

Ewa Rydzyńska

Kosmologia Bellerta i skwantowany Czas

Studia Philosophiae Christianae 26/1, 97-107

1990

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.

EWA RYDZYŃSKA

KOSMOLOGIA BELLERTA I SKWANTOWANY CZAS

1. Wstęp. 2. Kosmologia Bellerta. 3. Interpretacja czasu i odległości kosmicznych. 4. Tło teorii Bellerta we współczesnej fizyce. 5. Analogie matematyczne i fizyczne. 6. Skwantowany czas a teoria Bellerta. 7. Inne drogi prowadzące do przyjęcia skwantowanego czasu. 8. Wartość naukowa teorii Bellerta i płynących zeń wniosków.

1. WSTĘP

Zawsze interesowało ludzi zagadnienie budowy i początku świata, w którym żyją. Świadczy o tym historia religii, filozofii i nauki. Spoglądając na dzieje kultury ludzkiej, dostrzegamy przez cały czas przewijające się wątki kosmologiczne i kosmogoniczne. Zawsze nurtowały człowieka pytania: czy świat jest skończony, czy też nieskończony?, czy istniał on wiecznie, czy też miał początek?, itp. Na te pytania odpowiadano różnie i do tej pory mamy w nauce do czynienia z wieloma przeciwstawnymi a nawet sprzecznymi ze sobą rozwiązaniami. Istnieje jednak teoria, która w pewien sposób godzi te pozorne sprzeczności i pozwala na przyjęcie obu elementów na raz: skończoności i nieskończoności. Jest to kosmologia Stanisława Bellerta. Wydaje się, że warto przybliżyć ją polskim filozofom przyrody.

Wypada wspomnieć w tym miejscu o jednym ciekawym fakcie, który zwiększa zainteresowanie teorią Bellerta. Kosmologia ta jest bowiem oczekiwanym ogniwem w procesie relatywizacji praw fizyki. W teorii Newtona mieliśmy absolutny czas i przestrzeń; w teorii względności Einsteina odległość i czas zależały już od prędkości obserwatora; natomiast w teorii Bellerta odległość i czas zależą od obserwatora nawet wtedy, gdy obserwator jest stacjonarny (nie porusza się). Teoria Einsteina wnosi nowy element względności w stosunku do klasycznej teorii Newtona. Teoria Newtona jest dobrym przybliżeniem teorii względności w przypadku „klasycznych prędkości”, toteż teorię Einsteina można uważać za ogólniejszą od niej. Analogiczny jest stosunek teorii Einsteina i Bellerta. Koncepcja Bellerta

nie neguje ujęcia einsteinowskiego, lecz go uzupełnia o nowy element względności.

2. KOSMOLOGIA BELLERTA

S. Bellert¹ zauważa, że znane są dotychczas tylko trzy sposoby tłumaczenia istnienia przesunięcia ku podczerwieni widma odległych gwiazd. Pierwszy to tzw. „starzenie się” promienia świetlnego po drodze, czego wynikiem jest zwiększenie długości fali. Jest to trudne do przyjęcia ze względu na zależność lokalnie mierzonej prędkości światła od czasu. Drugie wyjaśnienie to efekt podobny do efektu Comptona; ale ta teoria jest już w tej chwili niezgodna z obserwacją. Wreszcie trzeci sposób, to założenie o rozszerzaniu się Wszechświata, które wiąże się albo z istnieniem punktu osobliwego, albo z ciągłą kreacją materii. Obie te możliwości są nienaturalne i jedynie nieistnienie innych zmusza kosmologów do skłonienia się do jednej z nich. Bellert uważa, że o wiele bardziej naturalne jest tłumaczenie przesunięcia ku podczerwieni, jako efektu związanego ze specyfiką metryki czasoprzestrzeni. I proponuje tego rodzaju interpretację:

Postać tej metryki wyprowadza się z trzech założeń:

(1) Zasada równoważności (będąca w zasadzie formą doskonałej zasady kosmologicznej), która mówi, że przesunięcie ku podczerwieni nie zależy od położenia obserwatorów w sposób ogólny, lecz jedynie od ich wzajemnej odległości.

(2) Zasada jednoznaczności, która twierdzi, że jeżeli na drodze sygnału w dowolnym miejscu umieścimy punktowy przekaźnik, który wysyła taki sam sygnał, jaki odbiera, to nie możemy zauważyć różnicy między falą przesłaną przez przekaźnik, a falą przesłaną bez przekaźnika.

(3) Założenie o ciągłości przesunięcia ku podczerwieni jako funkcji odległości obserwatora od źródła światła.

Bellert zapisuje te postulaty przy pomocy symboli matematycznych jako warunki, które musi spełniać metryka czasoprzestrzeni. Następnie szuka takiego wzoru na metrykę, aby spełniał te warunki. Żeby skoncentrować się w poszukiwaniach, zakłada, że pewna funkcja ciągła ma postać wielomianu i wtedy udaje mu się znaleźć jedyny wielomian spełniający zadane warunki. Jest to w zasadzie tylko jedno z możliwych

¹ S. Bellert, *On a new Hypothesis Concerning the Red Shift*, *Astrophysics and Space Science* 3 (1969), 268—282.

rozwiązań, ale ponieważ każdą funkcję ciągłą można z dowolną dokładnością przybliżyć (aproksymować) wielomianami, więc można to rozwiązanie uznać za jedyne.

W ten sposób Bellert otrzymuje wzór na przesunięcie ku podczerwieni:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{kD}{1 - kD}$$

(gdzie k — stała D — odległość od źródła światła, świetlnej, $\Delta\lambda$ — przesunięcie ku podczerwieni) w odróżnieniu od dotychczasowego prawa Hubble'a:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{1}{kD}$$

Łatwo zauważyć, że dla odległości znacznie różniących się od „promienia Wszechświata” równego $1/k$ oba wzory dają prawie te same wyniki. Stałą k wyznacza się z obserwacji i wynosi ona $k = 1/cT$, gdzie c to prędkość światła w próżni, a $T = 1,3 \cdot 10^{10}$ lat to stała Hubble'a.

Można przyjąć takie jednostki czasu i odległości, że $k = T = 1$ i wtedy wzór na przesunięcie ku podczerwieni przyjmuje postać:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{1 - D}{D}$$

Z aksjomatu (2) i wzoru (4) można otrzymać prawo dodawania interwałów odległości²:

$$\Delta X = \Delta X_1 + \Delta X_2 = \Delta X_1 + \Delta X_2 - \Delta X_1 \cdot \Delta X_2$$

Stąd już prosta droga do wyróżnienia dwóch rodzajów odległości: odległości kosmicznej, która podlega prawu dodawania oznaczonego $+$, oraz odległości lokalnej, która jest całką (czyli zwykłą sumą) nieskończenie małych interwałów ΔX_n . Zależność między odległością kosmiczną a lokalną wyraża się wzorem:

$$D = 1 - e^{-kx},$$

gdzie D — odległość kosmiczna, x — odległość lokalna (w tradycyjnych jednostkach), $k = 1/cT$.

Kolejnym krokiem jest oparcie się na fundamentalnym w fizyce fakcie eksperymentalnym — na stałości prędkości

² S. Bellert, *Does the Speed of Light Decrease with Time?*, *Astrophysics and Space Science* 47 (1977), 263–276.

rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w próżni. Przyjmując, że dla każdego obserwatora prędkość światła jest stała, Bellert musi w konsekwencji wprowadzić czas kosmiczny, jako ten czas, który jest podstawą obserwowanych przez nas z dowolnego dystansu zjawisk i który wiąże się z czasem lokalnym przy pomocy wzoru:

$$\tau = 1 - c^{-t/T}$$

gdzie τ — czas kosmiczny, t — czas lokalny (w tradycyjnych jednostkach), T — stała Hubble'a. Czas kosmiczny ulega przy tym analogicznemu prawu dodawania, jak odległość kosmiczna:

$$\Delta\tau = \Delta\tau_1 + \Delta\tau_2 = \Delta\tau_1 + \Delta\tau_2 - \Delta\tau_1 \cdot \Delta\tau_2$$

3. INTERPRETACJA CZASU I ODLEGŁOŚCI KOSMICZNYCH

Zależność czasu kosmicznego od czasu lokalnego oraz odległości kosmicznej od odległości lokalnej jest logarytmiczna. Zero czasu lokalnego pokrywa się z zerem czasu kosmicznego, a zero odległości lokalnej z zerem odległości kosmicznej. Później współrzędne kosmiczne rosną wolniej od lokalnych i to coraz wolniej. Gdy czas lokalny dąży do nieskończoności, czas kosmiczny dąży do 1. Tak samo, gdy odległość lokalna dąży do nieskończoności, to odległość kosmiczna dąży do 1, nigdy tej wartości nie osiągając.

Jaki sens fizyczny ma taka zależność dwóch czasów i dwóch odległości? Najłatwiej zilustrować to przykładem. Wyobraźmy sobie, że rakieta zaczyna podróż od miejsca, w którym się znajdujemy, i leci bez napędu prosto przed siebie (w pustej przestrzeni). Będzie ona pokonywała te same interwały odległości lokalnej w tym samym czasie, co może stwierdzić ewentualny podróżnik znajdujący się w rakiecie i obserwujący podróż w swoich współrzędnych lokalnych, czyli zliczający swoje odcinki drogi w krótkich odcinkach czasu. Ponadto rakieta będzie leciała w nieskończoność, tzn. może lecieć dowolnie długo i nigdy nie osiągnie „brzegu” Wszechświata. My natomiast, obserwując lot rakiety z dużej odległości, zauważymy, że pokonuje ona coraz krótsze interwały odległości w tych samych odstępach czasu, tak jakby leciała coraz wolniej. Nigdy nie dotrze ona do horyzontu (znajdującego się w odległości 1 od nas), choć będzie się do niego asymptotycznie zbliżać. Tak

przedstawia się podróż w naszych współrzędnych kosmicznych, czyli obserwowana z dużej odległości.

Odległość (czas) kosmiczna(y) i lokalna(y) zaczynają się w punkcie przestrzennym (czasowym), w którym znajduje się obserwator, i na małych dystansach prawie się nie różnią. Dodawanie jednak następnych interwałów w tych odległościach (czasach) odbywa się zgodnie z innymi prawami; wobec tego powstaje różnica, która rośnie wykładniczo, staje się coraz większa wraz ze wzrostem dystansu i, jeśli ją ująć całościowo, jest nie tylko ilościowa, lecz także jakościowa (gdyż odległość kosmiczna jest skończona, zaś lokalna nie).

Każdy obserwator ogląda zjawiska w czasie i odległościach kosmicznych, związanych z zajmowanym przez niego punktem czasoprzestrzennym, i każdy obserwator inaczej opisuje dane zjawisko. Tak np. atom umieszczony na pewnej odległej gwiazdzie wysłał światło o danej częstotliwości, zgodnie z prawami fizyki obowiązującymi w jego lokalnej czasoprzestrzeni. Obserwator na tej gwiazdzie stwierdzi, że wszystko zgadza się z dotychczas znanymi prawami, gdyż jego czasoprzestrzeń lokalna i kosmiczna, w wypadku gdy obserwuje zjawisko tuż obok siebie, pokrywają się. Światło emitowane przez atom dociera do nas i my obserwujemy je w naszej lokalnej czasoprzestrzeni (która tuż obok nas pokrywa się z naszą czasoprzestrzenią kosmiczną), a ta nasza lokalna czasoprzestrzeń różni się od tej, która rządziła wysyłającym światło atomem. Rezultat jest taki, jakbyśmy obserwowali na odległość posługując się naszymi współrzędnymi kosmicznymi, a więc obserwujemy zwiększenie długości fali świetlnej w stosunku do takiego samego atomu obok nas (czyli obserwujemy przesunięcie ku podczerwieni)³.

Ponieważ, jak zauważyliśmy przed chwilą, odległe w czasie lub przestrzeni zjawiska obserwujemy we współrzędnych kosmicznych, wydaje nam się, jakoby Wszechświat był skończony w czasie i przestrzeni, podczas gdy mierzony w czasie i odległości lokalnej może być nieskończony. Łatwo to wytłumaczyć na przykładzie punktu osobliwego. Oglądając pomniki historii świata w czasie kosmicznym, obserwujemy pewien horyzont zdarzeń, który jest jakby początkiem świata umiejscowionym w skończonym czasie przed nami, a mianowicie przed interwałem czasu o długości 1. Jednocześnie Wszechświat mógł istnieć wiecznie w czasie lokalnym (choć tego nie wiemy), tzn. czas lokalny był nieskończenie długi. Jeśli czas lokalny był

³ S. Bellert, *On the Cosmological Red Shift*, *Astrophysics and Space Science* 7 (1970), 211—230.

nieskończony, to gdyby ludzie żyli od początku świata, byłoby do tej pory nieskończenie wiele pokoleń⁴. My, obserwując to z dystansu, stwierdzilibyśmy wtedy, że życie ludzkie ulega wykładniczemu skróceniu w miarę cofania się w głąb historii. Podobnie wielkie gęstości i temperatury Wszechświata w pobliżu punktu osobliwego, wyrażają jedynie fakt, że po przeliczeniu współrzędnych odległości czasowe pomiędzy zderzeniami cząstek były bardzo małe.

4. TŁO TEORII BELLERTA WE WSPÓŁCZESNEJ FIZYCE

Przypomnijmy sobie uwagę, że czas lokalny jest naturalnym miernikiem zdarzeń we Wszechświecie. Do podobnego wniosku doszli już wcześniej (przed sformułowaniem teorii Bellerta) fizycy W. A. Bieliński, E. M. Lifszyc i I. N. Chałatnikow (1968 rok). Rozpatrując anizotropowy model Wszechświata i opisując jego rozwój we wczesnych fazach w pobliżu punktu osobliwego, dochodzą do rozwiązań równań Einsteina w postaci drgań. „Następujące po sobie serie drgań zgęszczają się w miarę przybliżania się do punktu osobliwego. Pomiędzy dowolną skończoną chwilą czasu świata t i chwilą $t = 0$ zawarty jest nieskończony zbiór drgań. Naturalną zmienną opisującą przebieg czasowy tej ewolucji jest nie sam czas t , lecz jego logarytm $\ln(t)$, zgodnie z którym cały proces zbliżania się do punktu osobliwego rozciąga się do $-\infty$ ”⁵. Ciekawe, że jest to analogiczna zależność, jak zależność między czasem lokalnym a kosmicznym i to zarówno w postaci matematycznej, jak i w jej rozumieniu fizycznym i interpretacji.

Inny przykład znajdziemy czytając opis kolapsu grawitacyjnego, który „w czasie mierzonym w układzie odniesienia współkolapsującym z rozważaną masą trwa skończony okres czasu, natomiast w czasie mierzonym w układzie odniesienia „obserwującym” proces kolapsu z zewnątrz, proces ten trwa nieskończenie długo”⁶. I tu przeczuwa się więc konieczność wprowadzenia teorii operującej dwoma czasami o naturze takiej, jak właśnie czas kosmiczny i lokalny w teorii Bellerta.

Dużo daje do myślenia także analogia między używanym w fizyce pojęciem brzegu czasoprzestrzeni a horyzontem w teorii Bellerta. Mianowicie: „... osobliwości nie należą do czaso-

⁴ Por. K. Kłósak, *W poszukiwaniu pierwszej przyczyny*, PAX, Warszawa 1955, 90.

⁵ L. D. Landau, E. M. Lifszyc, *Teoria pola*, PWN, Warszawa 1980, 439.

⁶ H. Heller, M. Lubański, S. Slaga, *Zagadnienia filozoficzne współczesnej nauki. Wstęp do filozofii przyrody*, ATK, Warszawa 1982, 257.

przestrzeni, lecz do jej brzegu (*boundary*) [...]. Obserwator może poruszać się wewnątrz czasoprzestrzeni, a nie po jej brzegu, brzeg czasoprzestrzeni jest dla obserwatora nieosiągalny. Wszelkie informacje o brzegu obserwator może zdobyć obserwując czasoprzestrzeń wokół siebie i wyniki swoich obserwacji ekstrapolować, w pewnym sensie asymptotycznie, wstecz”⁷. Taki obraz brzegu, jako czegoś kończącego, lecz nieosiągalnego, jest naturalny dla teorii Bellerta z nieskończonym czasem lokalnym. Natomiast, gdy wyobrażamy sobie Wszechświat jako coś w zwykły sposób skończone w czasie, fakt ten jest co najmniej trochę dziwny.

5. ANALOGIE MATEMATYCZNE I FIZYCZNE

Fakt, że czas i przestrzeń są jednocześnie skończone i nieskończone, może wydawać się początkowo szokujący, lecz przyjrząwszy się różnym, klasycznym już twórcom matematycznym, przestaniemy widzieć w tym cokolwiek dziwnego. Jest to bowiem przypadek analogiczny do prostej liczbowej. Ma ona nieskończoną długość i zawiera nieskończoną ilość punktów czy nawet odcinków, ale jednocześnie możemy określić na niej przeróżne miary: w tym także naturalną miarę probabilistyczną. Wtedy to prosta rzeczywista będzie nieskończenie długa, a jednocześnie będzie miała skończoną miarę równą 1. W naszym przypadku nieskończoność prostej liczbowej jest analogią nieskończoności czasu i przestrzeni. Fakt, że miara prostej wynosi 1, jest analogią tego, iż nie możemy mierzyć większych odcinków czasu i przestrzeni niż 1, że ta jedynka jest asymptotyczną granicą pomiaru. We współistnieniu skończoności i nieskończoności, jako dwóch atrybutów czasu i przestrzeni, nie ma więc nic nadzwyczajnego.

Różnicę między odległością lokalną a odległością kosmiczną można także porównać do różnicy między masą relatywistyczną a masą spoczynkową. Masa relatywistyczna daje informację, jaka jest potrzebna nadwyżka energii, aby osiągnąć jakąś (dużą) prędkość, w stosunku do tego, czego należałoby oczekiwać z teorii klasycznej (przy uwzględnieniu masy spoczynkowej). Odległość lokalna informuje natomiast, jaka jest potrzebna nadwyżka energii, aby dotrzeć do jakiegoś celu, w stosunku do tego, czego należałoby oczekiwać w teorii klasycznej (znając tylko obserwowaną odległość kosmiczną).

Możliwe jest także potraktowanie istnienia czasu i odległo-

⁷ *Tamże*, 261.

ści lokalnych jako wyrazu względności czasoprzestrzeni oraz uważanie współrzędnych kosmicznych za swoistego rodzaju przeliczniki czy łączniki między współrzędnymi lokalnymi poszczegól­nych obserwatorów.

6. SKWANTOWANY CZAS A TEORIA BELLERTA

W intuicji wielu współczesnych uczonych czas powinien być traktowany inaczej, niż przestrzeń, w szczególności nie powinien być uznawany za parametr ciągły⁸. Także najprostsza obserwacja własnych przeżyć psychicznych prowadzi do podobnej konkluzji. Albowiem, jeśli zastanowimy się nad pojęciami: przeszłość, teraźniejszość i przyszłość, to zauważymy — że jeśli czas traktujemy jako ciągły, to teraźniejszość jest punktem czasowym. Toteż nie możemy jej zaobserwować, bo nie możemy obserwować punktów, a tylko przedziały czasu. Dlatego też wyciągamy wniosek, iż teraźniejszość nie jest punktem — jest trwaniem, a upływ czasu jest stawaniem się trwania. Aby mieć chwilę zwaną teraźniejszością, musimy skwantować czas⁹.

Można wykazać, że z teorii Bellerta (czyli z podstawowych założeń tej teorii) oraz z postulatu „niezależności prędkości światła od obserwatora” wynika konieczność skwantowania czasu¹⁰. Oś czasu ma zostać podzielona na małe, o pewnej ustalonej długości chwile (obecnie trudno jest zdecydować się na jakąś konkretną długość chwili, którą mielibyśmy ustalić raz na zawsze). Chwile te następowałyby po sobie, stykając się ze sobą, tak że można by wyróżnić chwile sąsiednie, pomiędzy którymi nie byłoby już innych chwil. Wynikiem takiego wyróżnienia najmniejszego interwału czasu jest możliwość ustalenia odległości dowolnej pary punktów w kosmologii Bellerta, jako jednej konkretnej liczby. (Bez skwantowania czasu prawdopodobnie nie dałoby się zdefiniować odległości dwóch punktów w kosmologii Bellerta). Możemy przy tym wyróżnić więcej chwil, niż tylko wspomniany „szkielet”, stworzony przez sąsiadujące i stykające się ze sobą przedziały, ale

⁸ Patrz np.: H. Bergson, *Essai sur les Données immédiates de la Conscience*, Paris 1908; T. Węclawski, *Kilka dowolnych uwag na temat teorii czasu*, *Znak* 359 (1984) 10, 1368—1382; A. N. Whitehead, *The Concept of Nature*, Cambridge University Press 1971.

⁹ E. Rydzyńska, *The Conditional Probability on Heyting Algebras and New Geometry of the Space of Events*, *Journal of Math. and Phys. Sciences* 21 (1987), No. 5.

¹⁰ E. Rydzyńska, *Radial Hypothesis*, *Astrophysics and Space Science* 137 (1987), 183—187.

to jest niepotrzebnym balastem, nie dającym żadnych nowych możliwości matematycznych, a wręcz odwrotnie — sprawiającym podobne trudności, co czas ciągły.

Wprowadzenie czasu skwantowanego staje się więc koniecznością z dwóch względów. Po pierwsze: używając go uzyskujemy spójny obraz świata w opisywanej kosmologii Bellerta¹¹. Z drugiej zaś strony nic w zasadzie nie tracimy. Możemy bowiem spotkać się tu jedynie z zarzutem pewnej nieokreśloności — niemożliwości dokładnego opisanie ruchu i położenia czasowego punktu; ale to i tak nigdy nie było możliwe ze względu na niedokładność przyrządów; ostatnio zaś straciliśmy nawet nadzieję, że kiedykolwiek będzie to możliwe, i to z zasadniczych powodów — ze względu na prawa fizyki kwantowej.

7. INNE DROGI PROWADZĄCE DO PRZYJĘCIA SKWANTOWANEGO CZASU

Skwantowany czas nie jest nam obcy. Jest to wynik naturalnej ewolucji pojęcia czasu; praktyka wyprzedziła tu teorię. Dawniej posługiwano się zegarami (słonecznymi, sprężynowymi, wahadłowymi itp.), w których wskazówka pokazywała na tarczy ciąglej upływ czasu. Obecnie zegary elektroniczne pokazują czas nie tylko z dokładnością do pewnej ustalonej części sekundy, lecz nawet co pewien ustalony interwał. Odliczają więc czas skwantowany. Dokładne odmierzanie czasu ciąglego stało się nie tylko niewygodne, ale także niemożliwe.

Konieczność skwantowania czasu powstała jeszcze przed teorią Bellerta nie tylko w dziedzinie praktyki, ale również w fizyce teoretycznej. Spotykamy ją przy badaniu warunków brzegowych przy zbliżaniu się do punktu osobliwego. „Sytuacja osobliwa rozpoczyna się (cofamy się od „wnętrza” czasoprzestrzeni ku jej brzegowi) z chwilą, gdy — przy planckowskiej gęstości 10^{98} g/cm³ [...] załamują się prawa ogólnej teorii względności. W obszarach jeszcze bliższych brzegowi czasoprzestrzeni należy stosować (do dziś nie znaną) kwantową teorię grawitacji. Ponieważ byłaby to teoria kwantowa, przełamałyby ona jedną z obecnie podstawowych struktur czasoprzestrzeni, a mianowicie jej ciągłość. Naruszenie ciągłości czasoprzestrzeni oznaczałoby radykalną zmianę naszych obecnych pojęć o czasie i przestrzeni”¹². Tak więc naturalnym objawem zbliżania się do brzegu czasoprzestrzeni byłoby załama-

¹¹ E. Rydyńska, *The Conditional Probability on Heyting...*

¹² H. Heller, M. Lubański, S. Ślaga, *dz. cyt.*, 262.

nie się jej ciągłości. Wydaje się, że to właśnie jest sednem kosmologii Bellerta. Teoria ta jest nieodzowna tylko przy rozpatrywaniu ogromnych odległości czasowych i przestrzennych; dla mniejszych odległości dobrym jej przybliżeniem jest klasyczna teoria względności. Toteż wynikająca z teorii Bellerta konieczność skwantowania czasu interweniuje dla zdarzeń bliskich temu, co nazywamy punktem osobliwym.

„Odkrycia dokonane w ciągu ostatnich trzech lat spowodowały, że [...] niemożność pogodzenia dwóch fundamentalnych zasad [ogólnej teorii względności i mechaniki kwantowej] — nie wydaje się już nie do pokonania. Optymizm ten oparty jest na powstaniu teorii nowego rodzaju zwanej teorią superstrun. Jej osobliwością jest sposób traktowania elementarnych kwantów promieniowania i materii, czyli cząstek elementarnych. W teoriach dotychczas rozpatrywanych elementarny budulec Wszechświata: kwarki, leptony i kwanty pośredniczące w oddziaływaniach są punktowe. Teoria superstrun natomiast traktuje cząstki elementarne jako wibrujące struny o średniej długości około 10^{-33} cm. Rewolucyjność tego poglądu polega na tym, że wprowadza on do fizyki długość elementarną. Tym samym struktura czasoprzestrzeni przestaje być ciągła a staje się ziarnista. Podanie bowiem położenia tego rodzaju cząstki z dokładnością większą od jej rozmiarów traci sens. Ta właśnie ziarnistość czasoprzestrzeni umożliwia stworzenie kwantowej teorii grawitacji”¹⁸. Nic więc dziwnego, że teoria superstrun stała się obecnie bardzo popularna. Postuluje ona istnienie strun — nieskończenie cienkich (czyli punktowych) w trzech wymiarach i o skończonej długości w czwartym wymiarze tworów. Elementarne zdarzenie w teorii superstrun jest właśnie przedstawione przy pomocy takiej struny, czyli tak jak w teorii Bellerta z ciągłymi trzema współrzędnymi przestrzennymi i skwantowaną współrzędną czasową. Jest to jeszcze jedna zbieżność godna zastanowienia: podobna w obu teoriach struktura czasoprzestrzeni.

8. WARTOŚĆ NAUKOWA TEORII BELLERTA I PŁYNĄCYCH ZEŃ WNIOSKÓW

Na zakończenie zwrócimy uwagę na fakt, że rozwinięta teoria Bellerta (obejmująca także konieczność skwantowania czasu) posiada wszystkie cechy, przysługujące prawdzie naukowej.

¹⁸ J. Turnau, *Superstruny*, Wiedza i Życie (1987) 7—8, 18—24.

Jest ona ogólna, ścisła, pewna, logicznie prosta i o wysokiej zawartości informatywnej.

Ogólność tej teorii uwidacznia fakt, że zajmuje się ona najbardziej uniwersalnymi pojęciami fizyki: przestrzenią i czasem. Opisuje ona cały Wszechświat, a jednocześnie stosuje się ją dla opisu drobnych, pojedynczych zdarzeń. Posiada ona postać matematyczną, czyli najściślejszą ze wszystkich możliwych.

O wysokiej informatywnej zawartości świadczy to, że tłumaczy ona wiele zjawisk, takich jak na przykład przesunięcie ku podczerwieni, istnienie horyzontu zdarzeń itd. Nie brak i drobniejszych przykładów. Takim może być wyjaśnienie zagadkowej dotąd, niedawno zaobserwowanej ogromnej gęstości kwazarów na największych odległościach, do których może sięgnąć eksperymentalnie człowiek. W rzeczywistości prawdopodobnie kwazary są rozłożone względnie równomiernie według odległości lokalnej, natomiast obserwacje odległości kosmicznej, która „ulega skróceniu” na dużych dystansach, sprawiają wrażenie wykładniczego zagęszczenia.

Jeśli chodzi o pewność, to nie jest ona mniejsza niż wielu teorii fizykalnych w momencie ich powstawania — z teorią względności na czele. Prostota logiczna kosmologii Bellerta jest zaś wprost fascynująca; można ją opisać na paru stronach, zawierających zaledwie kilka elementarnych wzorów¹⁴.

Najważniejsze jest jednak to, że teoria ta ma rzeczywistość podstawy do pretendowania do uznania ją za prawdę naukową. Warta uwagi jest bowiem zgodność teorii Bellerta z badaną eksperymentalnie rzeczywistością fizyczną¹⁵.

BELLERT'S COSMOLOGY AND QUANTIZED TIME

Summary

In this paper a sketch of the cosmological theory of Stanisław Bellert and its place in present-day physics is presented. Special attention was paid to the aspects of simultaneous finiteness and infiniteness of time and space and of quantized structure of time in Bellert's theory; a comparison was made of analogical conceptions in physics and mathematics, for a better illustration of the subject.

¹⁴ Por. np. S. Hahn, *Czy Wszechświat rzeczywiście się rozszerza?* Problemy 369 (1976) 12, 25—28.

¹⁵ Astronom B. Rust napisał w liście do prof. Stefana Hahna — współpracownika Bellerta (już po śmierci samego Bellerta), iż jego obserwacje z prawdopodobieństwem 90% potwierdzają wspomnianą teorię. Relację o tym fakcie usłyszała autorka z ust samego prof. S. Hahna.