

Elżbieta Jung: Czy średniowieczna matematyczna teologia i filozofia przyrody wpłynęły na rozwój myśli nowożytnej? (Cz. 2)

Średniowieczna filozofia przyrody pozostała filozofią przyrody i nie zmieniła się w nowożytne przyrodoznawstwo. Uczni tego okresu, będąc czasami bardzo blisko, jak np. Mikołaj z Oresme, który podaje takie same argumenty jak Kopernik co do względności ruchu, ciągle pozostają w obrębie myśli Arystotelesa. Nie ma jeszcze miejsca na to, by metodę eksperymentalną, która łączy, najprościej rzecz ujmując, stawianie hipotez i ich doświadczalną weryfikację, uznać za właściwe postępowanie fizyka – pisała Elżbieta Jung w „Przeglądzie Filozoficznym – Nowa Seria”.

Pierwsza część artykułu

Od samego początku Uniwersytet Oksfordzki i Paryski różniły się co do podejścia do nauk matematycznych. Podczas gdy w Paryżu skupiano się przede wszystkim nad komentarzami do dzieł Arystotelesa, w tym zwłaszcza *Metafizyki* i *Etyki*, w Oksfordzie przykładano dużo uwagi do pogłębionych studiów logiki, matematyki i filozofii przyrody[1]. Tę tradycję zapoczątkował pierwszy kanclerz Uniwersytetu Oksfordzkiego Robert Grosseteste (1168– 1253), właściwie pierwszy chrześcijański teoretyk nauki. W swym komentarzu do *Analitik wtórych* Arystotelesa stwierdza, że opis świata musi być adekwatny do jego struktury. Dlatego też jego przekonaniu o jednolitym podłożu całej rzeczywistości, jakim było światło, towarzyszył pogląd, iż prawa

rzządzące rozchodzeniem się światła są prawami rządzącymi całą naturą. Przysługująca światłu przyrodzona zdolność do samopomnażania się, ruchu wzdłuż linii prostej, tworzenia figur i kątów oraz trójwymiarowej przestrzeni czyni geometrię podstawą wszelkiej wiedzy fizycznej[2]. Moim zdaniem, do rozwoju nauki i matematyzacji fizyki przyczyniły się przede wszystkim dwie spośród szczegółowych teorii Grosseteste'a. Pierwsza dotyczyła sposobu propagacji światła, traktowanej jako namnażanie się światła w funkcji eksponencjalnej (tzn. kwadratów, sześciątów itd.), druga – koncepcji nieskończoności, uznawanej przez Grosseteste'a za nieskończoność aktualną. Pierwsze rozwiązanie zaowocowało w wieku XIV nowatorską teorią w dziedzinie równań ruchu, które znaleźć można także w dziele Galileusza. Drugie zapoczątkowało wyrafinowane rozważania dotyczące podziału wielkości ciągłych, pokazując konieczność wprowadzenia rachunku całkowego, i jednocześnie przypomniało stary grecki spór zainicjowany przez Zenona z Elei. Zdaniem Grosseteste'a np. linia składa się z nieskończonej ilości niepodzielnych elementów – punktów. A ponieważ cały świat składa się z powierzchni, a powierzchnie z linii, zatem w świecie istnieje nieskończoność aktualna. Jej gwarantem jest Bóg – Wielki Mierniczy, który może zliczyć nieskończoną ilość elementów w jednym akcie. Tym samym matematyka, jak wcześniej utrzymywał Ptolemeusz, jest pośrodku między fizyką i teologią, i zachowuje własności ich obydwu. Wprowadzenie Boga jako gwaranta prawdziwości twierdzenia o istnieniu nieskończoności aktualnej przyczyniło się do rozwoju metody badawczej powszechnie stosowanej w wiekach późniejszych, polegającej na formułowaniu hipotez naukowych, które muszą spełniać jedynie wymogi logiki w postaci zasady niesprzeczności, a które niekoniecznie muszą pokrywać się z danymi wynikającymi z obserwacji świata. Był to jeden z czynników decydujących o późniejszym rozwoju fizyki matematycznej.

Przeczytaj także Michał Heller: Historia Kosmosu i kosmologii

Wiernym uczniem Grosseteste'a, postulującym konieczność reformy nauki, opartej na nowej teorii wiedzy i nowych metodach jej uprawiania oraz nowym programie studiów, mającym doprowadzić do realizacji planu Bożego, był Roger Bacon. Podstawy tej reformy Bacon wyłożył w *Opus maius*. Dzieło to składa się z 7 części, które zwracają uwagę na pożytek, jaki płynie dla człowieka, społeczeństwa i Kościoła ze studiowania filozofii i teologii: pierwsze dwie mówią o przyczynach ignorancji oraz stosunku filozofii do teologii, następne poświęcone są kolejno: użyteczności, jaka płynie ze studiowania języków, matematyce, optyce, wiedzy eksperymentalnej i ostatecznie filozofii moralnej. Omawiane dyscypliny są uszeregowane według przydatności jednych nauk dla drugich. Tadeusz Włodarczyk pisze:

Program odnowy nauk polegający przede wszystkim na opracowaniu niezawodnej metody, można – zdaniem Bacona – realizować dopiero wtedy, gdy zostaną usunięte wszelkie dotychczasowe przeszkody hamujące rozwój nauki. Bacon widzi cztery główne przeszkody zagrażające drogę ku prawdzie, uszeregowane hierarchicznie, od najmniej szkodliwej do najgroźniejszej: uleganie bezwartościowemu autorytetowi, wpływom powszechnie przyjętych zwyczajów i przesądom niewykształconego tłumu, oraz ukrywanie własnej ignorancji, połączone z manifestowaniem rzekomej mądrości[3].

Wierny uczeń Grosseteste'a, Bacon, także uznaje, że matematyka, a przede wszystkim geometria, która jest wiedzą demonstratywną i tym samym dostarcza pewnych dowodów, jest właściwą metodą badania i opisywania struktury świata. Jednakże metoda naukowa Bacona jest

wzbogacona, w stosunku do teorii Grosseteste'a, o ważny element, jakim jest wiedza eksperymentalna (*scientia experimentalis*). Zdaniem Bacona, pewność poznania gwarantuje jednocześnie zastosowanie obydwu metod: matematyki i eksperymentu. Jak mówi: „ostatecznie nie przekonamy się, że ogień pali, jeżeli nie włożymy doń ręki”. Wiedza eksperymentalna pozwala na weryfikację wniosków innych dyscyplin, łączenie różnych dyscyplin oraz praktyczne zastosowanie ich osiągnięć. Zdaniem Bacona: „wszystkie nauki są połączone i wzajemnie wspierają się między sobą jak części jednej całości”. Jednocześnie Bacon uważa, że cała mądrość, w postaci nauki, filozofii i teologii, jaka została dana przez jednego Boga, ma służyć jednemu ostatecznemu celowi, jakim jest zbawienie. Mądrość, objawiona ludziom przez Boga, jest zawarta w Piśmie Świętym. Naczelną funkcją filozofii, wywodzącej się z tego samego źródła co teologia, jest – zdaniem Bacona – wyjaśnianie mądrości bożej. Jest to jej funkcja teoretyczna, zadanie praktyczne polega zaś przede wszystkim na przekazywaniu jej wierzącym i obronie przed niewierzącymi.

Jak pisze Włodarczyk:

Pragnąc, aby cała wiedza, filozoficzna i teologiczna, służyła również moralnej odnowie społeczności chrześcijańskiej, widział w nauce greckiej i arabskiej wciąż jeszcze niewykorzystane, a cenne bardzo zasoby, niedostępne z powodu nieznamomości języków. Z drugiej strony, uważał, że łaciniści uczeni tak naprawdę nie rozumieją również własnego języka i właściwie nie wiedzą, w jaki sposób mogliby go prawidłowo wykorzystać. Dlatego też w wielu swoich pracach kładł wielki nacisk na semantyczną analizę języka. Najciekawszym pismem o tej tematyce jest traktat *De signis*, fragment trzeciej części *Opus maius*, wydany dopiero w 1978 roku i

od tego czasu cieszący się niesłabnącym zainteresowaniem specjalistów ze względu na oryginalność treści i systematyczność wykładu. Zawarta w tym traktacie analiza Bacona jest pierwszą próbą systematyzacji tej problematyki i otwiera drogę do poważniejszych już rozważań Ockhama i Dunsza Szkota[4].

Tę zapoczątkowaną przez Roberta Grosseteste'a i Rogera Bacona tradycję matematycznej filozofii i teologii z powodzeniem kontynuowali ich następcy w wieku XIII i XIV. Jan Peckham (ok. 1230–1292) znacznie przyczynił się do rozwoju średniowiecznej nauki; był gorącym zwolennikiem myśli Augustyna i przeciwstawiał się, wprowadzanym właśnie na Uniwersytet Paryski, poglądom filozoficznym Arystotelesa i Awerroesa, co – jak się za chwilę okaże – miało istotne znaczenie dla rozwoju matematycznej teologii. Dla Peckhama głównym źródłem inspiracji była nauka fizyki i matematyki, w tym przede wszystkim optyki. Prace Peckhama z dziedziny optyki uwzględniały osiągnięcia zarówno matematyków starożytnych i arabskich (Arystotelesa, Euklidesa, Al-Kindiego, Ibn Al-Haythama), jak i Ptolemeusza oraz Witelona. W swoich traktatach dotyczących matematyki Peckham zajmował się przede wszystkim algebrą i był zafascynowany właściwościami liczb; w pracach dotyczących kosmologii podejmował przede wszystkim zagadnienia przedstawione wcześniej przez Jana z Sacrobosco; w dziełach z zakresu optyki podał rozwiązania problemów dotyczących propagacji światła i kolorów, anatomii i fizjologii widzenia, psychologii postrzegania, pomyłek wynikających z postrzegania, zjawiska odbicia i załamania promieni, zjawiska tęczy oraz budowy Drogi Mlecznej. Jego najsłynniejszą pracę *Perspectiva communis*, napisaną prawdopodobnie pomiędzy 1277 a 1279 rokiem, można znaleźć w ponad 60 rękopisach oraz w 12 wydaniach starodrukowych, które ukazywały się w latach 1482–1665. Była ona czytana i komentowana przez wielu słynnych myślicieli, tak w

epoce Renesansu, m.in. przez Błażeja z Parmy, Leonarda da Vinci, Jana Baptistę della Porta, jak i w wiekach późniejszych, m.in. przez Jana Keplera. *Perspectiva communis* była obowiązującym podręcznikiem w późnym średniowieczu na uniwersytetach wiedeńskim, praskim, paryskim, lipskim, krakowskim, wüzburgskim i salamańskim. Od początków wieku XIV aż do wieku XVI była najpopularniejszą pracą z zakresu optyki, która stanowiła niezmiernie interesujący wykaz problemów i zagadnień frapujących naukowców przed rewolucją naukową[5].

Podobny stosunek do „nowinek”, tj. filozofii Arystotelesa, miał współczesny Peckhamowi Robert Kilwardby (ok. 1220–1279), jeden z najbardziej znaczących myślicieli XIII wieku. Kilwardby był zwolennikiem poglądów św. Augustyna i propagatorem jego filozofii i teologii. Wziął czynny udział w sporach między kontynuatorami tradycji patrystycznej i nowymi teologami, takimi jak Tomasz z Akwinu. W swych pracach Kilwardby używał wszystkich zdolności intelektualnych, umiejętności argumentacji oraz autorytetu, jaki miał w Kościele, aby walczyć przeciwko nowym trendom i bronić czystości myśli augustyńskiej. Jako arcybiskup Canterbury skorzystał z przysługującej mu władzy i w kilka dni po potępieniu paryskim, 18 marca 1277 roku, wybrał z listy 219 tez potępionych przez Stefana Tempier 30 twierdzeń. Krytyka Kilwardby’ego skierowana była przede wszystkim przeciw próbie zastępowania rozwiązań Augustyna rozwiązaniami Arystotelesa i Awerroesa dotyczącymi szczegółowych zagadnień z dziedziny metafizyki, filozofii przyrody oraz kosmologii[6]. Dotyczyło to przede wszystkim tych twierdzeń, które „ograniczały” bożą moc[7]. Z punktu widzenia tego artykułu jest to istotny fakt, ponieważ następcy Kilwardby’ego rozwiną „fizykę teoretyczną” dzięki spekulacjom, co by było, gdyby Bóg *secundum potentiam Dei absolutam* zmienił bieg świata. W swoich pracach Kilwardby podejmuje

zagadnienia obejmujące swym zakresem problematykę *trivium* i *quadrivium* oraz problemy z zakresu filozofii przyrody, etyki, psychologii, metafizyki i teologii[8].

Do myślicieli, którzy istotnie przyczynili się do rozwoju abstrakcyjnej filozofii przyrody, należy bez wątpienia Jan Duns Szkot. Wprawdzie Szkot nie napisał żadnego dzieła poświęconego filozofii przyrody, niemniej w swych komentarzach do *Sentencji* Piotra Lombarda omawiał i rozwiązywał wiele problemów, które stanowiły źródło inspiracji dla jemu współczesnych i dla późniejszych myślicieli angielskich[9].

Niezmiernie istotne dla rozwoju matematycznej fizyki i teologii było oryginalne, szkotystyczne ujęcie mocy sprawczej Boga, która jest albo absolutna (*potentia absoluta*) i dotyczy jej tylko zasada niesprzeczności (Bóg nie stwarza np. bytów sprzecznych, takich jak chimera, które byłyby mieszaniną gatunkowo różnych zwierząt i tym samym nie miałyby swej odrębnej istoty), albo Boża moc nadaje prawa świata (*potentia ordinata*)[10]. Obydwie moce są tym samym co istota Boga i obydwie są nieskończone. Bóg dzięki swej mocy absolutnej mógłby zmienić prawa tego świata, bowiem wszystko, co robi Bóg, jest dobre; zatem świat, w którym żyjemy, jest tylko jednym ze światów możliwych. Taki argument otwiera drogę spekulacjom z dziedziny filozofii przyrody i teologii, bowiem nie ma już np. żadnej przeszkody, aby uznać, wbrew Arystotelesowi, że próżnia jest możliwa; a jeśli jest możliwa, to zapytać, czy możliwy jest ruch w próżni i jakie warunki muszą być spełnione, by taki ruch zachodził[11].

Przeczytaj także Bp Jacek Grzybowski: Kilka refleksji o paradoksach teologii kosmosu

Druga niezmiernie ważna koncepcja Szkota, która przyczyniła się do rozwoju filozofii przyrody, jest związana z opisem zmian jakościowych. Zdaniem Arystotelesa, wszelka zmiana, która zachodzi w czasie, jest ruchem – rodzajami ruchu są zmiana jakościowa, jak np. ogrzewanie, zmiana ilościowa, jak na przykład wzrost lub ubytek, oraz zmiana miejsca, czyli ruch lokalny. Ruchem lokalnym Arystoteles zajmuje się w ks. IV i VII *Fizyki* i przedstawia opisowe reguły, które nim rządzą, powszechnie akceptowane do lat 20. XIV wieku, kiedy to zostaje określona nowa reguła ruchu, o której będzie mowa poniżej. Natomiast dla sposobu, w jaki zachodzi zmiana jakościowa, podawano siedem możliwych racji[12]. Jedną z teorii, którą propagował Szkot, mówi, że zmiany jakościowe, np. ogrzewanie, zachodzą dzięki, używając średniowiecznej terminologii, dodawaniu kolejnych form ciepła, czyli dzięki zwiększaniu temperatury jednego ciała przez ogień, jak byśmy powiedzieli współcześnie. Ta teoria przyjmuje także, że w procesie ogrzewania „forma ciepła”, współcześnie ciepłota, może być przedstawiana jak odcinek drogi, np. od chłodnego krańca do gorącego. Dla współczesnego ucha brzmi to co najmniej dziwacznie, ale konsekwencje takiego stanowiska są istotne; otóż wszelkie jakości możemy traktować ilościowo, czyli możemy poszukiwać reguł matematycznych dla wszelkiego rodzaju zmian, czyli ruchu; i dalej, możemy określać reguły dla szybkości takich zmian. Nadto możemy potraktować ilościowo wszelkie jakości występujące w teologii, takie jak grzech, który może być słabszy lub silniejszy, wiara, cnota itp.[13].

Wielki uczyony XIV wieku Wilhelm Ockham to także dłużnik Dunska Szkota. Mimo że wielokrotnie z nim polemizuje, to jednak znakomita większość pomysłów Ockhama, przede wszystkim w teologii, ma swe źródło u Szkota. Ockham jest przede wszystkim znany jako nominalista, choć ten termin, jest – moim zdaniem – używany nieprawomocnie w stosunku do jego teorii. Mówi on wprawdzie, że pojęcia ogólne są tworzone dzięki podobieństwu rzeczy jednostkowych i walor ogólności dotyczy jedynie faktu, iż są one orzekane o wielu jednostkach tego samego rodzaju. „Powszechność” jest więc po prostu sposobem, w który uogólnione poznanie abstrakcyjne jest orzekane o wielu jednostkach, i jako taka jest obecna jedynie w umyśle poznającego. Patrząc od strony poznawanych jednostek, istnieje tylko jednostkowość i podobieństwa indywidualnych natur. Pojęcie lub powszechnik, który bierze udział w poznaniu, jest identyczny z samym aktem poznania abstrakcyjnego i jest bytem jedynie psychicznym; akt poznania, który jest efektem działania współdziałających w tej samej chwili: poznawanego przedmiotu i intelektu, odzwierciedla przedmiot poznawany i jako taki może pełnić funkcję orzecznika w zdaniu. Jednakże pojęcia mamy z natury, tzn. w każdym języku, jeśli go znamy, pojęcie „kot” będzie się odnosić do kota, a nie psa, zatem jest to raczej konceptualizm[14].

Niezależnie od tego, jak rozstrzygniemy tę wątpliwość, z punktu widzenia fizyki matematycznej istotny jest fakt, iż Ockham nie doszukuje się przyczyn ruchu, lecz mówi o jednostkowym ciele w ruchu, w którym w pewnym czasie jest pokonywana określona odległość. Ponieważ nie podaje żadnych reguł czy praw rządzących ruchami, jakie obserwujemy w przyrodzie, czy to jednostajnym o stałej szybkości, czy jednostajnie zmiennym o stałym przyspieszeniu lub opóźnieniu, trudno przyjąć, że Ockhama można by uznać za

„nowożytnego” fizyka, a takie opinie spotykamy w literaturze przedmiotu. Nie ulega wątpliwości, że kiedy Ockham rezygnuje z poszukiwania przyczyn na korzyść wskazywania na skutki, inicjuje nowe rozważania, poszukujące odpowiedzi na pytanie „jak to się dzieje” i rezygnujące z pytania „dlaczego tak się dzieje”.

Niemniej istotne jest stwierdzenie, że jedynymi rzeczami istniejącymi realnie (*res absolutae*) są substancje i jakości, pozostałe osiem kategorii, które wymienia Arystoteles – a które do czasów Ockhama były uznawane przez zdecydowaną większość średniowiecznych myślicieli za swego rodzaju byty – to tylko „sposoby mówienia” o czymś[15]. Wszystkie te kategorie mają jedynie sens współoznaczający, który oznacza substancję lub jakość wspólnie z jakąś inną cechą. I tak np. „ilość” oznacza substancję bądź jakość i współoznacza, iż substancja lub jakość składają się z oddalonych od siebie części. „Relacja” oznacza dwa byty (substancję lub jakości) i współoznacza zarazem, że jeden z tych bytów jest porównywalny z drugim. Dlatego też miejsce, powierzchnia, punkt, liczba nie są czymś innym niż ciała, o których są orzekane. Również czas nie jest oddzielony od rzeczy, które istnieją w czasie, lub tych, których istnienie zawiera się w przedziale czasu. Procesy zmian zachodzą tylko w substancjach i jakościach, i dlatego „nie trzeba mnożyć bytów ponad potrzebę”, poszukując innych bytów absolutnych. Ponieważ z substancjami i jakościami mamy do czynienia we wszystkich dyscyplinach filozofii i teologii, dyscypliny te nie potrzebują odrębnych metod i opisów i mogą być w nich stosowane jednocześnie różne metody opisu. To pozwala przełamać arystotelesowski zakaz *metabasis*, uznający, że np. matematyka nie jest dobrym sposobem opisu zjawisk przyrodniczych, bo te należy opisywać przy pomocy jakości, gdyż takie są zjawiska, które obserwujemy. Od czasów Ockhama matematyka staje się właściwym językiem fizyki.

Ponieważ Ockham uważa, że teologia jest nauką tak jak filozofia przyrody czy etyka, obowiązują w niej te same zasady. Różne metody, w tym matematyczne, mogą być użyte do opisu zagadnień należących do tej dziedziny wiedzy. Ta tradycja „matematycznej teologii”, którą zapoczątkowali Robert Grosseteste i Roger Bacon, i która była kontynuowana w wieku XIII, w wieku XIV rozwijała się z ogromnym powodzeniem. Dzięki Augustynowi podejmowano nowe problemy, odzwierciedlające fascynacje uczonych tamtych czasów, przekonanych o możliwości zmierzenia wszystkiego. Główne zagadnienia nurtujące ówczesnych teologów koncentrowały się przede wszystkim wokół problemów: absolutnej i ordynaryjnej mocy Boga; transsubstancjacji, związanej ściśle z pytaniem o sposób istnienia form przypadłościowych; łaski oraz zasługi i kary; predestynacji i ludzkiej wolnej woli; definicji oraz „mierzalności” stanów emocjonalnych, takich jak miłość, strach, bojaźń, smutek i żal za grzechy.

A ponieważ jakości można było mierzyć, robiono to na cztery sposoby. Dominujący sposób pomiaru odbywa się przez określenie możliwego czasu trwania jakiegoś procesu, czyli przez pierwszą i ostatnią chwilę rozpoczęcia i zakończenia procesów ciągłych oraz wewnętrzne i zewnętrzne granice zdolności czynnika działającego i elementu doznającego. Sposób ten nie wydaje się prosty matematyczne, ale dotyczy rozważań matematycznych, ponieważ wyznacza miarę procesów naturalnych i np. procesu podejmowania decyzji co do grzechu. Drugi typ, polegający na pomiarze *intensio formarum* (napięcia form), opisuje procesy, w których formy przypadłościowe lub własności, jak ciepło lub biel, są intensyfikowane lub osłabiane pod względem intensywności. Metodę tę stosuje się również w teologii, aby „zmierzyć” zakres cech moralnych takich jak miłość, łaska, grzech, wola lub pragnienie, aby wyjaśnić naturę komunikacji między Bogiem a

człowiekiem. Trzeci rodzaj pomiaru, ściśle matematyczny, wykorzystuje nowy rachunek proporcji. Wreszcie czwarty rodzaj pomiaru opisuje „regułę”, pozwalającą porównywać nieskończoności, traktowane jak zbiory nieskończone zawierające nieskończone podzbiory, i ustalać, które z nich są równe, mniejsze lub większe od innych. Problematyka teologiczna z łatwością poddawała się matematyzacji.

Natomiast w filozofii przyrody na czołowe miejsce wysuwały się zagadnienia szeroko pojętego ruchu, tzn. ruchu lokalnego, zmian substancjalnych i wzrostu czy też rozrzedzania. Możliwość podawania sposobu „pomiaru” zjawisk fizycznych domaga się właściwej teorii matematycznej, mimo że znany od wieków Euklides i nauka o liczbach przeżywały w latach 20. XIV wieku swój renesans. Przyszedł właściwy czas, by „odkryć” Euklidesa i Archimedesza na nowo oraz by uważnie przeczytać dzieła kolegów matematyków z XIII wieku: Jordana Nemorariusza, Leonarda Fibonacciego, Roberta Walligforda. Nowe zastosowanie teorii matematycznych, przede wszystkim dla opisu ruchu lokalnego, znaleźli przedstawiciele szkoły Oksfordzkich Kalkulatorów. Prace przedstawicieli tej szkoły: Wilhelma Heytesbury’ego, Jana Dumbletona, Ryszarda Swinesheada, znane były jeszcze w XVII wieku i doczekały się wielu wydań drukiem.

Inicjatorzy nowatorskich rozwiązań tej szkoły, Ryszard Kilvington i Tomasz Bradwardine, wychodząc z założenia, że matematyka jest właściwą metodą badawczą służącą do opisywania zmian zachodzących w świecie materialnym, doszli do wniosku, iż należy ją stosować do opisu całości, a nie tylko części zjawisk fizycznych. Prawom geometrii podlegają nie tylko, jak chciał Arystoteles, *scientiae mediae* (astronomia, muzyka, statyka i optyka); również właściwy przedmiot fizyki, materialne ciało w ruchu, powinno być opisywane przy pomocy

praw matematyki. To przekonanie dało podstawę do sformułowania kinematycznych i dynamicznych praw ruchu, doskonale znanych i powszechnie komentowanych przez następne dwieście lat, opisujących ruchy jednostajne i zmienne (teorię przedstawioną przez Swinesheada bardzo cenił Leibniz).

Przeczytaj także Trzeci Punkt Widzenia: Indie na Księżycu

Ryszard Kilvington i Tomasz Bradwardine oraz inni mistrzowie nauczający w Oksfordzie, jak np. wymieniany przez anonimowego autora Adam z Pipewelle[16], zauważyli, że „prawa ruchu” przedstawione przez Arystotelesa w ks. VII *Fizyki* nie uwzględniają faktu, że ruch jest ciągły i nie może być opisywany przez zależność geometryczną między czynnikami ruch powodującymi, tj. siłą i oporem. W interpretacji Awerroesa, która uznana została przez XIV-wiecznych myślicieli za prawidłową wykładnię praw ruchu, szybkość ruchu jest proporcjonalna do stosunku czynnika działającego i oporu, jaki stawia element doznający, czyli przedstawiając to współcześnie: $v \sim F/R$. Ruch zachodzi tylko wtedy, gdy $F/R > 1$, czyli kiedy siła działająca przewyższa opór, co widać np. kiedy koń ciągnie wóz, albo kiedy podnosimy jakiś ciężar. Jednak wtedy możemy mówić jedynie o szybkości powyżej jedności i nie możemy określić ruchu z szybkością w przedziale $\{0,1\}$. Nadto takie „prawa ruchu” opisują ruch jedynie w chwili, bowiem proporcja geometryczna nie jest proporcją ciągłą i nie może być zastosowana do opisu ruchu, jakim jest ciągła zmiana miejsca w czasie.

Pierwszy nową interpretację „praw ruchu” przedstawił Ryszard Kilvington w swojej kwestii „Czy każde kontinuum jest podzielne w nieskończoność” (*Utrum omne continuum sit divisibile in infinitum*) [17] i rozwinął ją w swoim komentarzu do *Fizyki*[18]. Matematyczne „równanie” Kilvingtona stosuje geometryczną proporcję ciągłą (o

której Arystoteles mówi w ks. V *Etyki* przy okazji rozważań na temat sprawiedliwości dystrybtywnej i retrybtywnej[19]), czyli proporcję, w której podwojenie stosunku nie oznacza pomnożenia licznika przez np. 2, ale pomnożenie, czy jak mówią średniowieczni matematycy, złożenie z dwóch takich samych proporcji. Na przykład, gdy $F/R = 3/1$, prawidłowa proporcja geometryczna ciągła zwiększona dwa razy to nie $2 \times F$, czyli $2 \times 3/1 = 6/1$, lecz $(3/1)(3/1) = 9/1$. Jak widać na tym przykładzie liczbowym, w pierwszym przypadku szybkość, proporcjonalna do stosunku F/R , jest równa 6, a w drugim 9. Jeśli natomiast szybkość zmniejszałaby się np. dwukrotnie, to, gdy stosunek F do R wynosiłby $F/R = 2/1$, zmniejszenie siły działającej o $1/2$ lub zwiększenie oporu o 2 dałoby stosunek $1/1$, który nie spełnia warunku koniecznego dla ruchu, bo jeśli siła ma taką samą wartość jak opór, ruch nie zachodzi. Natomiast według nowego „rachunku proporcji” w takim przypadku $F/R = \sqrt{2}/1 = 1,41$, czyli jest większy od jedności[20]. Ten nowy rachunek, uwzględniający ciągłą proporcję geometryczną, pozwala opisywać ruchy o dowolnej szybkości. A jednak – twierdzi Kilvington – należy przyjąć, że kiedy Arystoteles mówi o proporcjach siły poruszanej do oporu, rozumie, że proporcja podwojona siły działającej do oporu to proporcja dodana do takiej samej proporcji, tj. podniesiona do drugiej potęgi[21].

Tomasz Bradwardine doskonale wiedział, jak zrobić dobry użytek z teorii Kilvingtona, i nadał temu rozumowaniu kształt reguły, która uczyniła go sławnym na okres następnych 200 lat. Nie ulega wątpliwości, że Bradwardine’a *Traktat o proporcjach szybkości w ruchach*[22] był napisany z myślą o studentach, którym należało wyłożyć nową teorię w sposób systematyczny; tak też tekst ten został odebrany przez następne pokolenia i był obowiązującym

podręcznikiem do nauki fizyki na większości średniowiecznych uniwersytetów. We współczesnej interpretacji twierdzenie Bradwardine'ego brzmi:

Szybkość ruchu zmienia się zgodnie z proporcją arytmetyczną, podczas gdy proporcje siły do oporu ($F : R$) zmieniają się zgodnie z proporcją geometryczną. Tak więc kiedy jakaś proporcja ($F : R$) odpowiada za określoną szybkość, jej podwojenie, czyli podniesienie do kwadratu, gwarantuje, że szybkość będzie podwojona, jej zmniejszenie o połowę, czyli wyciągnięcie pierwiastka, gwarantuje, że szybkość zmniejszy się o połowę[23].

Zarówno w pracach Kilvingtona, jak i Bradwardine'a problem ruchu jest przede wszystkim rozważany ze względu na przyczyny powodujące ruch, czyli siłę i opór. Również ich równanie ruchu podaje prawa uzależniające szybkość ruchu od stosunku siły do oporu. We współczesnym rozumieniu traktują oni ruch w jego aspekcie dynamicznym. Niewiele miejsca, a właściwie jedynie krótkie wzmianki, poświęcają obaj kinematycznemu aspektowi ruchu, który wiąże szybkość, drogę i czas ruchu. Ten sposób ujmowania ruchu jest charakterystyczny dla Wilhelma Heytesbury'ego, który w swoim dziele *Reguły rozwiązywania sofizmatów* poświęcił wiele miejsca problemowi ruchu lokalnego[24]. W rozdz. IV: „O trzech predykamentach” (*De tribus praedicamentis*) Heytesbury opisuje ruch przy pomocy trzech terminów (predykamentów): miejsce, ilość i jakość. Pierwsza część, poświęcona opisowi ruchu lokalnego, zajmuje się przede wszystkim możliwością opisu zmian szybkości w postaci przyspieszenia i opóźnienia w ruchach jednostajnych, czyli odbywających się z tą samą szybkością, i w ruchach niejednostajnych, takich jak ruch jednostajnie przyspieszony, w którym w tych samych jednostkach czasu szybkość

zwiększa się o tę samą wartość, lub jednostajnie opóźnionych, w których w tych samych odcinkach czasu szybkość zmniejsza się o tę samą wartość. Opisy tych ruchów skupiają się jedynie na zależnościach kinematycznych, jak szybkość, droga i czas. Pierwszorzędnym zadaniem, które stawia przed sobą autor, jest uzyskanie prawidłowej definicji szybkości ruchu lokalnego. Wszystkie prowadzone tu rozważania są oparte na myślowych przykładach opisujących możliwe, wyimaginowane sytuacje (*secundum imaginationem*). Heytesbury, opisawszy dokładnie ruch jednostajnie zmienny i wszystkie warunki, jakie muszą być spełnione, by zachodził, stwierdza: „można by wprowadzić, posługując się tym rachunkiem proporcji, obliczyć wartości szybkości, ale jest to zadanie żmudne i zupełnie nieprzydatne”[25].

Najwięcej miejsca zajmuje opis ruchu jednostajnie zmiennego, jakim jest ruch przyspieszony, którym porusza się ciężkie ciało kierujące się do swego naturalnego miejsca, czyli do ziemi. Autor traktatu podaje powszechną regułę obowiązującą w takim ruchu, która została nazwana przez historyków nauki „twierdzeniem o szybkości średniej”, a którą znał również i stosował Galileusz. Dzięki tej regule moglibyśmy obliczyć, „gdyby było to warte zachodu”, odległość pokonaną w ruchu z jednostajnie nabywaną szybkością. Twierdzenie brzmi następująco:

odległość pokonana przez ciało poruszające się z jednostajną szybkością jest taka sama jak odległość, którą pokonałoby to ciało poruszając się w tym samym czasie z szybkością o wartości średniej szybkości, a właściwie o wartości równej wartości szybkości w środkowym punkcie tego ruchu[26].

Z tego twierdzenia wynikają następujące wnioski:

1. Ciało poruszające się ruchem jednostajnie zmiennym zaczynającym się od nie-stopnia szybkości, czyli zera[27], i kończącym się na jakimś stopniu szybkości, czyli na jakiejś jej wartości, pokonuje połowę odległości pokonywanej przez ciało, które poruszałoby się ruchem jednostajnym w tym samym czasie z szybkością o wartości równej szybkości uzyskanej na końcu ruchu jednostajnie zmiennego.

2. Jeśli ciało porusza się ze środkowym stopniem wartości szybkości, która zaczyna się od jakiegoś stopnia szybkości i kończy na stopniu wartości większym niż połowa stopnia wartości szybkości końcowej, to wtedy to ciało pokonuje odległość większą niż połowa odległości, którą pokonałoby ciało poruszające się ruchem jednostajnym w tym samym czasie z szybkością o wartości równej największej wartości szybkości ruchu jednostajnie zmiennego.

3. W ruchu jednostajnie zmiennym zaczynającym się od szybkości zerowej i kończącym się z jakąś skończoną szybkością, droga pokonana w pierwszej połowie czasu ma $\frac{1}{3}$ długości drogi pokonanej w drugiej połowie czasu. I odwrotnie, w ruchu jednostajnie opóźnionym, przy takich samych warunkach, droga pokonana w pierwszej połowie czasu jest trzykrotnie większa od pokonanej w drugiej połowie czasu.

Przedstawione tu rozważania były doskonale znane następnemu pokoleniu Kalkulatorów: anonimowemu autorowi traktatu *O sześciu niedorzecznościach*, który niejednokrotnie się do nich odwoływał, ponadto Janowi Dumbletonowi, który podał oryginalne, geometryczne

dowody tego twierdzenia[28], oraz ostatniemu Kalkulatorowi – Ryszardowi Swinesheadowi[29]. Jednakże wszyscy oni twierdzą, że jest to tylko inna, prawidłowa interpretacja Arystotelesa.

Większość przypadków opisywanych w wyżej omówionych dziełach to przykłady hipotetyczne (*secundum imaginationem*). To bez wątpienia zasługa Ockhama, bowiem jego teoria umożliwiła konceptualizację fizyki pozwalającą zrezygnować z arystotelesowskiego wymogu, iż fizyka musi opisywać obserwowalny świat obiektów materialnych. Dzieła uczonych tamtego okresu pełne są spekulacji na temat np. ruchu ciała tracącego na wadze i tym samym stawiającego mniejszy opór w niejednorodnym ośrodku, którego gęstość zmienia się niejednostajnie; ruchu w próżni; zmian jakościowych związanych np. z niejednorodnym ocieplaniem przedmiotu w jednym jego końcu, a ogrzewaniem w innym (czyli nogi mamy w lodówce, a głowę w piekarniku). Wgląd w procedurę budowania przypadków *secundum imaginationem* ujawnia trzy poziomy, w których możliwe przypadki są rozważane. Poziomy te można scharakteryzować poprzez zwiększenie abstrakcji i zmniejszenie prawdopodobieństwa. Na pierwszym poziomie są wszystkie prawdziwe przypadki, które mogą wystąpić w przyrodzie, ale których nie można zaobserwować; na drugim wszystkie przypadki, które są teoretycznie możliwe (jak prędkość nieskończona w jednej chwili) i których nie można zaobserwować; na trzecim wszystkie przypadki myślowe, które są teoretycznie możliwe, jak ruch w próżni. Moim zdaniem, to prace Ryszarda Kilvingtona dały pierwszy impuls późniejszym Kalkulatorom z Oksfordu, a także niektórym filozofom kontynentalnym, umożliwiając im opracowanie właściwej procedury *secundum imaginationem* i fizyki teoretycznej[30].

Czytając prace z tamtego okresu, ma się wrażenie, że wszystkie najbardziej skomplikowane sytuacje fizyczne zostały przez ich autorów opisane, rozważone i rozwiązane. Przy czym rozwiązania prawidłowego nie można odnaleźć nigdzie, właściwie jest to forma zabawy pokazująca niespójność i absurdy założeń fizyki Arystotelesa. Trzeba jednak pamiętać, iż tego typu działalność prowadzi często do sformułowania nowych teorii o kapitalnym znaczeniu, choć nie ma ona odzwierciedlenia w obowiązującej teorii fizycznej. Najlepszym współczesnym przykładem może być inny sposób pomyślenia o świecie, który był udziałem Einsteina. Dlatego też nie należy lekceważyć średniowiecznych gier intelektualnych, bowiem były one często wzorem godnym naśladowania, nawet dla współtwórcy rachunku różniczkowo-całkowego – Leibniza, który uznawał Ryszarda Swinesheada – Kalkulatora, za najwybitniejszego filozofa i matematyka średniowiecza. Doprowadziły one w rezultacie do przekonania, wyrażonego przez Mikołaja z Oresme, bardzo bliskiego współczesnej fizyce, iż matematyka jest narzędziem najlepiej opisującym świat, pewnym przybliżeniem stworzonym przez naszą wyobraźnię, stanem idealizacyjnym, z którym nigdy nie mamy do czynienia w świecie zjawisk.

Przeczytaj także Rémi Brague: Kosmografia i kosmogonia

Hipotetyczne przypadki, efekt ludzkiej wyobraźni, rozważane w filozofii przyrody musiały spełniać jedynie warunek niesprzeczności, który obowiązuje także Boga. Bóg ze swej strony, korzystając ze swojej nieskończonej absolutnej mocy, mógłby, zdaniem wielu XIV-wiecznych myślicieli, stworzyć inny świat, bądź nie stworzyć go w ogóle, spowodować, że przeszłość nie miałaby miejsca, bądź dać człowiekowi intuicje rzeczy nieistniejącej. Nie mógłby zrobić tego ze względu na

swą moc skierowaną ku światu, gdyż ta wprowadziła już określony porządek w ten świat i bez specjalnej interwencji Boga nie może on podlegać zmianom niezgodnym z prawami już ustanowionymi. Wydaje się więc, że wyobraźnia naukowa w średniowieczu dotyczyła opisu światów możliwych, które mieszczą się w granicach poznania ludzkiego i są zagwarantowane absolutną mocą Boga. To właśnie tutaj jest miejsce na matematykę; Bóg znów może być nazwany Wielkim Mierniczym, potrafiącym ogarnąć to, co nieskończone; chociaż człowiek nie jest w stanie przeliczyć materialnej nieskończoności, ale ma możliwość przedstawić ją sobie matematycznie. Trudno przecenić wartość Euklidesowej geometrii dla rozwoju XIV-wiecznej filozofii, a nawet teologii. Jego metoda i szczegółowe rozwiązania zastosowane w fizyce doprowadziły tę dziedzinę do granicy, którą przekroczyć można jedynie wtedy, gdy wprowadzi się zupełnie nową teorię i całkowicie zrezygnuje z obowiązującego opisu świata. Inaczej mówiąc, średniowiecze stanęło przed wyborem między fizyką Arystotelesa a... – niestety zabrakło drugiego członu alternatywy. Mimo zaawansowanej i dobrze uzasadnionej krytyki, mimo wykazania licznych braków i błędów w założeniach Arystotelesa, nikomu nie udało się stworzyć alternatywnej teorii. Euklides pozostał w służbie arystotelesowskiej fizyki, choć ona sama zmieniła swe oblicze przede wszystkim za sprawą Oksfordzkich Kalkulatorów.

W wieku XV koncepcja łączenia matematyki i teologii była jednym z wiodących tematów dzieł Mikołaja z Kuzy, który uważa, że żadna wiedza, jaką posiadamy, nie jest bardziej pewna niż matematyka, biorąc pod uwagę, że jest to konstrukcja naszych własnych umysłów. Idee matematyczne są paradygmatem tego, w jaki sposób ludzki umysł rozwija konceptualny wszechświat, który przypomina i tworzy obraz Boskiego świata stworzonego. Liczba tutaj odnosi się przede wszystkim do arytmetyki i geometrii, do liczb całkowitych oraz do płaszczyzn i

brył. Figury geometryczne są używane na początku ks. I dzieła *Uczona niewiedza*, aby pokazać, że ludzka wiedza o rzeczach stworzonych jest jedynie przybliżona. W ks. II Kuzańczyk wprowadza geometryczny obraz kuli, której środek jest wszędzie, a obwód nigdzie, aby wyjaśnić, jak wszechświat fizyczny bez granic odpowiada obrazowi nieskończoności Boga. Ks. II otwiera się i zamyka rozważaniami nad *quadrivium*. Ks. III powraca do obrazu nieskończonej sfery, dla wyjaśnienia połączenia absolutnego i zredukowanego istnienia w Bogu-człowieku.

Przedstawiony tu materiał nie pozostawia żadnych wątpliwości co do twierdzenia, że w średniowieczu istniała fizyka matematyczna, podobnie jak w nowożytności, a co więcej, matematyczna teologia.

Czy zatem można potwierdzić tezę Duhema o ciągłości nauki średniowiecznej i nowożytnej? – NIE. Średniowieczna filozofia przyrody pozostała filozofią przyrody i nie zmieniła się w nowożytne przyrodoznawstwo. Uczni tego okresu, będąc czasami bardzo blisko, jak np. Mikołaj z Oresme, który podaje takie same argumenty jak Kopernik co do względności ruchu, ciągle pozostają w obrębie myśli Arystotelesa. Nie ma jeszcze miejsca na to, by metodę eksperymentalną, która łączy, najprościej rzecz ujmując, stawianie hipotez i ich doświadczalną weryfikację, uznać za właściwe postępowanie fizyka. W mojej opinii największe teoretyczne osiągnięcie średniowiecza to eksperymenty myślowe oraz teoria impetu Buridana, nie ze względu na jej szczegółowe rozwiązanie – które jest błędne, bowiem zakłada, że ruch sfer niebieskich odbywa się bez udziału siły, która, jako impet, została wtłoczona przez Boga od początku świata, podczas gdy właśnie w ruchu po okręgu siła jest konieczna, aby zmienić tor ruchu – lecz ze względu na fakt, że

rezygnujemy z celowości w przyrodzie; przyczyna sprawcza jest jedyną przyczyną ruchu. To jest główne założenie fizyki nowożytnej. Świat działa jak dobrze naoliwiony mechanizm – zegar.

Czy średniowieczna, matematyczna filozofia przyrody rozwijała się i proponowała nowe, lepsze teorie? – Tak.

Czy nowożytna nauka mogłaby powstać bez teorii średniowiecza? – Tak. Należało „wrócić do źródeł”, czyli do matematycznej myśli greckiej, do atomizmu, uznającego, że ruch jest niezbywalną cechą materii. Tego dokonał wiek XVII. Rewolucja, czyli całkowite odrzucenie zastanego porządku, musiała nastąpić w astronomii – tu grecka myśl była nieprzydatna.

Na początku wieku XVII zaczyna się kolejna opowieść o matematycznym przyrodoznawstwie. Ona też miała swój koniec.

Elżbieta Jung

Przedruk za: „Przegląd Filozoficzny – Nowa Seria” 2020, r. 29, nr. 2, s. 103-109.

**Wszystkie artykuły z „Teologii Politycznej Co Tydzień” [507]:
„Historiografia nauki i koniec idei postępu”**

Przypisy:

[1] Zob. np. Jung[-Palczewska] 2000b, s. XVIII–XLII.

[2] Grosseteste mówi: „Użyteczność zastanowienia się nad liniami, kątami i figurami jest niezwykle wielkiej wagi, gdyż bez nich niepodobna zrozumieć filozofii przyrody. Mają one bowiem duże znaczenie w całym wszechświecie i znaczą też bezwzględnie w każdej jego części. Mają również znaczenie w odniesieniu do właściwości pochodnych, jak to ma miejsce z rzeczami w ruchu prostym i kolistym. (...) Niektóre z linii, kątów i figur mogą w działaniu pośredniczyć i kierować tym, co dąży do rzeczy wyższych. Wszelkie bowiem przyczyny skutków naturalnych mogą być wyrażane za pomocą linii, kątów i figur, ponieważ inaczej nie sposób osiągnąć odnoszącej się do nich wiedzy wyjaśniającej (*propter quid*)”. Boczar 1994, s. 158.

[3] Włodarczyk 2002, s. 61.

[4] Włodarczyk 2002, s. 63. Zob. także doskonały artykuł: Hackett 2015.

[5] Jung[-Palczewska] 2002a, s. 159–162.

[6] Jung[-Palczewska] 2002c, s. 138–141.

[7] Zob. potępione artykuły: 27–29, 48–50, 56–66.

[8] Dobry przykład tej próby stanowi tłumaczenie fragmentu traktatu *O czasie* oraz kwestia z komentarza do *Sentencji* Piotra Lombarda: zob. Kilwardby 2002.

[9] Zob. np. Jung, Podkoński 2010, s. 644–655.

[10] Na temat historii problemu zob. np. Jung 2015; Koszkało 2015.

[11] Zob. np. Ryszard Kilvington, kwestia *Czy jakieś ciało proste może być tak samo szybko poruszane w próżni, jak w ośrodku*, w: Jung 2014, s. 249–288.

[12] Zob. Ryszard Kilvington, kwestia II, *Czy jakość przyjmuje „więcej” i „mniej”*, w: Jung 2014, s. 176–177]

[13] Zob. Murdoch 1969, s. 215–254; Jung 2005.

[14] Zob. Jung[-Palczewska] 2000a, s. 197–198.

[15] Łacińskie tłumaczenie słów Arystotelesa brzmi: *ens dividitur in decem praedicamenta* („byt dzieli się na dziesięć kategorii”).

[16] Zob. Jung 2019; Anonymous 2020.

[17] Wydanie krytyczne: Richard Kilvington 2007; zob. także Podkoński 2016.

[18] Zob. Jung 2014, s. 39–46; Ryszard Kilvington, *Kwestie o ruchu*, kw. I, s. 134–149, 168; kw. III, s. 278, 279; Jung 2020 (w druku).

[19] Zob. Arystoteles, *Etyka nikomachejska*, ks. V, s. 167–168.

[20] Na temat historii „nowego rachunku proporcji” zob. np. Jung 2002b, s. 85–109.

[21] Zob. Jung 2002b, s. 168.

[22] Wydanie krytyczne wraz z obszernym wstępem: Crosby 1955.

[23] Sylla, Murdoch 1978, s. 225.

[24] Opis problematyki zawartej w pracy Wilhelma Heytesbury’ego przedstawiłam w swoim artykule do Encyklopedii Stanforda. Znajduje się tam również obszerna informacja bibliograficzna. Zob. Hanke, Jung 2018.

[25] William Heytesbury 2019.

[26] Tamże.

[27] Z naszego punktu widzenia takie ujmowanie zagadnienia i posługiwanie się terminem „nie-stopień” jest bezsensowne, ale uczeni średniowieczni nie używali zera, zatem wszystko, co było określane jako „nie-...”, oznaczało 0 dla tej wartości.

[28] Zob. Johannes Dumbleton 2020.

[29] Zob. Ricardus Swineshead 2017, s. 270–340.

[30] Na temat procedur wykorzystywanych przez średniowiecznych myślicieli do analiz z zakresu filozofii przyrody (i nie tylko, także do rozważań teologicznych) zob. Murdoch 1982 s. 171–213; Murdoch 1975, s. 271–339; King 1991, s. 43–64; Grant 2010, rozdz. 7 (*Scientific Imagination in the Medieval Ages*) i 8 (*Medieval Natural Philosophy: Empirism without Observation*), s. 163–224. Na temat procedur stosowanych przez Oksfordzkich Kalkulatorów zob. Sylla 1987, s. 85–96; Jung 2016.