

Rutowski, Tadeusz

Czy wszechświat jest skończony przestrzennie i czasowo?

Studia Płockie 5, 198-211

1977

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 oraz w kolekcji mazowieckich czasopism regionalnych mazowsze.hist.pl.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Ks. Tadeusz Rutowski

CZY WSZECHŚWIAT JEST SKOŃCZONY PRZESTRZENNIE I CZASOWO?

Treść: Wstęp. 1. Wyjaśnienia terminologiczne. 2. Starożytny i średniowieczny pogląd na geometrię wszechświata. 3. Geometria wszechświata w czasach nowożytnych. 4. Krytyka poglądów nowożytnych na geometrię wszechświata. 5. Geometria nieeuklidesowa. 6. Główne idee teorii względności. 7. Współczesny pogląd na geometrię wszechświata. 8. Analiza widmowa światła a prawo Dopplera. 9. Filozoficzny aspekt czasowej skończoności świata. Zakończenie.

WSTĘP

Zagadnienie czasu i przestrzeni w ogóle, a wszechświata w szczególności, niepokoiło i niepokoi człowieka. Tym zagadnieniem zajmowali się filozofowie i jeszcze Mikołaj Kopernik był przekonany, że jest to problem czysto filozoficzny.¹ Od powstania jednak na początku XX wieku szczególnej i ogólnej teorii względności Alberta Einsteina stało się jasne, że filozofowie przyrody powinni się liczyć z teoriami fizyki dotyczącymi czasu i przestrzeni, jeśli nie chcą narazić się na uzasadniony zarzut aprioryzmu czy też na „nienaukowe” uprawianie filozofii.

Wyniki teorii względności zmusiły filozofów do modyfikacji niektórych poglądów dotyczących czasu i przestrzeni. Mianowicie okazało się, że problemu czasu nie powinno się oddzielnie rozpatrywać od problemu przestrzeni, gdyż istnieje ścisły związek wyrażony równaniem algebraicznym łączącym trzy współrzędne przestrzeni z współrzędną czasu.² Związek ten między innymi informuje nas, że nie można traktować czasu jako wielkości nieskończonej, a przestrzeni jako wielkości skończonej lub odwrotnie. Teoretycznie biorąc — zgodnie z przedstawionym równaniem — zarówno czas jak i przestrzeń są razem albo wielkościami skończonymi albo nieskończonymi. Gdyby np. przestrzeń była wielkością nieskończoną a czas skończoną, lub przestrzeń wielkością skończoną a czas nieskończoną to związek wyrażony równaniem byłby

¹ „Pytanie czy wszechświat jest skończony, czy nieskończony, zostawmy do dyskusji filozofom przyrody”, Mikołaj Kopernik, O obrotach ciał niebieskich, Warszawa 1953 s., 63.

² Oto równanie: $x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$, gdzie x, y, z to trzy współrzędne przestrzeni, c — prędkość światła zawsze jednakowa oraz t — współrzędna czasowa.

sprzeczny. Jedna strona równania byłaby w takim przypadku wielkością skończoną a druga nieskończoną.

Teoria względności również wskazała na to, że pomiary czasu i przestrzeni zależne będą od ruchu obserwatora bądź przedmiotu obserwowanego, oraz są zależne od ilości i rozmieszczenia przedmiotów materialnych. W związku z tym zarówno subiektywna teoria czasu i przestrzeni. E. Kanta, jak i skrajnie obiektywna teoria I. Newtona absolutyzujące czas i przestrzeń nie są zgodne z współczesną fizyką. Relatywna zaś teoria czasu Arystotelesa, traktująca czas jako atrybut zmiany ruchu, jest nadal aktualna.

Nie wchodząc w szczegółowe uzasadnienie wspomnianych uwag i nie omawiając innych problemów związanych z czasem i przestrzenią przejdźmy do ustawienia problematyki, którą mamy się zająć.

Aby odpowiedzieć na problem postawiony w tytule pracy, należy określić, co rozumiemy przez terminy: „wszechświat”, „skończony”, „czas”, „prze-strzeń”. Po ustaleniu znaczenia używanych terminów zajmiemy się najpierw zagadnieniem geometrii wszechświata — uwzględniając przynajmniej szkicowo — historię problemu, a następnie przejdziemy do zagadnienia skończoności czasowej wszechświata. Jak się okaże, do rozwiązania tych problemów konieczna jest znajomość niektórych działów fizyki współczesnej, a w związku z tym pojawi się stale aktualny problem stosunku nauk przyrodniczych do filozofii.

X Uwzględniając więc powyższe uwagi plan pracy będzie wyglądał następująco.

1. Wyjaśnienia terminologiczne.
2. Starożytny i średniowieczny pogląd na geometrię wszechświata.
3. Geometria wszechświata w czasach nowożytnych.
4. Krytyka poglądów nowożytnych na geometrię wszechświata.
5. Geometria nieeuklidesowa.
6. Główne idee teorii względności.
7. Współczesny pogląd na geometrię wszechświata.
8. Analiza widmowa światła a prawo Dopplera.
9. Filozoficzny aspekt czasowej skończoności wszechświata.
10. Zakończenie.

1. WYJAŚNIENIA TERMINOLOGICZNE

W książeczce: Kosmologia współczesna, Włodzimierza Zonna (wydanej w Warszawie w 1968 r. czytamy: „Kosmologia jest nauką o wszechświecie jako pewnej całości. Różni się od innych działów astronomii tym, że te nie stawiają sobie za cel poznania wszystkich obiektów kosmicznych, lecz ograniczają się do obiektów, które dają się obserwować bezpośrednio lub pośrednio: gwiazdy, mgławice, planety.³ Idąc po myśli autora można określić więc wszechświat jako największy istniejący w naturze zbiór obiektów fizycznych; albo inaczej — bardziej filozoficznie — zbiór istniejących wszystkich przedmiotów materialnych. Przez materię zaś będziemy rozumieć to, co rozumiał pisarz chrześcijański z II wieku po Chr. Klemens Aleksandryjski i co przyjmują w XX wieku filozofowie materializmu dialektycznego. A więc, że materia jest tym, co istnieje niezależnie od podmiotu poznającego i jest poznawalne zmysłami, albo inaczej — równoważnie — materia jest tym, co jest

³ Patrz str. 6.

zmiennie, istnieje w czasie i przestrzeni i podlega określonym prawom. W tym drugim określeniu wskazuje się na to, że każdy przedmiot materialny jest przestrzenny i istnieje w czasie, w związku z tym powstaje od razu problem, którym się zajmujemy, czy największy zbiór istniejących przedmiotów materialnych, jakim jest wszechświat, jest przestrzennie i czasowo skończony czy też nieskończony.

Istnieje wiele pojęć skończoności i nieskończoności,⁴ np. przez klasyczne pojęcie nieskończoności rozumie się zaprzeczenie skończoności, a przez skończone rozumie się to, co ma granicę, kres. Współcześnie jednak odróżnia się pojęcie nieskończoności od pojęcia nieograniczoności. Podaje się np., że powierzchnia kuli jest skończona, ale nieograniczona; głosi się również — jak zobaczymy — że wszechświat jest przestrzennie skończony, choć nieograniczony. W związku z tym należy szukać innego pojęcia nieskończoności.

Na początku XX wieku powstał dział matematyki zwany teorią mnogości. Na jej to terenie można spotkać relatywne pojęcie nieskończoności. Okazuje się bowiem, że są różne rodzaje nieskończonych zbiorów. Przedmiot pod jednym względem skończony pod innym może okazać się nieskończony. Przytoczę tu choćby znaną prawdę z analizy matematycznej, gdzie nieskończone zbiory nieskończenie małych dają skończone wielkości. Powstaje więc pytanie, o jaką więc skończoność (względnie nieskończoność) chodzi nam w omawianym problemie?

Na terenie teorii mnogości można spotkać następujące definicje: Zbiór X nazywa się skończony, jeżeli jest równoliczny ze zbiorem liczb naturalnych $(1, 2, \dots, n)$ dla pewnego naturalnego n . W przeciwnym wypadku mówimy, że zbiór X jest nieskończony. Zbiór nieskończony może być: przeliczalny (gdy jest równoliczny ze zbiorem wszystkich liczb naturalnych $1, 2, 3, \dots$) i nieprzeliczalny (gdy liczba elementów tego zbioru nie jest ani skończona, ani przeliczalna). Przykładem takiego nieskończonego i nieprzeliczalnego zbioru jest np. zbiór liczb rzeczywistych w przedziale od 1 do 2. Wiemy również, że jeżeli A jest ilością ciągłą, to jest nieprzeliczalna (a więc i nieskończona) odnośnie do liczby swych elementów, zaś odnośnie do wielkości i rozciągłości może być zarówno skończona, jak i nieskończona. Jeśli więc czas i przestrzeń są wielkościami ciągłymi — a na ogół takie przekonanie panuje — to teoretycznie mogą być w sumie wielkościami skończonymi, ale posiadać nieskończoną ilość swych elementów.

Mówiąc więc o skończoności przestrzenno-czasowej całego wszechświata mamy na myśli nie to, że ilość punktów takiej przestrzeni (względnie momentów takiego czasu) byłaby skończona, ale to, że przestrzeń (względnie czas istnienia) całego wszechświata dałaby się przedstawić skończonymi liczbami naturalnymi. Albo inaczej: jeżeli istnieją — jak twierdzą niektórzy fizycy⁵ — tzw. kwanty czasu zwane chromonami, których długość $l = 10^{-24}$ sek. i kwanty przestrzeni zwane hodonami o długości $l = 10^{-13}$ cm., to przestrzeń wszechświata byłaby skończona wtedy, gdyby liczba tych kwantów obiektywnej przestrzeni była skończona. Gdyby zaś liczba kwantów przestrzeni była nieskończona, przeliczalna, to wszechświat byłby w swych wymiarach przestrzenno-czasowych nieskończony. Mutatis mutandis można by było powiedzieć o czasie.

⁴ Różnymi pojęciami nieskończoności zajmuje się Mieczysław Lubański w artykułach: O pojęciu nieskończoności, „Roczniki Filozoficzne” KUL T. X, 3, s. 103—110 oraz Arystotelesowskie i Bolzanowskie pojęcie nieskończoności, „Roczniki Filozoficzne” KUL, T. XIX, 3, s. 77—90.

⁵ Augustynek Z., Własności czasu, Warszawa 1970, s. 82—85.

Ponieważ przyjmujemy pojęcie czasu i przestrzeni atrybutywne, zależne od zmiany, zależne od wszystkich części świata materialnego, dlatego skończoność czaso-przestrzeni ściśle się łączy ze skończonością elementów świata materialnego. Jeżeli ilość elementów całego wszechświata jest skończona, to również czaso-przestrzeń wszechświata jest także skończona⁶. Chodzi nam bowiem o obiektywny czas i przestrzeń, jako własności elementów zmiennych, materialnych w odróżnieniu od subiektywnego pojęcia czasu i przestrzeni rozumianych jako miara ruchu fikcyjnego czy też miara przestrzeni przez nas skonstruowanej.

2. STAROŻYTNY I ŚREDNIOWIECZNY POGŁĄD NA GEOMETRIĘ WSZECHŚWIATA⁷

Zarówno w starożytności, jak i w średniowieczu filozofowie i astronomowie mniej więcej jednakowo wyobrażali sobie kształty wszechświata. Uważano, że wszechświat materialny w swoich wymiarach jest zarówno skończony, jak i ograniczony. To znaczy, że wymiary wszechświata są ściśle określone i że istnieje granica, gdzie kończy się świat materialny, a zaczyna niebo duchowe.

Najczęściej wszechświat materialny przedstawiano w postaci olbrzymiej kuli, której środek stanowi ziemia, a zewnętrzną granicę sfera gwiazd stałych, firmament niebieski. Wszechświat składa się z czterech żywiołów: z ziemi, wody, powietrza i ognia. Ziemia jest najcięższa z żywiołów i jako taka znajduje się w środku świata. Woda jako żywioł lżejszy otacza ziemię i przenika ją. Gromadzi się w morzach, a na łądzie w rzekach, strumieniach, zmienia się w mgły w powietrzu.

Wokół ziemi i wód rozciąga się powietrze, aż do księżyca. Od księżyca zaś do nieba górnego zwanego firmamentem rozciąga się czwarty żywioł — ogień. W tym żywiole, ogniu — zwanym eterem — rozmieszczone są sfery siedmiu planet, nazwanych tak ze względu na nieregularność ruchów. Pierwsza planeta to księżyc, następne to: Merkury, Wenus, Słońce, Mars, Jowisz i Saturn. Ogień otoczony jest ósmą sferą, która tworzy kopułę sztywną obracającą się dokoła osi wraz z gwiazdami do niej przymocowanymi. Odległość tej kopuły od ziemi wynosi — jak pisał filozof i również astronom z XII w., Honoriusz z Autun — 109,375 mil. Ponad tym firmamentem znajdują się jeszcze wody, w postaci chmur, a nad nimi znajduje się niebo duchowe, gdzie mieszkają aniołowie i dusze świętych.

Mówiąc więc najogólniej wszechświat materialny według poglądów starożytnych i średniowiecznych był olbrzymią, o skończonej przestrzeni kulą składającą się z różnych warstw. Uważano wówczas, że średnica tej kuli wynosi mniej więcej tyle, ile według dzisiejszych obliczeń wynosi odległość ziemi od księżyca.

3. GEOMETRIA WSZECHŚWIATA W CZASACH NOWOŻYTNYCH

Obraz wszechświata, jaki panował w średniowieczu, odziedziczony ze starożytności, uległ zmianie w czasach nowożytnych. Już w XIV wieku tzw. teoria impetu opracowana przez rektora Uniwersytetu Paryskiego Jana Buridana

⁶ Por. Tamże, s. 23—25. Atrybutywne pojęcie czasu przyjmuje również wspomniany autor w książce: *Natura czasu*, Warszawa 1975. Arystotelesowskie pojęcie czasu — czas jest to miara ruchu według tego co wcześniej i później — jest atrybutywnym pojęciem.

traktuje cały wszechświat jednolicie zrywając z dawnym podziałem na materię ziemską i niebieską. Następnie dalszym przeobrażeniem średniowiecznego obrazu wszechświata stała się teoria Polaka Mikołaja Kopernika ogłoszona w 1543 r. w „De revolutionibus orbium coelestium”, w której to ziemia utraciła swój uprzywilejowany charakter centrum świata. Choć sam Kopernik nie wypowiadał się wprost w kwestii kształtu czy wielkości wszechświata, to na kanwie jego heliocentrycznej teorii zaczęły powstawać systemy filozoficzne próbujące rozwiązać zagadnienie geometrii wszechświata. Twórcą jednego z takich systemów stał się jeszcze w XVI wieku filozof Giordano Bruno. Twierdził on, że wszechświat jest jednorodny we wszystkich swoich częściach i nieskończony przestrzennie. Między innymi pisze: „Wszechświat jest jeden, nieskończony, nieruchomy ... Nie porusza się w miejscu, ponieważ nie ma poza sobą nic, gdzie mógłby się przenieść, skoro jest wszystkim ... Nie może się zwiększyć ani pomniejszyć, ponieważ jest nieskończonością ... Nie ulega wątpliwości, że wysokość w nim nie jest większa od długości i głębokości, dlatego wedle pewnego podobieństwa nazywa się kulą, chociaż kulą nie jest. W kuli taka sama jest długość, jak szerokość i głębokość, ponieważ mają one jednakowe granice, ale we Wszechświecie szerokość, długość i głębokość są jednakowe, ponieważ nie mają granicy i są nieskończone ... a więc Wszechświat jeden, nieskończony, niepodzielny”.

Te poglądy G. Bruna dotyczące jednorodności i przestrzennej nieskończoności wszechświata w czasach nowożytnych zyskały niemal powszechne uznanie.⁹ Wyobrażano sobie — a nawet i dzisiaj wielu ludzi tak myśli — że w tym nieskończonym przestrzennie wszechświecie znajduje się nieskończona ilość gwiazd podobnych do naszego słońca. Jeśliby więc ktoś wyruszył w dowolnym kierunku w podróż kosmiczną, to mógłby podróżować bez końca stale oddalając się od miejsca, z którego wyruszył, i stale towarzyszyłby mu widok mniej więcej tego samego nieba, gdyż materia we wszechświecie jest rozmieszczona jednorodnie i wszechświat jest zbudowany zgodnie z geometrią Euklidesa, filozofa i matematyka z przełomu IV i III wieku przed Chrystusem.

Do utrwalenia takiego poglądu na geometrię wszechświata przyczynił się genialny fizyk i zarazem filozof Izaak Newton (XVII—XVIII w.). Według Newtona przestrzeń wszechświata, przestrzeń fizyczna jest identyczna z nieskończoną przestrzenią trójwymiarową geometryczną, którą wówczas operowali matematycy. Ta nieskończona przestrzeń kosmiczna jest równomiernie wypełniona gwiazdami mniej więcej jednakowo świecącymi. Tych gwiazd jest nieskończenie dużo, choć niezmiernie rzadko są rozmieszczone. Gdybyśmy bowiem nasz cały układ planetarny zmniejszyli w modelu do rozmiarów spodeczka, to najbliższe gwiazdy znalazłyby się w odległości kilku kilometrów od tego spodeczka i miałyby rozmiary ziarenek maku.

Nie minął jednak wiek od śmierci I. Newtona, kiedy fizycy i astronomowie zauważyli pewne niezgodności takiego obrazu wszechświata ze znanymi faktami doświadczalnymi i zaczęli tworzyć nowy obraz przestrzeny wszechświata.

⁷ Por. Bohner P., Gilson E., Historia filozofii chrześcijańskiej, Warszawa 1962, s. 305—308 oraz Crombie A.C., Nauka średniowieczna i początki nauki nowożytnej, Warszawa 1960, T. I, s. 98—124; T. II, s. 50—64, 207—272.

⁸ Giordano Bruno, Pisma filozoficzne, Warszawa 1956, s. 273—274.

⁹ Na marginesie warto zaznaczyć, że Giordano Bruno przypisywał temu wszechświatu ze względu na jego nieskończoność takie przymioty, jakie przypisuje się Bogu — łącznie z posiadaniem życia — głosił panteizm i dlatego jego poglądy zostały potępione. Ponieważ wówczas błędnie uważano, że to teoria Kopernika prowadzi do panteizmu, dlatego odnoszono się i do niej z pewną nieufnością czy nawet wrogością.

4. KRYTYKA POGLĄDÓW NOWOŻYTNYCH NA GEOMETRIĘ WSZECHŚWIATA

Odkrycie prawa ciężenia powszechnego dało pewien impuls do przyjęcia rozważań w dziedzinie kosmologii. W świetle tego prawa okazało się, że nie może być wszechświata statycznego ani skończonego, ani nieskończonego przestrzennie.¹⁰ Nie może być wszechświata statycznego skończonego, gdyż: „w zbiorze ciał materialnych o skończonej objętości siły wzajemnego przyciągania między tymi ciałami będą się „sumowały”, tak iż na każde ciało będzie działała siła wypadkowa skierowana ku środkowi masy tego zbioru. Wszechświat nie będzie zatem statyczny; będzie układem ciał posiadających prędkości skierowane ku środkowi masy wszechświata. (Jedynie w przypadku ruchu obrotowego siły przyciągania będą się równoważyły, ale wtedy wszechświat nie będzie statyczny).”¹¹

Z założenia zaś o nieskończoności przestrzennej wszechświata wynika, że na każde ciało w każdym kierunku działa nieskończenie duża siła, co jest sprzeczne z całą mechaniką. Wprawdzie tej sprzeczności można uniknąć, ale tylko wtedy, gdy się przyjmie, że liczba ciał w dowolnie dużej jednostce objętości jest niejednakowa — czym dalej od obserwatora tym mniej ciał. Takie jednak założenie jest sprzeczne z tzw. I zasadą kosmologiczną, w myśl której obraz wszechświata i zjawisk w nim przebiegających nie zależy od położenia obserwatora w przestrzeni.¹²

Przyjęcie założenia, niezgodnego z poglądem nowożytnych, że wszechświat jest skończony przestrzennie i nie jest statyczny rozwiązuje wspomniane trudności. Przyjęcie skończoności przestrzennej wszechświata również rozwiązuje trudności związane z tzw. paradoksem Olbersa.

H.W.M. Olbers astronom niemiecki z XIX w. zwrócił uwagę na to, że jeśli wszechświat byłby nieskończony przestrzennie, to zawierałby nieskończoną ilość gwiazd jako punktów świecących i w związku z tym w jakimkolwiek kierunku zwrócilibyśmy się z ziemi, aby obserwować przestrzenie niebieskie, to napotkalibyśmy nieskończenie wiele światła. Niebo więc powinno świecić jednolicie jak pełna blasku kopuła.¹³ Tymczasem widzimy ciemne niebo i na nim tylko pewną ilość punktów świetlnych.

Aby tej niezgodności z doświadczeniem uniknąć, trzeba przyjąć, że wszechświat jest skończony przestrzennie albo że istnieje w skończonym czasie (światło od gwiazd bardzo odległych do nas jeszcze nie dotarło), albo — jak na ogół czynią to współcześni astronomowie, kosmologowie — wszechświat jest skończony czasowo i przestrzennie.¹⁴ Aby jednak te ostatnie poglądy zrozumieć, trzeba odwołać się do głównych idei geometrii nieeuklidesowej, do

¹⁰ Zonn W., Kosmologia współczesna, Warszawa 1968. „... nie może być wszechświata statycznego — ani skończonego, ani, co ważniejsze, nieskończonego. Mówiąc o wszechświecie statycznym nie wykluczamy możliwości wykonywania jakichkolwiek ruchów przez ciała wypełniające ów wszechświat. Ruch ten jednak musi być czymś chaotycznym, tak że średnia prędkość ciał zawartych w dużym obszarze musi być bliska zera, tym bliższa, im większy obszar i większą liczbę ciał rozpatrujemy”. Tamże, s. 11.

¹¹ Tamże, s. 11.

¹² Tamże, s. 12 i nast.

¹³ Por. Heller M., Wobec wszechświata, Kraków 1970, s. 89 i nast.

¹⁴ Wprawdzie na przełomie XIX i XX w. szwedzki astronom C. V. L. Charlier próbował rozwiązać wspomniane paradoksy przez przyjęcie hierarchicznego modelu wszechświata, ale jak pisze ks. Kazimierz Kłósak: „wywody... C. V. L. Charliera... są już przestarzałe, a ponadto zostały w swoim czasie poddane wyczerpującej analizie krytycznej”. Czy kosmos materialny jest w swoich rozmiarach skończony lub nieskończony, „Roczniki Filozoficzne” KUL, T. X, 3 s. 67.

teorii względności oraz do teorii ekspansji wszechświata powstałej w oparciu o prawo Dopplera w zastosowaniu do analizy widmowej światła.

5. GEOMETRIA NIEEUKLIDESOWA

Jak wiemy geometria, którą poznajemy w szkole średniej i o której myślimy, że jest jedyną geometrią według której został zbudowany wszechświat, wywodzi się od matematyka i zarazem filozofa greckiego Euklidesa. Filozof ten około 300 r. przed Chrystusem w dziele „Elementy” przedstawił swój system w sposób dedukcyjny. Z pięciu postulatów i pięciu aksjomatów przyjętych jako oczywiste Euklides wywnioskował całość naszych twierdzeń geometrii. Oto postulaty i aksjomaty występujące u Euklidesa. Postulat: 1. Zakłada się, że od każdego punktu do każdego punktu można poprowadzić linię prostą. 2. Ograniczoną prostą można ciągle przedłużać po prostej. 3. Z każdego środka każdym rozwarciem można zakreślić koło. 4. Wszystkie kąty proste są równe między sobą. 5. Jeżeli linia prosta przecinająca dwie inne linie proste tworzy z nimi po jednej stronie kąty wewnętrzne, których suma jest mniejsza od sumy dwóch kątów prostych, to te dwie linie proste przedłużone nieograniczenie schodzą się po tej stronie, po której suma kątów wewnętrznych jest mniejsza od dwóch kątów prostych.

Aksjomaty:

1. Równe jednemu i temu samemu są między sobą równe.
2. Jeżeli do równych dodaje się równe, to i całe są równe.
3. Jeżeli od równych odejmuje się równe, to i reszty są równe.
4. Wzajemnie przystające są między sobą równe.
5. Całe jest większe od części.

Matematyków żyjących po Euklidesie nie zadowalał piąty postulat, nie był dla nich oczywisty i próbowali przez wieki wyprowadzić go z pozostałych postulatów. Wszelkie próby przez wiele wieków kończyły się fiaskiem. W XVIII wieku jednak jeden z wybitnych matematyków, włoski jezuita Girolamo Saccheri wpadł na pomysł, że najbardziej obiecującą drogą badania „tajemniczy” postulat równoległości — bo tak nazywano ów postulat — jest metoda dowodu przez sprowadzenie do niedorzeczności. Przyjął zatem, że ów postulat równoległości jest nieprawdziwy i próbował stąd wyprowadzić jakiś niedorzeczny wniosek. Badania te pozwoliły mu zbudować trzy rodzaje geometrii w zależności od tego, czy przyjmie się, że suma kątów w trójkącie jest zawsze większa, równa czy też mniejsza niż suma dwóch kątów prostych. Jedną z tych trzech geometrii to geometria Euklidesa.

Chociaż sam Saccheri pozostałych dwóch systemów geometrii nie traktował jako systemów logicznych, alternatywnych do systemu Euklidesa, to jednak taki decydujący krok uczyniono w XIX wieku. Uczynili to niezależnie od siebie Węgier John Bolyai (1802—1860) oraz Rosjanin N. I. Łobaczewski (1793—1856), proponując uznanie za system logiczny tego typu geometrii Saccheriego, w którym suma kątów trójkąta jest mniejsza niż 180° , i nazywając ją geometrią hiperboliczną. W 1854 r. francuski matematyk Riemann rozwinął ten rodzaj geometrii Saccheriego, w której suma kątów w trójkącie jest zawsze większa niż suma dwóch kątów prostych i nazwał ją geometrią eliptyczną.¹⁵ Opisuje ona przestrzeń skończoną i jest podobna do geometrii

¹⁵ Omówienie problemu geometrii nieeuklidesowych i ich zastosowania do wymiarów przestrzennych wszechświata można między innymi znaleźć w: Kulczycki S., Geometria nieeuklidesowa, Warszawa 1956; Whittaker T. E., Od Euklidesa do Einsteina Warszawa 1966; Bosel E., Prawdopodobieństwo i pewność, Warszawa 1965; Blanche R., Wiedza współczesna i racjonalizm, Warszawa 1969.

Euklidesa na powierzchni kuli. Okazało się więc, że mogą istnieć trzy różne, niesprzeczne systemy geometrii, które dotyczą relacji między konstrukcjami geometrycznymi, tworami myślowymi. Wiadomo jednak, że różne teorie nie mogą adekwatnie odwzorowywać realnego świata. Narodził się więc problem: według której geometrii jest zbudowany wszechświat? Początkowo nie potrafiono na to pytanie odpowiedzieć, ale rozwój fizyki XX wieku, ściślej — teorii względności A. Einsteina — sprawił, że dziś większość kosmologów opowiada się za geometrią nieeuklidesową, geometrią eliptyczną Riemanna.

6. GŁÓWNE IDEE TEORII WZGLĘDNOŚCI

Twórcą teorii względności był genialny fizyk — Albert Einstein. Teoria względności dzieli się na szczególną albo inaczej zawężoną, powstałą w 1905 r., oraz na ogólną przedstawioną przez Einsteina w 1916 r. Zarówno jedna jak i druga teoria przeszła zwycięsko próbę doświadczenia i współcześnie wraz z mechaniką kwantową stała się trwałym fundamentem i elementem współczesnej fizyki.¹⁶

Obie teorie względności są teoriami, których zrozumienie wymaga wyższej matematyki. Do pełnego zrozumienia szczególnej teorii wystarczy znajomość analizy matematycznej geometrii analitycznej i algebry wyższej; w przypadku zaś ogólnej teorii względności potrzeba bardziej skomplikowanego aparatu matematycznego. Przedstawienie więc głównych idei teorii względności bez symboliki matematycznej jest nieściśle. Zdając sobie z tego sprawę i rezygnując ze ścisłości, aby uzyskać większą komunikatywność, ograniczymy się jedynie do najprostszyc ujęć.

Obie teorie względności opierają się na dwóch podstawowych założeniach zgodnych z doświadczeniem.

Założenie 1. Prawa przyrody są stałe, albo inaczej — jeśli jakieś prawo przyrody obowiązuje w jakimś układzie odniesienia, to obowiązuje również w dowolnym układzie odniesienia.

Założenie 2. Prędkość promienia słonecznego w danym układzie odniesienia jest stała, wynosi c — około 300 000 km/sek. i nie zależy od tego, czy źródło światła spoczywa czy porusza się.¹⁷

Z tych założeń A. Einstein przy pomocy aparatury matematycznej wyprowadził między innymi następujące wnioski potwierdzone wielokrotnie przez doświadczenia.

1) Czasu i przestrzeni nie można traktować oddzielnie. Wszelkie zjawiska we wszechświecie należy rozpatrywać w czasoprzestrzeni. Między współrzędnymi przestrzeni x , y , z i współrzędną czasu zachodzi następujący związek:

$$x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 = 0$$

¹⁶ O teorii względności pisze Włodzimierz Zonn w książeczce: Rewolucja kopernikowska, Warszawa 1972, s. 190—191. „Wydaje się, że w naszych czasach nie ma już najmniejszej wątpliwości co do słuszności ogólnej teorii względności, przynajmniej w głównych zarysach, aczkolwiek po dziś dzień od czasu do czasu pojawiają się w literaturze naukowej prace usiłujące obalić tę teorię. Wobec daleko idącej tolerancji, jaką przejawiają dziś redakcje wszystkich niemal pism naukowych, takie prace są publikowane. Najczęściej jednak nikt z nimi nie polemizuje z powodu słabej, czasami wręcz maniackalnej argumentacji zawartej w tego typu elaboratach”.

¹⁷ Ze względu na te założenia teoria Einsteina powinna raczej być nazwana teorią stałości niż względności. Na nazwę jednak wpłynęły wnioski wynikające ze wspomnianych założeń, takie jak względność czasu, przestrzeni, masy.

Czwarty wymiar związany z czasem jest nam dany przez wielkość $\sqrt{-1}$.

2) Czas jest różny dla różnych obserwatorów. Dla obserwatora w ruchu czas wydaje się krótszy. Dla obserwatora poruszającego się z prędkością światła czas przestaje istnieć. Między interwałem (upływem) czasu dla obserwatora w ruchu i w spoczynku zachodzi następujący związek:

$$t'_2 - t'_1 = (t_2 - t_1) \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

gdzie $t'_2 - t'_1$ — interwał czasu między zdarzeniami t_2 i t_1 dla obserwatora w ruchu

$t_2 - t_1$ — interwał czasu dla obserwatora w spoczynku

v — prędkość obserwatora

c — prędkość światła

3) Długość ciał w kierunku ruchu ulega skróceniu według wzoru:

$$l_r = l_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

gdzie:

l_r — długość ciała w ruchu

l_0 — długość ciała w spoczynku

Wymiary więc przestrzenne są względne, zależą od ruchu.

4) Masa ciała w ruchu zwiększa się według wzoru:

$$m_r = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

gdzie:

m_r — masa ciała w ruchu

m_0 — masa ciała w spoczynku

5) Istnieje równoważność między masą i energią.

$$E = m \cdot c^2$$

6) Własności geometryczne ciał zależą od rozkładu mas. Ciała materialne wyznaczają przestrzeń fizyczną, ich rozmieszczenie we wszechświecie wywołuje tzw. skrzywienie przestrzeni fizycznej.

Ponieważ ten ostatni wniosek jest istotnie ważny dla problemu skończoności przestrzennej wszechświata, dlatego omówimy go nieco szerzej w oddzielnym paragrafie.

7. WSPÓŁCZESNY POGLĄD NA GEOMETRIĘ WSZECHŚWIATA

Aby lepiej zrozumieć współczesny pogląd fizyków i astronomów na geometrię wszechświata, posłużmy się pewnym porównaniem spotykanym u A. Einsteina i u innych fizyków, pragnących podać model budowy wszechświata.¹⁸

¹⁸ Por. Infled L., Albert Einstein — Jego dzieło i rola w nauce, Warszawa 1956, s. 95—100.

Wyobraźmy sobie istoty rozumne, ale dwuwymiarowe (nie mające trzeciego wymiaru, wysokości), żyjące na nieskończonej wielkiej płaszczyźnie. Dla istot tych linia byłaby barierą nie do przebycia. Wyobraźmy sobie także, że istoty te są na tyle inteligentne, iż zbudowały sobie geometrię dwuwymiarową, geometrię Euklidesa na płaszczyźnie, znaną nam choćby ze szkoły średniej. Płaszczyznicy — tak nazwiemy owe istoty — chcąc opisać geometrię swojego wszechświata powiedziałyby, że ich wszechświat jest nieskończony i nieograniczony; można w nieskończoność oddalać się od punktu wyjściowego.

Wyobraźmy sobie nadto, że jakaś trójwymiarowa istota pewnego dnia przeniosła cały świat płaszczaków na olbrzymią kulę. Początkowo — ze względu na swoje małe wymiary w porównaniu z wymiarami owej kuli — płaszczacy nadal będą posługiwać się geometrią Euklidesa. W miarę jednak rozwoju techniki, kiedy przy pomocy odpowiednich instrumentów będą mogli śledzić na dużych obszarach bieg światła zauważą, że promień światła ulega pewnemu odchyleniu, a z czasem dojdą do wniosku, że promień światła wysłany w jakimś kierunku po odpowiedniej ilości lat wróci do tego samego punktu, przekonają się, że „linia prosta” jest zawsze zamknięta. W związku z tym stwierdzą, że ich wszechświat jest skończony i że jest zbudowany według geometrii nieeuklidesowej, sferycznej.

Przeprowadzając taki eksperyment myślowy idźmy dalej. Wyobraźmy sobie, że na kuli zamieszkałej przez płaszczaków zaszła fizykalna zmiana. Na dwóch przeciwnych punktach tej kuli, zwanych Biegunem Północnym i Biegunem Południowym zapanowała temperatura zera absolutnego. Najgorętszą linią jest równik. Założmy również, że w tych warunkach, w miarę zbliżania się do biegunów, wymiary wszystkich żywych istot, a także sztab pomiarowych kurczą się do zera. W wędrówce do bieguna płaszczacy stają się coraz mniejsze, ich kroki również się zmniejszają i do bieguna nigdy nie dojdą. Podróżując wzdłuż równoleżników stwierdzą owe istoty, że długość każdego równoleżnika jest taka sama, jak długość równika, ponieważ sztaby pomiarowe w odpowiedniej proporcji ulegną skróceniu.

Płaszczyznicy — jeśli są myślącymi istotami — te fakty mogą zinterpretować dwojako. Albo uznać, że mieszkają na nieskończonym walcu (jeśli ich ciała nie są wrażliwe na temperaturę), albo przyjąć, że mieszkają na kuli, gdzie są dwa punkty osobliwe, do których nie można dotrzeć. A więc mogą albo przyjąć geometrię walca (która w zasadzie jest geometrią nieeuklidesową), albo przyjąć geometrię kulistą (nieeuklidesową).

Otóż my, istoty trójwymiarowe jesteśmy w podobnej sytuacji. Geometrię i „fizykę” traktować musimy jako jeden system wiedzy. Otóż ogólna teoria względności uczy nas, że pole grawitacyjne określa geometrię wszechświata, że bieg promienia słonecznego w polu grawitacyjnym ulega zakrzywieniu, że geometria naczaj czterowymiarowej przestrzeni jest nieeuklidesowa. Geometria i grawitacja są ściśle określone przez rozkład i prędkość mas. W tej sytuacji fizycy przyjmują, że przestrzeń wszechświata jest skończona, zamknięta (promień światła wysłany w jakimkolwiek kierunku powróci do tego samego punktu w skończonym czasie) lecz jest również nieograniczona (podobnie jak nieograniczona jest powierzchnia kuli, po której można wędrować bez końca).¹⁹

¹⁹ A. Einstein w książce „Istota teorii względności”, Warszawa 1958, s. 125—126 pisze: „Możemy więc przedstawić następujące argumenty, przemawiające za koncepcją wszechświata przestrzennie ograniczonego (zamkniętego), a przeciwko koncepcji wszechświata przestrzennie nieskończonego:

1) Postulowanie wszechświata zamkniętego jest z punktu widzenia teorii względności znacznie prostsze niż nakładanie warunków w nieskończoność, odpowiadających niemal euklidesowej strukturze wszechświata.

Szereg doświadczeń przeprowadzonych potwierdziło odchylenie biegu promieni w polu grawitacyjnym.²⁰

Przyjmuje się obecnie, że żyjemy w skończonym przestrzennie, zamkniętym wszechświecie, który nie posiada granic i którego istoty trójwymiarowe nie mogą opuścić, podobnie jak płaszczyki nie mogą opuścić powierzchni kuli.

Ponieważ w szczególnej teorii względności podkreśla się ścisły związek między przestrzenią i czasem, przejdźmy teraz do zagadnienia czasowej skończoności wszechświata. Rozpatrując wspomniane zagadnienie zajmujemy się głównie jednym z działów fizyki, optyką, pomijając np. termodynamikę, na terenie której też można rozpatrywać zagadnienie czasowej skończoności wszechświata.²¹

8. ANALIZA WIDMOWA ŚWIATŁA A PRAWO DOPPLERA

Wiemy o tym, że każde ciało materialne podgrzane do pewnej temperatury staje się źródłem światła. To światło możemy badać, analizować. Zazwyczaj dokonuje się to w ten sposób, iż wiązkę promieni światła przepuszczoną przez wąską szczelinę rzucamy na soczewkę tak, aby uzyskać ostry obraz szczeliny na ekranie. Następnie za soczewką umieszczamy pryzmat. Ponieważ każdy gatunek promieni daje w innym miejscu obraz szczeliny zatem otrzymamy wstęgę barwną utworzoną z bardzo wielkiej liczby obrazów tych szczelin. Tę wstęgę barwną nazwiemy widmem. Okazuje się, że jeżeli źródłem światła jest ciało w stanie stałym lub ciekłym, to otrzymamy na ekranie różnokolorową wstęgę nieprzerwaną, tzw. widmo ciągłe. Gdy natomiast źródłem światła jest ciało w stanie lotnym, to na ekranie otrzymamy obrazy szczelin tylko niektórych barw. Ponieważ obrazy szczelin mają wygląd linijek, przeto widma takie nazywamy liniowymi.

Otóż badając widmo liniowe już w 1859 r. Bunsen i Kirchoff zwrócili uwagę na fakt, że każdy pierwiastek w stanie lotnym w określonych warunkach pobudzony do świecenia, daje tylko sobie właściwe widmo liniowe, a więc różną ilość linijek w różnych barwach. Przy dokładnym badaniu okazało się, że istnieje ścisłe przyporządkowanie między ilością linijek i rodzajem barw — a więc między widmem liniowym danego pierwiastka a pierwiastkiem. Jak przy pomocy linii papilarnych można zidentyfikować danego człowieka, który jest ich autorem, tak na podstawie linii widmowych można jednoznacznie określić pierwiastek odpowiadający za te linie. Widma rozmaitych pierwiastków zostały zbadane i skontrolowane. Np. widmo sodu — dwie blisko siebie linie żółte, wodór — jedna linia czerwona, jedna niebieska

2) Myśl, którą wyraził Mach, że bezwładność zależy od wzajemnego oddziaływania ciał, znajduje w pewnym stopniu potwierdzenie w ogólnej teorii względności... idee Macha dają się pogodzić jedynie z koncepcją wszechświata skończonego, ograniczonego w przestrzeni.

3) Wszechświat nieskończony możliwy byłby tylko wtedy, gdyby znikła średnia wartość gęstości materii. Jakkolwiek takiej możliwości nie można wykluczyć, jest ona mniej prawdopodobna od tej, która odpowiada skończonej średniej gęstości materii we wszechświecie...".

²⁰ Por. np. Zonn W., Rewolucja..., dz. cyt., s. 188—191; Albert Einstein, Istota teorii względności, Warszawa 1958, s. 109—115.

²¹ Chodzi o wnioski filozoficzne płynące z drugiego prawa termodynamiki informującego, że w każdym układzie zamkniętym, w skończonym czasie następuje tzw. „śmierć cieplna”, czyli wyrównanie temperatur. Jeżeli jeszcze dzisiaj we wszechświecie spotykamy różnice temperatur, to znaczy, że wszechistnieje krócej niż potrzeba do zaistnienia „śmierci cieplnej”. A więc wiek naszego wszechświata jest skończony.

i dwie fioletowe. Metoda badania pierwiastków przy pomocy analizy widma jest nadzwyczaj czuła, da się już np. stwierdzić obecność sodu w ilości $3 \cdot 10^{-7}$ mg. Niektóre pierwiastki dające nieznanne w swoim czasie linie zostały odkryte na podstawie tej metody. Np. gaz hel został odkryty najpierw na słońcu, dzięki liniom widmowym występującym w widmie słońca, a dopiero później znaleziono go na ziemi. Dziś zasadniczo we wszechświecie najwięcej wiadomości czerpiemy z analizy widmowej.

Ponieważ między barwą ciała, a długością fali świetlnej (względnie częstotliwością) istnieje ścisły związek, dlatego w ścisłych katalogach zamiast podawać barwę światła podaje się długość fali danego światła względnie jego częstotliwość.

Badając jednak widma liniowe światła przychodzącego do nas z różnych ciał niebieskich, np. z galaktyki, stwierdzono, że widma liniowe pierwiastków występujących w owych galaktykach są nieco różne. Długość fal poszczególnych linijek jest dłuższa (względnie częstotliwość krótsza).

Powstał problem, jak wyjaśnić ten fakt w świetle fizyki? Wyjaśniono go prawem Dopplera.

Na terenie akustyki było znowu prawo Dopplera, które można wyrazić wzorem:

$$N_{od} = N_w \cdot \left(1 \pm \frac{v}{c} \right)$$

gdzie:

N_{od} — ilość drgań odebranych

N_w — ilość drgań wysłanych

v — prędkość źródła fali

c — prędkość samej fali

Gdy źródło światła przybliży się do nas, wtedy ilość drgań odebranych jest większa niż wysłanych i stosujemy we wzorze znak plus, gdy zaś źródło światła oddala się od nas, wtedy ilość drgań odebranych jest mniejsza niż wysłanych i we wzorze stosujemy minus.

Jeżeli więc światło przychodzące do nas z galaktyki ulega wydłużeniu (odbieramy mniejszą ilość drgań w czasie sekundy), to należy przyjąć, że galaktyki od nas uciekają. Ze wzoru Dopplera można wyliczyć, z jaką prędkością od nas oddala się dana galaktyka. Stąd powstała teoria tzw. pęcznienia świata.

Jeśli znamy odległość galaktyki od nas — a są sposoby zmierzenia tych odległości — i prędkość, z jaką od nas dana galaktyka ucieka, to możemy obliczyć czas, kiedy dana galaktyka była razem z ziemią, a więc kiedy rozpoczęło się to „pęcznienie świata”. Korzystamy ze wzoru $S = v \cdot t$ (gdzie: S — droga, odległość od galaktyki, v — prędkość „ucieczki”, t — czas, jaki upłynął).

Korzystając z tych wzorów otrzymuje się wynik, że około 20 miliardów lat temu wszystkie znane galaktyki, cały wszechświat znajdował się w jednym punkcie. Można więc mówić sensownie o skończonym wieku naszego wszechświata, a więc w świetle danych fizyki można przypuszczać, że nasz wszechświat istnieje około 20 miliardów lat.²²

²² Teoretycznie jest możliwe, że przed owym „początkiem”, który miał miejsce około 20 miliardów lat temu, wszechświat się „kurczył”, a więc mamy do czynienia z pulsującym światem, ale taka hipoteza nie została potwierdzona, a przeciwnie — jest narażona na wiele trudności.

Wprawdzie były próby innego zinterpretowania faktu „przesunięcia linii widmowych ku czerwieni”, ale wszystkie skończyły się fiaskiem i współcześnie powszechnie ten fakt tłumaczy się w świetle prawa Dopplera teorią ekspansji wszechświata.²³

9. FILOZOFICZNY ASPEKT CZASOWEJ SKOŃCZONOŚCI WSZECHŚWIATA

Dotychczasowe rozważania na temat czasowej skończoności świata dokonywały się na terenie tzw. kosmologii przyrodniczej. Powstaje jednak pytanie o aspekt filozoficzny wspomnianego zagadnienia. Czy istnieje przejście z języka nauk przyrodniczych na płaszczyznę filozoficzną. Innymi słowy chodzi o to, że przedmiotem nauk przyrodniczych, np. fizyki, nie jest — jak w filozofii — świat realnie istniejący, lecz zjawiska, które interpretuje się bądź jako pewnego rodzaju konstrukcje wytworzone w oparciu o dane empiryczne, a ujmowane i odczytywane przy pomocy instrumentów poznawczych, bądź jako operacje poznawcze i ich rezultaty (operacjonizm), bądź jako twory powstałe podczas procesu poznawczego (teoria komplementarności). Wszystkie te teorie są zgodne między sobą pod tym względem, że zjawiska — którymi zajmuje się fizyka — nie odzwierciedlają adekwatnie świata realnego. Poznajemy nie „rzecz samą w sobie”, ale „rzecz, jak się nam jawi”.²⁴

W związku z tym powstał problem czy w ogóle można interpretować realistycznie wyniki przyrodnozawstwa. Nie wchodząc tu w szczegółową dyskusję przyjmujemy za słuszny pogląd, według którego istnieje możliwość interpretacji ontologicznej wyników przyrodnozawstwa, a więc i przejścia z języka fizyki do języka filozofii. Przyjmujemy, że dane fizyki mogą nam dostarczyć informacji o świecie realnym i że filozofia przyrody winna swoje tezy uzgadniać z wynikami przyrodnozawstwa. Stojąc na takim stanowisku od razu zauważa się, że np. z trzech teorii filozoficznych czasu: subiektywnej Kanta, skrajnie realistycznej Newtona i relacyjnej Arystotelesa, tylko ta ostatnia jest do pogodzenia z teorią względności.

Arystoteles czas określał jako miarę ruchu według tego, co jest wcześniejsze i późniejsze. Czas więc — podobnie jak w teorii względności — ściśle łączył się z ruchem. Podkreślając zaś „to co wcześniejsze i późniejsze” przyjmował, że czas jest wielkością kierunkową, a więc nie można cofać się realnie w czasie. Jeśli więc — jak sugeruje fizyka — ruch, pęcznienie świata miało swój początek i kierunek, to i czas realny jako miara realnego ruchu da się przedstawić tylko jako skończony wektor z oznaczonym początkiem.²⁵ Mo-

²³ W sposób interesujący wspomniane zagadnienie przedstawia Michał Heller, *Wobec wszechświata*, Kraków 1970, s. 129—166 oraz w książce: *Początek świata*, Kraków 1976. W książce tłumaczonej z rosyjskiego: L. Bereszow, K. Morozow, M. Slucki, *Filozofia nauk przyrodniczych*, Warszawa 1968, znajdujemy następujący fragment dotyczący teorii ekspansji wszechświata: „Niektórzy filozofowie radzieccy po zaznajomieniu się z tego rodzaju danymi postanawiają nie przyjmować ich do wiadomości. W różnych przypadkach można to stwierdzić bardziej lub mniej wyraźnie. Stanowisko tych filozofów jest następujące: Materializm dialektyczny głosi, że przestrzeń i czas są nieskończone. Wszystko, co nie jest zgodne z tym twierdzeniem, jest wyrazem idealizmu. Pogląd ten najdobitniej został sformułowany w znanym podręczniku — *Podstawy filozofii marksistowskiej*, Warszawa 1964, s. 122—123 „Oto jaskrawy przykład tego, jak nie należy walczyć z idealizmem”. s. 274.

²⁴ Por. Dąbbska I., *O narzędziach i przedmiotach poznania*, Warszawa 1967, s. 24—59.

²⁵ W książce: *Przestrzeń, czas — ruch*, Warszawa 1976, tłumaczonej z języka rosyjskiego znajdujemy rozdział zatytułowany „Kierunek upływu czasu a czasowa struktura procesów”, którego autorem jest J. Askin (s. 63—90). Wspomniany autor

żemy wprowadzić w myśli przedłużać ten czas w nieskończoność, ale wtedy tworzymy czas fikcyjny. Model czasu realnego nie da się więc przedstawić w postaci nieskończonej linii, jeśli ma być zgodny z teorią ekspansji wszechświata.

Można tu dodać, że taka koncepcja skończonego czasu jest również zgodna z drugą zasadą termodynamiki, jeśli tę ostatnią rozciągniemy na cały wszechświat, traktując go — zgodnie z teorią względności — jako układ zamknięty, skończony.

ZAKOŃCZENIE

Postawiliśmy pytanie, czy wszechświat jest skończony czy nieskończony przestrzennie i czasowo. Teoretycznie istnieją możliwe cztery odpowiedzi:

- 1) Wszechświat jest nieskończony czasowo i przestrzennie.
- 2) Wszechświat jest skończony czasowo i przestrzennie.
- 3) Wszechświat jest skończony czasowo a nieskończony przestrzennie.
- 4) Wszechświat jest nieskończony czasowo i skończony przestrzennie.

Trzecia i czwarta odpowiedź jest nie do przyjęcia w świetle szczególnej teorii względności, która ukazuje następujący związek między współrzędnymi czasu i przestrzeni:

$$x^2 + y^2 + z^2 = c^2t^2$$

Gdyby przyjęło się trzecią lub czwartą odpowiedź, to byłaby sprzeczność. nieskończoność równałaby się skończoności (c — jest bowiem zawsze wielkością skończoną).

Pozostaje do przyjęcia możliwość pierwsza i druga. W świetle ogólnej teorii względności, teorii ekspansji wszechświata i uwzględniając paradoks Olbersa teza pierwsza jest nie do przyjęcia.

Można więc przyjąć, że współczesne przyrodoznawstwo faworyzuje rozwiązanie drugie, według którego wszechświat jest czasowo i przestrzennie skończony. Taką tezę należy przyjąć, jeśli chce się uprawiać tzw. filozofię naukową, rozumianą jako ontologiczną interpretację wyników przyrodoznawstwa.

stoi na stanowisku, że czas realny jest wielkością kierunkową, gdyż zdarzenia, jakie mierzy, są nieodwracalne. W uzasadnieniu tego stanowiska odwołuje się do związków przyczynowo-skutkowych, jednokierunkowości procesów termodynamicznych, do teorii rozszerzania się wszechświata oraz do prawa nieodwracalności biologicznej.