

Bolesław Orłowski

**ZARYS DZIEJÓW
NAUK
MATEMATYCZNO-
PRZYRODNICZYCH
(dla bibliotekarzy)**

WYDAWNICTWO

SBP



NAUKA-DYDAKTYKA-PRAKTYKA

**ZARYS DZIEJÓW NAUK
MATEMATYCZNO-PRZYRODNICZYCH**

Polish Librarians Association
SCIENCE-DIDACTICS-PRACTICE

Bolesław Orłowski

**AN OUTLINE OF THE HISTORY
OF NATURAL SCIENCES
(For Librarians)**



Warsaw 2001

Stowarzyszenie Bibliotekarzy Polskich
NAUKA-DYDAKTYKA-PRAKTYKA

Bolesław Orłowski

**ZARYS DZIEJÓW NAUK
MATEMATYCZNO-PRZYRODNICZYCH
(dla bibliotekarzy)**

**WYDAWNICTWO
SBP**



Warszawa 2001

Komitet Redakcyjny serii wydawniczej
<<NAUKA – DYDAKTYKA – PRAKTYKA>>

Marcin DRZEWIECKI (przewodniczący), Stanisław CZAJKA, Zofia GACADĄBROWSKA, Barbara SOSIŃSKA-KALATA, Danuta KONIECZNA, Krzysztof MIGOŃ, Mieczysław MURASZKIEWICZ, Janusz NOWICKI (sekretarz), Wanda PINDŁOWA, Jan SÓJKA, Barbara STEFANIAK, Hanna TADEUSIEWICZ, Zbigniew ŻMIGRODZKI

Książka wydana przy pomocy finansowej z funduszu środków pozabudżetowych Instytutu Informacji Naukowej i Studiów Bibliologicznych Uniwersytetu Warszawskiego

Recenzent
Andrzej ŚRÓDKA



Redaktor tomu
Janusz NOWICKI

Redakcja techniczna i korekta
Anna LIS

© Copyright by Stowarzyszenie Bibliotekarzy Polskich

ISBN 83-87629-66-9

CIP - Biblioteka Narodowa

Orłowski Bolesław

Zarys dziejów nauk matematyczno-przyrodniczych : (dla bibliotekarzy) / Bolesław Orłowski ; Stowarzyszenie Bibliotekarzy Polskich. - Warszawa : Wydaw. SBP, 2001. - (Nauka, Dydaktyka, Praktyka ; 45)

Wydawnictwo SBP. Warszawa 2001. Wydanie I. Ark. wyd. 3,0. Ark. druk. 4,75

Łamanie: Urszula LASOCKA

Druk i oprawa: Zakład Poligraficzny „PRIMUM” Kozierki 17a,
05- 825 Grodzisk Mazazowiecki., tel. 724-18-76

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA	7
WSTĘP	9
PIERWOCINY WIEDZY O PRZYRODZIE	13
WIEDZA O PRZYRODZIE W NAJDAWNIEJSZYCH CYWILIZACJACH ..	17
GRECY – INICJATORZY NAUKOWEGO SPOSOBU MYŚLENIA	21
ŚREDNIOWIECZE – PRZECHOWALNIA STAROŻYTNYCH ZDOBYCZY A MOŻE COŚ WIĘCEJ	27
STWORZENIE MODELU NAUKI EMPIRYCZNEJ: REWOLUCJA NAUKOWA XVII WIEKU I JEJ KONSEKWENCJE	31
Wątki:	
Mechanika ciał niebieskich i nie tylko	33
Problem powietrza atmosferycznego	35
Problem miary powszechnej	37
Nowe, nieprzeczuwane światy dostępne poznaniu dzięki nowym wynałazkom – początki sprzężenia zwrotnego nauka-technika	39
Umiejscowienie ludzkości i jej planety w czasie	41
Instytucjonalizacja nauki	43
OD ŚWIATA, W KTÓRYM PRAWIE WSZYSTKO ZOSTAŁO JUŻ ODKRYTE, DO ŚWIATA, W KTÓRYM MAŁO CO (JEŚLI W OGÓLE) JEST PEWNE:	51
CASE STUDIES:	
Niewielka liczebność społeczności jako ograniczenie rozwoju	54
Skąd się wzięła dzisiejsza postać kalendarza	55
Podobieństwa i odmienności eksploracji Ziemi w epoce wielkich odkryć geograficznych i obecnej eksploracji przestrzeni kosmicznej	58
Najwspanialsze triumfy umysłu ludzkiego	59
POLSKI AKCENT	61
BIBLIOGRAFIA	71
INDEKS NAZWISK	73

CONTENTS

PREFACE	7
INTRODUCTION	9
DAWN OF NATURAL KNOWLEDGE	13
NATURAL KNOWLEDGE IN EARLY CIVILIZATIONS	17
GREEKS – INITIATORS OF THE SCIENTIFIC WAY OF THOUGHT	21
THE MIDDLE AGES – A REPOSITORY OF THE ANCIENT ACHIEVEMENTS OR SOMETHING MORE	27
NEW EMPIRICAL MODEL OF SCIENCE: THE SCIENTIFIC REVOLUTION OF THE 17 th CENTURY AND ITS CONSEQUENCES	31
Mechanics of the Celestial (and Other) Bodies	33
Problem of the Atmospheric Air	35
Problem of the Universal Measure Standard	37
New Unexpected Worlds Accessible Thanks to the New Inventions – Beginnings of the Feedback–Relationship Between Science and Technology	39
Locating of the Mankind and Its Planet in Time	41
Institutionalisation of Science	43
FROM THE WORLD ALMOST COMPLETELY DISCOVERED TO THE WORLD HARDLY (IF AT ALL) KNOWN	51
CASE STUDIES:	
Small Population as the Limitation of Societies` Development	54
How the Present Shape of the Calendar Has Emerged	55
Resemblances and Dissimilarities Between the Earth`s Conquest in the Epoch of Grand Geographical Discoveries and the Present–Day Space Exploration	58
The Greatest Triumphs of Human Mind	59
THE POLISH CONTRIBUTION	61
BIBIOGRAPHY	71
PERSONAL INDEX	73

PRZEDMOWA

Posługując się terminem *nauka* w tym krótkim szkicu mamy na myśli wyłącznie nauki matematyczno-przyrodnicze, zwane potocznie, nie całkiem precyzyjnie, naukami ścisłymi. Odpowiada to najbliższej znaczeniowo angielskiemu i francuskiemu pojęciu *science*, obejmującemu dość wyraźnie węższy zakres niż np. niemieckie *Wissenschaft*. To, że wyrazy odpowiadające sobie słownikowo w różnych językach mają w tym przypadku znacząco odmienne zakresy znaczeniowe, wynika bez wątpienia z rozmaitych uwarunkowań historycznych, w jakich kształtował się sens pojęcia *nauka* w rozmaitych kulturach. I już sam ten fakt może stanowić zachętę do zainteresowania się przeszłością nauki, czy choćby tym, co w różnych epokach za naukę uważano.

To, co dzisiaj uważamy za naukę (w rozumieniu wyżej przyjętym) czołowy badacz i wykładowca jej historii, prof. Jerzy Dobrzycki, określa jako *zespół orzeczeń o rzeczywistości przyrodniczej, wewnętrznie niesprzecznych i sprawdzalnych*. W naszym przeglądzie historycznym będziemy śledzili w przeszłości przede wszystkim pierwociny „elementów” odpowiadających takiemu właśnie pojmowaniu nauki oraz zwłaszcza te istotne momenty zwrotne w dziejach ludzkiego myślenia, które doprowadziły do obecnego kształtu nauki i naszych o niej wyobrażeń. Proces ten był rezultatem odkryć, ale złożyło się nań wiele czynników, takich jak systematyzacja i przekazywanie pozyskanej wiedzy, jak rozszerzanie możliwości badawczych dzięki tworzeniu coraz doskonalszej aparatury naukowej, jak sprzyjające działalności poznawczej przemiany w klimacie intelektualnym, co zaowocowało w nowszych czasach rozbudową jej bazy instytucjonalnej i finansowej, itp. Najważniejsze wszakże zwycięskie przełomy były – jak się wydaje – przede wszystkim efektem istotnych jakościowych przemian w sposobie myślenia ludzi zajmujących się tą działalnością, czyli uczonych. Thomas Kuhn nazywa takie rewolucyjne zmiany w podejściu do sposobu prowadzenia badań naukowych – zmianą *paradygmatu*. Wiązało się to z przestawieniem się z jednej ogólnie uznanej za obowiązującą teorii naukowej, na nową. Najbardziej znane takie rewolucje przyniosły odkrycia Kopernika, Newtona, Darwina czy Einsteina.

Próbując poznać i zrozumieć dzieje nauki musimy pamiętać, że nasze możliwości są w tym względzie mocno ograniczone, zwłaszcza w odniesieniu do czasów bardzo odległych. A także o tym, że rozpowszechniony dziś tzw. światopogląd naukowy też jest rodzajem wiary, tyle że w odmienne od tradycyjnych autorytety.

Nie można też zapominać, że to, co można by nazwać prawdziwością twierdzeń naukowych, jest wartością z samego założenia nietrwałą, bo zawsze jest funkcją aktualnego stanu wiedzy. Ta cecha nauki jest właśnie, można by rzec – podstawą jej nieustannego rozwoju.

Zanim przystąpimy do przeglądu jej dziejów, warto uzmysłowić sobie parę prawidłowości. Po pierwsze trzeba sobie zdać sprawę z uniwersalnego, można by rzec „ponadludzkiego” charakteru nauki. Jeśli dojdzie kiedyś do kontaktu z przedstawicielami jakiejś pozaziemskiej cywilizacji, właśnie tożsamość ich i naszej nauki (w tych dziedzinach, w których będzie ona na podobnym szczeblu rozwoju) zapewne okaże się ważnym elementem umożliwiającym wzajemne porozumienie. Warto zwrócić dobitnie uwagę, że różni to naukę od techniki, która ma – w przeciwieństwie do niej – wszelkie cechy wyłącznie ludzkiej i ziemskiej twórczości autorskiej. Nauka bowiem jest poznawaniem obiektywnie istniejącej rzeczywistości, jej cech i prawidłowości, natomiast technika jest tworzeniem czegoś własnego, sztucznego w stosunku do natury. Wiąże się z tym zasadnicza, choć przez wielu (nawet wykształconych ludzi) nie zauważana różnica pomiędzy *odkryciem*, dotyczącym zawsze czegoś niezależnie od nas istniejącego, a *wynalazkiem*, będącym zawsze stworzeniem czegoś nowego, co przedtem nie istniało.

Innym ważnym wiążącym się z tą problematyką zagadnieniem jest stosowanie kryteriów moralnych w stosunku do osiągnięć naukowych. Nie brak krytycznych ocen postępu naukowego zwłaszcza w dzisiejszej epoce, kiedy techniczne zastosowania jego rezultatów przejawiają się w postaci konkretnych zagrożeń. Najbardziej spektakularnym z nich jest możliwość powszechnej zagłady w następstwie wojny jądrowej. Warto wszakże zauważyć, że twórcy owego postępu naukowo-technicznego dają do dyspozycji ludzkości nowe potężne możliwości – co wydaje się potencjalnie pozytywne – ale zupełnie nie mają wpływu na sposób, w jaki zostaną one wykorzystane. Ewentualne opłakane skutki byłyby więc świadectwem niedojrzałości pozanaukowej, a rozważanie tego problemu wykracza poza ramy historii nauki.

Można, oczywiście, zastanawiać się, czy nie byłoby rzeczą stosowną uznanie pewnych granic poznania za nieprzekraczalne tabu, aktualizując biblijne ostrzeżenie przed owocami z drzewa wiadomości dobrego i złego. Rodzą takie podejście obawy przed możliwościami zapoczątkowywanej właśnie inżynierii genetycznej. Ale i w tej sprawie istota problemu leży poza sferą poznawczą, a groźba sprowadza się do niedoskonałości natury ludzkiej.

Zresztą, jedyne co można próbować w tym zakresie zrobić, to ograniczenia prawne dotyczące określonych zastosowań technicznych. Bo nie ma się co ludzić, żeby stawianie jakichkolwiek tam ludzkiemu poznaniu mogło przynieść jakieś trwałe praktyczne skutki. Nie pozwoli na to po prostu wrodzona nam dociekliwość umysłu...

WSTĘP

Różne zachowania i zwyczaje zwierząt, zwłaszcza zwierząt wyższych, świadczą o nabywaniu przez nie pewnego zasobu wiedzy o otaczającej je rzeczywistości i spożytkowywaniu jej w walce o byt. Łatwo to zaobserwować przede wszystkim u blisko spokrewnionych z człowiekiem małp naczelnych, ale nie tylko. Szczególnie interesujące pod tym względem są praktyki zorganizowanych społecznie owadów – pszczół, termitów i mrówek.

Nie zmienia to faktu zupełnie wyjątkowej pozycji człowieka, nieporównywalnie przerastającego w tym zakresie pozostałych współmieszkańców Ziemi. Właśnie ta właściwość, ukształtowana w procesie ewolucyjnego doskonalenia się umysłu, doprowadziła do wydzwignięcia się naszego gatunku ze świata zwierzęcego i stopniowego wytworzenia przezeń – głównie dzięki jeszcze bardziej wyróżniającej go spośród innych istot zamieszkujących naszą planetę umiejętności dokonywania wynalazków – własnego ludzkiego świata, świata techniki, kultury i cywilizacji, zdecydowanie odmiennego od świata natury. W trakcie owego rozwoju człowiek podporządkowywał sobie Ziemię i jej zasoby, stając się pod koniec epoki kamiennej niekwestionowanym „panem wszelkiego stworzenia”.

Obecnie najistotniejszym czynnikiem zapewniającym nam przewagę nad resztą znanego nam świata jest niewątpliwie nauka, w swej nowoczesnej postaci stanowiąca nadzwyczaj skuteczny i precyzyjny oręż poznawania rzeczywistości i rządzących nią praw. Ale nauka w dzisiejszym rozumieniu jest tworem zupełnie świeżym. Nawet uwzględniając jej starożytne zaczątki, wypada ją uznać za dziedzinę nader młodą w zestawieniu z liczącą sobie prawie dwa i pół miliona lat historią naszego gatunku. Wiele niezbędnych warunków musiało bowiem zostać spełnionych, zanim mogło dojść do jej powstania.

Po pierwsze, człowiek musiał osiąść zdolność logicznego myślenia. Doszło do tego najprawdopodobniej stosunkowo niedawno w kategoriach rozwoju ewolucyjnego, gdyż jest to cecha ciągle jeszcze słabo i nierównomiernie rozpowszechniona w ludzkiej populacji. Badacze przypuszczają, że homo sapiens został zmuszony do przyswojenia jej sobie dopiero kilkadziesiąt tysięcy lat temu, by sprostać zagrożeniom jakie stanowiły rywalizacja z neandertalczykiem oraz warunki bytowania w epoce lodowej.

Drugim warunkiem było zapewne bardzo znaczące powiększenie się liczby kontaktujących się ze sobą ludzi. Wygląda bowiem na to, że po przekroczeniu jakiejś granicy liczebności współżyjącej ze sobą społeczności ludzkiej, dochodzi

w niej – zapewne dzięki zwielokrotnieniu możliwości wymiany myśli – do gwałtownego spotęgowania zbiorowej pomysłowości i zwłaszcza inwencji. Zachodzi tu jakby analogia do tzw. masy krytycznej materiałów rozszczepialnych, potrzebnej do uruchomienia reakcji łańcuchowej. Nie spełniała tego warunku kilkudziesięcioosobowa koczująca grupa, stanowiąca podstawową jednostkę bytowania ludzi od najdawniejszych początków do końca paleolitu. Uczyniły mu zadość dopiero nieporównanie liczniejsze społeczności osiadłe, powstałe w wyniku rolniczej rewolucji neolitycznej.

Trzecim z podstawowych warunków było wynalezienie pisma, do czego doszło najwcześniej w Sumerze (dzisiejszym południowym Iraku) w połowie IV tysiąclecia p.n.e. Pismo, pierwsze ludzkie zwycięstwo nad czasem, niepomnie spotęgowało możliwości gromadzenia i przekazywania następnym pokoleniom stale rosnącego zasobu wiedzy. Bez niego powstanie w dalszej perspektywie nauki w dzisiejszym rozumieniu byłoby praktycznie niemożliwe.

Wymienione warunki były, rzecz jasna, konieczne, ale wcale niedostateczne. Musiały się jeszcze wielokrotnie pojawić w ciągu dalszego rozwoju ludzkości szczególne okoliczności społeczne i kulturowe, sprzyjające ukształtowaniu się specyficznej, dociekliwej poznawczo umysłowości, a także przychylna zaaprobowaniu takiego podejścia do rzeczywistości atmosfera. Dopiero dzięki nim mogło dojść, etapami, do powstania tego, co uważamy dziś za naukę. Najpierw, w starożytności klasycznej, poprzez zapoczątkowanie stawiania nowych wówczas jakościowo pytań dotyczących natury zjawisk. Znacznie później, po upływie około dwóch tysięcy lat, w renesansowej Europie, poprzez wyzwolenie się z przemożnych pęt dawnych autorytetów, oparcie teorii naukowych na badaniach eksperymentalnych i zainicjowanie reguł metodologii naukowej. Procesom tym, a zwłaszcza rozpowszechnianiu idei, sprzyjał wówczas wprowadzony w połowie XV wieku druk. Doprowadziło to do rewolucji naukowej XVII wieku, której bezpośrednim dziedzictwem jest nasza dzisiejsza nauka.

Jedną z najważniejszych cech ukształtowanej w XVII stuleciu nauki eksperymentalnej jest stale wzrastające od tego czasu powiązanie jej z rozwojem techniki. Wysoki poziom ówczesnego europejskiego rzemiosła umożliwił oprzyrządowanie badań, rozszerzając zakres zjawisk dostępnych poznaniu. Użycie mikroskopu i teleskopu otworzyło przed badaczami przyrody nowe światy – świat rzeczy niewyobrażalnie małych i świat rzeczy niewyobrażalnie wielkich. Technika dostarczyła także instrumentów i metod pozwalających precyzyjnie mierzyć wielkości fizyczne, rozkładać związki chemiczne na substancje składowe i badać ich własności. Miała też swój udział w stopniowym wypracowaniu uniwersalnych systemów jednostek miar, bez czego nie mogło być mowy o racjonalnej skutecznej współpracy naukowej (ogromna różnorodność tradycyjnych miar stwarzała bowiem problemy już choćby w powtarzaniu dokonanych przez innych uczonych doświadczeń). Stopniowo coraz powszechniej nowe odkrycia znajdowały po pewnym czasie zastosowanie w praktyce, w postaci wynalazków, zaś nowe wynalazki ułatwiały dokonywanie następnych odkryć, a także umożliwiały weryfikację obowiązujących na danym etapie teorii naukowych.

Trzeba wszakże pamiętać, że owa prawidłowość – poświadczona wieloma przykładami – stanowiła do niedawna swego rodzaju idealizację rzeczywistości i pełny wyraz zaczyna znajdować dopiero w postępie naukowo-technicznym naszej epoki. Jeszcze całkiem niedawno, bo w 1968 r., wybitny historyk nauki Derek J. de Solla Price twierdził, że znacznie bliższe prawdy byłoby scharakteryzowanie aktualnych związków między nauką a techniką jako „słabego wzajemnego oddziaływania”. Było w tej wypowiedzi, niewątpliwie, dużo zamierzonej przekory, ale i spora doza niechętnie uświadamianej sobie prawdy. Prawdy wynikającej z faktu, że obie te dziedziny znacznie się różnią i rozwijają na zupełnie odmiennych zasadach. Nauka jest dziedziną otwartą, liczy się w niej z reguły tylko to, co zostało ogłoszone – z wielu gałęziami techniki bywa inaczej, gdyż przeważają względy militarne lub ekonomiczne. Są to niuanse wynikające z uwarunkowań zewnętrznych rozwoju nauki i rozwoju techniki, którą niektórzy chętnie nazywają *nauką stosowaną*.

W naszych czasach związki nauki z techniką są silniejsze niż kiedykolwiek i stale się pogłębiają. Wiele osiągnięć techniki nowoczesnej jest niewątpliwie w niemniejszym stopniu również osiągnięciami nauki. Nasza elektronika, energetyka jądrowa czy eksploracja przestrzeni kosmicznej stanowią dobitne potwierdzenie wymiernej praktyczności i niezawodności naszych ustaleń naukowych. Poświadczają one przydatność nauki i pozwalają spodziewać się dalszego ogromnego zwiększenia oferowanych przez nią możliwości w dającej się przewidzieć przyszłości. Kwestia ewentualnych związanych z dalszym jej rozwojem zagrożeń, nie dotyczy w istocie samej nauki, tylko zewnętrznych jej uwarunkowań. Nauka bowiem, podobnie jak technika, stwarza i udostępnia ludzkości wciąż nowe, coraz większe możliwości. Ale nie od odkrywców czy wynalazców zależą decyzje, co do sposobu ich wykorzystywania.

PIERWOCINY WIEDZY O PRZYRODZIE

Zaczątki wiedzy o przyrodzie zdobywał człowiek już od stadium na wpół zwierzęcego. Początkowo utrzymywała się ona zapewne przede wszystkim w zwyczajach, stanowiących na wczesnych etapach rozwoju pewną formę podświadomej mądrości zbiorowej. Były to wiadomości fragmentaryczne, dalekie od jakiegokolwiek rozumnej systematyzacji – w jakimś sensie można je wszakże uznać za pierwociny racjonalnego poznawania rzeczywistości, spożytkowywane w działaniach mających na celu zwiększenie szans przetrwania gatunkowego (a osobniczego być może dopiero w drugiej kolejności), poświadczają bowiem słuszność wniosków wyciągniętych na podstawie obserwacji i doświadczeń życiowych.

Najwcześniej przyswojona wiedza dotyczyła najprawdopodobniej zjawisk powtarzających się cyklicznie (może też zwyczajów zwierząt), zagrożeń ze strony istot żywych oraz żywiołów, a także przydatności (przede wszystkim konsumpcyjnej, ale nie tylko) dostępnych zasobów. Z uświadomieniem sobie przydatności znajdujących przedmiotów, takich jak patyk czy kamień, przy wykonywaniu określonych czynności skłonni jesteśmy wiązać kluczowy etap ucłowieczenia naszych odległych przaprzodków. Polegał on najpierw na celowym gromadzeniu takich, mogących się przydać „pranarzędzi”, następnie na ich świadomym przysposobianiu, a wreszcie na sporządzaniu, co zapoczątkowało uprawianie techniki i w szerokim sensie wynalazczości.

Przez całą starszą epokę kamienną, trwającą – z czego mało kto zdaje sobie sprawę – przez 99,5 % dziejów ludzkości, ludzie bytowali koczując w kilkudziesięcioosobowych grupach, żywiąc się głównie padliną (myślistwo stało się podstawowym sposobem zdobywania pożywienia zapewne dopiero w górnym paleolicie, parędziesiąt tysięcy lat temu) oraz jadalnymi korzonkami i owocami roślin. Przez zdecydowaną większość tego, niesłychanie długiego, okresu wyposażenie techniczne i obyczaje – a więc zapewne i zasób wiedzy – pozostawały praktycznie prawie bez zmian. Gdyby więc ówczesni ludzie zostali poddani naukowej obserwacji przez jakieś istoty rozumne (na przykład hipotetycznych Dänikenowskich

„kosmitów”), łatwo mogliby zostać zaklasyfikowani jako interesujące zwierzęta społeczne, niewiele ustępujące mrówkom czy pszczołom. Ich zachowania i obyczaje mogłyby przez owych hipotetycznych obserwatorów zostać uznane za przejawy raczej instynktu niż rozumu. Kto wie, zatem, czy nie popełniamy podobnego błędu w ocenie pszczół czy mrówek, które przecież badamy w sposób naukowy od bardzo niedawna w zestawieniu z zaprezentowaną wyżej skalą czasową, od paruset, a – uwzględniając nawet starożytnych filozofów przyrody – co najwyżej od paru tysięcy lat...

Ta długotrwała stagnacja wydaje się w istocie zrozumiała. Strategią nielicznej grupy ludzkiej „zaprogramowanej na przetrwanie” musiało być w opisanych warunkach kurczowe trzymanie się sprawdzonych sposobów praktykowanych przez ich bezpośrednich przodków, które przecież dowiodły (empirycznie!) swej skuteczności. Dominującym podejściem musiał być niewyobrażalny dziś konserwatyzm – wszelkie propozycje innowacji traktowano najpewniej nie tylko z ogromną rezerwą, ale wręcz wrogo. Każda zmiana mogła przecież doprowadzić do zagłady. Dodatkowym czynnikiem nie sprzyjającym jakimkolwiek „postępowi” była jak się wydaje (o czym już wyżej wspomniano) zbyt mała liczebność grupy.

Na zasób posiadanej przez ludzi paleolitu wiedzy składały się przypuszczalnie przede wszystkim recepty zachowań wobec groźnych zjawisk natury, takich jak burze, powodzie czy rozległe pożary. Bezradność wobec tych nieprzyjaznych żywiołów, skłaniała do uznania ich za manifestowanie się jakichś potężnych, znacznie przerastających człowieka sił. Inspirowało to postawę błagalną, a w dalszej konsekwencji skłaniało do personifikacji owych mocy i ich ubóstwienia. Liczne ślady takiego stosunku do zjawisk przyrody zachowały się w religiach antycznych, a dłużej w wierzeniach i przesądach ludowych. Tego rodzaju hipotetyczny mechanizm tworzenia się kultów potwierdzają też w pełni badania etnograficzne przetrwałych do czasów nowożytnych społeczności prymitywnych. Doszukując się głębszych, ponadnaturalnych treści groźnych i potężnych zjawisk i pragnąc je zneutralizować, człowiek uciekał się do magii. Postawa magiczna była próbą uzyskania wpływu na owe przemożne siły, a zatem podejściem – w założeniu – racjonalnym. Wydaje się ona z dzisiejszej perspektywy czasowej koniecznym logicznie wstępnym etapem kształtowania się zaczątków naukowej postawy poznawczej. Zabiegi magiczne były, jak wiemy dziś, działaniem pozornym, ale praktykowanie ich odnosiło niekiedy pożądany skutek (w następstwie wydarzeń ludy prymitywne z reguły skłonne są dopatrywać się sekwencji przyczynowo-skutkowej).

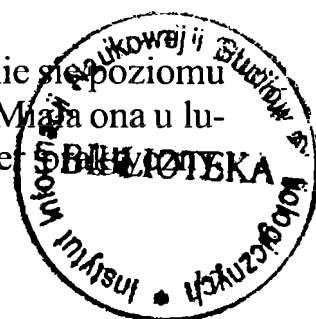
Magiczny stosunek do przyrody, a także do rozmaitych praktyk, zwłaszcza medycznych czy technicznych (jeszcze parę wieków temu obejmujących formułki zaklęć), przetrwał w jakimś sensie do naszych czasów, przede wszystkim w dziedzinach, w których dużą rolę odgrywa szczęście, a więc np. w sporcie, w hazardzie, a także w życiu prywatnym. Poświadcza to utrzymująca się stale popularność horoskopów, wróżbiarstwa, a także rozmaite akcenty obyczajowe, dotyczące czarnego kota, trzynastki itp.

Największą zdobyczą epoki kamiennej było opanowanie ognia. Stanowiło to z całą pewnością ogromnie ważny etap w rozwoju człowieka, nie tylko dzięki licznym korzyściom ułatwiającym przetrwanie, ale też jako element bardzo wyraźnie podkreślający jego wyjątkowość i wyższość nad pozostałymi współmieszkańcami Ziemi.

WIEDZA O PRZYRODZIE W NAJDAWNIEJSZYCH CYWILIZACJACH

Osiadły tryb życia, będący następstwem przestawienia się na rolnictwo uzupełnione hodowlą jako podstawowy sposób zdobywania pożywienia, zaowocował pojawieniem się na gęsto zaludnionych obszarach Bliskiego Wschodu najdawniejszych ośrodków cywilizacji. Nastąpiło to nie później jak sześć tysięcy lat temu w urodzajnych dolinach Eufratu i Tygrysu (Sumer) oraz Nilu (Egipt). Była to ta sama cywilizacja, w jakiej do dziś żyjemy, której podstawą jest społeczny podział pracy. W ciągu IV tysiąclecia dawnej ery dokonano tam wielu niezwykle ważnych dla dalszego rozwoju ludzkości wynalazków, stworzono też zaczątki skodyfikowanych systemów prawnych i organizacji państwowej. Najistotniejszą dla naszych rozważań zdobyczą tej epoki było pismo – pierwsze i pewnie najważniejsze dotychczas zwycięstwo człowieka nad czasem. Umożliwiło ono odnotowywanie prowadzonych systematycznie przez wieki obserwacji powtarzających się zjawisk przyrodniczych, co z czasem pozwoliło na sformułowanie pewnych racjonalnych uogólnień, spełniających w jakimś stopniu wymogi ustaleń naukowych. Trzeba wszakże pamiętać, że w owym wczesnym okresie dotyczyło to jedynie pierwocin tego fragmentu dzisiejszych nauk matematyczno-przyrodniczych, którym zajmowali się wówczas kapłani, a więc przede wszystkim astronomii i rachuby czasu, z czym wiązały się zaczątki matematyki. W zdecydowanej większości innych dziedzin – takich jak medycyna, rolnictwo czy technologie przetwórcze – wiedzę, zazwyczaj stanowiącą sekret zawodowy nielicznej grupy fachowców (nierzadko powiązanych rodzinie), nadal przekazywano ustnie z pokolenia na pokolenie. Działo się tak powszechnie, zwłaszcza w rzemiośle oraz wielu umiejętnościach i kunsztach praktycznych, aż do epoki renesansu.

Postępujący rozwój organizacji społecznej i podnoszenie się poziomu życia sprzyjały powiększaniu się zasobu i jakości wiedzy. Miała ona u ludów Starożytnego Wschodu przede wszystkim charakter



wskazywała właściwą porę siewu i zbiorów, umożliwiała leczenie niektórych chorób, mierzenie gruntów czy ważenie towarów, ustalanie liczby cegieł potrzebnych do wzniesienia konkretnej budowli itp. Należy jednak pamiętać, że praktyczne, w ówczesnym rozumieniu, było też posiłkowanie się w życiu codziennym, także zawodowym, magią, wróżbiarstwem i zaczątkami tego, co w późniejszym okresie starożytności miało się stać astrologią. Mimo owego wyniesionego z przeszłości podejścia magicznego dochodziło jednak stopniowo do pogłębiającej się racjonalizacji życia w wielu dziedzinach. Toteż zawdzięczamy społeczeństwu Starożytnego Wschodu sporo zdobyczy, z których korzystamy od dziś.

Starożytni Egipcjanie byli najprawdopodobniej twórcami pierwszego systemu kalendarzowego łączącego rok słoneczny z miesiącem księżycowym. W uchwyceniu tego pierwszego dopomogło im niewątpliwie zjawisko corocznego wylewu Nilu, drugi wyznaczały łatwe do zaobserwowania na nieodmiennie pogodnym egipskim niebie cyklicznie powtarzające się fazy Księżyca. Niewspółmierność czasowa roku słonecznego i miesiąca księżycowego, a zwłaszcza to, że trwania roku nie można wyrazić pełną liczbą dni, było powodem ustawicznych kłopotów związanych z rachubą czasu, aż do wieku XVI, kiedy zdołano się z tym problemem uporać w sposób zadowalający praktycznie.

Egipcjanie mieli też wynaleźć geometrię, której nazwa oznacza po grecku sztukę mierzenia ziemi. Zmusiła ich do tego konieczność ponownego rozmierzania granic gruntów po każdorazowym wylewie Nilu. Czynili to, posługując się m.in. sznurami podzielonymi węzłami na dwanaście części – formując z nich trójkąt o bokach w proporcji 5 : 4 : 3 potrafili wyznaczać kąt prosty. Umieli obliczać powierzchnię trójkątów, prostokątów, a nawet trapezów, z dobrym przybliżeniem powierzchnię koła, podnosząc do kwadratu $\frac{8}{9}$ jego średnicy (co odpowiada wartości π około 3,16). Zyskali też biegłość w arytmetyce, niezbędnej w biurokratycznym scentralizowanym państwie, jakim był starożytny Egipt. Nieco inaczej od nas rachowali, gdyż nie dysponowali jeszcze systemem pozycyjnym, ani zerem. Mnożenia dokonywali poprzez odpowiednio krotne dodawanie. Podobnie też postępowali przy dzieleniu, dodając wielokrotnie wartość dzielnika, aż otrzymali wynik bliski dzielnej. Jeśli nie dało się tego zrobić bez reszty, uciekali się – tak jak my – do ułamków. Ale, będąc nowatorami, nie umieli wykorzystać pełni następujących się w związku z tym możliwości, ograniczając się z reguły do takich, które w naszym zapisie odpowiadałyby ułamkom z jedyneką w liczniku (w takim stanie rzeczy zapis ułamka uzyskiwano kładąc nad daną liczbą symbol oznaczający „część”). Było to ograniczenie wynikające, jak się wydaje, ze zbytnej dosłowności

semantycznej. Traktowali bowiem termin np. „piąta część” jako ostatnią, piątą, która dodana do czterech takich samych, dopełni całość. W tak dosłownym rozumieniu tego wyrażenia może być tylko jedna, właśnie „piąta część”, a nie może być ich dwóch, czy trzech. Toteż nie istniały w starożytnym Egipcie ułamki typu $\frac{2}{5}$ czy $\frac{3}{8}$, ani im podobne. W razie potrzeby przedstawiano ich wartości jako sumę ułamków „jednostkowych”, a więc np. $\frac{3}{8}$ jako $\frac{1}{4} + \frac{1}{8}$. Jedynym wyjątkiem od tej reguły było stosowanie ułamka $\frac{2}{3}$ posiadającego odrębny własny symbol, znaczący „dwie części” (czyli, zgodnie z przedstawionym wyżej rozumowaniem, dwie części, które dopełnią „trzecią” taką samą do całości).

Mieli też starożytni Egipcjanie zaskakująco rozwiniętą wiedzę medyczną. Poświadczają to m.in. świadectwa przeprowadzania przez nich tak nietuzinkowych udanych operacji chirurgicznych jak usuwanie zaćmy czy trepanacja czaszki. Wiedzieli również sporo o chemii praktycznej, którą posługiwali się mumifikując zwłoki, czy wytwarzając barwniki tak dobrze zachowane na pozostawionych przez nich malowidłach, choćby grobowych.

Nie ustępowali Egipcjanom starożytni Sumerowie, wynalazcy pisma i koła. A ich następcy, Babilończycy, wznieśli wiedzę, zwłaszcza matematyczną i astronomiczną, na wyżyny nieosiągalne dla współczesnych im mieszkańców doliny Nilu. Kapłani babilońscy, prowadząc przez całe stulecia systematyczne obserwacje nieba, wypracowali metody umożliwiające im przewidywanie pojawiania się w określonym czasie określonych planet. Umie li też przewidywać zaćmienia Księżyca. Budzi to nasz szczególny podziw, bowiem dobrze przecież wiemy, iż nie dysponowali żadną teorią odzwierciedlającą, choćby z grubym przybliżeniem, rzeczywistych ruchów ciał niebieskich. Wśród obficie zachowanych tabliczek klinowych, są takie, które świadczą o dużo wcześniejszej znajomości w Mezopotamii wielu prawidłowości matematycznych i geometrycznych, których odkrycie przypisywaliśmy do niedawna dopiero Grekom. Coraz pełniej zdajemy sobie dziś sprawę jak wiele zarówno Grecy, jak i my za ich pośrednictwem, zawdzięczamy właśnie kapłanom babilońskim, zwłaszcza tym, którzy działali w ostatnim tysiącleciu dawnej ery. To oni przecież podzielili godzinę na 60 minut, a minutę na 60 sekund. Oni też podzielili obwód koła na 360 stopni. W tych, jakże aktualnych do dziś realiach, zakłęta jest pamięć o tym, że rachowano w starożytnej Mezopotamii posługując się systemem sześćdziesiątkowym. Im także zawdzięczamy siedmiodniowy tydzień, nijak przecież nie pasujący do innych przedziałów czasowych stosowanego przez nich, a i przez nas, kalen-

darza, z czego wynika na pewno, że w zakresie zwyczajów codziennych tradycja potrafi opierać się skutecznie przez całe tysiąclecia najrozmaitszym zapędem upraszczającym i systematyzującym. Widać to także na przykładzie dzisiejszych nazw gwiazdozbiorów, których znaczna część dochowała się także ze starożytnego Babilonu.

GRECY – INICJATORZY NAUKOWEGO SPOSOBU MYŚLENIA

W drugiej połowie ostatniego tysiąclecia dawnej ery ukształtowała się cywilizacja, którą można nazwać śródziemnomorską, a rozkwit jej przypadł na okres hellenistyczny, kiedy – po podbojach Aleksandra Wielkiego – doszło do szczególnie ożywionej „międzynarodowej” wymiany idei i doświadczeń. Jej podstawę stanowił zasób wiedzy nagromadzony przez cywilizacje funkcjonujące już od tysięcy lat nad Nilem i w Mezopotamii, uzupełniony wkładem młodszych ludów (m.in. alfabet, wytop żelaza), ale ostateczny kształt nadali jej Grecy. Nauczyli się oni mnóstwo od swoich poprzedników, przede wszystkim od Babilończyków, ale też wnieśli własne, nowe podejście. Wiedza kapłanów egipskich i babilońskich ograniczała się głównie do praktycznych recept postępowania w konkretnych przypadkach. Nie kusili się oni, by zgłębiać istotę zjawisk zachodzących w otaczającej ich rzeczywistości, czy dochodzić ich przyczyn – uważając, że wszystko co się dzieje jest zgodne z porządkiem świata, czy też wolą bogów. Grekom nie wystarczały już takie wyjaśnienia. Chcieli poznać mechanizm tych zjawisk, a czyniąc to wypracowali oparty na metodach poprawnego logicznego rozumowania sposób dociekania rządzących nimi praw. Byli pierwszymi stawiającymi tego rodzaju pytania i starającymi się szukać na nie odpowiedzi. Czyniąc to, zapoczątkowali naukę, która stała się najpotężniejszym instrumentem poznawania rzeczywistości.

Sposób, w jaki już od VI wieku p.n.e. próbowali zrozumieć rzeczywistość najdawniejsi mędrcy greccy, jõesy filozofowie przyrody, polegał głównie na spekulowaniu. Posługiwali się oni myśleniem dedukcyjnym, szukając analogii, a także indukcyjnym – stawiając hipotezy. Większość wniosków do jakich dochodzili była, oczywiście, błędna. Zbyt mało bowiem znali faktów, nie zdawali też sobie sprawy ze stopnia złożoności świata. Ale w wyniku owej „burzy mózgów” uprawianej przez stosunkowo liczną grupę wybitnie inteligentnych ludzi przez parę stuleci, wpadano

niekiedy (trochę na zasadzie znanej reguły, mówiącej o małpach i fortepianach) na właściwy trop. Można się go doszukiwać w atomizmie Leukippa i Demokryta, w heliocentryzmie Arystarcha z Samos, w poglądzie Anaksagorasa z Klazomeny, że *Słońce jest bryłą rozpalonego metalu większą od Peloponezu*, a w jakiejś mierze także w wywodzeniu wszystkiego z wody przez Talesa z Miletu. Na pewno były jakieś jego elementy (kulistość Ziemi, harmonia proporcji w naturze) w tajemnej wiedzy pitagorejczyków. Główną zasługą owych, błędzących często po omacku prekursorów, było stworzenie elementarnych podstaw naukowego myślenia.

Grecy byli bystrzymi obserwatorami, dokonali wiele w zakresie systematyzacji i klasyfikacji świata przyrody. Sięgali nawet niekiedy do empirii. Wiemy, na przykład, że Arystoteles, spędzając miesiąc miodowy na wyspie Lesbos, krajał rozmaite stworzenia morskie, żeby poznać ich budowę wewnętrzną. Ale nie zadał sobie niewielkiego przecież trudu, by się przekonać, że nie ma racji utrzymując, iż mężczyzna ma więcej zębów niż kobieta. A Empedokles z Akragas, twórca koncepcji głoszącej, że cała materia składa się z kombinacji czterech podstawowych elementów (powietrza, wody, ognia i ziemi), przyplacił życiem pasję naukową nazbyt zbliżywszy się do badanego wulkanu (Etny). Niewielu wszakże myślicieli starożytnej Grecji posługiwało się metodą eksperymentalną. Wśród przyczyn, jakie się na to złożyły, nie najmniej ważną było stronienie od zajęć czysto fizycznych, charakterystyczne dla elit (i tych, co za nie chcą uchodzić) społeczeństw silnie zhierarchizowanych, nie tylko starożytnych i niewolniczych. Ale głównym powodem było niewątpliwie poleganie przede wszystkim na rozumowaniu.

Nieźrównanym mistrzem takiej postawy był Sokrates, nigdy nie zajmujący się naukami przyrodniczymi, a jednak „mimowolnie” zasłużony dla ich rozwoju. To z jego szkoły precyzyjnego formułowania sądów zrodziły się zaczątki reguł rozumnego definiowania i wnioskowania, czyli metodologii naukowej. Jego uczeń Arystokles, bardziej znany jako Platon („szeroki w barach” – w młodości był zapaśnikiem), był wprawdzie entuzjastą matematyki i uważał, że jej metody najwierniej odwzorowują harmonię świata jako całości, ale nie cenił empirii, sprowadzającej się – jego zdaniem – do obserwacji złudnych zewnętrznych pozorów. Wedle Platona rzeczywistość była jedynie słabym i niedoskonałym odbiciem jedynych wartych zgłębiania rzeczy, czyli idei. To wpływ Platona w dużej mierze ukształtował przekonanie, że podstawowym zadaniem filozofa jest poznawanie istoty praw nadrzędnych, ogólnie obowiązujących, poprzez rozumowanie i tłumaczenie nimi obserwowanych zjawisk. Jeśli dane obserwacyjne nie pasują do tych praw, trzeba je „ratować” rozumowo.

A więc, na przykład, zmienna prędkość Księżyca nie może podważyć mniemania, iż najdoskonalszą formą ruchu jest ruch jednostajny kołowy. Stosując się do tej reguły starożytni astronomowie dobudowywali do kołowych z założenia orbit ciał niebieskich skomplikowane systemy hipotetycznych epicykli i dyferensów, po to, by ostateczny efekt „ruchu po wielu kołach” był zgodny z obserwacjami.

Najbardziej całościowy zharmonizowany wewnętrznie system filozofii przyrody, oparty na zdobyczach myśli greckiej, stworzył uczeń – ale i w jakimś sensie antagonistą – Platona, Arystoteles. Uznał, że żyjemy we wszechświecie istniejącym od zawsze i na zawsze, w którym wszelkie elementy wykazują tendencję by zająć właściwe sobie naturalne miejsce (dlatego kamień spada, płomień ulatują w górę, a wszelkie nienaturalne ruchy są wymuszone). W takim wszechświecie Ziemia, jako najcięższa, musi – rzecz jasna – znajdować się w najniższym miejscu, czyli pośrodku. Odrzucił atomizm, jako sprzeczny z ciągłością materii, którą można dzielić bez końca, a heliocentryzm dlatego, że nie obserwujemy zmian w położeniu gwiazd stałych (są one praktycznie niedostrzegalne gołym okiem, gdyż rzeczywiste rozmiary wszechświata są nieporównanie większe niż wyobrażał sobie to Arystoteles). Naturę, zdaniem Arystotelesa, znamionuje celowość, co m.in. przejawia się w formach występujących w przyrodzie ożywionej. Jako dowód powszechnego występowania czterech elementów, podał przykład płonącego polana, z którego obok płomieni (ogień) ulatuje dym (powietrze) i wycieka żywica (woda), a z którego ostatecznie pozostaje popiół (ziemia). Powyżej sfery powietrza znajduje się sfera ognia, a świat powyżej sfery Księżyca wypełnia ponadziemski, piąty element – eter, wydedukowany rozumowo, gdyż wszelkie oddziaływanie na odległość wymaga istnienia jakiegoś ośrodka materialnego (z koncepcją eteru kosmicznego rozprawiono się dopiero w końcu XIX wieku, a ostateczny cios zadał jej Einstein).

System Arystotelesa zajmuje wyjątkową pozycję w dziejach nauk przyrodniczych. Trudno przecenić wpływ jaki wywarł na myśl europejską w tym zakresie, a jego inspirujące oddziaływanie trwało ponad półtora tysiąca lat. Bliższy nam psychologicznie był jednak inny, porównywalny z nim starożytny geniusz – Archimedes z Syrakuz – uczonego o nastawieniu, chciałoby się rzec, nowoczesnym, gdyż często i chętnie robił użytek ze swej wiedzy i inteligencji dla rozwiązywania problemów praktycznych. Witruwiusz przytacza następujące wydarzenie:

Spośród rozlicznych i podziwu godnych odkryć Archimedes, chcę podać jedno, które również zdaje się świadczyć o niepospolitej bystrości jego umysłu.

Oto gdy Hieron po zdobyciu władzy królewskiej w Syrakuzach postanowił to uczcić i złożyć w świątyni ślubowany bogom nieśmiertelnym wieniec ze złota, zlecił za wynagrodzeniem tę pracę złotnikowi, odważywszy potrzebne na to złoto. W oznaczonym czasie złotnik wykonał artystycznie pracę powierzoną, a wieniec zdawał się mieć właściwy ciężar. Skoro jednak doniesiono, że przedsiębiorca sprzeniewierzył część złota i w zamian dodał tyleż srebra, Hieron oburzony, że go wyprowadzono w pole i nie wiedząc, jak wykryć kradzież, zwrócił się do Archimedesesa z prośbą, by się tego podjął. Archimedes, będąc przypadkowo w łaźni w okresie gdy zajmował się tym zagadnieniem, zauważył schodząc do wanny, że ilość wody wypływającej z wanny odpowiadała objętości ciała zanurzonego w wodzie. Gdy to spostrzeżenie nasunęło mu sposób rozwiązania zagadnienia, nie zwlekał ani chwili, lecz wyskoczywszy z wanny radośnie biegł nago do domu i wołał głośno, że znalazł to, czego szukał; biegnąc wykrzykiwał po grecku – heureka, heureka!

Powiadają, że opierając się na tym odkryciu sporządził dwie bryły o tym samym ciężarze co wieniec, jedną ze złota, drugą ze srebra. Następnie napełnił wodą duże naczynie po brzegi i wrzucił doń bryłę ze srebra. Z naczynia wypłynęła ilość wody odpowiadająca masie zanurzonej bryły ze srebra. Wyjąwszy bryłę, dolał tyle wody, ile ubyło, odmierzając ją sekstariuszem tak, by woda sięgała po brzegi naczynia, jak poprzednio. Tak oto dowiedział się, jaka ilość wody odpowiada danej wadze srebra.

Przekonawszy się o tym, w podobny sposób wrzucił do pełnego naczynia bryłę ze złota. Dolawszy wody po jej wyjęciu przekonał się, że wypłynęło mniej wody, i to o tyle mniej, o ile mniejsza była objętość bryły złota o tym samym ciężarze. Następnie napełniwszy znów naczynie wrzucił do wody ów wieniec i stwierdził, że przy zanurzeniu wieńca wypłynęło więcej wody niż przy zanurzeniu bryły złota o tej samej wadze. Na podstawie tego zjawiska, że więcej wody wyparł wieniec niż bryła złota, drogą rozumowania odkrył domieszkę srebra w złocie i jawne fałszerstwo złotnika.

Innym, może jeszcze bardziej spektakularnym przypisywanym mu czynem było samodzielne zwodowanie największego okrętu swej epoki, *Syrakuzji*, przy użyciu kołowrotu i skomplikowanego układu wielokrążków (których był ponoć wynalazcą). Archimedes udowodnił matematycznie prawo dźwigni i stworzył teorię zyskowności mechanicznej. Miał podobno mawiać: „Dajcie mi punkt podparcia, a poruszę cały świat”. Z przytoczonej relacji Witruwiusza wynika, że bliski był pojęcia ciężaru właściwego. Wynalazł śrubę Archimedesesa, twórczo zajmował się hydrostatyką (prawo Archimedesesa), stworzył metodę znajdowania środków

ciężkości figur płaskich, wreszcie najdokładniej ze starożytnych obliczył stosunek długości okręgu koła do jego promienia (π), jako zawarty pomiędzy $3 \frac{1}{7}$ a $3 \frac{10}{71}$. Broniąc przed Rzymianami Syrakuz, konstruował rozmaite przemyślne maszyny wojenne, m.in. miotacze potężnych pocisków. Natomiast dużo późniejszym zmyśleniem jest legenda o spaleniu przez niego wówczas floty rzymskiej przy użyciu zwierciadeł.

To głównie dzięki Archimedesowi wypada uznać III wiek p.n.e. za szczytowy moment rozkwitu myśli greckiej w interesującej nas dziedzinie. Ale był tylko najwszechstronniejszym i najpłodniejszym z kilku działających wówczas genialnych uczonych, zgrupowanych głównie w Aleksandrii, która na kilka stuleci wyrosła wtedy na intelektualną stolicę świata. Dzięki mecenasowi rządzącej hellenistycznym Egiptem dynastii Ptolemeusza, powstała tam pierwsza w dziejach instytucja grupująca i wspierająca wybitne umysły, rodzaj akademii nauk – Muzejon (świątynia Muz). Spośród nich na szczególną uwagę zasługuje Euklides, twórca podstaw geometrii oraz Eratostanes z Cyreny, który dokonał pierwszego pomiaru wielkości Ziemi. Funkcjonowała tam również słynna Biblioteka Aleksandryjska, mająca ambicje gromadzenia całej wiedzy ludzkiej (spalona ostatecznie przez Arabów w VII wieku n.e.).

Grecki dorobek naukowy zdominował kulturę antyczną. Rzymianie, choć opanowali cały świat śródziemnomorski, pozostali w tej dziedzinie jedynie uczniami i niedoskonałymi naśladowcami Greków.

ŚREDNIOWIECZE – PRZECHOWALNIA STAROŻYTNYCH ZDOBYCZY, A MOŻE COŚ WIĘCEJ...

Upadek zachodniego cesarstwa rzymskiego (476) na parę wieków pograżył Europę zachodnią i część środkowopółnocnej w chaosie i zatamowaniu na społeczności lokalne. W dziedzinie cywilizacji i kultury na większości tego obszaru trwał, co najmniej do VIII stulecia, okres zwany „mrocznymi wiekami”. Niszcząca i obracała się w ruinę rzymska infrastruktura, a jej pozostałości ugruntowywały przekonanie o dawnej, niemożliwej do naśladowania świetności – swoisty kompleks „złotego wieku”, który bezpowrotnie przeminął, jaki miał zdominować średniowieczne myślenie.

Rozwój wiedzy o przyrodzie uległ zahamowaniu także we wschodniej części basenu Morza Śródziemnego. W imperium bizantyjskim, podobnie jak w powstałym niebawem świecie islamu, który wchłonął znaczną część obszarów dawnego władztwa rzymskiego, ograniczano się do przechowywania zdobyczy antyku w tym zakresie, czyniąc z nich głównie użytek w praktykowaniu alchemii i astrologii. Zasadnicze życie umysłowe ukierunkowane tam było znacznie bardziej na sprawy ducha i religii, co najmniej do przełomu pierwszego i drugiego tysiąclecia, kiedy pewien oryginalny wkład do przyrodoznawstwa wniosła tzw. wielka czwórka nauki arabskiej: Alhazen, Awicenna, Al-Biruni i Rhazes. Punkt ciężkości światowego rozwoju szeroko pojętych nauk przyrodniczych, także stosowanych (kompas, papier, nowoczesny zaprzęg, porcelana, proch), przesunął się na tysiąc lat na daleki Wschód, do Chin.

W jakiejś mierze w przechowywaniu i chronieniu antycznych zdobyczy przyrodoznawstwa uczestniczyły też od końca VII wieku, na miarę swych możliwości, zachodnioeuropejskie społeczności zakonne, na terenie obecnej Anglii (Beda Czcigodny), a z czasem i Francji. To właśnie mnisi, głównie benedyktyni, cierpliwie powielający starożytne manuskrypty, przyczynili się do tego, że wiedza europejska w tym zakresie nie do koń-

ca zamarła. Ale warto też pamiętać, że znacznie lepiej średniowieczna Europa zapoznała się z kluczowymi dziełami starożytnych filozofów przyrody (zwłaszcza Arystotelesa), kiedy w XII wieku doszło do masowego ich tłumaczenia z przekładów arabskich na łacinę, głównie na terenie Hiszpanii, gdzie kontakty między światem islamu i chrześcijaństwem były wówczas najbliższe.

Pozostały po upadłym imperium wspólny język, łacina, ułatwiający kontakty i wymianę myśli oraz wspólna religia zapewniały zatomizowanej populacji zachodnioeuropejskiej uniwersalizm kulturalny. Podtrzymywał go zwłaszcza Kościół – jedyna wszechobecna i działająca planowo organizacja – nadająca ton zubożałemu życiu umysłowemu. Właśnie Kościół, doceniając przydatność praktyczną takich dziedzin jak matematyka, astronomia czy geografia, zadbał o kształcenie w tym zakresie w szkołach przykatedralnych i przykościelnych. Charakterystyczny dla europejskiego średniowiecza program szkolny ukształtował się w monarchii Karola Wielkiego (przełom VIII i IX wieku). Obejmował siedem nauk wyzwolonych – zgrupowanych na niższym poziomie w *trivium* (gramatyka, logika, retoryka), a na wyższym w *quadrivium* (geometria, arytmetyka, astronomia, muzyka).

Z czasem ukoronowaniem szkolnictwa europejskiego stały się uniwersytety, czyli uczelnie kształcące dorosłych, będące wynalazkiem średniowiecznym. Ich zaczątków można się dopatrzeć w szkole przykatedralnej w Chartres, pozostającej pod wpływem filozofii platońskiej, w XII wieku. Jeszcze w tymże stuleciu powstały w Paryżu i w Bolonii pierwsze regularne uniwersytety, pomyślane jako wspólnota wykładowców i słuchaczy o znacznym stopniu niezależności i własnym samorządzie, a w XIII wieku następne w Oksfordzie i w Montpellier. Na północ od Alp i wschód od Renu pojawiły się w XIV stuleciu – pierwsze w Pradze (1348), Krakowie (1364) i Wiedniu (1365). Warto wszakże pamiętać, że uniwersytet średniowieczny różnił się w zasadniczy sposób od nowoczesnego. Nie stawiał sobie za zadanie prowadzenia badań poszerzających horyzont wiedzy naukowej. Głównym jego celem było zachowanie i przekazanie następnym pokoleniom zdobyczy nauki antycznej. Wynikało to z powszechnego wówczas przekonania, że świat najlepsze ma już za sobą i znajduje się w stanie stopniowego upadku.

Wedle naszych kryteriów, zakładających że badania podstawowe stanowią najważniejszą dźwignię postępu naukowo-technicznego, był zatem uniwersytet średniowieczny swego rodzaju ślepą uliczką. Ograniczał się do roli strażnika cudzych myśli i ich uprawnionego interpretowania. Jeśli więc dochodziło w średniowiecznej Europie do poszerzania zasobu wiedzy przyrodniczej, to głównie poza uniwersytetami, w środowiskach

badaczy skonfliktowanych z nauką oficjalną, uprawiających alchemię, astrologię, czy tzw. magię naturalną. W kręgach nie respektujących moralnego zakazu wszelkich prób naśladowania natury, w których ośmielano się wysuwać pierwsze zastrzeżenia do poglądów głoszonych przez starożytne autorytety. Były to zaczyny fermentu, który miał z czasem doprowadzić do zmiany sposobu myślenia (paradygmatu) na renesansowy.

Mówiąc o nieuniknionych słabościach nauki średniowiecznej nie wolno wszakże zapomnieć, że skutecznie sprostowała ona podstawowemu zadaniu kontynuacji i zachowania ciągłości głównego nurtu myśli ludzkiej w interesującym nas zakresie. I uczyniła to w niesprzyjających warunkach uniformistycznego religijnego zdominowania, w pełni zdając sobie sprawę z własnej słabości (co jest rzadką zaletą). Ludzie kształtujący ówczesne życie umysłowe wypełnili obowiązek, który można porównać do zadania jakie stoi przed najsłabszym biegaczem uczestniczącym w sztafecie – nie dopuścili do zgubienia pałeczki. Najbardziej zasłużonymi spośród nich dla poziomu średniowiecznego przyrodoznawstwa byli Albert Wielki, w jakimś sensie prekursor empiryzmu i jego uczeń Tomasz z Akwinu (XIII w.). Ten ostatni był głównym sprawcą zaaprobowania przez Kościół zasadniczego zrębu nauk Arystotelesa, na tej zasadzie, że prawda jest jedna, a zatem badanie dzieła Stwórcy jest działaniem na jego chwałę. Było to brzemienne w skutki. Przygotowywało niezbędną bazę wyjściową przyszłych sukcesów nauki europejskiej. Zauważmy, że świat islamu rozstrzygnął ten sam problem dokładnie odwrotnie, głównie dzięki al-Gazalemu (XII w.), który uznał, że badania naukowe są szkodliwe, gdyż podważają wiarę w Boga. Europejskie rozwiązanie okazało się korzystniejsze dla rozwoju nauki, arabskie dla pozycji religii.

Adaptując arystotelesowski obraz świata, zadbano oczywiście o modyfikacje tych poglądów Arystotelesa, które były wyraźnie sprzeczne z *Pismem Świętym*. Nie zaaprobowano, na przykład, jednego z podstawowych jego założeń – tego, że wszechświat jest nieskończony w czasie, nie miał początku i nie będzie miał końca. Oparcie się na systemie Arystotelesa, będącym szczytowym osiągnięciem starożytnego przyrodoznawstwa, było niewątpliwie najlepszym z możliwych wówczas rozwiązań. Z czasem jednak Arystoteles stał się *de facto* czymś w rodzaju bardzo ważnego przedchrześcijańskiego Ojca Kościoła, a jego poglądy traktowano jak dogmaty religijne. Przysporzyło to kłopotów, kiedy w wyniku postępu badań pod koniec średniowiecza coraz łatwiej było dostrzec, że niektóre elementy zasobu usystematyzowanej przez greckiego filozofa przyrody wiedzy uległy dezaktualizacji.

Mimo wspomnianego zastoju byli w średniowieczu badacze próbujący wyjść poza poziom wiedzy zastanej, choćby Jean Buridan i Nicole

d'Oresme, twórcy teorii impetu, bliscy uchwycenia istoty pojęcia bezwładności (XIV w.), czy prekursorzy empiryzmu Robert Grosseteste (m.in. optyka) i Roger Bacon (XIII w.). Zwłaszcza ten ostatni zasługuje na uwagę ze względu na niespotykany w owej epoce sposób myślenia. W trakcie *Epistula de secretis operibus artis et naturae...* przewidział wynalezienie m.in. samolotów oraz okrętów i pojazdów o napędzie mechanicznym. Od niego pochodzi pierwsza europejska wzmianka o prochu i możliwości stosowania go na wojnie. A w napisanym dla papieża Klemensa IV opracowaniu podsumowującym ówczesny stan wiedzy (1267), wspomniał o możliwości dopłynięcia z Hiszpanii do Indii w kierunku zachodnim (na co powołał się Kolumb w liście do Ferdynanda i Izabeli w końcu XV wieku). Nikt jednakże nie może być całkiem wolny od klimatu swej epoki, toteż tenże Roger Bacon przypisywał zwycięstwa odnoszone wówczas przez Mongołów temu, że mają lepszych astrologów niż ich wrogowie...

Zajmując się średniowieczem europejskim w kontekście historii nauk przyrodniczych nie sposób nie traktować go jako wstępu do renesansu i jego dalekosiężnych konsekwencji. Biorąc zaś pod uwagę owe następstwa, warto się zastanowić czy posługując się terminem „średniowiecze” jako synonimem zacofania nie ulegamy zewnętrznym pozorom maskującym istotę rzeczy. Musiały bowiem w klimacie umysłowym owej epoki wiary, a więc zapewne i w mentalności chrześcijańskiej, być jakieś elementy, które zadecydowały o wyborze takiej a nie innej linii rozwoju. Jednym z (nie całkiem ubocznych) produktów owego rozwoju jest wszak charakterystyczny dla naszej epoki racjonalny sposób myślenia – a on każe nam sądzić, że nic się nie dzieje bez przyczyny.

STWORZENIE MODELU NAUKI EMPIRYCZNEJ: REWOLUCJA NAUKOWA XVII WIEKU I JEJ KONSEKWENCJE

Stopniowo w łonie europejskiego ładu średniowiecznego kształtowały się prądy myślowe, które z czasem miały go przeobrazić w znacznej mierze we własne zaprzeczenie. Jedną z tendencji było nawiązywanie do tradycji intelektualnej antyku, z zamiarem kontynuacji dorobku starożytnych (zuchwałym, wedle średniowiecznych kryteriów). Sprzyjał temu postępujący od XII wieku napływ do Europy zachodniej tekstów antycznych przechowywanych przez Arabów, głównie przez Hiszpanię, gdzie kontakty ze światem islamu były najbliższe.

Inną ważną tendencją była reakcja na uniformizm ideologiczny średniowiecza i jego sztywny dogmatyzm w sprawach podstawowych. Miało to silne związki z wątpliwościami natury intelektualnej dotyczącymi zakresu swobody w interpretowaniu *Pisma Świętego*, a także z wątpliwościami natury moralnej dotyczącymi funkcjonowania instytucji kościelnych w praktyce. Ów ferment doprowadził z czasem do reformacji (XVI w.) i rozłamu w Kościele, ze wszystkimi wynikłymi z tego konsekwencjami. Najwcześniej zmanifestował się w dziedzinie poznawczej, gdzie wyraźnie dostrzegano objawy dezaktualizacji ustaleń dokonanych przez Arystotelesa, od XIII stulecia uznawanego przez Kościół za rodzaj „przedchrześcijańskiego świętego”. Owa aprobata kościelna, będąca w swoim czasie niewątpliwie przejawem pewnej elastyczności, stała się z czasem – w wyniku procesu, który można by nazwać „dogmatyzacją” – ogromnym utrudnieniem w prowadzeniu badań mających na celu pogłębianie i rozszerzanie wiedzy.

Nowym prądom, kwestionującym ugruntowane od stuleci autorytety i wartości, sprzyjał istny zalew nowych informacji, od połowy XV wieku upowszechnianych szybciej niż kiedykolwiek przedtem i szerzej w wyniku stosowania druku. Przyczyniała się do tego postępująca penetracja Ziemi – odkrycie Ameryki (1492), dopłynięcie wokół Afryki do Indii (1497)

i opłynięcie dookoła Ziemi (1522), poświadczające empirycznie jej kulisty kształt. Największym przełomem było odkrycie dokonane przez Mikołaja Kopernika, który dowiódł matematycznie (choć ogłosił to, ze względów taktycznych, w przebraniu hipotetycznym), iż Ziemia wcale nie jest nieruchomym środkiem wszechświata, ale niewielką planetą krążącą z ogromną prędkością wokół Słońca. Wywołało to ogromny przełom w poglądach na rolę i znaczenie ludzkości, osłabiło też autorytet Kościoła. Procesy te przebiegały z ogromnymi oporami, gdyż naruszały ustalony porządek rzeczy. W dziedzinie poznawczej zaowocowały europejską rewolucją naukową XVII wieku, dokonaną pod sztandarem empiryzmu.

Człowiekiem, który pierwszy jawnie i wyraźnie sformułował zadania, jakie odtąd stawia sobie nauka, był angielski urzędnik państwowy (nie najlepszej zresztą konduity), Francis Bacon. Był też pierwszym, który rozpatrywał korzyści płynące z lansowanej przez siebie jej „służebnej roli” w kategoriach dobra ludzkości traktowanej jako całość. Był zdecydowanym zwolennikiem postępu. Przewidywał powołanie instytucji państwowych wspierających dokonywanie i rozpowszechnianie wynalazków. Uważał, że respekt dla osiągnięć starożytnych nie powinien hamować rozwoju i pogłębiania wiedzy. Napisał m.in.: *Dzięki dalekim wyprawom i podróżom, do których często dochodzi w naszych czasach, odkryto i udostępniono wiele sekretów natury, mogących tchnąć nowe życie w filozofię. Nie przynosiłoby z pewnością nam zaszczytu, gdyby w obliczu szeroko otwierających się dziś przed nami obszarów świata materialnego – świata Ziemi, morza i gwiazd – świat intelektualny pozostawał nadal zamknięty w ciasnych granicach dawnych odkryć.*

Innym ważnym ówczesnym propagatorem racjonalnego podejścia do rzeczywistości był Francuz René Descartes (Kartezjusz), błyskotliwy matematyk, a przy tym pierwszy oryginalny, wielkiej miary filozof od czasów starożytnych. Był on przekonany, iż krążenie planet wokół Słońca da się wyjaśnić matematycznie i uważał to za jedno z najważniejszych zadań intelektualnych swej epoki.

Właśnie tych dwóch ludzi wypada uznać za heroldów nowocześnie rozumianej i uprawianej nauki. Różnili się wprawdzie podejściem do tej problematyki: Bacon lansował metodę indukcyjną i empiryzm, Kartezjusz był przede wszystkim za dociekaniem umysłowym. Opozycja ta jest jednak, z dzisiejszej perspektywy, pozorna – nauka nowoczesna wykorzystuje bowiem obie te drogi.

Wątek pierwszy: *mechanika ciał niebieskich i nie tylko*

Kopernik „wstrzymał Słońce, ruszył Ziemię”, ale nie ustrzegł się wypływającej z tradycji antycznej infekcji: sądził, że planety krążą po orbitach o kształcie idealnym, a więc kolistych. Skorygował to Johannes Kepler, ustalając na początku XVII wieku, że w istocie poruszają się one po torach eliptycznych. Wielkim propagatorem teorii heliocentrycznej był Galileo Galilei (Galileusz), który w 1609 r. zapoczątkował teleskopowe obserwacje astronomiczne. Dokonane za ich pomocą odkrycia – „ziemski” charakter powierzchni Księżyca, analogiczne do księżycowych fazy planety Wenus, wreszcie satelity krążące wokół Jowisza, stanowiące wraz z macierzystą planetą jakby model Układu Słonecznego – stanowiły podbudowujące ową teorię przesłanki. Toteż niebawem nikt z szeroko pojętej europejskiej elity intelektualnej nie miał już wątpliwości, że jest ona prawdziwa. Każdemu bowiem człowiekowi myślącemu musiało nasuwać się pytanie, które w 1657 r. sformułował, mając na myśli kulistość Ziemi, Christopher Wren: *Czemu ciało tak idealnie nadające się do ruchu nie miałoby się poruszać wśród ciał niebieskich?*

Galileusz zajmował się nie tylko astronomią. Był jednym z głównych sprawców przeistoczenia się średniowiecznej filozofii naturalnej w nowocześnie pojmowane nauki ścisłe. Stworzył m.in. podwaliny dzisiejszej fizyki klasycznej. Zajmując się balistyką, dowodził, że każdy pocisk leciałby po torze parabolicznym, gdyby nie opór powietrza. O prawach natury mawiał, że są w istocie proste i dadzą się wyrazić matematycznie, tyle, że ich prostota maskowana jest przez okoliczności drugorzędne. Sam obdarzony był wyjątkową umiejętnością abstrahowania istoty badanego problemu z gąszczem skomplikowanych, zróżnicowanych zjawisk. Poświadcza to odkrycie izochronizmu wahadła na podstawie obserwacji tak banalnego i powszechnie znanego zjawiska, jak kołysanie się żyrandola.

Na podstawie ustaleń Keplera i Galileusza wszechstronny uczyony angielski Robert Hooke zaobserwował, że planety – podobnie jak pociski – poruszają się po torach będących krzywymi przecięć stożkowych. Nasuwało to przypuszczenie, że i jedno i drugie podlegają tym samym prawom, przybliżające do prawdy, bowiem podważające panujące od czasów antycznych przekonanie o doskonałej odmienności ciał i zjawisk niebieskich.

Człowiekiem, który ostatecznie rozwiązał problem mechaniki nieba, był Isaac Newton, niewątpliwie jeden z największych geniuszy jakich wydała ludzkość. Do podstawowej koncepcji tego odkrycia doszedł

w najbardziej twórczym okresie życia, w ciągu osiemnastu miesięcy od lata 1665 r. do wiosny 1667 r., które spędził w rodzinnej wsi Woolsthorpe, bowiem w obawie przed szerzącą się zarazą zamknięto wówczas uniwersytet w Cambridge, a studentów odesłano do domów (w tym czasie odkrył też, że światło słoneczne jest mieszaniną światła rozmaitych barw, o różnych długościach fali, oraz stworzył zaczątki rachunku nieskończonościowego). Dokonał tych największych swoich osiągnięć w całkowitej izolacji intelektualnej, dzięki nieustannemu uporczywemu myśleniu o konkretnym problemie, koncentrując na tym całą uwagę, wskutek czego często tracił kontakt z otaczającą go rzeczywistością (stąd liczne anegdoty o roztargnieniu uniemożliwiającym mu dopełnianie najprostszych, ale zupełnie go nie interesujących obowiązków). Warto zwrócić uwagę, że jest to przykład czysto kartezjańskiej drogi prowadzącej do odkrycia naukowego. Dzięki owej „cierpliwości myśli” (jak sam to nazywał) i rzadkiej umiejętności dostrzegania rzeczy nieoczekiwanych, udało mu się wówczas dojść do wniosków wymagających przełamania ugruntowanych od tysiącleci barier psychologicznych.

Główną zasługą Newtona było bowiem w istocie zdobycie się na jakościowo nowe, nie obciążone „bagażem przeszłości” podejście do zagadnień znanych i rozważanych od wieków w sposób tradycyjnie rutynowy. Szczególnie spektakularnie ujawnia to ujęcie przez niego prawa powszechnego ciężenia, wraz z wypływającymi zeń konsekwencjami pozwalającymi rozumieć mechanizm funkcjonowania Układu Słonecznego. Zjawisko grawitacji było przecież dobrze znane i zbadane w skali ziemskiej. Z nawyku do tradycyjnego sposobu myślenia, ugruntowanego od czasów antycznych, zakładano, iż nie obowiązuje ono ciał niebieskich, podlegających wedle powszechnego mniemania odmiennym prawom. Rozważając ten problem w Woolsthorpe w 1666 r. Newton zaczął po raz pierwszy myśleć o przyciąganiu ziemskim sięgającym orbity Księżyca. Przypuszczalnie już wtedy zaświtała mu koncepcja pojęcia bezwładności, stanowiącej istotę sformułowanego po latach pierwszego prawa ruchu: *Jeśli na ciało nie działają żadne siły, to pozostaje ono w stanie spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym*. Wszyscy, którzy wcześniej zajmowali się zagadnieniami ruchu, nie potrafili się wyzwolić od rozpatrywania tego zjawiska wyłącznie w warunkach ziemskich. Nie brali więc jakby pod uwagę wszechobecności w takich warunkach przyciągania ziemskiego, tarcia i oporu ośrodka. Na podstawie danych obserwacyjnych uważali, że każdy ruch po jakimś czasie ustaje, jeśli nie dostarcza mu się energii. Nie umieli więc odejść od zniekształconego warunkami panującymi na Ziemi podejścia do tego problemu. Dziś, kiedy sprawa wydaje się banalnie prosta i oczywista, można by się dziwić, że

ludzkość musiała tak długo czekać na jej uzmysłowienie sobie. Poświadcza to prawidłowość, iż bariery psychologiczne trudniejsze są do przezwyciężenia od intelektualnych.

Dopracowanie swej teorii w szczegółach zabrało Newtonowi wiele lat. Dopiero w 1679 r., pod wpływem sugestii Hooke'a, przyjął założenie, iż przyciąganie wzajemne ciał słabnie proporcjonalnie do kwadratów ich odległości. W 1685 r. wpadł na pomysł, by dla celów obliczeniowych traktować ciała niebieskie jako punkty (znajdujące się w środku ich ciężkości). Rezultatem owych spostrzeżeń i przemyśleń było epokowe dzieło *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1686-87), stanowiące podstawę nowoczesnej mechaniki. To w oparciu o zawarte w nim ustalenia krążą dziś sztuczne satelity Ziemi (Newton brał pod uwagę ich możliwość) i docierają do celu sondy czy statki kosmiczne.

Wątek drugi: *problem powietrza atmosferycznego*

Starożytni Grecy zaliczali wprawdzie powietrze do czterech podstawowych elementów materii, ale uważali je za nieważkie, czyli nie posiadające masy. Pogląd ten, niekwestionowany (choć dawały do tego okazję osiągnięcia pneumatyczne Filona z Bizancjum, a zwłaszcza Herona z Aleksandrii), dotrwał do początków XVII wieku, kiedy Galileusz wykazał doświadczalnie, że powietrze ma masę i można je zważyć. Miało to związek z badaniami, jakie prowadził, próbując zweryfikować empirycznie twierdzenie Arystotelesa, iż *natura boi się próżni*.

Galileusz doszedł do wniosku, że zachodzi to w ograniczonym zakresie, bowiem z praktyki technicznej wiadomo było, iż wody nie da się podnieść pompą ssącą wyżej niż na wysokość 10 m. Poprawnie udało się to zjawisko wyjaśnić dopiero jego uczniowi, Evangelistie Torricellemu, który w słynnym doświadczeniu z 1643 r. dowiódł, że owa wysokość (dla rtęci wynoszącą 76 cm) jest miarą ciśnienia otaczającego glob ziemski „oceanu powietrza”. Na tej podstawie zbudował w 1644 r. barometr rtęciowy.

Wzbudziło to szerokie zainteresowanie. Idąc tropem rozumowania Torricellego, Blaise Pascal doprowadził w 1648 r. do porównania wskazań barometru w Clermont i na szczycie góry Puy de Dôme (różnica wzniesień około 1 km), co pozwoliło zaobserwować, że ciśnienie atmosferyczne maleje wraz ze wzrostem wysokości. Pascal też pierwszy zwrócił uwagę

na związek pomiędzy wahaniami tego ciśnienia a pogodą, co wypada uznać za zapoczątkowanie meteorologii.

Mnóstwo doświadczeń nad siłą ciśnienia atmosferycznego i możliwościami jej praktycznego wykorzystania przeprowadził burmistrz Magdeburga Otto von Guericke. Opracował on skuteczną technikę uzyskiwania próżni, konstruując w tym celu specjalną pompę (ok. 1650). Najgłośniejsze ze swych doświadczeń zaprezentował w maju 1654 r. na zjeździe Reichstagu cesarstwa niemieckiego w Ratyzbonic. Złożył dwie dokładnie dopasowane miedziane półkule tak, by tworzyły razem kulę o średnicy mniej więcej pół metra. Powierzchnię ich styku uszczelniał paskiem skóry nasyconej terpentyną i woskiem. Następnie wypompował z wnętrza owej kuli powietrze. Do każdej z półkul zaprzęgnięto po cztery pary koni pociągowych, które, ciągnąc w przeciwne strony, pomimo poganiania, nie potrafiły ich rozerwać. Doświadczenie z półkulami, które Guericke nazwał na cześć rodzinnego miasta „magdeburскими”, powtórzono niebawem na uniwersytecie w Würzburgu, a jego łaciński opis został opublikowany drukiem w Amsterdamie w 1672 r.

W innym doświadczeniu Guericke wykazał, że połączone wysiłki pięćdziesięciu ludzi nie zdołają zapobiec wpychaniu przez ciśnienie atmosferyczne tłoka do dużego metalowego naczynia, z którego wypompowano powietrze. Na tej podstawie stwierdził w 1661 r., że zjawisko to można wykorzystać do użytecznej pracy, co istotnie z czasem urzeczywistniono w atmosferycznych maszynach parowych. Guericke badał też sprężystość powietrza.

Doświadczenie z półkulami magdeburскими w Würzburgu oglądał jezuita Gaspar Schott, który wydawał w Lipsku „Acta Eruditorum”, jedno z pierwszych czasopism naukowych. W 1658 r. wpadł on na pomysł aerostatu, czyli statku latającego lżejszego od powietrza.

Próbowano też badać powietrze od strony chemicznej. Ostatnie publikacje zdają się wskazywać, że głośny na początku XVII wieku alchemik polski, Michał Sędziwój nie tylko zdawał sobie sprawę z istnienia tlenu (zawartego w powietrzu „pokarmu życia”), ale umiał go wytwarzać w przydatnych praktycznie ilościach metodą polegającą na „skruszeniu saletry mocą ognia”. Wygląda na to, że jego sposobem uzyskiwał tlen, dla odświeżania powietrza we wnętrzu wynalezionej przez siebie łodzi podwodnej, Cornelius Drebbel (1624). Wydaje się to tym bardziej prawdopodobne, że podobne metody stosowali oficjalni, uznani przez naukę odkrywcy tlenu pod koniec XVIII wieku. Jednym z nich był Joseph Priestley (1774), który zapoznał ze swymi osiągnięciami Antoine'a Lauranta Lavoisiera, co zaowocowało wyjaśnieniem przez niego procesu

spalania (utleniania) i obaleniem teorii flogistonowej (której zresztą sam Priestley pozostał wierny do końca życia). Priestley stwierdził, że tlenem oddycha się łatwiej niż powietrzem i słusznie przewidział, iż znajdzie to zastosowanie w niektórych przypadkach medycznych. Był w ogóle postacią wyjątkowo niezwykłą z wielu względów – w interesującej nas dziedzinie m.in. odkrywcą przyswajania przez rośliny dwutlenku węgla i wydzielania przez nie tlenu, a także wynalazcą wody sodowej. Napisał też traktat o powietrzu, którego lektura zainspirowała braci Montgolfier, papierników z Annonay w południowo-wschodniej Francji, do wynalezienia balonu (1783).

Wątek trzeci: *problem miary powszechnej*

Różnorodność stosowanych lokalnie w rozmaitych krajach i regionach tradycyjnie ukształtowanych miar i wag (do tego bardzo często noszących takie same nazwy), utrudniała transakcje handlowe i sprzyjała nieuczciwym machinacjom. Przystawienie się uczonych na naukę eksperymentalną, zainicjowanie matematyzacji nauk przyrodniczych i coraz częstsze prowadzenie badań nie tylko jakościowych, ale i ilościowych, pilnie wymagało przyjęcia wspólnych ustaleń, które umożliwiłyby wzajemne informowanie się badaczy o uzyskanych wynikach, czy powtarzanie cudzych doświadczeń. Można by powiedzieć, że na styku wspomnianych dwóch głównych cech rodzącej się wówczas nauki nowoczesnej (matematyzacji i eksperymentu) pojawiła się potrzeba ujednoczonego pomiaru, a więc wspólnej, logicznej (w miarę możliwości naturalnej, by ułatwić jej weryfikowanie) i dokładnej miary. Była nieodzowna, jeśli świat naukowy miał skutecznie współpracować.

Z jednostką czasu nie było kłopotów – sekunda znana była od głębokiej starożytności i łatwo było ją ustalić. Nic więc dziwnego, że po odkryciu przez Galileusza izochronizmu wahadła (ok. 1583), a zwłaszcza po zbadaniu i praktycznym wykorzystaniu (1657) tego zjawiska przez Christiaana Huygensa, najpopularniejszą wśród uczonych stała się koncepcja przyjęcia za miarę powszechną długości wahadła sekundowego (tę pierwszy zgłosił Huygens w 1664 r.) lub półsekundowego (sugerował to Christopher Wren w 1670 r.). W tym miejscu warto nadmienić, że autorem najdawniejszej znanej udokumentowanej takiej propozycji był Polak

Stanisław Pudłowski, profesor Akademii Krakowskiej, zmarły w 1645 r. Na jego pomysł powołuje się bowiem spolonizowany Włoch, Tytus Liwiusz Boratyni, który w wydanej w Wilnie pracy *Misura universale* (1675) zaproponował system miar i wag oparty na długości wahadła sekundowego, którą nazywa „metrem powszechnym, czyli katolickim” (miarę ciężaru powiązał z miarą długości w sposób analogiczny do przyjętego dzisiaj, bo za jej jednostkę uznał wagę sześcianu wody deszczowej o boku odpowiadającym 1/16 swego metra „w dniu niezbyt zimnym”).

Sprawa wydawała się przesądzona, kiedy doświadczenia przeprowadzone w Cayenne w Gujanie Francuskiej przez astronoma Jeana Richera wykazały, iż długość wahadła sekundowego mniejsza jest na równiku niż w Paryżu. Okazało się, że zależy ona od szerokości geograficznej. Podważyło to przydatność takiej jednostki miary, gdyż komplikowało możliwość jej kontrolowania. Mimo to, miała ona także w XVIII wieku zwolenników, nawet tej rangi co Thomas Jefferson, Charles Marie de La Condamine, czy Charles Maurice de Talleyrand-Périgord. Ten ostatni sugerował w 1790 r. francuskiemu Zgromadzeniu Ustawodawczemu przyjęcie w porozumieniu z Royal Society w Londynie jako miary powszechnej długości wahadła sekundowego dla średniej szerokości geograficznej krajów świata cywilizowanego, np. 45° szerokości północnej.

Ostatecznie rewolucyjna Francja (a w ślad za nią stopniowo cały świat) przyjęła metr oparty na długości południka ziemskiego (1799). Jako pierwszy taką jednostkę zaproponował Gabriel Mouton w 1670 r. Opierając się na opinii Akademii Francuskiej (która uznała, że *jest rzeczą bardziej naturalną mierzyć odległość punktów w odniesieniu do ćwierci obwodu Ziemi, niż w odniesieniu do długości wahadła*), Zgromadzenie Ustawodawcze uruchomiło w 1791 r. prace zmierzające do empirycznego wyznaczenia wielkości metra na podstawie pomiaru łuku południka biegnącego pomiędzy Dunkierką a Barceloną (trwało to, z powodu trudności politycznych, aż do 1798 r.). W inauguracji systemu metrycznego, do której doszło w Paryżu 22 czerwca 1799 r., uczestniczyli przedstawiciele Danii, Hiszpanii, Szwajcarii, Holandii, Ligurii, Republiki Rzymskiej, Republiki Toskańskiej i Królestwa Sardynii.

Wątek czwarty: *nowe, nieprzeczuwane światy dostępne poznaniu dzięki nowym wynalazkom – początki sprzężenia zwrotnego nauka-technika*

Na przełomie XVI i XVII wieku w pracowniach holenderskich szlifierzy soczewek powstały dwa urządzenia optyczne – mikroskop i teleskop – które udostępniły badaniom całkiem nowe światy: świat rzeczy niewyobrażalnie małych i świat rzeczy niewyobrażalnie wielkich. Już niebawem doszło przy ich użyciu do obserwacji i odkryć zmuszających do zrewidowania wielu obowiązujących od stuleci i uważanych za całkowicie pewne poglądów. Penetracja obszarów rzeczywistości niedostępnych wcześniej poznaniu otworzyła przed nauką nowe możliwości, a ich horyzont stale się poszerzał, w miarę jak doskonalono te przyrządy i techniki obserwacyjne. W ciągu kilku dziesięcioleci uzyskano mnóstwo nowych, najzupełniej nieoczekiwanych danych obserwacyjnych nie tylko ogromnie wzbogacających zasób wiedzy w kwestiach szczegółowych, ale też wymagających – dzięki swej niekwestionowanej niepodważalności – gruntownej reinterpretacji wyobrażeń uchodzących za fundamentalne.

Możliwości, jakie daje użycie mikroskopu, uzmysłowił Robert Hooke w opublikowanej w 1665 r. *Micrographii*, ilustrując je 57 zdumiewającymi rysunkami, przedstawiającymi w znacznym powiększeniu niedostrzegalne gołym okiem szczegóły budowy pchły, oka muchy, żądła pszczoły, pióra, nasiona, pajęczyny, ostrza igły. Odnotował w tej publikacji zaobserwowanie po raz pierwszy komórkowej budowy materii organicznej (w strukturze korka).

Jeszcze bardziej zdumiewających odkryć dokonał Antonie van Leeuwenhoek, posługując się doskonalonymi własnoręcznie mikroskopami, pozwalającymi mu uzyskiwać 270-krotne powiększenie. Zaobserwował on jako pierwszy bakterie (1674), a także m.in. ludzkie plemniki (1678). Warto może nadmienić, że jest to przykład czysto baconowskiej drogi prowadzącej do odkrycia naukowego. Uczynił w ten sposób Leeuwenhoek pierwszy krok na drodze, która doprowadziła w dwa wieki później Louisa Pasteura do ostatecznego obalenia teorii samoródtwa, dzięki eksperymentalnemu udowodnieniu, że zarówno procesy fermentacyjne jak niektóre choroby wywołują drobnoustroje (1857), co można uznać za zapoczątkowanie mikrobiologii nowoczesnej.

Nie wszystkie wszakże XVII-wieczne obserwacje mikroskopowe podważały obowiązujące poglądy naukowe. Bywało też, choć rzadziej,

że podbudowywały je i poszerzały. Tak było np. w przypadku Marcello Malpighiego, który dzięki tym nowym możliwościom potrafił uzupełnić obraz krążenia krwi w organizmie, odkrytego przez Williama Harveya (1628), wyjaśniając nieznaną wcześniej nauce związaną z nim szczegółą, zwłaszcza funkcjonowanie włosowatych naczynek krwionośnych (1661).

O roli, jaką odegrał teleskop, skierowany po raz pierwszy ku niebu przez Galileusza w 1609 r., w promowaniu teorii Kopernika wspomniano już w innym miejscu. Dzięki nowym możliwościom, stale wzrastającym (w doskonaleniu teleskopów uczestniczyli też wielcy uczeni, jak Kepler i zwłaszcza Newton), poznano już niebawem sporo cech charakterystycznych planet (smugi na Jowiszu, pierścienie Saturna) oraz stopniowo co większe z ich satelitów. A w 1781 r. William Herschell zaobserwował nową planetę, pierwszą jakiej nie znano „od zawsze” (początkowo miał wątpliwości, czy to nie kometa), którą nazwano Uranem. Odkrycie to było rezultatem użycia teleskopu o odpowiedniej mocy, coraz pełniejszej znajomości położenia gwiazd stałych na firmamencie (liczba ich stale rosła na mapach nieba w miarę zwiększania się siły teleskopów), ale też pomyślnego zbiegu okoliczności (okazało się później, że Urana zaobserwowano parokrotnie już wcześniej, ale nie rozpoznano w nim planety). Natomiast odkrycie następnej planety, Neptuna, w 1846 r., nie było już dziełem przypadku. Zanim go zaobserwowano, wyliczono na podstawie zakłóceń orbity Urana, gdzie go należy szukać na niebie. Był to prawdziwy triumf współdziałania teorii z praktyką. Porównując zaś te wydarzenia trudno oprzeć się refleksji, jak pojemny w istocie jest obejmujący je oba termin *odkrycie*.

A już niebawem postęp techniczny umożliwił jeszcze bardziej zdumiewającą zdalną penetrację ciał niebieskich: w 1859 r. Gustav Robert Kirchhoff i Robert Wilhelm Bunsen zainicjowali badania metodą analizy widmowej składu chemicznego Słońca i gwiazd. Przyniosło to wprawdzie odkrycia nieznanych jeszcze wówczas na Ziemi, gdyż bardzo na niej rzadkich, pierwiastków: cezu (1860), rubidu (1861) i helu (1868), ale też i konstatację, że cały wszechświat zbudowany jest z tego samego tworzywa (a różnice dotyczą tylko proporcji występujących na poszczególnych obiektach pierwiastków).

Penetracja przestrzeni kosmicznej, obecnie już coraz bardziej bezpośrednia (w granicach Układu Słonecznego), jest pewnie najbardziej spektakularnym świadectwem skuteczności naszych nauk przyrodniczo-matematycznych. Sprostanie intelektualne wyzwaniom jakie stawia wypada zaliczyć do najciekawszych doświadczeń w dziejach ludzkości. Jest to piękna, inspirująca, a zarazem niosąca ze sobą pewien wymiar

integracyjny, przygoda. A związana z nią manifestacja zbiorowych osiągnięć intelektualnych naszego gatunku jest doprawdy wspaniała.

Wątek piąty: *umiejscowienie ludzkości i jej planety w czasie*

Teoria Kopernika usytuowała nas i daną nam planetę w przestrzeni, znacznie bardziej peryferyjnie niż zdawało się to wynikać z *Pisma Świętego*. Uświadomienie sobie ruchu Ziemi miało dalekosiężne skutki psychologiczne, przede wszystkim światopoglądowe. Mniej zwracano uwagę na inny, może jeszcze bardziej skłaniający do pokory aspekt tego odkrycia. Kiedy Arystoteles tworzył, w oparciu o myśl grecką, własny model wszechświata, nieobca mu była idea heliocentryzmu. Zdecydował się na układ geocentryczny wyłącznie ze względów racjonalnych, gdyż doszedł do wniosku, że jeśliby Ziemia krążyła wokół Słońca, obserwowalibyśmy zmiany w położeniu gwiazd stałych na firmamencie. I zmiany takie istotnie zachodzą, tyle że są praktycznie niezauważalne gołym okiem, gdyż rozmiary i zwłaszcza proporcje realnego wszechświata są nieporównywalnie większe od tych, jakie zakładał Arystoteles. Niewyobrażalnie przerastają ziemską miarę. Czyż mógł przypuszczać, że odległość między skrajnymi położeniami Ziemi na orbicie wokółsłonecznej jest praktycznie bez znaczenia w zestawieniu z odległościami dzielącymi ją od najbliższych choćby gwiazd (ze Słońca światło dociera do nas po 8 minutach, z najbliższej gwiazdy po przeszło 4 latach). Zapewne więc Kopernik był pierwszym człowiekiem w dziejach, który zdał sobie sprawę z bezmiaru wszechświata.

W XIX wieku doszło do równie bezlitosnego uświadomienia ludzkości jej znikomości w obliczu czasu, także skrojonego w *Biblii* na nieproporcjonalnie skąpą, ludzką miarę. Doszło do tego w wyniku zaskakujących obserwacji poczynionych przez badaczy przyrody, zarówno ożywionej (endemity) jak i nicożywionej (skamieniałości).

Odkrycia owe skłoniły do odrzucenia rozpowszechnionego, tradycyjnego przekonania o niezmienności gatunków i uznania, że wszystko co aktualnie żyje jest rezultatem długotrwałych, stopniowych przemian, w trakcie których jedne gatunki rozwinęły się z prostszych form do dzisiejszej postaci, inne zaś wyginęły. Najpełniejszy kształt owej teorii

ewolucjonizmu nadał Charles Darwin w książce *O powstawaniu gatunków* (1859). Twierdził w niej, że ewolucja żywych organizmów dokonuje się drogą doboru naturalnego, że w toczącej się nieustannie walce o byt zwyciężają osobniki i gatunki lepiej przystosowane, a w dłuższym wymiarze czasowym przejawia się to w korzystnych dla ich przetrwania modyfikacjach anatomicznych. Stało się rzeczą jasną, że tego rodzaju proces musiał trwać niesłychanie długo, a więc świat musiał być znacznie starszy niż wynikało to z *Biblii*.

Do podobnych, a nawet dalej idących wniosków doszli też pionierzy powstającej od XVII wieku naukowej geologii. Zdroworozsądkowy kierunek badaniom nad przeszłością Ziemi nadał James Hutton (1788), stwierdzając że należy w nich uwzględniać wszystkie te czynniki, których oddziaływanie obserwujemy obecnie, a więc erozję, ruchy tektoniczne i sedymentację. A zważywszy jak powolne są tego rodzaju procesy i biorąc pod uwagę świadectwa przemian jakim ulegała powierzchnia Ziemi zanim nadały jej one obecny kształt (szczególnie dobitnie przemawiały za tym liczne skamieniałości pradawnych żyjątek morskich znajdujące wysoko w Alpach), łatwo było dojść do wniosku, że trzeba było na to z pewnością znacznie więcej czasu niż na wyewoluowanie świata istot żywych od pierwotniaków do zwierząt wyższych.

Powstał więc problem, który pod koniec XIX stulecia tak sformułował geolog Sir Archibald Geikie:

Dopóki nie podjął tej kwestii Darwin, nie w pełni zdawano sobie sprawę z tego, jak ogromnego upływu czasu wymaga wytłumaczenie natury świadectw geologicznych. Przyznawano, rzecz jasna, w sensie ogólnym, że skorupa ziemska jest bardzo stara. Ale nikt przed nim nie uświadamiał sobie jak niesłychanie długiego czasu wymaga utworzenie się choćby cieniutkiej warstewki skał osadowych.

Próby naukowego oszacowania wieku Ziemi podejmowano już wcześniej, ale wyraźnie powściągała ich autorów bariera psychologiczna owych 6 tysięcy lat, jakie miały, wedle *Biblii*, upłynąć od dnia stworzenia. Newton, zajmując się w *Principiach* kwestią szybkości z jaką stygną komety, napisał m.in.: *Kula z rozgrzanego do czerwoności żelaza wielkości Ziemi, czyli mająca około czterech milionów stóp średnicy, ostygłaby w ciągu zbliżonej liczby dni, to jest w ciągu przeszło pięćdziesięciu tysięcy lat.* Ale też dodał, że ze względu na „pewne utajone przyczyny” proces stygnięcia Ziemi mógł trwać dłużej. Georges Louis Leclerc de Buffon ocenił jego czas w *Epokach natury* (1779) na niespełna 75 tys. lat.

W drugiej połowie XIX wieku wypowiedający się na ten temat uczeni stali się zdecydowanie mniej skrepowani. Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz, autor zasady zachowania energii (1847), próbował osza-

cować wiek Ziemi na zasadzie porównawczej, oceniając dotychczasową i prognozując dalszą aktywność Słońca. Stojąc na gruncie ówczesnego poziomu wiedzy, traktował on Słońce jak rodzaj wielkiego pieca. Uważał, że – emitując nieustannie tak ogromne promieniowanie – stale się kurczy, tracąc energię grawitacyjną. Obliczył, że aktualnego poziomu radiacji nie będzie w stanie utrzymać dłużej jak przez 20 milionów lat. Podobnie podszedł do zagadnienia William Thomson (od 1892 r. Lord Kelvin), choć skłaniał się do wydłużenia owego szacunku do 50 milionów lat.

Psychologicznie był to ogromny krok naprzód, ale „oferowany” przez fizyków okres nie zaspokajał najskromniejszych wymogów ewolucjonistów, ani – tym bardziej – geologów. Syn Darwina, George, napisał z goryczą pod koniec XIX wieku: *Wciąż nie mogę się pogodzić z tym, że neguje się stosowalność teorii wielkością narzuconego okresu.*

Wszystko to pokazuje dobitnie jak wzajemnie uzależniony jest rozwój skądinąd dość odległych nauk. Dzisiaj bowiem dobrze wiemy, że rację mieli przyrodnicy, a nie fizycy. Wiemy dlatego, że doszło w międzyczasie do rozwoju fizyki atomowej i zdołano ustalić, że źródłem promieniowania emitowanego przez gwiazdy – a więc i Słońce – jest synteza termojądrowa. Pozwoliło to oszacować wiek Ziemi na 4,5 miliarda lat. Zadowolą to w pełni badacze, którzy zajmują się jej przeszłością.

Wątek szósty: *instytucjonalizacja nauki*

Jak wiemy, zaczątków instytucjonalizacji nauki łatwo się doszukać już w Egipcie epoki hellenistycznej (Muzejon, Biblioteka Aleksandryjska). Ważną rolę w tym procesie odegrały niewątpliwie średniowieczne uniwersytety. W XV wieku we Włoszech zaczęły powstawać stowarzyszenia humanistów pod nazwą akademii, nawiązującej do nazwy szkoły Platona (której zajęcia odbywały się w gaju poświęconym herosowi Akademosowi). Pierwszymi takimi organizacjami w epoce odrodzenia, w których uczestniczyli uczeni prowadzący badania w zakresie nauk matematyczno-przyrodniczych, były rzymska Accademia dei Lincei, czyli Akademia Rysiów (1603-30, należał do niej Galileusz) oraz florencka Accademia del Cimento (1657-67, należał do niej Torricelli). Stały się one wzorem dla w pełni już nowoczesnych akademii nauk, będących instytucjami publicznymi finansowanymi przez państwo (wówczas z reguły

reprezentowane przez władcę), jakie pojawiły się w XVII wieku. Było to bez wątplenia związane ze wzrastającą wówczas szybko i szeroko dostrzeganą rolą nauki, a także praktycznymi pożytkami jakie można uzyskać z jej rozwoju. W Anglii w 1662 r. Karol II powołał oficjalnie The Royal Society of London for Improving Natural Knowledge, a we Francji Ludwik XIV w 1666 r. Académie Royale des Sciences. Stały się one bardzo ważnymi ośrodkami wymiany myśli naukowej i współpracy, także międzynarodowej, w tej dziedzinie oraz instytucjami o rosnącym aurytecie, których opinia miała decydujące znaczenie dla oceny nowych odkryć czy innych rezultatów naukowych. Od XVIII stulecia organizacje o zbliżonym charakterze, choć tylko lokalnym znaczeniu, zaczęły powstawać w większości państw europejskich.

Odmienne, bo z inicjatywy grupy świątłych osób (działo się tak z konieczności, po utracie własnej państwowości w wyniku rozbiorów), powstało w 1800 r. Towarzystwo Warszawskie Przyjaciół Nauk. Jego celem programowym było *poznać rodowitą ziemię i wszystkie jej płody, dla tych dobycia, używania potrzebne rozkrzewiać umiejętności i sztuki...* Z uwagi na wyjątkowo niepomysłny dla Polaków moment dziejowy, innym ważnym celem Towarzystwa było kultywowanie chlubnych tradycji rodzimej kultury w intencji zachowania tożsamości narodowej.

Owe akademie i towarzystwa naukowe wydawały własne czasopisma i inne publikacje, odgrywające niezwykle ważną rolę informacyjną, inspirującą, a także w jakimś sensie koordynującą badania w poszczególnych dziedzinach. Niebawem zaczęły się też ukazywać inne, nie zawsze związane z organizacjami tego typu czasopisma poświęcone wyłącznie problematyce naukowej (jednym z pierwszych było lipskie „Acta Eruditorum”, wychodzące od 1682 r.), stopniowo też tematyce tej poświęcały coraz więcej miejsca co ambitniejsze periodyki. Wyrastał w ten sposób bardzo ważny filar wymiany myśli, niezbędnej dla rozwoju nauki i upowszechniania jej zdobyczy.

Kiedy rewolucja przemysłowa unaoczniała pożytki wynikające z zastosowań nauk ścisłych, zrodziła się potrzeba kształcenia odpowiednich specjalistów nie tylko dla celów wojskowych (co robiono już wcześniej, gdyż jest to dziedzina, na którą stosunkowo najłatwiej, w całym przekroju dziejów, było znaleźć fundusze), ale i dla cywilnych. Najwcześniej uzmysłowili ją sobie Francuzi – Jean Rodolphe Perronet już w 1747 r. stworzył paryską École des Ponts et Chaussées, która z czasem stać się miała najznakomitszą wyższą uczelnią techniczną świata. A termin *inżynier* (dość długo jeszcze z dodatkiem *cywilny*) począł tracić sens czysto wojskowy i stopniowo nabierał dzisiejszego znaczenia. Jeszcze o krok

dalej postąpiła Francja po rewolucji (1789), tworząc w 1794 r. École Polytechnique, która stała się wzorem dla późniejszych politechnik czyli uniwersytetów technicznych. Ten model kształcenia inżynierów, zakładający danie im solidnych podstaw teoretycznych w zakresie nauk ścisłych, rozpowszechnił się w krajach znajdujących się pod wpływem kultury francuskiej, a także tam, gdzie zanosły go na ostrzu bagnietów (razem z nowym systemem prawnym i zasadą ruchu prawostronnego) wojska napoleońskie. W pozostałych krajach jeszcze przez jakiś czas kultywowano tradycyjny system brytyjski, w którym młodzi adepci sztuki inżynierskiej zdobywali wiedzę i doświadczenie na placach budowy czy w zakładach wytwórczych. Ale ostatecznie, pod koniec pierwszej połowy XIX wieku, także i Brytyjczycy zaczęli tworzyć własne uczelnie techniczne.

Wydarzenia epoki napoleońskiej miały też, pośrednio, konsekwencje w dziedzinie kształcenia pozainżynierskiego. Pozostawiły one dotkliwe poczucie upokorzenia w krajach niemieckich, inspirując w nich silne tendencje do odzyskania dawnego znaczenia. Na polu gospodarczym doprowadziło to do unii celnej (1833), w literaturze do rozkwitu twórczości romantycznej, zaś w dziedzinie edukacyjnej do reform wprowadzonych przez pruskiego ministra oświaty Wilhelma von Humboldta.

Dzięki tym ostatnim niemieckie uniwersytety stały się w drugiej połowie XIX stulecia wyjątkowym zjawiskiem w skali światowej. To właśnie tam tradycyjne uczelnie kultywujące przeżytki myślenia średniowiecznego przekształciły się w uniwersytety nowoczesnego typu, aktywnie poszerzające horyzonty poznawcze, na których czołowi twórcy nowej nauki przekazywali bezpośrednio studentom swoje spostrzeżenia i przemyślenia. Były to też uczelnie tak pomyślane, by sprostać wymogom przemian zapoczątkowanych przez rewolucję przemysłową, a więc – poza uprawianiem tzw. czystej nauki – uwzględniały również potrzeby rozmaitych dziedzin życia, a wśród nich przemysłu i techniki. Na takich uniwersytetach mogli z pożytkiem pogłębiać wiedzę ludzie o najrozmaitszych zainteresowaniach, studia na nich należały do dobrego tonu i przyjeżdżali w tym celu do Niemiec licznie obcokrajowcy, nawet zza oceanu. Mało kto z ówczesnej elity nie miał za sobą choćby paru miesięcy spędzonych w Getyndze, czy w Heidelbergu.

Jedną z nauk najchętniej uprawianych wtedy w Niemczech była chemia, zwłaszcza dzięki pracom i odkryciom Justusa von Liebiga, który w Giessen, a potem w Monachium stworzył nowoczesną szkołę chemii organicznej. Wywarł on głęboki wpływ na rozwój tej dyscypliny, także poza granicami swego kraju. Z jego to rekomendacji kierownictwo Royal College of Chemistry, utworzonego w 1845 r. w Londynie, objął August von Hofmann. A już w 1856 r. jego uczeń, osiemnastoletni zaledwie

wówczas William Henry Perkin, próbując uzyskać ze smoły pogazowej chininę, odkrył pierwszy syntetyczny barwnik anilinowy – moweinę.

Dalsze odkrycia w tym zakresie, dokonywane głównie w Niemczech, doprowadziły do prawdziwej rewolucji w farbiarstwie i do upadku francuskiego przemysłu barwników, opartego na surowcach naturalnych (a w konsekwencji i zaopatrujących go plantacji kolonialnych). Od około 1870 r. niemieckie barwniki syntetyczne opanowały rynek światowy do tego stopnia, że podczas pierwszej wojny światowej Brytyjczycy, odcięci od ich dostaw, mieli trudności w wytwarzaniu odpowiedniego koloru mundurów (na które akurat ogromnie wzrosło zapotrzebowanie). Przykład ten pokazuje, jak potężnym czynnikiem stała się nowoczesna nauka. Jej odkrycia mogły mieć długofalowe konsekwencje gospodarcze. Dzięki nim, smoła pogazowa – odpadowy produkt gazowni powstających od pierwszej połowy XIX wieku we wszystkich ważniejszych miastach europejskich, przysparzający początkowo mnóstwo kłopotów (analogicznie jak dziś odpady radioaktywne) – stała się nagle, niemal z dnia na dzień, cennym i poszukiwanym surowcem.

Niebawem smoła pogazowa stała się też surowcem nowoczesnego przemysłu farmaceutycznego, także powstałego dzięki nauce i to w sposób dość nieoczekiwany. Bakteriolog Paul Ehrlich prowadząc badania mikroskopowe barwił preparaty barwnikami syntetycznymi, co pomaga w obserwacji. W 1891 r. zauważył, że barwniki te oddziałują biologicznie – w rozmaity sposób – na oglądane przez mikroskop żywe organizmy. Z bardziej szczegółowych dociekań, jakie wówczas podjął, zrodziła się nowoczesna chemoterapia – powstała cała gama nowych syntetycznych leków, od salwarsanu po aspirynę oraz wytwarzający je przemysł farmaceutyczny. Tak się rodziła, dziś będąca już chlebem powszednim, ścisła, obopólnie korzystna współpraca środowiska akademickiego z przemysłem. Rozwijający się przemysł nie ograniczał się do kontaktów z uniwersytetami – pod koniec XIX wieku, również w Niemczech, pojawiły się też pierwsze przemysłowe laboratoria badawcze.

Z czasem narastający wykładniczo postęp naukowo-techniczny doprowadził w XX wieku do takiej sytuacji, że na niektóre przedsięwzięcia z zakresu „nauki stosowanej” stać było już tylko państwo. Do ich finansowania dochodziło, oczywiście, przede wszystkim wówczas, kiedy miały istotne znaczenie dla interesów państwa, a zwłaszcza dla jego „bezpieczeństwa” (czyli potęgi militarnej, mówiąc mniej eufemicznie).

Jeden z pierwszych przykładów tego rodzaju mecenatu państwowego zrodził się z ograniczeń, jakie nałożono na Niemcy w dziedzinie uzbrojenia traktatem wersalskim. Nie wolno im było mieć czołgów, ciężkiej artylerii, lotnictwa wojskowego ani dużych okrętów wojennych. Republika

weimarska, respektująca na ogół te postanowienia, próbowała szukać innych, nie objętych zakazem szans zwiększenia swego potencjału militarnego. Jedną z nich był powrót do stosowanych niegdyś, ale zaniechanych od drugiej połowy XIX wieku w związku z rozwojem nowoczesnej artylerii, rakiet. Od 1930 r. armia niemiecka zaczęła prowadzić systematyczne, ukierunkowane na to badania, w których od 1932 r. brał udział, początkowo jeszcze jako student, młodziutki wówczas Wernher von Braun. Wyniki tych prac okazały się tak obiecujące, że po dojściu do władzy Hitlera III Rzesza – choć już nie traktowała zbyt serio narzuconych w Wersalu ograniczeń – zdecydowała się uruchomić ogromny raketowy ośrodek badawczy w Peenemünde na wyspie Uznam. Najważniejszą skonstruowaną tam rakieta była zdalnie sterowany pocisk balistyczny dalekiego (na owe czasy, rzecz jasna) zasięgu A-4, którego pierwszy udany lot odbył się w październiku 1942 r. Z czasem stał się on głośny jako *wunderwaffe V2*. Rakieta miała około 15 m długości, ważyła (bez paliwa i bez głowicy z materiałem wybuchowym) 4,5 t, jej zasięg wynosił 320 km, prędkość zaś jak na tamte czasy była niewiarygodna: 4800 km/h. Ponad 500 takich pocisków spadło na Londyn i jego okolice w okresie od września 1944 r. do marca 1945 r. Spowodowane przez nie straty nie były w kategoriach drugiej wojny światowej znaczące, znakomicie wypełniały wszakże postawiony im cel psychologiczny – terroryzowania ludności cywilnej.

Jeszcze bardziej spektakularnym przykładem państwowego programu naukowego w celu stworzenia nowej broni, były badania i prace w ramach Projektu Manhattan, które doprowadziły do powstania bomby atomowej. Możliwości takie zaistniały w wyniku ogromnego rozwoju fizyki atomowej w okresie międzywojennym, w dużej mierze w kręgu nauki niemieckiej, w którym w 1939 r. doszło zarówno do pierwszego rozszczepienia jądra atomowego (uranu, Otto Hahn, Fritz Strassmann), jak i do sformułowania koncepcji tzw. reakcji łańcuchowej (Lise Meitner, Otto Frisch). Groźba zbudowania przez Niemcy hitlerowskie broni jądrowej wydawała się więc całkiem realna i wkrótce po wybuchu drugiej wojny światowej grupa wybitnych fizyków uchodźców z Europy, z Albertem Einsteinem i Leo Szilárdem na czele, zwróciła na to uwagę rządu Stanów Zjednoczonych. Rzeczywiście, podjęto w Niemczech zmiernie ku temu prace w ramach tzw. Programu U, ale rozwinęły się one w sposób, który nie zaowocował praktycznymi rezultatami. Władze amerykańskie poważnie zajęły się tą sprawą dopiero w 1941 r. W 1942 r. zainicjowano wspomniany Projekt Manhattan, w ramach którego doszło do powstania w grudniu tego roku w Chicago pierwszego reaktora jądrowego (Enrico Fermi) oraz do zbudowania (Robert Oppenheimer) i użycia bomby atomowej w lecie 1945 r.

Najkosztowniejszym dotychczas przedsięwzięciem państwowym tego rodzaju – tylko formalnie niemilitarnym, gdyż program badań kosmicznych stanowił *de facto* jedynie pokrywkę doskonalenia bojowych międzykontynentalnych rakiet strategicznych – był Projekt Apollo, który doprowadził w 1969 r. do przewyciężenia w spektakularny sposób przez człowieka bariery grawitacyjnej macierzystej planety i postawienia stopy na powierzchni Księżyca. Potęga naukowo-techniczna epoki zmanifestowała się jeszcze dobitniej tym, że mogło to historyczne wydarzenie oglądać na żywo przez telewizję kilkaset milionów ludzi, choć były kraje, które – ze względów politycznych – wołały na to nie patrzeć, a mówiąc ściślej nie pozwoliły być świadkami tego wielkiego sukcesu ludzkości (przecież nie tylko amerykańskiego i nie jedynie dlatego, że jednym z jego głównych twórców był wspomniany wyżej w nieco innych okolicznościach Wernher von Braun) swoim mieszkańcom (powiedzieć „obywatelom” byłoby zbyt grubą, niestety, przesadą). Program Apollo był w jakimś sensie produktem ubocznym zimnej wojny. Został zatwierdzony przez amerykański Kongres, jako riposta na sowieckie sukcesy w kosmosie (*Sputnik* 1957, *Wostok* 1961). Niemniej jego przewidywany wówczas koszt (grubo ponad 200 miliardów dolarów) wielu szokował i nie zabrakło w Kongresie głosów, że można by użyć tych pieniędzy bardziej celowo i pożytecznie (jeden z kongresmenów dowodził, że wystarczyło by ich np. na stworzenie w całej Ameryce Łacińskiej systemu szkół wyższych porównywalnego z istniejącym w USA – objęłoby to wzniesienie budowli, wyposażenie ich w sprzęt naukowy i zapewnienie uposażenia personelowi dydaktycznemu na 20 lat). Ale atmosfera sprzyjała tej decyzji. Lyndon B. Johnson (wówczas wiceprezydent) powiedział, że są takie chwile dziejowe, kiedy trzeba dokonywać kosztownych wprawdzie, ale kluczowych dla rozwoju ludzkości przedsięwzięć. A wystąpienie w Kongresie zakończył słowami: *Zresztą, czyż Amerykanin mógłby pozwolić na to, by musiał kłaść się spać przy blasku komunistycznego Księżyca...*

Ostatecznie program kosztował znacznie więcej, ale wniósł wiele ożywienia zarówno do gospodarki, jak i do postępu naukowo-technicznego. Niewykluczone więc, że opłacił się także finansowo.

Obok wspomnianych gigantycznych przedsięwzięć pochłaniających ogromne sumy, dochodzi oczywiście we wszystkich krajach do finansowania rozlicznych, znacznie mniej ambitnych programów wykorzystujących dla celów praktycznych zdobycze nauki. Od dawna w krajach rozwiniętych dobrze rozumiano, że najbardziej opłacalnym dla państwa sposobem zapewnienia sobie pożytków z nauki jest finansowanie nieukierunkowanych na żadne konkretne cele, poza poznawczymi, tzw.

badań podstawowych. Toteż nakłady na naukę stanowią obecnie całkiem znaczne pozycje budżetowe. W grupie krajów tzw. naukowych (Szwecja, Japonia, USA) wynoszą około 3 % wydatków budżetowych, w państwach liczących się gospodarczo i cywilizacyjnie (np. Francja, Niemcy) kształtują się w granicach 2-2,5 %, a w pozostałych wygląda to znacznie gorzej, choć na dobrą sprawę wcale nie powinno, gdyż taki wskaźnik procentowy nie ma zupełnie związku z zamożnością, będąc jedynie wyrazem doceniania wagi problemu. Z niejakim zażenowaniem wypada dodać, że polski budżet przewiduje na naukę około 0,42 % i że wskaźnik ten (najniższy w Europie) wykazuje ostatnio stale tendencje spadkowe. Wydaje się to tym bardziej zaskakujące, że wśród parlamentarzystów III Rzeczypospolitej ludzie wywodzący się z kręgów naukowych stanowią całkiem liczną grupę (cóż za okazja do stworzenia sensownego lobby „ponad podziałami”!), a jej ministerstwem finansów od początku niepodległego bytu nieodmiennie kierują ludzie z tytułem profesora...

OD ŚWIATA, W KTÓRYM PRAWIE WSZYSTKO ZOSTAŁO JUŻ ODKRYTE, DO ŚWIATA, W KTÓRYM MAŁO CO (JEŚLI W OGÓLE) JEST PEWNE

Dzięki europejskiej rewolucji naukowej XVII wieku nauka stała się z czasem dziedziną znacznie mniej tajemniczą i znacznie bardziej racjonalną. Przestała się zajmować takimi mrzonkami jak perpetuum mobile (dowiedziano i ogłoszono nawet, że zbudowanie takiego urządzenia jest niemożliwe), czy kamień filozoficzny. Uczeni prowadzili systematyczne badania otaczającej ich rzeczywistości i informowali się wzajemnie o ich wynikach (coraz częściej w ramach specjalnych stowarzyszeń i na łamach wydawanych przez nie publikacji naukowych).

Obalono takie relikty ignorancji jak teoria flogistonowa czy teoria samoródtwa. Sformułowano prawo zachowania masy, a z czasem także zasadę zachowania energii. Powrócono, w jakimś sensie, do starożytnej koncepcji podstawowych elementów, formułując pojęcie pierwiastka chemicznego, czyli najprostszej substancji wchodzącej w skład rozmaitych związków chemicznych. Powrócono też, w nowej postaci, do starożytnego poglądu, że wszelka materia składa się z niesłychanie małych niepodzielnych atomów (Arystoteles tego nie aprobował). Badano wszelkie dostępne substancje fizyczne i chemiczne, rozkładając je (m.in. metodą elektrolizy) na pierwiastki. Mechanika newtonowska święciła triumfy – dzięki niej udało się wykryć w 1846 r. obliczeniowo nieznaną planetę, Neptuna. Jediną właściwie sprawą, z którą nie bardzo umiano sobie poradzić, była kwestia natury światła (do dziś robimy właściwie w tym względzie swego rodzaju unik, przyjmując komplementarność tej natury, zarówno falowej, jak i korpuskularnej). Mnóstwo zdobytej w badaniach naukowych wiedzy wykorzystywano w przemyśle, inżynierii i wynalazkach ułatwiających życie. Człowiek czuł się panem wszelkiego stworzenia bar-

dziej niż kiedykolwiek przedtem, a pełne poznanie tajemnic natury wydawało się oświeconym kręgom społeczeństwa jedynie kwestią czasu i to niezbyt odległego.

Ale już niebawem okazało się, że są to płonne nadzieje. Poznanie naukowe bowiem należy do dziedzin, w których występuje zjawisko odsuwania się horyzontu. Znalezienie odpowiedzi na jedno konkretne pytanie rodzi zazwyczaj kilka nowych pytań, wartych by szukać na nie odpowiedzi. Odkrycie zjawiska promieniotwórczości w końcu XIX wieku obaliło fundamentalny pogląd o niezmienności pierwiastków, a niebawem dalsze badania prowadzone w tej dziedzinie uświadomiły, że atomy stanowią małe kropki wprawdzie ale całkiem złożone i rządzące się zupełnie odmiennymi prawami fizycznymi światy. A niebawem okazało się, że wcale nie są niepodzielne, że da się je rozbijać. Świat subatomowy, jeszcze dobitniej niż wszechświat, uwidocznił ogromną różnicę skali i odmienną w stosunku do rzeczywistości, do jakiej ludzkość przywykła. Nie stosowały się do niego reguły wypływające z dotychczasowego jej doświadczenia, nawet zdroworozsądkowe (nie sprawdza się w nim, na przykład, zasada, że to samo ciało nie może się jednocześnie znajdować w dwóch miejscach). Nadto, nie da się go badać bez zakłócającej to badanie mimowolnej ingerencji (bo najprecyzyjniejsze nasze urządzenia i metody są w stosunku do niego zbyt „toporne”), co z założenia każe powątpiewać w rezultaty.

Jakby tego nie było dosyć, zaczęły nieoczekiwanie wyrastać przeszkody w dalszym doskonaleniu dziedzin zdawałoby się dobrze opanowanych. Na przykład postęp dokonujący się przez trzy stulecia wspólnym wysiłkiem optyków i technologów od produkcji szkła w dziedzinie mikroskopii natrafił na nieprzekraczalną barierę wynikającą z samej natury światła, gdyż uzyskiwane powiększenia sięgnęły granicy, przy której zaczęła już odgrywać rolę długość fali świetlnej. Okazało się, że przyrządami optycznymi nie da się odróżnić szczegółów mniejszych od 0,3 mikromilimetra, czyli badać wewnętrznej budowy bakterii czy zobaczyć wirusów. Z czasem nauczono się wnikać głębiej w tajniki materii, ale już inną metodą – mikroskopem elektronowym, stosowanym praktycznie od 1938 r., pozwalającym oglądać nie tylko wirusy, ale w niektórych przypadkach nawet strukturę atomową kryształów.

Okazało się też, że istnieje coś takiego jak minimalna porcja promieniowania, rodzaj „atomu emisji”. Nazwano tę wielkość kwantem, a teorię opisującą to zjawisko opublikował w 1900 r. Max Planck. Jej zasadę łatwo poglądowo wyjaśnić brydżystom. Przy dokładnie jednakowej sile karty obu stron nie może dojść w trakcie rozgrywki do równego podziału lew – któraś z par musi wziąć przynajmniej o jedną lewę więcej, gdyż w brydżu takim „kwantem” jest właśnie lewa.

Pojawiły się oznaki, budzące wątpliwości co do podstawowych założeń tak dobrze skądinąd sprawdzających się teorii, jak mechanika newtonowska. Newton oparł ją na założeniu, że absolutny, a więc niezależny od przyjętego układu odniesienia charakter mają czas i przestrzeń, stanowiące jakby daną raz na zawsze, bierną scenerię zjawisk fizycznych, identyczną dla każdego obserwatora. W drugiej połowie XIX wieku zaczęto te „dogmaty” kwestionować. Można by rzec, że klasyczna nauka nabawiła się zadyszki. Konieczna więc stała się jakaś bardziej ogólna refleksja i modyfikacja sposobu myślenia (czyli zmiana *paradygmatu*), żeby zrozumieć co się właściwie dzieje.

Dokonał jej Albert Einstein, twórca teorii względności (1905-16), stwierdzającej iż jedyną w przyrodzie wielkością stałą i niezmienną bez względu na układ odniesienia jest prędkość światła – natomiast wszelkie inne obserwowane fakty (choćby takie jak jednoczesność wydarzeń) są względne, bowiem zależą od usytuowania w stosunku do nich obserwatora, a zwłaszcza od prędkości wzajemnej pomiędzy obserwatorem a obserwowanymi wydarzeniami. Jednakże jeśli owa wzajemna prędkość jest znikoma w stosunku do prędkości światła – czyli w sytuacji normalnej nie tylko w naszym ziemskim świecie, ale i w otaczającym nas bezpośrednio wraz z całym Układem Słonecznym sporym obszarze przestrzeni kosmicznej – rzecz sprowadza się do przypadku szczególnego, który prawidłowo opisuje teoria Newtona. Ważnym wnioskiem wynikającym z teorii Einsteina jest równoważność masy i energii – podał on wzór na energię odpowiadającą każdemu obiektowi fizycznemu o masie m

$$E = m c^2$$

w którym c to prędkość światła.

Jak to zazwyczaj przy zmianie paradygmatu bywa, nowy sposób myślenia natrafił początkowo na znaczne opory. Ale zarówno teoria względności, mechanika kwantowa, jak i zasada nieoznaczoności Heisenberga sprawdziły się w pełni przy badaniu zjawisk zachodzących na szczeblu atomu i przy ich praktycznym wykorzystywaniu. Obecnie więc zaliczają się do klasycznego arsenału fundamentalnych zasad, na których wznosi się gmach współczesnej wiedzy naukowej. Z teorii względności wynika też wiele wniosków (na przykład, na temat grawitacyjnych tzw. czarnych dziur), które powinny pomóc nam zrozumieć zjawiska, z jakimi się stykamy rozszerzając coraz bardziej, dzięki doskonaleniu przyrządów i metod, zakres badań kosmosu.

CASE STUDIES:

Niewielka liczebność społeczności jako ograniczenie rozwoju

Badacze są zgodni co do tego, że podstawową jednostką społeczną o niezwykle dużym, jak na dzisiejsze standardy, przyroście naturalnym, ale i ogromnie wysokiej śmiertelności małych dzieci, była w starszej epoce kamienia kilkudziesięcioosobowa koczująca grupa. Skłonni są też zakładać, że taka liczebność była w ówczesnych warunkach życia optymalna, umożliwiając skuteczne zdobywanie pożywienia na obszarze znajdującym się w zasięgu całodniowej pieszej penetracji (uwzględniając powrót do obozowiska z łupem). Uważają, że rozrastanie się liczebne takiej grupy zmniejszało szanse jej przetrwania, gdyż zintensyfikowanie penetracji zlimitowanego możliwościami fizycznymi, a więc stałego terenu nie daje w efekcie odpowiednio proporcjonalnie zwiększonej zdobyczy (zbyt liczni myśliwi czy zbieracze są mniej skuteczni, bo wzajemnie sobie przeszkadzają); nadto strategia taka jest zgubna na dalszą metę, bowiem prowadzi do przerzedzenia zasobów pożywienia. W rezultacie więc powyżej jakiejś granicy owi „nadliczbowi” członkowie grupy stawali się dla niej ciężarem, gdyż ich udział w konsumpcji był znacznie większy niż w zdobywaniu pożywienia.

Są badacze uważający, że nasza skłonność do sporów i konfliktów pod lada pretekstem jest swoistym reliktem naturalnego psychologicznego mechanizmu bezpieczeństwa z owego łowieckiego etapu dziejów, kiedy gromady musiały się dzielić na mniejsze zanim nie rozrosły się tak, że nie były już w stanie się wyżywić. Nie brak też przesłanek, by sądzić, że – przynajmniej od pewnego stadium rozwoju – świadomie dążono do regulacji liczebności grupy poprzez praktyki aborcyjne oraz eliminowanie najmniej przydatnych członków społeczności, zwłaszcza noworodków o słabych szansach na przeżycie, a pewnie i ludzi zniedołężniałych na skutek okaleczenia, choroby czy starości.

Argumentów przemawiających za takimi domysłami dostarczają przekazy o starożytnych obyczajach, np. spartańskich, a także badania etnograficzne ludów, które przetrwały na szczęblu kulturowym zbliżonym do naszych przodków z epoki kamiennej.

Optymalna w ówczesnych warunkach ograniczona liczebność grupy stanowiła wszakże, jak się wydaje – niezależnie od innych czynników – jeden z obiektywnych powodów swoistej stagnacji na określonym szczeblu rozwoju ludzi ze starszej epoki kamienia. Izolowana nieliczna społeczność nie sprzyja bowiem, już choćby ze względów czysto statystycznych, pojawianiu się innowacji. Nawet jeśli wziąć pod uwagę obywateli rozwiniętego kraju z naszej epoki, przekonanych o tym, że postęp jest zjawiskiem pozytywnym i motywowanych do wynalazczości przez liczne bodźce, to – jak wynika z aktualnych rejestrów patentowych – żyjąc w całkowicie wyizolowanej kilkudziesięciosobowej grupie dokonywaliby oni w przybliżeniu jednego wynalazku na stulecie...

Skąd się wzięła dzisiejsza postać kalendarza

Narzucającą się naturalną jednostką rachuby czasu stanowił miesiąc, dzięki łatwej do zaobserwowania powtarzalności faz Księżyca – przypuszczalnie więc posługiwano się nią najdawniej, pewnie już pod koniec paleolitu, na pewno od wczesnego neolitu. Miesiąc długo musiał być jednostką podstawową, co stało się przyczyną nieporozumień przy spisywaniu przekazywanych ustnie dawnych tekstów, względnie ich tłumaczeniu (np. *Biblii* na język grecki) w czasach, gdy regułą już było liczenie dłuższych okresów czasu, np. życia ludzkiego, w latach. Stąd wzięta się nieprawdopodobnie wybujała długowieczność pradawnych patriarchów. Jeśli jednak założymy, że pierwotnie chodziło o miesiące, wówczas 900 lat Noego odpowiada w istocie 75 latom, zatem wiekowi dość zaawansowanemu, ale dziś już nawet niezbyt imponującemu. To samo zapewne dotyczy też trwania oblężenia Troi – i w tym przypadku 10 miesięcy wydaje się znacznie bardziej prawdopodobne, niż 10 lat.

Rokiem jako jednostką kalendarzową zaczęły się posługiwać osiadłe społeczności rolnicze, dla których zmiany pór roku i związane z nimi wymogi odpowiednich prac polowych (zwłaszcza siewu i żniw) miały podstawowe znaczenie. W strefie śródziemnomorsko-bliskowschodniej, gdzie rodziły się pierwsze cywilizacje, najłatwiej było zaobserwować upływ lat w dolinie Nilu, ze względu na regularnie powtarzające się, coroczne wylewy tej rzeki. Wszystko też zdaje się wskazywać na to, że

wynalazcami kalendarza próbującego zgrać rachubę roczną i opartą na fazach Księżyca byli właśnie starożytni Egipcjanie. Zgranie owe nie jest rzeczą łatwą, gdyż rok nie jest wielokrotnością miesiąca, musiano więc odejść od jednostki czasu odpowiadającej naturalnemu, obserwowanemu miesiącowi księżycowemu, wprowadzając odpowiadający mu w przybliżeniu znormalizowany, miesiąc „urzędowy”.

Egipcjanie przyjęli, że rok ma 365 dni, podzielili go na 12 równych miesięcy mających po 30 dni, a pozostałe kończące rok 5 dni uznali za „autonomiczny” okres świąteczny. Był to całkiem dokładny (co do dnia) jak na ową epokę kalendarz. Nie uwzględnił on wszakże dodatkowo utrudniającej sprawę okoliczności, a mianowicie tego, że rok nie jest również wielokrotnością doby. W konsekwencji, rok egipski był krótszy od roku rzeczywistego (czyli czasu, w którym Ziemia dokonuje pełnego obiegu wokół Słońca) o mniej więcej czwartą część doby. W krótkich dystansach czasowych jest to różnica niewielka, w skali życia ludzkiego niezauważalna. Pamiętajmy jednak, że mówimy o cywilizacji trwającejomal w niezmiennym kształcie przez tysiące lat. Był więc czas, by zaobserwować, że w wyniku tej niezgodności określony dzień urzędowy będzie stopniowo oddalać się od naturalnie właściwego sobie miejsca w kalendarzu i wędrować po nim, by powrócić na nie po upływie mniej więcej 1420 lat (sięgając do analogii z naszym kalendarzem, jako bardziej czytelnej, w połowie takiego cyklu urzędowe Boże Narodzenie przypadłoby pod koniec czerwca). Zmuszało to Egipcjan do prowadzenia dwóch rachub czasu – jednej urzędowej, dotyczącej np. obchodzenia świąt i drugiej koniecznej ze względów praktycznych, m.in. związanych z uprawą roli. Okresowo dokonywano zapewne uaktualniających je korekt, podobnie czyniono też w innych cywilizacjach posługujących się jeszcze mniej dokładnymi kalendarzami (na ogół czyniono to, wprowadzając co pewien czas postanowieniem władz dodatkowy miesiąc).

System egipski przyjął za podstawę kalendarza Juliusz Cezar, dokonując bardzo istotnej modyfikacji (przebywając w Aleksandrii konsultował się z miejscowymi mędrkami, wymienia się zwłaszcza Sosigenesa, których merytoryczny udział w tej reformie nie ulega wątpliwości). Najistotniejszą zmianą było wprowadzenie co cztery lata roku przestępnego, dłuższego o jeden dzień. Doprowadziło to do zgodności roku urzędowego ze słonecznym nieporównywalnie precyzyjniejszej, niż to miało miejsce w kalendarzu egipskim. Odchyłka taka w kalendarzu juliańskim wszakże istnieje i po dwóch tysiącach lat wynosi mniej więcej dwa tygodnie. Rozwój potrzeb życia i możliwości w tej dziedzinie doprowadziły do reformy gregoriańskiej w XVI wieku, która kasuje rok przestępny w odniesieniu do lat kończących stulecia (poza tymi, które są podzielne

przez 400), nadała kalendarzowi postać dzisiejszą. Niemniej, pod pewnymi względami, używany przez nas kalendarz wygląda dość zaskakująco, wykazując dowolność i brak konsekwencji co do liczby dni w poszczególnych miesiącach. Bowiem na zasadniczy zrąb struktury przyjętej przez Cezara (znacznie porządniejszej od dzisiejszej) nałożyły się dodatkowo zachowane do dziś relikty paru (niewiele) późniejszych, arbitralnych i z gruntu „niemerytorycznych” decyzji rzymskiego senatu.

Cezar przyjął, że wszystkie nieparzyste miesiące mają po 31 dni, a parzyste po 30, z wyjątkiem ostatniego (był nim wówczas luty), który spełniał ten wymóg jedynie w roku przestępnym, „normalnie” mając tylko 29 dni. Po śmierci Cezara doszło do nazwania na jego cześć miesiąca, w którym się urodził i który uważał za szczególnie dla siebie szczęśliwy (był to *Julius*, nasz lipiec, nazwa ta przetrwała w wielu językach). Pozornie była to decyzja nie mająca związku z podziałem roku, ale i ona okazała się – w konsekwencji następných wydarzeń – brzemenna w skutki w tym właśnie zakresie. Bowiem już za panowania Augusta zgłoszono w senacie wniosek o podobne go uhonorowanie (tym razem nie pośmiertnie, tylko za życia), a chodziło o następny z kolei miesiąc (nasz sierpień), który nazwano *Augustus*. Był to wszakże miesiąc parzysty, mający tylko 30 dni. I w tym właśnie dopatrywał się swej szansy inny senator, także chcący się przypodobać władcy, postulując by zwiększyć liczbę dni poświęconego mu miesiąca do 31, co skwapliwie uczyniono, zabierając w tym celu jeden dzień ostatniemu, czyli naszemu lutemu (to, że w kalendarzu rzymskim pierwszym miesiącem był nasz marzec poświadczają zachowane w rozmaitych językach odliczebnikowe nazwy rzymskich miesięcy, od *Septembra*, co znaczy po prostu „siódmy”, do *Decembra*, co znaczy „dziesiąty”, choć w naszym są miesiącami dziewiątym i dwunastym). Wtedy jednak znalazł się w senacie ktoś na tyle lubiący porządek, że zaprotestował, by trzy kolejne miesiące miały, wbrew regule przyjętej przez Cezara, po 31 dni. Zabrano więc po jednym dniu miesiącom, które my nazywamy wrześniem i listopadem, a dodano je październikowi i grudniowi, ustalając na dwa tysiące lat (a pewnie i znacznie dłużej) kształt kalendarza, którym się posługujemy. Jest w nim zaklęty – niby muszka w bursztynie – ślad wiedzy starożytnych i myśli reformatorskiej, ale i podobnie utrwalone świadectwo lizusostwa jednych, a zamięłowania do porządku innych rzymskich senatorów.

Osobną sprawą jest zachowany co najmniej od czasów babilońskich tydzień, jednostka najzupełniej nie przystająca ani do rachuby czasu rocznej, ani miesięcznej, przyjęta kiedyś arbitralnie ze względów magicznych (od niepamiętnych czasów siódmką uważano za liczbę szczególną, stąd np. lista siedmiu cudów świata). Casus tygodnia dobitnie pokazuje jak

trwałe bywają rozpowszechnione przyzwyczajenia, nawet irracjonalne. Inercja działająca na rzecz kultywowania zwyczajów zastanych okazała się w tym przypadku silniejsza od prób zracjonalizowania tego, nieistotnego zdawałoby się elementu rachuby czasu, choć podejmowały je tak bezwzględne i nie patyczkujące się ze zwolennikami tradycji systemy jak porewolucyjna jakobińska Francja czy Rosja sowiecka.

Podobieństwa i odmienności eksploracji Ziemi w epoce wielkich odkryć geograficznych i obecnej eksploracji przestrzeni kosmicznej

Europejska ekspansja w epoce wielkich odkryć geograficznych, w której wyniku doszło do europeizacji całego globu, stała się „technicznie wykonalna” w drugiej połowie XV stulecia dzięki zastosowaniu kilku wynalazków (przede wszystkim kompasu, steru zawiasowego i broni palnej) i wysokiemu poziomowi jaki osiągnęła wiedza nawigacyjna (Henryk Żeglarz). Jej sukces wymagał wszakże przełamania także innej, psychologicznej bariery. Wprawdzie Grecy już dwa tysiące lat wcześniej ustalili, że Ziemia jest kulista, a niewiele później oszacowali jej rozmiary, ale w średniowieczu fakty te były znane jedynie bardzo nielicznym. Wedle rozpowszechnionych wówczas poglądów nieznaną pozaeuropejski świat pełen był niebezpieczeństw, także magicznych czy nadprzyrodzonych (potwory morskie, magnetyczna góra wyciągająca gwoździe z okrętów itp.), obok całkiem realnych, zawsze związanych z zapuszczaniem się na nowe, nie zbadane wcześniej obszary. Przypuszczalnie znacznie więcej było wtedy takich, którzy obawiali się, że statek, który dotrze na kraniec świata, może z niego spaść, niż takich, którzy wiedzieli, że Ziemia jest kulista. Była to przecież kultura, która uważała czary i złe duchy za część rzeczywistości. A zapuszczanie się poza granice tego co znane, było w jakimś sensie, łamaniem tabu.

Trudno więc przecenić odwagę i determinację ówczesnych żeglarzy, dzięki którym ludzkość poznała lepiej swoją planetę i przekonała się, że wszędzie na niej panują te same prawa natury. Z naszej perspektywy kuszące wydaje się porównanie ich „sytuacji psychologicznej” z tą, w jakiej znajdują się dzisiejsi eksploratorzy kosmosu. Tamci, z epoki wielkich odkryć geograficznych, nie wiedzieli na dobrą sprawę dokąd

płyną i czego mogą się spodziewać. Na czas wyprawy tracili całkowicie kontakt z bazą i byli zdani jedynie na siebie, ale – przynajmniej teoretycznie – mieli szansę na przeżycie każdej katastrofy i powrót na zaimprovizowanym spręcie (choćby tratwie) do ojczyzny. Uczestnicy niedawnych lotów na Księżyc, a także wypraw międzyplanetarnych, do których dojdzie niewątpliwie już w najbliższej przyszłości, są właściwie w odwrotnej sytuacji. Oni wiedzą doskonale dokąd lecą, znają w procentach prawdopodobieństwo ewentualnych zagrożeń, utrzymują stały kontakt z bazą, mogą liczyć na rady ekspertów w każdej chwili. Ale w razie poważnej awarii nikt nie byłby w stanie im pomóc i nie mieliby żadnych szans przeżycia, nie mówiąc o powrocie. Tyle że – i to kolejna, ważna różnica – astronauta zginęliby na oczach całego świata, w pełnej chwale, podczas gdy los żeglarzy, którym się nie powiodło, pozostawał zazwyczaj nieznany. Mimo jednak tak odmiennych warunków eksploracji, w obu przypadkach wymogi intelektualne i psychiczne wobec „czynnika ludzkiego” pozostają w istocie bardzo zbliżone. Może nawet obecnie te intelektualne nie są tak istotne, gdyż z reguły najważniejsze decyzje podejmują, z konieczności, komputery.

Najwspanialsze triumfy umysłu ludzkiego

Każdy sukces wymaga odrobiny szczęścia. Także odkrycie naukowe bywa niekiedy w jakimś stopniu rezultatem pomyślnego zbiegu okoliczności. Nie szczęście jest jednak w takich przypadkach czynnikiem decydującym. Trzeba je jeszcze umieć wykorzystać. Większość z nas mogłaby parę razy dziennie oglądać nalot dziwnej pleśni na niepozmywanych próbkach i nic pozytywnego by z tego nie wynikło. Można nawet zaryzykować domysł, że większość uczonych kierujących laboratorium ograniczyłoby się w sytuacji, z którą zetknął się Sir Alexander Fleming w 1928 r., do zbesztania niechlujnego i nieobowiązkowego laboranta. Fleming zaś, zamiast awantury, zrobił odkrycie. I właśnie to go różni od zwyczajnego ogółu.

Właśnie w takich sytuacjach, kiedy jednostka – zdana wyłącznie na siebie – zetknie się z czymś nieoczekiwanym i potrafi takiemu wyzwaniu sprostać, wyłuskując istotę rzeczy z drugorzędnych czynników maskujących, dochodzi do najbardziej spektakularnych popisów możliwości, jakie kryje w sobie ludzki umysł.

Dwa zwłaszcza tego rodzaju przykłady w dziejach poznania ludzkiego wydają się wyjątkowo imponujące. Pierwszy, właściwie pozbawiony dramaturgii, wydarzył się około 220 r. p.n.e. Eratostenes z Cyreny zaobserwował wówczas, że podczas przesilenia letniego w Syene (dzisiejszym Asuanie) Słońce odbija się w bardzo głębokiej studni, a więc znajduje się dokładnie w zenicie. Tego samego dnia po roku zmierzył w południe kąt pod jakim pada cień w białego w ziemię patyka w Aleksandrii (ów patyk stanowił jedyne jego „oprzyrządowanie”). Następnie, zakładając, że obie miejscowości leżą na tym samym południku i znając przybliżoną odległość między nimi, obliczył (dodajmy: z dużą dokładnością) wielkość kuli ziemskiej.

Drugie wydarzenie było nieporównanie bardziej dramatyczne i wymagało nie tylko nadzwyczajnej sprawności intelektualnej, ale i – a może przede wszystkim – zdobycia się na przełamanie silnej bariery psychologicznej. Doszło do niego w 1676 r. w paryskim obserwatorium astronomicznym, gdzie Ole Römer badał właśnie zastanawiające nieregularności w tzw. efemerydach zaćmień satelitów planety Jowisz (czyli ustalonych obserwacyjnie w ciągu lat danych dotyczących czasów ich trwania). I nagle przyszło mu do głowy, że tych obserwacji dokonywano z bardzo różnych odległości, bowiem wzajemne położenia Ziemi i Jowisza ogromnie się różnią, przede wszystkim z uwagi na to, że obie planety znajdują się raz po tej samej, innym razem po przeciwnej stronie Słońca. A więc, że dałoby się owe nieregularności wytłumaczyć przy założeniu, że docierające do oka obserwatora światło ma jakąś prędkość. Był to wniosek wyłamujący się właściwie z całego dotychczasowego doświadczenia ludzkiego, bo przecież żyjemy w świecie, w którym światło rozchodzi się natychmiastowo (z Księżyca dociera do nas w niewiele ponad sekundę). A jednak słuszny i prawdziwy. I wcale nie pomniejsza genialności Römera fakt, że stosunkowo niedokładnie wyliczył prędkość światła (wyszło mu około 214 tys. km/sek.).

POLSKI AKCENT

O stopniu uczestnictwa w głównym nurcie światowego rozwoju naukowego i cywilizacyjnego decydowało od najdawniejszych czasów położenie geograficzne. Peryferyjne usytuowanie Polski w stosunku do najbardziej twórczych pod tym względem obszarów utrudniało Polakom dostęp do wiedzy. Niemniej, najpóźniej od XIII wieku udawali się do Włoch, gdzie studiowali prawo, medycynę i nauki przyrodnicze w Bolonii i Padwie, albo do Francji, by kształcić się w zakresie teologii w Paryżu, medycyny w Montpellier, prawa zaś w Awinionie. Najzdolniejsi z nich nie wracali do kraju, niektórzy zyskiwali nawet pewien rozgłos jako wykładowcy zachodnioeuropejskich uniwersytetów, a nieliczni robili kariery zawodowe, głównie jako nadworni lekarze (Mikołaj z Polski – Leszka Czarnego, Jan Radlica – króla Francji Karola Mądrego i Ludwika Węgierskiego, Jan z Grotkowa – króla Danii Waldemara).

O nieco bardziej aktywnym współudziale można w tym wczesnym okresie mówić tylko w odniesieniu do franciszkanina z Wrocławia, Benedykta Polaka, który zrelacjonował podróż jaką odbył towarzysząc legatowi papieskiemu Giovanniemu da Pian del Carpine w misji do władcy Mongołów (1245-47) oraz Ślązaka Witelona, fizyka i filozofa wykształconego w Paryżu i w Padwie, autora traktatu *Perspectiva* (1273), w którym zawarł całą ówczesną wiedzę o optyce (łącznie z wkładem w nią Alhazena), podając wyjaśnienia rozmaitych zjawisk i złudzeń optycznych, a także spostrzeżenia (być może częściowo własne) dotyczące zjawiska załamania światła i wad używanych wówczas soczewek.

W późnym średniowieczu i w epoce odrodzenia Polacy zajmowali się głównie naukami humanistycznymi, wnosząc zresztą znaczący wkład do problematyki prawa międzynarodowego, m.in. na soborze w Konstancji (1415). W interesującym nas zakresie mieliśmy wówczas pierwszego uczonego światowej miary, Mikołaja Kopernika, odkrywcę jakich niewiele było w dziejach ludzkości. Studiował on w Bolonii, Padwie i Ferrarze. Rewolucyjna koncepcja, zakładająca potrójny ruch Ziemi, narodziła się w jego umyśle zapewne przed 1510 r., a rękopis opisującego ją i uzasad-

nającego matematycznie dzieła, *De revolutionibus orbium coelestium*, był już gotów około 1530 r. Do opublikowania go, ze względów taktycznych w przebraniu hipotetycznym, doszło dopiero w 1543 r. Odkrycie to miało, jak wiadomo, poza poznawczymi, także ważne konsekwencje światopoglądowe (co odnotowano w odpowiednim rozdziale zasadniczej części tej książki).

W zestawieniu z dziełem Kopernika błędą pozostałe dawne polskie osiągnięcia naukowe, warto wszakże pamiętać o dokonaniach Michała Sędziwoja, Stanisława Pułłowskiego i Tytusa Liwiusza Boratyniego (wspomniano o nich w odpowiednich miejscach części zasadniczej). Ważnym polskim (z racji zamieszkania) uczonym XVII wieku był gdańszczyzanin Jan Heweliusz, wielki astronom, głośny zwłaszcza dzięki badaniom powierzchni Księżyca i komet. Wynałazł on pierwowzór peryskopu, który nazwał *polemoskopem* i przewidział jego zastosowanie wojskowe. Innym Polakiem obecnym wówczas w życiu umysłowym Europy był jezuita Adam Kochański, przez wiele lat wykładający w kolegiach zakonnych za granicą, głównie w Niemczech. Dokonał on pewnych istotnych ulepszeń w konstrukcji zegarów, uczestniczył w międzynarodowej dyskusji na temat zagadnień statyki (m.in. równoległoboku sił) na łamach lipskiego czasopisma naukowego „Acta Eruditorum”, w którym sporo publikował w latach 1682-96, był też pierwszym Polakiem, który umiał się posługiwać (dzięki korespondencji z Gottfriedem Wilhelmem Leibnizem) rachunkiem nieskończonościowym.

W tymże XVII wieku dali się też poznać na forum międzynarodowym dwaj Polacy zajmujący się wiedzą i techniką wojenną, którzy wykształcenie i doświadczenie praktyczne zyskali w Holandii. Adam Freytag z Torunia opublikował w Lejdzie dzieło *Architectura militaris nova et aucta* (1631), w którym sformułował jako pierwszy zasady fortyfikacji bastionowej tzw. systemu staroholenderskiego; praca ta zdobyła europejski rozgłos jako podręcznik i była kilkakrotnie wznawiana, także w przekładzie francuskim. Kazimierz Siemienowicz, rodem z Wielkiego Księstwa Litewskiego, wydał w Amsterdamie dzieło *Artis magnae artilleriae pars prima* (1650), w którym m.in. zamieścił pierwszy bodaj opublikowany drukiem projekt rakiety wielostopniowej, długo uznawane za najlepszy podręcznik wiedzy artyleryjskiej; doczekało się ono przekładów na języki francuski (1651), niemiecki (1676) oraz angielski i holenderski (1729).

Te, nieźle zapowiadające się zaczątki polskiego uczestnictwa w rozwoju naukowo-cywilizacyjnym, nie doczekały się godnej kontynuacji w podupadającej od połowy XVII wieku gospodarczo i politycznie Rzeczypospolitej. Natomiast, paradoksalnie, doszło do naszego współdziałania na znacznie większą skalę już po utracie państwowości, w XIX wieku,

kiedy stosunkowo liczni polscy uczeni dokonali ważnych osiągnięć w dziedzinach znajdujących się wówczas na pierwszej linii głównego frontu rozwoju nauk przyrodniczych.

Trzymając się chronologii, wypada zacząć ich przegląd od dolnośląskiego duchownego, Jana Dzierżonia, pioniera nowoczesnego pszczelarstwa, który w 1835 r. odkrył zjawisko partenogenezy (dzieworódstwa) pszczół, czyli rozwoju trutni z niezapłodnionego jaja (uznane za fakt naukowy dopiero na kongresie przyrodników w Marburgu w 1901 r.). Dzierżoń skonstruował także około 1840 r. pierwszy ul szafkowy, umożliwiający bezkolizyjne wyjmowanie pojedynczych plastrów.

Zasadniczy polski wkład w omawianej dziedzinie dokonał się przede wszystkim w ostatniej ćwierci XIX i pierwszej połowie XX wieku. Ograniczając się do najbardziej spektakularnych przykładów – po prostu z konieczności, którą dyktuje szczupłość miejsca – sięgnijmy na początek do stosunkowo dobrze i szeroko znanego (przynajmniej u nas) osiągnięcia związanego z fizyką bardzo niskich temperatur, stanowiącą pod koniec XIX stulecia jeden z ważnych w skali światowej frontów badawczych. Uczeni z różnych krajów prześcigali się wtedy w uzyskiwaniu coraz niższych temperatur i w skraplaniu rozmaitych gazów. W 1882 r. do rywalizacji tej włączyli się dwaj młodzi profesorowie Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, fizyk Zygmunt Wróblewski i chemik Karol Olszewski. Sprowadzili z Francji aparaturę pozwalającą na obniżanie temperatury do -105°C i wspólnie ją udoskonaili, zwiększając zasięg jej możliwości do -160°C . Dzięki temu w kwietniu 1883 r. udało im się skroplić, jako pierwszym na świecie, podstawowe składniki powietrza – azot i tlen.

Po śmierci Wróblewskiego, Olszewski kontynuował te prace, budując i doskonaląc kolejne urządzenia. Udało mu się uzyskać w stanie ciekłym wszystkie znane podówczas gazy z wyjątkiem wodoru oraz ustalić wiele ich właściwości, m.in. wyznaczyć ich ciężar właściwy. Jego osiągnięcia były szeroko znane za granicą i wysoko cenione. Poświadcza to fakt, że pod koniec 1894 r. sławny fizyk brytyjski William Ramsay właśnie do niego zwrócił się z prośbą o skroplenie i zbadanie właściwości nowo odkrytego przez siebie argonu, a już na początku 1895 r. Royal Society w Londynie mogło się zapoznać z wynikami przeprowadzonych przez Olszewskiego w Krakowie badań.

Piękne tradycje tych pionierskich prac podtrzymywał w późniejszym okresie Mieczysław Wolfke, który wraz z holenderskim uczonym, H. Keesomem, odkrył dwie odmiany ciekłego helu (1927). Tenże Wolfke opracował w 1920 r. teoretyczne podstawy holografii.

Po jeszcze zaszczytniejsze laury sięgnęła Maria Skłodowska-Curie. Głód wiedzy, a po trosze i nieszczęśliwa miłość, skłoniły ją do wyjazdu do Paryża, gdzie ukończyła studia fizyczno-matematyczne na słynnej Sorbonie i zetknęła się z młodym fizykiem Pierrem Curie, za którego wyszła za mąż w 1895 r. Uczeni małżonkowie prowadzili badania w bardzo skromnych warunkach, w pracowni urządzonej w zwykłej szopie. Mężowi, bardziej zorientowanemu w aktualnej problematyce naukowej, zawdzięczała Maria ukierunkowanie swych badań.

W 1897 r. rozpoczęła prace doświadczalne nad promieniotwórczością uranu. Badała tzw. blendę smolistą zawierającą niewielką ilość tego pierwiastka. Na podstawie pomiarów doszła do wniosku, że musi się w niej znajdować – oprócz uranu – jeszcze jakaś substancja promieniotwórcza. Co więcej, stwierdziła, że nieznaną nauce substancja wykazuje znacznie silniejsze promieniowanie niż uran.

Maria ogłosiła komunikat o tym spostrzeżeniu, po czym oboje przystąpili do żmudnej pracy nad wydzieleniem owej substancji i określeniem jej właściwości. W lipcu 1898 r. zawiadomili Francuską Akademię Nauk o odkryciu nowego pierwiastka, który nazwali polonem. Dalsze wnikliwe dociekania pozwoliły im stwierdzić, że w badanej blendzie znajduje się jeszcze inna substancja promieniotwórcza, którą też wyodrębnili w grudniu 1898 r. i nazwali radem. Warto przytoczyć, co o tym okresie wyteżonej pracy i niespodziewanych sukcesów pisze sama Maria Skłodowska-Curie:

Byliśmy w tym okresie zupełnie pochłonięci przez nową dziedzinę, która otwierała się przed nami dzięki tak nieoczekiwanemu odkryciu. Pomimo trudnych warunków pracy czuliśmy się bardzo szczęśliwi. Dnie upływały w laboratorium i często zdarzało się nam nie wychodzić nawet na obiad.

Nasza uboga szopa była przybytkiem wielkiego spokoju. Czasem, pilnując jakiegoś doświadczenia, przechadzaliśmy się po niej wzdłuż i wszerz, rozmawiając o bieżącej i przyszłej pracy; w zimne dni ogrzewała nas szklanka herbaty przy gorącym piecu. Żyliśmy jedną myślą, jak we śnie czarodziejskim... Zdarzało się nam także odwiedzać nasze królestwo wieczorem. Cenne produkty, dla których nie mieliśmy lepszego schronienia, porozstawiane były na półkach i stołach – ze wszystkich stron witały nas blade rozproszone światełka, jakby zawisłe w ciemnościach... Były one dla nas zawsze nowym źródłem wzruszenia i zachwytu...

Małżonkowie Curie oddali swe odkrycia dla dobra ludzkości. Nie opatentowali metod otrzymywania radu i polonu, nie chcąc czerpać ze swych osiągnięć naukowych żadnych korzyści materialnych. Zasluguje to tym bardziej na podkreślenie, że nie powodziło im się najlepiej, a prowadzone przez nich badania były dość kosztowne. Ich prace i wyływające z nich

wnioski przyczyniły się walnie do ogromnego przełomu w myśleniu naukowym, obalając silnie ugruntowany pogląd o niezmienności pierwiastków. W 1903 r. przyznano im, wspólnie z odkrywcą promieniotwórczości naturalnej, Henri Becquerem, Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki.

Po śmierci męża w 1906 r., Maria objęła po nim na paryskiej Sorbonie katedrę fizyki ogólnej i promieniotwórczości (co stanowiło wówczas pewien przełom obyczajowy) i samodzielnie prowadziła dalsze badania. W 1910 r. udało jej się otrzymać rad w postaci chemicznie czystej. W tymże roku przewodniczyła międzynarodowemu kongresowi radiologicznemu w Brukseli, na którym ustalono jednostkę aktywności ciała promieniotwórczego i nazwano ją, na cześć małżonków Curie, *kiurem* (jej też powierzono opracowanie radowego wzorca tej jednostki). W 1911 r. Maria Skłodowska-Curie uzyskała po raz drugi Nagrodę Nobla, tym razem samodzielnie, w dziedzinie chemii. Do 1972 r. była jedyną osobą, której dwukrotnie przyznano to najważniejsze wyróżnienie międzynarodowe za osiągnięcia naukowe.

Nasza rodaczka wniosła też wiele do tworzącego się wówczas nowego działu medycyny – radiologii, wykorzystującej, obok promieni Roentgena, lecznicze właściwości radu. Podczas pierwszej wojny światowej czynnie uczestniczyła w niesieniu pomocy rannym i chorym żołnierzom, organizując służbę radiologiczną w szpitalach polowych. Za te zasługi została wybrana na członka Paryskiej Akademii Medycyny.

Nie zapominała też o ojczyźnie. Dopomagała w zorganizowaniu laboratorium radiologicznego Towarzystwa Naukowego Warszawskiego i osobiście wzięła udział w jego otwarciu w 1913 r., a w 1932 r. przybyła do Warszawy na uroczystą inaugurację Instytutu Radowego jej imienia.

W tej samej dziedzinie działał fizykochemik Kazimierz Fajans, współpracownik słynnego Ernesta Rutherforda. W 1913 r., niezależnie od F. Soddy'ego, sformułował jedno z podstawowych praw rozpadu pierwiastków promieniotwórczych, tzw. regułę przesunięć Soddy'ego-Fajansa. Odkrył m.in. rozgałęzienie promieniotwórcze w rodzinie uranowej (1911), był współodkrywcą izotopu protaktynu (1918), wprowadził pojęcie hydratacji wolnych jonów gazowych (1919). W latach 1917-35 był profesorem uniwersytetu w Monachium, a od 1936 r. uniwersytetu w Ann Arbor w Stanach Zjednoczonych.

Do fizyki teoretycznej istotny wkład wniósł Marian Smoluchowski, od 1900 r. profesor Uniwersytetu Lwowskiego, a od 1913 r. Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Zajmował się głównie kinetyczną teorią materii, m.in. w odniesieniu do zjawisk cieplnych (np. przewodnictwem

ciepłym gazów, a zwłaszcza zjawiskiem skoku temperatury na styku gazu z ciałem stałym). Sformułował teorię fluktuacji gęstości, jako zjawiska ułatwiającego ruchy cieplne cząsteczek i atomów. Niezależnie od Alberta Einsteina i dochodząc do tego inną drogą wyjaśnił w 1906 r. prawa rządzące tzw. ruchami Browna. Zajmował się też interpretacją statystyczną drugiej zasady termodynamiki, teorią cieczy i roztworów, problematyką promieniowania Ziemi i innych planet, teoriami górotwórczymi. Opublikował m.in. *Granice stosowalności II zasady termodynamiki* (1913).

Na uwagę zasługuje także Czesław Białobrzewski, od 1914 r. profesor fizyki uniwersytetu w Kijowie, w latach 1919-21 Uniwersytetu Jagiellońskiego, a od 1921 r. Uniwersytetu Warszawskiego, któremu światowy rozgłos przyniosły opublikowane w 1913 r. prace o roli ciśnienia promieniowania w równowadze wewnętrznej gwiazd.

Wybitnego odkrycia w dziedzinie biochemii dokonał Kazimierz Funk, pracujący naukowo we Francji, w Niemczech i w Anglii, a od 1927 r. w Stanach Zjednoczonych. W 1912 r. wyodrębnił on z otrąb ryżowych substancję, której miligram ratował życie gołębiowi choremu na beri-beri. Funk nazwał tę substancję witaminą (była to witamina B₁) i wykazał, że jej brak powoduje rozmaite choroby, m.in. skorbut i krzywicę. Stworzył podstawy tej dziedziny nauki, zajmował się też badaniami nad hormonami.

Do lepszego poznania funkcjonowania ludzkiego systemu nerwowego wybitnie przyczynił się Józef Babiński, syn polskiego powstańca emigranta Aleksandra, w latach 1874-87 prowadzącego badania geologiczne w Peru, urodzony i działający we Francji. W ciągu kilkudziesięcioletnich badań, rozpoczętych w 1890 r., stworzył naukowe podstawy rozpoznawania i określania chorób nerwowych na podstawie objawów. Szczególnie ważne były jego ustalenia dotyczące odruchów. Babiński był współtwórcą podstaw i pionierem neurochirurgii, od 1914 r. członkiem Paryskiej Akademii Medycyny.

Własnościami krwi zajmował się lekarz mikrobiolog Ludwik Hirszfeld. Pracując w instytucie badań nad rakiem w Heidelbergu w latach 1907-11, odkrył wspólnie z niemieckim lekarzem Emilem Dungenem prawa dziedziczenia grup krwi w obrębie gatunku ludzkiego. Przyjęte przez nich oznaczenia tych grup symbolami A, B, AB oraz O uznano za powszechnie obowiązujące na całym świecie w 1928 r. Kierując zwalczaniem duru płamistego w armii serbskiej podczas pierwszej wojny światowej, Hirszfeld odkrył pałeczkę duru rzekomego C, nazwaną na jego cześć *Salmonella hirszfeldi*. Podjął w tym czasie, wraz z żoną Hanną, badania nad nierównomiernością występowania cech grupowych krwi w rozmaitych populacjach (miał do czynienia z żołnierzami kilkunastu narodowości,

walczącymi na froncie macedońskim), co uznał za rezultat zróżnicowanych przystosowań w trakcie ewolucji. Obserwacje te zapoczątkowały nową dziedzinę nauki: seroantropologię, przydatną m.in. również w badaniach archeologicznych. Zajmował się też patologiami związanymi z ciążą. Opublikował m.in. *Grupy krwi w zastosowaniu do biologii, medycyny i prawa* (1934), *Dochodzenie ojcostwa w świetle nauki o grupach krwi...* (1948).

Po przeciwnej stronie frontów pierwszej wojny światowej, w austro-węgierskiej wojskowej pracowni medycznej, zwalczał epidemię duru plamistego (która dosłownie dziesiątkowała wówczas szeregi obu stron walczących) inny Polak, zoolog i bakteriolog Rudolf Weigl. Prowadził on systematyczne badania zarazków tej choroby, stosując od 1916 r. pomysłową metodę hodowania ich w jelitach wszy, w izolacji od czynników zewnętrznych. Udało mu się stworzyć skuteczną szczepionkę przeciw durowi plamistemu, którą podczas drugiej wojny światowej zaszczepiono około 8 milionów ludzi. Władze niemieckie, które w tej chorobie upatrywały jedną z głównych przyczyn porażki Niemiec w pierwszej wojnie światowej, wysoko oceniały osiągnięcie Weigla i w 1942 r. zaproponowały, że zgłoszą jego kandydaturę do nagrody Nobla, czego jednak uczony nie zaaprobował.

Ważne też były polskie dokonania w dziedzinie nauk technicznych. W znakomicie rozwijającym się wokół miejscowej Szkoły Politechnicznej od schyłku lat 1870-tych ośrodkiem lwowskim, najwybitniejszą postacią był Maksymilian Tytus Huber, pionier mechaniki teoretycznej na skalę światową. W 1904 r. sformułował on hipotezę, iż „można z wielkim prawdopodobieństwem uważać energię odkształcenia postaciowego za miarę wyężenia materiału”, czyli warunek plastyczności stanowiący podstawowe kryterium klasycznej teorii plastyczności. W tymże roku wniósł również wkład do teorii sprężystości, opracowując zagadnienie stykania się ciał sprężystych (rozwiązał przy tym obliczeniowo problem tzw. bezwzględnej miary twardości). Duże znaczenie dla praktyki inżynierskiej, zwłaszcza w dziedzinie żelbetnictwa, miały pionierskie badania Hubera w zakresie teorii płyt (m.in. ortotropowych), współdziałania płyty z żebrem przy zginaniu, oraz teorii stropów grzybkowych. Zajmował się też układami obciążonymi poza granicę sprężystości (np. wyboczeniem termicznym szyn spawanych). W zakresie tej problematyki był uznanym autorytetem międzynarodowym.

Do rozwoju wiedzy inżynierskiej przyczynił się trwale Feliks Jasiński, wykładowca uczelni petersburskich. Będąc od 1890 r. naczelnikiem wydziału technicznego kolei petersbursko-moskiewskiej, przeprowadzał modernizację tej linii dla przystosowania jej do ruchu ciężkich parowozów

i zwiększonej do 64 km/h prędkości pociągów. Trzeba było w tym celu wzmocnić i częściowo przebudować znajdujące się na niej mosty kolejowe. Jasiński podszedł do tych zadań nieszablonowo, przeprowadzając na szeroką skalę pionierskie badania wytrzymałościowe. Przy okazji udoskonalił stosowane wówczas tensometry. Na podstawie wyników tych doświadczeń i własnych obserwacji stwierdził, że najsłabszymi elementami konstrukcji są pręty ściskane. Przy nadmiernym obciążeniu tracą one stateczność – występuje wtedy zjawisko tzw. wyboczenia. Wyboczenie elementów ściskanych, których nie umiano jeszcze wówczas odpowiednio obliczać i projektować, było przyczyną wielu katastrof mostowych. Jasiński opracował i opublikował w 1894 r. (także po francusku) teorię tego zjawiska, ustalając stosowane do dziś empiryczne wzory na wartość naprężeń krytycznych oraz zestawiając specjalne tabele do użytku praktycznego.

Innym polskim pionierem otwierającym przed naukami technicznymi nowe horyzonty był pracujący również w ówczesnym imperium rosyjskim Aleksander Wasiutyński. Zajmował się on badaniem rzeczywistej pracy toru kolejowego podczas eksploatacji. W 1898 r. zorganizował przy drodze żelaznej warszawsko-wiedeńskiej stałą stację doświadczalną, w której systematycznie prowadził te badania. Dzięki zastosowaniu pomysłowej metody fotograficznej, dokonywał precyzyjnych pomiarów ugięć i odkształceń toru pod wpływem obciążeń dynamicznych, spowodowanych ruchem pociągów. Uzyskane rezultaty zaprezentował na paryskiej wystawie powszechnej w 1900 r., uzyskując złoty medal.

Ważna rola, jaką odegrała grupa kilkunastu polskich inżynierów w rozwoju cywilizacyjno-technicznym Peru w drugiej połowie XIX wieku, przejawiała się m.in. we wkładzie wniesionym przez nich w tamtejsze szkolnictwo wyższe. Władysław Folkierski był w latach 1876-85 dziekanem wydziału nauk ścisłych Universidad Mayor de San Marco w Limie, który zreformował w duchu europejskim. Edward Habich stworzył w 1876 r. w stolicy Peru pierwszą w Ameryce Łacińskiej politechnikę (Escuela de Construcciones Civiles y de Minas del Perú, później pod nazwą: Escuela Especial de Ingenieros de Construcciones Civiles y de Minas) i kierował nią do końca życia (1909). W organizowaniu tej uczelni pomogli mu Władysław Kluger i Ksawery Franciszek Wakulski, będący następnie jej profesorami.

Wielu z wymienionych uczonych pracowało owocnie w Polsce, po odzyskaniu przez nią niepodległości w 1918 r. W okresie międzywojennym na odnotowanie zasługują m.in. pionierskie w skali ponadkrajowej badania nad luminescencją i fosforescencją, jakie prowadził Stefan Pieńkowski. Stworzony przez niego w 1921 r. Zakład Fizyki Doświadczalnej Uniwer-

sytetu Warszawskiego stał się w tej dziedzinie znaną na całym świecie placówką, która w 1936 r. zorganizowała w Warszawie pierwszą międzynarodową konferencję dotyczącą fotoluminescencji.

Na pograniczu techniki i fizyki umiejscowić wypada pionierskie badania nad radarem, jakie prowadzono wówczas w kilku rozwiniętych krajach. Od 1934 r. uczestniczyli w nich Janusz Groszkowski i Stanisław Ryzko, inicjatorzy stosowania w aparaturze radarowej katody tlenkowej.

Te, niemałe przecież, osiągnięcia bledną wobec roli, jaką odegrała Polska międzywojenna w światowym rozwoju matematyki, stając się w tej dziedzinie niekwestionowaną największą potęgą. Był to okres nadzwyczajnego wręcz urodzaju na polskie talenty matematyczne, działające głównie – choć nie tylko – w Warszawie i zwłaszcza we Lwowie. Szkoła warszawska wydawała od 1920 r. pierwsze na świecie specjalistyczne czasopismo matematyczne „Fundamenta Mathematicae”, a szkoła lwowska od 1928 r. czasopismo „Studia Mathematica”, poświęcone głównie analizie funkcjonalnej, wychodzące do dziś.

Spośród licznej plejady ówczesnych polskich matematyków klasy światowej wymieńmy, z braku miejsca, tylko trzech, którzy zyskali największy międzynarodowy rozgłos. Postacią numer jeden był, jak się wydaje, Stefan Banach, samorodny geniusz matematyczny nie mający właściwie formalnego wykształcenia, jeden z głównych twórców analizy funkcjonalnej (jedno z jej podstawowych pojęć to *przestrzeń Banacha*). Niewiele ustępuje mu znaczeniem Alfred Tarski, od 1942 r. działający w Berkeley w Stanach Zjednoczonych, jeden z głównych twórców współczesnej logiki matematycznej i semantyki logicznej, autor m.in. klasycznej definicji prawdy. Jeszcze bardziej znany stał się Stanisław Marcin Ulam, działający od 1936 r. w Stanach Zjednoczonych, zajmujący się m.in. teorią mnogości i rachunkiem prawdopodobieństwa (m.in. rozwinął i nazwał teorię Monte Carlo). Pracując w latach 1944-67 w ośrodku badań jądrowych w Los Alamos, rozwiązał matematycznie kluczowy problem, umożliwiając Edwardowi Tellerowi skonstruowanie bomby termojądrowej (1952).

Również praktyczne militarne znaczenie miały prace zespołu matematyków kryptologów, kierowanego przez Mariana Rejewskiego, w którym uczestniczyli też Jerzy Różycki i Henryk Zygalski. Już w 1932 r. zgłębili oni tajniki niemieckich elektromechanicznych maszyn szyfrujących typu Enigma. Od 1939 r. konstruowano w Polsce, wedle ich ustaleń, repliki takich maszyn. Dwie z nich przekazano w lipcu tego roku, wywiadowi wojskowemu Francji i Wielkiej Brytanii. Umożliwiły one Sprzymierzonym „zagłądanie w karty” niemieckim sztabom podczas całej drugiej wojny światowej, stały się też punktem wyjścia dla prac prowadzonych w super

tajnym ośrodku brytyjskim w Bletchley Park, w którym pod koniec tej wojny narodziła się jedna z najwcześniejszych wersji komputera (Colossus).

Po drugiej wojnie światowej względy polityczno-ideologiczne utrudniały uczonym polskim aktywny udział w rozwijaniu głównego nurtu nauki światowej. Bywały wszakże chlubne wyjątki – w naukach technicznych liczyli się w skali ponadkrajowej Wacław Olszak w zakresie teorii plastyczności (członek wielu akademii zagranicznych, doktoraty honoris causa w Tuluzie, Liège i Wiedniu), Witold Nowacki – twórca polskiej szkoły teorii sprężystości (prezes PAN w latach 1978-80), oraz wymieniany już Groszkowski w badaniach nad wysoką próżnią.

Trudno jeszcze dziś, z braku dostatecznej perspektywy czasowej, właściwie ocenić polski wkład w światowy postęp naukowo-techniczny w pierwszym dziesięcioleciu znowu już niezależnej Trzeciej Rzeczypospolitej. Z pewnością wszakże zasługuje na odnotowanie odkrycie pierwszego poza naszym Układem Słonecznym systemu planetarnego (1992-94) przez polskiego astronoma Aleksandra Wolszczana. Osiągnięcie to, zdające się nawiązywać do jakże chlubnej tradycji kopernikowskiej, można chyba potraktować jako dobrą zapowiedź na przyszłość.

BIBLIOGRAFIA

- Bernal J. D.: *Nauka w dziejach*. Warszawa 1957
- Bieńkowski T., Dobrzycki J.: *Kierunki rozwoju nauki*. Warszawa 1987
- Boorstin D. J.: *Odkrywczy – dzieje ludzkich odkryć i wynalazków*. Warszawa 1998
- Brock W. H.: *Historia chemii*. Warszawa 1999
- Bronowski J.: *Potęga wyobraźni*. Warszawa 1988
- Butterfield H.: *Rodowód współczesnej nauki 1300-1800*. Warszawa 1963
- Childe V. G.: *O rozwoju w historii*. Warszawa 1963
- Crombie A. C.: *Nauka średniowieczna i początki nauki nowożytnej*. Warszawa 1960
- De Camp L. S.: *Wielcy i mali twórcy cywilizacji*. Warszawa 1968
- Encyklopedia odkryć i wynalazków*. Warszawa 1979
- Farrington B.: *Nauka grecka*. Warszawa 1954
- Iłowiecki M.: *Dzieje nauki polskiej*. Warszawa 1981
- Kuhn T. S.: *Dwa bieguny – Tradycja i nowatorstwo w badaniach naukowych*. Warszawa 1985
- Kuhn T. S.: *Przewrót kopernikański – Astronomia planetarna w dziejach myśli*. Warszawa 1966
- Kuhn T. S.: *Struktura rewolucji naukowych*. Warszawa 1968
- Laue M. von: *Historia fizyki*, Warszawa 1957
- Ley W.: *W niebo wpatrzeni – Nieoficjalna historia astronomii od Babilonu do ery kosmicznej*. Warszawa 1984
- Mierzecki R.: *Historyczny rozwój pojęć chemicznych*. Warszawa 1987
- Mumford L.: *Technika a cywilizacja – Historia rozwoju maszyny i jej wpływ na cywilizację*. Warszawa 1966
- Orłowski B.: *Technika* (seria Ossolineum: „Zrozumieć Europę”). Wrocław 1999
- Price de Solla D. J.: *Czym się różni nauka od techniki*. „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki”. 1973, nr 1, s. 3 - 15
- Price de Solla D. J.: *Mała nauka – wielka nauka*. Warszawa 1967
- Price de Solla D. J.: *Węzłowe problemy historii nauki*. Warszawa 1965
- Sherwood-Taylor F.: *Historia nauk przyrodniczych w zarysie*. Warszawa 1967
- Szydło Z.: *Woda, która nie moczy rąk – alchemia Michała Sędziwoja*. Warszawa 1997
- Van Doren Ch.: *Historia wiedzy od zarania do dziś*. Warszawa 1996

INDEKS NAZWISK

- Akademios* 45
Albert Wielki (ok. 1200-1280) 29
Aleksander Wielki 21
Alhazen (ok. 965-1039) 27, 61
Anaksagoras z Kladzomeny (ok. 500-ok. 428 p.n.e.) 22
Archimedes z Syrakuz (ok. 287-212 p.n.e.) 23-25
Arystarch z Samos (III w. p.n.e.) 22
Arystokles → Platon
Arystoteles (384-322 p.n.e.) 22-23, 28-29, 31, 35, 41
August 57
Awicenna (980-1057) 27
- Babiński Aleksander (ok. 1824-1899) 66
Babiński Józef (1857-1932) 66
Bacon Francis (1561-1626) 32
Banach Stefan (1892-1945) 69
Becquerel Antoine Henri (1852-1908) 65
Beda Czcigodny (ok. 673-735) 27
Benedykt Polak (ok. 1200-ok. 1280) 61
Białobrzęski Czesław (1878-1953) 66
Al-Biruni (973-1048) 27
Boratyni Tytus Liwiusz (1617-1681) 38, 62
Braun Wernher von (1912-1977) 47-48
Buffon Georges Louis Leclerc de (1707-1788) 42
Bunsen Robert Wilhelm (1811-1899) 40
- Cezar 56-57
Condamine Charles Marie La (1701-1774) 38
Curie Pierre (1859-1906) 64-65
Curie-Skłodowska Maria (1867-1934) 64-65
- Darwin Charles (1809-1882) 7, 42
Darwin George (1845-1912) 43
Demokryt z Abdery (V w. p.n.e.) 22
Descartes René (1596-1650) 32
Dobrzycki Jerzy 7
Drebbel Cornelius van (1572-1633) 36
Dungern Emil von (1867-1953) 66
Dzierżoń Jan (1811-1906) 63
- Ehrlich Paul (1854-1915) 46
Einstein Albert (1879-1955) 7, 23, 47, 53, 66
Empedokles z Akragas (ok. 492-ok. 432 p.n.e.) 22
Eratostenes z Cyreny (ok. 275-ok. 194 p.n.e.) 25, 60
Euklides (ok. 365-ok. 300 p.n.e.) 25
- Fajans Kazimierz (1887-1975) 65
Ferdynand Katolicki 30
Filon z Bizancjum (III w. p.n.e.) 35
Fleming Alexander (1881-1955) 59
Folkierski Władysław (1841-1904) 68
Freytag Adam (1608-1650) 62
Frisch Otto Robert (1904-1979) 47
Funk Kazimierz (1884-1967) 66
- Galileusz (1564-1642) 33, 35, 37, 40, 43
al-Gazali (1058-1111) 29
Geikie Archibald (1835-1924) 42
Giovanni da Pian del Carpine 61
Groszkowski Janusz (1898-1984) 69-70
Guericke Otto von (1602-1686) 36
- Habich Edward Jan (1835-1909) 68
Hahn Otto (1879-1968) 47
Harvey William (1578-1657) 40

- Heisenberg Werner Carl (1901-1975) 53
 Helmholtz Hermann Ludwig (1821-1894) 42
 Henryk Żeglarz (1394-1460) 58
 Heron z Aleksandrii (I w. n.e.) 35
 Herschell William Frederick (1738-1822) 40
 Heweliusz Jan (1611-1687) 62
Hieron 24
 Hirszfild Ludwik (1884-1954) 66
 Hirszfildowa Hanna (1884-1964) 66
 Hofmann August von (1818-1892) 45
 Hooke Robert (1635-1702) 33, 35, 39
 Huber Maksymilian Tytus (1872-1950) 67
Humboldt Wilhelm von 45
 Hutton James (1725-1797) 42
 Huygens Christiaan (1629-1695) 37

Izabela Katolicka 30

 Jan z Grotkowa (zm. 1352) 61
 Jan Radlica (zm. 1392) 61
 Jasiński Feliks (1856-1899) 67-68
 Jean Buridan (ok. 1300-ok. 1358) 29
Jefferson Thomas 58
Johnson Lyndon B. 48

Karol II 44
Karol Mądry 61
Karol Wielki 28
 Kartezjusz → Descartes René
 Keesom Willem Hendrik (1876-1956) 63
 Kelvin → Thomson William
 Kepler Johannes (1571-1630) 33, 40
 Kirchhoff Gustav Robert (1824-1887) 40
Klemens IV 30
 Kluger Władysław (1849-1884) 68
 Kochański Adam (1631-1700) 62
 Kolumb Krzysztof (1451-1506) 30
 Kopernik Mikołaj (1473-1543) 7, 32-33, 40-41, 61-62
Kuhn Thomas 7

 Lavoisier Antoine Laurent (1743-1794) 36
 Leeuwenhoek Antonie van (1632-1723) 39
 Leibniz Gottfried Wilhelm (1646-1716) 62

Leszek Czarny 61
 Leukippos (V w. p.n.e.) 22
 Liebig Justus von (1803-1873) 45
Ludwik XIV 44
Ludwik Węgierski 61

 Malpighi Marcello (1628-1694) 40
 Meitner Lise (1878-1968) 47
 Mikołaj z Polski (XIII w.) 61
 Montgolfier Etienne Jacques de (1745-1799) 37
 Montgolfier Michel Joseph de (1740-1810) 37
 Mouton Gabriel (1618-1694) 38

 Newton Isaac (1642-1727) 7, 33-35, 40, 42, 53
 Nicole d'Oresme (ok. 1320-1382) 29-30
 Nowacki Witold (1911-1986) 70

 Olszak Wacław (1902-1980) 70
 Olszewski Karol Stanisław (1846-1915) 63
 Oppenheimer Jacob Robert (1904-1967) 47

 Pascal Blaise (1623-1662) 35
 Pasteur Louis (1822-1895) 39
 Perkin William Henry (1838-1907) 46
 Perronet Jean Rodolphe (1708-1794) 44
 Pieńkowski Stefan (1883-1953) 68
 Planck Max (1858-1947) 52
 Platon (427-347 p.n.e.) 22-23, 43
Price de Solla Derek J. 11
 Priestley Joseph (1733-1804) 36-37
Ptolemeusze 25
 Pułłowski Stanisław (1597-1645) 37-38, 62

 Ramsay William (1852-1916) 63
 Rejewski Marian (1905-1980) 69
 Rhazes (850-923) 27
 Richer Jean (1630-1696) 38
 Robert Grosseteste (ok. 1168-1253) 30
 Roentgen Wilhelm Conrad (1845-1923) 65
 Roger Bacon (ok. 1219-ok. 1292) 30
 Römer Ole (1644-1710) 60

- Różycki Jerzy (1909-1942) 69
Rutherford Ernest (1871-1937) 65
Ryżko Stanisław (1910-1974) 69
Schott Gaspar (1608-1666) 36
Sędziwój Michał (1566-1636) 36, 62
Siemienowicz Kazimierz (zm. po 1651) 62
Smoluchowski Marian (1872-1917) 65
Soddy Frederick (1877-1956) 65
Sokrates (469-399 p.n.e.) 22
Sosigenes (I w. p.n.e.) 56
Strassmann Fritz (1902-1980) 47
Szilárd Leo (1898-1964) 47
- Tales z Miletu (ok. 625-ok. 547 p.n.e.) 22
Talleyrand Charles Maurice de Périgord (1754-1838) 38
Tarski Alfred (1901-1983) 69
Teller Edward (ur. 1908) 69
- Thomson William (1824-1907) 43
Tomasz z Akwinu (1225-1274) 29
Torricelli Evangelista (1608-1647) 35, 43
- Ulam Stanisław Marcin (1909-1984) 69
- Wakulski Ksawery Franciszek (1843-1925) 68
Waldemar 61
Wasiutyński Aleksander (1859-1944) 68
Weigl Rudolf (1883-1957) 67
Witelo (ok. 1230-ok. 1275) 61
Witruwiusz (I w. p.n.e.) 23-24
Wolfke Mieczysław (1883-1947) 63
Wolszczan Aleksander (ur. 1946) 70
Wren Christopher (1632-1723) 33, 37
Wróblewski Zygmunt Florenty (1845-1888) 63
- Zygalski Henryk (1907-1978) 69

**WYDAWNICTWO
STOWARZYSZENIA BIBLIOTEKARZY POLSKICH**

Dział Promocji i Kolportażu

02-086 Warszawa
Al. Niepodległości 213
tel. (0-22) 825-50-24
fax (0-22) 825-53-49

Pod tym adresem i telefonem
przyjmujemy zamówienia pisemne lub telefoniczne
(także faksem)

Z a p r a s z a m y !

Wydawnictwo SBP jest wyspecjalizowaną agendą Stowarzyszenia Bibliotekarzy Polskich. Wydajemy książki i czasopisma fachowe służące kształceniu i doskonaleniu zawodowemu bibliotekarzy.

Oferujemy Państwu sprzedaż wysyłkową na zamówienie pisemne a także telefoniczne oraz sprzedaż odręczną w dwóch punktach: Warszawa – ul. Konopczyńskiego 5/7 oraz w Dziale Promocji i Kolportażu AL. Niepodległości 213.

Staramy się – zważywszy na status materialny środowiska bibliotekarskiego – utrzymać ceny na poziomie niskim i średnim a część pozycji wydajemy na zasadzie *non profit*.

Z każdym rokiem nasza oferta jest bogatsza.

WYDAWNICTWO

SBP



KUPOJECIE U NAS – BO WARTO !!!

DO WSZYSTKICH TYCH, KTÓRZY SIĘ KSZTAŁCĄ LUB DOSKONAŁĄ

Życzymy Wam sukcesów w nauce

Pamiętajcie o tym, że:

WYDAWNICTWO SBP

jest dla Was. Publikujemy większość literatury, która będzie potrzebna w trakcie studiów. Autorami tych książek są Wasi obecni i przyszli wykładowcy, sprawdzeni dydaktycy i naukowcy. Co roku wydajemy kilka pozycji książkowych z myślą o studentach. Także dla Was wydajemy:

CZASOPISMA

BIBLIOTEKARZ. Indeks 352624. Miesięcznik o charakterze fachowym i naukowym. Ukazuje się od 1929 r. Czasopismo wydawane przez Stowarzyszenie Bibliotekarzy Polskich oraz Bibliotekę Publiczną m.st. Warszawy.

PORADNIK BIBLIOTEKARZA. Indeks 369594. Miesięcznik instrukcyjno-metodyczny. Ukazuje się od 1949 r. Czasopismo wydawane przez Stowarzyszenie Bibliotekarzy Polskich.

ZAGADNIENIA INFORMACJI NAUKOWEJ. Od 1993 r. czasopismo jest wydawane przez Instytut Informacji Naukowej i Studiów Bibliologicznych Uniwersytetu Warszawskiego oraz Stowarzyszenie Bibliotekarzy Polskich, jako półrocznik.

BIULETYN INFORMACYJNY ZG SBP. Ukazuje się od 1993 r. jako „Biuletyn”, wcześniej wydawany był „Komunikat ZG SBP”. Ukazuje się 2-4 razy w roku. Dokumentuje działalność organizacyjną i merytoryczną Stowarzyszenia.

WYDAWNICTWO



KUPUJĄC U NAS WSPIERASZ
POLSKIE BIBLIOTEKARSTWO



**SERIA WYDAWANA
Z INICJATYWY
INSTYTUTU INFORMACJI NAUKOWEJ
I STUDIÓW BIBLIOLOGICZNYCH
UNIwersYTETU WARSZAWSKIEGO
ORAZ WYDAWNICTWA SBP**