

Ryszard Czyżewski

Katedra Filozofii AP Słupsk

RODOWÓD NOWOŻYTNEJ METODY NAUK PRZYRODNICZYCH

Badania naukowe mogą wypierać przesady przez popieranie myślenia przyczynowego i obserwacji. Jest rzeczą niewątpliwą, iż pokrewne uczuciom religijnym przekonanie o rozumności względnie pojmowalności świata leży u podstaw wszelkiej subtelniejszej pracy naukowej¹.

Albert Einstein

Początki nauki sięgają czasów starożytnych. 6-5 tysięcy lat temu w Egipcie i Mezopotamii zaczęto opisywać ogólne zasady różnych umiejętności – sztuki pisania, wiedzy o gwiazdach, architekturze, metalurgii oraz tajemnice bogów i wszelkich mądrości. Początki astronomii datuje się na ok. 3000 lat dawnej ery, to jest na kilka stuleci przed wybudowaniem Wielkiej Piramidy. 4-3 tysiące lat p.n.e. mieszkańcy Mezopotamii, Sumerowie, nauczyli się grupować gwiazdy w konstelacje. Tysiąc lat później egipscy astronomowie – kapłani ułożyli za ich pomocą kalendarz roczny i nauczyli się mierzyć czas. Do pomiaru czasu używano zegara słonecznego już ok. 1500 roku p.n.e. „Strażnicy czasu” spędzali całe noce na dachach świątyń, stale notując położenie gwiazd za pomocą np. liści palmowych zaopatrzonych w zwisające ciężarki. Stwierdzono, że gwiazdy wschodzą o 4 minuty wcześniej w stosunku do czasu słonecznego, co posłużyło do układania kalendarza. Chińczycy wykonywali pomiary nachylenia ekliptyki do równika Ziemi już ponad 3 tysiące lat temu. Babilończycy wprowadzili nazwy gwiazdozbiorów oraz znaki zodiaku, a także zapoczątkowali astrologię. Hipparcos opracował pierwszy katalog gwiazd

¹ A. Einstein, *Pisma filozoficzne*, przekł. K. Napiórkowski, Warszawa 1999, s. 82.

już w II wieku przed narodzeniem Chrystusa. Zarówno Egipcjanie, jak i Asyryjczycy umieli już mierzyć i ważyć. Wielką Piramidę zbudowano bardzo precyzyjnie,omalże tak, jakby użyto współczesnych narzędzi. Jej narożniki odbiegają od kąta prostego zaledwie o $1/300$ stopnia, a boki o długości ok. 230 m różnią się zaledwie o 1,5 cm. Egipcjanie wynaleźli geometrię praktyczną, która była bardziej nauką rzemieślniczą niż gałęzią matematyki, Grecy geometrię teoretyczną opartą na założeniach i dowodach. Do początków VII w. p.n.e. głównymi ośrodkami nauki świata starożytnego były Egipt i Mezopotamia, gdzie nauki miały głównie charakter umiejętności rzemieślniczych. Od VII wieku p.n.e. w Azji Mniejszej, a potem w Grecji uprawiano naukę dla niej samej. Zajmowano się nauką, żeby osiąść wiedzę, a nie tylko umiejętności praktyczne. Sukces Talesa z Miletu, który za pomocą metody obliczeniowej przewidział mające nastąpić w 585 roku p.n.e. zaćmienie Słońca, z pewnością przyczynił się do rozpowszechnienia zainteresowania się nauką. Grecy zaczęli zastanawiać się nad przyczynami wszelkich zjawisk. Postawili fundamentalne pytania dotyczące otaczającego ich świata, i próbowali udzielać na nie odpowiedzi poza mitologią, często posługując się jedynie obserwacją i wnioskowaniem, a więc metodami naukowymi.

Heraklita teoria rzeczywistości przyczyniła się do uświadomienia panującego w przyrodzie porządku. Jak wiadomo twierdził, że choć „struktura rzeczywistości lubi się ukrywać”, to przecież można ją odkryć. Trzeba tylko zerwać z wiarą w pozory, zaufać rozumowi i potęgować jego wysiłki. „Nie mnie lecz prawa posłuchawszy, mądrze będzie zgodzić się, iż wszystkie rzeczy stanowią jedność”². Wszystkim kieruje według niego rozumna myśl, prawo, logos. W świecie ciągłej zmienności ujawnia się wszechwładna konieczność, stały i rozumny porządek, wedle którego wszystko się dzieje. W jego teorii rzeczywistości toruje sobie drogę racjonalna tendencja; prawo, które przenikając wszystko jest powszechne i wspólne; prawo, według którego świat jest uporządkowany. Ponieważ owo prawo jest wszystkim bytom wspólne, więc można je myślą uchwycić, pojąć, zrozumieć. Nazwał swoją zasadę logosem, który – jak wielu utrzymuje – nie oznacza w sensie właściwym rozumu i inteligencji, ale raczej regułę, według której wszystko się urzeczywistnia, oraz prawo, które jest wspólne dla wszystkich rzeczy i wszystkimi rządzi. Na świadomości tego prawa według niego polega prawdziwa mądrość. Nie jest ona tożsama z „wiedzą o wielu rzeczach”, z encyklopedycznym wykształceniem, ale ze znajomością tego, co ogólne i racjonalne, co dotyczy przyczyn

² J. Legowicz, *Historia filozofii starożytnej Grecji i Rzymu*, Warszawa 1986, s. 53.

i mechanizmów przemian rzeczywistości. Niewątpliwie był to sposób myślenia inspirujący rozwój przyszłych nauk przyrodniczych.

Również pitagorejczycy, chociaż traktowali badania naukowe jako środek do celu, jakim było prowadzenie określonego trybu życia, dzięki rozwijaniu nauki opartej na matematyce przysłużyli się do wyjścia ludzkości z hezjodejskiego chaosu i stworzenia w filozofii nowego klimatu, z którego później skorzystali eleaci; starożytne źródła przekazują informację, że Parmenidesa, założyciela szkoły eleatów, wprowadził do filozofii jeden z pitagorejczyków³. Zasadą, której jończycy upatrywali w wodzie, *apeironie*, w powietrzu i w ogniu, dla pitagorejczyków była liczba i jej elementy konstytutywne. Pitagorejczycy pierwsi uprawiali systematycznie nauki matematyczne i z tego powodu zauważyli, że wiele rzeczy i zjawisk przyrodniczych da się wyrazić w relacjach liczbowych i można je przedstawić w sposób matematyczny. Zaobserwowali, że muzykę, którą kultywowali jako środek oczyszczenia duszy, da się przełożyć na liczbę i liczbowo określić. Odmienność dźwięków, jakie powstają przy uderzaniu młotów w kowadło, zależy od różnicy ich wagi. Różnica dźwięków wydawanych przez instrument strunowy zależy od różnicy długości strun. Odkryli interwały muzyczne (oktawa, kwinta, kwarta) oraz rządzące nimi prawa matematyczne. Badając rozmaite zjawiska kosmiczne, również w tym zakresie zauważyli decydujący wpływ liczby. Świat całkowicie zdominowany przez liczbę stał się dla nich „kosmosem”, to znaczy „porządkiem”. „Kosmos” jest terminem, którego oni jako pierwsi użyli w tym specyficznym znaczeniu, w którym przejmie go na stałe myśl zachodnia. Odkrywszy zależności występujące między różnego rodzaju zjawiskami a liczbami, skłonni byli konstruować także takie zależności, które nie istniały, wkraczając w ten sposób w granice fantastyki. Dla nas liczba jest owocem działania naszego umysłu, rezultatem abstrakcji, a zatem jest bytem myślowym (*intelligibilitas tenis*). Dla pitagorejczyków i dla antycznego sposobu myślenia, który skoryguje dopiero Arystoteles, liczba jest rzeczą, a nawet najbardziej realną z rzeczy, i jako taka właśnie może być zasadą konstytutywną innych rzeczy w taki sposób, w jaki zasadą była dla Talesa woda lub dla Heraklita ogień. Ogromne wrażenie na pitagorejczykach musiało wywrzeć odkrycie w zjawiskach głębokiej i niezmiennej prawidłowości matematycznej, dlatego obecnie rozumiałe jest dla nas, że liczbę czczono jako przyczynę wszelkiego porządku i wszelkiej określoności, jako podstawę wszelkiego poznania, jako boską moc władającą światem. Świat przestał być terenem panowania mrocznych sił, polem działania

³ Diogenes Laertios, *Żywoty i poglądy słynnych filozofów*, Warszawa 1982, s. 527.

tajemniczych i nieprzeniknionych mocy, a stał się właśnie „porządkiem”, a jako uporządkowany stał się czytelny dla umysłu ludzkiego. Dla pitagorejczyków porządek oznacza liczbę, a liczba oznacza rozumność, możliwość poznania, przeniknięcia świata przez myśl. Nauki szkoły pitagorejskiej traktowane były jako sekret, a pierwszym pitagorejczykiem, który opublikował dzieła zawierające owe nauki był Filolaos, żyjący w czasach Sokratesa. Filolaos stwierdza: „Faktycznie wszystko, co daje się poznać, ma liczbę. Nie można by bowiem bez niej ani uchwycić myślą, ani poznać niczego”⁴. Osiągnięcia pitagorejczyków w rozwijaniu i stosowaniu nauk matematycznych doprowadziły ich do uznania liczby za zasadę wszystkiego, a w przyszłości umożliwiły rozwój wszelkich nauk przyrodniczych. Niewątpliwie stanowią też zapowiedź rozwoju tych nauk w wyrafinowanej teoretycznej formie, w której prawa przyrody zostaną ujęte w języku matematyki, np. przez Archimedesą. W czasach nowożytnych będą mogły zaistnieć w formie pierwszego spójnego systemu teoretycznego mechaniki, sformułowanego przez Galileusza i Newtona.

Wraz z Parmenidesem kosmologia presokratyczna doznaje głębokiego wstrząsu – przekształca się w coś nowego i bardziej dojrzałego, to znaczy w ontologię. Jego rozważania nad bytem i niebytem prowadzą do pierwszego sformułowania zasady niesprzeczności, która stwierdza, że nie jest możliwe, aby rzeczy sprzeczne mogły równocześnie współistnieć. Jest to zasada, która od Arystotelesa otrzymała swoje najbardziej znane sformułowanie i uzasadnienie, nadające jej wymiar logiczny i gnoseologiczny. Będzie ona stanowić nie tylko podstawę logiki starożytnej, lecz całej logiki Zachodu, i dopiero współczesna teoria fizyczna – mechanika kwantowa – ją zakwestionuje. Jednocześnie myśl parmenidejską o niezmienności bytu wykorzystał Albert Einstein przy tworzeniu swojej słynnej teorii względności, gdzie zjawiska ujmując jako nieruchome punkty w czasoprzestrzeni. Filozofia eleacka kończy na uznaniu bytu wiecznego, nieskończonego, jednego, jednorodnego, niezmiennego, nieruchomego, niecielesnego, który wyklucza wszelką możliwość wielości, ponieważ u samych podstaw uniemożliwia istnienie zjawisk. Nowością wprowadzoną przez Melissosa było systematyczne wykluczenie świata zmysłów i *doksy*. W konsekwencji eleaci nie mogli odróżnić Boga od świata, ponieważ „byt” miał dla nich tylko i wyłącznie jedno jedyne znaczenie, znaczenie integralne. Arystoteles w swoim dziele *O powstawaniu i ginięciu* zarzucał eleatom w ogóle, a Melissosowi w szczególności, że byli bliscy szaleństwa rozumu, który nie chce uznawać niczego innego, jak tylko samego siebie i swoją prawdę,

⁴ Platon, *Gorgiasz*, przekł. W. Witwicki, Warszawa 1958, 507 e-508a.

kategorycznie odrzucając doświadczenie i to, czego ono dostarcza. Wysiłek późniejszych dociekań teoretycznych Platona i Arystotelesa polegać będzie na próbie zaradzenia temu „szaleństwu” poprzez usiłowanie uznania racji rozumu i równocześnie racji doświadczenia, czyli usiłowanie ocalenia zasady Parmenidesa i ocalenia zjawisk.

Doktryna atomizmu, pod którą położył fundamenty Leucyp, uczeń Zenona i Melissosa, a z kolei systematycznie rozwinął Demokryt, była w kręgu filozofii presokratycznej ostatnią próbą odpowiedzi na aporie wywołane przez filozofię eleacką, próbą ocalenia podstawowej zasady samego eleatyzmu bez wyrzekania się zjawisk. Atomy Demokryta są rozdrobnieniem Bytu-Jedności eleatów na nieskończenie wiele bytów-jedności, które próbują zachować możliwie jak najwięcej cech Bytu-Jedności. Atom przedstawiony w sposób ejdetyczny przez filozofów z Abdery oznaczał byt pomyślany; jest atomem-formą, który od innych atomów różni się kształtem, porządkiem i położeniem. Ta Demokrytejska idea, która jest ilością, materialnością i koniecznością, wyprzedza ideę Platonską, która jest jakością, niematerialnością i celowością. Zarówno Demokryt, jak i Platon określają mianem „idei” rzeczywistość bardziej prawdziwą, tę, która wykracza poza pozory i złudzenia bezkrytycznego doświadczenia. Atom-idea jest pierwszym w filozofii greckiej stwierdzeniem indywidualności i substancjalności bytu jednostkowego. Światy i rzeczy w nich zawarte zostały według atomistów utworzone jedynie przez atomy i ruch; wszystko więc tłumaczy się w sposób mechaniczny i konieczny. Leucyp wyraźnie głosił powszechną konieczność, chociaż nadmienić należy, że zarówno Leucyp, jak i Demokryt przeszli do historii jako ci, którzy uznają, że świat powstaje dzięki przypadkowi. Według nich każda rzecz jest dokładnie określonym rezultatem określonej przyczyny. W umyśle współczesnego człowieka słowo „atom” wywołuje już inne znaczenia, które funkcjonują w nauce nowożytnej, zaczynając od Galileusza, aż po współczesną fizykę. Obecnie odgrywa fundamentalną rolę jako pojęcie leżące u podstaw współczesnych teorii tłumaczących funkcjonowanie całego wszechświata. Trudno sobie wyobrazić współczesną naukę bez tego pojęcia, chociaż próbuje się tworzyć teorie tłumaczące wszelkie zjawiska przyrodnicze, w których nie występuje pojęcie atomu, np. teoria superstrun.

Wyróżnienie przez Arystotelesa metafizyki, jako „filozofii pierwszej”, i fizyki, jako „filozofii drugiej”, pociągnie za sobą definitywne przekroczenie horyzontu filozofii presokratyków i przyniesie radykalną zmianę antycznego rozumienia *physis*. Słowo „*physis*” nie będzie już oznaczało całości bytu, lecz byt zmysłowy, a słowo „*natura*” będzie przeważnie zna-

czyło „natura zmysłowa”, jednak rozpatrywana ze ściśle filozoficznego punktu widzenia. Współcześnie fizyka utożsamia się z nauką o naturze rozumianej po galileuszowsku, to znaczy pojętej ilościowo. Trzeba jednak pamiętać, że dla Arystotelesa, w księgach *Metafizyki*, fizyka nie jest nauką ilościową o naturze, lecz jakościową, i ten typ nauki będzie uprawiany aż do naukowej rewolucji Galileusza i Newtona. Na dodatek identyczna jest także metoda stosowana przez Arystotelesa zarówno w dociekaniach fizycznych, jak i metafizycznych. Arystotelesowska fizyka, jak również znaczna część jego kosmologii opiera się na zasadzie przyczyn celowych, jest w gruncie rzeczy metafizyką tego co zmysłowe, jest przepełniona rozważaniami metafizycznymi i swój szczyt osiąga w dowodzeniu istnienia pierwszego Nieporuszonego Poruszyciela. Niestety, do nauk matematycznych Arystoteles nie przywiązywał szczególnej wagi, mniej się nimi interesował niż jego nauczyciel Platon, i w ostatecznym rozrachunku jego spekulacyjne – oparte na rozważaniach czysto jakościowych – osiągnięcia na polu nauk przyrodniczych (z wyjątkiem biologii) stały się hamulcem ich prawidłowego rozwoju w następnym tysiącleciu. Niemniej jednak do nauk matematycznych Stagiryta wniósł swój znaczący wkład, określając po raz pierwszy status ontologiczny przedmiotów, którymi zajmują się nauki matematyczne. Niezaprzeczalnym wkładem w proces rozwoju myśli ludzkiej jest logika zawarta w jego dziele *Organon*, ciągle aktualna, podobnie jak geometria zawarta w dziele Euklidesa *Elementy*.

Następca Arystotelesa na stanowisku kierownika Liceum, Teofrast, poddaje pod dyskusję przyczyny celowe. Pomimo że nie odrzuca tej Arystotelesowskiej teorii całkowicie, poświęca ostatnich kilka stron swojej rozprawki *Metafizyka* zakwestionowaniu możliwego zasięgu jej stosowania. Dwa jego podstawowe zastrzeżenia to, po pierwsze, że zidentyfikowanie ostatecznych przyczyn jest daleko trudniejsze, niż się powszechnie uważa, po drugie zaś, że wiele rzeczy nie pojawia się wcale w jakimś określonym celu. „Musimy – powiada – zakreślić pewne granice celowości w dążeniu do tego, co najlepsze, a nie przyjmować w sposób bezwzględny, że ono istnieje we wszystkich przypadkach [...] Bo jeżeli nawet taka jest dążność natury, to jednak tyle przynajmniej się okazuje, że wiele jest tego, co nieposłuszne i niezdolne do przyjmowania dobrego”⁵. Utrzymuje on, że wszechświat jest z założenia uporządkowany i podobnie jak wielu Greków wierzy, iż przede wszystkim ciała niebieskie w najwyższym stopniu wykazują porządek. Dostrzega jednak i stwierdza, że w przyrodzie – zarówno

⁵ Teofrast, *Metafizyka*. W: tegoż, *Pisma filozoficzne i wybrane pisma przyrodnicze. Charaktery*, przekł. D. Gromska i J. Schnayder, Warszawa 1963, 11 a 1 i nast.

pośród zwierząt, jak i w ruchach cząstek – wiele dzieje się na chybił trafił i bez celu. Był krytykiem zastanych poglądów, ale również jawi się jako badacz, który postępuje zgodnie z kanonami wyznaczonymi przez Arystotelesa w jego *Zoologii*. W pracach z zakresu botaniki można dostrzec jego ostrożność jako teoretyka, skrupulatność w porządkowaniu danych oraz umiejętność obserwacji.

Następcą Teofrasta w kierowaniu Liceum został Straton z Lampsakos. Pośród uprawianych dyscyplin naukowych interesowało go przede wszystkim badanie przyrody, które można zakwalifikować jako dziedzinę fizyki i dynamiki. Najbardziej interesujące jego prace dotyczyły dwóch zagadnień z dziedziny fizyki, a mianowicie siły ciężkości oraz zjawiska próżni. To, co robił Straton, polegało na zastąpieniu jednej teorii drugą – prostszą. Z drugiej strony, zarówno w pracy o spadających ciałach, jak i podczas badania natury próżni używał metody, która polegała na odwoływaniu się do podwójnego świadectwa – przyrody i sztuki – tzn. bezpośredniej obserwacji zjawisk naturalnych oraz do przemyślanych eksperymentów. W badaniach zagadnień z dziedziny fizyki próbował on stosować eksperymenty częściej niż jakikolwiek żyjący wcześniej uczoney grecki, i mimo że większość z tych prób jest nieprzekonująca, wydają się one najważniejszą cechą jego pracy naukowej. Cel tych badań był praktyczny i miały one za zadanie zaprezentować bądź też obalić teorię fizyczną. Teofrast krytykował Arystotelesowską teorię przyczyn celowych, jednak pozostał nadal teleologiem. Poglądy Stratona, ogólnie rzecz biorąc, są jeszcze odleglejsze od reprezentowanych przez Arystotelesa, wydaje się bowiem, że w całości odrzucił on działanie przyczyn celowych w przyrodzie. Według niektórych świadectw Straton odrzucił teorię, że świat jest dziełem boskiej opatrności, i ograniczył działanie przyrody do „przypadku” i „spontaniczności”⁶. Otworzył nowe pole badawcze dzięki swym próbom zgłębienia zagadnień z dziedziny dynamiki i pneumatyki za pomocą doświadczeń. Zarówno Teofrast, jak i Straton prowadzili własne, oryginalne badania w poszczególnych dziedzinach nauki, lecz żaden z nich nie stworzył wyczerpującej teorii fizycznej, która mogłaby rywalizować z Arystotelesowską. Tego rodzaju teorie zostały jednak przedstawione jako elementy nauki epikureizmu i stoicyzmu; w obu tych systemach filozoficznych szczególnie wyróżniano trzy działy: etykę, fizykę i logikę, przy czym pierwszemu z nich podporządkowywano dwa pozostałe.

Poglądy Epikura z zakresu fizyki pochodzą od Leucypa i Demokryta, atomistów z V wieku p.n.e. W niektórych punktach jednak jego teoria

⁶ J. Legowicz, *Historia filozofii...*, s. 266.

różniła się od tego, czego nauczał Demokryt. Najistotniejsza poprawka, którą wprowadził, dotyczy ciężaru jako własności atomów oraz zjawiska odchylenia ich ruchów. Epikureizm stanowi dziwną mieszankę, w której poważne badania nad niektórymi podstawowymi problemami z dziedziny fizyki łączą się z negatywnym podejściem do studiowania poszczególnych zjawisk przyrodniczych. Stanowi doskonałą ilustrację tego, w jaki sposób założenia filozoficzne wpływały na charakter pracy naukowej – powstrzymywały one przed prowadzeniem badań empirycznych w znacznie większym stopniu, niż wymagały tego teoretyczne poszukiwania na polu fundamentalnych problemów z dziedziny fizyki.

Stoicyzm był rywalizującym z epikureizmem systemem filozoficznym, który powstał i rozwinął się za sprawą trzech ludzi: Zenona z Kition, Kleantesa z Assos i Chryzypa z Soloj. Podstawowe teorie fizyczne były przede wszystkim dziełem Zenona, Chryzyp zaś odpowiada za wiele teorii szczegółowych i argumentów, które pomogły skonsolidować ten system. Motywy badania zjawisk naturalnych były takie same w przypadku stoików, jak i epikurejczyków, chodziło mianowicie o osiągnięcie spokoju ducha. Poza tym pomiędzy obydwoma szkołami panowała fundamentalna niezgoda w sprawie niemal każdego istotnego zagadnienia z dziedziny fizyki, np. podczas gdy Epikur uważał, że istnieją wyłącznie atomy i próżnia, stoicy mówili, iż na świecie próżni nie ma, choć poza światem istnieje próżnia nieskończona. Fizyka stoików była z natury jakościowa i deterministyczna. Była to pierwsza w starożytności w pełni dopracowana teoria ciągłości materii oparta na pojęciu kontinuum, gdzie wszystko na siebie oddziałuje wzajemnie. Jednakowoż z ich punktu widzenia nie było istotnej różnicy między próbami, jakie przedsięwziął fizyk, aby dojść za pomocą indukcji do treści podstawowych praw natury, a próbami wróżbiarza, aby na podstawie swoich obserwacji przepowiedzieć przyszłość. W oczach stoików podstawa rozumowa czynności wróżenia, jak również działalności naukowej polegała na filozoficznym przekonaniu o nieprzerwanym łańcuchu przyczyn i skutków. Chociaż obie szkoły proponowały wyjaśnienia przyczyn wielu zjawisk z dziedziny astronomii, meteorologii i biologii, żadna z nich w jakimkolwiek znaczącym stopniu nie zaangażowała się w badania eksperymentalne. Niemniej ich spór wydobyl sprzeczność między dwiema z zasady przeciwstawnymi, lecz uzupełniającymi się koncepcjami materii – atomizmem i ciągłością materii. Fizyka Epikura i wczesnych stoików była abstrakcyjnym systemem opartym na rozmyślaniach nad podstawową budową materii. Wprawdzie w rozważaniach filozofów na temat atomistycznej budowy materii na przełomie V i IV wieku p.n.e. można się dopatrywać początków fizyki, a od Pitagorasa pochodzą pierwsze związki fizy-

ki z matematyką, ale naprawdę fizyka narodziła się znacznie później i to w dużej mierze w wyniku pytań stawianych przez astronomię. Zarówno w epikureizmie, jak i w stoicyzmie nauki przyrodnicze są połączone wewnętrznie z etyką i teologią. Pomimo wagi ich dorobku w dziedzinie ogólnej teorii materii ani Epikur, ani wcześni stoicy nie wnieśli żadnego istotnego wkładu do jakiegokolwiek z nauk, która byłaby oparta głównie na obserwacji. Wielkie postępy, poczynione w takich dziedzinach, jak astronomia i biologia w III i II wieku p.n.e. opierały się na pracy ludzi, których podstawowym zajęciem nie była filozofia, lecz albo matematyka, albo medycyna.

Od III wieku p.n.e. życie naukowe koncentrowało się również w Aleksandrii, dzięki patronatowi królewskiemu. Aleksandria stała się szybko głównym centrum badań naukowych w III stuleciu, przede wszystkim dzięki Ptolemeuszom. Pobudzały ten rozwój dwie instytucje: Biblioteka i Muzeum. Podobnie jak Akademia Platona i Liceum Arystotelesa, Muzeum stanowiło wspólnotę uczonych, którzy wspólnie pracowali i do pewnego stopnia również wspólnie żyli: członkowie Muzeum, podobnie jak w Akademii i Liceum, spożywali razem posiłki. Muzeum różniło się od Akademii tym, że nie było ono instytucją nastawioną na kształcenie, lecz zajmowało się głównie badaniami naukowymi. Podczas gdy Akademia i Liceum utrzymywały się samodzielnie, to Muzeum – podobnie jak Biblioteka Aleksandryjska – było finansowane całkowicie z funduszy zapewnianych przez Ptolemeuszów, którzy nie tylko wybudowali w królewskiej dzielnicy Aleksandrii bibliotekę, Muzeum oraz zespół budynków z nimi połączonych, lecz również wypłacali regularne stypendia dla urzędników oraz pieniądze na badania i utrzymanie dla innych naukowców. Podstawową dziedziną, która rozwijała się dzięki polityce kulturalnej Ptolemeuszów, była nie nauka, lecz literatura. Wspierano przy okazji również nauki przyrodnicze i matematykę. W końcu III stulecia, na przykład, zarządcą Biblioteki był Eratostenes z Kyrene, współczesny Archimedesowi, który pozostawał z nim w przyjaznych stosunkach i zyskał uznanie w wielu dziedzinach. Jego zainteresowania, między innymi, obejmowały geografię, matematykę, astronomię, muzykę, filozofię, filologię i krytykę literacką. Jedną z jego prac poświęconą była zastosowaniu matematyki w badaniach geograficznych. Mapa świata Eratostenesa była pierwszą dokładną mapą wykorzystującą system południków długości i równoleżników szerokości geograficznej. Pierwszy dokonał wyliczenia średnicy, obwodu i objętości Ziemi opartego na pomiarach dokonanych w Syene (blisko dzisiejszego Asuanu) i wyznaczył kąt nachylenia ekliptyki do równika niebieskiego. Wcześniej Arystarch z Samos opisał budowę Układu Sł-

necznego analogicznie, jak to zrobił Kopernik 2000 lat później. Jednakże wobec ogromnego autorytetu Arystotelesa heliocentryczna teoria Arystarcha została odrzucona na korzyść teorii geocentrycznej. Poza Eratostenesem jednym z niewielu astronomów, o którym wiadomo, że poszedł w ślady Arystarcha i przejął teorię heliocentryczną, jest Seleukos. Jeśli chodzi o nauki fizyczne, w tym też okresie pojawiły się kolejne dwie dziedziny: optyka geometryczna i statyka (wraz z hydrostatyką). Dziedziny te, to – jak wskazuje T.S. Kuhn – jedyne dziedziny fizyki, które już w starożytności odznaczały się specyficznym językiem przeznaczonym wyłącznie dla specjalistów i metodami niedostępnymi laikom⁷.

Institucje takie jak Muzeum Aleksandryjskie pomagały nauce zarówno bezpośrednio, poprzez pomoc finansową, którą mogli otrzymać naukowcy, jak i pośrednio, poprzez zapewnienie miejsca, wokół którego się skupiali. Jednak wielu uczonych nie otrzymywało w ogóle żadnej pomocy od bogatych patronów. Bez wątpienia wielu z tych, którzy pracowali naukowo, to osoby dobrze uposażone. Przykładem może być Archimedes z Syrakuz, który pochodził z bogatej rodziny, mającej bardzo dobre powiązania. Przyпуска się, że był on przyjacielem i krewnym Hierona, króla Syrakuz, i z pewnością znał Eratostenesa. Był jednym z największych twórczych geniuszy, których wydała nauka grecka. Obszar jego zainteresowań obejmował arytmetykę, geometrię, optykę, statykę i hydrostatykę, astronomię i mechanikę. Wszystko wskazuje na to, że stworzył planetarium ilustrujące ruchy Słońca, Księżyca i planet, które przetrwało do czasów Cyserona, ten bowiem wspomina o nim przy kilku okazjach, wyrażając podziw dla umiejętności Archimedesa. Oryginalną cechą metod badawczych Archimedesa jest stosowanie przez niego w geometrii ogólnych zasad z dziedziny mechaniki, np. argumenty oparte na zasadach pochodzących ze statyki są wykorzystywane do określania nieznanych powierzchni i objętości. Praca Archimedesa, w całkowitym przeciwieństwie do powtarzających się w dziele *O mechanice* odniesień do danych doświadczalnych, traktuje o problemach z dziedziny statyki, posługując się terminami czysto matematycznymi. Był pionierem fizyki teoretycznej. Sposób potraktowania przez niego tematu ma charakter całkowicie geometryczny i całość stanowi ćwiczenie w przeprowadzaniu dowodu dedukcyjnego, na podobieństwo *Elementów* Euklidesa, same zaś rozważania są modelowe, jeśli chodzi o zastosowanie matematyki do rozwiązywania problemów z dziedziny fizyki. Archimedes tworzył modele matematyczne rzeczywistości fizycz-

⁷ T.S. Kuhn, *Tradycje matematyczne a tradycje eksperymentalne w rozwoju nauk fizycznych*. W: tenże, *Dwa bieguny. Tradycja i nowatorstwo w badaniach naukowych*, przekł. S. Amsterdamski, Warszawa 1985, s. 73.

nej, w których pomijane są pewne mniej istotne dla rozważanych problemów czynniki, np.: siła tarcia, masa samej wagi czy też inne zewnętrzne czynniki fizyczne. O bliskich związkach dyscyplin uczestniczących we wspólnej tradycji matematycznej świadczy fakt, że tacy uczeni jak Euklides, Archimedes czy Ptolemeusz, którzy przyczynili się do rozwoju jednej z nich, mieli swój udział także w pozostałych⁸.

W I wieku p.n.e. Geminus przedstawił dwa sposoby podejścia do badania zjawisk obserwowanych na nieboskłonie. Jedno jest podejściem fizyka, który wyprowadza ruchy ciał niebieskich z ich istotnej natury. Drugie jest podejściem astronoma, który wyprowadza ruchy ciał niebieskich z matematycznych figur i przekształceń. W II wieku n.e. Klaudiusz Ptolemeusz zbudował szereg modeli matematycznych, odpowiadających każdej ze znanych wówczas planet. Najwięcej sławy przysporzyła mu księga *Megale Syntaxis*, zwana popularnie za arabskimi kopistami *Almagest*. Dawała ona pełne, ilościowe wytłumaczenie ruchów ciał niebieskich, umożliwiające na przykład przewidywanie zaćmień. W astronomii utrwaliła się tradycja, według której zadaniem astronoma jest konstruowanie modeli opisujących przejawy, nie zaś teoretyzowanie na temat rzeczywistych ruchów planet. W *Almageście* Ptolemeusz nadmieniał, że jego matematyczne modele są tylko figurami obliczeniowymi i nie należy sądzić, że planety rzeczywiście zakresłają epicykliczne kręgi w fizycznej przestrzeni. W późniejszym jednak dziele, *Hypotheses planetarium*, Ptolemeusz wyrażał zdanie, że jednak ten komplikowany system epicykli oddaje strukturę rzeczywistości fizycznej. Niezdecydowanie Ptolemeusza znalazło odbicie u Proklosa, neoplatonika z V wieku, który zalecał przyjęcie jako właściwego dla astronomii aksjomatu zasady Arystotelesa, że wszelki prosty ruch jest albo ruchem obrotowym wokół środka wszechświata, albo prostoliniowym w kierunku tego środka lub też w stronę przeciwną. To, że astronomowie nie potrafili wyprowadzić ruchów planet z owego aksjomatu, uważał Proklos za dowód ograniczenia nałożonego na ludzki umysł przez Boga. Niestety, wraz z Ptolemeuszem kończy się lista twórczych badaczy przyrody okresu hellenistycznego. Nauka w Cesarstwie Rzymskim praktycznie przestała się rozwijać, a w wielu jej dziedzinach nastąpił regres. Jedną z ważniejszych przyczyn schyłku nauki było olbrzymie zainteresowanie światem nadprzyrodzonym w starożytnym Rzymie. Historia jakby dokonała olbrzymiej pętli wracając do czasów mitu i religii. Krzewiły się nowe kultury, powracały stare wierzenia i już nie usiłowano poznać przyrody, lecz człowieka.

⁸ Jak zauważa Kuhn, wymienianie ich jako odrębnych dziedzin jest już anachronizmem. Z pewnego punktu widzenia lepiej byłoby wszystkie je opisywać jako jedną dyscyplinę – matematyczną (tamże, s. 75).

Z czasem ze wszystkich religii największe znaczenie uzyskało chrześcijaństwo. Jego stosunek do nauki był równie niechętny, jak i pozostałych wierzeń. Znamię tego stosunku miało odtąd przez długie wieki odciskać się na kulturze europejskiej.

Państwa powstające na gruzach imperium rzymskiego to nie wszystkie kultury istotne dla rozwoju nauki drugiej połowy I tysiąclecia. Nauka arabska VIII-X wieku przeżywała rozkwit i praktycznie na tereny imperium arabskiego przeniosło się centrum ówczesnego cywilizowanego świata. Arabowie z olbrzymim zapalem przekładali na język arabski teksty greckie. Zgodnie z zasadą, że teksty niepotrzebne nie szkodzą, a użyteczne zawsze się przydadzą, przełożono do IX wieku praktycznie wszystkie główne dzieła naukowe Arystotelesa, Ptolemeusza, Archimedesesa czy Euklidesa. Najwybitniejszym patronem tego przedsięwzięcia był kalif Al-Mamun (VIII/IX w.) – założyciel akademii w Bagdadzie zwanej Domem Mędrców, gdzie większość uczonych miała greckie pochodzenie. Zbudował również obserwatorium astronomiczne na górze Qasijun koło Damaszku, a także powtórnie przeprowadził pomiar promienia ziemi. Z badaczy eksperymentatorów należy wymienić Abu Al-Haithama (X/XI w.), który zajmował się optyką, odrzucając Platonską teorię wysyłania światła przez oko. Twierdził, że to przedmioty wysyłają odbierane przez nas promienie w ten sposób, że każdy punkt ich powierzchni odbija i kieruje światło w stronę ludzkiego oka. Badał również warunki odbicia i załamania światła, a także uważał, że światło rozchodzi się ze skończoną prędkością. Uczonym zajmującym się mechaniką był Al-khazini (XII w.), który w dziele *Księga o wagach mądrości* podał ciężary właściwe kilkudziesięciu ciał, zmierzone za pomocą wagi hydrostatycznej. Inny fizyk, Abu Musa Dżabir (VIII w.) w *Księdze miłości* opisał doświadczenie pokazujące, że siła magnesu słabnie z upływem czasu. Powyższe przykłady podtrzymują tezę, że Arabowie dobrze sobie radzili z eksperymentem, gorzej za to było u nich z wypracowaniem ogólnych wniosków. Najlepiej rozwiniętą nauką u Arabów stała się astronomia, co się ściśle wiązało z ich praktykami religijnymi. Warto wspomnieć, że reforma kalendarza została przeprowadzona przez Arabów w 1079 roku, na pięć wieków przed reformą gregoriańską.

Greccy Ojcowie Kościoła, którzy w znamienity sposób ukształtowali postawy chrześcijańskie wobec filozofii pogańskiej, nie mieli jednolitego poglądu na te sprawy, wywodzili się bowiem z różnych środowisk. Niektórzy byli wrogo usposobieni wobec nauki i filozofii ze względu na ich potencjalnie destrukcyjny wpływ na wiarę. Większość potępiała te dyscypliny w przekonaniu, że chrześcijaństwo jest jedynym systemem

myślowym zdolnym przekazywać prawdę. Wielu spośród nich nauka jawiła się jako bałamutny, pełen wewnętrznych sprzeczności zasób wiedzy. Tacy Ojcowie Kościoła, jak Tacjan, Euzebiusz, Teodoret i św. Bazyli wykazywali, że konkluzje nauki greckiej są nierozsądne lub ze sobą sprzeczne. Wielu Ojców Kościoła – a należał do nich Grzegorz z Nyssy – poszło śladami Platona, twierdząc, że nauka może w najlepszym razie oferować wiedzę prawdopodobną, nie zaś autentyczną prawdę. Inni apologetyci chrześcijaństwa argumentowali, że chrześcijaństwo mogłoby odnieść korzyść z posługiwania się nauką i filozofią grecką. Klemens Aleksandryjski (II/III w.) i jego uczeń Orygenes w swoich doniosłych wystąpieniach twierdzili, że filozofia nie jest sama w sobie ani dobra, ani zła i zależy to tylko od użytku, jaki zrobią z niej chrześcijanie. Filozofię – a także naukę świecką w ogólności – można zatem wykorzystać w celu przygotowania drogi wiodącej ku mądrości chrześcijańskiej będącej owocem objawienia. Filozofię i nauki ściśle należy przeto studiować jako „służebnice teologii”, to znaczy jako pomoc w zrozumieniu Pisma Świętego. Taką postawę popierał już na początku I wieku Filon z Aleksandrii. Nauki ściśle traktowano więc jako przygotowanie do zgłębienia wyższych dyscyplin, zajmujących się Pismem Świętym i teologią. W drugiej połowie IV wieku Bazyli Wielki opowiedział się zdecydowanie za koncepcją służebności nauki w traktacie zatytułowanym *Mowa do młodzieńców, jak mogą odnieść pożytek z czytania ksiązek pogańskich*, jednakże przyjmował postawę ambiwalentną. Ostrzegał przed niebezpieczeństwami wynikającymi z czytania literatury greckiej, ale przyznawał, że znajomość dzieł pogańskich może przynieść chrześcijaninowi korzyść i cytował różne prace greckie. Koncepcja służebności nauki greckiej została powszechnie przyjęta i stała się wyznacznikiem postawy chrześcijan wobec nauki świeckiej. Teoria służebności stanowiła kompromis pomiędzy odrzuceniem tradycyjnej nauki pogańskiej a jej całkowitą akceptacją. Podchodząc do nauk świeckich z ostrożnością, chrześcijanie mogli korzystać z filozofii greckiej w celu lepszego rozumienia i objaśniania Pisma Świętego, pokonywania trudności wynikających z przyjęcia doktryny Trójcy Świętej oraz innych niełatwych dogmatów. Życie codzienne również wymagało posługiwania się naukami świeckimi, takimi jak astronomia czy matematyka. Wielu jednak nie ufało pogańskim naukom greckim i filozofii, zawierającym sprzeczne z doktryną chrześcijańską idee i koncepcje. Należała do nich powszechnie przyjmowana w Grecji teoria, że świat jest wieczny i nigdy nie miał początku oraz deterministyczna interpretacja świata, wyznawana przez filozofów i astrologów stoickich, zakładających, iż jest on ści-

śle określony przez konfiguracje planet i gwiazd. Św. Augustyn opowiadał się za studiowaniem sztuk wyzwolonych, w tym geometrii, arytmetyki, astronomii i muzyki. Z dużą podejrzliwością traktował jednak astronomię, dyscyplinę często prowadzącą swych zwolenników na manowce astrologicznego determinizmu, nad którym ubolewał.

Przystosowanie się chrześcijaństwa do nauki i filozofii greckiej to okoliczność sprzyjająca studiom nad filozofią przyrody w późnym średniowieczu. Począwszy od XIII wieku, dalszy rozwój dyscyplin związanych z matematyką odbywał się na chrześcijańskim Zachodzie. Tu też ukształtował się nowy kierunek średniowiecznej fizyki – teoria impetusu – który odegrał doniosłą rolę w procesie tworzenia fizyki nowożytnej, na czele z mechaniką: w kierunku tym – w przeciwieństwie do fizyki Arystotelesa – było wiele elementów matematyki i fizyki wydobytych przez Galileusza⁹. W konsekwencji pojawienia się filozofii przyrody na uniwersytetach średniowiecznych mogło dojść do rewolucyjnego rozwoju nauki w XVI i XVII wieku. Świat grecki późnej starożytności miał ogromny wkład w rozwój filozofii przyrody późnego średniowiecza, przede wszystkim dzięki komentarzom do dzieł Arystotelesa. Arystotelesowska filozofia przyrody odegrała w tych badaniach naukowych rolę centralną, a greckie komentarze do dzieł Arystotelesa z okresu późnej starożytności miały szczególne znaczenie dla rozwoju nauki. W średniowieczu ideałem nauki było udowadnianie czegoś za pomocą sylogizmu. Jednak już wtedy pojawiły się koncepcje empirystyczne, np. empiryzm Ockhama wyraża przekonanie, że cała wiedza zdobywana jest dzięki doświadczeniu za pośrednictwem poznania intuicyjnego – rzeczy zewnętrzne wobec umysłu, podobnie jak stany umysłu, pojmowane są w sposób bezpośredni i natychmiastowy. Niektórzy uczeni znajdujący się pod jego wpływem dążyli do odrzucenia nauki opartej na dowodach czysto sylogistycznych. Roger Bacon był przekonany, że w filozofii przyrody dowodzenie musi być potwierdzone eksperymentalnie. W rzeczywistości metodologia abstrakcyjna w formie spotykanej w *Analitikach wtórnych* Arystotelesa rzadko występowała przy omawianiu problemów rzeczywistych. Pod tym względem średniowieczni filozofowie przyrody mało różnili się od Arystotelesa, który także nie miał wielu okazji po temu, by stosować swą metodologię naukową do rzeczywistych problemów fizycznych. Przy omawianiu poszczególnych kwestii z dziedziny świata przyrody scholastyczni filozofowie przyrody raczej posługiwali się praktycznymi metodami, opracowanymi przez

⁹ T.S. Kuhn, *Historia nauki*. W: tenże, *Dwa bieguny...*, s. 165.

Jana Buridana, niż tymi, które stosował Ockham i jego zwolennicy. Jako przekonany empiryk, Buridan uważał, że ludzie mogą interpretować działania natury w kategoriach przyczyn i skutków. Indukcyjne uogólnienie oraz zasada prostoty były już w średniowiecznej filozofii przyrody potężnym metodologicznym narzędziem. Doceniono również rolę matematyki w filozofii przyrody – posługiwano się pojęciami matematycznymi, aby uczynić filozofię przyrody bardziej zrozumiałą. Ci, którzy przyczynili się do rewolucji naukowej, jak np.: Galileusz, Kartezjusz, Kepler czy Newton, próbowali zastosować matematykę do rozwiązywania rzeczywistych problemów świata fizycznego. Natomiast średniowieczne zastosowania matematyki w filozofii przyrody miały zazwyczaj charakter hipotetyczny, nie związany z badaniami empirycznymi. Najczęściej były to czysto formalne zabiegi, oparte na arbitralnych założeniach i uzależnione od logicznej argumentacji. Średniowieczni filozofowie przyrody rzadko tylko dopatrywali się związku między swoimi wnioskami a fizycznym światem rzeczywistym. W istocie rzeczy w ogóle nie interesowali się praktycznym wypróbowaniem swoich hipotetycznych konkluzji. Jednak ich osiągnięcia w dziedzinie metodologii stanowią istotną część średniowiecznego dziedzictwa, przekazanego wczesnonowoczesnemu światu.

Wiek XV to okres wielkich przemian w sposobie myślenia Europejczyków – zachodzi wielki przewrót religijny zwany Reformacją, filozofia dąży do oderwania się od teologii i stania się myślą świecką, choć nadal jest na ogół dziełem duchownych, poszerzanie się horyzontów prowadzi do zwielokrotnienia stanowisk wobec świata, wielkie nadzieje pokłada się w rozwoju nauki. Jednocześnie nauka, mimo swych rzeczywistych postępów, bardzo wiele inspiracji zawdzięcza jeszcze mistyce i teologii. Wielką księgę świata chce się odczytywać po to, aby odgadnąć boski plan stworzenia, zakładając istnienie ciągłości między boską mądrością a przyrodą. Ciągłe uważa się, że fakty to znaki, które odsyłają do jakiegoś teologicznego znaczenia. W matematyce kładzie się nacisk na istnienie uniwersalnej harmonii, a w fizyce na wszechobecność duchowego pierwiastka. Dzięki wprowadzeniu druku w połowie XV wieku wiedza w ogólności, a fachowe informacje w szczególności mogły być szeroko i szybko upowszechniane, na czym szczególnie skorzystały nauki ścisłe. Jeśli szukać wybitnych osobowości, które zaważyły na wykryciu nowożytnej metody badań naukowych w dziedzinie nauk przyrodniczych we wczesnym renesansie, wybór bez wahania padnie na malarza, wynalazcę i fizyka w jednej osobie – Leonarda da Vinci. Być może wzorując się na Grekach, ponownie podniósł on

kwestię metody naukowej jako ustalonego sposobu postępowania badacza: „Lecz nim pójdę dalej, zrobię wpiery kilka doświadczeń, gdyż zamiarem mym jest przeprowadzić wpiery doświadczenie, a potem na podstawie przyczyny wykazać, dlaczego takie doświadczenie musi się odbywać w ten sposób. I to jest właśnie prawidło, wedle którego postępować winni badacze działań natury, a choć natura zaczyna od przyczyny, a kończy na doświadczeniu, my musimy postępować odwrotnie, to jest zaczynać – jak się to rzekło wyżej – od doświadczenia i z jego pomocą badać przyczynę”¹⁰. W badaniach zaleca: „Zanim wysnujesz z tego wypadku prawidło ogólne, doświadcź go dwa lub trzy razy, bacząc, czy doświadczenia wywołują te same skutki”¹¹. Podkreślona tutaj przez niego waga eksperymentu w postępowaniu badawczym wskazuje na jego niezbędność w przyszłym nowoczesnym przyrodoznawstwie. Leonardo da Vinci chyba najpiękniej i zadziwiająco profetycznie to, czym powinna być nauka i na jakiej metodzie się opierać, wyraził w swoich rękopisach słowami: „Żadne dociekanie ludzkie nie może pretendować do miana nauki, o ile nie posługuje się matematycznym dowodem. Ze wszystkich dziedzin badania naukowego naukę mechaniki uważam za najbardziej pożyteczną i szlachetną, jako że wszystkie ruchy wszystkich ciał poruszających się, zarówno obdarzonych życiem, jak i nie obdarzonych, zachodzą zgodnie z zasadami mechaniki. Ruch mechaniczny jest przyczyną wszelkiego życia i główną sprężyną wszelkiej aktywności. Teoria naukowa musi być wierna doświadczeniu i doświadczenie musi stale ją sprawdzać. Wszelka wiedza zaczyna się od wrażenia zmysłowego i wszelka mądrość jest córką doświadczenia. Próżna i pełna błędów jest wszelka nauka, która nie narodziła się z doświadczenia i nie doprowadza w końcu do doświadczenia, i której początek, faza środkowa i końcowa nie operują danymi, przekazanymi przez jeden z pięciu zmysłów. Ażeby z danych wyprowadzić słuszne wnioski, trzeba stałej obserwacji i eksperymentu. Ponad wszystko człowiek nauki musi zachować umysł otwarty, nie związany z uprzedzeniami i bezstronny. I musi nie bać się żadnej konkluzji, do jakiej może doprowadzić jego badanie, ani też żadnego wstrząsu, jaki może ono spowodować w jego upodobaniach i ideałach religijnych. Nie jest rzeczą nauki budować ludzi moralnie. Interesy wiary i moralności nie mogą wywierać jakiegokolwiek nacisku i zniekształcać badania naukowe. Kłamstwo jest tak niegodne, że gdyby nawet miało mówić wielkie rzeczy o Bogu, obniża-

¹⁰ Leonardo da Vinci, *Pisma wybrane*, przekł. i wstęp L. Staff, Warszawa 2002, s. 31.

¹¹ Tamże, s. 32.

łoby jego boską dostojność. Prawda jest tak doskonała, że uszlachetnia najskromniejszą rzecz, o której mówi. Nauka to jednocześnie szczęśliwość i zbawienie. Wiedzy pragniemy dla niej samej. Jest ona ulepszeniem i oparciem dla ludzkiego umysłu. Umacnia nas przeciw spustoszeniom, jakie czyni czas i wiek późny. Kontemplacja prawdy jest najwyższą radością człowieka. Co więcej, jedynie stojąc wobec prawdy człowiek może w pełni korzystać ze swoich zainteresowań i aktywności i uczyć się jak żyć. Wiedza poucza go, czym rzeczy mogą być i czym nie mogą być; poucza go, gdzie i kiedy pogodzić się z nieuchronnymi koniecznościami naturalnego porządku, a gdzie i kiedy oddziaływać na naturę, przewyciężać ją i kształtować zgodnie ze swoimi pragnieniami. Godzenie się z tym, co być musi, nabiera niemal religijnej wzniosłości dzięki bezosobowości i bezstronności surowego determinizmu, który budzi cześć i grozę, a rządzi wszelkim ruchem we wszechświecie, poczynając od orbit gwiazd, a kończąc na ruchach wróbla. Godna podziwu i zdumiewająca jest konieczność. Konieczność zmusza każde zjawisko do tego, ażeby w nieuchronny sposób wypłynęło ze swojej przyczyny i równie nieuchronnie wywołało swój skutek. Konieczność jest mistrzynią, władczą rdzeniem, ujęciem w karby, wiecznym i niezłomnym prawem natury, jest porządkiem, który przeniknąwszy całą naturę sprawia, że daje się ona poznać rozumem, i że daje nam możliwość rozumieć ją i nią się posługiwać. Gdybyśmy wąpili w oczywistości naszych zmysłów, to moglibyśmy jeszcze bardziej wąpić o rzeczach, co do których nie mamy oczywistości zmysłowej, takich, na przykład, jak istnienie Boga, duszy oraz innych takich rzeczy, co do których ludzie między sobą wciąż dyskutują i wzajemnie sobie przeczą¹².

System Arystotelesa w rozwinięciu Ptolemeusza, potwierdzony przez komentatorów arabskich, zdawał się strukturą nie do ruszenia. Jednak uzgodnienie pogańskiej nauki z myślą chrześcijańską wymagało wyjaśniania sprzeczności i niezgodności. Tym samym zmuszało to astronomów do obserwacji nieba i znajdowania coraz bardziej dokładnych położenia ciał niebieskich, przydatnych później do uściślenia parametrów i tablic podanych przez Ptolemeusza. Jednym z tych, którzy w istotny sposób naruszyli potężny gmach wiedzy Arystotelesa był Mikołaj Kopernik, który dokonał tego na polu astronomii. Mając doświadczenie jako obserwator, miał również bardzo dobre przygotowanie matematyczne. Przełomem w jego astronomicznych rozważaniach stał się poemat astronomiczny przełożony na łacinę przez Cyserona, pióra Aratosa z Sajos, będący przeróbką dzieła Eudoksosa. Natrafił tam na koncepcję

¹² Tamże, s. 34 i nast.

Arystarcha, który umieszczał Słońce w środku wszechświata, i można sądzić, że pomysł ten bardzo przypadł mu do gustu. Przez kilkadziesiąt lat teoria Kopernika nie budziła większych emocji, dopiero kiedy zaczęła współgrać ze zmianami w kulturze, nauce i technice, Kościół zaczął spoglądać na nią z niechęcią. Kościół zaczął się sprzeciwiać wtedy, kiedy tezy kopernikańskie zasiały sceptycyzm wobec panującej tradycji. Teoria Kopernika stanowi pierwszą udaną próbę ataku na średnio-wieczną tradycję naukową, mimo że Kopernik starał się pomieścić swoją koncepcję w ramach fizyki Arystotelesa. Nową koncepcję wszechświata rozwinął i rozpropagował włoski filozof i fizyk Giordano Bruno, za co spłonął w 1600 roku na stosie. Również niebiosa „pomogły” buntowniczym teoriom, kiedy w 1572 roku zabłysła na niebie na pewien czas nowa bardzo jasna gwiazda, której pojawienie się było widowym zaprzeczeniem arystotelesowskiej koncepcji krystalicznych, niezmiennych sfer niebieskich. Dzisiaj wiemy, że była to gwiazda typu supernowa. Na przełomie XVI i XVII wieku do zmagania o nową wizję świata włączył się Galileusz, który zaangażował się w spory z filozofami jezuitami i dominikańskimi. Publikując *Dialog o dwu nowych naukach* wykazał słabość fizyki Arystotelesa, usuwając w ten sposób główną podporę geocentryzmu. Jednak można powiedzieć, że: „Galileusz zawdzięcza więcej Arystotelesowi, niż by to wynikało z powierzchownego odczytania *Dialogów*: zawdzięcza mu jasne spojrzenie oraz przejrzysty i analityczny umysł”¹³. Antyarystotelesowska postawa Galileusza nie była zwrócona przeciwko indukcyjno-dedukcyjnej metodzie Arystotelesa. Galileusz zgadzał się z poglądem Arystotelesa na badania naukowe jako na dwustopniowy proces przechodzenia od obserwacji do zasad ogólnych i z powrotem do obserwacji. Co więcej, podzielał pogląd Arystotelesa, że zasady wyjaśniające muszą być indukcyjnie wyprowadzone z danych doświadczenia zmysłowego. Stosownie do tego zwracał uwagę, że Arystoteles sam odrzuciłby naukę o niezmienności nieba, gdyby dysponował siedemnastowiecznymi, uzyskanymi dzięki zastosowaniu teleskopu, świadectwami na temat plam na Słońcu. Oświadczył, że „filozofowalibyście bardziej po arystotelesowsku mówiąc: «niebo jest niezmienne, gdyż tego dowodzą moje zmysły» – aniżeli twierdząc: «niebo jest niezmienne, bo tak sądził Arystoteles»”¹⁴. Uwagi Galileusza na temat procedury naukowej skierowane były przeciw zafałszowują-

¹³ A.N. Whitehead, *Nauka i świat nowożytny*, przekł. M. Kozłowski, Kraków 1987, s. 34.

¹⁴ Galileusz, *Dialog o dwu najważniejszych układach świata Ptolemeuszowym i Kopernikowym*, przekł. E. Ligocki, Warszawa 1962, s. 58.

cym arystotelizm uczonym, którzy wychodzili nie od indukcji na podstawie doświadczenia zmysłowego, lecz od pierwszych zasad Arystotelesa. Ich fałszywy arystotelizm inspirował teoretyzowanie dogmatyczne, odcinając naukę od jej empirycznej podstawy. Galileusz kładł nacisk na znaczenie abstrakcji i idealizacji dla fizyki, poszerzając w ten sposób zakres technik indukcyjnych. Opowiadał się za ideałem systematyzacji dedukcyjnej Archimedesesa, a także uznawał Platońskie rozróżnienie sfery rzeczywistej i zjawiskowej, z którym często ten ideał kojarzono. Jego dokonania w dziedzinie mechaniki świadczą o owocności owych abstrakcji i idealizacji. Wiele osiągnięć Galileusza w fizyce można przypisać jego umiejętności idealizacji i pozbycia się pewnych empirycznych komplikacji, podobnie jak to już czynił Archimedes, po to, by możliwe było operowanie pojęciami idealnymi, takimi jak „swobodny spadek w próżni”, „wahadło matematyczne” czy „ruch bez tarcia”.

Również Francis Bacon czynił starania, aby zreformować metodę naukową. Jego rolę w tym względzie podkreśla John Herschel w swoim głośnym dziele *Wstęp do badań przyrodniczych*, w którym stwierdza: „dzięki odkryciom Kopernika, Keplera i Galileusza zostały obalone błędy filozofii arystotelesowskiej przez proste odwołanie się do faktów przyrody. Ale należało jeszcze wykazać w oparciu o szerokie i ogólne zasady, w jaki sposób i dlaczego Arystoteles się mylił. Trzeba było uwydatnić szczególną słabość jego metody naukowej i zastąpić ją metodą sprawniejszą i lepszą. Ważne to zadanie spełnił Franciszek Bacon”¹⁵. Bacon ograniczył dociekanie przyczyn celowych do wolicjonalnych stron ludzkiego działania i uważał, że widzenie przyrody przez pryzmat celowego przystosowania, czy to w wyniku ingerencji Boga czy nie, oznacza nieradzenie sobie z przyrodą przy pomocy niej samej. Jednak prawa fizyczne były przez niego interpretowane na wzór ogólnych zarządzeń stanowionych przez władze państwowe, nie dbał też o wyrażanie praw w formie matematycznej – nie patrzył na świat jak na strumień zdarzeń, które zachodzą według prawidłowych schematów.

Kartezjusz zgadzał się z Francisem Baconem, że największe osiągnięcia nauki tworzą piramidę twierdzeń, której szczyt stanowią zasady ogólne. Ale o ile Bacon zalecał odkrywać ogólne prawa na drodze stopniowego indukcyjnego wznoszenia się od mniej ogólnych zależności, o tyle Kartezjusz usiłował zacząć od wierzchołka i schodzić jak najdalej w dół, stosując procedurę dedukcyjną. W przeciwieństwie do Bacona Kartezjusz był przekonany do ideału Archimedesesa dedukcyjnej hierar-

¹⁵ J.F.W. Herschel, *Wstęp do badań przyrodniczych*, przekł. T. Pawłowski, Warszawa 1955, s. 112.

chii twierdzeń i domagał się, by ogólne zasady na szczycie piramidy charakteryzowały się pewnością. Ważną funkcją obserwacji i eksperymentów w teorii metody naukowej Kartezjusza jest sugerowanie hipotez dotyczących mechanizmów działających zgodnie z podstawowymi prawami. Według niego hipoteza jest uzasadniona wtedy, gdy w połączeniu z podstawowymi prawami jest w stanie wyjaśnić zjawiska – często wysuwał hipotezy oparte na analogiach uzyskanych w potocznych doświadczeniach. Wychodząc od metafizycznych, teistyczno-kreacjonistycznych zasad przechodził do wyprowadzenia ogólnych praw wszechświata.

Takiej metodzie teoretyzowania na temat przyrody przeciwstawił się Izaak Newton. Twierdził, że przyrodnik powinien opierać swoje uogólnienia na uważnym badaniu zjawisk. Uważał, że postępowanie naukowe powinno zawierać zarówno element indukcji, jak i dedukcji, toteż akceptował poglądy bronione przez Rogera Bacona w XIII wieku, a także przez Galileusza na początku XVII wieku. Utrzymywał, że wszystkie interpretacje procesów naturalnych są przygodne i mogą być poddane rewizji w świetle nowych świadectw. Stale podkreślał potrzebę eksperymentalnego potwierdzenia wniosków wyprowadzonych za pomocą syntezy, jak również kładł nacisk na wartość wniosków dedukcyjnych, wykraczających poza świadectwa indukcyjne. Metodę analizy i syntezy zrealizował Newton w badaniach opisanych w *Optyce*. O wielkości Newtona, który dzięki zastosowaniu nowej metody naukowej stworzył pierwszą nowożytną teorię naukową, opisującą zachowanie się wszelkiej w owych czasach postrzeganej empirycznie materii we wszechświecie, niech świadczą słowa współczesnego geniusza nauki, Alberta Einsteina: „Był on nie tylko genialnym wynalazcą poszczególnych wiodących metod, lecz także w niepowtarzalny sposób opanował dostępny w jego czasach materiał empiryczny i był cudownie pomysłowy w szczególnym prowadzeniu dowodów matematycznych i fizycznych. Ze wszystkich tych powodów godny jest naszej najwyższej czci. Postać ta ma jeszcze większe znaczenie niż odpowiadałoby to jej własnemu mistrzostwu, los postawił ją bowiem w punkcie zwrotnym rozwoju duchowego. Aby to żywo ujrzeć, musimy sobie uprzytomnić, iż przed Newtonem nie istniał zamknięty system przyczynowości fizycznej, zdolny do jakiegokolwiek odzwierciedlenia głębszych rysów świata doświadczenia”¹⁶. Od czasów Newtona, dzięki przyjętej i zastosowanej przez niego nowożytnej metodzie naukowej, nauki przyrodnicze zaczęły

¹⁶ A. Einstein, *Pisma...*, s. 69.

rozwijać się w nieprawdopodobnie szybkim tempie, i po niespełna dwustu latach, na przełomie XIX i XX wieku, nastąpiła kolejna rewolucja naukowa, której skutków doświadczamy obecnie we wszystkich dziedzinach naszego życia.

W okresie nowożytnym pogłębiał się związek między rozwijającą się wraz z postępem techniki empirią i coraz bardziej zmatematyzowanym opisem przyrody. Już od czasów Pitagorasa matematyzacja wiedzy empirycznej traktowana była jako procedura jej racjonalnego ujmowania. Współcześnie dokonująca się matematyzacja wiedzy naukowej traktowana jest jako procedura badawcza polegająca na przedstawieniu zagadnień teoretycznych określonej dyscypliny naukowej za pomocą aparatu matematycznego. W gruncie rzeczy stopień matematyzacji danej teorii naukowej stanowi o jej rozwoju i jest dowodem na to, czy dana teoria naukowa jest uteoretyczniona, czy też nie. Do miana nauk zmatematyzowanych pretendują między innymi chemia i biologia, do wysoce zmatematyzowanych fizyka i kosmologia, które stosują najwyższego stopnia abstrakcje matematyczne. Matematyka stosowana na przykład przez fizykę pozwala nie tylko na adekwatny opis zjawisk fizycznych, ale prawa fizyki mogą opisywać takie prawidłowości, które bez tego aparatu, bez tak wysokiego jego stopnia abstrakcji nie byłyby w ogóle możliwe do przedstawienia. We współczesnej metodologii nauk przyrodniczych stosunkowo silnie akcentowane jest zainteresowanie teoretycznym aspektem nauki. Zważywszy jednak na rolę, jaką badania eksperymentalne odegrały w ukształtowaniu współczesnego oblicza nauki, uznać trzeba, iż dociekania nad empiryczną stroną praktyki badawczej mogą być równie obiecujące w obszarze rozważań metodologicznych. Jednym z największych autorytetów naukowych w dziedzinie metod i celów dążeń naukowych w dyscyplinach sformalizowanych jest Albert Einstein, który w tych kwestiach wypowiada się w sposób następujący: „Drogą samego logicznego myślenia nie możemy zdobyć żadnej wiedzy o świecie doświadczenia; wszelka wiedza o rzeczywistości wypływa z doświadczenia i do niego zmierza. Twierdzenia uzyskane na drodze czystej logiki są całkowicie puste w stosunku do rzeczywistości”¹⁷ oraz: „Nasze dotychczasowe doświadczenie pozwala nam mianowicie ufać, iż przyroda jest realizacją tego, co jest najprostsze do pomyślenia pod względem matematycznym. Drogą czysto matematycznej konstrukcji, według mojego przekonania, potrafimy znaleźć te właśnie pojęcia i te związki między nimi w postaci praw, które dają klucz do rozumienia

¹⁷ Tamże, s. 113.

zjawisk przyrody. Doświadczenie może wprowadzić sugerować użyteczne pojęcia matematyczne, ale w żaden sposób nie można ich z niego wyprowadzić. Doświadczenie pozostaje oczywiście jedynym kryterium użyteczności konstrukcji matematycznej dla fizyki. Właściwa zasada twórcza tkwi jednak w matematyce¹⁸.

The origin of modern methodology in science of nature

This work presents the science of nature methodology's development, in particular of physics and astronomy, during the Antiquity and in Medieval Ages. The development of methodology in these sciences has influenced the formation of a new worldview in 17th century, and in a great measure facilitated the scientific revolution of the modern era. From the events presented in this work, which relate the scientific investigation of nature in Antiquity and in Medieval Ages, it occurs that the scientific revolution, which we associate with names of Copernicus, Galileo, Kepler, Descartes and Newton, was principally the product of the development and elaboration of physical and cosmological concepts formulated in previous centuries. The incorporation sciences of nature achievements of late Medieval Ages into the mainstream of science, permits to fill the gap between the Greek and Arabic science, on the one hand, and between these sciences and the modern science of 17th century, on the another. Thanks to this operation the history of these exact sciences gains the feeling of continuity.

¹⁸ Tamże, s. 115 i nast.