

Elżbieta Jung-Palczewska

Rodowód nauki nowożytnej

Acta Universitatis Lodzensis. Folia Philosophica nr 12, 29-48

1998

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

*Elżbieta Jung-Palczewska**

RODOWÓD NAUKI NOWOŻYTNEJ

Próbując przedstawić rodowód nauki nowożytnej należy, w pierwszym rzędzie, zastanowić się nad samym pojęciem „nauka nowożytna” i odpowiedzieć na kilka pytań, które pojawiają się przy okazji omawiania problemu. Przede wszystkim podać jej definicję, aby przedstawić charakterystyczne cechy; po drugie odnaleźć różnicę, bądź różnice między nauką nowożytną a nauką uprawianą wcześniej; po trzecie określić cezurę czasową pozwalającą odpowiedzieć na pytanie, od kiedy o takowej nauce możemy mówić.

Pierwsza część tego artykułu poświęcona będzie tym właśnie zagadnieniom, których rozwikłanie, jak nam się wydaje, pozwoli lepiej zrozumieć, przedstawione już w dalszej części, szczegółowe rozważania na temat problemów naukowych, którymi zajmowano się w epoce nowożytnej, jak i wcześniej, aby móc ustalić rodowód nauki nowożytnej.

Chcąc podać definicję nauki nowożytnej, należy zastanowić się przede wszystkim nad jej cechą wyróżniającą, która umożliwi nadanie nazwy „nowożytna”: „nowożytna”, czyli jaka? Niewątpliwie cechą charakterystyczną nauki nowożytnej jest jej współmierność polegająca przede wszystkim na tym, iż rozwiązania, na przykład Einsteina, ujmują jako szczególnie przypadki rozwiązania Newtona; że prawa ustalone przez Galileusza, Keplera, Hervey’a, Tycho de Brache, Vesaliusa i innych badaczy XVI i XVII w. nie straciły wartości naukowej i swojego waloru poznawczego dla późniejszych badaczy.

Czy było to zjawisko nowe, odmienne od tego, co miało miejsce przed nauką nowożytną? To znaczy, czy nauka starożytna i średniowieczna nie mogła być wykorzystana i czy nie była wykorzystywana przez myślicieli późniejszych? Oczywiście poszczególne rozwiązania i niektóre elementy

* Doktor, adiunkt w Katedrze Filozofii Uniwersytetu Łódzkiego.

metody naukowej, opracowane przez starożytnych i średniowiecznych myślicieli, były z powodzeniem wykorzystywane w wiekach późniejszych. Jednakże „nowożytna” postawa badawcza, która w rezultacie doprowadziła do ustalenia właściwych praw przyrody, została wypracowana w wiekach XVII i XVIII.

Na czym polega owa „nowożytna” postawa badawcza i co różni ją od postawy filozofa nauki wieków wcześniejszych? Podstawową różnicę między średniowieczną filozofią nauki a filozofią nauki od czasów Galileusza stanowi cel, jaki sobie stawiają badacze. Od czasów Galileusza główne zainteresowanie uczonych skierowane było na ciągłe powiększanie zakresu konkretnych problemów, które nauka może rozwiązać, a jeśli uczeni podejmowali badania filozoficzne, to zwykle po to, by rozwiązać owe konkretne problemy naukowe. Znaczy to tym samym, że filozofia nauki od czasów nowożytnych interesuje się przede wszystkim wyjaśnianiem i upraszczaniem procesów i dalszych postępów samej nauki¹, podczas gdy średniowieczni filozofowie przyrody mniej interesowali się konkretnymi problemami świata i przyrody niż kwestią, jakim rodzajem wiedzy jest przyrodoznawstwo, w jakim stosunku pozostaje do ogólnej struktury ich metafizyki i jak oddziaływa na teologię. W wiekach średnich wiele problemów naukowych odkryto jako analogiczne, mając na celu wyświetlenie zagadnienia teologicznego, a ponieważ problemy z zakresu filozofii przyrody często podejmowane były nie dla nich samych, nic więc dziwnego, że w rezultacie rozwój ich był tak często zaniedbywany².

Co zdecydowało o zmianie postawy filozofów przyrody? Wydaje się, że odpowiedzi na to pytanie jest kilka. Po pierwsze, zainteresowanie rzemiosłem i wykorzystywaniem nauki dla celów praktycznych, które dzięki wynalazkom ułatwiały ludzkie życie (postawa zupełnie obca zarówno starożytnym, jak i średniowiecznym uczonym, dla których jedynie wiedza teoretyczna, często sprowadzająca się do wiedzy rozumowej, miała najwyższy walor poznawczy, z czym było związane pogardliwe traktowanie wszelkich umiejęt-

¹ Na temat przełomu nauki czytelnik znajdzie więcej informacji m. in. w: A. R. Hall, *Revolucja naukowa 1500–1800. Kształtowanie się nowożytnej postawy naukowej*, Warszawa 1966; A. C. Crombie, *Nauka średniowieczna i początki nauki nowożytnej*, t. II, *Nauka w późnym średniowieczu i na początku czasów nowożytnych w okresie XIII–XVII w.*, Warszawa 1960; H. Butterfield, *Rodowód współczesnej nauki 1300–1800*, Warszawa 1963. W pracach tych znajduje się również obszerna bibliografia dotycząca wiadomości na temat poruszanych w tym artykule zagadnień.

² Zob. m. in. Crombie, *Nauka średniowieczna...*, t. I, s. 87–98; J. Murdoch, E. Sylla, *The cultural context of Medieval learning*, Proceedings of the First International Colloquium on Philosophy, Science and Theology in the Middle Ages – September 1973, vol. XXVI, Boston 1973, s. 271–348; M. Markowski, *Z założeń metodologicznych w średniowiecznej myśli filozoficznej*, [w:] *Historia filozofii średniowiecznej*, pod red. J. Legowicza, Warszawa 1980, s. 149–173.

ności praktycznych, które nie wyjaśniały zasad, czyli nie budowały gmachu wiedzy). Zainteresowanie rzemiosłem było związane z coraz szerszym wykorzystaniem instrumentów w nawigacji, astronomii, budownictwie. Bodziec dla rozwoju nauki stanowiła także, jak to zwykle w historii ludzkości bywa, sztuka wojenna, która wymogła niejako na uczonych opracowanie, na przykład, dokładnej teorii lotu pocisku, po to by móc ją efektywnie wykorzystywać w działaniach wojennych.

Kolejnym ważkim elementem, który zdecydował o zmianie obrazu nauki, było wprowadzenie do niej metod eksperymentalnych oraz matematyki. Zastosowanie tych metod było bezpośrednio związane z uwzględnieniem możliwości praktycznego wykorzystywania nauki. Uczni, którzy wprowadzili metodę eksperymentalną ograniczali swoje badania do problemów fizykalnych, często pomijając ich metafizyczne konsekwencje. Koncentrowali swoją uwagę na dokładnej obserwacji rzeczy, które znajdują się w świecie przyrody, oraz na związku zachowania się jednej rzeczy z zachowaniem się innej, a nie na badaniu ich wewnętrznej natury. Zwracali oni szczególną uwagę na te aspekty świata fizycznego, które można wyrazić w formie matematycznej. Systematycznie stosowanie metody eksperymentalnej, dzięki której zjawiska można badać w warunkach uproszczonych i kontrolowanych, oraz posługiwanie się abstrakcją matematyczną, umożliwiającą nową klasyfikację danych doświadczenia i odkrycie nowych praw fizycznych ogromnie przyspieszyło tempo postępu naukowego.

I wreszcie odkrycia z dziedziny astronomii w postaci plam na Słońcu (które tym samym okazało się być materialnym ciałem, a nie, jak sądził Arystoteles, doskonałym światłem), księżyców Jowisza, torów komet (które daleko odbiegały poza sferę gwiazd stałych, rozszerzając rozmiary wszechświata) doprowadziły, w efekcie, do zmian teorii kosmologicznych i miały – jako nieuniknioną konsekwencję – zmianę fizyki i teorii ruchu, co w rezultacie spowodowało zmianę postawy metafizycznej.

Pozostało nam jeszcze określenie cezury czasowej – owej granicy między nowożytnością w nauce, a tym, co nowożytne nie było. Łatwo zauważyć, iż we wcześniejszych rozważaniach pojawia się wiek XVII, określane jako ten, w którym ukształtowała się odmienna postawa w filozofii nauki i w nauce samej, umożliwiającą w konsekwencji odkrycie szeregu praw przyrody prawdziwych również dla nas. W wieku XVII urodził się i działał Galileo Galilei, autor wielu dzieł, w których atakował system Arystotelesa na całej linii dając tym samym wzór postępowania w nauce. Kolegą i osobistym lekarzem Galileusza był Wilhelm Harvey, odkrywca krążenia krwi, któremu najwięcej zawdzięcza rewolucja w fizjologii. Na początku wieku Jan Kepler wydał dzieło: *Astronomia nova*, w którym przedstawia swoje wątpliwości co do kołowych orbit planet i podaje trzy prawa ich ruchu. W wieku XVII działa również Kartezjusz, twórca geometrii analitycznej

i propagator teorii, iż przyroda ma strukturę matematyczną. Na przełomie wieków XVII i XVIII działał Izaak Newton, którego prawa fizyczne również i my stosujemy do opisu przyrody. Osiągnięcia w matematyce – w postaci rachunku różniczkowego i całkowego – związane z nazwiskiem Leibniza stanowiły bardzo istotny wkład do historii rozwoju matematyki i fizyki. Konsekwentnie należy więc wiek XVII, a przede wszystkim prace Galileusza, uznać za początek nauki nowożytnej. Wiek natomiast XVIII za czas jej szczególnego rozkwitu, co oczywiście nie przekreśla osiągnięć czasów wcześniejszych, które zostaną, na podstawie wybranych przykładów, przedstawione w dalszej części wywodu.

Wydaje się, że w tym miejscu koniecznie należy wytłumaczyć, dlaczego Mikołaj Kopernik, autor dzieła *De revolutionibus orbium coelestium*, postać sztandarowa, często uznawany za pierwszego rewolucjonistę w nauce, nie został przeze mnie tak potraktowany. Otóż, niezależnie od niezmiernie ważkiego dla nauki twierdzenia o ruchu planet wokół Słońca, Kopernik w swojej metodzie postępowania, sposobie analizy danych doświadczenia, stosunku do metody eksperymentalnej jest mocno osadzony w tradycji wieków poprzednich, a jako naukowiec nie prezentuje nowożytnej postawy.

* * *

Przejdźmy zatem do drugiej części, w której postaram się pokazać, na podstawie kilku przykładów, rozwój teorii naukowych i wskazać na te momenty ciągłości w nauce, które świadczą o tym, iż żadna teoria nie jest zawieszona w próżni i nie może zrodzić się „z niczego”, gdyż jak mówiono w wiekach średnich *ex nihilo nihil fit*.

Średniowieczne problemy, których rozwiązania zadecydowały o zmianie modelu nauki, prowadząc w efekcie do powstania nauki nowożytnej, koncentrowały się przede wszystkim na zagadnieniach mechaniki, zarówno tej dotyczącej ciał ziemskich, jak i niebieskich. Znamienne jest, iż przemiany spowodowały nie nowe odkrycia czy też dodatkowe fakty doświadczalne, lecz przeobrażenia zachodzące w samym sposobie myślenia. Należy w tym miejscu nadmienić, iż wiek XV i w dużej mierze wiek XVI, do czasu pojawienia się Kopernikowskiego *De revolutionibus*, niczego nowego do nauki właściwie nie wniósł. Stąd też rodowodu nauki nowożytnej poszukiwać należy w wiekach wcześniejszych, przede wszystkim w wieku XIV, w którym działało wielu myślicieli propagujących konieczność odmiennego postępowania w nauce, uwzględniającego eksperyment zarówno myślowy (sprowadzający się w efekcie do idealizacji nauki), jak i doświadczenie, które miałyby potwierdzać przyjęte hipotezy.

Ze wszystkich problemów, przed jakimi stała i jakie rozwiązywała nauka w ciągu ostatnich piętnastu stuleci, problem ruchu wydawał się być

problemem najtrudniejszym. Nauka w wiekach średnich była pod ogromnym wpływem Arystotelesa, a przyjęte w wieku XIII uogólnione zasady nauki greckiego filozofa opierały się na założeniu, iż celem badania naukowego jest określenie i odnalezienie podłoża stanowiącego raczej obserwowanych zjawisk, gdyż według Stagiryty proces indukcji, który rozpoczyna się od obserwacji pojedynczych faktów, doprowadza do poznania powszechnej formy rzeczy. Forma bowiem, jako trwająca wśród zmian i będąca ich podłożem, czyni zrozumiałą i rzeczywistą tożsamość rzeczy. Dlatego też forma, choć jak najdalsza od doświadczenia zmysłowego, jest „pierwsza w porządku natury”, a przedmiotem indukcyjnego procesu w przyrodoznawstwie jest definiowanie form i jest to zarazem punkt wyjścia drugiego procesu badania naukowego: dedukcji, która pozwala wykazać, że obserwowane zjawiska mieszczą się w owej definicji i wobec tego mogą być wyjaśnione przez odwołanie do wcześniejszej i ogólniejszej zasady będącej ich racją³. Innymi słowy, Arystotelesowskie pojęcie dowodzenia naukowego polegało przede wszystkim na sprowadzeniu nauki do sądów podmiotowych orzekających, co okazało się jak najbardziej niedogodne dla rozwiązania wielu problemów naukowych, które mogą być właściwie wyrażone jedynie w kategoriach relacji.

Zdaniem Arystotelesa proces, za pomocą którego zostaje odkryta forma to abstrakcja, która ma trzy stopnie uogólniania odpowiadające kolejno: fizyce, matematyce i metafizyce. Przedmiotem fizyki jest zmiana i ruch, któremu podlegają przedmioty materialne: matematyka zajmuje się jedynie cechami rzeczy materialnych, które są niezależne od zmian i materii; metafizyka zaś zajmuje się substancjami niematerialnymi, które mogą istnieć. Każda z tych nauk ma osobny przedmiot rozważań nie dający się sprowadzić do wspólnej zasady, stąd też konieczność poszukiwania odrębnych uzasadnień w przypadku każdej z nich. Dlatego też fizyka, która uwzględnia zmiany substancjalne rzeczy, nie może być sprowadzana do zmian ilościowych i tłumaczona przez zasady matematyki⁴.

Fizyka Arystotelesa, która zajmuje się przyczynami zmian i ruchem opierała się na podstawowym pojęciu „natury” pojmowanej dwojako: jako element bierny, bezpośrednio związany z materią, oraz element czynny, powodujący zmiany. W przypadku ruchu ciała zachowywało się zgodnie ze swoją naturą, gdy dążyło do zajęcia właściwego miejsca: w przypadku ciał ciężkich (np. kamienia) w kierunku Ziemi, czyli „do dołu”, w przypadku ciał lekkich (powietrze, ogień) „do góry”. Ruch ten nazywał się ruchem naturalnym. Wszelki natomiast ruch przeciwny, na przykład rzut kamienia

³ Swoje poglądy na temat czterech zasad oraz koncepcję nauki przedstawił Arystoteles m. in. w: *Fizyce*, tłum. K. Leśniak, Warszawa 1968, s. 3–31, *Metafizyce*, tłum. K. Leśniak, Warszawa 1983, s. 49–66, 206–215.

⁴ Zob. Arystoteles, *Fizyka*, s. 39–42.

w górę, był ruchem wymuszonym i trwał jedynie określony czas. Wobec tego stanem naturalnym przyrody jest stan spoczynku, w którym rzeczy, będące mieszaniną czterech materialnych żywiołów: ziemi, wody, powietrza i ognia, zajmują właściwe dla nich miejsca. Ziemia tym samym zajmuje uprzywilejowane miejsce, jako że jest ona punktem „orientacyjnym”, do którego dążą wszystkie przedmioty ciężkie. Musi wobec tego być nieruchoma, w centrum świata, gdyż inaczej przyroda straciłaby właśnie ową orientację we wszechświecie. Ruch rzeczy materialnych, który jest obserwowany w świecie, jest spowodowany czynnikiem zewnętrznym w stosunku do rzeczy, co zostało przez Arystotelesa wyrażone w dobrze znanej zasadzie: „wszystko co się porusza musi być przez coś poruszane”⁵. Jest to zasada, którą przyjęło całe Średniowiecze, a nawet i Galileusz w swoich wczesnych pracach popełniał błędy właśnie z jej powodu.

Podstawowa zasada mechaniki arystotelesowej domagała się konieczności odnajdowania czynnika powodującego ruch. I tak w przypadku materii ożywionej rolę tę spełniała dusza, natomiast w przypadku rzeczy musiała istnieć zawsze jakaś siła zewnętrzna, która była przyczyną ich ruchu i która miała stały kontakt z poruszonym ciałem. Ostateczną przyczyną ruchu w świecie to pierwszy poruszyciel: niematerialna, nieruchoma przyczyna wiecznego ruchu sfer niebieskich, do których przyłączone są planety. Kosmos Arystotelesa był skończoną kulą, której środek stanowi Ziemia. Skończony w sensie przestrzennym kosmos był nieskończony w sensie czasu, bowiem czas, w przeciwieństwie do przestrzeni – zdaniem Stagiryty – nie ma wyznaczonych granic: świat jest więc wieczny i nie-stworzony⁶.

Przedstawione tezy greckiego filozofa znalazły uznanie w oczach większości średniowiecznych filozofów przyrody, choć w pewnych kręgach uczonych zachwył teorią Arystotelesa ustąpił miejsca sceptycyzmowi. Odwrót od teorii nauki Stagiryty był zasługą myślicieli angielskich, którzy kładli dużo większy nacisk na eksperymentalną stronę badań przyrodniczych, zajmując się przede wszystkim problemami związanymi ze stosowaniem metody indukcyjnej. Wielkie znaczenie dla całego przyrodoznawstwa miały dyskusje o indukcji przeprowadzone przez dwóch franciszkanów: Dunsza Szkota i Ockhama. Poczynając od nich, a zwłaszcza od drugiego z nich, rozpoczął się najostrejszy atak – z teoretycznego punktu widzenia – na system Arystotelesa. Obaj byli zainteresowani naturalną postawą pewności w poznaniu, za którą Szkot uznał zasadę jednorodności natury, gwarantującą prawdziwość związku przyczynowo-skutkowego.

⁵ Zob. tamże, s. 217–231.

⁶ Zob. tamże, s. 241–296; Arystoteles, *O niebie*, tłum. P. Siwek, Warszawa 1980, s. 108–114.

Wilhelm Ockham odnosił się natomiast sceptycznie do możliwości poznania kiedykolwiek poszczególnych związków przyczynowych lub nawet możliwości określenia poszczególnych substancji jako tożsamości rzeczy istniejącej wśród zachodzących zmian. Swoje rozważania o indukcji Ockham oparł na dwóch zasadach: „pewne poznanie świata to poznanie osiągnięte przez postrzeganie jednostkowych rzeczy” oraz na zasadzie ekonomiczności, słynna brzytwa Ockhama, która stwierdzała, iż „wielość nie musi być stwierdzana bez konieczności”. Tym samym odrzucał Arystotelesową koncepcję wiedzy opartej na konieczności odnajdowania przyczyn materialnej i formalnej. Dzięki angielskim myślicielom filozofia przyrody w wieku XIV skierowała swe zainteresowania ku doświadczeniu, które stało się celem samym w sobie, a nie środkiem, jak to jest u Stagiryty, do szukania wiedzy prawdziwej. Ugruntował się też pogląd, że istnieją tylko przygodne i jednostkowe rzeczy i konieczne jest przeprowadzanie obserwacji w celu lepszego poznania otaczającej rzeczywistości. Tym samym sposoby dedukcyjnego zdobywania wiedzy utraciły dotychczasowe znaczenie, a filozofowie przyrody skierowali swoje zainteresowanie ku indukcji i matematyce.

Na początku XIV w. metoda indukcyjna rozwinęła się w szkole medycznej w Padwie. Od czasów Piotra z Abano i jego dzieła *Conciliator* z roku 1310, aż do Zabarelli, na początku XVI w., lekarze logicy rozwinęli metodę „rozkładania i składania” w teorię nauki eksperymentalnej, zupełnie odmiennej od zwykłej obserwacji codziennych zdarzeń, którą Arystoteles i niektórzy scholastycy zadowalali się przy sprawdzaniu swoich teorii naukowych. Wychodząc od obserwacji, złożony fakt „rozkładano” na jego składniki i powstawała wtedy hipoteza, według której obserwacje mogą być ponownie wydedukowane i te wydedukowane wnioski sugerują eksperyment, za pomocą którego można sprawdzić hipotezę⁷.

Galileusz zaczerpnął wiele w zakresie logicznej struktury swojej nauki o padewskich poprzedników, których terminologii technicznej używał. W związku ze swoim dążeniem do odkrycia najbliższych przyczyn jakiegoś zjawiska, na przykład ruchu, Galileusz twierdził, że nauka zaczyna się od obserwacji i obserwacje mają ostatnie słowo. Zgodnie z XVI-wieczną teorią nauki wykazał, w jaki sposób dochodzić do ogólnych teorii w drodze analizy danych doświadczenia, jak zmieniać warunki i wyodrębnić przyczyny i jak za pomocą eksperymentu dokonywać weryfikacji i falsyfikacji teorii. Tym samym Galileusz, przynajmniej teoretycznie, kładł nacisk na dokonywanie systematycznych pomiarów, aby w ten sposób można było badać pod względem ilościowym regularność zjawisk i wyrażać ją w sposób matematyczny.

Niemniej najbardziej zdecydowane ataki, skierowane w wieku XIV na system Arystotelesa, dotyczyły jego nauki o materii i przestrzeni oraz ruchu.

⁷ Zob. Crombie, *Nauka średniowieczna...*, s. 38–41.

Arystoteles zaprzeczał możliwości istnienia atomów, próżni, nieskończoności i wielości światów; jednak jego poglądy zostały potępione w 1277 r.⁸, co otworzyło drogę do spekulacji w tej dziedzinie. Przyjmując wszechmoc Boga, filozofowie twierdzili, że mógłby On stworzyć jakieś ciało poruszające się w pustej przestrzeni albo nieskończony wszechświat i zaczęli rozpatrywać konsekwencje wynikające z takiej możliwości. Problemy z zakresu fizyki pojawiły się więc przy okazji roztrząsania zagadnienia teologicznego, co dla Średniowiecza nie było ani procedurą nową, ani dziwną. Dla nas istotny jest fakt, jakie były konsekwencje omawianych problemów. To co nurtowało „naukowców” tamtego czasu, to problemy: możliwości istnienia wielości światów, nieskończonej przestrzeni oraz środka ciężkości, przyspieszenia swobodnie spadającego ciała, lot pocisków i ruch Ziemi. Krytyka Arystotelesa nie tylko usunęła wiele metafizycznych i „fizycznych” ograniczeń, które jego system nałożył na stosowanie matematyki, lecz także spowodowała, że wiele z nowych pojęć zostało potem albo bezpośrednio włączonych do mechaniki XVII w., albo stały się one zarodkami teorii wyrażonych w nowym języku, opartym na matematyce i eksperymencie.

Centralne miejsce w całej dyskusji w XIII i XIV w. na temat materii, przestrzeni i ciężenia zajmowały dwie koncepcje, zapożyczone od atomistów i Platona, którzy traktowali przestrzeń jako rozciągłość niezależną od ciał, w której ciała mogły się poruszać – przestrzeń nie zajęta przez ciała była próżnią. Drugi pogląd, który miał wielu zwolenników w wiekach średnich był poglądem Arystotelesa, iż rozciągłość nie może istnieć niezależnie od ciał posiadających wymiary. Uznawał on tym samym za niemożliwe istnienie próżni, całą zaś przestrzeń traktował jako wypełnione plenum ciał przylegających ściśle do siebie.

To Arystotelesowe pojęcie przestrzeni i miejsca jest dobrym przykładem postępowania w nauce opartego na empirycznej konkretności, prostej obserwacji zmysłowej zjawisk, tak wyraźnej w całym jego systemie. Większość natomiast cech, którymi odznacza się fizyka XIV w., jest rezultatem ponownego zastosowania bardziej abstrakcyjnego myślenia Platona i atomistów. Teoria atomizmu zawarta w Platónskim *Timaiosie* została rozwinięta przez niektórych filozofów XIII w., na przykład przez Roberta Grosseteste'a, który stosował ją do teorii ciepła. Na przełomie XIII i XIV w. rozwinął ją Idzi Rzymianin, a później Mikołaj z Autrecourt za jej pomocą tłumaczył wszelkie zmiany zachodzące w przyrodzie. Idee atomistów przetrwały

⁸ W roku 1277 biskup Paryża – Stefan Tempier – potępił 219 tez, do których należały m. in. tezy Tomasza z Akwinu. W zamierzeniach biskupa Paryża potępienie miało zahamować zainteresowanie fizyką Arystotelesa, sprzeczną w dużej mierze z dogmatami wiary. W rzeczywistości zwróciło uwagę uczonych na możliwe inne rozwiązania problemów z zakresu filozofii przyrody. Zob. R. Hissette, *Enquete sur les 219 Articles condammnes a Paris le 7 mars 1277*, Louvain-Paris 1977.

w nauce nominalistów w XV i XVI w. w pismach Mikołaja Kuzańczyka i Giordana Bruno i być może zostały zastosowane w XVII w. do wyjaśniania zjawisk chemicznych.

Problem istnienia próżni wynikł częściowo w dyskusji nad możliwością istnienia wielu światów, a tacy filozofowie jak Walter Burley czy Ryszard z Middleton posunęli się tak daleko, że twierdzili, iż byłoby zaprzeczeniem wszechmocy Boga, gdyby powiedzieć, że nie może on sprawić rzeczywistej próżni. Mikołaj z Austrecourt posunął się jeszcze dalej i twierdził (w pracy *Exigit ordo executionis*), że próżnia istnieje i, że „jest to coś, w czym nie istnieje żadne ciało, ale w czym jakieś ciało może istnieć”. Większość jednak filozofów przyjmowała, że próżnia nie istnieje, podając na to szereg dowodów i argumentów.

Kolejne zagadnienie, dotyczące istnienia wielości światów, było związane z problemem nieskończoności i możliwości nieskończonego dodawania i dzielenia wielkości. Doprowadziło ono do interesującej dyskusji na temat logicznych podstaw matematyki, w której to Grzegorz z Rimini (1344) zwrócił uwagę, iż wyrażenia: „całość”, „część”, „większy”, „mniejszy” mają odmienne znaczenie zależnie od tego, czy stosują się do wielkości skończonych czy nieskończonych, i że samo pojęcie nieskończoności posiada różne znaczenia. Dyskusje na temat nieskończoności stały się logiczną podstawą rachunku nieskończonościowego, rozwijanego w wiekach XVII i XVIII.

Z problemem istnienia wielości światów jest też związana dyskusja nad ciężkością i naturalnym miejscem elementów. Już w XIII w. znaleźli się filozofowie, którzy kwestionowali poprawność Arystotelesowskiego wniosku, iż każda rzecz dąży do osiągnięcia właściwego jej miejsca i że owo dążenie jest wewnętrzną siłą sprawczą ciężenia. Jednakże dyskusje nad ciężeniem ciał prowadzone w wieku XIV nie doprowadziły przyrodników do właściwych wniosków, które pozwoliłyby zanegować fizykę Stagiryty i sformułować prawdziwe twierdzenia. Próba sprecyzowania ilościowego owej wewnętrznej przyczyny ruchu dała w efekcie interesującą teorię dynamiczną Buridana, z której korzystał i którą omawiał w swoich pracach Galileusz; niemniej nie doprowadziła jeszcze do prawidłowych równań ruchu.

Dopiero odrodzenie platonizmu w postaci poglądu, że podobne ciała mają tendencję do skupiania się razem, niezależnie od świata, w którym się znajdują, pozwoliło wysunąć tezę, iż nie istnieje żadna uprzywilejowana gwiazda, ani planeta, która byłaby punktem centralnym świata i że tym samym możliwa jest wielość światów. Poglądowi temu, głoszonemu przez Mikołaja z Oresme i później w wieku XV przez Mikołaja Kuzańczyka, towarzyszyły inne niezmiernie interesujące tezy na temat ruchu Ziemi. Otóż w swoim *Traktacie o Niebie i Ziemi*, napisanym prawdopodobnie w latach pięćdziesiątych XIV w. Mikołaj z Oresme zaprzeczył, że nieruchomość Ziemi wynika z ruchu niebios, wykazując, na podstawie analogii obracającego

się koła, iż w ruchu obrotowym konieczne jest tylko, aby urojony punkt matematyczny w środku koła pozostawał w spoczynku. Następnie twierdził, że ruchu lokalnego (tj. względnego) nie trzeba odnosić do stałego punktu lub ciała, co w przypadku Ziemi sprowadza się do stwierdzenia, że to ona również może poruszać się ruchem dziennym (obracając się wokół osi), a nie niebo. Twierdzi on także, że przeciwnej tezy nie można udowodnić ani w drodze rozumowania, ani doświadczenia. Mikołaj z Oresme przytoczył także trzy argumenty przeciwko swoim twierdzeniom (wysuwane później, w XVI i XVII w., przeciw teorii Kopernika): po pierwsze, rzeczywiście obserwuje się, że niebo obraca się wokół swej osi biegunowej; po drugie, gdyby Ziemia obracała się w atmosferze z zachodu na wschód, wówczas stale odczuwany byłby silny wiatr; po trzecie, kamień wyrzucony pionowo w górę nie spadłby z powrotem na to samo miejsce, z którego był wyrzucony, ale dalej w kierunku zachodnim. Mikołaj z Oresme sam odpowiedział na wszystkie zarzuty. W odpowiedzi na pierwszy podkreślił względność każdego zjawiska ruchu, dając przykład człowieka płynącego łodzią. Na drugi, co do wiatru, to wszystko porusza się razem – Ziemia, woda i powietrze świata podksiężycowego i dlatego nie ma innego wiatru poza tym, do którego jesteśmy przyzwyczajeni. Odpowiadając na zarzut trzeci Mikołaj stwierdza, że człowiek poruszający się wraz z Ziemią widzi kamień spadający na to samo miejsce, bowiem wszystkie zjawiska ruchu okazują się identyczne, na przykład na okręcie, który się porusza, jak i na okręcie, który stoi w miejscu⁹.

Twierdzenia Mikołaja z Oresme podjął trzysta lat później Galileusz, choć słynna dyskusja kosmologiczna z XVII w. nie była jedynie powtórzeniem dyskusji z wieku XIV. W istocie wystąpiły zmiany tła, na którym Galileusz wysuwał te same lub podobne argumenty. Trzeba wyraźnie odróżnić twierdzenie Mikołaja z Oresme o dziennym obrocie Ziemi od tezy Kopernika o jej rocznym obrocie wokół Słońca. Teoria heliocentryczna była o wiele trudniejsza do zaakceptowania niż teoria geocentryczna, która przyjmowała ruch Ziemi wokół osi. To właśnie twierdzenie o rocznym ruchu Ziemi stanowi o oryginalności Kopernika i było przyczyną potępienia jego hipotezy zarówno w oczach większości, jak i Kościoła. Jest bardzo prawdopodobne, że Kopernik znał wcześniejsze dyskusje o ruchu dziennym, gdyż jego koncepcja Ziemi jako ciała tego samego rodzaju co ciała niebieskie i dlatego również dostosowanego „z natury” do ruchu planetarnego (np. po kole) jest ekstrapolacją z rozumowania Mikołaja z Oresme uzasadniającego pogląd, że Ziemia dostosowana jest przez „naturę” do obrotu wokół osi. Dopiero jednak Kopernik zaczął rozważać ruch roczny i dostrzegł możliwość

⁹ Na temat poglądów Mikołaja z Oresme zob. m. in. A. Maier, *Ausgehendes Mittelalter*, Roma 1952, s. 291–353; S. Caroti, *Oresme on Motion*, „Vivarium” 1993, vol. XXXI, s. 8–36.

uzyskania ważnych wyników dla astronomii matematycznej. Nawet bardzo słuszne uwagi jego średniowiecznego poprzednika dotyczące ruchu względnego odnosiły się jedynie do ruchu geocentrycznego, choć nie straciły swego waloru dla kopernikańskiego systemu heliocentrycznego.

Kopernik nie stworzył nowej astronomii, w sensie wyodrębnienia i dokonania na nowo pomiarów ruchu każdego ciała niebieskiego; to, czego dokonał, było nową interpretacją danych, uzyskanych dzięki starożytnym, z punktu widzenia systemu heliocentrycznego. Nie zrezygnował on z arystotelesowskiej koncepcji sfer, dlatego też jego geometria niebios jest geometrią obracających się sfer, z tym wyjątkiem, że Ziemia zajęła miejsce Słońca. Odpowiadając na tradycyjne trudności co do ruchu Ziemi, tak jak Mikołaj z Oresme, Kopernik uzasadniał go „naturą” kulistej ziemi, która jest dostosowana do ruchu po okręgu. Poglądy Kopernika, jak mu się zdawało, były zgodne z fizyką Arystotelesa, niemniej podstawowe twierdzenie o ruchu Ziemi tę właśnie fizykę kwestionowało. Nie można bowiem było pogodzić teorii Kopernika, w której Ziemia jest tak samo materialna jak i inne ciała niebieskie i nie zajmuje centralnego miejsca, z poglądem Stagiryty, iż w świecie istnieją wyróżnione kierunki: „w górę” i „w dół”, dla których właśnie Ziemia stanowi punkt orientacyjny. Nie można także pogodzić tej teorii z tezą o rozdziale dwu odrębnych ruchów: świata nadksiężycowego (w którym sfery poruszają się z jednostajną prędkością po kole) oraz świata podksiężycowego, którego właściwym stanem jest spoczynek. Kopernik nie miał jeszcze świadomości faktu, że jego teoria wymusza zmianę koncepcji fizycznych, a w szczególności zmianę praw mechaniki¹⁰.

Myślicielem, który rozumiał dobrze konsekwencje wynikające z teorii Kopernika, był Galileusz. Był on bez wątpienia pierwszym fizykiem nowożytnym, choć w swoich pracach na temat ruchu uwzględniał z pewnością osiągnięcia naukowe dwóch szkół średniowiecznych: Merton College i szkoły nominalistycznej związanej z nazwiskiem Buridana. Przyjrzyjmy się teraz, jakie tradycje i które twierdzenia były przydatne dla teorii Galileusza.

Szkoła z Merton College została zainicjowana przez Tomasza Bradwardine'a pracą na temat ruchu: *De proportionibus velocitatum* z 1328 r., w jednym z kolegów Oxfordu. Do grupy tak zwanych mertończyków należeli: wspomniany Bradwardine, Wilhelm Heytesbury, Ryszard Swineshead, Jan Dumbleton oraz Walter Burley. Działała ona w pierwszej połowie XIV w. tylko na uniwersytecie oksfordzkim, ale dzieła jej przedstawicieli były znane i wykorzystywane bardzo szybko w Paryżu i w uniwersytetach

¹⁰ Na ten temat zob. m. in. W. Voise, *Historia kopernikanizmu w dwunastu szkicach*, Wrocław 1973.

środkowej Europy. Bardzo szybko też, bo w wieku XV, zostały wydane drukiem i spopularyzowane na uniwersytetach włoskich. Główne zainteresowania mertończyków, bądź też kalkulatorów, jak ich nazywano w wiekach późniejszych, koncentrowały się na matematyce, logice i filozofii przyrody, utożsamianej z fizyką. To oni po raz pierwszy sformułowali prawidłowe twierdzenia o prędkości średniej w ruchu jednostajnie zmiennym, podając matematyczny dowód tego twierdzenia: także w tej szkole dokonano po raz pierwszy rozróżnienia między kinematycznym a dynamicznym aspektem ruchu i podano prawidłową definicję prędkości chwilowej ruchu¹¹.

Prawidłowe twierdzenia dotyczące ruchu były efektem dyskusji na temat tak zwanego „zmnieszania się i powiększania form substancjalnych”, to znaczy możliwości ilościowego traktowania zmian jakościowych – na przykład ciepła bądź ruchu. Według filozofii Arystotelesa ilość i jakość należą do zupełnie odmiennych kategorii, a zmiana ilościowa, na przykład wzrost, powoduje dodawanie ciągłych, na przykład długość, lub nieciągłych, na przykład liczba, jednorodnych części. W XIII w. Tomasz z Akwinu twierdził, że ciepło może istnieć w różnym stopniu natężenia, a zmiana jakości nie jest spowodowana przez dodanie lub odjęcie części, lecz przez zmianę formy ciepła – czyli ciało stawało się cieplejsze nie dlatego, że dodano pewną ilość ciepła, a dlatego, że zmieniło jedną formę ciepła na inną formę ciepła. Pogląd przeciwny głosili zarówno Duns Szkot jak i Ockham, którzy uważali, że jeśli dwa gorące ciała zetkną się ze sobą, to nie tylko ciepło, lecz i same ciała zostaną do siebie dodane, a ciało zimniejsze stanie się gorętsze, ponieważ stopień natężenia ciepła można wyrazić liczbowo, w ten sam sposób jak i wielkość.

Problem zwiększania się i zmniejszania form został w Merton przeniesiony na grunt mechaniki. Kalkulatorzy uznali za prawdziwą tezę Dunsza Szkota, iż intensywność zmienności *qualitates*, czyli zwiększenia ciepła, bądź prędkości ciała można wyrazić kwantytatywnie. W przypadku ruchu posługiwano się następującymi pojęciami: intensywność prędkości, rozumianą jako prędkość bez jej trwania w czasie, to znaczy prędkość chwilową w przypadku ruchu zmiennego; ilość ruchu lub prędkość całkowitą, tzn. prędkość mierzoną przez odległość pokonaną w danym czasie; stopień ruchu, to znaczy numeryczne oznaczenie jakości lub intensywności ruchu. W ruchu niejednostajnym posługiwano się pojęciem wielkości prędkości chwilowej i szerokości ruchu rozumianej jako dodatni lub ujemny przyrost prędkości, czyli jako

¹¹ Na temat Szkoły w Merton College zob. m. in.: Maier, *Ausgehendes Mittelalter*, s. 257–288; O. Petersen, *Early Physics and Astronomy*, Cambridge 1993, s. 191–196, 202–208; M. Clagett, *Mechanics in the Middle Ages*, Princeton 1959, s. 199–329.

przyspieszenie, bądź opóźnienie. Stosując te pojęcia uczeni z Merton doszli do prawidłowych opisów ruchu jednostajnego, w którym prędkość była traktowana jako wielkość mierzona przez pokonanie równych odległości w równych odstępach czasu, oraz ruchu zmiennego, w którym opisywano „wzrost bądź zmniejszanie się form”, pojmowane jako stały wzrost bądź zmniejszanie się prędkości, czyli stałe bądź zmienne przyspieszenie. Wszystkie przedstawione pojęcia służyły do opisu kinematyki ruchu, w odróżnieniu od pojęć takich chociażby jak siła, służących do opisu dynamicznego. Wyróżnienie pojęć intensywnych i ekstensywnych wielkości doprowadziło w efekcie do twierdzenia o prędkości chwilowej i jednostajnym przyspieszeniu, które zostało wykorzystane przez Galileusza. Kinematycy z Merton, w swoim twierdzeniu o jednostajnym przyspieszeniu mówią o ruchu jednostajnie zmiennym ze względu na czas, gdzie chwilowe prędkości zmieniają się jednostajnie, od na przykład zerowej prędkości chwilowej w pierwszej chwili czasu do maksymalnej prędkości chwilowej w ostatniej chwili czasu. Pierwszy raz twierdzenie to, wraz z matematycznym dowodem, pojawiło się w pracy W. Heytesburego w 1335 r., w *Regula solvendi sophismata*; później znaleźć je można w dwóch krótkich traktatach Swinesheada. Kinematycy z Merton dali wiele dowodów twierdzenia o prędkości średniej, które przeszły do Francji i Włoch, a stąd dalej do Europy Środkowej. Jan z Holandii przedstawił je w 1360 r. w Paryżu. Można je znaleźć również w wielu pracach włoskich scholastyków XIV, XV i XVI w. między innymi: Jana z Casali, Jakuba z Sancto Martino, Bazylego z Parmy, Pawła z Wenecji¹².

Niezmierzalne istotne rozróżnienia, będące zasługą Mertończyków, na kinematyczny, czyli czasowy i przestrzenny aspekt ruchu, który wiąże prędkość i przyspieszenie właśnie z pokonaną drogą i czasem ruchu, i aspekt dynamiczny, czyli „siłowy aspekt” ruchu, pozwoliło Galileuszowi w wieku XVII sformułować prawo bezwładności, które uwalnia poruszające się ruchem jednostajnym ciało od ingerencji siły. Rozróżnienie to przyczyniło się również do rozwoju prawidłowych teorii z zakresu dynamiki, wskazujących na fakt, iż od wielkości siły działającej zależy zmiana prędkości ciał, czyli przyspieszenie, a nie prędkość sama.

Drugie „źródło” inspiracji dla fizyki Galileusza stanowiła szkoła nominalistyczna rozwijana w Paryżu. Szkoła ta zastosowała w swoich pracach pomysły Merton, wzbogacając je o grafikę, która obrazowała pojęcia jednostajnego przyspieszenia i prędkości. Idea tego systemu, który został wykorzystany przez Mikołaja z Oresme, była prosta: geometryczne figury, szczególnie powierzchnie, mogą być użyte do pokazania ilości jakości.

¹² Zob. Ch. Lewis, *The Merton and Kinematics in Late Sixteenth and Early Seventeenth Century Italy*, Padova 1980, s. 11 i n.

Powiększenie (*extensio*) jakości w przedmiocie jest reprezentowane przez linię poziomą; powiększenie ilościowe (*intensio*) reprezentowały linie pionowe. W przypadku ruchu linia pozioma reprezentowała czas, a linia pionowa – prędkość. Z tych pomysłów Mikołaja z Oresme korzystał również Galileusz w swoich pracach, bowiem dzieło Mikołaja stanowiło krok ku wynalezieniu geometrii analitycznej i wprowadzeniu dynamiki do geometrii, co stało się dopiero za sprawą Kartezjusza¹³.

Ruch w jego aspekcie dynamicznym, czyli problem odnajdowania źródła ruchu (siły), zajmował umysły uczonych związanych z Buridanem działającym na Uniwersytecie Paryskim w latach 1328–1340. Problemy nurtujące uczonych tego okresu związane były ze swobodnym spadkiem ciał oraz ruchem balistycznym. Rozwiązanie podane przez Buridana, upatrującego przyczyny ruchu balistycznego w trwałej jakości ciała – impetusie – będącym pierwszą przyczyną ruchu, brane było również pod uwagę przez Galileusza, który w swoich wczesnych pracach przedstawił szeroką dyskusję problemu. Teoria impetu Buridana, zakładająca, że w ciało wtłoczona jest pewna ilość „siły” pozwalającej na kontynuowanie ruchu, nie rezygnuje z Arystotelesowskiego założenia, że do tego, by ruch zachodził, konieczny jest stały udział siły. Niemniej pozwoliła ona na porównanie i jednakie wytłumaczenie dwu rodzajów ruchów: ziemskiego i niebieskiego, jako że zdaniem Buridana ruch sfer był możliwy dzięki jednorazowemu wtłoczeniu w ciało pewnej ilości impetu, będącego przyczyną wiecznotrwałego ruchu, która z powodu braku oporu w sferze nadksiężycowej nie ulegała zmianie. W ten sposób ruch ciał niebieskich jak i ziemskich tłumaczony był przez jedno pojęcie, a Arystotelesowy rozdział na dwie odrębne sfery: nadksiężycową i podksiężycową, w których obowiązywały odmienne prawa mechaniki, stracił swoje uzasadnienie.

Teoria impetu była rozwijana przez wielu myślicieli XIV-wiecznych, oprócz Buridana, twórcy, zajmowali się nią Mikołaj z Oresme, Albert Saksończyk, Marsyliusz z Inghen. Cieszyła się też wielkim wzięciem u filozofów wieków późniejszych i dotrwała do czasów Galileusza, nauczana przez takich znakomitych matematyków jak Tartaglia, Benedetti i Bonamico, który był nauczycielem Galileusza¹⁴. Tartalia z powodzeniem stosował ją do balistyki i jako pierwszy starał się obliczyć zasięg działa za pomocą tablic wyprowadzonych z teorii dynamicznej, jednakże jej niedoskonałość była przyczyną błędów w obliczeniach, co prawdopodobnie było powodem poszukiwań Galileusza, które ostatecznie doprowadziły do zakwestionowania całej fizyki opartej na Arystotelesowskiej tezie: „że ciało poruszane musi być przez coś poruszane”.

¹³ Zob. m. in. Petersen, *Early Physics...*, s. 196–201.

¹⁴ Zob. tamże, s. 208–213; W. A. Wallace, *Galileo and Scholastic Theories of Impetus*, [w:] *Studi sul XIV secolo in memoria Anneliese Meier*, ed. A. Maieru, A. Paravicini Bagliani, Roma 1981, s. 275–297.

Pierwszy większy sukces już wskazuje, że Galileusz odwrócił się od fizyczno-przyczynowego do kinematycznego sposobu podejścia. W 1604 r. pisał w liście do Pawła Sarpi, że na podstawie aksjomatu dostatecznie oczywistego i naturalnego udowodnił, że przestrzenie przebyte przez spadające ciało pozostają do siebie w takim stosunku jak kwadraty czasów, co dawało prawidłowy wzór na drogę w ruchu jednostajnie przyspieszonym, a Galileusz był przekonany o dokładności tego twierdzenia jako matematycznego opisu ruchu ciał swobodnie spadających. Być może twierdzenie to poparte było doświadczeniem ze spadaniem kulki po równi pochyłej. Ważny jest jednak fakt, że Galileusz uważał od tego momentu przyspieszenie za fakt, który powinien być zdefiniowany, a nie wyjaśniony; ale dopiero później był przekonany, iż stałym skutkiem powodowanym przez stałą przyczynę (siłę) jest nie prędkość, a przyspieszenie ciała.

Odstąpienie od teorii *impetus* jako przyczyny przyspieszenia pociągnęło za sobą przemianę tej błędnej koncepcji w prawo bezwładności. Prawo to było już *implicitie* zawarte w teorii Buridana, gdy ruch sfer po okręgu traktowano jako bezwładny; niemniej jego prawidłową postać podał dopiero Newton, choć i Galileusz miał w tym swój udział. Twierdził on mianowicie, że gdyby ciało poruszało się w nieskończonej przestrzeni geometrycznej, to poruszałoby się ruchem prostoliniowym. Rezygnacja z pojęcia *impetus* oraz wprowadzenie pojęcia bezwładności umożliwiło szersze zastosowanie geometrii w kinematyce, czego skutkiem było całkowite zaprzeczenie arystotelesowskiej fizyki opartej na rozróżnieniu ruchów naturalnych i wymuszonych. Ruch przyspieszony ciał spadających stał się, z definicji, ruchem naturalnym zgodnie z prawem, a ruch opóźniony ruchem wymuszonym zgodnie z takim samym prawem, o przeciwnym znaczeniu. Ciężenie stało się siłą jak każda inna, która mogła być większa lub mniejsza niż inne siły, jej przeciwnie, a skutkiem działania siły było przyspieszenie lub opóźnienie ciała, którego jedynymi własnościami fizycznymi były ciężar (czy masa, jak mówił właściwiej Newton) i bezwładność. Uprzywilejowane kierunki względem środka wszechświata, wewnętrzna lekkość i ciężkość ciał znikły, skoro została zrozumiana przydatność prawa bezwładności w doskonale próżnej przestrzeni.

Fizyka, już raz przekonana do słuszności stosowania matematyki w celu określania praw rządzących przyrodą, potrzebowała teraz udoskonalenia jej metod, by zawocować twierdzeniami Newtona. Było to możliwe dzięki Kartezjuszowi: jego geometrii analitycznej i przekonaniu, że filozofia mechaniczna i racjonalizm mogą wyjaśnić wszelkie zjawiska fizyczne. Jego śmiała jednolita koncepcja wszechświata jako integralnej całości, dającej się wyjaśnić za pomocą powszechnych zasad mechanicznych, stosujących się zarówno do organizmów jak i do materii nieożywionej, od mikroskopijnych cząsteczek

do ciał niebieskich, zapewniła następnym pokoleniom przyrodników posiadanie określonego programu. Prace Keplera, Huygensa, Leibniza i wielu innych przyczyniły się do sukcesu Newtona, który sformułował, obowiązujące do dzisiaj, prawa mechaniki, uwzględniające całość zjawisk ruchu w tak zwanej mechanice klasycznej.

* * *

Sądę, że ostatnie zdania usprawiedliwiają, dlaczego tak wiele miejsca poświęciłam omówieniu problemów wchodzących w zakres fizyki i astronomii. Niemniej by sprawiedliwości stało się zadość, przedstawię teraz pokrótce inne nauki, przede wszystkim biologię i medycynę¹⁵, które również w wiekach poprzedzających istotne odkrycia rozwijały się z wielkim powodzeniem i były wykorzystywane przez nowożytnych uczonych.

Przedmiotem biologii średniowiecznej było życie różnych istot należących do przyrody żywej oraz zagadnienie, w jaki sposób życie to wyjaśnić zgodnie z teologicznym i mechanicznym punktem widzenia. Wielu przyrodników było zwolennikami teleologicznego poglądu na istnienie i funkcjonowanie struktur organicznych i to pozwoliło im dokonać cennych odkryć dotyczących wzajemnego przystosowania się różnych części organizmu, jako całości, do otoczenia. Niewątpliwie w XIII w. i później poszukiwanie celu i funkcji organów doprowadziło do cennych wniosków.

Aż do XIII w. świat łańciski interesowała w botanice głównie jej strona medyczna, a w zoologii jej strona moralna i dydaktyczna. Taka sama postawa charakteryzowała na ogół historię naturalną aż do XVII w. Ta postawa dydaktyczna przyczyniła się do powstania pierwszych encyklopedii, które obok informacji istotnych na temat przyrody zawierały szereg nieprawdopodobnych opowieści. Ta forma średniowiecznych encyklopedii utrzymywała się bardzo długo w wielu późniejszych pracach. Inne natomiast formy działalności badaczy przyrody dawały sposobność do przeprowadzenia obserwacji, w wyniku których powstawało szereg interesujących dzieł dotyczących rolnictwa, rybołówstwa, prowadzenia gospodarstwa wiejskiego, uprawy roli, hodowli bydła itp. Wiele prac poświęconych było także łowiectwu i zawierało opisy zachowania i życia dzikich ptaków oraz wiążące się z tym teorie lotów i ich budowy anatomicznej. Fryderyk II woził ze sobą, nawet przez Alpy, zwierzyńiec, w którym znajdowały się słonie, dromadery, wielbłądy, pantery, lwy, lamparty, sokoły, sowy, małpy oraz pierwsza w Europie żyrafa. Pierwsza wielka menażeria została założona na północy w Woodstock w wieku XI przez królów normandzkich. W XIV w.

¹⁵ Na temat średniowiecznej biologii i medycyny zob. m. in.: Crombie, *Nauka średniowieczna...*, t. I, s. 171-214.

dużą liczbę zwierząt egzotycznych posiadali papieże w Avinionie. Te pierwowzory współczesnych ogrodów zoologicznych mogły zaspokoić ciekawość bogaczy, a urok wywierany przez zwierzęta na umysły ubogiego ludu widoczny jest w opisach zwierząt domowych oraz roślin uprawianych w tym okresie.

Średniowiecze słynie z zielników, w których przedstawiano ilustracje i opisy ziół stosowanych w lecznictwie. Główną jednakże ich wadą było to, że nie zawierały systematycznego opisu roślin i często ilustracja nie pokrywała się z tekstem, który je opisywał. Do czasów Linneusza właściwie nie zajmowano się systematyką, także herbarze stanowiły głównie źródło doraźnych informacji na temat ziół.

Postacią wybitną wśród średniowiecznych biologów był Albert Wielki, którego dzieła, zawierające informacje na temat obserwacji i badań przyrody, były głównym źródłem teorii botanicznej aż do XVI w. Badania porównawcze Alberta doprowadziły do swego rodzaju klasyfikacji roślin, w której starał się podać cechy charakterystyczne dla danego gatunku. Albert Wielki zajmował się nie tylko opisem świata roślinnego, lecz wiele swoich badań poświęcił także zwierzętom. Ich efektem było dzieło *De animalibus*, gdzie przedstawił interesujące poglądy na temat rozmnażania i embriologii zwierząt, a także systematykę, opartą na systemie Arystotelesa. Albert Wielki jeszcze w następnych stuleciach był cenionym autorem dzieł z zakresu biologii, a jego prace były szeroko znane w ówczesnej naukowej Europie.

Gałęzią biologii, która rozwijała się bardzo intensywnie, była anatomia człowieka. Głównym motywem dla studiów anatomicznych była ich praktyczna wartość dla chirurga i lekarza, a istotnymi źródłami znajomości anatomii były dzieła Galena (129–200) i Avicenny (XII w.). W swoich pracach Galen opisał budowę anatomiczną człowieka i funkcjonowanie głównych organów, a uczeni średniowieczni, którzy pierwsi przeczytali jego dzieła, niewiele mogli dodać do nich własnego. Niemniej od XII w. uznano znajomość anatomii za niezbędną dla lekarzy, a sekcja zwłok była nauką, regularnie praktykowaną metodą prowadzenia ćwiczeń na wydziale lekarskim. Efektami tych praktyk, oprócz korzyści bezpośrednich w postaci znajomości anatomii, były podręczniki dla studentów opisujące ludzkie organy i ich funkcjonowanie. Oczywiście nie wszystkie, a właściwie niewiele spośród prezentowanych w średniowieczu poglądów w dziedzinie biologii znalazło zastosowanie w pracach późniejszych naukowców, niemniej istotny jest fakt, że w okresie tym nigdy nie wygasło zainteresowanie dla przyrody samej i nigdy nie zaginęła chęć opisu naukowego jej działania, łącznie z funkcjonowaniem ciała ludzkiego, traktowanego również jako element przyrody. O biologii jako nauce możemy jednak mówić dopiero wraz z pojawieniem się świadomie przeprowadzanych eksperymentów i odkryć, już później – czyli w wieku XVII – nie podważanych.

* * *

Pozostaje nam jedynie podsumować przedstawione rozważania, podkreślając zasługi nauki średniowiecznej, głównie XIV w., dla rozwoju nauki w wieku XVII. Idąc za Alistairem Crombiem¹⁶ podamy najważniejsze oryginalne zasługi naukowców średniowiecznych dla rozwoju przyrodoznawstwa w Europie.

1. W dziedzinie metody naukowej odrodzenie greckiej koncepcji racjonalnego wyjaśniania naukowego i stosowanie go w fizyce, co wysunęło problem sposobu budowania teorii oraz ich weryfikacji i falsyfikacji.

2. Rozszerzenie matematyki na całość nauk fizykalnych, dokonane głównie w Oxfordzie, w efekcie którego niewygodną arystotelesowską koncepcję przeciwieństw zastąpiła koncepcja jednolitych miar.

3. Nowe potraktowanie problemu przestrzeni i ruchu, które w postaci teorii *impetus* stanowiło podstawę dla zasady bezwładności. Teoria ta zastosowana do wyjaśniania wielu zjawisk, np. ruchu pocisków i spadających ciał, ruchu wahadła, obrotu Ziemi i niebios dała możliwość wprowadzenia pojęcia ruchu względnego i ruchu złożonego. Opis, z zastosowaniem metod matematycznych, ruchów zmiennych, w Merton College doprowadził do rozróżnienia dwu aspektów ruchu: kinematycznego i dynamicznego i do prawidłowych twierdzeń na temat prędkości i przyspieszenia.

4. W dziedzinie technologii, o której nie mówiliśmy, osiągnięciami były: wynalazek zegara mechanicznego, soczewki powiększającej zastosowanej do astrolabium, kwadrantu, okularów.

5. W naukach biologicznych osiągnięto pewien postęp techniczny. Powstały ważne dzieła z dziedziny medycyny i chirurgii, a flora i fauna różnych okolic została opisana.

6. Średniowieczny wkład do problemu celu i istoty nauki zawiera dwa elementy: pogląd, wypowiedziany wyraźnie w XIII w., że celem nauki jest uzyskanie władzy nad przyrodą, z korzyścią dla człowieka, oraz myśl, podkreślaną przez teologów, że ani działanie Boga, ani spekulacja człowieka nie mogą być skrzepowane przez jakiś system myśli naukowej lub filozoficznej. I bez względu na to, jaki mógł być skutek takiego stanowiska w innych dziedzinach myśli, jego następstwem w przyrodoznawstwie było zrozumienie względności wszystkich teorii naukowych oraz faktu, że mogą być one zastąpione innymi, bardziej skutecznymi odpowiadającymi wymaganiom metod racjonalnych i eksperymentalnych.

Tak więc metody eksperymentalne i matematyczne rozwijały się w ramach średniowiecznego systemu myśli naukowej i przyczyniły się do zniszczenia go od wewnątrz, wyłaniając się wreszcie z arystotelesowskiej kosmologii

¹⁶ Zob. tamże, s. 136-141.

i fizyki. Choć niektórzy scholastycy w wieku XIV nie odrzucili nauki Arystotelesa, nie ulega żadnej wątpliwości, że wieki XIII i XIV dały początek historycznemu ruchowi rewolucji naukowej, mającej swój punkt szczytowy w XVII w. Biorąc jednak to wszystko pod uwagę, nauka Galileusza, Harveya i Newtona nie była tym samym, co nauka ich średnio-wiecznych poprzedników. Nie tylko cele scholastycznych uczonych były niekiedy niedostrzegalne, a czasami w sposób oczywisty odmienne, ale i osiągnięcia późniejszej nauki nieskończenie większe. Należy pamiętać o jeszcze jednym, niezmiernie istotnym fakcie: ciągłość nauki została przerwana – wiek XIV był kresem oryginalnej, naukowej myśli średniowiecznej – trzeba było czekać trzy stulecia, zanim naukowcy „nowożytni” podjęli problemy, rozwiązali trudności, postawili nowe pytania i odpowiedzieli na nie „prawid-łowo”.

Elżbieta Jung-Palczewska

THE ORIGINS OF MODERN SCIENCE

The main characteristic of modern science is that its new theories contain the old ones as their particular cases. In this respect, one can speak of „modern” science only since 17th century discoveries of Galileo, Kepler and Descartes. Yet, one can find certain traits of the modern scientific mode of thinking as early as in 14th century; they include interest in the practical use of science, introduction of experiment and mathematical method.

Late medieval science was powerfully influenced by the doctrines of Aristotle, who found the essence of scientific pursuit in establishing the causes of the phenomena observed in the world in the inductive process of abstraction, which has three main stages of generalization: physics, mathematics, and metaphysics. In physics the solutions were hinged on the concept of natural directions and the belief that uniform motion requires permanent application of power.

The foundations of Aristotelean physics were first questioned in the 14th century. Duns Scotus and William of Ockham critically discussed the doctrine of induction, originating the shift of interest towards observation. Peter of Abano started the theory of experiment. Some criticism came from the theologians, who questioned certain limitations of the Aristotelean frame of mind.

The main subject of controversy was the concept of vacuum, discussed especially with the reference to motion. Here the Aristotelean standpoint was criticised from the positions of atomism and Platonism by a number of scholars starting from Robert Grosseteste, through Giles of Rome and Nicholas of Autrecourt, to Nicholas of Cusa and Giordano Bruno. Other controversial problems included plurality of the worlds, privileged positions in the universe, circular motion of the earth. Here an important contribution was made by Nicolas Copernicus.

Another group of scholars, which helped to overcome Aristoteleanism, was the so-called Merton school of Oxford. Their new theories of motion, which distinguished between its

kinematic and dynamic aspects, quickly spread through Europe and are said to have influenced Galileo. Yet another source of inspiration was found by Galileo in the views of the nominalist school of Paris, notably Nicholas of Oresme and John Buridan. By reaping the benefit of their innovations and overcoming their deficiencies Galileo was able to lay foundations for the modern science, first fully formulated by Newton.