Przegląd Tomistyczny, t. XXII (2016), s. 73–87
ISSN 0860-0015

Robert Podkoński
Katedra Historii Filozofii, Uniwersytet Łódzki

RACHUNEK PROPORCJI (*CALCULATIONES*) — NOWA METODA NAUK PRZYRODNICZYCH NA UNIWERSYTECIE OKSFORDZKIM W PIERWSZEJ POŁOWIE XIV WIEKU[*]

I. Wstęp

Filozofowie zaliczani do tzw. szkoły oksfordzkich kalkulatorów, istniejącej w pierwszej połowie XIV stulecia, znani są historykom nauki głównie ze względu na wykorzystanie i rozwijanie metod matematycznych w ramach Arystotelesowskiej filozofii przyrody[1]. Z tego względu niektórzy z nich doszukują się w dokonaniach kalkulatorów korzeni czy też źródeł nowożytnej, matematycznej fizyki[2]. Najnowsze badania nakazują traktować tę tezę z nieco większą ostrożnością. Trudno jest bowiem znaleźć bezpośrednie powiązania między czternastowieczną oksfordzką filozofią przyrody a odkryciami i dokonaniami koryfeuszy nauki nowożytnej[3]. Należy pamiętać, że zakres wiedzy matematycznej na przełomie XVI i XVII stulecia był nieporównanie większy od tego, do którego mieli dostęp

---

[*] Artykuł niniejszy powstał jako rezultat badań z projektu nr 2015/17/B/HS1/02376 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki. Dziękuję Pani prof. Elżbiecie Jung oraz anonimowym recenzentom za cenne i celne uwagi oraz sugestie, które pomogły mi udoskonalić poniższy tekst.

[1] Jeden z pierwszych kalkulatorów, Ryszard Kilvington, stosował te metody również w odniesieniu do zagadnień moralnych. Zob. na przykład: M. Michałowska, *Jak wyliczyć cnotę? Ilościowe ujęcie cnót w „Kwestiach do Etyki" Ryszarda Kilvingtona*, „Przegląd Filozoficzny. Nowa Seria", 3 (2012), s. 459–474.

[2] E.D. Sylla, *The Oxford Calculators*, w: *The Cambridge History of Later Medieval Philosophy*, red. N. Kretzmann, A. Kenny, J. Pinborg, Cambridge: Cambridge University Press, 1982, s. 540–541.

[3] Wyjątkiem jest tutaj omówione poniżej twierdzenie o szybkości średniej, które na pewno znał Galileusz. Zob. A.C. Crombie, *Nauka średniowieczna i początki nauki nowożytnej*, t. 1: *Nauka w średniowieczu w okresie V–XIII*, tłum. S. Łypacewicz, Warszawa: Pax, 1960, s. 115–126, 182.

filozofowie czternastowieczni. Ci ostatni dysponowali jedynie (jeśli można tak rzec) *Elementami* Euklidesa — traktatem obejmującym właściwie całą klasyczną geometrię, będącym jednocześnie wzorcową realizacją ideału nauki teoretycznej w sformułowaniu Arystotelesa[4]. Wiedza geometryczna w *Elementach* wyprowadzona jest od oczywistych „na mocy naoczności" aksjomatów, definicji i podstawowych reguł, by dojść do skomplikowanych twierdzeń dotyczących własności brył przestrzennych[5]. Oksfordzcy kalkulatorzy z całego bogactwa tego traktatu ostatecznie przejęli i wykorzystywali przedstawioną w jego V księdze teorię proporcji, rozumiejąc ją — wbrew intencjom Euklidesa — jako operacje i zależności między liczbami, a nie odcinkami[6]. Trzeba tutaj podkreślić, że nigdzie w dziełach średniowiecznych nie napotkamy równań, z jakimi współcześnie kojarzy się nam nowożytna, newtonowska fizyka. Wszelkie matematyczne wnioskowania i twierdzenia w tekstach oksfordzkich kalkulatorów budowane są za pomocą słów i pojęć i tylko czasami pewne czynniki w ramach dowodu oznaczane są za pomocą kolejnych liter alfabetu. Jednak są one przyjmowane arbitralnie, na potrzeby konkretnego dowodu, a nie oznaczają konwencjonalnie zmiennych pewnego typu (tak chociażby, jak w klasycznym równaniu prędkości w ruchu jednostajnym: $v = s/t$, gdzie na mocy konwencji v oznacza wartość prędkości, zaś s drogę przebytą w czasie t). Mimo to nie można odmówić oksfordzkim kalkulatorom imponującego dzieła uzupełnienia i rozwinięcia Arystotelesowskiej nauki o ruchu. Dzięki nim zyskała ona walor matematycznej ścisłości i logicznej spójności, choć rozwijając tę fizykę — jak się wydaje — wprowadzili ją w ślepy zaułek.

W kolejnych częściach niniejszego artykułu przedstawione zostaną pokrótce przyczyny i warunki, które to pozwoliły tym myślicielom na zastosowanie matematyki w ramach arystotelesowskiej filozofii przyrody. Następnie omówiona zostanie sama metoda *calculationes* oraz zakres i cel jej zastosowania w dziełach czternastowiecznych oksfordczyków. Na koniec pozwolę sobie powrócić do kwestii relacji między dokonaniami kalkulatorów a nowożytną fizyką.

II. Matematyka w oksfordzkiej filozofii przyrody przed kalkulatorami

Zanim przejdziemy do bliższego przedstawienia opartej na Euklidesowej teorii proporcji metody „kalkulacji" (*calculationes*), warto odpowiedzieć wcześniej na

---

[4] R. Murawski, *Filozofia matematyki. Zarys dziejów*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2001, s. 28.

[5] Tamże, s. 31–33.

[6] E. Jung-Palczewska, *Między filozofią przyrody a nowożytnym przyrodoznawstwem. Ryszard Kilvington i fizyka matematyczna w średniowieczu*, Łódź: Wydawnictwo UŁ, 2001, s. 89.

pytanie, dlaczego metoda ta rozwinięta została właśnie w początkach XIV stulecia przez angielskich filozofów przyrody. Oczywiście można wskazywać na swoisty klimat intelektualny uniwersytetu w Oksfordzie zapoczątkowany przez jego pierwszego kanclerza, Roberta Grosseteste'a. Autor ten znany jest historykom filozofii średniowiecznej między innymi dzięki oryginalnej i fascynującej teorii kosmogoniczno-kosmologicznej, określanej mianem „metafizyki światła"[7]. W koncepcji tej zawarte jest przekonanie o geometrycznej strukturze rzeczywistości przyrodniczej. Grosseteste silnie podkreślał „użyteczność zastanowienia się nad liniami, kątami i figurami", bez których „niepodobne [jest] zrozumienie filozofii przyrody. [...] wszelkie bowiem przyczyny skutków naturalnych mogą być wyrażane za pomocą linii, kątów i figur, ponieważ inaczej nie sposób osiągać odnoszącej się do nich wiedzy wyjaśniającej"[8]. Jednakże Grosseteste nie zamierzał redukować filozofii przyrody do geometrii. Choć ta ostatnia gwarantuje osiągnięcie wiedzy pewnej, to nie znaczy, że każda refleksja nad przyrodą musi się do niej odwoływać[9]. Podobnie o wartości matematyki wypowiadał się inny słynny oksfordczyk, Roger Bacon[10]. Jednak celowo i świadomie dowody i twierdzenia geometryczne w ramach filozofii przyrody jako pierwszy wykorzystał dopiero Jan Duns Szkot. Wykazując fałsz teorii atomistycznej zaproponowanej przez współczesnego mu Henryka z Harclay, Duns Szkot zbudował dwa wyrafinowane i *stricte* geometryczne dowody, w ramach których wykorzystał wiele twierdzeń zaczerpniętych wprost z *Elementów* Euklidesa.

Mówiąc pokrótce, w pierwszym z tych dowodów Szkot wykazał fałszywość twierdzenia o złożeniu wszystkich wielkości ciągłych ze stykających się ze sobą bezpośrednio atomów-punktów, wykorzystując konstrukcję okręgów współśrodkowych, w których wyznacza się promienie od wspólnego środka do dwóch atomów znajdujących się w obwodzie większego z tych okręgów. W drugim dowodzie przywołał on zaś własność niewspółmierności przekątnej i boku kwadratu[11]. Co tutaj ważne, zdaniem Jana Dunsa Szkota to, że hipoteza o złożeniu wszystkich wielkości ciągłych z atomów stoi w sprzeczności z prawami geometrii, było wystarczającym powodem do odrzucenia tejże hipotezy, jako fałszywej. Tym samym jednoznacznie musiał on uznać za uprawnione wykorzystanie dowodów geometrycznych w odniesieniu do filozofii przyrody. W taki

---

[7] Zob. M. Boczar, *Grosseteste*, Warszawa: Akapit-DTP, 1994, s. 33.

[8] Robertus Grosseteste, *O liniach, kątach i figurach, albo o załamaniu i odbiciu promieni*, w: M. Boczar, *Grosseteste*, s. 140.

[9] E. Jung-Palczewska, *Między filozofią przyrody a nowożytnym przyrodoznawstwem*, s. 87.

[10] Zob. Roger Bacon, *Dzieło większe. Opus maius*, tłum. T. Włodarczyk, Kęty: Wydawnictwo Marek Derewiecki, 2006, s. 124–133.

[11] Szczegółowe przedstawienie tych argumentacji czytelnik znajdzie w: R. Podkoński, *Spór o istnienie atomów na Uniwersytecie Oksfordzkim w początkach XIV wieku*, „Przegląd Tomistyczny", 2013, s. 233–240.

sam sposób przeciw teorii atomistycznej występowali nieco później Wilhelm Ockham i Tomasz Bradwardine, jeden z twórców szkoły oksfordzkich kalkulatorów. Ten pierwszy w swoich kwestiach kwodlibetalnych przywołał uproszczone wersje dowodów geometrycznych Jana Dunsa Szkota, zaś Bradwardine, między rokiem 1328 a 1335, napisał odrębne dzieło, *Traktat o wielkościach ciągłych* (*Tractatus de continuo*), eksploatując w nim do ostatecznych granic metody dowodzenia zaproponowane przez Dunsa Szkota, czyli wyznaczanie promieni okręgów współśrodkowych albo odcinków prostych równoległych[12].

III. Przełamanie zakazu *metabasis*

Zarówno Jan Duns Szkot, jak i Wilhelm Ockham czy też Tomasz Bradwardine, wykorzystując dowody geometryczne w celu obalenia hipotezy przyrodniczej, przekraczali, jak się wydaje, Arystotelesowski zakaz *metabasis*. W *Analitykach wtórych* Stagiryta jednoznacznie wszak stwierdził, że niedozwolone jest dowodzenie twierdzeń przez przechodzenie od jednej dyscypliny naukowej do drugiej:

> Nie można przeto w dowodzeniu przechodzić z jednego rodzaju na inny, np. nie można dowodzić praw geometrycznych za pomocą arytmetyki. Bo w dowodzeniu występują trzy elementy: 1) to, czego się dowodzi, czyli wniosek — atrybut przysługujący rodzajowi istotnie; 2) aksjomaty, czyli przesłanki dowodu; 3) przedmiot-rodzaj, którego atrybuty oraz własności istotne są wyjawiane przez dowód. Aksjomaty będące przesłankami dowodu mogą być te same [w kilku naukach]; ale w przypadku różnych rodzajów, takich jak arytmetyka i geometria, nie można zastosować arytmetycznego dowodu do własności wielkości przestrzennych, chyba że wielkości są liczbami[13].

Skoro zatem wedle Arystotelesa niedopuszczalne jest stosowanie dowodów arytmetycznych w geometrii, a zatem w obrębie samej matematyki, to — *a fortiori* — niedopuszczalne powinno być wykorzystywanie dowodów matematycznych w filozofii przyrody. Sam jednak Stagiryta zmuszony był przyznać, że są pewne nauki — w średniowieczu będą one nazywane naukami pośrednimi (*scientiae mediae*) lub podporządkowanymi (*subalternatae*) — do których zakaz ten się nie odnosi:

> Jedynym wyjątkiem od tej reguły — czytamy dalej w tym samym dziele — są […] twierdzenia harmoniki, których się dowodzi za pomocą arytmetyki[14].

---

[12] Zob. tamże, s. 229–233, 247–249.

[13] Arystoteles, *Analityki wtóre*, I.7 75a38–b6, tłum. K. Leśniak, w: tenże, *Dzieła wszystkie*, t. 1, Warszawa: PWN 1990, s. 267.

[14] Tamże, I.9 76a10, s. 269.

I dalej:

> Dowód nie może być przenoszony na inny rodzaj, z wyjątkiem wspomnianego już sposobu, w jaki dowody geometryczne są stosowane w dowodach twierdzeń mechaniki czy optyki i dowody arytmetyki do twierdzeń harmoniki[15].

Tekst *Analityk wtórych* znany był na łacińskim zachodzie Europy już w połowie XII wieku[16]. W Oksfordzie jednak, inaczej niż w Paryżu, nie cieszyły się one zbytnim zainteresowaniem[17]. Spośród znanych, tworzących na początku wieku XIV oksfordczyków jedynie Walter Burley sporządził komentarz do tego dzieła i to w trzech różnych wersjach, przy czym za każdym razem podtrzymywał i w pełni popierał stanowisko Arystotelesa[18]. Nie znaczy to jednak, że inni aktywni w tym okresie filozofowie angielscy nie mieli świadomości zakazu *metabasis*.

Wilhelm Ockham w prologu do komentarza do *Fizyki* i później ponownie w prologu do swojej *Ordinatio*, definiując pojęcie nauki, wskazał, że może ono oznaczać — między innymi — albo jednostkowe zdanie (twierdzenie, dowód), albo „zbiór wielu stanów [wiedzy] posiadających określony i stały porządek”[19]. W toku dalszych rozważań Ockham stwierdza, że Arystotelesowy zakaz *metabasis* dotyczył nauki tylko w sensie jednostkowego zdania. Takie zaś jednostkowe zdanie oddzielone od porządku właściwej sobie nauki może być z powodzeniem odniesione do innych nauk. Zdaniem Ockhama zakresy poszczególnych nauk nachodzą na siebie, a niekiedy jedna i ta sama nauka może być zarazem podporządkowana i nadrzędna (*subalternans*). Logika może być wspierana przez matematykę i jednocześnie wspomagać filozofię przyrody, a zatem uprawnione jest równoległe stosowanie dowodów logicznych i matematycznych w odniesieniu do fizyki[20]. Mimo że Ockham zadeklarował tutaj — jak to często czynił — „właściwe odczytanie” intencji Filozofa, to niewątpliwie złamał Arystotelesowski zakaz *metabasis*. Był to swego rodzaju przełom, który stał się możliwy

---

[15] Tamże, I.9 76a23–25, s. 269.

[16] B.G. Dod, *Aristoteles latinus*, w: *The Cambridge History of Later Medieval Philosophy*, s. 46.

[17] S.J. Livesey, *The Oxford Calculators, Quantification of Qualities, and Aristotle's Prohibition of Metabasis*, „Vivarium”, 24 (1986), s. 51–55.

[18] Tamże, s. 55–56. Co ciekawe, Edith Sylla pośród autorów, których uznaje za związanych ze szkołą oksfordzkich kalkulatorów, wymienia również Waltera Burleya, zob. E.D. Sylla, *The Oxford Calculators*, s. 540, 554–555.

[19] Zob. Guilelmus Ockham, *Scriptum in librum primum Sententiarum. Ordinatio*, Prologus, qu. 1, w: tenże, *Opera theologica*, vol. 1, wyd. G. Gál – S. Brown, New York: St. Bonaventure University, 1967, s. 7–15, a także: Wilhelm Ockham, *O nauce w ogóle, a nauce przyrodniczej w szczególności*, tłum. M. Gensler, D. Gwis, E. Jung-Palczewska, w: *Wszystko to ze zdziwienia. Antologia tekstów filozoficznych z XIV wieku*, red. E. Jung-Palczewska, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2000, s. 215.

[20] S.J. Livesey, *The Oxford Calculators*, s. 57, 63.

dzięki odmiennemu rozumieniu poznania naukowego. Dla Ockhama wszelka nauka bowiem dotyczy poziomu zdań o jednostkach, i w tym sensie nie dotyczy bezpośrednio rzeczywistych jednostek, a więc i metody postępowania naukowego odnoszą się do operacji na zdaniach. Wiedza prawdziwa wyprowadzana jest przez intelekt z przesłanek koniecznych, prawdziwych niezależnie od istniejącego świata, a takie odnajdujemy według Ockhama w logice, teologii i właśnie w matematyce[21].

IV. *Calculationes* w oksfordzkiej filozofii przyrody

Najprawdopodobniej to właśnie dzięki dokonanemu przez Wilhelma Ockhama przełamaniu zakazu *metabasis* i uznaniu matematyki za naukę wspomagającą logikę, oksfordzcy kalkulatorzy już bez wahania wprowadzali metody matematyczne do swoich rozważań z zakresu filozofii przyrody. Wspomniany tutaj Tomasz Bradwardine, w *Traktacie o proporcjach szybkości w ruchach* (*Tractatus de proportionibus velocitatum in motibus*), którego powstanie datowane jest na 1328 rok, wskazywał, że 'proporcja' w ścisłym sensie odnosi się do wielkości i pojawia się w tych naukach, które wielkości dotyczą. W ogólnym sensie jednak możemy ustalać czy też określać proporcje w odniesieniu do wszystkich bytów, co do których można orzec, że są równe, większe albo mniejsze, podobne, jest ich więcej albo mniej (tj. są bardziej albo mniej intensywne, występują w większym czy też mniejszym natężeniu). Ażeby uprawomocnić użycie Euklidesowej teorii proporcji w kontekście nauki o ruchu, Bradwardine argumentuje dalej, że jeśliby nie było dozwolone określanie proporcji między mocami działającymi i oporami w odniesieniu do ruchów lokalnych, to nie powinno być uprawnione określanie proporcji między dźwiękami (tonami) — a zatem nie powinna istnieć nauka o harmonii muzycznej[22].

Co godne uwagi, choć kalkulatorzy, podążając za Ockhamem, nie mieli problemu z przekroczeniem zakazu *metabasis*, nigdy jednak nie złamali Euklidesowej zasady mówiącej, że porównywać można tylko byty należące do tego samego rodzaju, tj. moc do mocy, odległość do odległości, czas do czasu, szybkość do szybkości itd. Porównanie zaś drogi do czasu — jak w przywołanym powyżej newtonowskim równaniu szybkości w ruchu jednostajnym — byłoby dla nich czymś absurdalnym. W ramach stosowanego przez kalkulatorów rachunku proporcji jednak dopuszczalne było — i powszechnie stosowane — porównanie

[21] E. Jung-Palczewska, *Wilhelm Ockham — wprowadzenie*, w: *Wszystko to ze zdziwienia*, s. 196.

[22] Thomas Bradwardine, *Tractatus de proportionibus velocitatum in motibus*, w: *Thomas of Bradwardine, his Tractatus de Proportionibus; its significance for the development of mathematical physics*, red. H. Lamar Crosby Jr., Madison (WI): University of Wisconsin Press, 1955, s. 66, 108–110.

samych proporcji do proporcji, jako że są to „byty" należące do tego samego rodzaju[23]. Chociaż więc nie spotkamy w pismach oksfordczyków porównania np. szybkości do mocy działającej, to porównania proporcji szybkości na końcu zmiany i na jej początku do wielkości mocy działającej na końcu zmiany i na początku są powszechnie wykorzystywane w ich argumentacjach[24]. Co więcej, „rachunki" na proporcjach — *calculationes* — we wszystkich traktatach powstałych w ramach szkoły wykorzystywane były w połączeniu z argumentacjami logicznymi, nigdy zaś nie traktowano ich jako odrębnego narzędzia analiz, w czym także widać wyraźny wpływ przytoczonych powyżej koncepcji Wilhelma Ockhama.

Najlepszym przykładem wykorzystania matematyczno-logicznej metody *calculationes* jest monumentalne dzieło Ryszarda Swinesheada znane jako *Księga kalkulacji* (*Liber calculationum*), napisane między rokiem 1340 a 1350, stanowiące zwieńczenie dokonań szkoły oksfordzkich kalkulatorów, zarówno jeśli chodzi

[23] E.D. Sylla, *The Oxford Calculators and the Mathematics of Motion 1320–1350. Physics and Measurement by Latitudes*, New York — London: Garland, 1991, s. 309–311.

[24] Moc czynna (*potentia motiva*) i opór ośrodka (*resistentia*) były przez kalkulatorów zaliczane do tej samej kategorii, opór rozumiany był jako moc bierna (zob. tamże, s. 311). Sylla wskazuje w tym miejscu (s. 311, przyp. 9), że Ryszard Swineshead w V traktacie swojej *Księgi kalkulacji*, zatytułowanym *De raritate et densitate*, określając wielkość *raritatis*, odwołuje się do proporcji między wielkością danego przedmiotu (*quantitas*) i jego materią, a zatem zestawia w proporcji różne kategorie bytów. Rzeczywiście, Swineshead przywołuje taki sposób określania rzadkości jako jeden z dwóch racjonalnych, ale ostatecznie skłania się ku drugiemu sposobowi, wedle którego *raritas* zależy od proporcji wielkości do „materii ujętej proporcjonalnie" (*materia proportionata*). Ricardus Swineshead, *Liber calculationum*, Venetiis 1520, f. 16vb: „Sequitur inquirere penes quid raritas et densitas attendantur. In qua materia solum due positiones sunt invente rationales, quarum una ponit quod raritas attenditur penes proportionem quantitatis subiecti ad eius materiam et densitas attenditur penes proportionem materie ad quantitatem. Secunda ponit quod raritas attenditur penes quantitatem non simpliciter sed in materia proportionata vel in comparatione ad materiam. Diversitas istarum positionum sic patet. Prima ponit quod attenditur penes proportionem et cetera, ita quod sicut proportio quantitatis ad materiam est maior, ita raritas est maior — ut si raritas fiat dupla, requiritur quod proportio quantitatis ad materiam dupletur. Secunda ponit quod proportionabiliter sicut tota quantitas sit maior manente materia eadem, ita raritas est maior, ut si nunc sit aliqua raritas ad duplationem illius raritatis non sequitur duplatio proportionis quantitatis ad materiam sed solum duplicatio quantitatis, si maneat materia"; f. 17ra: „Ideo ponitur alia positio, scilicet [quod] raritas attenditur penes distantiam punctorum ad seinvicem non simpliciter, sed in materia proportionata, vel in comparatione ad materiam sic intelligendo: si duo subdupla inequalia equaliter habeant de materia, proportionabiliter sicut unum est alio maius, ita est eo rarius. Et si equalia sint eque rara, equaliter habebunt de materia. Et si inequalia sint eque rara, proportionabiliter sicut unum est alio maius, ita plus habet de materia. Et si equalia sint ineque rara, proportionabiliter sicut unum est alio rarius, ita minus habet de materia". Szczegółowe wyjaśnienie tego stanowiska wykracza poza ramy niniejszego artykułu, ale wydaje się ono wyjątkiem potwierdzającym regułę w odniesieniu do zasady zestawiania w proporcji tylko bytów należących do jednej kategorii.

o stopień zaawansowania analiz, wnioski szczegółowe, jak i zakres tematyki[25]. Tradycyjnie uznawany za czternasty traktat wśród szesnastu składających się na *Księgę* Swineshead poświęcił na zdefiniowanie reguł dotyczących ruchu lokalnego „przy założeniu, że ruch określa się stosownie do proporcji geometrycznej", czyli na temat, który cieszył się szczególnym zainteresowaniem wszystkich kalkulatorów[26]. Traktat ten swoją strukturą wyraźnie nawiązuje do ówczesnego wzorca, jakim były księgi *Elementów* Euklidesa. Swineshead formułował i uzasadniał kolejne reguły za pomocą logiki i rachunku proporcji, zaczynając od najprostszych, zaś udowadniając kolejne, wykorzystywał często te już uprzednio dowiedzione. Podobną strukturę zresztą nadał on wielu innym traktatom w *Księdze kalkulacji*. Oczywiście dowody początkowych twierdzeń są raczej proste, jak np. dowód reguły 3:

> Gdziekolwiek jakiś opór wzrasta lub zmniejsza się w stosunku do niezmieniającej się mocy, [efekt działania] tej mocy [odpowiednio] zmniejsza się lub zwiększa ze względu na ten opór w takiej proporcji, w jakiej opór ten będzie większy lub mniejszy.
>
> Jest to oczywiste dla pierwszej części [tj. dla wzrastającego oporu]. Niech ta moc będzie A, zaś B oznacza opór, który wzrasta. Niech C oznacza stopień, w jakim będzie [ten opór] na końcu [zmiany]. Wówczas proporcja A do B będzie się składać na początku z proporcji A do C i C do B, zaś na końcu pozostanie jedynie proporcja A do C. Zatem cała ta proporcja, którą jest C do B, zostanie utracona i tę proporcję nabędzie B ponad siebie samego. I tak wynika pierwsza część, drugą wyprowadza się podobnie[27].

Chociaż mamy tutaj do czynienia tylko z jedną procedurą rachunku proporcji, a mianowicie z rozkładaniem proporcji A do B na dwie proporcje: A do C i B do C, to w tym przykładzie doskonale już się zarysowuje cel i charakter metody *calculationes*. Euklidesowa teoria proporcji jest tu przywołana nie po to, by określić konkretne wartości liczbowe wielkości charakteryzujących ruch, ale po

[25] Zob. J.E. Murdoch – E.D. Sylla, *Swineshead (Swyneshed, Suicet, etc.) Richard*, w: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 13, red. C.C. Gillispie, Charles Scribner's Sons, 1976, s. 184–213.

[26] Ricardus Swineshead, *Liber calculationum*, f. 43va: „Hic incipiunt quedam regule de motu locali supponendo motum attendi penes proportionem geometricam". Zob. także E.D. Sylla, *The Oxford Calculators*, w: *The Cambridge History of Later Medieval Philosophy*, s. 541–542.

[27] Ricardus Swineshead, *Liber calculationum*, f. 43va: „Ubicumque aliqua resistentia crescit vel decrescit respectu potentie non variate, tantam proportionem deperdet illa potentia vel acquiret cum illa resistentia, per quantam proportionem illa resistentia fiet maior vel minor. Hec patet pro prima parte. Sit potentia illa A et B sua resistentia crescens, sit C gradus sub quo erit in fine; tunc proportio A ad B in principio componitur ex proportionibus A ad C et C ad B, et in fine solum remanebit proportio A ad C. Ergo tota proportio que est C ad B deperdetur, et illam proportionem acquiret B supra seipsam. Ergo sequitur prima pars, secunda pars consimiliter declaratur" (wszystkie fragmenty *Liber calculationum* w moim przekładzie).

to, by jak najdokładniej opisać same zmiany, to znaczy, jak zmieni się pewna zmienna w relacji do zmiany innej zmiennej. Symbole literowe są zaś ustanawiane arbitralnie, na potrzeby danego dowodu[28].

W niektórych argumentacjach napotkamy wielkości liczbowe, ale nie jako wartości wyjściowe lub wynik obliczeń, ale jedynie jako zobrazowanie relacji między danymi proporcjami. Z sytuacją taką mamy do czynienia np. w ramach odpowiedzi na argument przeciwko 33 regule przywołanego tutaj traktatu:

> [Tak samo], jak jeśli ośrodek będzie jednolicie niejednolity [tzn. opór ośrodka wzrasta równomiernie wraz z odległością] od czterech do ośmiu i niech A [moc czynna] będzie jak 12, i niech B [inna moc czynna] jest w proporcji równej [do tej, w której jest A na początku] do krańca o mniejszym natężeniu połowy o większym natężeniu, a mianowicie trzykrotną. Skoro zatem ten kraniec będzie jak 6, jest oczywiste, że B będzie jak 18. Lecz proporcja 18 do 8 jest większa niż proporcja 12 do 6, proporcja 12 do 6 jest bowiem dokładnie dwukrotna, zaś proporcja 18 do 8 jest dwukrotna i ćwiartkowa[29].

Oksfordzcy kalkulatorzy nie byli zainteresowani określaniem konkretnych wartości charakteryzujących ruch lokalny, takich jak prędkość ruchu. Ich dokonania, przynajmniej w odniesieniu do nauki o ruchu, mogą być z powodzeniem uznane za daleko idące rozwinięcie końcowych fragmentów VII księgi *Fizyki* Arystotelesa, gdzie ten sformułował tzw. równania ruchu, ogólnie określając zależności między czynnikami ruchu a odległością lub czasem, w których się ten

---

[28] Jak widzimy w przedstawionym przykładzie, A, B i C mogą oznaczać jednocześnie zmienne i wartości ich natężenia czy też rozciągłości formy (*latitudo formae*), jedna i ta sama zmienna — opór ośrodka — zmienia się bowiem z B na C czy raczej od B do C. Zmiana natężenia czy też rozciągłości form jakościowych była jedną z najczęściej dyskutowanych przez czternastowiecznych filozofów kwestii. Mówiąc pokrótce, przyjmowali oni, że formy przypadłościowe mogą występować w mniejszym lub większym natężeniu, którego to wartość, co więcej, w tym samym bycie jednostkowym może się zmieniać w zależności od czynników zewnętrznych i procesów, w których on uczestniczy. Stąd m.in. cytowani tu filozofowie dla określenia pewnej wartości jakiejś wielkości fizycznej mówią o stopniu (*gradus*) czy rozciągłości danej jakości, a także odległości (*distantia*) między poszczególnymi stopniami natężenia. Przyjęcie takiej koncepcji generowało oczywiście pytania natury metafizycznej, dotyczące na przykład tego, czy jedna i ta sama forma jakościowa zmienia się, przyjmując różne stopnie natężenia, czy raczej te zmiany natężenia są efektem sumowania się czy nawet podmieniania się kolejnych tego rodzaju form. Szczegółowe omówienie tej problematyki czytelnik znajdzie na przykład w: E. Jung-Palczewska, *Między filozofią przyrody a nowożytnym przyrodoznawstwem*, s. 187–236.

[29] Ricardus Swineshead, *Liber calculationum*, f. 44rb–va: „Sicut si medium esset uniformiter difforme a quatuor usque ad octo, et sit A ut 12, et habeat B equalem proportionem ad extremum remissius medietatis intensioris, scilicet triplam. Cum ergo illud extremum sit ut sex, patet quod B erit ut 18. Sed proportio 18 ad octo est maior quam proportio 12 ad sex, quia proportio 12 ad sex est precise dupla et proportio 18 ad octo est dupla sesquiquarta".

ruch dokonuje[30]. Jeden z kalkulatorów, Wilhelm Heytesbury, stwierdził wprost, że znając wartości początkowe jakiegoś ruchu, można by obliczyć konkretną wielkość (natężenie), „ale obliczenia takie sprawiłyby więcej kłopotu niż pożytku"[31]. Nie znaczy to jednak, że ich rozważania były nieefektywne czy bezcelowe.

Dzięki metodzie kalkulacji Heytesbury'emu udało się chociażby — poprawnie — dowieść, że odległość pokonana przez ciało poruszające się ruchem jednostajnie opóźnionym będzie taka sama jak odległość przebyta przez ciało poruszające się w tym samym czasie z szybkością, którą ma to pierwsze ciało w połowie swego ruchu[32]. Twierdzenia tego, nazwanego później twierdzeniem o szybkości średniej, w przywołanym powyżej traktacie Swineshead dowiódł kolejno aż cztery razy. Tylko w jednym z dowodów, co warto podkreślić, odwołał się do metody *calculationes* i to najpierw w ramach argumentacji contra:

> Powiększa [się] bowiem [wartość natężenia, tj. szybkość] ruchu [ciała] A od nie-stopnia[33] do ośmiu. Wówczas, jeśli [wartość natężenia] ruchu w pierwszej połowie [jego trwania] odpowiadać będzie stopniowi o mniejszym natężeniu niż dwa, niech ten stopień będzie [oznaczony przez] D, a stopień, któremu będzie odpowiadać [wartość natężenia] jego ruchu w drugiej połowie, niech będzie [oznaczony przez] C. Wtedy z tego, że ruch [A] jednostajnie będzie wzrastał w drugiej połowie tak samo jak w pierwszej i w środkowej chwili miał będzie

[30] Zob. Arystoteles, *Fizyka*, VII.5 249b–250a, przeł. K. Leśniak, w: tenże, *Dzieła wszystkie*, t. 2, PWN: Warszawa 1990, s. 165–166.

[31] Guilelmus Heytesbury, *Regulae solvendi sophismata*, w: *Tractatus Gulielmi Hentisberi de sensu composito et diviso, Regulae eiusdem cum Sophismatibus*, Venetiis 1494, f. 41rb: „Cognitis tamen gradibus extremis, ita scilicet quod cognoscatur quantum pertransiretur uniformiter in tanto tempore vel in tanto per gradum extremum intensiorem terminantem. Et consimiliter respectu gradus extremi remissioris cognosci poterit per calculationem quantum pertransiretur in prima medietate et etiam quantum in secunda, quia cognitis isto modo extremis gradibus haberi potest etiam gradus medius inter istos; et etiam gradus medius inter illum gradum medium et gradum intensiorem illam latitudinem terminantem. Sed huiusmodi calculatio maiorem sollicitudinem ageret quam profectum" (przekład i podkreślenie moje).

[32] Tamże, f. 40vb-41ra: „Cum enim a non gradu ad aliquem gradum uniformis fiat alicuius motus intensio, subtriplum pertransibit precise in prima medietate temporis ad illud quod pertransibit in secunda. Et si alias ab eodem gradu aut ab aliquo alio quocunque ad non gradum uniformis fiat remissio, triplum precise pertransiet in prima medietate temporis ad illud quod pertransiretur in secunda. Totus enim motus factus in toto tempore correspondebit medio gradui suo, illi scilicet quem habebit in medio instanti illius temporis". Szczegółowe wyjaśnienia i analizę tego dowodu czytelnik znajdzie m. in. w: J.L. Longeway, *William Heytesbury*, w: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2003 Edition)*, red. E.N. Zalta, http://plato.stanford.edu/archives/spr2003/entries/heytesbury.

[33] „Nie-stopień" (*non gradus*) natężenia dowolnej jakości oznaczał całkowicie potencjalną obecność tej jakości w danej rzeczy, czyli — praktycznie — jej zerowe natężenie. Pamiętać jednakże musimy, że pojęcie zera w nauce w czasach Ryszarda Swinesheada nie było jeszcze znane. Na temat historii pojęcia zera zob. np.: R. Kaplan, *The Nothing That Is: A Natural History of Zero*, Oxford: Oxford University Press, 1999.

[natężenie] cztery, wynika, że C jest tak samo odległe od czterech jak D od niestopnia i sześć jest tak samo odległe od C jak dwa od D; zatem sześć jest tak samo odległe od dwóch jak C od D. Skoro więc sześć do dwóch jest w proporcji potrójnej i [natężenie] stopnia C jest mniejsze od dwóch, oczywiste jest, że C i A pozostają w proporcji większej niż potrójna i w konsekwencji więcej niż trzykroć więcej przemierzy [ciało A] w drugiej połowie [czasu trwania swojego ruchu] niż w pierwszej. […] To, że C tak samo odległe od D jak sześć od dwóch, jest oczywiste na mocy tego, że jeśli mamy cztery terminy, z których pierwszy i największy o tyle samo przewyższa drugi, o ile trzeci przewyższa czwarty, [to] pierwszy o tyle samo przewyższa trzeci, o ile drugi [przewyższa] czwarty. Tak samo jeżeli mamy cztery wyrazy A B C D takie, że A jest największy i o tyle samo przewyższa B, o ile C [przewyższa] D najmniejszy, wówczas odległość między A [i] C jest większa od odległości między A [i] B jedynie o odległość między B [i] C, i B przewyższa D więcej, niż C przewyższa D jedynie o [wielkość] rozciągłości między B [i] C. Skoro zatem między A [i] B oraz [między] C [i] D jest taka sama odległość, oczywiste jest, że między A [i] C oraz B [i] D jest taka sama odległość, co było do udowodnienia. Jeśli więc [wartość natężenia] ruchu w pierwszej połowie [jego trwania] odpowiadać będzie stopniowi o mniejszym natężeniu niż [stopień] średni, oczywiste jest, że [wartość] natężenia ruchu w drugiej połowie będzie odpowiadać stopniowi wyższemu niż po trzykroć intensywniejszy [od tego średniego] w pierwszej[34].

---

[34] Ricardus Swineshead, *Liber calculationum*, f. 45vb–46ra: „Intendat enim a uniformiter a non gradu usque ad octo. Tunc, si motus in prima medietate correspondebit gradui remissiori quam duo, sit ille gradus D, et sit gradus cui correspondebit motus eius in secunda medietate C. Tunc, ex quo motus eque velociter intendetur in secunda medietate sicut in prima, et in instanti medio habebit quatuor; sequitur quod C equaliter distat a quatuor sicut D a non gradu. Et sex equaliter distat a C sicut duo a D, igitur sex equaliter distat a duobus sicut C a D. Ergo, cum sit tripla proportio sex ad duo et gradus C est remissior sex, patet quod inter C [et] A est maior quam tripla proportio; et per consequens plus quam triplum pertransibit in secunda medietate quam in prima. […] Et quod sequatur [quod] C equaliter excederet D sicut sex duo patet per hoc, quod si sint quatuor termini quorum primus et maximus equaliter excedat secundum sicut tertius quartum, primus equaliter excedit tertium sicut secundus quartum. Ut sint A B C D quatuor termini, ita quod A sit maximus equaliter excedens B sicut C D minimum. Tunc distantia inter A [et] C est maior distantie inter A [et] B solum per distantiam inter B [et] C, et excessus B supra D est maior quam excessus C supra D solum per latitudinem inter B [et] C. Cum ergo inter A B et C D est distantia equalis, patet quod inter A C et B D est distantia equalis, quod est probandum. Si ergo motus in prima medietate gradui remissiori medio correspondebit, patet quod motus in secunda medietate plus quam in triplo intensiori gradui correspondebit, quam in prima". Fragmenty *Księgi kalkulacji* szczególnie w języku oryginału doskonale unaoczniają lakoniczność i techniczny język argumentacji Swinesheada, podyktowane zapewne tym, że odbiorcami jego tekstu były osoby doskonale obeznane z tematyką traktatu i metodą *calculationes*. Każda próba przekładu tego tekstu na język polski wiąże się nieuchronnie z uzupełnianiem go o przemilczane przez autora — jako oczywiste dla niego i jemu współczesnych oksfordczyków — założenia i terminy. Por. przypisy 27 i 29 powyżej oraz dwa kolejne poniżej.

Zaraz jednak wskazał błąd w powyższej argumentacji, potwierdzając tym samym poprawność dowodzonego twierdzenia:

> Fałszywość wniosku jest dowiedziona [następująco:] jeśli [wartość] natężenia ruchu odpowiadałaby stopniowi większemu od średniego, wynika [stąd], że — skoro ruch w drugiej połowie o tyle samo przewyższa ruch w pierwszej połowie, o ile sześć przewyższa dwa — ruch w drugiej połowie nie byłby trzykrotnie [większy] od ruchu w pierwszej połowie. Wniosek [ten] jest fałszywy na podstawie wcześniejszych argumentacji[35].

W pozostałych trzech dowodach twierdzenia o szybkości średniej Ryszard Swineshead nie wyszedł właściwie poza ramy logiki, choć odwoływał się w nich do literowych oznaczeń rozważanych zmiennych i pewnych przykładowych wartości liczbowych. Nie ma w nich już jednak operacji na proporcjach, czyli „kalkulacji" jako takich, co najlepiej ukazuje ostatni, czwarty dowód tego twierdzenia:

> Powiększa [ciało] A [szybkość] swojego ruchu jednostajnie o pewną wielkość (*per aliquam latitudinem*); jej stopień średni niech będzie [oznaczony przez] C, w którym to lub do niego zbliżonym będzie [szybkość ruchu A] w chwili środkowej. Zakłada się nadto, że w chwili środkowej będzie [pewne ciało w] ruchu B miało stopień [szybkości] C i będzie się pomniejszała przez drugą połowę [czasu] do stopnia, w którym była [szybkość] A na początku, tak samo szybko, jak [szybkość ruchu] A powiększała się w pierwszej połowie lub w drugiej, jak wynika z przesłanek.
>
> Co przyjąwszy, dowodzi się następująco: [dzięki szybkościom] ruchu A [i] B łącznie (*simul*) w drugiej połowie [czasu] ich ruchu dwukrotnie więcej zostanie przemierzone niż w tej samej połowie czasu [przez jakieś ciało poruszające się z szybkością] w (*mediante*) stopniu C i dwukrotnie więcej zostanie przemierzone przez [ciało poruszające się z szybkością] C w całym [tym] czasie niż w połowie tego czasu; zatem tyle zostanie przemierzone [przez ciała w] ruchu A i B w drugiej połowie czasu, ile w całym czasie przez [przez ciało poruszające się z szybkością] w stopniu C. Wnioskowanie i przesłanka mniejsza są oczywiste same przez się, a przesłanki większej dowodzi się następująco: w chwili środkowej [szybkości] ruchów A i B będą równe [szybkości] C, i zgodnie z założeniem [szybkość ruchu] A równie szybko w sposób ciągły powiększa się o tyle, o ile [szybkość ruchu] B się zmniejsza; zatem [szybkość] C będzie ciągle w stopniu średnim między A [i] B. A jeśli tak, [szybkość] ruchu złożonego z ruchów A [i] B ciągle będzie dwukrotnie większa od C, jako że wszystko, co składa się z dwóch nierównych [wielkości], jest dwukrotnie większe od ich [wielkości] średniej. [...] Wynika więc, że dzięki ruchom [ciał] A i B w drugiej połowie czasu dwakroć

[35] Tamże, f. 46ra: „Consequens est falsum et improbatum. Si motus gradui intensiori medio correspondebit, sequitur quod cum motus in secunda medietate equaliter excedit motum in prima medietate sicut sex excedunt duo, quod motus in secunda medietate non foret triplus ad motum in prima. Consequens est falsum per prearguta".

> więcej zostanie przemierzone niż dzięki [ruchowi z szybkością w] stopniu C, i tyle [samo], ile dzięki [ruchowi z szybkością w] stopniu C w ciągu całego [tego] czasu. Tyle zaś zostanie przemierzone w ciągu całego tego czasu przez A, ile w drugiej połowie czasu przez A [wraz z] B, jako że A w pierwszej połowie czasu tyle samo przemierzy, ile samo B w drugiej połowie czasu, a w tej drugiej połowie czasu nie więcej przemierzy A [wraz z] B niż A samo, jak tylko o tyle, ile wówczas przemierzy B. Oczywiste jest więc, że przez [swój ruch] A w całym tym czasie przemierzy się tyle, ile [przez ciało w ruchu z szybkością] w tym stopniu C, a C jest stopniem średnim wielkości, o którą ma wzrosnąć [szybkość] ruchu A. Wynika zatem wniosek[36].

Chociaż Wilhelm Heytesbury uznał, że twierdzenie o szybkości średniej może mieć zastosowanie tylko w odniesieniu do ruchów jednostajnie zmiennych, ponieważ ruchy niejednostajnie zmienne wymykają się wszelkiemu opisowi, Ryszard Swineshead — skądinąd jego uczeń — wyróżnił pewien typ ruchów niejednostajnie zmiennych, co do których był w stanie podać swego rodzaju reguły[37]. W traktacie XIV *Księgi kalkulacji* poddał analizie ruch niejednostajnie niejednostajny (*difformiter difformis*) co do szybkości, którego jednakowoż przy-

---

[36] Tamże: „Intendat A motum suum uniforme per aliquam latitudinem cuius gradus medius sit C quem vel sibi similem habebit in instanti medio. Et ponatur quod in instanti medio sit B motus sub C gradu, et remittatur per secundam medietatem eque velociter sicut A intendetur per primam vel per secundam ad gradum quem in principio habet A, ut sequitur ex propositis. Quo posito arguitur sic: A [et] B motibus simul in secunda medietate temporis in duplo plus pertransibitur, quam in eadem medietate temporis mediante C gradu, et in duplo plus pertransibitur a C in toto tempore, quam in medietate eiusdem temporis; ergo tantum pertransibitur A [et] B motibus in secunda medietate temporis, quantum in toto tempore mediante C gradu. Consequentia et minor patent de se, et maior arguitur sic: in instanti medio erunt A B motus equales C, et eque velociter continue intendetur A motus per casum sicut B remittetur; ergo C continue erit gradus medius inter A [et] B. Et si sic, motus compositus ex A [et] B continue erit duplus ad C, eo quod omne compositum ex duobus inequalibus duplum est ad medium inter illa [...]. Sequitur ergo quod mediantibus A B motibus in secunda medietate temporis duplum pertransibitur, quam mediante C gradu et tantum sicut in toto tempore per C gradum. Sed tantum pertransibitur in toto tempore per A sicut per A [et] B in medietate secunda temporis, eo quod A in prima medietate temporis tantum pertransibit sicut ipsum B in secunda medietate temporis, et in ista secunda medietate temporis non plus pertransibit A [cum] B, quam A solum nisi per idem, quod B tunc transibit. Patet ergo quod per A in toto tempore pertransibitur tantum sicut in ipso C gradu, et C est gradus medius latitudinis acquirende per A motum. Sequitur ergo conclusio".

[37] Guilelmus Heytesbury, *Regulae solvendi sophismata*, f. 41va: „De difformi autem intensione vel remissione, sive ab aliquo gradu usque ad non gradum, vel econtra, seu ab aliquo gradu ad aliquem alium nulla potest esse regula, quantum in tanto tempore vel in tanto pertransiretur; aut cui gradui intrinseco istius latitudinis corresponderet talis latitudo motus difformiter deperdita seu acquisita, quia sicut infinitis modis contingit talem remissionem seu intensionem difformem variari, ita etiam infinitis gradibus intrinsecis eiusdem latitudinis, immo cuilibet gradui intrinseco istius latitudinis sic acquisite vel deperdite poterit totus ille motus correspondere".

spieszenie lub opóźnienie zmienia się jednostajnie[38]. Co prawda w odniesieniu do tego rodzaju ruchów był jedynie w stanie wykazać, że prędkość średnia jest odpowiednio większa albo mniejsza niż w odpowiadającym danemu ruchowi ruchu jednostajnie zmiennym, ale jest to *de facto* wszystko, co można osiągnąć na gruncie Arystotelesowskiej teorii ruchu za pomocą metody *calculationes*[39]. Do podobnych granic zresztą Swineshead dotarł i w wielu z pozostałych traktatów składających się na jego *Księgę kalkulacji*. Dla przykładu, w ostatniej regule traktatu XIII *O działaniu ciała świecącego* (*De actione luminosi*) właściwie określa on wprost, czego nie można już opisać za pomocą przyjętej metody[40].

V. Podsumowanie: czternastowieczna oksfordzka filozofia przyrody a fizyka nowożytna

Dokonania oksfordzkich kalkulatorów szybko dotarły na Kontynent i ich dzieło było rozwijane jeszcze w XIV stuleciu przez Mikołaja z Oresme, Marsyliusza z Inghen i Alberta z Saksonii[41]. Jednak w środowisku Uniwersytetu Paryskiego i później na uniwersytetach włoskich Arystotelesowski zakaz *metabasis* zakorzenił się najwyraźniej zbyt mocno, ażeby matematyczna filozofia przyrody zagościła tam na dłużej. Słynny szesnastowieczny filozof włoski, Pietro Pomponazzi, zarzucał wręcz kalkulatorom włączenie matematyki i geometrii do filozofii przyrody, jako że — jego zdaniem — matematyczna fizyka była czymś nieuprawnionym. Jeden z nauczycieli Galileusza w Pizie, Francesco Buonamici, także wyrzekał na tych, którzy przeskakują od matematyki do fizyki. Co więcej, jeszcze we wczesnych francuskich recenzjach *Principiów* Izaaka Newtona

[38] Wykres zmian szybkości takiego ruchu w funkcji czasu jest fragmentem paraboli.

[39] Zob. np. następujące reguły (*conclusiones*) przywołanego tutaj traktatu, Ricardus Swineshead, *Liber calculationum*, f. 48rb: „Pro qua consequentia probanda probatur illa conclusio quod omnis motus velocius et velocius deperditus quantum ad pertransitionem spatii gradui intensiori medio correspondet"; f. 48va: „Et consimiliter omnis motus tardius et tardius deperditus gradui remissiori medio correspondet"; f. 48vb: „Ubicumque velocius et velocius motus acquiritur, gradui remissiori medio correspondet. Quia quandocumque tardius et tardius remittitur, correspondet gradui remissiori medio. Igitur econtra, si velocius et velocius acquiritur, correspondebit gradui remissiori medio, quod fuit probandum. Ubicumque motus tardius et tardius acquiritur, correspondebit gradui intensiori medio, ut potest argui, sicut argutum est 46 conclusione econverso tamen modo. Quia idem est quando motus tardius et tardius acquiritur, et econtra velocius et velocius remittitur".

[40] Tamże, f. 43va: „Qualitercumque medium sit difforme, luminosum uniforme lumen uniforme in illud medium non potest agere nisi forte fuerit per reflexionem vel aliunde acciderit".

[41] Zob. E. Jung-Palczewska, *Między filozofią przyrody*, s. 275–282.

odnaleźć można stwierdzenia, że o ile dzieło to może być uznane za traktat matematyczny, to na pewno nie dotyczy ono filozofii przyrody[42].

Pewne jest to, że kalkulatorzy, mimo przełamania zakazu *metabasis*, w swoich dziełach nigdy nie wyszli poza ramy filozofii przyrody Arystotelesa i jego hierarchii nauk. Wszelkie twierdzenia dotyczące, dla przykładu, zależności między czynnikami warunkującymi ruch lokalny mówią właściwie tylko o zależnościach w rodzaju: szybciej — wolniej, więcej — mniej, dalej — bliżej itp. Co więcej, myśliciele ci nie mieli potrzeby określania konkretnych wartości liczbowych, chociaż stosowane przez nich narzędzie matematyczne — *calculationes* — pozwoliłoby na ich uzyskanie[43]. Należy pamiętać, że imponujące dzieło Ryszarda Swinesheada, czyli ustalenie zależności między wielkościami charakteryzującymi ruch lokalny w, jak się wydaje, każdej możliwej do wyobrażenia i dającej się przeanalizować za pomocą *calculationes* i sylogistyki sytuacji, nie miało żadnego zewnętrznego (ani tym bardziej praktycznego) celu. Jest to nadal arystotelesowska w duchu filozofia przyrody, zaliczana wraz z filozofią pierwszą i matematyką do nauk teoretycznych, czyli takich, których uprawianie jest celem samym w sobie[44]. A stąd jeszcze daleka droga do takiej fizyki, dzięki której możemy podporządkowywać sobie czy też wykorzystywać siły natury w celach praktycznych.

THE CALCULUS OF RATIOS (*CALCULATIONES*) — THE NEW METHOD IN NATURAL SCIENCE AT OXFORD UNIVERSITY IN THE FIRST HALF OF THE FOURTEENTH CENTURY

Summary

The Oxford Calculators' School, active in the first half of the fourteenth century, is famous among historians of science for its introduction of mathematical tools of analysis into Aristotelian natural philosophy. A tool they developed

[42] S.J. Livesey, *The Oxford Calculators*, s. 68–69.

[43] Zob. przypis 31 powyżej. Podobne stwierdzenie znajdziemy również u Ryszarda Swinesheada w traktacie XV jego *Księgi kalkulacji*, zatytułowanym *O medium niestawiającym oporu — Liber calculationum*, f. 52ra: „[…] movebitur velocius quam B aliqua proportione inter sesquialteram et sesquitertiam; que tamen sit ista maius requireret studium quam induceret de profectu".

[44] Por. Arystoteles, *Metafizyka*, Ks. E (VI), I, 1025b1–1026a33, przeł. K. Leśniak, w: tenże, *Dzieła wszystkie*, t. 2, s. 712–714.

and exploited was the *calculationes*, based on the Euclidean theory of ratios derived from the book V of his *Elements*. This introduction of mathematics into natural philosophy became possible thanks to William of Ockham's concept of theoretical science. William rejected the Aristotelian prohibition of *metabasis* — that is, the prohibition of using arguments taken from one science (for example, mathematics) in order to prove statements of other science. For Ockham and his intellectual heirs at Oxford, mathematics was a handy tool of argumentation with regard to physical problems, especially to the so-called science of motion. For instance, William Heytesbury, one of most important Oxford Calculators, used the mathematical method of *calculationes* to prove the "mean speed theorem," establishing the exact relation between uniform and uniformly-accelerated or decelerated motions. His student, Richard Swineshead, analyzed motions that are characterized by uniformly changing acceleration or deceleration. A few Continental thinkers — like Nicole Oresme, Albert of Saxony and Marsilius of Inghen — adopted and developed Calculators' theories. Yet they faced, it would seem, much stronger opposition from philosophers in their communities that accepted the Aristotelian prohibition of *metabasis*.

KEYWORDS: The Oxford Calculators, William of Ockham, natural philosophy, calculus of ratios, prohibition of *metabasis*

SŁOWA KLUCZE: oksfordzcy kalkulatorzy, Wilhelm Ockham, filozofia przyrody, rachunek proporcji, zakaz *metabasis*