



## Metainżynieria środowiska kosmicznego

T. Zbigniew Dworak

*Akademia Górniczo-Hutnicza,  
Zakład Kształtowania i Ochrony Środowiska*

### 1. Wstęp

W ciągu ostatniego półwiecza nasza wiedza o Wszechświecie, Układzie Słonecznym, Ziemi i miejscu człowieka w Kosmosie dokonała zadziwiającego zwrotu, a właściwie zatoczyła spiralę, osiągając niejako wyjściowe pozycje (w sensie teoretycznych pojęć fizyki, filozofii, metodologii), jakkolwiek już na nowym, współczesnym w porównaniu z dawno minionymi epokami – poziomie. W drugiej połowie XVI w. rewolucja kopernikańska wyzwoliła myśl ludzką z doktryny geocentryzmu, niemal niepodzielnie panującego przez tysiąclecia. Podczas następnego stulecia ten nowy pogląd na świat ugruntowały odkrycia Galileusza, prawa Keplera, a przede wszystkim fizyka Newtona. W XX w. znalazło to wyraz jako kopernikańska zasada kosmologiczna „niczym nie wyróżnionego w Kosmosie obserwatora”, czyli jednorodnego oraz izotropowego Wszechświata (jednakowego we wszystkich miejscach).

Co więcej, jeszcze w XIX w., w latach 1858–1859, nowożytna nauka odniosła kolejne wielkie sukcesy: Charles Darwin ogłosił swoją (i Alfreda Russela Wallace’a) teorię ewolucji (biologicznej), a Robert Wilhelm Bunsen i Gustav Robert Kirchhoff opracowali metodę analizy spektralnej pierwiastków chemicznych. Jak na ironię przewodniczący Towarzystwa Linneauskiego w Londynie wtedy właśnie był napisał: „Ubiegły rok (...) nie zaznaczył się w istocie żadnym z tych wybitnych odkryć, które z gruntu rewolucjonizują, by tak rzec, fundament, na którym wspierają się nauki”, a kilkanaście lat wcześniej znany filozof pozytywizmu Auguste Comte z całą stanowczością stwierdził, iż „skład chemiczny gwiazd musi pozostać na zawsze poza zasięgiem ludzkiego poznania”!

Tymczasem teoria ewolucji właśnie okazała się nad wyraz rewolucyjna, zwłaszcza w zastosowaniu do kwestii pochodzenia człowieka i w konsekwencji pozwoliła wreszcie uwolnić się od ciężącego nad myśleniem ludzkim antropocentryzmu. Natomiast analiza spektralna promieniowania gwiazd pozwoliła ostatecznie potwierdzić (co już wcześniej postulowali astronomowie oraz fizycy) jedność budowy materii we Wszechświecie, który okazał się „taki sam” w każdym miejscu i w każdym kierunku. Po udowodnieniu przez astronomów, że galaktyki stanowią odrębne światy gwiazd (wyspy Wszechświata według Herschela i von Humboldta), a także po odkryciu w 1929 r. przez Edwina Powella Hubble’a zjawiska „ucieczki galaktyk” (ekspansji Kosmosu jako całości) przyszło astrofizykom i kosmologom zrezygnować z idei stacjonarności oraz niezmienności

Wszechświata i przyjąć do wiadomości ewolucyjny model materii–energii wraz z czasoprzestrzenią.

W drugiej połowie XX w. powszechnie już obowiązywało w nauce ewolucyjne podejście do całej materii – nie tylko ożywionej – zaczynając od osobliwości początkowej (początku Wszechświata) i nukleosyntezy pierwotnej, powstawania galaktyk i gwiazd – w tym Słońca – narodzin i rozwoju Układu Słonecznego, przez dryf kontynentów (czyli ewolucję powierzchni Ziemi), a kończąc Kosmosem jako całością. Stało się też oczywiste, że wypracowane na Ziemi, przez ludzi i dla ludzi, dziedziny nauki: matematyka, astronomia, fizyka, chemia – dają się przecież uogólnić na poznany Wszechświat; że te same prawa fizyki i chemii obowiązują dla całej materii kosmicznej, energii i czasoprzestrzeni.

## 2. Problemy i wątpliwości

Jednak w tym nowatorskim, eleganckim, rzec by można, podejściu do otaczającego nas świata – chociaż Ziemia przestała być jego centrum, a zamieszkujący ją człowiek przestał być „miarą wszechrzeczy” – istniały przecież jeszcze pewne niewyjaśnione kwestie, które początkowo miano jakby za drugorzędne. Wydawało się bowiem uczynom, że skoro fizyka i chemia jest tożsama dla poznanego Wszechświata, Układ Słoneczny nie znajduje się w jego środku (ani też nawet w pobliżu jądra Galaktyki, lecz na jej peryferiach), Ziemia jest tylko jedną z wielu planet, a warunki powstawania układu planetarnego i ewolucji Ziemi są mniej więcej wiadome, to bez wątplenia muszą istnieć również inne, pozasłoneczne układy planetarne i powinno także „gdzie indziej” występować życie (oraz pozaziemskie biosfery i... cywilizacje). Ponadto umacniały nas w tym poglądzie przymiślenia dawnych astronomów i filozofów (choć nie zawsze realistyczne, jak np. szwedzkiego mistyka Emmanuela Svedenborga). O ile zatem pierwsze założenie, o powszechności układów planetarnych (przynajmniej w naszej Galaktyce), wywodziło się oczywiście z jedności praw fizyki i chemii we Wszechświecie – o tyle drugie było podyktowane już to dogłębnym przeświadczeniem, już to koniecznością przyjęcia, że reguły biologiczne, wywodzące się pośrednio z praw fizykochemicznych, podobnie będą obowiązujące na skalę kosmiczną. Według wcześniejszych przekonań (z XVIII i XIX w.) życie miało istnieć pod każdą niemal gwiazdą, widzialny Kosmos miał wręcz „kipieć materią ożywioną”, kontakt międzycywilizacyjny miał zaś zostać niebawem nawiązany. Tymczasem jak dotąd nic podobnego nie nastąpiło. Entuzjaści (z połowy XX w.) pozaziemskiego życia (egzobiologii) oraz cywilizacji kosmicznych – np. Stanisław Lem i Josip S. Szklowski – stawali się co najmniej sceptykami lub wprost negowali wszelkie hipotezy o powszechności inteligencji (cywilizacji) we Wszechświecie. Inni uczeni starali się o racjonalne wyjście z tego niespodziewanego impasu, całkiem poprawnie tłumacząc niepowodzenia w odkrywaniu innych układów planetarnych ich ogromnymi przecież odległościami od Słońca i zbyt drastyczną różnicą jasno-

ści między gwiazdą a jej ewentualnymi planetami. Brak przejawów istnienia cywilizacji galaktycznych bądź ich milczenie wyjaśniali najbardziej wysublimowanymi i wyrafinowanymi powodami – łącznie z inżynierią środowiska kosmicznego, nierozpoznawalną jednak dla nas jako artefakt, czyli zjawisko sztucznego pochodzenia.

Co prawda, w minionym dziesięcioleciu zaczęły się mnożyć doniesienia o odkrywaniu oznak istnienia innych układów planetarnych (a raczej pojedynczych planet wokół niektórych gwiazd). Jednak zestawienie wszystkich dotąd odkrytych efektów, mogących świadczyć o obecności planet wokół odległych gwiazd, budzi podejrzenie, iż nie są to układy planetarne *sensu stricto*, lecz raczej jakby zdegenerowane gwiazdy podwójne (których – nawiasem mówiąc – jest w naszej Galaktyce ponad 90%). Okazało się również, że istnienie układów planetarnych wokół gwiazd podwójnych jest raczej niemożliwe, ponieważ zachodzi taka oto alternatywa: powstaje układ albo gwiazdy podwójnej, albo gwiazdy pojedynczej z układem planetarnym. Nawet jeśli by takie układy planetarne powstały, to pojawienie się – na planetach gwiazd podwójnych – życia nie będzie możliwe ze względu na niestabilność orbit planetarnych. Ponadto wyjaśniło się, iż odpowiednim miejscem w przestrzeni (w naszej Galaktyce) do powstawania układów planetarnych, w dodatku mogących zostać obdarzonych życiem, jest tzw. krąg korotacji w Galaktyce, odległy od jej środka o 10,5 kpc – czyli że istnieje w niej jednak pewien wyróżniony obszar (sfera?)! Co więcej, wyjaśniło się, iż aby uformowała się planeta „ziemiopodobna” i mogło na niej powstać, a następnie ewoluować życie oraz biosfera, musi zajść precyzyjnie niemal dostrojona („wyróżniona”) sekwencja zdarzeń kosmicznych, trudna do ponownego powtórzenia – mimo, skądinąd, powszechności takich zdarzeń, każdego z osobna.

Niemal równocześnie z kłopotami, jakie pojawiły się w związku z próbami odkrycia cywilizacji pozaziemskich (a przynajmniej innych układów planetarnych), wyniknęły również problemy natury fundamentalnej w fizyce oraz kosmologii. Nie chodzi przy tym o osobliwość początkową ani nawet o „pierwsze trzy minuty” (w standardowym modelu kosmologicznym) są to, rzecz by można, „normalne problemy”, jakie napotykaamy, pytając o każdy „początek”.

Już w 1936 r. sir Arthur Eddington zauważył przedziwną koincydencję wielkich liczb, łączących z sobą w pewien sposób mikroświat i megaświat (mikrofizykę i kosmologię). Chodzi o zaskakujące zbieżności między wartościami pewnych wyrażeń utworzonych z podstawowych stałych fizycznych oraz z podstawowych parametrów kosmologicznych, cokolwiek miałyby to znaczyć. Następnie podobne „zbiegi okoliczności”, a w ślad za nimi – niepokojące pytania o sens Wszechświata i o to, kim my jesteśmy wobec Wszechświata, zaczęły się mnożyć. Co więcej, okazały się one właśnie uwikłane w kwestię istnienia na Ziemi życia oraz inteligencji (człowieka) – przy jednoczesnym stwierdzeniu (jak dotąd) braku oznak obecności ETI (pozaziemskiej inteligencji), przynajmniej w naszej Galaktyce.

Wielką trudnością natury kosmologicznej we współczesnej fizyce jest przede wszystkim brak – jak dotychczas – jednolitej teorii pola. W szczególności brak jest uzgodnienia zasad mechaniki kwantowej z ogólną teorią względności. Wiąże się to między innymi z najbardziej może spektakularnymi problemami kosmologicznymi: z problemem płaskości Wszechświata oraz z tzw. paradoksem horyzontu (kosmologicznego). Szczególną próbą wyjaśnienia tych zagadkowych własności Wszechświata (z pozycji jedności praw fizyki, izotropowości i jednorodności materii–energii w czasoprzestrzeni) są tzw. modele inflacyjne, głoszące między innymi, iż w początkowych stadiach istnienia Wszechświata jego ekspansja była o kilka rzędów wielkości szybsza niż obecnie. Nie zostały one do dziś w pełni potwierdzone empirycznie, wymagają również przyjęcia specjalnych warunków początkowych. Jednakże osobiście znamienita i zarazem wysoce kontrowersyjna okazała się tzw. ostateczna zasada antropiczna, pretendująca do wyjaśnienia wszelkich paradoksów, specyficznych zbiegów okoliczności obserwowanych we Wszechświecie i mająca już bezpośrednie przełożenie do kwestii istnienia życia oraz cywilizacji „tu i teraz”, na Ziemi (a być może tylko „tu i teraz”!). Podczas gdy jedni uczeni są pełni rezerwy wobec zasady antropicznej (podobnie zresztą jak i wobec modeli inflacyjnych), inni odnoszą się do niej wręcz entuzjastycznie i mają na to dobrze umotywowane argumenty: „obserwowane wartości wszystkich zjawisk fizycznych i kosmologicznych nie są jednakowo prawdopodobne, ale przyjmują wartości ograniczone przez wymóg istnienia opartego na węglu życia i jego rozwoju oraz wymóg odpowiedniego wieku Wszechświata, w którym powstanie życia i jego ewolucja mogła się dokonać”. Mieszczą się w tym i modele inflacyjne, i ewolucja Ziemi wraz z jej biosferą, inaczej – wysoce kontrowersyjna hipoteza Gai Lovelocka, traktująca naszą planetę jako jeden wielki homeostat.

Zatem: „Krótko mówiąc – parametry Kosmosu nie mogą być dowolne, przypadkowe, «nieuprzywilejowane» – jak zwykło się mawiać w odniesieniu do kopernikańskiego Wszechświata, ale przeciwnie, muszą być właśnie takie, jakie są konieczne, by mogło się narodzić życie – skoro wiemy, że życie w tym Wszechświecie powstało”.

Oto co miałem na myśli, pisząc we wstępie, że nauka zatoczyła spiralę – powracając ponownie do sytuacji „wyróżnionego obserwatora”, do swoiście rozumianego „antropocentryzmu” i antropomorfizmu, wyrażonego właśnie zasadą antropiczną. Tak konsekwentnie przeprowadzone podejście do naszego istnienia nasuwa jednak szereg wątpliwości zarówno natury metodologicznej (silna zasada antropiczna jest tautologią, zasadą *idem per idem*), jak i filozoficznej: implikuje ono swoistą oraz szczególnej postaci „metainżynierię środowiska kosmicznego”.

### 3. Przypadek czy konieczność?

Wydaje się, iż powodem postulowania silnej zasady antropicznej był – nigdzie jednak w sposób jawny nie przywoływany ani nawet wymieniany – odwieczny

spór o przypadek i konieczność, do dziś zresztą nierozstrzygnięty, a na wyższym niejako poziomie stawiający nas przed dylematami: przyczynowości, pewności i prawdopodobieństwa, determinizmu i/lub indeterminizmu, szczególnie widocznym w mechanice kwantowej.

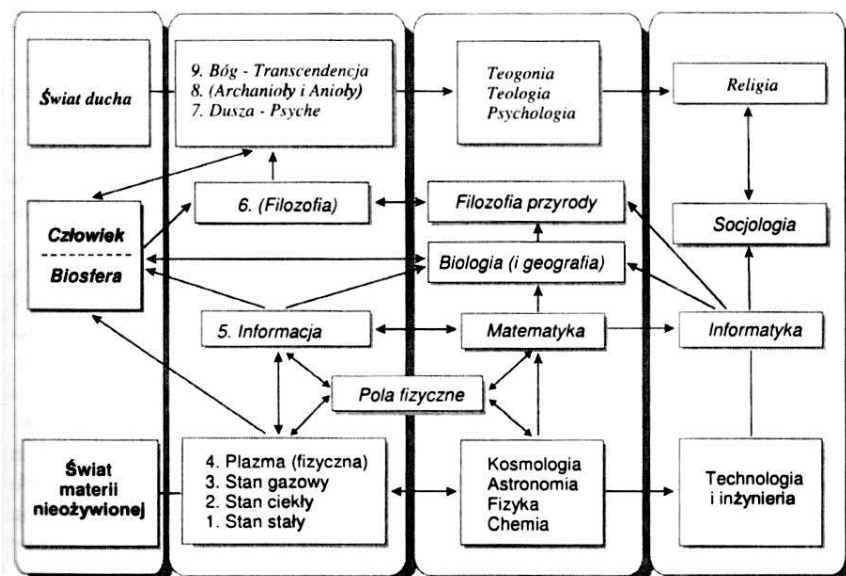
W rzeczy samej, jeśli wziąć pod uwagę brak jakichkolwiek oznak istnienia cywilizacji kosmicznych, brak życia na innych planetach a zarazem: osobliwości powstania Układu Słonecznego, Ziemi, ewolucji na niej biosfery oraz powstanie człowieka, to pojawia się przed nami taka oto alternatywa: albo jesteśmy w pewnym sensie przypadkowym „wyrzodnieniem” na tle „normalnego Kosmosu”, albo – jego koniecznym wyróżnieniem właśnie. *Tertium non datur?* Niezupenie, bo można też przyjąć, że jesteśmy normalnym przypadkiem, chociaż niesłychanie rzadkim we Wszechświecie, może nawet jednostkowym Gest to tzw. słaba zasada antropiczna). Nie ulega najmniejszej wątpliwości, że bliższa nam będzie idea dostarczająca ponadto komfortu psychicznego, iż jesteśmy „wyróżnieniem”, koniecznością we Wszechświecie.

W ciągu minionych dziesięcioleci ustalono przecieź, że przypadek również odgrywa ważną rolę w różnych procesach fizycznych, chemicznych, geologicznych i biologicznych. Pewne zjawiska stochastyczne wydają się jakby dominujące nad determinizmem, znanym z mechaniki klasycznej, a niektóre zdarzenia (czy to w Kosmosie, czy na Ziemi) są wręcz nieprzewidywalne. Z drugiej jednak strony, obserwujemy we Wszechświecie więcej ładu niż chaosu. Mimo statystycznej jednorodności Wszechświata układy kosmiczne tworzą przecieź pewną hierarchię. I pomimo indeterminizmu (np. zasady nieoznaczoności Heisenberga) na poziomie mikroświata układy makroskopowe wydają się jednak spełniać zasady fizyki klasycznej. W zaistniałej sytuacji staje się konieczne nowe, uogólnione podejście do przypadku i konieczności – potraktowanie tych dwóch rzekomo wykluczających się opisów świata jako przejawu swoistego dualizmu deterministyczno-probabilistycznego, analogicznego w pewnym sensie do dualizmu korpuskularno-falowego, którego koncepcja i przyjęcie sprawiło swego czasu tak wiele trudności ideologicznych.

„Ostateczną” zasadę antropiczną można również uznawać za próbę wyjścia z tego impasu, w jakim znalazła się nauka w swym dążeniu do jednolitego opisu świata. Według najbardziej skrajnej wersji tej zasady Wszechświat po to tak długo istnieje (około 15 mld lat), po to ma takie, a nie inne własności fizykochemiczne, po to występują w nim miliardy galaktyk i miliardy miliardów gwiazd, żeby wreszcie pod jedną z nich, na osobliwej planecie Ziemi, mogło narodzić się życie oraz powstać inteligencja. W takim potraktowaniu zagadnienia nie ma rzeczywistości miejsca na przypadek pozostaje tylko konieczność, z czym jednak większość uczonych oczywiście się nie zgadza.

Natomiast odwzorowaniem takiego podejścia do świata mógłby być następujący schemat:

**SCALA NATURAE ET SPIRITU**  
**i wzajemne powiązania**



Schemat ten można interpretować na różnych poziomach, wskazując na wielorakie powiązania. Oczywiście nauki podstawowe odnoszą się do wszystkich stanów materii oraz do biosfery, środowiska i człowieka.

#### 4. Metainżynieria środowiska kosmicznego

Istotnie, przyjęcie najsilniejszej wersji zasady antropicznej oznacza już teleologię: „świat, który tak bardzo zdaje się **korzystny** dla naszego istnienia, może zostać uznany za **celowy**, świadomie przygotowany na nasze przyjście” (!). Czy istnieje zatem Ktoś, kto „zabawia się” w metainżynierię środowiska kosmicznego? Tego rodzaju teleologia nie ma jednak nic wspólnego z teologią. Ponadto tak pojmowana celowość istnienia Wszechświata, chociaż jej intencje są znaczne, prowadzi do niepokojących wniosków. Czy naprawdę można traktować serio przypuszczenie, iż – ujmując w największym skrócie – Wielki Wybuch (w którym około 15 mld lat temu powstała materia i energia wraz z czasoprzestrzenią), pierwotna nukleosynteza, powstawanie galaktyk, narodziny w nich gwiazd, eksplozje supernowych, powstanie Układu Słonecznego, Ziemi, jej ewolucja geologiczna i chemiczna, dryf kontynentów – wszystko to zdarzyło się tylko po to, żeby pojawiło się i ewoluowało życie, aż do powstania człowieka włącznie? Więc cały ten ogromny Wszech-

świat, zawierający niewyobrażalną ilość materii w różnej postaci, istnieje od wielu, wielu miliardów lat istnieje wyłącznie po to, aby na niewyobrażalnie małej drobinie Kosmosu, pyłku zagubionym w przeogromnej przestrzeni, mógł pojawić się i obserwować to wszystko człowiek? Czy rzeczywiście trzeba było aż tak wysoce i wszechstronnie zorganizowanego środowiska kosmicznego, żeby mogło zaistnieć nasze mikroskopijne w tej skali środowisko? Na domiar złego okazujemy „czarną niewdzięczność” Wszechświatowi, niszcząc bezustannie własne środowisko oraz własne życie (nie tylko w licznych wojnach i bezsensownych aktach przemocy), które jako jedyny obecnie znany przejaw negentropii (ujemnej entropii) jest bezcennym skarbem. Czy w takim razie nie jesteśmy jednak „wynaturzeniem” Wszechświata, a nie jego „wyróżnieniem” lub przynajmniej – normą?

W związku z tak pojętą metaingenierią środowiska kosmicznego przypomina się słynna wypowiedź Alfonsa X Mądrego, króla Kastylii i Leonu (XIII w.), który wysłuchawszy jakiejś rozprawy o deferentach, epicyklach (do opisu drogi Marsa wprowadzono wtedy już 200 epicykli, nanizanych jeden na drugi!), miał zakrzyknąć, że gdyby Bóg zapytał go radę, to Wszechświat byłby mniej skomplikowany, prościej zbudowany... Nasuwa się w tym miejscu refleksja-hipoteza „ułomnego Boga”, wypowiedziana nieśmiało w psychologiczno-filozoficznym utworze *Solaris* Stanisława Lema. I w rzeczy samej, musiałby to być „ułomny Bóg”, skoro po pierwsze do stworzenia Ziemi wraz z biosferą potrzebował o kilkadziesiąt rzędów (!) wielkości więcej materii, a do stworzenia człowieka o kilka rzędów wielkości więcej czasu od wieku Wszechświata, i – po drugie – nigdy i nigdzie więcej nie powtórzył swego dzieła. Stoi to zatem w jawnej sprzeczności z omnipotencją Stwórcy. Dlatego też – niezależnie od tego, czy przyjmujemy intencjonalne, czy nieintencjonalne powstanie człowieka w takim a nie innym Wszechświecie – ani teolodzy, ani większość uczonych nie zgadza się z taką „ostateczną” zasadą antropiczną. Nie eliminuje to bynajmniej możliwości zastanawiania się nad serią zadziwiających koincydencji we Wszechświecie, zmusza jednakże do przestrzegania zasady „brzytwy Ockhama” i stosowania poprawnej metodologii.

## 5. Podsumowanie

Przekonanie o przeciętności Ziemi we Wszechświecie – co było niejako równoważne możliwości powszechnego występowania, przynajmniej w naszej Galaktyce, planet „ziemiopodobnych” – uległo pewnemu osłabieniu z powodu niestwierdzenia jak dotąd życia na innych planetach Układu Słonecznego oraz braku oznak istnienia cywilizacji pozaziemskich. Problemy, na jakie natknęła się fizyka i kosmologia u schyłku XX w., wydawały się pogłębiać impas w definicji „niewyróżnionego obserwatora” w Kosmosie. Znalazło to wyraz właśnie w sformułowaniu zasady antropicznej. Jej konsekwencje okazały się o wiele głębsze, niż mogli to nawet przypuszczać twórcy tej zasady. Najdalej płynący z niej wniosek to „metaingenieria środowiska kosmicznego”, który stoi jednak w jawnej sprzeczności

z całą dotychczasową nauką, jak również z teologią. Evandro Agazzi, włoski filozof przyrody, napisał: „Zadaniem uczonego jest poszerzanie granic nauki, ale nigdy ich przekraczanie”. Wynika stąd, iż chociaż mamy obecnie zupełnie inne podejście do zagadnienia powstania i ewolucji Ziemi, jej biosfery oraz człowieka, to nie możemy *a priori* twierdzić, że cały Wszechświat zaistniał i istnieje tylko na naszą cześć. Może się co prawda okazać, iż Wszechświat nie w pełni jest dla nas poznawalny, lecz... – jak napisał ks. prof. Michał Heller – „Nie widać żadnej konieczności, by ewolucja biologiczna miała jakikolwiek interes w wyposażaniu nas w potężny mózg, który mógłby skutecznie zmierzyć się ze skomplikowaną strukturą Wszechświata”.

Istnieją jeszcze inne próby wyjaśnienia wszystkich okoliczności naszego istnienia, jak np. hipoteza *poliversum* (wypowiedziana po raz pierwszy przez Stanisława Lema) czy też Wszechświata oscylującego. Wtedy po prostu można by przyjąć, że spośród wszystkich wszechświatów, rozłącznych i niedostępnych dla nas jednak, nasz jest najbardziej „przyjazny”. Takie hipotezy są jednak niefalsyfikowalne, a przez to mało przydatne w nauce.

W fundamentalnej fizyce i kosmologii nie ustają wysiłki w celu zrozumienia „początku świata”, a właściwie – czegoś, co poprzedza erę Plancka, dzięki teoretycznym pracom nad kosmologią kwantową, co w ostatecznym rezultacie może nam przynieść odpowiedź na wiele niepokojących pytań, związanych z osobliwymi koincydencjami niektórych zjawisk, podstawowych stałych fizycznych i parametrów fizykochemicznych we Wszechświecie, statystyczną wizją świata, z przyczynowością, przypadkiem i koniecznością. I nie ulega wątpliwości, że odkrycie przejawów życia pozaziemskiego mogłoby poniekąd zmienić całą naszą dotychczasową strukturę nauki.

#### Literatura zalecana

- [1] Bohm D.: *Ukryty porządek*. Wyd. Pusty Obłok, Warszawa 1988
- [2] Dworak Z., Sołtys Z., Żbik M.: *Wszechświat i ewolucja*. LSW, Warszawa 1989
- [3] Dworak Z., Paprotny Sołtys Z.: *Milczenie Wszechświata*. WP, Warszawa 1997
- [4] Guth A.H.: *Wszechświat inflacyjny*. Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa 2000
- [5] Heller M.: *Ewolucja Kosmosu i kosmologii*. PWN, Warszawa 1983
- [6] Heller M.: *Kosmologia kwantowa*. Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa 2001
- [7] Heller M.: *Początek jest wszędzie*. Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa 2002
- [8] Kuchowicz B.: *Kosmochemia*. PWN, Warszawa 1979
- [9] Lem S.: *Solaris*. MON, Warszawa 1961
- [10] Lem S.: *Summa Technologiae*. WL, Kraków, 1964
- [11] Prigogine I., Stengers I.: *Z chaosu ku porządkowi*. PIW, Warszawa 1990
- [12] Ryszkiewicz M.: *Matka Ziemia w przyjaznym Kosmosie. Gaja i zasada antropiczna w dziejach myśli przyrodniczej*. PWN, Warszawa 1994
- [13] Szklowski J.S.: *Wszechświat, życie, myśl*. PWN, Warszawa 1965
- [14] Szyborski K.: *Oblicza nauki*. Iskry, Warszawa 1986