Rocznik Filozoficzny Ignatianum • The Ignatianum Philosophical Yearbook
PL ISSN 2300–1402 www.ignatianum.edu.pl/rfi XIX / 1 (2013), s. 7–18
• Artykuły recenzowane • Peer-Reviewed Articles •

Jacek Gurczyński*
*Zakład Logiki i Filozofii Nauki, Instytut Filozofii, UMCS

Dwa typy racjonalności — Berkeley i Newton

Streszczenie

Artykuł przypomina spór pomiędzy G. Berkeleyem a I. Newtonem dotyczący prawomocności mechaniki klasycznej. Dyskutowali oni problem wielkości nieskończenie małych — infinitezymali — występujących w rachunku różniczkowym i całkowym Leibniza i Newtona. Wielkości te raz były większe od zera, a raz równe zeru. Tej właśnie niekonsekwencji w traktowaniu infinitezymali dotyczył zarzut Berkeleya. Powszechna jest opinia, że rację w tym sporze miał Newton, broniąc mechaniki klasycznej. Tymczasem przyjmując wąskie rozumienie racjonalności — jako postępowania zgodnego z regułami logiki — to Berkeley miał rację, gdyż nie ma liczb zarazem różnych i równych zeru. Problem ten został rozwiązany wraz z podaniem ścisłej definicji granicy dopiero w XIX wieku. Okazuje się zatem, że racja była po stronie Berkeleya, natomiast Newton kierował się pragmatyzmem, pragnąc zachować obiecującą teorię fizyczną.

Słowa kluczowe: Racjonalność — Pragmatyzm — Infinitezymale — Mechanika klasyczna

Spór Berkeleya z Newtonem o prawomocność mechaniki klasycznej jest dobrze znany. Dość powszechny też jest obraz, zgodnie z którym Newton — twórca systemu mechaniki sformułowanej w ścisły, matematyczny sposób, która zapoczątkowała rozwój nowoczesnego przyrodoznawstwa i współczesnej fizyki, stanowiącej wzór dla innych nauk przyrodniczych przede wszystkim właśnie dzięki stosowaniu narzędzi matematyki zapewniających ścisłość, przejrzystość i możliwość zastosowań praktycznych — pozostaje wzorem naukowca i racjonalnego postępowania. I Berkeley, żarliwy obrońca religii, krytyk materializmu, twórca niezwykle zawiłego systemu metafizycznego, piszący w sposób niejasny i metaforyczny, krytykujący Newtona, a więc przeciwnik nauki, obskurant i ignorant. Niniejszy tekst ma pokazać, że taki obraz jest krzywdzący dla Berkeleya, a co więcej, że to właśnie on, a nie Newton, przestrzegał w swoich dociekaniach bardziej ścisłych kryteriów racjonalności. To właśnie Berkeley stał na straży logiki i rozumu, a więc wąsko rozumianej racjonalności, a nie Newton, który kierował się skutecznością i pragmatyką i który dopiero współtworzył wzorzec szerzej rozumianej racjonalności, tzw. racjonalności naukowej.

W drugiej połowie XVII wieku Newton formułuje podstawy swojej mechaniki[1]. Nadaje on znanemu już wcześniej II prawu dynamiki „ścisłą matematyczną postać”:

$$F = m\frac{d^2 s}{dt^2}$$

„Warunkiem koniecznym po temu, by prawo grawitacji przybrało taką postać, jak przybrało, było przyjęcie [powyższej] formuły lub jej równoważnej”[2]. Z koniunkcji tego prawa z innymi twierdzeniami ma wynikać dedukcyjnie prawo grawitacji. Ponadto Newton wykazuje, „że z prawa grawitacji, w koniunkcji z trzema prawami dynamiki, wynikają zgodne z wynikami doświadczeń opisy ruchów planet, księżyców Jowisza i Saturna oraz Księżyca ziemskiego, ruchów pocisków, wahadeł (niezależnie, co Newton potwierdził doświadczalnie, od rodzaju substancji, z jakiej je wykonano), przypływów i odpływów mórz

[1] Przy omawianiu tego problemu opieram się przede wszystkim na racjonalnej rekonstrukcji odkrycia prawa grawitacji przedstawionej w: Sady, *Racjonalna.*

[2] *Ibid.* s. 60.

i szereg innych zjawisk”[3]. W ten sposób powstaje wzorcowa teoria naukowa: sformułowana za pomocą aparatu matematycznego, zgodnie z podstawowymi regułami logiki i posiadająca wiele trafnych przewidywań oraz zastosowań.

Aparatem matematycznym zaangażowanym w mechanikę był rachunek różniczkowy i całkowy stworzony niezależnie od siebie przez Newtona i Leibniza. Sam Newton nazywał swój rachunek *teorią fluksji.* Podstawowym pojęciem owego rachunku było pojęcie „infinitezymali” — liczby, która jest nieskończenie mała, lecz jednak różna od zera. Problem infinitezymali znany był już Euklidesowi, który właśnie ze względu na niejasność tego pojęcia i w trosce o ścisłość wykładu wykluczył to pojęcie ze swoich rozważań.

Podstawowym problemem Newtona było ustalenie związku pomiędzy „fluentami” (czyli, jak powiedzielibyśmy dzisiaj, chwilowym położeniem) a „fluksjami” (czyli chwilową prędkością poruszającego się ciała). Sam Newton tak przedstawiał swoją teorię w *Method of Fluxions* z 1736 roku („fluksja” wyrażana jest tu przez kropkę umieszczoną nad literą i jest ona wielkością skończoną; „fluenty” przedstawiane są przez litery bez kropek, infinitezymale nazywa się tu *momentami fluksji* i oznacza przez vo, xo, zo, gdzie o jest „wielkością nieskończenie małą”). Zmienne fluenty oznaczone są przez $v, x, y, z, \ldots$,

> [...] a prędkości, z jakimi każda z fluent wzrasta w wyniku ruchu (które mogę nazywać *fluksjami* lub prościej *prędkościami*), będę przedstawiał przez te same litery kropkowane, tak więc $\dot{v}, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}, \ldots$
>
> Tak więc mając dane równanie:
> $$x^3 - ax^2 + axy - y^3 = 0$$
> podstawmy $x = x + \dot{x}o$ zamiast x, $y = y + \dot{y}o$ zamiast y, wówczas wyniknie:
> $$\begin{gathered} x^3 + 3x^2\dot{x}o + 3x\dot{x}o\dot{x}o + \dot{x}^3o^3 \\ -ax^2 - 2ax\dot{x}o - a\dot{x}o\dot{x}o \\ +axy + ay\dot{x}o + a\dot{x}o\dot{y}o + ax\dot{y}o \\ -y^3 - 3y^2\dot{y}o - 3y\dot{y}o\dot{y}o - \dot{y}^3o^3 = 0 \end{gathered}$$
> Ponieważ z założenia $x^3 - ax^2 + axy - y^3 = 0$, można to wyrażenie skreślić, a następnie dzieląc pozostałe wyrazy

[3] *Ibid.* ss. 58–59.

przez o, otrzymuje się:

$$3x^2\dot{x} - 2ax\dot{x} + ay\dot{x} + ax\dot{y}$$
$$-3y^2\dot{y} + 3x\dot{x}\dot{x}o - a\dot{x}\dot{x}o$$
$$+a\dot{x}\dot{y}o - 3y\dot{y}\dot{y}o + \dot{x}^3oo - \dot{y}^3oo = 0$$

Ale ponieważ o przyjmuje się za wielkość nieskończenie małą, tak by mogło przedstawiać momenty wielkości, wyrazy przez nie pomnożone będą niczym w porównaniu z pozostałymi. Odrzucam je więc i pozostaje:

$$3x^2\dot{x} - 2ax\dot{x} + ay\dot{x} + ax\dot{y} - 3y^2\dot{y} = 0.$$ [4]

Widać tu wyraźnie niekonsekwencję Newtona w traktowaniu symbolu o: raz jako zera, a raz jako wielkości nieskończenie małej. Mówi on, że możemy nie brać pod uwagę wartości o, ponieważ jest to wielkość bardzo mała, lecz zgodnie z własnością Archimedesa charakteryzującą liczby rzeczywiste każda, nawet najmniejsza liczba, która jest różna od zera, stanie się dowolnie duża, gdy będziemy ją dodawać (czy mnożyć) do siebie odpowiednią ilość razy. Infinitezymale, o ile by istniały, musiałyby zatem być liczbami niearchimedesowymi, czyli większymi od zera, lecz bez względu na to, jak wiele (skończenie) razy liczba taka byłby dodawana do siebie, pozostawałaby ona mniejsza na przykład od 1[5]. Jednak teoria takich liczb, ujęta przez Robinsona w postaci teorii analizy niestandardowej, miała pojawić się o wiele później — w drugiej połowie XX wieku.

Zwróćmy uwagę na to, że problem nie jest ukryty gdzieś głęboko, w zawiłościach wykładu, lecz dotyczy on jednego z podstawowych pojęć teorii Newtona i pojawia się już przy bardzo prostych rozważaniach i zastosowaniach. Powiedzmy, że chcemy obliczyć chwilową prędkość (oczywiście obliczenie prędkości średniej nie nastręcza tu żadnych problemów) spadającego kamienia w pewnej chwili $t = 1$. W tym przypadku fluenta (czyli pewna wielkość będąca funkcją jednego „czasu", który jest tu tylko uniwersalnym parametrem) jest dana wzorem $s = 6t^2$, gdzie s jest liczbą przebytych metrów, a t czasem, który upłynął od momentu rozpoczęcia ruchu kamienia. Poszukiwanym przez nas wynikiem jest skończona wartość stosunku $\frac{ds}{dt}$, gdzie dt traktujemy jako nieskończenie mały przyrost czasu, a ds odpowia-

[5] Davis & Hersh, *Świat*, s. 211.

dający mu przyrost drogi. Musimy zatem obliczyć przyrost drogi pomiędzy $t = 1$ a $t = 1 + dt$. Dla $t = 1$, położenie kamienia obliczamy:

$$16x1^2 = 16$$

a dla $t = 1 + dt$:

$$16x(1 + dt)^2$$

Zatem poszukiwany przez nas przyrost odległości ds jest różnicą tych dwu odległości:

$$32dt + 16dt^2$$

Ostatecznie więc wartość $\frac{ds}{dt}$ wynosi:

$$32 + 16dt.$$

Czyli, inaczej mówiąc, nasz kamień spadał z prędkością 32 metrów na sekundę, ponieważ odpowiedź ma być wielkością skończoną. Newton zdawał sobie sprawę z powagi problemu i próbował jakoś z tego wybrnąć, przedstawiając w swoich *Principiach* „teorię stosunków początkowych i końcowych”:

> Te końcowe stosunki wielkości znikających nie są naprawdę stosunkami tych końcowych wartości, lecz granicami, do których dążą zawsze stosunki wielkości nieograniczenie malejących i do których zbliżają się bardziej niż na jakąkolwiek daną odległość, lecz nigdy poza nie wychodzą, ani w efekcie ich nie osiągają, do chwili gdy wielkości te zmniejszą się nieskończenie (*Principia I*, rozdział I, ostatnie objaśnienie).
>
> Wielkości i stosunek wielkości, które w skończonym dowolnym czasie dążą stale do równości i przed upływem tego czasu zbliżają się jedna do drugiej na odległość mniejszą od dowolnie danej różnicy, w końcu stają się równe (1 B, I, I. Lemat I)[6].

Widać tu zalążki rozwiązania tego problemu za pomocą pojęcia granicy, które to pojęcie uzyskało jasne sformułowanie jednak o wiele

[6] Struik, *Krótki zarys*, ss. 162–163.

później. W tym czasie jednak sytuacja mechaniki klasycznej, oceniana z punktu widzenia logiki, nie przedstawiała się zbyt dobrze. U jej podstaw w zastosowanym aparacie matematycznym kryło się, prowadzące do sprzeczności, pojęcie wielkości nieskończenie małej.

Na powyższy fakt właśnie zwrócił w 1734 roku uwagę George Berkeley w swojej pracy *The Analyst*[7]. Sama praca ukazuje nam Berkeleya, jakiego raczej nie znamy — doskonale posługuje się ówczesnym aparatem matematycznym i to za jego pomocą prowadzi dyskusję z Newtonem i Leibnizem. Zaczyna jednak od deklaracji: „Zażądam przywileju wolnomyśliciela i pozwolę sobie wniknąć w przedmiot, zasady i metody dowodzenia przyjmowane przez dzisiejszych matematyków, z tą samą swobodą, z jaką wy ośmielacie się traktować zasady i tajemnice Religii"[8]. Gdy Leibniz rozpatruje $32+dt$ jako to samo co 32, Berkeley odpowiada: „nie pomoże też, że [składnik pominięty] jest wielkością nieskończenie małą; ponieważ powiada się nam, że *in rebus mathematicis errores quam minimi non sunt contemnendi*"[9]. Natomiast w stosunku do Newtona, którego stanowisko odnośnie do wielkości nieskończenie małych było łagodniejsze (*vide* fragmenty z jego *Principiów*), Berkeley argumentował: „jeśli x doznaje przyrostu *o*, wówczas przyrost x^n podzielony przez *o* jest

$$nx^{n-1} + \frac{n(n-1)}{1} \cdot 2 \cdot x^{n-2}o + \dots$$

Wzór ten został uzyskany za pomocą założenia, że *o* jest różne od zera. Fluksję x^n, nx^{n-1} uzyskuje się, przyjmując właśnie *o* równe zeru, tj. odrzucając nagle poprzednie założenie"[10].

> Ale, pisał Berkeley, «powinno być jasne, że takie rozumowanie nie jest ani uczciwe, ani ostateczne». Przede wszystkim, albo dt jest równe zeru, albo nie jest równe zeru. Jeśli dt nie jest zero, to $32 + 16dt$ nie jest tym samym co 32. Jeśli zaś dt jest zero,

[7] Berkeley, *The Analyst*. Por. także: Davis & Hersh, *Świat*, ss. 209–225; Bourbaki, *Elementy*, ss. 209–249; Struik, *Krótki zarys*, ss. 159–168, 182–186, 225–229, 245–248.

[8] Berkeley, *The Analyst*, s. 1; Davis & Hersh, *Świat*, ss. 214–215.

[9] Berkeley, *The Analyst*, s. 6; Davis & Hersh, *Świat*, s. 215.

[10] Struik, *Krótki zarys*, ss. 185–186.

> to przyrost odległości ds także jest zero i ułamek $\frac{ds}{dt}$ nie jest $32 + 16dt$, ale wyrażeniem $\frac{0}{0}$ pozbawionym sensu. «Jeśli bowiem powiada się: niech przyrosty znikają, tzn. niech przyrosty będą niczym, albo niech nie będzie przyrostów, to poprzednie założenie, że przyrosty były czymś, czy że były przyrosty, odpada, a mimo to konsekwencja tego założenia, tzn. wyrażenie otrzymane na jego podstawie, pozostaje. Taka droga rozumowania jest fałszywa». I Berkeley niemiłosiernie konkluduje: «Czym są owe fluksje? Prędkościami zanikających przyrostów. A czym są owe zanikające przyrosty? Nie są to ani wielkości skończone, ani wielkości nieskończenie małe, ani w ogóle nic. Czy nie powinniśmy ich nazywać zjawami minionych wielkości?»[11].

Ostatecznie więc Berkeley wykazuje, że mechanika klasyczna okazuje się sprzeczna w swoich podstawach.

Z czysto logicznego punktu widzenia rację w tym sporze miał Berkeley — za pomocą racjonalnej i rzetelnej argumentacji wykazał ponad wszelką wątpliwość sprzeczność teorii stworzonej przez Newtona. Jednak teoria Newtona świetnie sprawdzała się w praktyce, miała wiele trafnych przewidywań. Newton miał więc po swojej stronie praktykę, sukcesy teorii, co dawało mu mocne podstawy do jej obrony. Poza tym Newton, broniąc swojej teorii, żywił zapewne nadzieję, że omawiane trudności uda się jakoś pokonać. I faktycznie późniejszy rozwój matematyki, wprowadzenie pojęcia granicy, uzupełnienie rachunku różniczkowego i całkowego pozwoliło wyeliminować z teorii antynomialne pojęcie infinityzemali. Ale przecież mogło też potoczyć się to inaczej, podobnie jak z eterem, który na zawsze pozostał jedynie bytem teoretycznym i postulowanym, a którego poszukiwania przyczyniły się ostatecznie do sformułowania teorii względności oraz obalenia i wykazania fałszywości mechaniki klasycznej. Po stronie Berkeleya były racje rozumu, po stronie zaś Newtona pragmatyka naukowa. Przyjmując, co często się czyni, że teoria Newtona jest wzorcem ówcześnie prowadzonych dociekań naukowych, można powiedzieć, wbrew rozpowszechnionemu sloganowi, że wiek XVIII

[11] Davis & Hersh, *Świat*, s. 215; Berkeley, *The Analyst*, ss. 17–18.

był początkiem nie tyle ery rozumu, ile rodzenia się dominacji pragmatyki w nauce.

W podobny sposób genezę współczesnej nauki widzi Whitehead[12]. Podkreśla on wielokrotnie i zdecydowanie, że współczesna nauka, za początek której zwykle przyjmuje się myśl Galileusza, powstała z buntu przeciwko skrajnemu racjonalizmowi średniowiecza. Według Whiteheada średniowiecze to „epoka myśli uporządkowanej, całkowicie przesiąkniętej racjonalizmem"[13]. Po odrzuceniu sztywnej racjonalności myśli nastąpił powrót do obserwacji nagich faktów i formułowania, nieuzasadnionych z punktu widzenia rozumu, uogólnień. U podstaw nauki legła zatem wiara w to, że „każde szczegółowe zdarzenie można powiązać w określony sposób ze zdarzeniami wcześniejszymi, ujawniając przy tym prawidłowości ogólne [...] (oraz) przekonanie, iż tajemnica istnieje i że trzeba ją odsłonić"[14]. Strategia, polegająca na badaniu tylko tych faktów, których badanie na danym etapie było możliwe, a jednocześnie niezbędne dla dalszego rozwoju teorii, i powiązanie tych faktów z innymi, okazała się niezwykle skuteczna. „Właśnie wąska skuteczność była przyczyną metodologicznego sukcesu tego schematu"[15]. Późniejsze sukcesy takiego podejścia dostarczają niezbędnego uzasadnienia dla odwrotu od racjonalizmu. Taki bunt „[...] był potrzebny. Bardziej niż potrzebny — był absolutnie koniecznym składnikiem zdrowego postępu [...]. Reakcja była więc całkiem rozsądna: ale nie był to protest w imię rozumu"[16]. Był to protest w imię skuteczności i pragmatyki, sam też zresztą niezwykle skuteczny, gdyż „nauka nigdy nie zatraciła piętna narodzin w okresie późnorenesansowego buntu historycznego. Pozostała ruchem w przeważającej części antyracjonalistycznym, opartym o naiwną wiarę"[17].

Dominację podejścia pragmatycznego w nauce potwierdzają inne przykłady, gdy w przypadku konfliktu rozumu i praktyki dawano

[12] Whitehead, *Nauka*, ss. 17–28.
[13] *Ibid.* s. 21.
[14] *Ibid.* s. 21.
[15] *Ibid.* s. 26.
[16] *Ibid.* s. 25.
[17] *Ibid.* s. 25.

pierwszeństwo tej drugiej. Nadel-Turoński omawia analogiczny do powyżej omówionego problem, który pojawił się w XX wieku w mechanice kwantowej po wprowadzeniu do niej przez Diraca funkcji δ nazwanej później jego imieniem[18]. Funkcja ta bardzo użyteczna na terenie mechaniki kwantowej, była jednak w momencie wprowadzenia sprzeczna z teorią funkcji rzeczywistych i z teorią całki Lebesgue'a. Mówiąc inaczej, funkcji takiej nie było, funkcja ta nie istniała, lecz była wykorzystywana.

> Warunki nałożone na delta-funkcję w równościach mających stanowić jej definicję są sprzeczne z definicjami funkcji rzeczywistej i jej całki, a więc termin „funkcja" bądź „całka", bądź oba te terminy znaczą tu najwidoczniej coś innego niż w matematyce tradycyjnej, tzn. z punktu widzenia tej ostatniej rozumianej jako zaksjomatyzowana nauka dedukcyjna nic nie znaczą, gdyż Dirac nie dołączył do tradycyjnej matematyki zespołu aksjomatów nadających owym pojęciom jakiś nowy sens ani też nie zinterpretował tych pojęć w teoriach już istniejących [...]. Szerokie zastosowanie dla rozwiązywania różnych równań różniczkowych fizyki matematycznej znalazła delta-funkcja jednak właśnie przed jej usensownieniem, przy czym zastosowania te polegały nie tylko na uproszczeniu wyliczeń, ale i na umożliwieniu rozwiązania zagadnień dotychczas nierozwiązywalnych[19].

Z punktu widzenia logiki takie postępowanie było oczywiście nie do przyjęcia, dlatego też von Neuman, chcąc ominąć ten poważny problem, zaproponował ujęcie mechaniki kwantowej w oparciu o aparat matematyczny przestrzeni Hilberta, a podejście Diraca nazwał „obłudnym". To alternatywne ujęcie nie tylko nie wyrugowało funkcji δ z mechaniki kwantowej, lecz także i nie przeszkodziło w nowych jej zastosowaniach, jak na przykład w teorii pola i teorii przewodnictwa cieplnego[20]. Po czasie ów paradoks znalazł swoje rozwiązanie w teorii dystrybucji (funkcji uogólnionych) Schwartza, a także w rachunkach operacyjnych Temple'a-Lighthilla, czy Mikusińskiego.

---

[18] Nadel-Turoński, „Metafory" ; Nadel-Turoński, „O tak zwanym".
[19] *Ibid.* s. 98.
[20] Nadel-Turoński, „Metafory", s. 50.

Co nie zmienia faktu, że przez jakiś czas fizyka kwantowa pozostawała sprzeczna w swoich podstawach, ale dzięki stosowaniu funkcji Diraca skutecznie poszerzała zasięg swoich zastosowań. W tym przypadku pragmatyka ponownie wzięła górę nad racjonalnymi argumentami.

Rozumiejąc racjonalność wąsko jako postępowanie zgodne z regułami logiki, to niewątpliwie Berkeley był tym, który w sporze z Newtonem zachował się w sposób racjonalny. To po jego stronie były racje i logika i to on faktycznie miał rację — infinityzemale są bytami wewnętrznie sprzecznymi i jako takie z konieczności nie istnieją. A jednak to Newtona uważa się za wzór naukowca, Berkeleya natomiast za fantastę i ignoranta. Dlaczego tak jest? Przede wszystkim dlatego, że racjonalność, rozumiana wąsko, jak powyżej, nie jest najbardziej znaczącą wartością dla rozwoju nauki. Newton zdawał sobie sprawę z trudności, lecz nie potrafił ich rozwiązać, gdyż nie dysponował odpowiednim aparatem matematycznym. Mając do wyboru rozum i praktykę, wybrał tę drugą, co było uzasadnione niebywałymi sukcesami jego teorii. Dalszy rozwój nauki pokazał, że dokonał prawidłowego wyboru, gdyż jego teoria dała początek całemu współczesnemu przyrodoznawstwu. Jednocześnie w badaniach przyrodniczych utrwaliła się zasada przyznająca pierwszeństwo praktyce przed racjami rozumowymi — nauka ma być skuteczna, ma efektywnie rozwiązywać pojawiające się problemy. Poza tym taka strategia przyczynia się prawdopodobnie do szybszego rozwoju nauki. Kłopotliwe problemy teoretyczne zostawia się tymczasowo na boku, koncentrując się na zastosowaniach praktycznych, licząc na to, że z czasem uda się je rozwiązać — jak w przypadku infinityzemali, a jeśli nie, to duża liczba takich nierozwiązanych problemów może przyczynić się do sformułowania nowej, lepszej teorii.

Newton był racjonalnym pragmatykiem, Berkeley natomiast był racjonalistą w pełnym znaczeniu tego słowa — dla niego ostateczną instancją była logika i rozstrzygnięcia rozumu, a nie praktyki. I tak jak Newton może stanowić wzór naukowca, tak Berkeley jest wzorem metafizyka niegodzącego się na kompromisy. W metafizyce czy ogólnie w filozofii — pomijając systemy irracjonalistyczne — logika i rozum pozostają ostatecznymi instancjami rozstrzygającymi o wartości danego systemu. Pojawiająca się w systemie sprzeczność jest, podobnie jak w matematyce, powodem do jego odrzucenia. Nauki przyrodnicze pozwalają nam świat wykorzystywać, a filozofia pomaga nam go rozumieć. I nawet jeśli nasze próby zbudowania metafizyki, a więc systemu ostatecznie rozstrzygającego to, jaki rzeczywiście jest świat, skazane są na niepowodzenie, to wciąż podejmowane na nowo próby mają sens, bo z każdym zadanym pytaniem, z każdą odpowiedzią powiększa się nasze rozumienie świata, jak też i sam ten świat.

Summary

Two Types of Rationality — Berkeley and Newton

This paper discusses the dispute between G. Berkeley and I. Newton concerning the validity of classical mechanics. These two engaged in a discussion about infinitely small quantities — infinitesimals — which were used in differential and integral equations by Leibniz and Newton. Infinitesimals were both equal to zero and at the same time different from zero. The standard view is that Newton was right in defending classical mechanics. But if we accept a narrow sense of rationality — as a procedure conforming to logical rules — then Berkeley was right, for there are no numbers at the same time equal to and different from zero. The problem of infinitesimals was resolved in the 19th century, when the notion of limit was strictly defined. Seen in the light of this, Berkeley appears as rational, and Newton as pragmatic in his determination to preserve a promising physical theory.

Key words: Rationality — Pragmatism — Infinitesimals — Classical Mechanic

Literatura

Berkeley, G., *The Analyst*, 1734, URL : http://www.maths.tcd.ie/pub/HistMath/People/Berkeley/Analyst/Analyst.pdf.

Bourbaki, N., *Elementy historii matematyki*, Warszawa : Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1980.

Davis, P.J. & R. Hersh, *Świat matematyki*, Warszawa : Wydawnictwo Naukowe PWN, 1994.

Nadel-Turoński, T., „Metafory matematyczne w teoriach fizycznych”, *Poznańskie Studia z Filozofii Nauki* 1 (1976), ss. 33–51.

Nadel-Turoński, T., „O tak zwanym «nienadążaniu» matematyki”, *Studia Filozoficzne* 2 (75) (1972), ss. 95–102.

Sady, W., *Racjonalna rekonstrukcja odkryć naukowych*, Lublin : Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, 1990.

Struik, D.J., *Krótki zarys historii matematyki do końca XIX wieku*, Warszawa : Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1963.

Whitehead, A.N., *Nauka i świat współczesny*, Warszawa : Instytut Wydawniczy PAX, 1988.