

ZENON E. ROSKAL

KONCEPCJE PRZESTRZENI W NAUCE I FILOZOFII PRZYRODY

1. WSTĘP

Przestrzeń to jedna z najbardziej ogólnych kategorii filozoficznych, ale zarazem centralna kategoria matematyki, nauk przyrodniczych i nauk humanistycznych. Szczegółowa charakterystyka tego pojęcia prowadzona w perspektywie poznawczej nauk formalnych (m.in. matematyka /geometria/, logika), nauk realnych (m.in. fizyka, astronomia, biologia), nauk humanistycznych (m.in. historia, psychologia) i filozofii wykracza poza możliwości indywidualnego przedsięwzięcia badawczego¹, ale także zawężenie perspektywy poznawczej do jednej z wymienionych powyżej grup nauk byłoby zadaniem bardzo trudnym do realizacji.

Dr hab. ZENON E. ROSKAL, prof. KUL – Katedra Fizyki Teoretycznej, Wydział Filozofii, Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II; adres do korespondencji: Al. Raclawickie 14, 20-950 Lublin; e-mail: kronos@kul.lublin.pl

¹Tak sprofilowana problematyka przestrzeni pojawia się w programach różnych międzynarodowych lub krajowych sympozjów naukowych. W czasie sympozjum, które miało miejsce w New Delhi w listopadzie 1986 r., przedstawiciele 24 krajów (w tym gronie znajdowały się tak wybitne indywidualności jak m.in. Stella Kramrisch, Raja Ramanna, B. Geza, Mani Kaul, Allegra Fuller Snyder) dyskutowali filozoficzne i naukowe aspekty koncepcji przestrzeni zrelatywizowane do różnych kultur i cywilizacji. Por. K. V a t s y a n (ed.), *Concepts of space, ancient and modern*. New Delhi (1991) 1996². Uczni z UMCS organizowali interdyscyplinarne (m.in. matematyka, fizyka, chemia, biologia, psychologia) sesje nt. „Przestrzeń w nauce współczesnej” (dotychczas odbyło się osiem takich konferencji). W ramach dyskusji poszukiwano sprzyjających warunków na przyjęcie nowego paradygmatu badawczego. Zebrane referaty zostały opublikowane (por. m.in. S. S y m o t i u k, G. N o w a k (red.), *Przestrzeń w nauce współczesnej*, t. 1, Lublin 1998; t. 2, Lublin 1999; t. 3, Lublin 2000; W. A. K a m i ń s k i, S. S y m o t i u k, G. N o w a k (red.), *Przestrzeń w nauce współczesnej*, Zamość 2003).

Z drugiej jednak strony, z uwagi na interes poznawczy filozofii przyrody, istnieje zapotrzebowanie na przeglądowe ujęcie kategorii przestrzeni uwzględniające zaangażowanie tej kategorii w poznanie rzeczywistości wyznaczone przez metody charakterystyczne dla różnego typu nauk i filozofii. Niniejsza praca próbuje się wpisywać w tego typu przedsięwzięcia badawcze. Jej celem jest wprowadzenie w problematykę przestrzeni ujawniającą się w miarę postępów badań naukowych i refleksji filozoficznej.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA KONCEPCJI PRZESTRZENI W EUROPEJSKIEJ TRADYCJI FILOZOFICZNEJ

Kategoria przestrzeni z – charakterystycznym dla jej współczesnych ujęć – kontekstem nauk matematyczno-przyrodniczych nie była obecna w europejskiej tradycji filozoficznej od jej początków w myśli presokratyków. Aczkolwiek pewnych prefiguracji nowożytnych (pre)koncepcji przestrzeni można by się dopatrzeć w epikurejskiej (i szerzej: atomistycznej) filozofii przyrody, która miała kontynuacje nawet w ramach średniowiecznej scholastyki², to jednak problematyka przestrzeni dyskutowana na kanwie osiągnięć nauk przyrodniczych pojawiła się dopiero w pierwszej połowie XVII stulecia. Okres ten nieprzypadkowo zbiega się z krytycznym momentem w recepcji heliocentryzmu. To właśnie wówczas nowe koncepcje teoretyczne w zakresie kategorii przestrzeni pozwoliły z jednej strony zerwać z jednostronną jej interpretacją w ramach arystotelesowskiej filozofii przyrody i zarazem, z drugiej strony, silnie ją powiązać z dynamicznie rozwijającym się matematycznym przyrodoznawstwem. Filozoficzna refleksja nad kategorią przestrzeni prowadzona była od tego czasu w nieusuwalnym kontekście nauk przyrodniczych, a później także nauk humanistycznych. Dlatego też przegląd głównych ujęć tej kategorii zostanie dokonany w perspektywie historycznej niewybiegającej poza ten horyzont. Oddzielony zostanie jednak generujący nowe ujęcia kontekst historyczny od systematycznego, w którym zmodyfikowana problematyka przestrzeni była adaptowana przez główne nurty nowożytnej i współczesnej filozofii.

² Por. K. Algra, *Concepts of Space in Greek Thought*, Leiden–New York–Köln 1995; E. Grant, *Much Ado about Nothing: Theories of Space and Vacuum from the Middle Ages to the Scientific Revolution*, Cambridge 1981.

3. PREFIGURACJE NOWOŻYTNYCH KONCEPCJI PRZESTRZENI W DZIEJACH FILOZOFII PRZYRODY

Pierwsi konsekwentni zwolennicy kosmologii heliocentrycznej, do których zaliczali się niewątpliwie zarówno Gassendi, jak i Newton, musieli zaakceptować nowe pojęcie – koncepcję abstrakcyjnej przestrzeni fizycznej, która była wyposażona w strukturę geometrii euklidesowej³. Gassendi twierdził, że zanim Bóg stworzył świat, istniała bezgraniczna przestrzeń, która będzie istnieć nawet wówczas, gdy świat zostanie unicestwiony. Każda część przestrzeni (abstrakcyjnej) absolutnej jest równa przyporządkowanej jej przestrzeni fizycznej (świata) i nie ma takiej części świata, większej czy mniejszej pod względem zawartych w niej mas, dla której nie byłoby odpowiadającej jej przestrzeni absolutnej. Według Gassendiego przestrzeń jest całkowicie nieruchoma. Przestrzenne wymiary nieskończone co do długości, szerokości i głębokości są zarówno nieruchome, jak i niecielesne, nie stawiają żadnego oporu ciałom, tzn. współlistnieją z ciałami tak, że gdziekolwiek by się znajdowało ciało, czy to ustawicznie, czy przejściowo, zajmowałoby równą część przestrzeni. I jakkolwiek można wyróżnić wymiary cielesne równocześnie można wyróżnić odpowiadające im wymiary niecielesne.

Do Gassendiego koncepcji przestrzeni nawiązał przede wszystkim Newton, który wkomponował ideę przestrzeni absolutnej w kontekst swojej mechaniki. Przestrzeń absolutną pojmował jako *sui generis sensorium Dei*, ale także uważał ją za byt natury raczej logicznej niż fizycznej i zarazem za konieczny warunek (powiązany z koniecznością substancji Boskiej) istnienia ciał (bytów naturalnych) oraz zbiór miejsc, które są ośrodkami Boskiej mocy. We wczesnych poglądach Newtona, wyrażonych w nieopublikowanych pismach⁴, można znaleźć koncepcję stworzenia świata z przestrzeni jako matematyczną interpretację doktryny *creatio ex nihilo*. Według tej koncepcji przestrzeń otrzymuje w akcie stworzenia jakości zmysłowe przez analogię do rachunku fluksji, w którym dzięki niepostrzegalnym zmysłowo przyrostom punkty przekształcają się w linie, fluksje linii tworzą powierzchnię, a ich fluksje – ciała. Newton odróżniał jednak przestrzeń abso-

³ Zagadnienie genezy nowożytnych koncepcji przestrzeni jest analizowane w artykule: Z. E. Roskał, *Miejsce, próżnia i przestrzeń w przednewtonowskiej filozofii przyrody*, „Roczniki Filozoficzne” 52 (2004), nr 1, s. 113-144.

⁴ A. R. Hall, M. B. Hall, *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton. A Selection From the Partsmouth Collection in the University Library*, Cambridge 1962.

lutną od przestrzeni relacyjnej, zwaną przez niego przestrzenią zmysłową. Jednakże tylko tę pierwszą uważał za realną, ale uzasadnienia dla niej nie szukał tylko w koncepcji absolutnego ruchu, lecz także w naturze Boga i Boskiej mocy.

Źródeł koncepcji przestrzeni relacyjnej możemy poszukiwać przede wszystkim w pracach Leibniza⁵ i Huygensa. Najważniejszą intuicją, którą koncepcja ta rozwijała, było przekonanie, zgodnie z którym przestrzeń może być konceptualizowana jako zbiór relacji, w jakich pozostają do siebie ciała. Zdaniem Leibniza ludzie dochodzą do utworzenia pojęcia przestrzeni w ten sposób, że „[...] zauważają, że wiele rzeczy istnieje równocześnie i znajdują w tym pewien porządek istnienia. [...]. Z czego widać, że aby mieć ideę miejsca, a co za tym idzie ideę przestrzeni, wystarczy uwzględnić odniesienia oraz prawa ich zmian, nie potrzebując zgoła przedstawiać tu sobie żadnej rzeczywistości absolutnej znajdującej się poza rzeczami, których położenia bierze się pod uwagę”⁶.

Na tle polemik między zwolennikami Newtona i Leibniza⁷ pojawiła się – jako *sui generis* rozwiązanie kompromisowe – E. Kanta koncepcja przestrzeni. Według Kanta „[...] przestrzeń i czas są tymi danymi naocznymi (*Anschauungen*), które czysta matematyka kładzie u podstaw swych poznań i sądów, występujących zarazem jako apodyktyczne i konieczne [...]. Geometria kładzie u [swych] podstaw czystą naoczność przestrzeni. [...] Przez to jednak właśnie, że są one czystymi danymi naocznymi, wykazują, że są tylko formami naszej zmysłowości, które muszą wyprzedzać wszelkie oglądanie empiryczne, tj. spostrzeżenie rzeczywistych przedmiotów, i zgodnie z którymi można przedmioty poznawać *a priori*, lecz co prawda tylko tak,

⁵ Por. m.in. E. J. Khamara, *Leibniz' Theory of Space: A Reconstruction*, „The Philosophical Quarterly” 43 (1993), s. 472-488; R. Athur, *Space and Relativity in Newton and Leibniz*, „British Journal for the Philosophy of Science” 45 (1994), s. 219-240.

⁶ G. W. Leibniz, *Wyznanie wiary filozofa... oraz inne pisma filozoficzne*, Warszawa 1969, s. 385-386.

⁷ W sporze prowadzonym na osi absolutyzm – relacjonizm, który jest kontynuacją polemiki toczonej między Leibnizem i Clarkiem, opcja relacjonistyczna była rozwijana głównie przez G. Berkeleya i E. Macha, który poszerzył i pogłębił krytyczne argumenty wysuwane przez Berkeleya przeciwko koncepcji przestrzeni absolutnej. Zgodnie z tzw. zasadą Macha warunkiem istnienia przestrzeni jest obecność ciał materialnych. Ta filozoficzna koncepcja w znacznym stopniu wpłynęła na genezę teorii względności, ale w późniejszych jej sformułowaniach nie była w całej rozciągłości respektowana. Por. m.in. przywołany w poprzednim przypisie artykuł R. Athura *Space and Relativity in Newton and Leibniz*.

jak się nam one przejawiają”⁸. Według Kanta przestrzeń zatem nie jest ani pojęciem, ani naocznością empiryczną, ale naocznością czystą. W kantowskiej koncepcji przestrzeni można jednak wyróżnić dwa odmienne jej rodzaje: (1) przestrzeń transcendentálną i (2) przestrzeń empiryczną. Przestrzeń transcendentálna jest czystą formą naoczności leżącą u podstaw geometrii euklidesowej, przestrzeń empiryczna zaś jest nadbudowaną nad nią abstrakcyjną przestrzenią fizyczną, do której przechodzi się dzięki relacjom łączącym ją z przestrzenią euklidesową⁹.

4. KONCEPTUALIZACJE PRZESTRZENI W RÓŻNYCH NURTACH FILOZOFICZNYCH

W dziejach filozofii (filozofii przyrody) najczęściej pojęcie przestrzeni konstruowano z wykorzystaniem istniejących lub projektowanych koncepcji materii. Przestrzeń i materia tworzyły w większości systemów filozoficznych parę kategoriałną, jednakże relacje między członami tej pary różnie definiowano, co jednak nie miało decydującego znaczenia dla idealistycznego (spirytualistycznego) czy materialistycznego charakteru danego systemu. W tradycji filozoficznej pojęcie przestrzeni radykalnie przeciwstawiono jednak pojęciu czasu, uznając kategorię przestrzeni za wyraz deformacji rzeczywistości, która ze swej istoty jest czasowa (H. Bergson, M. Heidegger). Jednakże z drugiej strony zarówno w języku potocznym, jak i naukowym daje się zauważyć proces spacializacji wyrażen temporalnych.

W europejskiej tradycji filozoficznej byt materialny najczęściej był pojmo-
wany jako byt przestrzenny (rozciągły). Kategoria ta była następnie eksplikowana w ramach określonych systemów filozoficznych. W filozofii scholastycznej i neoscholastycznej, zwłaszcza w neotomizmie, przestrzenność zaliczana jest do kategorii rozciągłości, tzn. ilości ciągłej, którą rozumie się jako tę własność ciał, dzięki której jedne części ciała znajdują się obok drugich, ale nie jako aktualnie wyróżnione, lecz jako potencjalnie dające się wyróżnić. Jedna

⁸ E. Kant, *Prelogomena do wszelkiej przyszłej metafizyki, która będzie mogła wystąpić jako nauka*, tł. B. Borstein, Warszawa 1960, s. 47-48.

⁹ W języku polskim istnieje monografia poświęcona tym zagadnieniom: R. Liberkowski, *Przestrzeń i czas w filozofii transcendentálnej Kanta*, Poznań 1994, która wychodzi poza ustalenia zawarte w klasycznej już monografii Ch. Garnetta *The Kantian Philosophy of Space* (New York 1939).

z centralnych tez filozofii neotomistycznej głosi, że w ciałach należy odróżnić substrat metafizyczny od właściwości tych ciał. Między metafizycznym substratem (dostępnym jedynie poznaniu umysłowemu) a fizycznymi właściwościami ciał (dostępnymi na gruncie poznania zmysłowego) zachodzi realna różnica. To jednak nie rozciągłość konstytuuje istotę bytu materialnego. Rozciągłość (ilość ciągła) jest jedynie zewnętrznym przejawem wewnętrznej determinacji ciała, którą ostatecznie fundują metafizyczne komponenty w postaci materii pierwszej i formy substancjalnej. Rozciągłość rozumie się jako zewnętrzny przejaw tej fundamentalnej determinacji oraz ontyczne podłoże innych własności. Inaczej to ujmując, materialność ciał konstytuowana jest dzięki kategorii rozciągłości (przestrzenności), która pozwala nie tylko na myślowe wyodrębnienie części ciała, ale również na faktyczną parcjalizację (rozcłonkowanie) ciał. To, że możemy myśleć o ciałach jako o obiektach dających się dzielić w nieskończoność, jest możliwe dzięki temu, że ciała są rozciągłe (przestrzenne). W nurcie filozofii arystotelesowsko-tomistycznej materialność była definiowana z uwzględnieniem m.in. takich predykatów jak podzielność. Obiekty punktowe, nie posiadające rozciągłości, oraz obiekty proste, nie posiadające struktury wewnętrznej, nie mogły być kwalifikowane jako byty materialne¹⁰. W tym kontekście sytuowane są też spory o podzielność materii oraz możliwość istnienia próżni. W tradycji arystotelesowsko-tomistycznej konsekwentnie odrzucono atomizm, tzn. poglądy, zgodne z którym istnieje kres podzielności materii, oraz tezę o istnieniu próżni, która pełniła zasadniczą rolę w doktrynach atomistycznej filozofii przyrody.

Rozważając kategorię przestrzeni z perspektywy europejskiej tradycji filozoficznej, należy przede wszystkim zauważyć, że byty materialne kwalifikowane są jako obiekty przestrzenne, a ściślej – jako obiekty przestrzenno-czasowe tylko w ramach filozofii (ontologii) realistycznych. W ramach tych ontologii przestrzeń uważana jest za równie obiektywną, jak i ciała, ale jej istnienie tylko na gruncie niektórych stanowisk (substancjalizm) jest niezależne od ciał. Filozofie zorientowane scjentystycznie do charakterystyki kategorii przestrzeni wykorzystują aparat pojęciowy matematyki i nauk przyrodniczych. Przyjmuje się wówczas, że topologiczne (m.in. trójwymiarowość, ciągłość, spójność /wielospójność/) i metryczne własności przestrzeni są wyznaczone przez kauzalne związki obiektów makroświata.

¹⁰ Powyższe uwagi na temat ujęć kategorii przestrzeni w filozofii neotomistycznej, poszerzone o kontekst sporów historiograficznych, można znaleźć w artykule: Z. E. R o s k a l, *Miejsce, próżnia i przestrzeń w przednewtonowskiej filozofii przyrody*, s. 117-118.

Obiektywność przestrzeni jest zatem ufundowana na obiektywnym istnieniu świata (materii) a własności topologiczne przestrzeni zależą od fizycznych praw opisujących obiekty materialne.

W ontologiach subiektywistycznych przestrzeń jest traktowana jako byt subiektywny (idealny) lub konstrukcja umysłu; w szczególności rozumie się ją jako: 1) relacje zachodzące między wrażeniami zmysłowymi (np. w filozofii Berkeleya, Hume'a oraz w tzw. fenomenalizmie danych zmysłowych); 2) aprioryczne formy percepcji zmysłowych wrodzone podmiotowi poznania (np. w transcendentálním idealizmie Kanta); 3) użyteczna fikcja (w fikcjonalizmie /pozytywizmie krytycznym/ H. Vaihingera). W ramach filozofii idealizmu subiektywnego przestrzeń badana jest wyłącznie w aspekcie epistemologicznym i traktowana jest jako forma lub własność bądź to subiektywnych doświadczeń podmiotu, bądź samego podmiotu.

W idealizmie transcendentálním E. Husserla pojęcie przestrzeni uwikłane jest w opis fenomenologiczny zorientowany na naoczność. W języku fenomenologicznym występuje szereg terminów spacji (metaforyka przestrzenna), m.in.: horyzont, pole, centrum, tło, wypełnienie, luka, które odgrywają istotną rolę w procesie konstytuowania kategorii przestrzeni¹¹. W ujęciu Husserla świadomość i świat różnicują się w wyniku zasadniczo odmiennych sposobów ich naocznego ujęcia¹². Z kolei w filozofii Wittgensteina tzw. przestrzeń logiczna jest zbiorem wszelkich możliwych myśli, czyli mentalnych obrazów możliwych stanów rzeczy.

5. KONCEPCJE PRZESTRZENI W MATEMATYCE

Rozwijane w matematyce koncepcje przestrzeni są wynikiem uogólnień i modyfikacji pojęć geometrii euklidesowej, jednakże proces ten w istotny sposób został zmodyfikowany przez filozoficznie inspirowaną absolutyzację geometrii euklidesowej, dokonaną w ramach filozofii transcendentальной Kanta. W wyniku procesu, który miał miejsce w pierwszej połowie XIX

¹¹ Por. S. J u d y c k i, *Niektóre problemy husserlowskiej teorii konstytucji przestrzeni*, „Roczniki Filozoficzne” 29 (1981), z. 1, s. 125-163.

¹² Por. P. A. H e e l a n, *Husserl's Later Philosophy of Natural Science*, „Philosophy of Science” 54/3 (1987), s. 368-390, 371, gdzie zwraca się uwagę na wpływ programu z Erlangen Felixa Kleina na koncepcję przestrzeni Husserla. Por. także J. N. M o h a n t y, *Husserl and Frege*, Bloomington 1982, s. 91, 96, gdzie analizowane są wzajemne zależności między Hilbertem i Husserlem w kontekście teorii przestrzeni.

wieku, tzw. przestrzeń euklidesowa (trójwymiarowa geometria euklidesowa) została uogólniona do tzw. wielowymiarowych (n -wymiarowych) geometrii euklidesowych oraz geometrii nieeuklidesowych (geometria sferyczna, geometria hiperboliczna).

Odkrycie nowych geometrii było wpisane w podejmowane przez matematyków nieudane próby udowodnienia piątego postulatu Euklidesa. Przedsięwzięcia te – paradoksalnie – prowadziły do konstrukcji tzw. geometrii nieeuklidesowych. Nowe ujęcie geometrii było dziełem F. Gaussa, J. Bolyaia i A. N. Łobaczewskiego. Według Łobaczewskiego nowa geometria jest równoważna geometrii Euklidesa, gdyż można w niej rozwiązywać problemy geometryczne dowolnego stopnia komplikacji. Stanowisko Łobaczewskiego wynikało z przekonania, zgodnie z którym ścisłość logiczna matematyki nie była nadrzędnym ideałem poznawczym, ale jednym ze środków prowadzących do wykrycia wzajemnych związków łączących geometrię z naukami przyrodniczymi, zwłaszcza zaś z astronomią.

Wyniki prac matematyków konstruujących nowe typy geometrii zostały uogólnione przez B. Riemanna, który wprowadził pojęcie różnorodności (*Mannigfaltigkeit*). Koncepcję wielokrotnie rozciągłej wielkości Riemann wyprowadził z wpływowej ówczesnie w kręgu języka niemieckiego filozofii J. F. Herbarta, osnutej na naturalistyczno-mechanistycznej wizji rzeczywistości przyrodniczej. Jednakże celem Riemanna była nie tylko rekonstrukcja podstaw geometrii, ale zarazem taka konceptualizacja przestrzeni, która pozwoliłaby na bardziej adekwatne ujęcie świata materialnego przez nauki przyrodnicze.

We współczesnej matematyce pojęcie przestrzeni definiuje się jako zbiór dowolnych obiektów, które przez analogię z geometrią nazywane są punktami, ale najczęściej są to funkcje. W ramach tej konwencji własności tych obiektów definiowane są jako relacje zachodzące pomiędzy tak rozumianymi „punktami”. Relacje te określają nam „geometrię” danej przestrzeni. Ujęcie to pozwala na badanie charakteru abstrakcyjnych obiektów przy użyciu terminologii semispacjalnej. Tego typu metoda generuje szereg różnego rodzaju „przestrzeni”, z których najważniejsze kategorie to m.in.:

- 1) przestrzeń topologiczna;
- 2) przestrzeń metryczna;
- 3) przestrzeń afiniczna.

Różne wersje tych przestrzeni dają – wykorzystywane przez współczesne matematyczne przyrodznawstwo – bardziej złożone, a zarazem lepiej dostosowane do potrzeb zastosowań w praktyce badawczej typy przestrzeni m.in.

- 1) (czaso)przestrzeń pseudoriemannowa (kosmologia, ogólna teoria względności);
- 2) (czaso)przestrzeń (psudoeuklidesowa) Minkowskiego (szczególna teoria względności);
- 3) przestrzeń Hilberta (mechanika kwantowa);
- 4) przestrzeń konfiguracyjna (mechanika klasyczna).

6. POJĘCIE PRZESTRZENI W NAUKACH PRZYRODNICZYCH

Ukonstruowane na gruncie nowożytnej fizyki pojęcie przestrzeni rozwijało się wraz z proliferującymi się teoriami przyrodniczymi. Z perspektywy tego rozwoju możemy powiedzieć, że przestrzeń to pewna struktura modelowana za pomocą obiektów matematycznych. To ahistoryczne ujęcie można jednak modyfikować pod wpływem aktualnej praktyki eksperymentalnej. Konstrukcja fizycznego pojęcia przestrzeni ufundowana jest na pojęciu odległości między dwoma punktami znajdującymi się na ciele sztywnym (metryka). Dlatego też możemy mówić o przestrzeni danego ciała. Rozwój geometrii (wyznaczony przejściem od geometrii euklidesowej do geometrii nieeuklidesowych) i mechaniki (określony jej ewolucją od mechaniki newtonowskiej do ogólnej teorii względności) wskazuje na komplementarność i współzależność pojęć przestrzeni i materii (ciała), które tworzą nierozłączną parę kategorialną (sposób rozumienia przestrzeni zależy od koncepcji materii i *vice versa*).

W naukach przyrodniczych (fizyka) pojęcie przestrzeni zostało nie tylko silnie związane z pojęciem materii, lecz także zostało uwikłane w pojęcie czasu, tworząc nową kategorię czasoprzestrzeni¹³. W tym kontekście zostało

¹³ Pojęcie czasoprzestrzeni do nauki współczesnej wprowadził Herman Minkowski (1864-1909) w celu geometrycznego ujęcia wyników szczególnej teorii względności. W wykładzie z 21 września 1908 r., wygłoszonym w Kolonii podczas 80. Zjazdu Niemieckich Przyrodników i Lekarzy, stwierdził, że nowa koncepcja czasu i przestrzeni powstała na gruncie fizyki eksperymentalnej jest radykalnie odmienna od tradycyjnych, gdyż „[...] od dziś przestrzeń jako taka i czas jako taki są skazane na zejście do roli czczych cieni, a jedynie pewien rodzaj ich zespolenia zachowa swą niezależną rzeczywistość”. Cyt. za: M. Heller, M. Lubanski, Sz. Ślaga, *Zagadnienia filozoficzne współczesnej nauki. Wstęp do filozofii przyrody*, Warszawa 1992, s. 222 (tekst wykładu H. Minkowskiego ukazał się w „Physikalische Zeitschrift” 10 (1909), 104). Ogólna teoria względności oraz tzw. standardowy model oddziaływań elementarnych ugruntowały pojęcie czasoprzestrzeni jako jednego z podstawowych pojęć we współczesnej fizyce. Jednakże wbrew opinii Minkowskiego współczesna fizyka ustanawia dwie istotne różnice między czasem

rozwinęte (A. N. Whitehead) aktywistyczne ujęcie przyrody, które swoiście rozumiane „zdarzenia” traktuje jako fundament rzeczywistości.

We współczesnej fizyce czasoprzestrzeń definiujemy jako zbiór wszystkich zdarzeń. W fizyce zdarzenie (zdarzenie elementarne), jest idealizacją zjawiska fizycznego lub zdarzenia w sensie potocznym polegającą na pominięciu jego rozmiarów przestrzennych (punkt materialny) i okresu trwania (zdarzenie chwilowe). Zdarzenie można umiejscowić w czasoprzestrzeni przez podanie jego czterech współrzędnych – trzy z nich określają położenie w przestrzeni, czwarta współrzędna to czas. Współrzędne czasoprzestrzenne przyjmują wartości w zbiorze liczb rzeczywistych – jako obiekt matematyczny czasoprzestrzeń jest zatem czterowymiarową rozmaitością różniczkową. W odróżnieniu od absolutnej przestrzeni Newtona i relacyjnej przestrzeni Leibniza w szczególnej teorii względności twierdzi się, że przestrzeń (i czas) rozpatrywana oddzielnie jest względna, natomiast czasoprzestrzeń jest bytem absolutnym. Ważną modyfikacją w teorii przestrzeni wniesioną przez ogólną teorię względności jest powiązanie struktury geometrycznej świata z grawitacją. Einstein był przekonany, że Ogólna Teoria Względności jest fizycznym modelem relacyjnej koncepcji przestrzeni. Jednakże – w ujęciu Einsteina – nie tyle została utożsamiona przestrzeń z materią co czasoprzestrzeń z polem grawitacyjnym, a ściślej metryka czasoprzestrzeni z potencjałem grawitacyjnym. Według równań OTW tzw. tensor energii-pędu, opisujący rozkład materii (mas) w skali kosmicznej wyznacza składowe tensora metrycznego, opisującego strukturę czasoprzestrzeni¹⁴.

i przestrzenią, wyrażające się m.in. w tym, że 1) struktura geometryczna tzw. czasoprzestrzeni Minkowskiego nie jest euklidesowa, ale pseudoeuklidesowa; 2) zasadniczo odmiennie wprowadza się pojęcie przestrzeni i czasu do języka fizyki. Terminy desygnujące interwały przestrzenne wprowadza się na mocy innych definicji operacyjnych niż terminy definiujące interwały czasowe. Literatura poświęcona tym zagadnieniom jest bardzo bogata (por. m.in. J. G o ł o s z, *Spór o naturę czasu i przestrzeni. Wybrane zagadnienia filozofii czasu i przestrzeni Johna Earmana*, Kraków 2001; B. M u n d i, *Relational Theories of Euclidean Space and Minkowski Spacetime*, „Philosophy of Science” 50 (1983), s. 205-226; M. F r i e d m a n, *Foundations of Space-Time Theories. Relativistic Physics and Philosophy of Science*, Princeton–New Jersey 1983; W. K o p c z y Ń s k i, A. T r a u t m a n, *Czasoprzestrzeń i grawitacja*, Warszawa 1981).

¹⁴ Jednakże bezpośrednio po ogłoszeniu Ogólnej Teorii Względności Wilhelm de Sitter znalazł takie rozwiązanie kosmologicznych równań Einsteina, które przedstawiało świat pusty (z zerową gęstością materii), ale mający ściśle określoną strukturę czasoprzestrzenną. Rozwiązanie to dowodzi, że Ogólna Teoria Względności nie może rościć sobie pretensji do tego, że jest fizycznym modelem relacyjnej koncepcji przestrzeni, gdyż materialna zawartość Wszechświata modyfikuje strukturę czasoprzestrzenną tylko do pewnego stopnia. Możemy przyjąć, że materia nie determinuje tej struktury całkowicie, ponieważ istnieją rozwiązania „puste”. Ogólna Teoria

Zakładana przez szczególną i ogólną teorię względności przestrzeń abstrakcyjna ma jednak zupełnie inne własności niż (abstrakcyjna) przestrzeń występująca w mechanice kwantowej. Najważniejszą różnicą jest to, że mechanika kwantowa zakłada nielokalność przestrzeni. Na gruncie klasycznych teorii fizycznych oddziaływania między obiektami znajdującymi się w przestrzeni były uwarunkowane przemieszczaniem się nośników danego typu oddziaływania. Mechanika kwantowa dopuszcza natomiast natychmiastowe oddziaływanie między przestrzennie separowanymi obiektami (tzw. eksperyment EPR), co sugeruje globalny charakter przestrzeni¹⁵. Z kolei pojęcia spacialne na gruncie klasycznych teorii fizycznych wykorzystywane są do identyfikacji i indywidualizacji makroskopowych obiektów materialnych, stanowiąc warunek *sine qua non* ich nieidentyczności jakościowej. Natomiast w przypadku obiektów mikroskopowych badanych przez mechanikę kwantową identyczność jakościowa nie wyklucza identyczności numerycznej.

We współczesnej fizyce były podejmowane próby (W. K. Clifford, J. A. Wheeler) geometryzacji fizyki klasycznej (przestrzenna teoria materii) oraz uogólniania tego programu na mechanikę kwantową (tzw. geometrodynamika kwantowa). Najnowsze teorie fizyczne (tzw. teoria superstrun) usiłujące unifikować ogólną teorię względności z mechaniką kwantową zawierają idee przestrzeni wielowymiarowej, w której dodatkowe wymiary są zwinięte (skompaktyfikowane). Według tzw. M-teorii, która jest próbą uogólnienia pięciu modeli teorii superstrun przestrzeń ma 10 wymiarów (odpowiednio czasoprzestrzeń ma 11 wymiarów).

Z kolei tzw. pętlowa teoria grawitacji, która jest inną strategią unifikacji Ogólnej Teorii Względności i mechaniki kwantowej proponuje wizję przestrzeni w ewoluującym wszechświecie (przed tzw. progiem Plancka 10^{-44} s) jako sieci relacji między zbiorami dyskretnych obiektów (tzw. pętle Wilsona i Poliakowa). W innym ujęciu unifikacji mechaniki kwantowej z Ogólną Teorią Względności proponuje się (A. Connes) zastosowanie formalizmu geometrii niekomutatywnych¹⁶ (nieprzemiennej). W przestrzeniach nieprzemiennej takie pojęcia jak punkt i jego otoczenie nie mają żadnych

Względności jest zatem fizycznym modelem filozoficznej doktryny pośredniej pomiędzy koncepcją przestrzeni absolutnej a koncepcją przestrzeni relacyjnej.

¹⁵ Upraszczając można powiedzieć, że najbardziej podstawową funkcją przestrzeni w ujęciu mechaniki klasycznej jest to, że stanowi ona ośrodek oddzielający jedno ciało od drugiego. W mechanice kwantowej funkcja ta na ogół nie jest spełniana.

¹⁶ A. C o n n e s, *Noncommutative geometry*, San Diego 1994. Francuska wersja tej monografii ukazała się cztery lata wcześniej (*Géométrie non commutative*, Paris 1990).

ustalonych sensów, dlatego też tego typu przestrzenie nadają się do wykorzystania w globalnych ze swej istoty teoriach mechaniki kwantowej. Prace prowadzone w kierunku wykorzystania geometrii nieprzemiennej do unifikacji mechaniki kwantowej z ogólną teorią względnością uprawdopodobniają tezę, według której na podstawowym poziomie rzeczywistości przestrzeń nie może mieć tradycyjnie przypisywanych jej własności, tj. lokalność czy różniczkowalność¹⁷.

W naukach przyrodniczych abstrakcyjne pojęcia przestrzeni rozwijane są nie tylko w fizyce, ale także m.in. w biologii. Obok adaptacji koncepcji przestrzeni, które wykorzystywane są w biologii opisowej w związku z badaniami organizmów w biosferze (m.in. specjacja) pojawiają się abstrakcyjne koncepcje przestrzeni wykorzystywane w zmatematyzowanych obszarach teorii biologicznych. Wśród tych teoretycznych konstruktów szczególnie ważna jest koncepcja przestrzeni nomologicznej stanów (będąca analogiem przestrzeni konfiguracyjnej) wykorzystywana w systematyce i w teoretycznych opisach morfologii organizmów. Szczególnym przypadkiem tej koncepcji jest relacyjna przestrzeń genotypu i fenotypu (wykorzystywana m.in. przy rozważaniu przejść między kolejnymi pokoleniami organizmów dziedziczących fragmenty struktur DNA, determinujące pojawienie się osobniczych cech fenotypowych).

7. PRZESTRZEŃ W NAUKACH HUMANISTYCZNYCH

W naukach humanistycznych kategoria przestrzeni jest nie tylko zakładana, ale także jest przez nie badana. Przede wszystkim pojęcie przestrzeni jest szeroko wykorzystywane w naukach historycznych (historia doktryn politycznych i prawnych, historia sztuki itp.), ale także w antropologii kulturowej, psychologii, socjologii¹⁸ i ekonomii. Ważnym zagadnieniem analizowanym przede wszystkim w psychologii, ale także w antropologii kultu-

¹⁷ Problematyce tej serii prac poświęcili M. Heller i W. Sasin. Najnowsze prace na ten temat to m.in.: M. Heller, W. Sasin, L. Pysiak, *Noncommutative Unification of General Relativity and Quantum Mechanics*, „Journal of Mathematical Physics” 46 (2005), s. 122501-122516; M. Heller, *Evolution of Space-Time Structures*, „Concepts of Physics” 3 (2006), s. 119-133; J. Madore, J. Mourad, *Quantum space-time and classical gravity*, „Journal of Mathematical Physics” 39 (1998), s. 423-442.

¹⁸ Por. m.in. J. Crozier, *Geometrie dans l'espace social*, „Revue Internationale de Philosophie” 56 (2002), s. 195-225.

rowej jest kwestia genezy (źródeł) postrzegania przestrzennego. Problem ten analizowany jest zarówno w aspekcie filogenetycznym, jak i ontogenetycznym. Filozoficznie doniosłe są badania psychologiczne prowadzone w zakresie ograniczeń poznania zmysłowego oraz jego możliwych błędów.

Problemem przyciągającym więcej uwagi jest jednak analiza tzw. przestrzeni symbolicznej. W tym kontekście pojawiają się m.in. takie pojęcia jak przestrzeń diegetyczna (przestrzeń rekonstruowana za pomocą zaszyfrowanego w dziele literackim lub filmowym kodu), przestrzeń kulturowa, przestrzeń oniryczna, przestrzeń archetypowa itp.

Ważne wyniki pojawiają się również w socjologii w związku z badaniami nad koncepcjami przestrzeni w kontekście wynalazków i rozwoju technologii. Socjolog Derrick de Kerckhove¹⁹ twierdzi nawet, że należy walczyć z mitem – wytworzonym w europejskiej tradycji filozoficznej – neutralnej przestrzeni²⁰. Według de Kerckhove'a już odkrycie alfabetu (i narzucony przez niego sposób czytania i pisanie) warunkowało nową percepcję przestrzeni²¹. Rozwój zaawansowanych technologii multimedialnych i Internetu pozwolił na przewyższenie tradycyjnych ograniczeń przestrzeni (m.in. niemożliwość bilokacji). Dzięki tzw. cyberprzestrzeni, która umożliwia tworzenie rzeczywistości wirtualnej, stającej się realnym przedłużeniem aparatu percepcyjnego człowieka i ułatwiającej interpersonalną komunikację proces ten został zintensyfikowany do tego stopnia, że współcześnie niezbędne staje się wytworzenie nowej przestrzennej wrażliwości²².

Współcześnie koncepcje przestrzeni bada się także w różnych projektach interdyscyplinarnych grupujących m.in. takie nauki humanistyczne, jak antropologia, socjologia i psychologia, ale także w powiązaniu z innymi naukami,

¹⁹ Jest on głównym kontynuatorem idei wysuniętych McLuhana, ale także zapewnia im organizacyjne ramy jako dyrektor Programu McLuhan w Ośrodku Kultury i Technologii

²⁰ Autor ten zapewne nazywa tak koncepcję przestrzeni absolutnej. Intuicje jego nie też są wpisywane w kontekst tradycyjnych sporów prowadzonych w filozofii przyrody.

²¹ Koncepcja ta została rozwinięta w pracy: D. de Kerckhove, Ch. J. Lumsden (eds), *The Alphabet and the brain: the lateralization of writing*, Berlin–New York 1988.

²² Por. D. Kerckhove, *Communication Arts for a New Spatial Sensibility*, „Leonardo” 42/2 (1991), s. 131-135, gdzie twierdzi się, że w związku z rozwojem tzw. psychotechnologii (termin ukuty przez D. Kerckhove'a przez analogię do wcześniej funkcjonującego terminu „biotechnologia”) potrzebna jest nowa wrażliwość przestrzenna. Por. także D. Kerckhove, *The skin of culture: investigating the new electronic reality*, Toronto 1995 (przekład pol.: *Powłoka kultury: odkrywanie nowej elektronicznej rzeczywistości*, tł. W. Sikorski, P. Nowakowski, Warszawa 2001²), gdzie idee te są rozwijane i precyzowane.

m.in. architekturą (architektura krajobrazu, architektura wnętrz), uzyskując interesujące wyniki poznawcze²³.

8. UWAGI KOŃCOWE

Przestrzeń należy do tych kategorii epistemicznych, które występują w różnych naukach. Z tego powodu jest też przedmiotem zainteresowania filozofii. Koncepcje przestrzeni były rozwijane w ramach europejskiej tradycji filozoficznej zarówno w oparciu o doświadczenie przednaukowe, jak i doświadczenie naukowe. Współczesne koncepcje przestrzeni konstruowane są głównie na kanwie idei, które wysuwane są na gruncie nauk przyrodniczych i matematyki. Jednakże rozwój nauki i technologii, w tym technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych, na tyle jest ważny poznawczo, że przekłada się na modyfikacje koncepcji przestrzeni, które tworzyły się tradycyjnie w kontekście potocznego i naukowego doświadczenia.

BIBLIOGRAFIA

- Algra K. A.: *Concepts of Space in Greek Thought*, Leiden–New York–Köln: E. J. Brill 1995.
- Ashtekar A. (ed.), *100 years of relativity: space-time structure: Einstein and beyond*, Hackensack, N.J.: World Scientific 2005.
- Arthur R.: *Space and Relativity in Newton and Leibniz*, „British Journal for the Philosophy of Science” 45 (1994), s. 219-240.
- Buroker J. V.: *Space and Incongruence: The Origin of Kant’s Idealism*, D. Reidel Publishing Company 1981.
- Crozier J.: *Geometrie dans l’espace social*, „Revue Internationale de Philosophie” 56 (2002), s. 195-225.
- Earman J.: *World Enough and Space-Time*, MIT Press 1989.
- Forbes G.: *Places as Possibilities of Location*, „Nous” 21 (1987), s. 295-318.
- Friedman M.: *Foundations of Space-Time Theories. Relativistic Physics and Philosophy of Science*, Princeton, New Jersey: Princeton University Press 1983.
- Gołosz J.: *Spór o naturę czasu i przestrzeni. Wybrane zagadnienia filozofii czasu i przestrzeni Johna Earmana*, Kraków: Wydawnictwo UJ 2001.
- Grant E.: *Much Ado about Nothing: Theories of Space and Vacuum from the Middle Ages to the Scientific Revolution*, Cambridge: Cambridge University Press 1981.
- Heelan P. A.: *Space-Perception and the Philosophy of Science*, Berkeley: University of California Press 1983.

²³ Por. m.in. A. Vogler, J. Jørgensen, *Windows to the World, Doors to Space: The Psychology of Space Architecture*, „Leonardo” 38/5 (2005): 391-399.

- Judycki S.: Niektóre problemy husserlowskiej teorii konstytucji przestrzeni, „Roczniki Filozoficzne”, 29 z. 1 (1981), s. 125-163.
- Kamiński W. A., Nowak G., Symotiuik S. (red.), *Przestrzeń w nauce współczesnej*, Zamość: Wyższa Szkoła Zarządzania i Administracji 2003.
- Kharama E. J.: Leibniz' Theory of Space: A Reconstruction, „The Philosophical Quarterly” 43 (1993), s. 472-488.
- Klein C.: Conventionalism and realism in Hans Reichenbach's philosophy of geometry, „International Studies in the Philosophy of Science” 15/3 (2001), s. 243-251.
- Kleinman S. (ed.), *Displacing place: Mobile communication in the twenty-first century*, New York: Peter Lang 2007.
- Kopczyński W., Trautman A.: *Czasoprzestrzeń i grawitacja*, Warszawa: PWN 1981.
- Machamer P. K., Turnbull R. G. (eds.), *Motion and Time, Space and Matter: Interrelations in the History of Philosophy and Science*, Columbus: Ohio State University Press 1976.
- Morison B.: *On Location: Aristotle's Concept of Place*, Oxford: Clarendon Press 2002.
- Mundi B.: Relational Theories of Euclidean Space and Minkowski Spacetime, „Philosophy of Science” 50 (1983): 205-226.
- Newman A.: A Metaphysical Introduction to a Relational Theory of Space, „The Philosophical Quarterly” 39 (1989), s. 200-220.
- Nowicki A. (red.): *Filozofia przestrzeni*, Lublin: Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej 1985.
- Reichenbach H.: *The Philosophy of Space and Time*, New York: Dover 1957.
- Sklar L.: *Space, Time and Spacetime*, Berkeley: University of California Press 1976.
- Symotiuik S., Nowak G. (red.): *Przestrzeń w nauce współczesnej*, t. 1, Lublin: Wydawnictwo UMCS 1998.
- *Przestrzeń w nauce współczesnej*, t. 2, Lublin: Wydawnictwo UMCS 1999.
- *Przestrzeń w nauce współczesnej*, t. 3, Lublin: Wydawnictwo UMCS 2000.
- Torretti R.: *Philosophy of geometry from Riemann to Poincaré*, Boston: D. Reidel Pub. 1978.
- *Relativity and geometry*, New York: Dover Publications 1996.
- Van Cleve J., Frederick R. (eds.): *The Philosophy of Right and Left: Incongruent Counterparts and the Nature of Space*, Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers 1990.

THE CONCEPTS OF SPACE
IN SCIENCE AND IN THE PHILOSOPHY OF NATURE

Summary

The concepts of space are great inventions of the mind to help it comprehend the world. These notes provide an overview of this saga. The article covers the development of the current scientific and philosophical concepts of space through history, emphasizing the newest developments and ideas. The various concepts will be introduced in a historical order, this provides a measure of understanding as to how the ideas on which the modern theory of space is based were developed.

Translated by Zenon E. Roskal

Słowa kluczowe: przestrzeń, filozofia przyrody, nauki przyrodnicze, nauki humanistyczne.

Key words: space, philosophy of nature, natural sciences, humanities.

Information about Author: Prof. Dr ZENON E. ROSKAL – Chair of Theoretical Physics, Faculty of Philosophy, The John Paul II Catholic University of Lublin address for correspondence: Al. Raclawickie 14, PL 20-950 Lublin; e-mail: kronos@kul.lublin.pl