

# Stanisław Mazierski

---

## Newtonowskie pojęcie przestrzeni i czasu

---

Studia Philosophiae Christianae 25/2, 139-153

---

1989

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

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

STANISŁAW MAZIERSKI

## NEWTONOWSKIE POJĘCIE PRZESTRZENI I CZASU<sup>1</sup>

1. Główne idee starożytnych filozofów dotyczące przestrzeni i czasu.
2. Nowożytna koncepcja przestrzeni i czasu reprezentowana przez I. Newtona.

### 1. GŁÓWNE IDEE STAROŻYTNICH FILOZOFÓW DOTYCZĄCE PRZESTRZENI I CZASU

W filozofii starożytnej nie spotykamy jasno sformułowanej teorii przestrzeni. Grecy nie zawsze mówią o przestrzeni w sposób wyraźny i bezpośredni i zasadniczo nie przeciwstawiają jej pojęciu miejsca. Różnią się diametralnie między sobą poglądami na jej naturę i rozmiary. Przestrzeń to jakby suma poszczególnych miejsc (Arystoteles) lub po prostu jest ona próżnią rozciągającą się w nieskończoność (Demokryt). Wprowadzając do filozofii pojęcie próżni, uważali ją za coś realnego. Takie pojmowanie próżni jako bytu realnego torowało drogę do dyskusji filozoficznych w następnych wiekach wokół zagadnienia, czy coś może istnieć realnie, nie będąc substancją materialną.

Jednym z podstawowych pojęć, jakimi zajmowała się filozofia grecka, była nieskończoność przestrzenna, która się narzucała w związku z problemem rozmiarów świata próżni, przestrzeni. W przeciwieństwie do Demokryta Gorgiasz odrzucał możliwość istnienia przedmiotu realnego i jednocześnie nieskończonego. Gdyby byt materialny był nieskończony — tak ten filozof rozumował — nie byłby nigdzie. Wszystko bowiem, co istnieje realnie, musi być umiejscowione, a to znaczy, że musi być przez coś innego otoczone. Nieskończony przedmiot materialny nie tkwiłby w czymś innym, a to jest z założenia niemożliwe. Gorgiasz był pierwszym filozofem,

<sup>1</sup> Referat w skróconej wersji wygłoszony na Ogólnopolskim Sympozjum Naukowym zorganizowanym przez Zakład Fizyki Teoretycznej UMCS przy współudziale Lubelskiego Towarzystwa Naukowego w dniach 15—17 października 1987 roku pod hasłem: *300 lat Zasad Matematycznych Filozofii Naturalnej Isaaka Newtona*.

który twierdził, że przestrzeń, próżnia i materia, substancje materialne stanowią dwie odrębne kategorie<sup>2</sup>. Niemożliwość istnienia przedmiotu przestrzennie nieskończonego wyklucza możliwość istnienia nieskończonej przestrzeni.

Demokryt zaś, twórca filozoficznej teorii atomistycznej, był przeciwnego zdania. Pojmował przestrzeń jako niczym nieograniczoną próżnię, która była dla niego konieczna dla wytłumaczenia ruchu atomów. Demokrytejska nieskończona próżnia jest właściwie postulatem narzucającym się w związku z jego teorią atomistyczną. Głosi ona, że cały świat materialny składa się z niepodzielnych atomów poruszających się w próżni. Ponieważ istnieje nieskończona ilość atomów, przeto i ich pojemnik (próżnia) musi być również nieskończony.

Wielki wpływ na ewolucję problemu przestrzeni miał Arystoteles. W swych *Kategoriach* przestrzeń zaliczył on do kategorii ilości ciągłej<sup>3</sup>. Ujmuje ją w relacji do ciał zajmujących określone miejsce. Części ciała zajmują przestrzeni i mają z nią wspólną granicę. Z tego twierdzenia niektórzy autorzy<sup>4</sup> wyprowadzają wniosek, że w filozofii Stagiryty przestrzeń należy traktować jako globalną sumę miejsc, zajmowanych aktualnie przez ciała, bądź będących w możności do przyjęcia ciał. Miejsce jest częścią przestrzeni wyznaczoną przez granicę ciała w niej się znajdującego i ciała otaczającego.

W *Fizyce* Arystoteles analizuje tylko pojęcie miejsca, a pomija refleksję nad pojęciem przestrzeni. Jego spostrzeżenia dotyczące miejsca można uważać za teorię miejsca lub teorię położenia ciał w przestrzeni. Miejsce ciała określa on w *Fizyce* jako powierzchnię (zewnątrzną) otaczającego ciała<sup>5</sup>. Taka definicja wskazuje na dokładne zlokalizowanie substancji materialnych. Nie mając układu współrzędnych jako układu odniesienia posługiwał się on pojęciem ciała otaczającego swą powierzchnią ciało otoczone.

Każde ciało dąży w sposób naturalny do właściwego sobie naturalnego miejsca. Pogląd taki był następstwem arystotelesowskiej koncepcji statycznego porządku w świecie. Porządek

<sup>2</sup> *Sexti Empirici opera*, ed. H. Mutschmann, Leipzig 1914, Bd II, *Adversus dogmaticos* I 69 i nn. Diels-Granz, *Die Fragmente der Vorsokratiker*, Berlin 1934, 82, 3 Bd II, s. 279 i nn.

<sup>3</sup> *Kategorien* 8a 8—14. Por. również Max Jammer, *Das Problem des Raumes, Die Entwicklung der Raum-Theorien* (z Przedmową A. Einsteina), Darmstadt 1960, s. 16.

<sup>4</sup> P. Duhem, *Le système du monde*, Paris 1913—1917, I, s. 197.

<sup>5</sup> *Phys.* IV, 4, 212 a 20.

ten wymagał, aby każda rzecz miała swe naturalne miejsce, które jest zarazem celem poruszającej się rzeczy. Miejsca naturalne są bytami realnymi. Pojęcie naturalnego miejsca, anizotropowej (niejednorodnej) przestrzeni i naturalnego ruchu narzuciło Arystotelesowi koncepcję skończonej przestrzeni i skończonego świata. O ile w przestrzennym skończonym świecie w następstwie ruchu naturalnego ciała osiągają swoje określone cele, jakimi są miejsca naturalne, o tyle w nieskończonym kosmosie (analogicznie do próżni nieskończonej) nie dałoby się usprawiedliwić istnienia miejsc naturalnych, kierunku i „celu” ruchu ciał.

Więcej miejsca w swej *Fizyce* poświęcił Stagiryta zagadnieniu czasu. Podstawą i punktem wyjścia jego teorii czasu jest ruch lokalny zwany mechanicznym<sup>6</sup>. Ruch pojmował bardzo szeroko. Każda zmiana (lokalna, ilościowa, jakościowa) jest ruchem, a określił ją jako przejście z potencji do aktu. W jego filozoficznym aparacie pojęciowym ruch lokalny jest ciągłym realizowaniem potencjalności.

Poznanie istoty i mierzenie czasu jest niemożliwe bez uwzględnienia ruchu. Czas jest do tego stopnia nierozzerwalnie związany z ruchem, że percepcja czasu jest niemożliwa bez percepcji ruchu. Zawieszenie percepcji zmiany przerywa przeżycie czasu. Fakt ten wyraża formuła Stagiryty, że percepcja czasu idzie w parze z percepcją ruchu. Jeżeli chcemy zdefiniować czas, musimy zanalizować ruch i uchwycić w nim poznawczo elementy odpowiadające elementom czasu. Czas bowiem nie jest ruchem, lecz atrybutem ruchu. Ale cechy ruchu są różne, dlatego Stagiryta stawia kwestię, jakim aspektem ruchu jest czas. Refleksja filozoficzna nad tym zagadnieniem doprowadziła Arystotelesa do słynnej definicji czasu.

Przedmiotem analizy filozoficznej uczynił on ruch lokalny prostoliniowy, jednostajny<sup>7</sup>. Doświadczenie potoczne ukazuje, że ruch lokalny zachodzi wzdłuż jakiejś linii (drogi). Analiza ruchu i drogi pozwala wykryć związki zachodzące między nimi: własności linii odpowiadają własnościom ruchu, te zaś ostatnie znajdują swe odwzorowanie we własnościach linii (z pewnym zastrzeżeniem). A znowu atrybuty ruchu odpowiadają atrybutom czasu: czas częściowo znajduje swe odwzorowanie w ruchu a pośrednio i we własnościach linii. Podobnie jak linia jest ciągła, tak ruch i czas są ciągłe. W linii (drodze)

<sup>6</sup> *Phys.* IV, 11, 218 b 12—23.

<sup>7</sup> *Phys.* IV, 11, 219 a 2—3.

można wykryć punkty, z których jedno poprzedzają drugie i uszeregować tak, by jeden punkt był „przed” a drugi „po”. Punkt poprzedzający będzie wzięty jakby „wcześniej” a następny — „później”. Analogicznie ciągłość i podzielność przysługuje ruchowi lokalnemu wzdłuż linii lub drogi ciągłej. I w ruchu wyróżniamy „części” wcześniejsze i późniejsze lub stany ruchu następujące po sobie. Również ciągłość i podzielność są atrybutami czasu, nierozzerwalnie związanymi z ciągłością i podzielnością ruchu.

Ruch lokalny to zmiana miejsca wzdłuż pewnej drogi czy też linii. Podobnie jak linia tak i ruch da się dzielić na części. Poszczególne stany ruchu odpowiadają punktom linii, a „części” ruchu — odcinkom linii. Natomiast czas to liczenie wyróżnionych i następujących po sobie stanów ruchu, czyli kolejnych zmian<sup>8</sup>.

Między wielkościami przedstawionymi schematycznie, a mianowicie między linią (drogą), ruchem i czasem zachodzą różnice, które dają się zauważyć przy analizie właściwości *prius et posterius* tych wielkości. *Prius et posterius* o charakterze przestrzennym jest niczym innym, jak kolejnością punktów wyróżnionych na linii. *Prius et posterius* ruchu to następowanie po sobie stanów ruchu, które odpowiadają poszczególnym punktom drogi i wreszcie *prius et posterius* czasu to następowanie po sobie momentów. Istotną cechą czasu jest nieodwracalne następowanie momentów i ich liczenie. Nieodwracalność radykalnie odróżnia elementy czasu od elementów ruchu i drogi (przeźrzeni). W drodze lub linii przeciwstawne punkty A—B, ograniczające wielkość ciągłą, mogą być przez nas odwrócone: *terminus a quo* (A czyli *prius*) może się stać *terminus ad quem* (B, *posterius*) zależnie od tego, w którym kierunku zachodzi ruch wzdłuż drogi (linii). Jednocześnie kierunek ruchu może być odwrócony. Natomiast w wielkości, jaką jest czas, porządek następstwa „wcześniej i później” jest istotny, gdyż w żaden sposób nie da się go odwrócić.

W wyniku przeprowadzonej analizy wielkości przestrzennej (drogi) i ruchu lokalnego Arystoteles doszedł do definicji czasu<sup>9</sup>, która w języku łacińskim brzmi: „tempus est numerus motus secundum prius et posterius”, a w wolnym przekładzie polskim — „Czas jest to miara zmiany — pojętej jako pewien porządek — wyrażona za pomocą przysłówków

<sup>8</sup> *Phys.* IV, 11, 219 a 26—29.

<sup>9</sup> *Phys.* IV, 219 b 1—2.

wcześniej (*prius*) i później (*posterius*)". Upraszczać podane określenie, można by zaproponować następującą definicję czasu w stylu Arystotelesowskim: czas jest liczeniem następujących po sobie zmian.

Zdaniem Arystotelesa czas jest nieskończony. Droga, która zaprowadziła go do uznania tezy o wieczności czasu, wiodła przez filozoficzną analizę ruchu kołowego. Ruch kołowy jest najdoskonalszy i w ścisłym sensie ciągły, czyli wolny od wszelkich przerw. Inne rodzaje ruchu lokalnego mogą trwać tylko w pewnych okresach czasu. Żadna zmiana nie jest rozciągnięta w czasie nieskończonym: ani ruch wzdłuż linii prostej, ani zmiana jakościowa i ilościowa nie jest bez ograniczeń. Wszystkie typy ruchów — z wyjątkiem kołowego — nie są wieczne, gdyż każdy z nich kończy się spoczynkiem. W celu udowodnienia wieczności czasu Stagiryta wybrał kołowy a nie linearny model czasu, przy czym w swym dowodzie odwołał się do ruchu po okręgu niebieskim: jest on bowiem najdoskonalszy, bo najbardziej regularny i jednolity. Jeżeli istnieje ruch okrężny ze wszech miar ciągły, niezakłócony, nieprzerwany, a więc najdoskonalszy, musi istnieć związany z tym ruchem czas nieskończony.

Chcąc być konsekwentnym na gruncie Stagiryty teorii czasu, należałoby akceptować, że wszystkie zdarzenia (zmiany) nie zachodzą w samym czasie (nie tkwią w nim), który możemy dzielić na okresy i przyporządkować im liczby (*numerus motus*), lecz następują po sobie wraz z czasem. Nie możemy Stagirytcie postawić zarzutu, że zmiany, zdarzenia, procesy w przyrodzie są niejako zanurzone w strumieniu czasu, bo to pozostałoby w kolizji z jego tezą, że czas jest atrybutem ruchu. W kontekście rozważanej koncepcji czasu nasuwa się inna trudność. Chociaż bowiem ruchy partykularne różnią się między sobą prędkością i „zapodmiotowaniem” (różnorodność ciał w ruchu), jednak czas jest jeden, uniwersalny. Tych trudności Arystoteles nie przewyżczył.

Arystotelesowska definicja czasu, miejsca i przestrzeni była przedmiotem dyskusji i krytyki w następnych wiekach, nie wyłączając współczesności. Trzeba jednak przyznać, że jego idea, iż czas jest nierozzerwalnie związany z ruchem (ze zmianami) — jeśli nie ma ruchu, to i nie ma czasu — oparła się krytycznym najpotężniejszym myślicielom do dnia dzisiejszego. Idea ta stawia Arystotelesa w rzędzie tych filozofów i fizyków filozofujących, którzy odrzucają pojęcie absolutnego czasu.

Już uczeń Arystotelesa Teofrast poddał krytyce pogląd swego mistrza, twierdząc, że przestrzeń „sama w sobie” (niezależnie od ciał) nie jest bytem realnym, lecz układem porządkujących relacji między ciałami lub układem odległości między nimi.

Stoikom również nie odpowiadała Arystotelesowska koncepcja miejsca i przestrzeni. Według nich miejsce, to odległość między leżącymi naprzeciw siebie punktami powierzchni ciał otaczających. Taka zmiana definicji pozwalała stoikom przyjąć istnienie próżni poza materialnym kosmosem, który na podobieństwo wyspy jest otoczony nieskończoną próżnią bez żadnych jakości i różnicowań. Nie ma sensu rozróżnienie w próżni górnych i dolnych regionów lub jakiegokolwiek kierunku.

Budził jednak niepokój pogląd stoików, jakoby kosmos był otoczony nieskończoną próżnią. Jeżeli by tak się rzeczy miały, dlaczego cały kosmos nie rozprasza się i nie ginie z upływem czasu. Stoicy i na tę kwestię mieli odpowiedź. Jest tak dlatego, że poszczególne części świata materialnego są powiązane ze sobą siłami, których źródłem jest pneuma. Ta siła wiążąca utrzymuje świat w całości. Próżnia, pozbawiona wszelkich sił, więzi tej rozerwać nie może. Nie ma ciał bezwładnych, wszystkie są czynne, a swą aktywność zawdzięczają nie ruchowi mechanicznemu, wymuszonemu, lecz pneumie. Ona to przenika materię na podobieństwo ognia przenikającego rozżarzone żelazo. Źródło ruchu i życia tkwi w samej materii, a nie poza nią. Dzięki temu, że pneuma wywołuje stan napięcia w każdym ciele nawet odległe regiony kosmosu mają własność wzajemnego na siebie oddziaływania.

Rewelacyjny jak na owe czasy obraz świata przedstawiali pitagorejczycy. Jeden z nich Filolaos (koniec V w. przed Chr.) głosił, że w środku kosmosu znajduje się ogień centralny, wokół którego krążą planety wraz z Ziemią. Podobnie Heraklejdes z Pontu (IV w. przed Chr.) utrzymywał, że dzienny obrót należy przypisywać Ziemi a nie sferze gwiazd stałych. Leukip i Demokryt poszli jeszcze dalej twierdząc, że istnieje nieskończona ilość światów, złożonych z nieskończonej liczby atomów.

Innym wielkim nurtem filozofii starożytnej był idealizm zapoczątkowany przez Platona. Twierdził on, że czas jest obrazem wieczności, która jest realnością niezmienną. Czas nie jest wieczny, ponieważ został stworzony przez demiurga. Ten boski budowniczy świata powołał czas do istnienia wraz

z gwiazdami (niebem) i planetami, aby dodać kosmosowi więcej doskonałości. Ciała niebieskie są konieczne do istnienia czasu, a prawidłowość ich ruchu stanowi podstawę do mierzenia czasu. Bez istnienia ciał i ich zmian nie moglibyśmy poznać czasu i wyrażać go w liczbach. Platonska teoria czasu pozostawała pod wpływem pitagorejskich koncepcji kosmologicznych. Autor *Timaios* widział jakąś imitację wieczności w naturze rzeczy, a zatem uważał, że czas upodabnia świat do wieczności.

Rzecznikami platońskiej koncepcji czasu byli neoplatonicy, którzy pomysły Platona pogłębiali, uzupełniali i rozwijali. Do najwybitniejszych należał Plotyn (204—269), który swe poglądy zamknął w *Enneadach*. W tej pracy po raz pierwszy odróżnił on wyraźnie czas od wieczności. Przymiot wieczności przysługuje Absolutowi, który jest doskonałszy od idei i jako wieczny jest niezależny od niczego; co więcej — jest źródłem wszystkiego, co istnieje. Absolut znajduje się poza sferą tego, co można pojąć umysłem. Odróżnienie wieczności od czasu utorowało drogę do wykrycia się poglądu, iż wieczność w ścisłym sensie przysługuje Bytowi najdoskonalszemu, jakim jest Bóg, a czasowość — wszystkim bytom przygodnym. Z tego punktu widzenia Absolut jest bytem ponadczasowym (Boecjusz<sup>10</sup>, Tomasz z Akwinu<sup>11</sup>).

## 2. NOWOŻYTNA KONCEPCJA PRZESTRZENI I CZASU PREZENTOWANA PRZEZ I. NEWTONA

Idea przestrzeni absolutnej i czasu absolutnego miała swych zwolenników również w czasach nowożytnych, spośród których zasługują na szczególną uwagę francuski filozof i matematyk P. Gassendi (1592—1655) oraz twórca fizyki klasycznej I. Newton (1642—1727).

Przestrzeń absolutną, jaka była znana jeszcze w okresie przednewtonowskim, pojmowano przede wszystkim jako nieskończony pojemnik substancji materialnych. Utożsamiano ją z trójwymiarową rozciągłością pozbawioną granic. Przestrzeń absolutna miała być niezależna od czasu, od ciał i zjawisk w niej zachodzących, a jednocześnie koniecznym warunkiem istnienia ciał. Filozofowie, którzy akceptowali taką przestrzeń, przypisywali jej różne właściwości. Przestrzeń absolutna jako nieskończony pojemnik ciał (a) nie podlega kurczeniu, ani roz-

<sup>10</sup> *Consolationes philosophiae libri quinque*, lib. III, prosa 2.

<sup>11</sup> S. Th. I, q. 10, a. 1.



szerzaniu, ponieważ pozostałaby wtedy w sprzeczności z atrybutem nieskończoności, (b) jest jednorodna, niezróżnicowana, (c) nieruchoma w całości i w swych częściach, bo gdyby była zdolna do ruchu, poruszałaby się w czymś innym, a to jest wykluczone, ponieważ poza nią nie ma innego układu odniesienia, (d) niezniszczalna, niestworzona i wieczna. Nie potrafimy sobie nawet przedstawić, że jej nie było i nie ma. Można sobie wyobrazić przestrzeń bez ciał, ale niepodoba wyobrazić sobie ciał bez przestrzeni. Przypuszczenie o możliwości unicestwienia substancji materialnych nie zawiera w sobie sprzeczności, natomiast myśl o możliwości unicestwienia przestrzeni jest absurdem.

Czy tak wyimaginowana przestrzeń ma swój odpowiednik w rzeczywistości<sup>12</sup>. Rzecznikiem poglądu, że przestrzeń absolutna istnieje i istniałaby, gdyby nawet ciała zostały unicestwione, jest Piotr Gassendi, kontynuator idei mechanicyzmu w wersji Demokryta i Epikura. Wprawdzie nie jest ona ani substancją ani właściwością, to jednak jest czymś realnie istniejącym, różnym i niezależnym od ciał i wszelkich zmian. Wszechświat jest przestrzennie nieskończony<sup>13</sup>.

Jeżeli przestrzeń absolutna nie jest ani substancją ani właściwością, to narzuca się pytanie, czym ona jest. Inni przedtem utrzymywali, że przestrzeń jest pojemnikiem dla wszystkich ciał i zjawisk w nim zachodzących. Gassendi w swych spekulacjach umysłowych poszedł dalej, odróżniając (1) trójwymiarową rozciągłość ciał od (2) trójwymiarowej rozciągłości przestrzeni. Pierwsza jest cielesna w tym sensie, że nie jest ukonstituowana przez przedmioty materialne i może istnieć bez nich.

Od starożytnych Greków do czasów nowożytnych pojęcie czasu i przestrzeni ulegało ewolucji, ale nie były to zmiany radykalne. Czas i przestrzeń były przedmiotem spekulacji filozoficznych. Newton wprowadza te pojęcia do swego dzieła *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, ale nie bezkrytycznie. Przeprowadza refleksję nad nimi w ramach swej teorii poznania<sup>14</sup>. Na podstawie jego wypowiedzi nie tylko

<sup>12</sup> Fr. Suarez (1548—1617), *Disputationes metaphysicae*, XXX, p. 7, n. 17; LI, p. 3, n. 12, n. 23.

<sup>13</sup> P. Gassendi (1592—1655), *Exercitationes paradoxicae adversus Aristotelem*, 1624; *Syntagma philosophicum complectens logicam, physicam et ethicam*, 1658.

<sup>14</sup> I. Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Vol. I—II, Glasquae 1833.

w *Zasadach Matematycznych* dadzą się wyróżnić u niego jakby dwie strefy poznania: jedna z nich to zbiór przedmiotów materialnych, zjawisk i procesów podpadających pod metodę doświadczalną. Wchodzi tu w grę obserwacja, wyprowadzanie wniosków z fenomenów<sup>15</sup>, stosowanie indukcji, druga zaś stanowi dziedzinę, która nie mieści się w ramach badań empirycznych, ale nasuwa się umysłowi w szerokim kontakcie dociekań fizycznych. Obiekty drugiej strefy są rezultatami spekulacji umysłowej człowieka, do których należą tezy metafizyczne, hipotezy nie wyprowadzone z fenomenów, tezy o charakterze religijnym ale nie objawione, twierdzenia o harmonii i pięknie w przyrodzie. Twórca fizyki klasycznej nie ograniczył się do zbudowania mechaniki, nawiązywał w swych wypowiedziach do poglądów platonizujących metafizyków. Filiacje intelektualne z filozofami greckimi wpłynęły na niejednolite stanowisko Newtona w jego teorii poznania empirycznego. Wprawdzie utrzymywał, że akceptacja celowości w przyrodzie jest przesadą, ponieważ zjawiskami i procesami w świecie rządzą prawa mechaniczne, podobnie jak zbudowana przez człowieka maszyna rządzona jest prawami mechanicznymi, ale to mu nie przeszkadzało sformułować argumentu za istnieniem Boga, znanego pod nazwą „dowodu fizyko-teleologicznego”. Jeśli przyroda jest zbudowana analogicznie do maszyny skonstruowanej przez człowieka, to musi mieć swego rozumnego budowniczego.

Newton jest fizykiem i myślicielem, oscylującym między empirią i metafizyką<sup>16</sup>. Na to wskazują także jego wypowiedzi w różnych pismach i w korespondencji z uczonymi. W liście do R. Bentley'a (1693 r.) pisze on: „Mówi Pan kilka razy o grawitacji jako istotnej i wewnętrznej (sile) materii. Proszę mi nie przypisywać tego pojęcia; wiedza o przyczynie grawitacji nie jest dziedziną, która należy do mnie”. I nieco dalej dodaje: „Grawitacja musi być spowodowana przez jakiś działający czynnik; ale to, czy ten czynnik jest materialny lub niematerialny, pozostawiłem do rozważenia moim czytelnikom”.

<sup>15</sup> Omnis enim philosophiae difficultas in eo versari videtur, ut a phaenomenis motuum investigemus vires naturae, deinde ab his viribus demonstramus phaenomena reliqua. *Ibidem: Praefatio ad Lectorem, XI.*

<sup>16</sup> Heimo Dolch, *Kausalität im Verständnis des Theologen und der Begründer Neuzeitlicher Physik*, Verlag Herder Freiburg 1954, pp. 139—167.

Odważając się szeroko zinterpretować przytoczoną wypowiedź, można by ją przedstawić następująco: ja mogę wam powiedzieć z jaką siłą ( $F$ ) przyciągają się dwa ciała ( $m_1$ ,  $m_2$ ), znajdujące się w określonej odległości od siebie ( $r$ ), i tę siłę mogę wyrazić wzorem  $F = (m_1 \cdot m_2) : r^2$ , ale nie pytajcie mnie o przyczynę (*ratio*) tej siły grawitacji. Tenor wypowiedzi twórcy fizyki klasycznej jest zrozumiały: wskazuje na właściwy teren badań fizycznych, dostępnych empirii. Co się znajduje poza tą strefą poznania, należy do metafizyki.

Pod koniec *Scholionu* (*Scholium Generale*), reflektując przeprowadzone rozważania, Newton tak pisze: „Dotychczas wyjaśniłem zjawiska niebieskie (sc. ruchy planet i komet) oraz naszego morza (sc. przypływy i odpływy morza) za pomocą siły grawitacji. Z pewnością siła ta powstaje dzięki jakiejś przyczynie”. W tym kontekście czyni uwagę, że siła ta ma inne własności niż siły mechaniczne. I nieco dalej czyni charakterystyczną uwagę: „Jednakże przyczyny (*ratio*) tych własności nie mogłem jeszcze wyprowadzić z fenomenów i ja hipotez nie wymyślam (*hypotheses non fingo*). Poprzestając na tym można powiedzieć, że ... grawitacja faktycznie istnieje i odpowiednio do przedstawionych praw działa oraz (do wyjaśnienia) wszystkich ruchów ciał niebieskich i naszego morza wystarcza”<sup>17</sup>.

W ten sposób dwie strefy poznania, które wyżej wyróżniono, zostały oddzielone linią demarkacyjną w postaci *hypotheses non fingo*.

Jednakże Newton nie zawsze stosował się do tej demarkacji i przekraczał granicę wymienionych stref poznania. Świadczy o tym akceptacja pojęcia przestrzeni absolutnej i czasu absolutnego. Na początku swego dzieła *Philosophiae naturalis principia mathematica* (w *Scholionie*) czyni uwagę, iż pojęcia przestrzeni, czasu i ruchu są wszystkie znane z potocznego doświadczenia i dlatego nie wymagają wyjaśnienia. Mimo to poddaje je analizie i eksplikuje.

Przestrzeń absolutna<sup>18</sup> z natury swej nie pozostaje w relacji do czegoś zewnętrznego, zawsze jest taka sama i nieruchoma;

<sup>17</sup> *Principia Mathematica*, Vol. II, pp. 201—202.

<sup>18</sup> *Spatium absolutum, natura sua sine relatione ad externum quodvis, semper manet simile et immobile: relativum est spatium huius mensurae seu dimensio quaelibet mobilis, quae a sensibus nostris per situm suum ad corpora definitur, et a vulgo pro spatio immobili usurpatur: uti dimensio spatii subterranei aërei vel coelestis definita per situm suum ad Terram. Ibidem, vol. I, pp. 8—9.*

względna zaś (przestrzeń) jest miarą przestrzeni absolutnej, jej pewną ruchomą częścią. Paralelnie twórca mechaniki klasycznej wyróżnia miejsce absolutne i miejsce względne: „Miejsce jest częścią przestrzeni, którą zajmuje ciało i zależnie od przestrzeni jest ono absolutne lub względne”<sup>19</sup>. Istnieje także ruch absolutny i ruch względny: „Ruch absolutny jest przesunięciem ciała z miejsca absolutnego w miejsce absolutne. (Ruch) względny z (miejsca) względnego we względne”<sup>20</sup>. Wobec tego ruch absolutny pozostaje w relacji do przestrzeni absolutnej, a ruch względny w relacji do innych ciał (czyli do przestrzeni względnej). Analogicznie charakteryzuje czas: „absolutny, prawdziwy, matematyczny czas płynie sam przez się i dzięki swej naturze jednostajnie a niezależnie od jakiegokolwiek przedmiotu zewnętrznego”<sup>21</sup>. Twierdzenie Newtona o niezależności przestrzeni od zjawisk, które w niej zachodzą, i od materii, która się w niej zawiera, stało się przedmiotem ostrej krytyki i sprzeciwu ze strony wielu filozofów m.in. G. Leibniza. Ten ostatni uważał, że przestrzeń bez materii jest fikcją. Podobnie Kartezjusz utrzymywał, że atrybutem materii jest rozciągłość. Gdzie nie ma ciał rozciągniętych, nie ma rozciągłości, a więc i próżnej przestrzeni.

U Newtona przestrzeń absolutna i czas absolutny nie są jedynie produktem filozoficznej spekulacji jak u jego poprzedników. One leżą u podstaw jego filozofii przyrody. Stały się niezbędnymi warunkami jego systemu fizycznego, w którym prawa ruchu — obok siły, masy i grawitacji — odgrywają wielką rolę. Newton traktował prawa ruchu jako pewne zasady doświadczalne. Dziś wiemy, że np. pierwsze prawo ruchu nie jest empirycznie weryfikowalne: „Jeśli na ciało nie działa żadna siła, ciało to znajduje się w spoczynku lub porusza się ruchem prostoliniowym jednostajnym. Ścisłe mówiąc, nie istnieje ciało, na które nie działa żadna siła i które jest w spoczynku. Nie potrafimy stworzyć takich warunków fizycznych, aby w nich można było zweryfikować empirycznie pierwszą zasadę dynamiki. Wszelkie układy odniesienia są równeż w ruchu. Dla Newtona prawa ruchu są „aksjomatami” (*axiomata sive leges motus*), ale nie mają one takiego znaczenia, jakie się im nadaje w XX w., nie są bowiem dowolnymi założeniami, z których dedukuje się twierdzenia. Zwroty takie jak *lex tertia... per theoriam comprobata est* lub *certa*

<sup>19</sup> *Locus est pars spatii quam corpus occupat, estque pro ratione spatii vel absolutus vel relativus. Ibidem.*

*est lex tertia motus* (dotyczy to również pozostałych praw ruchu) wskazują na to, iż uważał je za podstawowe twierdzenia fizyki. Tak mówiąc, jest w zgodzie z całym systemem fizyki, z ogólnym nakreślonym planem badawczym, o którym pisze: „Gdyby można było dwie lub trzy zasady ruchu wyprowadzić ze zjawisk, a potem wykazać jak właściwości i zachowanie się raczej wynikają z tych ustalonych zasad, byłby to ważny krok w filozofii” (sc. przyrody)<sup>22</sup>.

Chociaż Newton przeprowadził linię demarkacyjną między nauką przyrodniczą i metafizyką, nie można go uważać za pozytywistę. Aczkolwiek słynne jego stwierdzenie *hypotheses non fingo* zostało wypowiedziane w kontekście wyjaśnienia grawitacji, to jednak stało się mottem, regułą metodologiczną, nakazującą wyłączać pojęcia typu ukrytych własności i inne pojęcia pozaempiryczne. W żadnym wypadku nie negował też metafizycznych, nie uważał ich za nonsensowne. Natomiast oddzielał je od twierdzeń empirycznych. Nie odrzucał istnienia realnych obiektów, które wykraczają poza ramy ludzkiego doświadczenia. Twierdził tylko, że nie ma związku z badaniami przyrodniczymi, z jednym wyjątkiem, jaki stanowi przestrzeń abosolutna. Wszak uważał ją za *sensorium Dei* (za organ Boży) po to, ażeby mógł — jako człowiek wierzący — zdać sobie sprawę z wszechobecności Bożej we Wszechświecie. To był wyraźny zwrot ku metafizyce.

Jednakże Newtona jako fizyka interesowała przestrzeń abosolutna jako integralny czynnik jego systemu fizycznego. Dla niego taka przestrzeń jest logiczną i antologiczną koniecznością, niezbędnym warunkiem usprawiedliwienia pierwszego prawa ruchu. Prostoliniowy, jednostajny, niczym nie zakłócony „wieczny ruch” pozostawał w związku z możliwością istnienia nieskończonej, abosolutnej przestrzeni. Ta ostatnia miała być abosolutnym układem odniesienia dla ruchu abosolutnego.

Newtonowskie określenia przestrzeni abosolutnej i czasu abosolutnego nie stanowią pełnej charakterystyki tych pojęć. Aby stały się bardziej komunikatywne, dobrze będzie odwołać się do ich fizycznego sensu. Czyniąc tak, w niczym nie naruszamy

<sup>20</sup> *Motus absolutus est translatio corporis de loco absoluto in locum absolutum, relativus de relativo in relativum. Ibidem, Vol. I, p. 9.*

<sup>21</sup> *Tempus absolutum, verum, et mathematicum, in se et natura sua sine relatione ad externum quodvis, aequabiliter fluit, aliove nomine dicitur duratio: relativum, apparens, et vulgare est sensibilis et externa quaevis durationis per motum mensura ... Vol. I, p. 8.*

<sup>22</sup> I. Newton, *Treatise of Opticks*, London 1730<sup>4</sup>; Dover, New York 1952, s. 401.

zasady metodologicznej, ażeby w wykładni zagadnień o charakterze historycznym — stosować taką aparaturę pojęciową, jaka była używana w przeszłości.

Rozpatrzmy taką sytuację, w której zachodziłyby zdarzenia równocześnie, tzn. w tym samym momencie w nieskończonej przestrzeni. Jeżeliby absolutny czas istniał rzeczywiście, to powinny mu odpowiadać obserwacje potwierdzające jego realność. Weźmy pod uwagę oddziaływanie jednego ciała na drugie. Zjawisko to może się realizować w rozmaity sposób jak np. przez przyciąganie się ciał oddalonych od siebie, przez sygnalizację świetlną, gdy jedno ciało wysyła światło (źródło światła), a drugie odbiera światło (ekran). W tym drugim przykładzie zdarzenie „ciało A oddziałuje na oddalone od siebie ciało B” (ciało emituje światło) i zdarzenie „ciało B odbiera oddziaływanie ciała A” (zaczyna świecić) byłyby równoczesne wtedy, gdyby sygnał świetlny, wysłany przez ciało A rozchodził się z prędkością nieskończoną. Inaczej mówiąc, gdyby istniało momentalne oddziaływanie na odległość, pojęcie absolutnej równoczesności uzyskałoby sens fizyczny<sup>23</sup>.

Czas absolutny nie zależałby od położenia punktu w przestrzeni, w którym chcielibyśmy określić czas. Taki czas dałby się wyznaczyć bez wskazania układu odniesienia, a zatem musielibyśmy uznać go za czas uprzywilejowany. Czas absolutny byłby wspólny dla wszystkich układów odniesienia: płynąłby jednakowo we wszystkich inercjalnych układach odniesienia. Stanowisko takie zostało zakwestionowane przez teorię względności A. Einsteina. Jeśli nie jest podany układ odniesienia, przestrzenne położenie ciała traci swój sens. A co zatem idzie, określenie absolutnego czasu nie związanego z położeniem punktu w przestrzeni traci również swój sens.

Gdy chodzi o przestrzeń, to byłaby absolutną (niezależną także od czasu), gdyby pomiary długości np. sztywnego pręta okazały się jednakowe we wszystkich układach odniesienia. Długość pozostałaby nie zmieniona niezależnie od tego, czy obserwator dokonujący pomiarów znajduje się w układzie inercjalnym S, czy w układzie inercjalnym S'. W tym wypadku długość pręta byłaby długością absolutną wskazującą na istnienie absolutnej przestrzeni. Teoria względności Einsteina temu zaprzecza: pomiary długości są względne, ponieważ zależą od układu odniesienia. Tym samym przestrzeń absolutna nie ma sensu fizycznego.

<sup>23</sup> Por. B. G. Kuzniecowa, *Albert Einstein*, tł. Z. Mroczek i A. Zambrowski, Warszawa 1966, s. 160 i n.

Newton akceptował pojęcie przestrzeni absolutnej, ale nie ograniczył się do spekulacji filozoficznych w tej dziedzinie. Chcąc być wierny swej regule metodologicznej *hypotheses non fingo*, podjął próbę eksperymentalnego potwierdzenia, że przestrzeń absolutna istnieje. Zdawał sobie sprawę, że przestrzeń absolutna nie jest dostępna dla naszych zmysłów, dlatego szukał wykazania jej realności na drodze wnioskowania z własnego ruchu absolutnego. O ile filozofowie greccy głosili pogląd, że przestrzeń jest absolutna, a ruch absolutny jest przejściem ciała z jednego absolutnego miejsca do innego absolutnego miejsca, nie podając argumentów za tym stanowiskiem, o tyle Newton obrał kierunek odwrotny. Poszukiwał najpierw przejawów ruchu absolutnego i dopiero z tego fenomenu ruchu miał wnioskować o realności przestrzeni absolutnej. Jest to zarazem następny przykład na to, że twórca fizyki klasycznej oscylował między sferą poznania empirycznego i metafizycznego.

Na istnienie przestrzeni absolutnej miało naprowadzić Newtona doświadczenie z obracającym wiadrem napełnionym wodą, które sam przeprowadził<sup>24</sup>. Analiza tego doświadczenia miała doprowadzić do wniosku, że istnieje związek ruchu absolutnego z absolutną przestrzenią. Okazanie, że w przyrodzie występują absolutne ruchy zachodzące względem nieruchomej, absolutnej przestrzeni, byłoby dowodem na istnienie tej przestrzeni. Ponieważ ruchu jednostajnego ciała względem absolutnej przestrzeni nie potrafimy stwierdzić, ruch absolutny musi być ruchem niejednostajnym (z przyspieszeniem). Na ciała poruszające się w układach nieinercjalnych oprócz sił danych wywierane są tzw. siły bezwładności. W przytoczonym doświadczeniu na cząstki wody wirującej wraz z wiadrem oprócz siły ciężkości działa odśrodkowa siła bezwładności. Pod wpływem sumy wektorowej tych sił powierzchnia wody przyjmuje kształt paraboloidy obrotowej. Gdyby nie działała siła odśrodkowa, powierzchnia wody w wirującym wiadrze byłaby płaska. Stwierdzenie działania siły bezwładności na jakieś poruszające się ciało pozwala wnioskować, że ruch tego ciała jest ruchem absolutnym względem absolutnej przestrzeni.

Zgodnie z zasadą względności ruchu jest rzeczą obojętną, czy obrót wiadra z wodą porusza się względem Ziemi, gwiazd

<sup>24</sup> Opis eksperymentu z wirującym naczyniem napełnionym wodą znajduje się również w *Scholionie*, Vol. I, pp. 12—14. Zob. także C. Kittel, W. D. Knight, M. A. Ruderman, *Mechanics*, New York 1965, Chapter 3.

(lub Wszechświata) czy też Wszechświat obraca się względem wiadra. W obu przypadkach efekt fizyczny powinien być taki sam. Według Newtona siły bezwładności naruszają tę zasadę. Gdy świat obraca się względem wiadra, powierzchnia wody podniesie się przy ściankach. Wobec tego ruch obrotowy wiadra z wodą jest absolutny.

Idąc po linii rozumowania Newtona musielibyśmy uznać, że tezy „układ A porusza się z przyspieszeniem względem układu B” oraz „układ B porusza się z przyspieszeniem względem układu A” nie są równoważne, bo opisują różne sytuacje fizyczne. Układ B, w którym nie występują siły bezwładności, znajduje się w absolutnym spoczynku względem nieruchomej absolutnej przestrzeni. W układzie zaś z przyspieszeniem dochodzą do głosu siły bezwładności, które powodują proces zachodzący w tymże układzie.

Na przełomie XIX i XX w. wielu fizycy E. Mach i A. Einstein negatywnie ustosunkowali się do pojęcia absolutnego ruchu układów przyspieszonych. Pierwszy z nich Newtonowską koncepcję sił bezwładności, odpowiedzialnych za absolutne przyspieszenie, usiłował zastąpić swoją zasadą: „wszystko w przyrodzie tłumaczy się wzajemnym oddziaływaniem mas”. Einstein również odrzucił koncepcję oddziaływania absolutnej pustej przestrzeni na zachowanie się ciał między innymi dlatego, że pozostaje w sprzeczności z zasadniczą treścią Newtonowskiego systemu fizycznego.

## THE NEWTONIAN CONCEPT OF SPACE AND TIME

### Summary

Ancient Greeks did not create a clear theory of space and did not distinguish the concept of place from the concept of space. They had different notions of time. In the trend of realistic philosophy (Aristotle) time was closely connected with motion, in the idealistic trend (Plato) it was considered to be the image of eternity.

I. Newton fluctuated between empiricism and metaphysics. As a physicist he tried to infer his statements from phenomena, but in practice he went beyond the limits of experience. He accepted the concept of absolute time and absolute space. To prove the existence of absolute space he performed the experiment with a rotating bucket filled with water. A. Einstein rejected the concept of absolute space and absolute time as he considered it to be inconsistent with the Newtonian system of physics.