksperyment, doświadczenie) i teoria (hipoteza).

5. Wspomnieliśmy wcześniej, że bywają odkrycia nieoczekiwane, nie przewidziane żadną teorią. Ten fakt ma wyraźny wydźwięk metodologiczny. Mówi się również o odkryciach przedwczesnych, wkrótce zapomnianych. Ale przypadek nie jest jedynym czynnikiem nieoczekiwanych odkryć. Należy także zaznaczyć ważność błędów popełnianych w badaniu naukowym. Pojęcia naukowe są przecież wynikiem historycznego rozwoju myśli. Dalszy rozwój poznania zachodzi dzięki wcześniej posiadanej wiedzy, co nie znaczy, że ona zawsze wyznacza pierwszeństwo metodologiczne hipotezy przed faktami. Pomysł teoretyczny winien być podporządkowany faktom⁴. Nauka jest nieustanną walką z uprzedzeniami, zwłaszcza z uprzedzeniami tzw. zdrowego rozsądku.

Sygnalizowaliśmy na początku rozważań, że nauka dawna różni się od obecnej. Zwracaliśmy tam uwagę na aspekt zewnętrzny tej różnicy. Za J. Piagetem⁵ dopowiedzmy, że naukę dzisiejszą charakteryzują dwie właściwości: 1. Ścisły związek zachodzący między badaniami naukowymi i nauczaniem. Te dwa elementy stają się w coraz pełniejszym stopniu nierozłączne. 2. Badania zespołowe. Ten styl badań przybiera coraz bardziej na sile. Nauka staje się coraz pełniej zbiorowym dziełem społeczności ludzkiej. Nie jest odizolowana od społeczeństwa. Otoczką nauki jest bardzo bogata.

Nauka jest taka, a przynajmniej wydaje się taka, jak to opisywaliśmy. Ale nie można na tej podstawie wnioskować, że jest t y l k o taka. Nauka znajduje się w ciągłej przebudowie. To jej stan permanentny. Wzbogacaniu ulegają zarówno fakty, jak i myślenie naukowe⁶. Nauka nie tyle istnieje, ile raczej ciągle się staje.

⁴ W. I. B. B e v e r i d g é, *Sztuka badań naukowych*, Warszawa 1960, s. 47-48, 52, 74, 86-87; L. F l e c k, *Powstanie i rozwój faktu naukowego*, Lublin 1986, s. 115.

⁵ *Dokąd zmierza edukacja*, Warszawa 1977, s. 41.

⁶ F l e c k, dz. cyt., s. 81.

SCIENCE SEEN FROM INSIDE

S u m m a r y

Science is in the state of incessant transformation because she is developed owing to the introduction of new ideas. They better and better explain the expanding set of real facts and render possible to forecast new ones. As a result – the thesis can be proposed: „science does not simply exist but rather she incessantly comes into being”. Transformation and development of science constitutes her creation. Science is a formation in statu fieri. Speaking figuratively – science is always young. Her maturity would be her death.