

Anna Lemańska

O przestrzeni

Studia Philosophiae Christianae 40/2, 293-314

2004

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

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

ANNA LEMAŃSKA
Instytut Filozofii UKSW, Warszawa

O PRZESTRZENI

1. Wstęp. 2. Przestrzeń w matematyce. 3. Przestrzeń w teoriach fizyki współczesnej. 4. Filozoficzne koncepcje przestrzeni. 5. Pytanie o naturę przestrzeni – próba przybliżenia odpowiedzi.

1. WSTĘP

Posiadanie kształtów i rozmiarów przez przedmioty oraz ich wzajemne ułożenie narzucają się każdemu człowiekowi w bezpośrednim oglądzie otaczającego go świata. Obiekty materialne są postrzegane jako posiadające długość, szerokość i wysokość, czyli – trzy wymiary. Toteż banalne jest stwierdzenie, że przedmioty fizyczne są zanurzone w przestrzeni. Co więcej, przestrzenność nas samych oraz innych obiektów występujących w przyrodzie jest tak związana z naszym widzeniem świata, że nie jesteśmy w stanie wyobrazić sobie czegoś istniejącego poza przestrzenią; gdy myślimy o rzeczach materialnych, myślimy o nich jako o przestrzennych.

Rozpoznawanie umiejscowienia ciała względem innych przedmiotów jest bardzo ważne dla wszystkich gatunków biologicznych. Toteż żywe organizmy są wyposażone w swoiste dla siebie sposoby „postrzegania” i „przeżywania” przestrzeni¹. Również człowiek posiada zmysły, które informują go o przestrzenności świata. Zmysł wzroku mianowicie pozwala dostrzegać kształty, rozmiary przedmiotów, ich wzajemne ułożenie i odległości między nimi. Zmysł dotyku umożliwia rozpoznawanie kształtów, nawet bez udziału wzroku, a także, choć w ograniczonym zakresie, postrzeganie relacji

¹ K. Lorenz pisze, że nawet pantofelek w pewien sposób postrzega za pomocą bodźców chemicznych przestrzeń. K. Lorenz, *Odwrotna strona zwierciadła. Próba historii naturalnej ludzkiego poznania*, tłum. z niem. K. Wolicki, Warszawa 1977, 42.

przestrzennych między przedmiotami. Ważną rolę w postrzeganiu przestrzeni spełnia również błędnik, pozwalający rozpoznać położenie ciała względem pola grawitacyjnego Ziemi.

Przestrzenności świata doświadcza się również przez to, że przebywanie w przestrzeni stanowi bardzo silne ograniczenie dla wykonywania ruchów. Chociaż można poruszać się w przestrzeni, czyli zmieniać w niej swoje miejsce, a także przemieszczać inne przedmioty, to wymaga to użycia siły, wykorzystania energii. Można by powiedzieć, że przestrzeń stawia swoisty opór.

Choć tak bardzo zrośnięta z ludzkim potocznym doświadczeniem kategoria przestrzeni jest bardzo trudna do pojęciowego uchwycenia, o czym może świadczyć wielość koncepcji przestrzeni w historii myśli ludzkiej. Pytania o jej istotę, naturę, o jej własności były stawiane od dawna w filozofii, stanowią również przedmiot badań kilku nauk, przede wszystkim matematyki, fizyki i biologii. Dla biologa istotnym pytaniem jest, w jaki sposób dany organizm poznaje przestrzeń, jak ją „przeżywa” i reprezentuje. Fizyk usiłuje uchwycić strukturę i własności fizyczne czasoprzestrzeni. Natomiast matematyk bada abstrakcyjne przestrzenie matematyczne.

O pojęciu przestrzeni pisze również w wielu swoich pracach ks. prof. Mieczysław Lubański. Przede wszystkim dokonuje uściślenia pojęcia przestrzeni oraz pojęć z nią związanych. Posługuje się w tym celu matematyką i wskazuje na możliwości wykorzystania tych uściśleń przez filozofa². M. Lubański nie poprzestaje tylko na doprecyzowywaniu pojęć, lecz również pokazuje, w jaki sposób wyniki matematyki i współczesnej kosmologii przyrodniczej mogą pomagać filozofowi w rozwiązywaniu problemów i stawianiu nowych pytań³. Ks.

² M. Lubański tak o tym pisze: „Nie istnieje do tej pory bardziej precyzyjna teoria od matematycznej teorii przestrzeni. Toteż nasuwa się myśl, aby skorzystać z wypracowanej teorii tego pojęcia w matematyce. Nie widać innej drogi. Nikt nie twierdzi, że pojęcie przestrzeni wypracowane w matematyce jest jedyne i najwłaściwsze do wszystkich zagadnień. Jednakże jest prawdą, że nie znamy innej, lepszej jego treści”. M. Lubański, *Zagadnienie relacji zachodzących między współczesną teorią przestrzeni a kosmologią filozoficzną*, cz. 1, w: *Z zagadnień filozofii przyrodznawstwa i filozofii przyrody*, t. II, red. K. Klószak, Warszawa 1979, 158.

³ Poświęcone są temu m.in. następujące prace M. Lubańskiego: *Geometria a przestrzeń fizyczna*, *Roczniki Filozoficzne* 15(1967)3, 59-72; *Zagadnienie relacji zachodzących między współczesną teorią przestrzeni a kosmologią filozoficzną*, cz. 1, art. cyt., 133-171; *Przestrzenie typu metrycznego a czasoprzestrzeń szczególnej teorii względności*, w: *Z zagadnień filozofii przyrodznawstwa i filozofii przyrody*, t. IV, red. K. Klószak, Warszawa 1982, 186-212.

Lubański czerpie też szereg przykładów z geometrii do ilustrowania rozmaitych kwestii filozoficznych⁴.

W artykule podejmuję próbę odpowiedzi na pytanie o naturę przestrzeni. W tym celu wskażę na najważniejsze ustalenia z zakresu matematyki i fizyki, a następnie wykorzystam je do naszkicowania koncepcji przestrzeni, uwzględniającej te wyniki. Postąpię zatem zgodnie z metodą uprawiania filozofii przyrody preferowaną przez ks. Lubańskiego⁵.

2. PRZESTRZEŃ W MATEMATYCE

Najstarszą z nauk badających przestrzeń jest matematyka. Pewne podstawowe własności figur geometrycznych i brył były znane już w starożytnej Babilonii i Egipcie. Wiedza ta była konieczna, by wznosić skomplikowane budowle (piramidy), mierzyć (wprawdzie niedokładnie) objętości brył i pola figur, dokonywać przewidywań astronomicznych. Zatem korzenie geometrii tkwią w empirii, w potocznej obserwacji zależności w otaczającym człowieka świecie. Początkowo nie uzasadniano stosowania danych procedur. Wystarczyło potwierdzenie ich w praktyce. Zmiana w metodzie postępowania nastąpiła w Grecji około VI wieku przed Chrystusem, gdy obok pytania: jak działać skutecznie?, postawiono pytanie: dlaczego określone działanie jest skuteczne?

Tradycja za ojca matematyki uważa Talesa, a ówczesna koncepcja nauki sprawia, że zaczyna się kształtować specyficzna metoda badawcza matematyki – metoda dedukcyjno-aksjomatyczna. Metoda ta, wprawdzie dopiero po wielu wiekach, doprowadziła w matematyce

⁴ Zob. np. prace M. Lubańskiego: *Uwagi o arystotelesowskim podziale kategorii ilości*, Roczniki Filozoficzne 14(1966)3, 69-74; *Matematyka a nauki filozoficzne*, Roczniki Filozoficzne 16(1968)3, 63-75; *Czy matematyka jest jedna? Z zagadnień filozofii matematyki*, Znak 21(1969)11, 1441-1455; *Z problematyki dwoistości w naukach formalnych (II)*, Studia Philosophiae Christianae 6(1970)2, 45-67; *Klasy ilorazowe i podziały*, Studia Philosophiae Christianae 8(1972)2, 37-50; *Zagadnienie nieskończoności we współczesnej filozofii matematyki*, w: *Z zagadnień filozofii przyrodoznawstwa i filozofii przyrody*, t. I, red. K. Kłósak, Warszawa 1976, 31-51; *Próba oceny różnych stanowisk w filozofii matematyki*, w: *Matematyczność przyrody*, red. M. Heller, J. Życiński, A. Michalik, Kraków 1992, 51-67; *Matematyka a język i nauka*, w: *Przestrzenie Księdza Cogito*, red. S. Wszótek, Tarnów 1996, 30-44; *Uwagi w sprawie precyzowania i porządkowania terminów naukowych*, w: *Między filozofią przyrody a ekofilozofią*, red. A. Latawiec, Warszawa 1999, 55-67.

⁵ Program uprawiania filozofii przyrody w ścisłym powiązaniu z wynikami nauk szczegółowych zarysował K. Kłósak. Ten program następnie był realizowany przez jego współpracowników i uczniów.

do zmiany patrzenia na przestrzeń. Przestano uważać ją za przestrzeń fizyczną, a potraktowano jako abstrakcyjne pojęcie badane metodą aksjomatyczno-dedukcyjną. Do tej zmiany przyczyniło się również powstanie geometrii nieeuklidesowych.

Historia kształtowania się geometrii nieeuklidesowych jest długa, a zaczyna się już z chwilą powstania *Elementów* Euklidesa. Euklides dowodzi w nich 465 twierdzeń, opierając się na tzw. postulatach, które przyjmuje bez dowodu, ale które wydają się być oczywiste. Piąty postulat, który wywarł szczególnie wpływ na całą historię geometrii, brzmi: jeśli prosta padająca na dwie proste tworzy po jednej stronie kąty wewnętrzne, które w sumie są mniejsze od dwóch kątów prostych, to te proste przedłużane nieograniczenie schodzą się po tej stronie, po której kąty te w sumie są mniejsze od dwóch kątów prostych⁶. Wprawdzie sformułowanie to jest nieco zawikłane, ale wystarczy chwila zastanowienia i ewentualne posłużenie się rysunkiem, by uznać, że proste rzeczywiście posiadają własność wyrażoną w tym postulacie. Jednak bardziej skomplikowane sformułowanie piątego postulat niż pozostałych prowokowało do podjęcia nad nim badań. W szczególności próbowano go wyeliminować przez sprowadzenie do pozostałych, czyli przez udowodnienie go. Próby te zawodziły, doprowadziły natomiast m.in. do znalezienia szeregu zdań jemu równoważnych.

Jedną z metod, za pomocą której próbowano wyprowadzić piąty postulat z pozostałych, była metoda dowodu nie wprost: przyjmowano mianowicie negację piątego postulat i szukano sprzeczności. Tak postąpił m.in. Girolamo Saccheri w pracy z 1733 r.: *Euclides ab omni naevo vindicatus* (*Euklides uwolniony od wszelkiej skazy*). Badał tu konsekwencje negacji piątego postulat w wersji dotyczącej kątów w czworokącie. Bez pomocy piątego postulat można mianowicie udowodnić, że jeżeli w końcach odcinka AB poprowadzi się dwa odcinki do niego prostopadłe AD i BC o równej długości i połączy punkty D i C, to kąty D i C będą sobie równe. Nie można natomiast bez tego postulat ustalić ich rzeczywistej wielkości. Stwierdzenie, że kąty te są równe kątowi prostemu jest równoważne piątemu postulatowi Euklidesa. 'Toteż Saccheri' rozpatrywał trzy hipotezy: kąta

⁶ Zob. np. T. Batóg, *Dwa paradygmaty matematyki. Studium z dziejów filozofii matematyki*, Poznań 1996, 15-16.

⁷ *Girolamo Saccheri's Euclides vindicatus*, ed. and transl. from Latin. by G. B. Halsted, New York 1986, 89-173.

ostrego (D i C są kątami ostrymi), kąta prostego (D i C są kątami prostymi), kąta rozwartego (D i C są kątami rozwartymi).

Następnie Saccheri próbuje wykazać, że hipotezy kąta ostrego i rozwartego prowadzą do sprzeczności. Udaje się to mu w odniesieniu do hipotezy kąta rozwartego. Natomiast w dowodzie sprzeczności hipotezy kąta ostrego znaleziono luki. W tej niepełnej argumentacji pojawiły się własności płaszczyzny nieeuklidesowej.

Pod koniec XVIII wieku zaczyna rozwijać się stworzona przez V. Poncela geometria rzutowa. Jest to geometria perspektywy, różna od geometrii euklidesowej między innymi przez to, że w niej każde dwie proste się przecinają, czyli nie ma prostych równoległych. Warte podkreślenia jest zatem to, że od XVIII wieku posługiwano się geometrią, która nie była euklidesowa, lecz nie doprowadziło to do uznania, iż mogą istnieć inne rodzaje przestrzeni niż euklidesowa. Geometria rzutowa była po prostu pożytecznym narzędziem do badania geometrii euklidesowej. Mianowicie, przy rozwiązywaniu niektórych problemów geometrycznych wygodnie było dołączyć do płaszczyzny euklidesowej horyzont, na którym proste równoległe się przecinały. Ułatwiało to często rozwiązanie zagadnienia. Następnie horyzont usuwano i powracano do płaszczyzny euklidesowej⁸.

Dopiero około 1830 r. prace M. Łobaczewskiego, J. Bolyai i G. F. Gaussa dały podstawy dla utworzenia geometrii nieeuklidesowej. Zamiast hipotezy kąta prostego matematycy ci przyjęli w swoich systemach hipotezę kąta ostrego i pokazali, że na tej drodze można uzyskać nowy system geometrii. System ten jest niesprzeczny, o ile niesprzeczna jest geometria euklidesowa.

Ważnym dla zmiany poglądów na przestrzeń w matematyce był wygłoszony w 1854 r. przez B. Riemanna wykład habilitacyjny: *Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen*. W szczególności, Riemann przyjął hipotezę kąta rozwartego, tworząc tzw. geometrię eliptyczną.

Możliwość istnienia odmiennych od euklidesowego systemów geometrii nie została od razu zrozumiana i w pełni zaakceptowana. Wydaje się, że jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy było to, iż własności przestrzeni odmiennych od euklidesowej są nienaturalne

⁸ M. Kordos, L. Włodarski, *O geometrii dla postronnych*, Warszawa 1981, 99.

i sprzeczne z intuicją. Dopiero w ostatnim trzydziestolecu XIX wieku uznano ze wszystkimi tego konsekwencjami, że geometria nie jest nauką o fizycznej przestrzeni, a o abstrakcyjnych pojęciach, którym nic nie musi odpowiadać w rzeczywistości. Powstanie geometrii nieeuklidesowych wymusiło zatem zmiany w patrzeniu na geometrię. Wydaje się, że Euklides, a po nim matematycy i filozofowie aż do Kanta, byli przekonani, iż rozwijając geometrię, budują naukę o jedynej rzeczywistej przestrzeni, która stanowi scenę dla wszystkiego, co odbywa się w rzeczywistości. Pierwszym, który pod wpływem geometrii nieeuklidesowych wyraził inny punkt widzenia, był Herman Grassmann. Dla niego geometria była tylko abstrakcyjną podstawą dla teorii przestrzeni, wolną od wszelkich intuicji przestrzennych. Toteż geometria przeobraziła się w czysto matematyczną dyscyplinę, zaś pytanie o geometrię przestrzeni fizycznej stało się pytaniem, na które odpowiedź może być uzyskana tylko przez doświadczalne zbadanie własności przestrzeni. Konieczne staje się zatem rozróżnienie między abstrakcyjną, formalną teorią matematyczną, a zastosowaniem tej teorii do badania realnego, otaczającego nas świata. To, co jest nazywane geometrią, nie musi opisywać rzeczywistej przestrzeni, zaś twierdzenia geometryczne nie mówią o własnościach rzeczywistej przestrzeni, lecz są zakładane przez umysł⁹. W tym okresie próbuje się też zaksjomatyzować system geometrii euklidesowej na płaszczyźnie, gdyż z formalnego punktu widzenia postulaty Euklidesa nie są wystarczające, by budować zupełny system geometrii. Jednym z pierwszych systemów aksjomatycznych jest całkowicie formalny, wolny od wszelkiej empirii system G. Peano z pracy z 1889 r.: *Principii di Geometria*.

W matematyce zatem bada się przestrzenie rozmaitego typu, a teorie tych przestrzeni są określane systemami geometrycznymi lub po prostu geometriami. I tak w geometrii bez piątego postulatu Euklidesa (taki system geometrii nazywa się geometrią absolutną) daje się udowodnić, że każdy wewnętrzny kąt trójkąta jest mniejszy od zewnętrznego nie leżącego przy nim. Z tego wynika istnienie prostych równoległych oraz to, że suma kątów w trójkącie jest mniejsza bądź równa sumie dwóch kątów prostych. Zatem geometrię absolutną można w niesprecyzyjny sposób rozszerzyć tylko na

⁹ C. V. Newsom, *Istota matematyki. Pojęcie teorii matematycznej*, tłum. z ang. B. Stanosz, Warszawa 1967, 53.

dwa sposoby albo przyjąć, że suma kątów w trójkącie jest równa sumie dwóch kątów prostych (geometria euklidesowa), albo przyjąć, że suma kątów w trójkącie jest mniejsza niż suma dwóch kątów prostych (geometria hiperboliczna).

Natomiast geometria eliptyczna, w której suma kątów w dowolnym trójkącie jest większa niż suma dwóch kątów prostych, musi być budowana na innych aksjomatach niż aksjomaty geometrii absolutnej. W geometrii eliptycznej nie istnieją bowiem proste równoległe. Konieczna zatem jest znacznie głębsza zmiana aksjomatów niż zastąpienie piątego postulat Euklidesa hipotezą kąta rozwartego.

W każdym z trzech typów przestrzeni proste i figury geometryczne posiadają odmienne własności. W przestrzeniach nieeuklidesowych niektóre z nich wydają się być sprzeczne z doświadczeniem i tym samym trudne do naocznego przedstawienia. Jedną z takich własności jest krzywizna przestrzeni. Przez krzywiznę intuicyjnie można rozumieć odstępstwo danej przestrzeni od przestrzeni euklidesowej. Dodatnia krzywizna charakteryzuje przestrzeń eliptyczną, krzywizna ujemna – przestrzeń hiperboliczną, a krzywizna równa zero – przestrzeń euklidesową. Riemann uogólnił pojęcie przestrzeni, definiując przestrzenie o zmiennej krzywiznie: w pewnym obszarze krzywizna może być dodatnia, w innym ujemna, a jeszcze w innym równa zero. Innym uogólnieniem pojęcia przestrzeni stało się pojęcie przestrzeni wielowymiarowych. Teoria tych przestrzeni została rozwinięta w pracy H. G. Grassmanna z 1844 roku.

Badanie własności powierzchni w trójwymiarowej przestrzeni euklidesowej doprowadziło do powstania geometrii różniczkowej, w której kluczowym pojęciem jest pojęcie różniczkowej. To pojęcie można potraktować jako uogólnienie pojęcia przestrzeni euklidesowej wielowymiarowej. Przy badaniu różniczkowej wykorzystuje się metody algebry, topologii i analizy matematycznej.

Pod koniec wieku XIX zaczynają się rozwijać teorie abstrakcyjnych przestrzeni takich, jak: przestrzenie metryczne, przestrzenie topologiczne, przestrzenie wektorowe, przestrzenie funkcyjne i inne. Te pojęcia są interesujące dla matematyka, ale mają również bardzo szerokie zastosowania w fizyce, choć nie muszą być modelami przestrzeni fizycznej.

Wydaje się, że przestrzenie matematyczne można podzielić na dwie grupy. W pierwszej znajdują się przestrzenie, będące uogólnieniami, idealizacjami bądź abstrakcjami (ewentualnie wielostop-

niowymi), mającymi podstawę w postrzeżeniach przestrzeni fizycznej. Przestrzeń absolutna, euklidesowa, różnego typu przestrzenie nieeuklidesowe, przestrzenie dwuwymiarowe, wielowymiarowe są tego typu przestrzeniami. Do drugiej grupy należą przestrzenie, które nie mają bezpośredniego odniesienia do przestrzeni fizycznej. Można tu zaliczyć takie abstrakcyjne twory matematyczne, jak: przestrzenie metryczne, przestrzenie topologiczne, przestrzenie wektorowe, przestrzenie funkcyjne itp. Tego typu przestrzenie są badane w: topologii, topologii algebraicznej, analizie matematycznej, algebrze i w innych działach matematyki.

W kontekście wykorzystywania różnych pojęć przestrzeni w fizyce warto jeszcze wspomnieć o ważnej własności przestrzeni, a mianowicie o ciągłości. Intuicyjnie własność ta wyraża następujący fakt: jeśli zostanie wybrany jakikolwiek punkt w przestrzeni, to nie jest możliwe wskazanie punktu leżącego bezpośrednio przy nim. Ciągłość jakiegoś obiektu geometrycznego przejawia się jako jego spistość i możliwość dokonywania jego nieskończonego podziału na coraz drobniejsze kawałki. W związku z ciągłością rodzi się pytanie: czy przestrzeń może składać się z nie mających rozmiaru punktów? Niejasności i trudności pojęciowe dotyczące ciągłości leżały u źródeł części paradoksów Zenona z Elei.

3. PRZESTRZEŃ W TEORIACH FIZYKI WSPÓŁCZESNEJ

Matematyk dostarcza fizykowi pojęć rozmaitych typów przestrzeni, dostarcza mu zatem wygodnych formalizmów. Zarazem dla matematyka pytanie, która z geometrii jest prawdziwa, nie ma sensu, gdyż stosowanie metody aksjomatyczno-dedukcyjnej sprawia, że interesuje go tylko niesprzeczność systemu. Natomiast pytaniem skierowanym do fizyka jest, która z przestrzeni matematycznych najlepiej ujmuje strukturę przestrzeni fizycznej. Na to pytanie można uzyskać odpowiedź tylko przez obserwację, wykonywanie pomiarów czy eksperymentów, których celem jest odsłonięcie struktury realnej przestrzeni.

Wbrew pozorom odpowiedź na to pytanie nie może być jednoznaczna. Przede wszystkim w fizyce nie ma dobrze zdefiniowanego pojęcia przestrzeni fizycznej¹⁰. Współczesna fizyka składa się

¹⁰ W artykule, używając określenia: przestrzeń fizyczna, przypisuję mu potoczne znaczenie.

bowiem z wielu teorii, opisujących poszczególne klasy zjawisk obserwowanych w przyrodzie. Każda z tych teorii wykorzystuje pewien aparat matematyczny, między innymi dotyczący przestrzeni, w której „rozgrywają się” zachodzące zjawiska. I tak dla przykładu: mechanika Newtona za scenę ma przestrzeń euklidesową trójwymiarową, mechanika kwantowa – przestrzeń Hilberta nieskończenie wielowymiarową, szczególna teoria względności – czterowymiarową czasoprzestrzeń Minkowskiego, ogólna teoria względności – przestrzeń pseudoriemannowską. Nie ma zatem prostej odpowiedzi na pytanie o rodzaj przestrzeni fizycznej. Każda bowiem z wymienionych przestrzeni umożliwia taki opis zjawisk, by przewidywania teorii były zgodne z obserwacjami, zatem w różnych obszarach zjawisk będą wykorzystywane odmienne przestrzenie.

Następnym problemem wiążącym się z poprzednim jest kwestia, czy w teorii fizycznej rozpatruje się przestrzeń tylko lokalnie, czy też globalnie jako przestrzeń całego Wszechświata. Lokalne własności przestrzeni nie muszą przenosić się na przestrzeń potraktowaną globalnie i odwrotnie: własności globalne nie muszą w pełni określać własności lokalnych. Tak więc w różnych obszarach wszechświata mogą obowiązywać inne geometrie.

Następna komplikacja, powstająca przy próbach odpowiedzi na pytanie o charakter przestrzeni fizycznej, jest związana z następującą zmianą w traktowaniu czasu i przestrzeni. Otóż do początku XX wieku w teoriach fizyki czas i przestrzeń były rozpatrywane osobno. Co więcej, odgrywały w tych teoriach odmienną rolę. Przestrzeń (bez względu na rodzaj przestrzeni matematycznej) traktowana była jako scena, na której przebiegały procesy, natomiast czas był tylko parametrem w równaniach. Uważano również, że własności czasu i przestrzeni są wszędzie jednakowe. To przekonanie było dominujące nie tylko w fizyce, lecz również w filozofii przyrody. Zmiana nastąpiła z chwilą powstania szczególnej teorii względności, w której czas i przestrzeń zostały połączone w jedną strukturę czasoprzestrzeni, a co więcej ściśle powiązane z obserwatorem. Połączenie czasu i przestrzeni w jedną całość w szczególnej i ogólnej teorii względności sprawia, że czasoprzestrzeń jest w pewnym sensie statyczną, daną na raz strukturą. R. Penrose stwierdza nawet, że w czasoprzestrzeni nie ma

upływu czasu¹¹. Czas przestaje być zewnętrznym w stosunku do przestrzeni parametrem, a zostaje „wymieszany” z wymiarami przestrzennymi.

I jeszcze jedna kwestia warta podkreślenia. Fizycy traktują pojęcie przestrzeni dwojako: bądź uznając daną przestrzeń matematyczną za model przestrzeni fizycznej, bądź wykorzystują pojęcie przestrzeni matematycznej tylko jako wygodny formalizm. Taką rolę odgrywa na przykład pojęcie przestrzeni fazowej w mechanice i termodynamice, czy przestrzeni stanów w mechanice kwantowej. Z formalnego punktu widzenia przestrzeń fazowa jest wielowymiarową przestrzenią kartezjańską (euklidesową). Dzięki wygodnemu formalizmowi wprowadzonemu przez W. R. Hamiltona można w przestrzeni fazowej zobrazować ruch układu mechanicznego. Przestrzeń fazowa nie jest jednak przestrzenią, w której odbywa się ruch tego układu. Z kolei w mechanice kwantowej przestrzenią stanów jest (z reguły wielowymiarowa) przestrzeń Hilberta, która również nie jest powiązana z przestrzenią fizyczną.

Warto przyjrzeć się, jaką rolę w poszczególnych teoriach fizyki odgrywa pojęcie przestrzeni i jakie własności są przypisywane temu pojęciu. W mechanice klasycznej przez przestrzeń rozumie się zbiór wszystkich zdarzeń zachodzących w tej samej chwili we wszechświecie. Aby sprecyzować to określenie, konieczne jest przyjęcie pewnych założeń, w szczególności, ciała materialne są uważane za bryły sztywne¹². Zaś istnienie brył sztywnych sprawia, że przekazywanie sygnału z jednego punktu takiego ciała do każdego innego musi odbywać się natychmiastowo, poza czasem. Trzeba zatem uznać, że istnieją sygnały, rozchodzące się z nieskończoną prędkością¹³.

Przestrzeń zdarzeń mechaniki klasycznej jest euklidesowa, trójwymiarowa, nieskończona. Ponieważ definiuje się ją jako zbiór wszystkich zdarzeń zachodzących w tym samym momencie, zatem

¹¹ „Cała czasoprzestrzeń jest w pełni określona, nie ma w niej miejsca na żadną niepewność. (...) Co więcej, nie ma żadnego upływu czasu. Po prostu mamy «czasoprzestrzeń», w której w ogóle nie ma przyszłości, ustępującej miejsca nieubłaganej wkraczającej, ustalonej «przeszłości»”. R. Penrose, *Nowy umysł cesarza. O komputerach, umyśle i prawach fizyki*, tłum. z ang. P. Amsterdamski, Warszawa 1995, 340.

¹² Ciałem sztywnym nazywa się zbiór punktów, których wzajemne odległości nie ulegają zmianie podczas wykonywania dowolnych ruchów.

¹³ M. Heller, *Materia – geometria*, w: M. Heller, M. Lubański, S. W. Ślaga, *Zagadnienia filozoficzne współczesnej nauki. Wstęp do filozofii przyrody*, Warszawa 1997, 180.

równoczesność zdarzeń nie zależy od układu odniesienia. Istnienie sygnałów rozchodzących się z nieskończoną prędkością pozwala zaś na zsynchronizowanie wszystkich zegarów. Istnieje zatem czas absolutny, płynący tak samo dla wszystkich obserwatorów w całym wszechświecie.

W szczególnej teorii względności Einsteina, podobnie jak i w mechanice klasycznej, istotnym pojęciem jest pojęcie inercjalnego układu odniesienia. Jest to taki układ odniesienia, względem którego każde ciało nie podlegające zewnętrznemu oddziaływaniu z czymkolwiek porusza się bez przyspieszenia (tzn. ruchem jednostajnym prostoliniowym), czyli siły grawitacji nie dają się tu w żaden sposób odczuć. Z pojęciem inercjalnego układu odniesienia wiąże się pojęcie obserwatora. Przez obserwatora w szczególnej teorii względności należy rozumieć układ współrzędnych w czasoprzestrzeni. Obserwacje polegają na ustaleniu położenia (x, y, z) i czasu t dowolnego zdarzenia. Obserwatorem inercjalnym jest taki obserwator, który nie jest przyspieszany¹⁴.

Szczególna teoria względności opiera się, jak wiadomo, na dwóch postulatach. Pierwszy głosi, że wszystkie zjawiska fizyczne przebiegają jednakowo we wszystkich układach inercjalnych, co oznacza, że wyniki dowolnego doświadczenia przeprowadzonego przez obserwatora nie zależą od jego prędkości względem obserwatorów, nie biorących udziału w tym doświadczeniu. Drugi zaś – że prędkość światła jest stała i skończona we wszystkich układach inercjalnych.

Z przyjętych założeń wynikają: niemożliwość przekroczenia prędkości światła w próżni, nieistnienie czasu absolutnego i absolutnej równoczesności zdarzeń, dylatacja czasu i skrócenie Lorentza. Rezygnacja z czasu absolutnego oznacza, że nie istnieje wspólna dla wszystkich układów odniesienia skala czasowa. Synchronizacja zegarów w danym układzie odniesienia wymaga znajomości odległości i prędkości rozchodzenia się sygnałów. Powstaje też istotny problem z synchronizacją zegarów w układach poruszających się względem siebie.

Dwa zdarzenia uznane za równoczesne dla jednego obserwatora, mogą nie być równoczesne dla innego obserwatora. Co więcej, po-

¹⁴ B. F. Schutz, *Wstęp do ogólnej teorii względności*, tłum. z ang. W. Kopczyński, Warszawa 1995, 16.

nieważ nie ma błyskawicznej komunikacji między odległymi zdarzeniami, więc obserwatorzy będący w pewnej odległości od siebie nie doświadczają wspólnej teraźniejszości. „Zdarzeniom zachodzącym «teraz» w znacznie oddalonych od siebie miejscach nie można przypisać żadnego fizycznego sensu, ponieważ nie ma sposobu, by się o nich dowiedzieć lub je odczuć”¹⁵.

W szczególnej teorii względności czas i przestrzeń zostały połączone w jedną strukturę – czterowymiarową czasoprzestrzeń Minkowskiego. Nie odbyło się to jednak przez zwykłe dołączenie do trzech wymiarów przestrzennych czwartej współrzędnej czasowej. Współrzędna czasowa jest w pewien sposób wyróżniona, gdyż istotną rolę w czterowymiarowej czasoprzestrzeni odgrywa tzw. interwał czasoprzestrzenny: $(\Delta s)^2 = (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 - c^2 (\Delta t)^2$, spełniająca tu funkcję odległości. Uznanie tego interwału za odległość sprawia, że czasoprzestrzeń nie jest euklidesowa¹⁶.

Interwał dzielący dwa dowolne zdarzenia jest taki sam we wszystkich inercjalnych układach odniesienia. Z założeń szczególnej teorii względności wynika, że czas musi być włączony w obliczenia odległości. Toteż w szczególnej teorii względności nie jest możliwe jednoznaczne określenie przestrzeni (czyli sytuacji takiej, w której $(\Delta t)^2$ jest równe zeru) dla wszystkich obserwatorów. Każdy z nich bowiem identyfikuje różne zbiory zdarzeń jako równoczesne. Jednocześnie przestrzeń każdego obserwatora jest euklidesowa, gdyż dla $(\Delta t)^2 = 0$, $(\Delta s)^2 = (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2$ określa odległość euklidesową w przestrzeni trójwymiarowej. Również obserwatorzy nie mogą „pomylić” przestrzeni z czasem, gdyż czas do wzoru na interwał czasoprzestrzenny wchodzi ze znakiem ujemnym.

W szczególnej teorii względności, przeciwnie niż w mechanice klasycznej, czas i przestrzeń zależą w pewien sposób od obserwatora. Dopiero ich połączenie w jedną strukturę czasoprzestrzeni sprawia, że obserwacje stają się obiektywne, a czasoprzestrzeń – pojęciem dostarczającym „metafizycznych ram” dla zdarzeń. Co

¹⁵ P. Davies, *Czas. Niedokończona rewolucja Einsteina*, tłum. z ang. L. Kallas, Warszawa 2002, 73.

¹⁶ W przestrzeni euklidesowej czterowymiarowej odległość wyraża się wzorem: $(\Delta s)^2 = (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2 + (\Delta v)^2$. Interwał czasoprzestrzenny posiada własności tzw. pseudoodległości.

więcej, powiązanie ze sobą czasu i przestrzeni przeczy naszym intuicjom, zgodnie z którymi wyznaczanie miejsca obiektu w przestrzeni nie zależy od czasu, a czas zdarzenia od miejsca, w którym zachodzi¹⁷.

Szczególne teoria względności jest teorią inercjalnych układów odniesienia, czyli takich, w których nie ma grawitacji. Własności pola grawitacyjnego opisuje zaś ogólna teoria względności: teoria czasu, przestrzeni i grawitacji. W szczególnej teorii względności linie proste na wykresach Minkowskiego przedstawiają historie cząstek poruszających się ruchem jednostajnym prostoliniowym, natomiast linie krzywe obrazują ruch niejednostajny. W polu grawitacyjnym wszystkie cząstki mają takie samo przyspieszenie, zatem ich historie będą liniami jednakowo zakrzywionymi. Ogólna teoria względności opiera się na spostrzeżeniu, że przyspieszenie grawitacyjne nie zależy od masy ciała. „W konsekwencji wszystkie ciała zachowują się w ten sam sposób, co stało się centralnym punktem tej teorii. Dzięki temu, używając wyłącznie pojęć geometrycznych, Einstein zdołał opisać ruch i ukazać grawitację jako własność samej przestrzeni. «Naturalna» geometria przestrzeni nie może być euklidesowa; mówimy, że «przestrzeń jest zakrzywiona»¹⁸. Pole grawitacyjne zakrzywia zatem czasoprzestrzeń, która staje się przestrzenią pseudoriemannowską. Ponieważ źródłem pola grawitacyjnego jest masa, więc rozkład mas, energii i pędów zakrzywia czasoprzestrzeń, a to z kolei określa ruchy ciał w czasoprzestrzeni. W ogólnej teorii względności czas i przestrzeń (czasoprzestrzeń) są zatem ściśle powiązane z materią i to zarówno w postaci masy, jak i energii. Toteż nie można traktować czasoprzestrzeni jako pustej sceny dla zdarzeń.

W ogólnej teorii względności ciała materialne, magnesy, ładunki elektryczne, światło itp. stwarzają czasoprzestrzeń, poruszając się po niej. Jak zauważa E. T. Whittaker: „Geometria nie poprzedza już fizyki, lecz w nierozzerwalny sposób związana jest z nią w jedną dyscyplinę. Właściwości przestrzeni w ogólnej teorii względności zależą od obecności ciał materialnych i energii; odbieramy w ten sposób geometrii euklidesowej jej pierwszeństwo i nie

¹⁷ J. Trusted, *Physics and metaphysics: theories of space and time*, London-New York 1991, 176-177.

¹⁸ R. G. Newton, *Zrozumieć przyrodę*, tłum. z ang. A. Górnicka, Warszawa 1996, 25.

traktujemy jej już jako jedynie słusznego przedstawienia otaczającej przestrzeni¹⁹.

Równania ogólnej teorii względności zastosowane do całości kosmosu pozwalają na tworzenie modeli kosmologicznych. Obecnie najpopularniejszy jest model rozszerzającego się wszechświata, którego ewolucja „rozpoczęła się” od stanu zwanego Wielkim Wybuchem. Wszechświat nie jest zatem statyczny, niezmienny w swej podstawowej strukturze, lecz przeobraża się. Powstają w nim nowe układy, a także zmieniają się jego globalne charakterystyki. Obecnie nowe dane obserwacyjne wskazują na poważne braki standardowego modelu kosmologicznego – wszechświat wydaje się rozszerzać coraz szybciej. Być może, jest za to odpowiedzialne jeszcze jakieś nieopisane do tej pory oddziaływanie.

Przestrzenie mechaniki klasycznej, szczególnej teorii względności i ogólnej teorii względności są wprawdzie z matematycznego punktu widzenia odmiennymi typami przestrzeni geometrycznych, o różnych własnościach geometrycznych i metrycznych, lecz wszystkie są ciągłe, składają się z punktów – zdarzeń – i w pewien sposób modelują przestrzeń realną. Ciągłe są również przestrzenie fazowe mechaniki i termodynamiki, choć nie są to modele przestrzeni rzeczywistej. Ciągłość przestrzeni jest przyjmowana, by można było wprowadzić pojęcie funkcji różniczkowalnej. Z kolei różniczkowalność funkcji jest konieczna, by zdefiniować podstawowe pojęcia fizyczne związane ze zmianą chwilową, takie jak na przykład prędkość czy przyspieszenie. Co więcej, ciągłość przestrzeni na poziomie makroskopowym jest w pewien sposób doświadczana przez człowieka i wiąże się z możliwością płynnego wykonywania ruchów czy dzielenia „kawałków” przestrzeni na coraz drobniejsze fragmenty. Wydaje się również, że jest powiązana ze strukturą przestrzeni traktowanej jako składającej się z punktów.

Rozwiązania równań Einsteina zastosowanych do całego wszechświata ujawniają jednak pewne kłopotliwe własności. Jedną z nich jest istnienie tzw. osobliwości, w których „załamują się” prawa fizyki, a wielkości fizyczne przyjmują nieskończone wartości. Istnienie tych osobliwości, być może jest związane z występowaniem kwantowych efektów grawitacji, których nie uwzględnia ogólna teoria względności.

¹⁹ E. T. Whittaker, *Od Euklidesa do Einsteina*, tłum z ang. J. Mączyński, Warszawa 1965, 123.

W proponowanych obecnie, ciągle jednak jeszcze tylko częściowych, modelach łączących grawitację ze zjawiskami kwantowymi wszechświat poniżej tzw. progu Plancka²⁰ ujawnia nowe, nieoczekiwane własności. Na przykład w modelu, budowanym na teorii superstrun, przestrzeń ma 10 lub nawet 26 wymiarów, w innym modelu czasoprzestrzeń jest dyskretna, jeszcze w innym czas nie jest odróżnialny od wymiarów przestrzennych. Interesujący model buduje M. Heller, korzystając z geometrii nieprzemiennej. W tym modelu poniżej progu Plancka w ogóle nie ma czasu i przestrzeni. „Na początku istnieje świat bez czasu i przestrzeni, bez pojęć indywidualności i lokalności, ale świat pełen dynamiki, zawierający niejako w sobie wszystkie swoje możliwe historie”²¹. Zatem poniżej progu Plancka nie tylko nie obowiązują prawa ogólnej teorii względności, lecz również mogą tracić swój sens pojęcia czasu i przestrzeni.

W fizyce pojawiają się w naturalny sposób stawiane jeszcze w starożytności pytania o ciągłość i podzielność przestrzeni, o skończoność i nieskończoność wszechświata, o jego ograniczoność bądź nieograniczoność. Fizyka i kosmologia na te pytania udzielają dziś tylko częściowych odpowiedzi.

4. FILOZOFICZNE KONCEPCJE PRZESTRZENI

Matematyka i fizyka opisują różne rodzaje przestrzeni i badają ich własności, w fizyce próbuje się również odkryć strukturę czasoprzestrzeni wszechświata. Jednak te dyscypliny naukowe nie są w stanie odpowiedzieć na pytanie o sposób istnienia i naturę przestrzeni. Pytania te zostały postawione już przez jońskich filozofów przyrody i na przestrzeni całej historii filozofii udzielano na nie rozmaitych odpowiedzi. Należy dodać, że kwestie dotyczące istoty przestrzeni łączą się ściśle przede wszystkim z zagadnieniami kosmologicznymi; koncepcja wszechświata i rozumienie natury przestrzeni bowiem wzajemnie się warunkują. Na pojmowanie istoty przestrzeni wywierają również wpływ poglądy na inne zagadnienia filozoficzne. Dlatego koncepcja przestrzeni jest z reguły osadzona w całym kontekście poglądów danego autora na świat i poznawanie.

²⁰ Po przekroczeniu progu Plancka gęstość jest większa niż 10^{93} g/cm³, odległość mniejsza niż 10^{-33} cm, a odcinek czasu krótszy niż 10^{-43} s.

²¹ M. Heller, *Początek jest wszędzie. Nowa hipoteza pochodzenia Wszechświata*, Warszawa 2002, 176.

Wprawdzie istnieje całe spektrum stanowisk w kwestii, czym jest przestrzeń, lecz również są między nimi podobieństwa i idee wspólne dla poglądów różnych autorów. Toteż można próbować klasyfikować koncepcje dotyczące natury przestrzeni. Jeżeli za podstawę klasyfikacji przyjmie się rodzaj relacji między przestrzenią a poznającym podmiotem oraz przedmiotami fizycznymi, to wydaje się, że poglądy na istotę przestrzeni dają się podzielić na cztery grupy: koncepcje realistyczne, koncepcje relacyjne, koncepcje abstrakcjonistyczne i koncepcje subiektywistyczne. Oczywiście podział ten jest schematyczny i nie jest ani wyczerpujący, ani rozłączny.

Koncepcje realistyczne traktują przestrzeń jako obiektywną, istniejącą niezależnie od poznającego podmiotu i rzeczy materialnych realność. Charakterystyczne dla tej grupy stanowisk są poglądy I. Newtona. Według niego przestrzeń jest rzeczywistością samą w sobie, bytem absolutnym, niezmiennym, rozciągającym się w nieskończoność, istniejącym nawet bez ciał. Można ją sobie wyobrażać jako zbiornik, pojemnik czy scenę, na której ciała zajmują swe miejsca i mogą się poruszać. Własności tej przestrzeni pokrywają się z własnościami przestrzeni euklidesowej.

W koncepcjach relacyjnych przestrzeń jest uważana za byt relacyjny, a jej istnienie zależy od rzeczy. Koncepcję taką stworzył G. Leibniz, krytykując stanowisko Newtona. Według Leibniza przestrzeń nie jest rzeczą, a jest własnością rzeczy. Bez obiektów materialnych nie ma przestrzeni – przestrzeń jest bowiem „porządkiem współistnienia rzeczy”. Zatem przestrzeń jest tworzona przez relacje między ciałami. Istnienie przestrzeni nie jest absolutne ani uprzednie względem ciał, jest zatem do pewnego stopnia względne.

Koncepcje abstrakcjonistyczne ujmują przestrzeń jako byt abstrakcyjny z podstawą w rzeczy. Istnienie przestrzeni zależy zatem od poznającego podmiotu oraz przedmiotów materialnych. Tego typu koncepcją jest arystotelesowsko-tomistyczna teoria przestrzeni. Według niej przestrzeń jest abstrakcją opartą na istnieniu wymiarów przestrzennych rzeczy materialnych, czyli abstrakcją mającą podstawę w rozciągłości ciał materialnych. Przestrzeń jest zatem odległością czy przedziałem o trzech wymiarach oznaczonym przez położenie ciał materialnych, jest pewną pojemnością, obejmującą długość, szerokość i wysokość, a zamkniętą przez ciała. Istnienie przestrzeni jest zatem wtórne w stosunku do miejsca.

Koncepcje subiektywistyczne traktują przestrzeń jako byt intencjonalny, którego istnienie jest zależne od podmiotu. Przykładem tego typu stanowiska jest koncepcja I. Kanta. Przestrzeń jest, według niego, kategorią, formą poznania, która porządkuje wrażenia, aprioryczną formą naszego umysłu, wyobrażeniem *a priori*, które jest podłożem dla wszelkich danych zewnętrznych.

Zarysowane stanowiska są skrajne, ujmują tylko pewne aspekty tej rzeczywistości, która jest nazywana przestrzenią, toteż łatwo jest podawać argumenty przeciwko nim. Na przykład przeciwko koncepcji absolutnej przestrzeni Newtona można obecnie wysunąć zarzuty zarówno ze strony filozofii, jak i fizyki. Podobnie koncepcja Kanta opierała się na kontrowersyjnym założeniu, że w geometrii euklidesowej występują sądy syntetyczne *a priori*.

Warto dodać, że jeszcze w pierwszej połowie XIX wieku uważano, że istnieje tylko jedna geometria – geometria euklidesowa – i że opisuje ona rzeczywistą przestrzeń fizyczną. Na przykład, chociaż Newton i Kant zupełnie odmiennie rozumieli istotę przestrzeni, to obaj sądzili, że możliwa jest tylko jedna geometria. Ten pogląd rzutował na rozwiązania kwestii filozoficznych, w których pojawiały się zagadnienia w jakiś sposób związane z przestrzennością świata.

Porównując i zestawiając ze sobą różne koncepcje przestrzeni, warto pamiętać, że czym innym jest przestrzeń jako pewna rzeczywistość, stanowiąca przedmiot naszych spostrzeżeń, a czym innym pojęcie przestrzeni, które jest naszym wytworem mającym na celu uchwycenie istoty przestrzeni rozumianej jako pewna rzeczywistość. To rozróżnienie jest widoczne zwłaszcza w koncepcji arystotelesowsko-tomistycznej. Według tej koncepcji rzeczywistością postrzeżaną przez podmiot jest miejsce, a przestrzeń jest pojęciem stworzonym przez podmiot. Gdy przyjmie się powyższe rozróżnienie, to desygnatem pojęcia przestrzeni jest przestrzeń potraktowana jako źródło rozpoznawania kształtów i przemieszczeń przedmiotów.

5. PYTANIE O NATURĘ PRZESTRZENI – PRÓBA PRZYBLIŻENIA ODPOWIEDZI

W poprzednich paragrafach naszkicowałam, jak przestrzeń jest widziana przez matematyka i przez fizyka. W tej części spróbuję odpowiedzieć na pytanie, jaka jest istota przestrzeni z punktu widzenia filozofa. W tym celu wykorzystam informacje dostarczane przez matematykę i fizykę. Obecnie eksperymenty i obserwacje

w fizyce dostarczają wielu nowych informacji, które powinny być uwzględniane w filozofii. „Dzięki temu – stwierdza M. Lubański – zarówno same zagadnienia filozoficzne, jak i propozycje ich rozwiązań mogą być formułowane w jednoznaczny, rzeczowy i ścisły sposób”²². Co więcej, pominięcie wyników nauk szczegółowych oznaczałoby zerwanie „filozofii ze światem empirii”²³. Ponadto wydaje się niemożliwe zbudowanie filozoficznej teorii przestrzeni, adekwatnie ujmującej znane obecnie własności przestrzeni, bez uwzględnienia wyników nauk zajmujących się badaniem własności przestrzeni. W filozoficznej koncepcji przestrzeni nie mogą pojawiać się stwierdzenia stojące w wyraźnej sprzeczności z ustaleniami z zakresu matematyki i fizyki. Filozof bowiem naraża się wtedy na głoszenie poglądów łatwych do podważenia.

Wydaje się zatem, że koncepcja przestrzeni musi opierać się z jednej strony na wynikach nauk szczegółowych, z drugiej zaś – na danych pochodzących z potocznego doświadczenia. Danych tych nie można pominąć, gdyż poznanie ludzkie rozpoczyna się od bezpośredniego doznawania i przetwarzania bodźców z otoczenia.

Człowiek rozpoznaje kształty przedmiotów, ich wzajemne ułożenie, a także przemieszczanie się. Zarazem w jego mózgu są niejako gotowe już struktury, dzięki którym jest możliwe utworzenie „reprezentacji” czy „mapy” otoczenia. Warto zwrócić uwagę, że w tej „mapie” znajdują swe odzwierciedlenie zarówno elementy pochodzące z doświadczenia, jak i wrodzone, związane z budową i funkcjonowaniem narządów zmysłów i mózgu²⁴. Wydaje się, że ten „obraz” stanowi podstawę dla utworzenia pojęcia przestrzeni. Pojęcie to jest zatem abstrakcją i idealizacją danych pochodzących ze spostrzeżeń, lecz zawiera również pewien element wrodzony, aprioryczny, zależny od układu nerwowego.

Temu pojęciu przestrzeni są przypisywane pewne własności. Zarówno obserwacja własności figur i brył geometrycznych oraz rela-

²² M. Lubański, *Zagadnienie nieskończoności we współczesnej filozofii przyrodznawstwa*, art. cyt., 16.

²³ M. Lubański, *Zagadnienie relacji zachodzących między współczesną teorią przestrzeni a kosmologią filozoficzną*, cz. I, art. cyt., 169.

²⁴ Pozostają do rozstrzygnięcia następujące problemy: czy jest wrodzona reprezentacja przestrzeni zlokalizowana w jakiejś konkretnej części mózgu, czy też ta reprezentacja dopiero się tworzy pod wpływem bodźców z zewnątrz. Na te pytania zapewne będzie można odpowiedzieć, gdy lepiej zostaną poznane budowa i funkcjonowanie mózgu.

cji między nimi, jak i manipulowanie i przemieszczanie przedmiotów wskazują na „euklidesowość” przestrzeni. Warto podkreślić, że zmiana miejsca wydaje się być bardzo ważna dla postrzegania przestrzenności świata, a własności przestrzeni w jakiś sposób są związane z właściwościami ruchów w tej przestrzeni. Przemieszczenia tworzą grupę izometrii, wyznaczającą przestrzeń euklidesową. Jednocześnie na podstawie potocznego doświadczenia można wyodrębnić takie przedmioty, jakie praktycznie są ciałami sztywnymi, co również prowadzi do identyfikowania przestrzeni jako przestrzeni euklidesowej.

Co więcej, wprawdzie odkrycie geometrii nieeuklidesowych spowodowało zanegowanie kantowskiego poglądu na geometrię, to obecnie ewolucyjni epistemolodzy wskazują na obecność w umyśle pewnego rodzaju formy przestrzeni euklidesowej. Według nich przeżywanie i doświadczanie przestrzeni jest wrodzone, aprioryczne, ale zarazem zostało nabyte w wyniku doświadczeń naszych przodków, jest zatem aposterioryczne. Ta przestrzeń jawi się jako trójwymiarowa i co więcej – jako euklidesowa²⁵. Dlatego, być może, tak trudno wyobrazić sobie przestrzenie nieeuklidesowe, czy o większej liczbie wymiarów niż trzy. W pewnym sensie wraca więc coś z kantowskiego pojęcia przestrzeni jako wrodzonej, apriorycznej formy.

W tym kontekście naturalne jest pytanie, czy pojęciu przestrzeni odpowiada coś realnego w rzeczywistości fizycznej. Jeśli przyjmuje się realizm metafizyczno-epistemologiczny, to naturalną odpowiedzią będzie uznanie, że istnieje obiektywnie desygnat dla pojęcia przestrzeni. W rzeczywistości fizycznej musi bowiem istnieć jakaś przyczyna spostrzeżeń. Uzasadnieniem dla takiego stanowiska mogą być argumenty K. Lorenza za realizmem hipotetycznym²⁶.

Jeżeli przyjmuje się obiektywne istnienie przestrzeni, to nasuwa się następne pytanie: jakie posiada ona własności? W odpowiedzi na to pytanie może w pewnym zakresie pomóc fizyka, badająca przestrzeń fizyczną właściwymi sobie metodami. Obraz przestrzeni, który uzyskuje się na podstawie wyników nauk przyrodniczych, odbiega jednak, i to dość istotnie, od obrazu utworzonego na podstawie potocznego doświadczenia. Teoria względności łączy przestrzeń i czas w jedną strukturę, a własności tej czterowymiarowej

²⁵ K. Lorenz, *Odwrotna strona zwierciadła*, dz. cyt., 42-43.

²⁶ Tamże.

czasoprzestrzeni uzależnia od rozkładu materii i energii. Przestrzeń zatem nie jest euklidesowa, nie jest też neutralną sceną, na której znajdują się przedmioty²⁷. Z kolei mechanika kwantowa pokazuje, że intuicje pochodzące z makroskopowego poziomu postrzegania przestrzeni zawodzą, gdy próbuje się dotrzeć do poziomu kwantowego. Przestrzeń może bowiem zacząć ujawniać swoje kwantowe, dyskretne własności.

Występują zatem zasadnicze różnice między własnościami pojęcia przestrzeni, utworzonego na podstawie potocznego doświadczenia, a własnościami przestrzeni, opisywanymi przez teorie fizyki współczesnej. Wydaje się jednak, że istnienie tych różnic można łatwo wytlumaczyć, a co więcej, że dają się one ze sobą pogodzić. Wynikają one mianowicie z tego, że człowiek poznaje przestrzeń tylko swego najbliższego otoczenia. W tym fragmencie przestrzeni, oglądanym na dodatek z perspektywy makroskopowej, nie dają się dostrzec ani efekty relatywistyczne, ani związane z występowaniem silnych pól grawitacyjnych. Gdy tego typu efekty są dostatecznie słabe (lub nie występują), przestrzeń staje się przestrzenią euklidesową. Wskazują na to wyniki pomiarów. Lokalnie odstępstwo od przestrzeni Euklidesa jest tak małe, że pomiary nie mogą tego uchwycić. Co więcej, ostatnie wyniki pomiarów promieniowania tła przemawiają za hipotezą, w myśl której również globalnie przestrzeń jest prawie płaska.

Powiązanie czasu i przestrzeni, o którym mówią szczegółna i ogólna teorie względności, również nie jest możliwe do zaobserwowania, gdyż człowiek zupełnie inaczej doświadcza przestrzeni i upływu czasu, toteż interwału czasoprzestrzennego nie można doświadczyć.

Na szczególną rolę przestrzeni euklidesowej wskazują również wyniki uzyskiwane w matematyce. Pozwolę sobie zacytować dłuższą wypowiedź K. Maurina: „Zadziwiająca i tajemniczą dla naszego poznania jest rola «przestrzeni Euklidesa». Jeszcze dziś – za Kantem – wielu filozofów uważa, że «rzeczywista przestrzeń» to prze-

²⁷ Tak o tym pisze M. Lubański: „Przestrzeń fizyczna nie jest więc jakąś abstrakcją bez odpowiednika w realnych, fizycznych bytach. Struktura przestrzeni, a więc jej typ geometryczny, jest wyznaczony przez materię, dokładniej mówiąc, przez aktualny rozkład materii. Stąd też nie można oddzielić badań nad strukturą przestrzeni fizycznej od badań nad rozkładem i własnościami materii”. M. Lubański, *Geometria a przestrzeń fizyczna*, art. cyt., 69.

strzeń Euklidesa, że inna przestrzeń to «abstrakcyjne konstrukcje matematyków, które nie powinny być nazywane przestrzeniami». Tezy tej nie da się dziś obronić – o czym świadczy cała fizyka. Niemniej jednak jest jakieś ziarno prawdy w tym «przesądzie»: E^3 (trójwymiarowa przestrzeń Euklidesa) jest nam szczególnie bliska: czujemy się w niej – także jako matematycy – szczególnie «pewni» i poruszamy się w niej «bezpieczniej» niż w przestrzeniach nieeuklidesowych²⁸.

Na pytanie o naturę przestrzeni fizycznej, rozumianej jako desygnat dla pojęcia przestrzeni, nie ma prostej, jednoznacznej odpowiedzi. Wydaje się, że nie można przyjąć skrajnych stanowisk, w szczególności absolutnego istnienia przestrzeni tak, jak postulował to Newton. Przestrzeń jest w pewien sposób powiązana z czasem i z przedmiotami. Zarazem wydaje się, że jest jednak czymś więcej niż tylko bytem relacyjnym. Relacyjność natomiast, niewątpliwie, odbija się w pojęciu przestrzeni. Człowiek postrzega bowiem przedmioty, a nie pustą przestrzeń: próżni nie jest w stanie doświadczyć bezpośrednio. Pusta przestrzeń, opróżniona z ciał powstaje jako abstrakcja przez usuwanie z przestrzeni po kolei wypełniających ją przedmiotów. Zatem bez relacji między rzeczami, ich wzajemnego ułożenia nie byłoby możliwe utworzenie pojęcia przestrzeni.

Postrzeganie przestrzeni uwarunkowane jest postrzeganiem ciał. Żyjemy w świecie, w którym otaczają nas inne przedmioty i umiejętność ich lokalizacji stanowi niezbędny warunek przeżycia. Zarazem człowiek dokonuje spontanicznie abstrakcji, która pomija nieistotne z jakiegoś powodu cechy. Na to wszystko nakłada się wreszcie świadoma refleksja prowadząca do poznawczego, zreflektowanego ujmowania rzeczywistości.

Przestrzeń jest zarazem pewną obiektywną rzeczywistością przejawiającą się w tym, że postrzegamy ciała makroskopowe jako posiadające trzy wymiary. Ponieważ jednak nie można pomijać roli podmiotu, zatem przestrzeń jawi się jako rzeczywistość obiektywno-subiektywna. Można zatem mówić o przestrzeni „samej w sobie”, jako pewnej rzeczywistości związanej z ciałami, i przestrzeni „dla nas”, czyli o pojęciu przestrzeni, które tworzymy.

²⁸ K. Maurin, *Geometryczne idee Riemanna i ich rola w matematyce i fizyce*, dodatek do: M. Skwarczyński, *Geometria rozmierności Riemanna*, Warszawa 1993, 291.

Rekapitulując: pojęcie przestrzeni jest abstrakcją i idealizacją z postrzeżeń, które są wkładane w specyficzne, wrodzone formy ujmowania przestrzeni. Treść pojęcia przestrzeni jest kształtowana przez doświadczenie bezpośrednio i wyniki nauk przyrodniczych. Natomiast przestrzeń traktowana jako przyczyna postrzeżeń istnieje obiektywnie. Na ile nasze spontaniczne przeżywanie przestrzeni jest obiektywne, a na ile subiektywne, jak w tym kontekście przedstawia się sprawa przypisywania przestrzeni rozmaitych cech: ciągłości, podzielności, bycia przestrzenią euklidesową itp., pozostają pytaniami otwartymi.

SOME REMARKS ABOUT SPACE

Summary

The notion of space and the space as the designate of this notion are concerned. The notion of space in mathematics, physics and philosophy is analysed. Mathematicians investigate the different spaces: Euclidean, non-Euclidean, many-dimensional etc. They are the subject of formal theories of space. Physicians explore the physical space in classical mechanic, general theory of relativity and quantum mechanics. Philosophers ask how does the space exist and what is its nature.

The notion of space is an abstraction, which has its basis in our experience of material things. The content of this notion is formed by experience, our innate forms of perception and by the results of sciences. But the space as a designate exists objectively.