

ANDRZEJ WISZNIEWSKI  
Akademia Medyczna w Gdańsku

## FIZYCZNE GRANICE POZNAWALNOŚCI PRZYRODY CZ. II. GRANICE POZNAWALNOŚCI MAKROŚWIATA

### 1. PRZESTRZENNE GRANICE MOŻLIWOŚCI BADAŃ WSZECHŚWIATA

Wynikające z teorii względności prawo niemożności przekroczenia prędkości światła postawiło przed fizyką i astronomią problem rozmiarów poznawalnego Wszechświata. Pośrednio wynika to z utożsamienia znanej z obserwacji ucieczki galaktyk z rozszerzaniem się Wszechświata. Efektem tego jest bowiem pojawienie się tak zwanego horyzontu zdarzeń, ograniczającego teoretyczny zasięg obserwacji do odległości  $h = c \cdot t$ , gdzie  $c$  jest prędkością światła, a  $t$  wiekiem Wszechświata (wielkość  $h$  ocenia się na kilkanaście miliardów lat świetlnych). Odległość ta nie musi być jednak równoważna promieniowi realnie istniejącej przestrzeni z rozmieszczoną w niej materią. O obiektach spoza horyzontu zdarzeń informacji uzyskać już jednak nie można. Wynika to chociażby ze wzoru Hubble'a na prędkość oddalania się galaktyk, w zależności od ich odległości  $r$ :

$$v = H \cdot r \quad (1)$$

gdzie  $H$  jest stałą Hubble'a, równą odwrotności czasu trwania Wszechświata. Po podstawieniu do wzoru (1) równości  $H=c/h$  otrzymujemy zależność:

$$v = c \frac{r}{h}, \quad (2)$$

wykazującą, iż prędkość oddalania się od nas obiektów, znajdujących się w odległościach przewyższających wartość  $h$ , jest większa od prędkości światła. Żaden foton, ani tym bardziej inna emitowana przez nie cząstka, nie będzie więc w stanie do nas dotrzeć. W uzupełnieniu trzeba by tu ewentualnie dodać, że nadświetlne prędkości względem nas, obiektów znajdujących się poza horyzontem zdarzeń, teorii względności Einsteina wcale nie podważają. Teoria ta zakłada bowiem ograniczenie szybkości poruszania się ciał do prędkości światła  $c$ , ale tylko względem ich lokalnej czasoprzestrzeni. W tym zaś wypadku występuje efekt rozszerzania się Wszechświata, który takim ograniczeniom już nie podlega.

Przedstawione powyżej rozumowanie wydaje się przekonującym dowodem na to, iż horyzont zdarzeń faktycznie stanowi nieprzekraczalną granicę możliwości poznawczych makroswiata, tym bardziej, że fizyka wielokrotnie potwierdzała słusność praw, wynikających z teorii względności. W rzeczywistości sprawa wcale nie jest taka prosta. Przede wszystkim nie wiadomo nawet tego, czy informacji na pewno nie można przekazywać z prędkościami większymi niż  $c$ . Wiąże się to z hipotezą istnienia tachionów, czyli cząstek poruszających się z prędkościami większymi niż światło. Ich istnienie też nie byłoby sprzeczne z teorią względności. Teoria ta doprowadza bowiem tylko do wniosku, iż prędkość światła jest nieprzekraczalna. Tachiony już w momencie powstania musiałyby więc posiadać prędkości nadświetlne, ale wtedy nigdy nie mogłyby one „zejść” poniżej  $c$ . Opis zachowania się tachionów nastrocza poważne trudności, gdyż wciąż nie są znane ich czasy życia ani też formy oddziaływania z innymi cząstkami elementarnymi (problemy te omawia m. in. praca Wiszniewskiego [23]). Pewne fakty obserwacyjne wskazują jednak na to, że cząstki nadświetlne rzeczywiście istnieją. Należą do nich między innymi obserwacje kwazara 3C-279. Na gruncie obecnie znanych praw fizyki efektów związanych z jego promieniowaniem nie da się wyjaśnić, jeżeli nie założy się prędkości przekazu sygnałów w przybliżeniu dziesięciokrotnie przewyższających prędkość światła [23]. Za realnym istnieniem tachionów przemawiają też doświadczenia przeprowadzone przez Bałtaja i Feinberga [1], polegające na pomiarach strat energii występujących w przyśpieszanej w próżni wiązce protonów. Teorie cząstek nadświetlnych mogą też wyjaśnić paradoks wynikający z tzw. nierówności Bella. Jest ona związana z zależnościami rządzącymi korelacjami spinowymi i opiera się na trzech założeniach: prawidłowości wykrywane w obserwowanych zjawiskach wynikają z niezależnej od obserwatora pewnej fizycznej rzeczywistości; rozumowanie indukcyjne pozwala nam na wyciąganie poprawnych wniosków ze słusznych informacji; żadne oddziaływanie ani informacja nie może rozchodzić się szybciej niż światło, czyli że dwa zdarzenia rozdzielone przestrzennie nie oddziałują na siebie natychmiast. Są to założenia pozornie oczywiste, ale niestety ich przyjęcie w korelacjach spinowych doprowadza do sprzeczności z przewidywaniami kwantowo-mechanicznymi (przeciwny kierunek znaku w nierówności Bella). W świetle tego trzeba przyjąć, że jeżeli kwantowa teoria spinów nie jest błędna (a chyba nie — potwierdzono ją eksperymentalnie), to błędne jest albo jedno z trzech przytoczonych tu założeń, albo też nierówność Bella jest naruszana przez zjawiska, które z natury nie są przestrzenne ani czasowe. Obecnie znana jest tylko jedna kategoria takich zjawisk. Są to zjawiska parapsychologiczne (szeroko omawia tę sprawę w swojej książce Norwood [18]). Uniknięcie takiej alternatywy jest jednak realne przy przyjęciu możliwości istnienia tachionów, czyli odrzuceniu założenia trzeciego (pierwsze dwa są raczej pewne). Tak więc na obecnym etapie nauki trzeba stwierdzić, że być może istnieją cząstki nadświetlne i tym samym występuje teoretyczna możliwość uzyskiwania informacji spoza horyzontu zdarzeń. Automatycznie horyzont ten nie stanowiłby rzeczywistej granicy możliwości badań Wszechświata.

Hipoteza istnienia tachionów nie jest jedyną możliwością podważenia teorii istnienia ograniczeń badawczych, ze względu na występowanie horyzontu zdarzeń. Inne hipotezy, doprowadzające do tego samego wniosku, mają nawet lepsze potwierdzenia

obserwacyjne, ale mimo tego uważane są one za zbyt kontrowersyjne. Dotyczy to przede wszystkim teorii negującej fakt rozszerzania się Wszechświata. Jak wiadomo, powiązanie obserwowanego w widmach galaktyk przesunięcia ku czerwieni z efektem Dopplera, wynika z nieznanomości innej przyczyny tego zjawiska (przesunięcie widma na skutek efektów grawitacyjnych, co uwzględnia ogólna teoria względności, byłoby zbyt słabe). Dodatkowym potwierdzeniem takiej interpretacji jest też występowanie tak zwanego promieniowania reliktowego, stanowiącego pozostałość po wczesnych etapach rozwoju Wszechświata. Dlatego też, właśnie w oparciu o efekt Dopplera, od kilkadziesiątu lat tworzona jest cała kosmologia (konsekwencją takiego podejścia jest również pojawienie się w opisie przyrody tzw. „stanów osobliwych”). Czy jednak wystarcza to do przyjęcia teorii rozszerzającego się Wszechświata jako niepodważalnego faktu? Nie jest to wcale takie pewne, a może nawet nasunąć wątpliwości, czy teorie zaprzeczające dopplerowskiej interpretacji przesunięcia ku czerwieni nie będą przemilczane (niemal wszystkie publikacje z zakresu kosmologu okazałyby się wówczas pracami błędnymi). Pytania takie nie są bezpodstawne, szczególnie, że ostatnio pojawia się coraz więcej obserwacji wykazujących, iż przesunięcie to spowodowane jest jakimś innym, dotychczas nieznanym, zjawiskiem fizycznym. Już w 1976 roku było to głównym tematem 37. Kolokwium Międzynarodowej Unii Astronomicznej w Paryżu — zaprezentowano tam wiele dowodów negujących możliwość powiązania przesunięcia ku czerwieni widm galaktyk z ich oddalaniem się [20]. Faktem jest, że oddzielnie każdy z tych dowodów można by próbować obalić poprzez założenie, iż dana anomalia dotyczy lokalnego efektu związanego z tą czy inną galaktyką. Zebrane wszystkie razem tworzą one jednak obraz bardzo zagrażający dotychczasowej kosmologii. W dodatku, przez kilkanaście lat, które minęły od czasu wspomnianego Kolokwium, przybyło już sporo nowych, istotnych dla tego problemu obserwacji. Do najważniejszych z nich zaliczyć należałoby zdjęcia podwójnych galaktyk połączonych ze sobą pasmami materii, a mimo to mającymi przesunięcia ku czerwieni tak różne, że przy ich dopplerowskiej interpretacji trzeba by przyjąć odległości między tymi obiektami sięgające miliardów lat świetlnych. Poza tym, co jest już zupełnie niezrozumiałe, obiekt mniejszy ma w takim układzie przesunięcie ku czerwieni zawsze większe. Jeszcze bardziej niepokojącą sprawą jest wiek Wszechświata. W oparciu o aktualną wartość stałej Hubble’a i inflacyjny, a więc chyba najbardziej prawdopodobny, schemat jego rozwoju [19], wynosi on ok. 14 miliardów lat. Tymczasem ostatnio Penny i Dickens otrzymali wiek 14-18 miliardów lat dla gromady kulistej NGC 6752. Nawet dolna granica 14 mld lat czyni wiek tej gromady dokładnie równy wiekowi Wszechświata. A przecież gwiazdy i ich gromady musiały potrzebować jakiegoś czasu (Alan Sandage np. uważa, że minimum 4 mld lat), żeby po Wielkim Wybuchu móc się uformować. Tak więc na obecnym etapie rozwoju kosmologii trzeba jednak stwierdzić, że mimo braku lepszych teorii niż Wszechświat ekspandujący, sprawa jego rozszerzania się, a więc tym samym i wieku, jest co najmniej niejasna. Być może, iż wiek ten jest nawet równy nieskończoności, a wtedy i odległość horyzontu zdarzeń byłaby nieskończenie wielka. W rezultacie nie stanowił on by żadnej granicy dla badań Wszechświata.

Ostatnią poruszoną tu sprawą, która może zmienić spojrzenie na zagadnienie horyzontu zdarzeń, jest problem krzywizny przestrzeni naszego Wszechświata. Obser-

wacje astronomiczne raczej wskazują, że krzywizna ta jest ujemna, czyli Wszechświat jest otwarty (gęstość materii mniejsza od gęstości krytycznej  $p_k$  równej około  $2 \cdot 10^{-29}$  g/cm<sup>3</sup> oraz parametr hamowania o wartości zbliżonej do 0, 25), ale nie jest to całkiem pewne. W każdym razie jest rzeczą niestychanie mało prawdopodobną, żeby gęstość materii była dokładnie równa  $p_k$  i tym samym Wszechświat miał idealnie zerową krzywiznę (czyli był opisywany geometrią euklidesową). Bez względu jednak na to, jaki ta krzywizna ma znak, z punktu widzenia geometrii, w zakrzywionej przestrzeni teoretycznej możliwe są skróty. Przykładem tego, ale tylko dla przestrzeni dwuwymiarowej — powierzchni, może być odległość między dwoma dowolnymi punktami na kuli ziemskiej. Najkrótszą drogą na powierzchni Ziemi jest w tym przypadku łuk tak zwanego koła wielkiego (ortodroma). Istnieje jednak droga krótsza — linia prosta między tymi punktami, przechodząca przez wnętrze Ziemi. Istotną tu sprawą jest to, iż tego rodzaju skrót dla dwuwymiarowej powierzchni przechodzi już przez trzeci wymiar. Podobnie będzie w przypadku zakrzywionego Wszechświata. Skróty między punktami jego trójwymiarowej przestrzeni, jeżeli w ogóle są możliwe, muszą przechodzić przez czwarty wymiar przestrzenny. Można tu też zaznaczyć, że nie są one również wykluczone w przestrzeni euklidesowej, byleby tylko była ona odpowiednio „zwinięta”. Rozważania dotyczące tego problemu przeprowadził m. in. Kordos [15] na str. 74 swojej książki. Czy jednak wspomniane skróty przez czwarty wymiar (tak chętnie uwzględniane przez autorów powieści typu *science fiction*) są z punktu widzenia fizyki możliwe? Niestety na to pytanie jak dotychczas nie ma odpowiedzi. Nie wiadomo nawet, czy tego rodzaju efekt tunelowy, między dwoma punktami przestrzeni, nie narusza zasady zachowania energii (empiryczny charakter tej zasady nie pozwala ustalić jej związku z całą, być może wielowymiarową, strukturą czasoprzestrzeni). Ta niewiedza rzutuje jednak na problem istnienia horyzontu zdarzeń. Jeżeli bowiem udałoby się nawet zanegować możliwość przesyłania informacji przez tachiony i potwierdzić fakt rozszerzania się Wszechświata, to i tak niejasność co do efektu tunelowego przez czwarty wymiar spowoduje wystąpienie wątpliwości, czy horyzont zdarzeń jest nieprzekraczalny. Tak więc ogólnym wnioskiem wynikającym z tych rozważań jest stwierdzenie, że nie wiadomo czy istnieją jakiegokolwiek przestrzenne granice możliwości badań Wszechświata.

## 2. STANY OSOBLIWE

Obowiązujący w kosmologii model rozszerzającego się Wszechświata oraz teoria grawitacji narzucają konieczność wprowadzenia do fizyki pojęcia tzw. stanów osobliwych. Cofając się bowiem wstecz i rozpatrując poszczególne etapy rozwoju Wszechświata, osiąga się w pewnym momencie gęstość materii, przy których znane obecnie prawa fizyki jeszcze nie mogły obowiązywać. Oczywiście moment ten musi stanowić granicę poznania, gdyż nieznaną istniejących wówczas praw (nie wiadomo nawet, czy były wtedy słuszne „dzisiejsze” fizyczne zasady) automatycznie doprowadza do niemożności opisu przyrody. Tego rodzaju stany nadgęste występowały teoretycznie nie tylko w pierwszych momentach po Wielkim Wybuchu. Są one też przewidywane w modelu pulsującego Wszechświata, czyli takiego, który po fazie ekspansji zacznie się

kiedys kurczyć. Aktualnie miałyby one też możliwość występowania w tzw. czarnych dziurach, o czym dalej.

Zagadnienie pojawiania się stanów nadgęstych w ekspandującym, względnie pulsującym Wszechświecie jest tak poważnym problemem kosmologii, że doczekał się on już bardzo obszernej literatury (w sposób popularny, w swojej książce, omawia go m. in. Kuchowicz [16]). W związku z powyższym będą tu poruszane tylko te aspekty obowiązujących teorii, które wiążą się z głównym tematem niniejszej pracy.

Wielki Wybuch, jako proces kreacji materii z matematycznego punktu, w którym w momencie czasu zero miała ona gęstość nieskończenie wielką, stanowi problem nie tylko fizyczny i filozoficzny, ale też i psychologiczny. Psychologiczny aspekt tego zagadnienia wynika bowiem z faktu, iż przy rozpatrywaniu struktury czasoprzestrzeni umysł ludzki jest w stanie wyobrazić sobie wyłącznie nieskończoność. Stwierdzenie to jest tylko pozornym paradoksem. Nawet naukowiec z dziedziny astrofizyki wiedzący, iż początek Wszechświata to kreacja nie tylko materii, ale również czasu i przestrzeni, nie będzie w stanie uwolnić się od podświadomego pytania: *co było przedtem?* Podobnie wygląda też sprawa z ograniczonością przestrzeni (kto wie, czy właśnie ta „psychologiczna bariera” nie narzuciła pomysłu pulsującego Wszechświata?). W efekcie czynnik ten najprawdopodobniej rzutuje na podejście do sprawy Wielkiego Wybuchu od strony fizycznej — naukowcy wyraźnie chcą uniknąć stanów osobliwych, czyli nadgęstych. Jeżeli by się to udało, to tym samym związane z takimi stanami granice fizycznego poznania też by zostały usunięte. Niestety, jak dotychczas, teorie negujące realne istnienie nadgęstości pozostają w sferze hipotez, mniej lub bardziej prawdopodobnych. Jedna z nich — negacja faktu, iż Wszechświat w ogóle się rozszerza, przytoczona i omówiona została w części I niniejszego tekstu. Inną możliwość rozwiązania tego problemu daje teoria Einsteina-Cartana. Uwzględnia ona tzw. skręcenie czasoprzestrzeni będące efektem wzajemnego oddziaływania spinów cząstek elementarnych. Przeciwnostawiają się one zagęszczaniu materii, w efekcie czego niemożliwe staje się przekroczenie pewnej krytycznej wartości gęstości, równej około  $10^{57}$  kg/m<sup>3</sup>. Tym samym kreacja Wszechświata nie następowałaby z matematycznego punktu, gdyż nawet w chwili  $t=0$  miałby on rozmiary rzędu kilku centymetrów. Do tej pory znaleziono już sporo ścisłych rozwiązań równań teorii Einsteina-Cartana, przedstawiających tego rodzaju nieosobliwe modele kosmologiczne. Mimo tego, jak dotąd, nie ma pewności czy teoria ta jest słuszna. Największym jej mankamentem jest brak opisu przekonującego mechanizm zmuszającego spiny do równoległego ustawiania się, przy dużych gęstościach materii. Jeżeli bowiem mechanizm taki nie istnieje, to skręcenie czasoprzestrzeni również nie będzie w stanie zapobiegać powstawaniu stanów nadgęstych.

Na marginesie teorii Einsteina-Cartana i jej podobnych trzeba stwierdzić, że założenie występowania maksymalnej gęstości także nie rozwiązuje wszystkich problemów. Wynika to z faktu, iż nawet przy podanym ograniczonym zagęszczeniu materii, musiałaby pojawić się pełna unifikacja oddziaływań międzycząsteczkowych. Między innymi rozważał tę sprawę Heller [12], zwracając uwagę na to, że cofając się w czasie wstecz, w miarę zagęszczania się materii, determinizm przechodzi w indeterminizm i to coraz „mocniejszy”, w miarę zbliżania się do momentu powstania Wszechświata. Pełny indeterminizm w stanie początkowym  $t=0$ , nawet w ograniczonej objętości wynikającej

z teorii Einsteina-Cartana, do obserwowanego obecnie determinizmu zasadniczo nigdy by nie mógł doprowadzić. Z punktu widzenia fizyki i filozofii całe zagadnienie stanu nadgęstego pozostaje więc nadal równie trudne, jak przy założeniu kreacji Wszechświata z matematycznego punktu.

Przy rozpatrywaniu możliwości występowania stanów osobliwych warto też wspomnieć o hipotezie, która wszystkie wymienione tu problemy może wyjaśnić. Jest nią teoria zakładająca zmienność wielkości, które nazywane są stałymi fizycznymi. Rzeczywiście, do usunięcia osobliwości stanów nadgęstych, albo przynajmniej pojawienia się możliwości ich opisu za pomocą zmodyfikowanych praw fizycznych, wystarczyłyby zmiany czasowe stałej grawitacyjnej, względnie stałej Plancka, tak niewielkie, że nie mogłyby one być zarejestrowane przez żadne przyrządy. Niemniej, hipoteza ta nie jest tylko czystą spekulacją, gdyż istnieją pośrednie dowody w dużym stopniu potwierdzające występowanie takich zmian. Między innymi należą do nich obserwacje ekspansji orbit planet i statków kosmicznych prowadzone przez grupę naukowców kierowanych przez Shapiro [21] oraz pomiary różnic między czasem atomowym, a czasem efemeryd wyznaczone przez Van Flanderna [22]. W obu tych przypadkach otrzymano wartości zmienności stałej grawitacyjnej ( $G/G$ ) rzędu  $10^{-11}$ /rok. Przyjęcie teorii czasowych zmian stałych fizycznych w dużym stopniu pozwoliło by też wyjaśnić tak zwaną koincydencję wielkich liczb (w cyklu swoich prac szeroko rozważał tę sprawę Dirac [5], [5], [7], [8]). Fizyków i astronomów intryguje bowiem fakt, że najprzeróżniejsze kombinacje stałych fizycznych oraz parametrów mikro- i makroświata, jeżeli tylko tworzą one wielkość bezwymiarową, dają w efekcie wartość z niewielkim rozrzutem oscylującym wokół liczby  $10^{39}$  [9]. Koincydencje te znane są już od kilkudziesięciu lat, ale mimo tego do dziś nie zostały one wyjaśnione. Hipoteza zmienności stałych fizycznych jest więc bardzo atrakcyjna, ale trzeba stwierdzić, że chociaż fizyka jej nie wyklucza, to jednak wyników obserwacji Shapira i Van Flanderna też nie można przyjmować bezkrytycznie. Przeciwność przemawia bowiem brak dokładnej teorii sił przyptywowych w układzie Ziemia-Księżyc oraz nieuwzględnienie teorii Bransa-Dicke'ego (problemy te omawia w swojej pracy Klimek [14]). Mimo tego możliwość występowania efektu zmian stałej grawitacyjnej wydaje się być dość prawdopodobna. Jego konsekwencją (poprzez koincydencję wielkich liczb, względnie zasadę zachowania energii) byłyby zmienność wszystkich innych stałych fizycznych. To z kolei mogło by doprowadzić do wyjaśnienia problemów stanów osobliwych.

Na zakończenie rozważań dotyczących stanów nadgęstych trzeba też wspomnieć, że teoretycznie mogły one występować nie tylko we wczesnych etapach rozwoju Wszechświata. Teoria grawitacji przewiduje, że materia w sposób ciągły musi się zagęszczać także w tzw. czarnych dziurach. W tym zaś przypadku uniknięcie osobliwości poprzez założenie zmienności stałych fizycznych, staje się już znacznie trudniejsze. W dalszym jednak ciągu możliwe jest rozwiązanie tego zagadnienia w oparciu o teorię Einsteina-Cartana (problem przechodzenia indeterminizmu w determinizm wtedy nie wystąpi, gdyż proces będzie przebiegał w przeciwnym kierunku — zwiększania gęstości). Poza tym, czarne dziury nie są już obecnie traktowane wyłącznie jako grawitacyjne pułapki, do których wszystko może wpaść, ale nic nie jest w stanie się wydostać. Kwantowe efekty najprawdopodobniej powodują bowiem to, że czarna dziura, po-

chłaniając wirtualne cząstki o ujemnej energii, wysyła równocześnie cząstki o energii dodatniej, a więc promieniuje i z czasem zanika. Być może, iż tym samym stany nadgęste w jej wnętrzu powstać już nie mogą. Od strony fizycznej proces ten m. in. opisany jest w 7 rozdziale książki Hawkinga [10].

Podany tu przegląd teorii związany ze stanami osobliwymi wyraźnie wykazuje, że jest to jeden z najtrudniejszych problemów współczesnej fizyki i astronomii. Trudności z jego rozwiązaniem powodują, iż obecnie można tylko stwierdzić, że występowanie takich stanów nie jest całkiem pewne, gdyż w kosmologii i mechanice kwantowej pojawiły się już teorie sugerujące inny opis niektórych szczegółów dotyczących ewolucji Wszechświata oraz procesu zapadania się materii w czarne dziury. W dodatku nawet potwierdzenie istnienia stanów osobliwych nie musi wykluczyć możliwości ich opisów w przyszłości poprzez zmodyfikowane równania fizyczne. Być może stanie się tak dzięki rozwojowi kwantowej teorii grawitacji, względnie odkryciu nieznanych dotąd związków między stałymi fizycznymi. Tym samym nie wiadomo, czy teoria stanów osobliwych automatycznie musi narzucić granicę możliwości poznawczych.

### 3. ZAKOŃCZENIE

Przedstawione w obu częściach niniejszej pracy rozważania upoważniają do sformułowania generalnego wniosku: nie wiadomo, czy istnieją jakiegokolwiek granice poznawalności przyrody wynikające z obecnie znanych praw fizyki. Nie wiadomo też, czy nawet odkrycie nowych praw ograniczających możliwości poznawcze, podany powyżej wniosek naruszy. Jest bowiem rzeczą charakterystyczną, że rozwój fizyki wyraźnie kolejno poddaje w wątpliwość ograniczenia (i to wszystkie), które na początku wydawały się być niewzruszone. Sprawia to wręcz wrażenie reguły. Może jest to nawet i reguła, gdyż stopień fizycznej złożoności przyrody jest chyba nieskończenie wielki, a poszczególne prawa opisują jej zachowanie tylko w sposób wycinkowy. Czy w związku z tym należałoby przyjąć hipotezę, że być może żadne granice poznania narzucone przez prawa fizyki, nie istnieją? Pesymistyczny wniosek, że obecnie o poznawalności przyrody nic nie wiemy, można by wtedy zastąpić wnioskiem optymistycznym, iż człowiek w poznawaniu tym żadnymi fizycznymi barierami nigdy ograniczony nie będzie. Chyba jednak takich stwierdzeń wypowiadać nie należy. Obserwacje metod działania fizyki doświadczalnej wyraźnie bowiem wykazują, że istnieją ograniczenia wynikające z relacji ilościowych i jakościowych. Relacje ilościowe są w zasadzie oczywiste. Przykładem może być tu niemożność poznania przez ludzi struktury wszystkich gwiazd we Wszechświecie, skoro nawet nasza Galaktyka zawiera ich ok. 200 miliardów, a różnych galaktyk już znamy setki tysięcy. Niemożliwe jest też poznanie aktualnego położenia i prędkości wszystkich owadów na Ziemi i nie potrzeba do tego zasady Heisenberga, gdyż jest to również, przede wszystkim, ograniczenie ilościowe. Obok niego występują jednak ograniczenia mniej trywialne — jakościowe, wynikające z różnych stopni złożoności aparatu badawczego oraz badanego obiektu. Regułą jest bowiem to, że aparat badawczy zawsze musi posiadać większy stopień złożoności niż badany obiekt (pod słowem *obiekt* trzeba tu rozumieć zespół jego cech poddanych

badaniu). Dlatego na przykład, za pomocą wagi, suwmiarki i spektrofotometru można przebadać młotek (pod kątem jego masy, wymiarów i składu chemicznego), ale nigdy za pomocą tego samego młotka nie zbada się struktury spektrofotometru. Widać też wyraźnie, że reguła ta pogłębia się w miarę wnikania w budowę mikroświata. To właśnie w związku z tym, na świecie konstruuje się coraz to potężniejsze i coraz to bardziej złożone akceleratory, żeby poznać coraz to drobniejsze szczegóły z zakresu fizyki cząstek elementarnych. I tak już niestety będzie musiało być, przy „schodzeniu” w głąb struktury mikroświata. W dodatku, jeżeli czasoprzestrzeń nie jest skwantowana i nawet pojedyncza cząsteczka ma strukturę nieskończenie złożoną, to przy badaniach napotka się w pewnym momencie na taki poziom tej struktury, że aparatura do jej przebadania musiałaby pochłonąć wszystkie zasoby surowcowe, względnie energetyczne ludzkości. Dla filozofii fakt ten ma też istotne znaczenie w odniesieniu do świadomości człowieka. Z punktu widzenia biofizyki, procesy fizyko-chemiczne, realizujące w sumie efekt świadomości, muszą występować na bardzo niskim poziomie struktury materii (prawdopodobnie dopiero na poziomie kwantowym). Muszą też być one bardzo złożone, skoro najważniejszą różnicą między materią nieożywioną a ożywioną, jest wyraźnie większa ilość funkcji realizowanych przez formy żywe. Dlatego też przy badaniu zjawiska świadomości na podstawowym, z punktu widzenia fizyki, poziomie jej występowania, człowiek napotka granicę niemożliwą do przekroczenia. Granicą tą będzie właśnie brak różnicy w stopniu złożoności między aparatem badawczym a badanym obiektem. W tym bowiem przypadku ich złożoność jest dokładnie taka sama — przy pomocy własnej świadomości człowiek musiałby badać własną świadomość. Taki mechanizm poznania jest już jednak niemożliwy. Reasumując więc wszystkie wnioski zawarte w obu częściach niniejszej pracy należy stwierdzić, że jedyną realną granicą fizycznej poznawalności przyrody jest wymóg nadrzędności, w sensie złożoności, aparatu badawczego nad badanym obiektem. O innych granicach, jak dotychczas, nic pewnego powiedzieć nie można.

#### LITERATURA

- [1] C. Bałtaj, G. Feinberg: *Phys. Rev.* 1970, D1.
- [2] Cz. Białobrzeski: *Podstawy poznawcze fizyki świata atomowego*. Warszawa 1984.
- [3] L. De Broglie: *Introduction à l'étude de la mécanique ondulatoire*. Paris 1930.
- [4] L. De Broglie: *Les Nouvelles Théories de la Physique*. Paris 1939, s. 83.
- [5] P. A. M. Dirac: *Nature*. 1937, 139.
- [6] P. A. M. Dirac: *Proc. R. Soc. Lond.* 1938, A165.
- [7] P. A. M. Dirac: *Proc. R. Soc. Lond.* 1973, A 333.
- [8] P. A. M. Dirac: *Proc. R. Soc. Lond.* 1974, A 338.
- [9] M. Duff, Ch. Sulton: *New Scientist*, 1988.
- [10] S. W. Hawking: *Krótko historia czasu*. Warszawa 1990.
- [11] H. Heisenberg: *Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik*.  
Tłumaczenie polskie: *Część i całość*. Warszawa 1987.
- [12] M. Heller: *Ewolucja kosmosu i kosmologii*. Warszawa 1985.



- [13] M. Heller: "Problemy" Nr 2, 1989.
- [14] Z. Klimek: *Postępy Astronomii*. Warszawa 1976.
- [15] M. Kordos: *O różnych geometriach*. Warszawa 1987, s. 74.
- [16] B. Kuchowicz, J. T. Szymczak: *Dzieje materii przez fizyków odczytane*. Warszawa 1985.
- [17] J. V. Neumann: *Matematische Grundlagen der Quantenmechanik*. New York 1943.
- [18] J. Norwood: *Fizyka współczesna*. Warszawa 1982.
- [19] T. Rothman, G. F. R. Ellis: „Astronomy” 1987, nr 2.
- [20] K. Rudnicki: *Postępy astronomii*. Warszawa 1977.
- [21] LI. Shapiro, M. B. Smith, M. B. Ash, R. P. Ingalls, G. H. Pettengill: *Phys. Rev. Lett.* 1971, 26.
- [22] T. C. Van Flandern: *M. N. R. A. S.* 1975, 170.
- [23] A. Wiszniewski: „Zeszyty naukowe Wydziału Humanistycznego Uniwersytetu Gdańskiego”. Gdańsk 1988, 13, 107.