

MARIAN WNUK  
Lublin

## FILOZOFICZNE ASPEKTY KATALIZY ENZYMATYCZNEJ

### UWAGI WSTĘPNE

Filozoficzne analizy problemu istoty życia dokonywane są przeważnie w kontekście sporów pomiędzy określonymi stanowiskami, np. monizm - pluralizm, mechanicyzm - witalizm, redukcjonizm - organizmalizm itd. (zob. np. 89, s. 318; 108). W niniejszym artykule przedstawione zostaną dwa ujęcia pewnego, pozornie bardzo szczegółowego, problemu dotyczącego istoty życia: w ujęciu arystotelesowsko-tomistycznym, nazwanym tu klasycznym (np. 57) i w ujęciu systemowo-informacyjnym (np. 51, s. 13). Chodzi tu o filozoficzny aspekt katalizy enzymatycznej. Problem ten już został podjęty w pierwszym z wymienionych wyżej ujęć, w ramach dużo szerszych analiz filozofii zjawiska biologicznego (48, s. 291).

Przedmiotem filozofii zjawisk życiowych jest, jak wiadomo, poznanie ich istoty. Tradycyjnie polega ono na poszukiwaniu obiektywnych form całości biologicznej i dociekaniu przyczyn tych form całości, zaś fundamentalnym narzędziem poznania jest zasada przyczynowości sprawczej. W ramach tych dociekań poszukiwane są również przyczyny integrowania rozwoju układów biologicznych. Okazuje się, że analiza dynamiki podstawowego procesu biochemicznego, jakim jest produkcja enzymów, świadczy o tym, że ów proces ma w organizmach charakter układu rozwojowego i w konsekwencji niesie w sobie wszystkie problemy dostrzegane w cyklu rozwojowym. W związku z tym wyrażany jest pogląd, że proces powstawania enzymów nie może być uważany za przyczynowe wyjaśnienie zjawiska integracji biosystemów (48, s. 21). Autor niniejszego artykułu nie podziela w pełni tego poglądu. Wydaje się bowiem, że podejście systemowo-informacyjne do katalizy enzymatycznej może świadczyć o czymś wręcz przeciwnym. Celem artykułu jest przedstawienie obu wspomnianych wyżej podejść i próba ich analizy. Wykorzystano w tym względzie metodę hipotetyczno-dedukcyjną, polegającą w zasadzie na rozwiązywaniu (lub propo-

nowaniu rozwiązania) jakiegoś problemu poprzez: wysunięcie hipotezy na drodze intuicji, następnie wydedukowanie z niej określonego stanu rzeczy i skonfrontowanie wniosków z zaobserwowanym stanem rzeczy.

## I. UJĘCIE KLASYCZNE

Podstawą klasycznego ujęcia, zresztą nie bez racji, jest założenie, że absolutnie wszystkie zjawiska biologiczne (a więc gromadzenie energii, wchłanianie materii z otoczenia, budowanie struktur komórkowych, wydalenie produktów rozpadu, działania obronne, lokomocyjne itd.) zależą w istotny sposób od procesów katalizy enzymatycznej (48, s. 286). Niezależnie od wątpliwej słuszności lub argumentacji, że „absolutnie wszystkie”, takie „docenienie” tego rodzaju procesów (tj. enzymatycznych) ma znaczną wagę poznawczą.

Jak już wspomniano we wstępie, w klasycznych badaniach filozoficznych nad zjawiskami biologicznymi jako przedmiot formalny przyjmuje się poszukiwanie obiektywnej i precyzyjnej koncepcji całości biologicznej, zaś jako przedmiot materialny - cykl życiowy. W ramach tego cyklu podejmuje się próby zidentyfikowania cech podstawowych i adaptacyjnych. Cykl życiowy jest więc „jednostką” zjawisk biologicznych i jest liczony od momentu minimalnej do momentu maksymalnej złożoności biostruktur (48, s. 50). Z kolei tzw. całość zjawiska życia (lub też całościowość) jest uważana za zarówno najbardziej intrygującą cechę życia, jak i najbardziej uderzający rodzaj formy całościowości. Całościowość jest przedmiotem poszukiwań (48, s. 43). Dziwne więc wydaje się, że całościowość jest poszukiwana a jednocześnie najbardziej uderzająca w otaczającej nas rzeczywistości. Ale pozostawiając tę kwestię na boku, należy w ogólności przychylić się do stanowiska P. Lenartowicza, że abstrakcyjne pojęcia: epigenezy, integracji, konkretyzacji, hierarchizacji, fenotypu i genotypu, układów funkcjonalnych i procesów rozwojowych, mają swoje ścisłe odpowiedniki również na poziomie biochemicznym (48, s. 284).

### 1. Enzymy a epigeneza i integracja na molekularnym poziomie organizacji życia

Poniżej przedstawione zostaną główne tezy P. Lenartowicza dotyczące epigenezy i integracji na poziomie molekularnym organizacji, które wyprowadził on analizując tzw. zagadnienie enzymów. Jak wiadomo, badaniami mechanizmów katalizy enzymatycznej zajmują się przede wszystkim biochemia i biofizyka. Z tych też dziedzin wybrane zostały do analizy przez tego autora cztery hipotetyczne koncepcje teoretyczne, jak się można domyślać uznane

przez niego za reprezentatywne, które sprowadzają się do następujących stwierdzeń:

1. enzym zwiększa entropię aktywacji,
2. enzym obniża energię aktywacji,
3. enzym zwiększa prawdopodobieństwo użytecznej fluktuacji energii,
4. enzym działa dzięki rekuperacji energii.

Niezależnie od prawdziwości albo fałszu, każda z wyżej wspomnianych hipotez zawiera w sobie elementy opisywane przez pojęcia: synheksji, symmorfii, stochiometrii, syntopii i synchronii układu funkcjonalnego, czyli ogólnie biorąc - synergii (48, s. 292). W pierwszej z nich założone jest specyficzne „dopasowanie” enzymu i substratu (a więc synheksja i symmorfia) oraz działanie enzymu wiodące do syntopii i synchronii. W drugiej hipotezie przyjęto, podobnie jak w pierwszej, „dopasowanie” enzymu i substratu. W trzeciej z kolei założono „dopasowanie” enzymu do substratu (podobnie jak w pierwszej i drugiej) oraz działanie enzymu prowadzące do syntopii i synchronii (podobnie jak w pierwszej). W czwartej natomiast również założono „dopasowanie” enzymu i substratu (podobnie jak w trzech poprzednich hipotezach) oraz przyjęto działanie enzymu opierające się na dwóch różnych układach funkcjonalnych.

W konkretnym obszarze (specyficzność substratowa) ściśle określonej cząsteczki substratu konkretny enzym dokonuje ściśle określonej „operacji”, polegającej na także ściśle określonym przekształceniu tego rejonu, który może ulegać różnorodnym przekształceniom (manifestuje się tutaj tzw. swoistość kierunku działania). Specyficzność reakcji enzymatycznych jest nadzwyczaj istotna, ponieważ uporządkowany przebieg metabolizmu jest możliwy właśnie dzięki precyzyjnemu ograniczeniu funkcji poszczególnych enzymów do określonych substratów. Już w wewnętrznej strukturze enzymu zdeterminowane są trzy niezależne od siebie (w sensie czysto fizyczno-chemicznym) relacje: a) pomiędzy enzymem a strukturą konkretnego substratu jako całości, b) pomiędzy enzymem a konkretnym rejonem substratu, i c) pomiędzy enzymem a konkretną przemianą tego rejonu. Właśnie wiedza o strukturze wewnętrznej enzymu „zmusza” do postulowania proporcjonalnego mechanizmu jego genezy, opartego na koncepcji wielu ścieżek rozwojowych, tworzących zintegrowaną, niepodzielną dynamicznie całość (48, s. 293-295).

W aspekcie biochemicznym pojedynczy enzym jest strukturą uważaną za coś bezsensownego i beżużytecznego (48, s. 292), zaś proces życiowy - za niepodzielny zespół wielu różnorodnych procesów chemicznych (katalizowanych enzymatycznie) (48, s. 295)<sup>1</sup>. Tylko bowiem ściśle określony i unikalny zespół

---

<sup>1</sup> W stwierdzeniu powyższym wyrażony jest dość wyraźnie tzw. chemiczny paradygmat w naukach o życiu ograniczający, w przekonaniu autora niniejszego artykułu, pole filozoficznych

enzymów stanowi zjawisko posiadające sens biologiczny. O tym, czy dany zespół enzymów jest zespołem całościowym, czy nie, rozstrzyga kryterium całościowości, którym jest niearbitralne pojęcie ścieżki biochemicznej jako rodzaju ścieżki rozwojowej.

Enzymy mogą nie tylko obniżać bariery energetyczne reakcji wewnątrzkomórkowych, ale też umożliwiać reakcje polegające na „podnoszeniu” produktów na wyższy poziom energii swobodnej. Znaczenie filozoficzne zjawiska katalizy prowadzącej do wzrostu energii swobodnej substratu (lub produktu) polega na tym, że z jednej strony tego rodzaju kataliza jest podstawowym procesem biochemicznym, bez którego nie może być mowy o cyklu życiowym, z drugiej zaś bez wzajemnego sprzężenia reakcji enzymatycznych nie ma z kolei mowy o tego typu katalizie. Jest więc jednym z warunków koniecznych do zachodzenia procesów życiowych. Sprzężenie to więc wiąże się w sposób nieunikniony ze wspomnianymi wyżej uwarunkowaniami: synehksji, symmorfii, stechiometrii, syntopii i synchronii. Fakt ten wskazuje zatem na fundamentalność wymienionych okoliczności w procesach biochemicznych i uświadamia konieczność znalezienia proporcjonalnych mechanizmów wyjaśniających (48, s. 296-297). Wspomniane przed chwilą „sprzężenie” procesów enzymatycznych, a więc napędzanie jednego procesu enzymatycznego energią uwalnianą w procesie sąsiednim, umożliwiające jest dzięki precyzyjnemu rozmieszczeniu (tzw. kompartmentacji) zespołów enzymów. A zatem, w cyklu życiowym tworzą się w określonych punktach komórki (syntopia) tylko te wiązania chemiczne, które są korzystne dla syntezy układów funkcjonalnych danej komórki lub tworów należących do wyższych pięt hierarchii organizmu. Energia uwalniana z tych wiązań chemicznych jest porządkowana i wykorzystywana przy minimalnym jej rozpraszaniu (minimalny wzrost entropii, maksymalna wydajność energetyczna) w reakcjach syntezy chemicznej prowadzącej do ściśle określonych, funkcjonalnie dopasowanych do siebie struktur komórki (48, s. 298). Ten niezwykle precyzyjny i szybki proces powstawania enzymów leży u samych podstaw trwania wszystkich procesów życiowych<sup>2</sup>. Komórka żywa, ażeby się rozmnożyć, buduje wewnątrz siebie „nadmiar” identycznych biostruktur, wyposażonych w odrębny komplet enzymów. Z kolei komórka nie rozmnażająca się demontuje ciągle swoje enzymy i stale uzupełnia powstałe braki budując z materii nieorganicznej nowe ich egzemplarze (48, s. 320).

W obecnej biosferze proces powstawania biostruktur, takich jak na przykład enzymy, posiada wszystkie charakterystyczne cechy układu rozwojowego i dy-

---

analiz procesów życiowych.

<sup>2</sup> To sformułowanie znów należałoby uznać za wyraz akceptacji przez omawianego filozofa chemicznego paradygmatu w naukach o życiu.

namiki rozwojowej. Z uwagi na to, że proces wytwarzania enzymów ma sens biologiczny jedynie w całości (poszczególne bowiem fragmenty tego procesu nie posiadają sensu biologicznego), stanowiąc dynamikę całościową w sensie absolutnie obiektywnym, to jako obiektywna całość jest on równocześnie układem rozwojowym (48, s. 350). Gdyby bowiem proces budowania enzymów był procesem funkcjonalnym, to jego trwanie nie wymagałoby integracji (choćby jakąś integrację struktur tego układu funkcjonalnego należałoby postulować gdzieś na początku procesu życiowego). Tymczasem jednak zaistnienie synheksji, symmorfii, stechiometrii, syntopii i synchronii dokonuje się bezustannie w samym procesie trwania zjawiska biologicznego. Stąd dynamizm produkcji enzymów, uważany za najbardziej charakterystyczny i fundamentalny dla bioprocessów, okazuje się być zjawiskiem, w którym konieczność postulowania czynnika integrującego jest równie oczywista jak we wszystkich innych formach epigenetycy cyklu życiowego (48, s. 351). Krótko mówiąc, życie można uważać za proces całościowy i zintegrowany na wszystkich szczeblach swej hierarchicznej struktury i dynamiki.

## 2. Zagadnienie enzymów w kontekście dyskusji filozoficznej nad problemem istoty i powstania życia

Analiza procesu życiowego na poziomie chemicznym prowadzi do ujęcia go jako epigenetycznego i zintegrowanego procesu budowy hierarchicznych struktur enzymatycznych, rozpoczynającego się na poziomie materii nieorganicznej. Integracja tego procesu wymaga z kolei wyjaśnienia całościowego i proporcjonalnego. Przy podejmowaniu prób takiego wyjaśnienia spekuluje się, konstruując hipotezy i postulaty, które łączą ze sobą element empiryczny i podstawowe zasady kierujące procesem poznania, a więc zasady natury filozoficznej (48, s. 321).

Z zagadnieniem powstawania życia na Ziemi wiązany jest przede wszystkim problem powstawania biostruktur. Ale zdaniem Lenartowicza współczesne teorie powstawania życia ignorują niestety problem synergii, syntopii czy synchronii lub nawet epigenetycy składników komórki żywej. Dlatego uważa on, że na przykład teoria spontanicznej „ewolucji chemicznej” jest „[...] rodzajem złudzenia intelektualnego wynikającego nie tyle z nadmiaru wyobraźni, ile z braku wyobraźni połączonego z brakiem całościowej wiedzy o naturze procesów biochemicznych. Jest to też próba wytworzenia takiego modelu spekulatywnego, teoretycznego, w którym efekty o oczywistych cechach selektywnych powstają na drodze mechanizmów nieselektywnych” (48, s. 352-353).

W postulowanych przez teorię „ewolucji chemicznej” ogromnych przedziałach czasu cząsteczki enzymów (a więc białka funkcjonalnego) są dość

nietrwale, co dodatkowo zmniejsza szansę ich przetrwania, gdy tymczasem białka funkcjonalne i kwasy nukleinowe zawierające sensowną biologicznie informację symboliczną są przecież przejawem i rezultatem procesu życiowego, a nie jakimś materiałem, z którego proces życiowy startuje. Co więcej, integracja procesów enzymatycznych nie jest rezultatem powstawania białek i kwasów nukleinowych, ale następnym piętrem procesu integracji, postulującym działanie i całościowość czynnika integrującego (48, s. 354).

W związku z powyższymi ustaleniami Lenartowicz staje na stanowisku uznającym pytania o początek i ewolucję życia za drugoplanowe. Uważa bowiem, że nie ma sensu nie tylko rekonstruować hipotetycznego scenariusza działania, które sprawiło, że życie pojawiło się na Ziemi, ale nawet mówić na temat powstania życia dopóty, dopóki nie uzyskamy jakiejś zadowalającej odpowiedzi na pytanie, co jest istotą procesu życiowego. Gdyby genetyka<sup>3</sup> umożliwiła rozwiązanie zagadki genomu (jako przyczyny zjawisk fenotypowych), to wówczas problem powstania życia sprowadzałby się do wyjaśnienia, czym jest genom<sup>4</sup> i w jaki sposób może on powstać (48, s. 355-356).

Podobnie jak w wypadku teorii ewolucji chemicznej Lenartowicz uważa, że w świetle znajomości komórkowych procesów biochemicznych zmiana typu ewolucyjnego wydaje się niemożliwa. W kategoriach biochemicznych bowiem przekształcenie się jednego gatunku w drugi oznaczałoby „zbudowanie cząsteczki DNA posiadającej przepis na zespół różnorodnych enzymów i innych elementów układów funkcjonalnych, które warunkowałyby nową formę całości cyklu życiowego” (48, s. 356). Każda funkcjonalna adaptacja cyklu życiowego (organizmu) zawsze opiera się przecież na zmianach w zespole enzymów warunkujących przemiany chemiczne w komórkach oraz pociąga za sobą uruchomienie ściśle określonych systemów enzymatycznych i przeważnie zsintetyzowanie specyficznych enzymów, zdolnych do stworzenia najniższego (chemicznego) poziomu złożenia dla wielopiętrowej hierarchii nowego modelu funkcjonowania

---

<sup>3</sup> Nawiasem mówiąc, genetyka, zdaniem omawianego filozofa, powróciła w gruncie rzeczy do arystotelesowskiej koncepcji życia, choć w zmienionej oprawie terminologicznej (fenotyp, genom).

<sup>4</sup> Lenartowicz wyróżnia dwa aspekty genomu: genom statyczny (ściśle określone struktury materialne spełniające albo nie spełniające roli „siły rozwojowej”) oraz genom dynamiczny (oznaczający działanie, które pokrywa się z postulatami czynnika kierującego procesami rozwoju, regeneracji, integracją obserwowaną w cyklu życiowym) (48, s. 203). Stąd też wyklucza, jak się wydaje, możliwość czysto przyrodniczego wyjaśnienia biogenezy, o czym może świadczyć poniższy cytat: „Rozwiązanie zagadki powstania życia na Ziemi to odpowiedź na pytania: a) Czym jest genom? b) Czy do powstania genomu konieczna jest «celowa nadprzyrodzona ingerencja?» [...] Biolodzy skłaniający się do witalizmu spodziewać się mogą, że genom okaże się bytem niematerialnym. [...] może się zdarzyć, że odwoływanie się do fizycznych i chemicznych właściwości materii będzie jawnie irracjonalne [...]” (48, s. 356).

(48, s. 360-361). Otóż ze względu na konieczność synheksji, symmorfii i stechiometrii zmiany te musiałyby być bardzo liczne i stanowiłyby „cud probabilistyczny” (48, s. 354).

Ze wspomnianym powyżej pojęciem genomu dynamicznego Lenartowicz wiąże sześć postulatów, w których punkcie wyjścia są dane empiryczne i decydujące o interpretacji tych danych zasady metafizyczne (ontologiczne) i teorio-poznawcze: heterokatalizy, autokatalizy, stałości i jedyności genomu, złożoności bytowej i (ewentualnie) materialności. Tutaj zwrócona zostanie uwaga jedynie na dwa pierwsze, będące postulatami przyczynowymi.

Jeżeli chodzi o postulat heterokatalizy, to wyraża on rolę genomu dynamicznego w kierowaniu procesem powstawania dojrzałej formy fenotypu<sup>5</sup>. Heterokataliza oznacza pewnego rodzaju dualizm wewnętrzny organizmu żywego, w którym to organizmie ujawniają się dwa odrębne czynniki: jeden kształtujący (genom) i drugi kształtowany (fenotyp) (48, s. 364).

Jeżeli zaś chodzi o postulat autokatalizy, to podkreśla on rolę genomu dynamicznego, polegającą na rozmnażaniu się czynnika kierującego. Postulat ten zwiększa wymagania zawarte w postulacie heterokatalizy, gdyż genom musi nie tylko budować cykl życiowy, ale i mieć „moc” nieograniczonego ilościowo rozmnażania się (48, s. 367).

Ogólnie mówiąc, życie jest ciągłym budowaniem (lub także odbudowywaniem) wszystkich elementów strukturalnych organizmu, który jest cyklem życiowym; zaś śmierć to zaprzestanie procesu ciągłej odbudowy lub rozwoju. Życie jest więc procesem, natomiast struktury materialne - anatomiczne, komórkowe, molekularne (w tym i enzymatyczne) - są przejawem tego procesu, a nie jego istotą. Dlatego zatem struktury, w których procesy przemian metabolicznych (a co za tym idzie enzymatycznych) nie zachodzą lub zachodzić nie mogą, nie powinny być uważane za żywe, gdyż nie są prawdziwą częścią cyklu życiowego (48, s. 423-425)<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> Tutaj heterokataliza i autokataliza oznaczają coś innego niż w chemii fizycznej, choć może analogicznego.

<sup>6</sup> W konsekwencji Lenartowicz uważa, że na przykład wirusy i plemniki nie powinny być traktowane jako byty żywe, a więc nie mogą dla filozofa stanowić punktu wyjścia do rozważań dotyczących istoty zjawisk życiowych (48, s. 425). A zatem gameta ludzka nie byłaby bytem żywym, a bakteria - tak. Co więcej, czyżby nie były również bytami żywymi osobniki powstałe w sposób partenogenetyczny (np. u niektórych stawonogów, ptaków), włącznie ze sztuczną partenogenezą u żab? Autor niniejszego artykułu nie podziela tej konkluzji.

## II. UJĘCIE SYSTEMOWO-INFORMACYJNE

Odmiernym podejściem do katalizy enzymatycznej, a w przekonaniu autora niniejszej pracy bardziej adekwatnym niż klasyczne podejście filozoficzne, jest podejście systemowo-informacyjne. Filozofia systemowa ujmuje rzeczywistość jako jeden wielki system z licznymi, hierarchicznie uszeregowanymi podsystemami dynamicznymi i ukierunkowana jest na uchwycenie czynnika zmienności, ewolucji w świecie, a zarazem czynnika pewnego ładu, porządku, harmonii (51, s. 63). „System” i „informacja” to niektóre spośród nowych kategorii filozoficznych (zob. np. 49), zaś filozofia systemowa spełnia warunek weryfikacji empirycznej w odniesieniu do wysuwanych przez nią tez (51, s. 67). Uważa się, że zastosowanie analizy i ujęcia systemowego jako nowej podstawy w badaniu problemów złożonych jest najodpowiedniejszym i adekwatnym sposobem całościowej interpretacji życia i jego genezy (87). Poniżej zaprezentowana zostanie próba ujęcia systemowo-informacyjnego w odniesieniu do enzymów i katalizy enzymatycznej.

### 1. Informacja jako istota wszechświata i życia

Informacyjny model wszechświata zasadza się na przekonaniu o stałym zachodzeniu dynamicznych przemian w mikroświecie, do którego przecież należą również enzymy, polegających na nieustannym realizowaniu się pewnych stanów drogą ograniczania różnorodności, co świadczy o bezustannym przekazywaniu informacji (52). Istnieje wiele zarówno form informacji jak i sposobów, poprzez które informacja może być przekazywana lub przetwarzana, tj. przekształcana z jednej formy w inną. Rozprzestrzenianie się informacji zazwyczaj odbywa się za pośrednictwem drgań ośrodka fizycznego (światło, dźwięk, fale radiowe, drgania elektronów lub drgania oddziaływującej materii czy jej organizacji itd.). Informacja jest wielkością mierzalną, która jest niezależna od ośrodka fizycznego, poprzez który się przenosi (83, s. 12). Dzięki temu, że informacja jest fizycznie zakodowana jako wzorce organizacji, to na przykład cząsteczki DNA zawierają i mogą transmitować duże ilości informacji. Nie tylko biosystemy ale także układy proto-biologiczne i mineralne zarówno zawierają informację, jak i wykazują zdolności do jej przetwarzania.

Ścisłe powiązanie ze sobą informacji i organizacji jest aksjomatem fizyki informacji, z którego wynikają następujące twierdzenia (83, s. 25-26):

1. wszystkie uorganizowane struktury zawierają informację, a co za tym idzie - żadna zorganizowana struktura nie może istnieć bez znajdującej się w niej jakiejś formy informacji;



2. dodanie informacji do jakiegoś systemu przejawia się w tym, że system ten staje się bardziej zorganizowany lub zreorganizowany;

3. układ zorganizowany ma zdolność do uwalniania lub udzielania informacji.

Można tu zatem podkreślić, że termin informacja jest analogiczny do terminu „energia”. Informacja bowiem jest definiowana<sup>7</sup> jako zdolność do organizowania systemu lub utrzymywania go w stanie zorganizowanym, podczas gdy energia definiowana jest jako zdolność do wykonywania pracy. Z kolei z ilością pracy wymaganej do stworzenia systemu związana jest informacyjna zawartość tego systemu. „Użyteczna” praca zmniejsza bowiem entropię tego fragmentu wszechświata. Oszacowano, że jednostka entropii równa jest w przybliżeniu  $10^{23}$  bitów/mol, a więc 1 J/K odpowiadałby  $10^{23}$  bitów (83, s. 51).

Fundamentalna relacja pomiędzy informacją I i entropią S definiowana jest przez następujące równanie (83, s. 40):

$$I = I_0 e^{-S/k}$$

(gdzie k - stała Boltzmanna,  $I_0$  - informacja zawarta przez system przy  $S = 0$ ). Przebieg tej funkcji wskazuje, że wartości informacji rosną gwałtownie dla bardzo małych ujemnych zmian entropii<sup>8</sup>. Relacjami pomiędzy informacją a entropią zajmuje się obszerna już dziedzina zwana termodynamiką procesów informacyjnych (zob. np. 19, 22, 68).

Twierdzi się, że struktura wszechświata zawiera co najmniej trzy komponenty: materię, energię i informację; przy czym ta ostatnia jest równie istotną częścią wszechświata jak materia i energia. Inaczej mówiąc składowymi wszechświata są: fermiony, bozony i infony (83, s. 116). Informacja fizyczna związana jest z przynajmniej trzema czynnikami:

1. jest odzwierciedlana przez organizację,
2. jest funkcją termodynamicznego nieprawdopodobieństwa,
3. zawartość informacji systemu jest funkcją ilości „użytecznej” pracy wymaganej do jego stworzenia (83, s. 107).

Szacuje się, że w chwili obecnej, tj.  $10^{17}$  sekund od Wielkiego Wybuchu (według niektórych modeli), we Wszechświecie zawarte jest  $10^{120}$  bitów informacji (91). Wszechświat jest zorganizowany w hierarchię poziomów informacyjnych. Informacja może nie tylko organizować materię i energię, ale również

---

<sup>7</sup> O rozmaitych definicjach informacji patrz np. (37, 46, 49), a o różnych rodzajach informacji biologicznej (44, 45).

<sup>8</sup> Stąd teoretycznie nie ma górnej granicy dla ilości informacji; cała materia i energia może w pewnym stanie zostać przekształcona w czystą informację (83, s. 53). Teza ta może mieć interesujące implikacje metafizyczne, dotyczące na przykład sporu pomiędzy monizmem a pluralizmem.

samą informację - proces, który występuje na przykład w naszych mózgach i komputerach (83, s. 114).

Uważa się, iż systemy biologiczne są zasadniczo różne od systemów fizycznych ponieważ organizmy żywe „karmią się” ujemną entropią. Entropia, zawarta na przykład w materii, może być zredukowana na jeden z dwóch sposobów: a) poprzez usunięcie ciepła, lub b) poprzez dodanie informacji. Teoretycznie, w systemie, który ma temperaturę 0 K dalsze usuwanie ciepła staje się niemożliwe, a tym samym dalsze redukowanie entropii do wartości ujemnych może dokonywać się poprzez dodawanie informacji (83, s. 60).

Układy żywe są więc systemami cybernetycznymi zdolnymi do samoodtworzenia się (choć z określonym „błędem”) oraz wykorzystującymi przepływające przez nie strumienie materii, energii i informacji (39). Są to systemy szczególnego rodzaju. Organizm bowiem jest to system:

1. otwarty, tj. wymienia z otoczeniem: energię, masę i informację;
2. całościowy, tj. jego zespolone wewnętrznie elementy tworzą jedność ustrukturyzowaną hierarchicznie;
3. informacyjny, gdyż gromadzi, przetwarza i zużytkowuje informację;
4. negentropijny, ponieważ dzięki procesom informacyjno-sterowniczym przeciwstawia się wzrostowi entropii;
5. stacjonarny - utrzymuje się bowiem jako całość w równowadze dynamicznej;
6. ekwifinalny - osiąga stan końcowy (homeostazę) różnymi drogami przy różnych warunkach początkowych;
7. dynamiczny, ponieważ dzięki mechanizmom regulacji wewnętrznej może działać i rozwijać się (90).

Systemy żywe są przetwornikami energii, które wykorzystują informację do:

1. wykonywania pracy bardziej wydajnie,
2. zamiany jednej formy energii w drugą, i
3. do zamiany energii w informację (83, s. 100).

Wszystkie biosystemy są nadzwyczaj złożone, tj. wysoce zorganizowane, polifazowe i magazynujące ogromne ilości informacji. Takie właśnie zaawansowane systemy informacyjne, jak komórki żywe, dostarczają informacji potrzebnych do transformacji wchodzącej w nie energii w użyteczną pracę - transformacji w pewnych okolicznościach niemożliwych w wypadku układów czysto fizycznych, którym brak porównywalnych poziomów organizacji. Na przykład aparat fotosyntetyczny komórki roślinnej może zdysocjować wodę i pozbawić atomy wodoru elektronów przy ok. 25°C (a nawet w wypadku niektórych roślin arktycznych w temperaturach nieco poniżej 0°C); gdy tymczasem w niezorganizowanym systemie woda musi być ogrzana do ponad 1000°C zanim jej molekuly ulegną jonizacji tworząc plazmę jonowo-elektronową (83, s. 99).

Tak więc struktura życia, w porównaniu z materią nieorganiczną, jest strukturą dużo bardziej złożoną i bogatszą w organizację<sup>9</sup>. Co więcej, funkcja materii żywej polega na zwiększaniu organizacji wszechświata - komórka bowiem połyka martwą materię, aby stworzyć inną komórkę żywą. Maszyna komórki nie tylko zawiera informacje, ale wykonywana przez nią część pracy pociąga za sobą stwarzanie nowej informacji. W metabolicznych mechanizmach komórki i błon enzymy katalizują reakcje chemiczne dzięki stwarzaniu uporządkowanego środowiska dla tych reakcji, co jest koniecznym warunkiem ich zachodzenia. Przy nieobecności takiego bogatego w informacje środowiska pewne reakcje mogłyby przebiegać aż setki lat do swego zakończenia (83, s. 87). Gdyby więc nie informacja i enzymy, to komórka umarłaby na długo przedtem zanim odpowiednie reakcje by zaszły, tj. zanim zakończyłyby się procesy przebiegające bez udziału tych przetworników energo-informacyjnych (enzymów). Trzeba tu także podkreślić fakt, że w komórkach żywych nie tylko kwasy nukleinowe, ale i wiele białek, włącznie z enzymami, posiada zdolność do przetwarzania i przekazywania informacji (i to jako funkcje pierwotne) (zob. np. 6, 17); chociaż tradycyjnie uważa się, że funkcją białek są transformacje chemiczne pośredników metabolicznych i budowanie struktur komórkowych.

## 2. Enzymy jako procesory masy, energii i informacji

Katalizatory, a w szczególności enzymy, przetwarzają jedne formy materii korpuskularnej w inne jej formy, są więc przetwornikami masy i energii. Takie ujęcie ich funkcji jest obecnie najpowszechniejsze. Tutaj trzeba będzie zwrócić uwagę na aspekt informacyjny katalizy enzymatycznej. Ujęcie to będzie konkurencyjne w stosunku do takiego ujęcia, zgodnie z którym najważniejsze jest to, iż kataliza enzymatyczna jest decydująca dla przepływu energii przez organizmy żywe i wytwarzania przez nie pracy.

Ujęcie enzymów jako procesorów wszystkich trzech podstawowych „elementów” przyrody, tj. fermionów, bozonów i infonów, wydaje się być najbardziej adekwatne, jeśli weźmie się pod uwagę filozofię systemowo-informacyjną i bioelektronikę (jako pewien typ filozofii przyrody ożywionej)<sup>10</sup>. W kontekście bowiem tych dwóch ważnych dziedzin poznania istotę życia można ująć inaczej i być może adekwatniej niż dotychczas: życie jest formą istnienia informacji elektromagnetycznej. Jest to specyficzna informacja na nośniku elektromagnetycznym organizująca nośnik korpuskularny w metastabilnym stanie wzbudzo-

<sup>9</sup> Zob. w odniesieniu do enzymów np. (12, 34).

<sup>10</sup> Tj. np. bioelektroniki jako filozofii przyrody (rozumianej jako pewna forma protonauki, czyli „nauki u początku”) (50).

nym, zdolny do zainicjowania akcji laserowej, której rezultatem jest przenoszenie informacji na inne nośniki, niekoniecznie elektromagnetyczne (104)<sup>11</sup>. Materię biotyczną można zatem scharakteryzować jako swoistego rodzaju odbitkę informacji z otoczenia, tj. jako system wchłaniający impulsy elektromagnetyczne, magazynujący je i wykorzystujący do tworzenia trwałych struktur (70, s. 148). System ten zresztą nie jest tylko prostą wypadkową gry sił lub informacji środowiska. Nie tylko bowiem przetwarza informacje środowiska, ale również sam może generować informacje dzięki procesom endogennym czy autogennym. Materia żywa posługuje się (dysponuje) „logiką kwantową”, umożliwiającą jej optymalne wykorzystanie tych impulsów „informacyjnych” ze środowiska do własnej stabilizacji i wydobywania się z bezładu łaźni cieplnej (70, s. 147).

Biosystemy są strukturami dyssypatywnymi. Jedną z istotnych cech struktur dyssypatywnych (odróżniających je od przemian fazowych w równowagowych układach termodynamicznych) jest wytwarzanie ciepła wzrastające ze stopniem strukturyzacji. Powoduje to, że struktury te wytwarzają swoje uporządkowanie tym szybciej, im bardziej jest już ono zaawansowane. Istniejący już porządek zatem jakby katalizuje powstawanie jeszcze większego uporządkowania. Tak więc, właściwości autokatalityczne są typowe dla nierównowagowych przemian fazowych (70, s. 25).

Faktem jest, że niskopoziomowa (ultrasłaba) luminescencja układów żywych występuje powszechnie w przyrodzie żywej (zob. np. 80-82). Z uwagi na dostępność niskoenergetycznych fotonów otaczającego pola radiacyjnego enzymy zwiększają, czasami dość znacznie, szybkość przemiany, odgrywając tym samym kluczową rolę w regulacji procesów w komórce żywej! Jest więc prawdopodobne, że biofotony są regulatorem sterującym aktywnością pośredniego kompleksu enzym-substrat. Okazuje się bowiem, że pole fotonowe o ultraniskim natężeniu ma olbrzymią przewagę nad polem cieplnym w temperaturach fizjologicznych, gdyż w wypadku aktywacji biocząsteczek skuteczność biofotonów jest oceniana na około  $10^{40}$  razy większą od skuteczności fotonów dostarczanych przez promieniowanie cieplne (70, s. 68). W zależności od swojej energii i częstości biofotony mogą wzbudzać określone stany biomolekuł (wzbudzenia: elektronowe, oscylacyjne, rotacyjne, konformacyjne, translacyjne) bądź supramolekularnych struktur elektronowych (wchodzą tu w grę rozmaite wzbudzenia kolektywne: fononowe, plazmonowe itd). Dodatkowo, oprócz częstości, także kierunek polaryzacji i rozchodzenia się biofotonów decydują w każdym miejscu i czasie o przebiegu lub zahamowaniu określonej reakcji biochemicznej. Tym można tłumaczyć o wiele wolniejszy przebieg tych reakcji

---

<sup>11</sup> Zob. na temat teorii elektromagnetycznej natury życia (np. 7, 74-76).

w warunkach *in vitro* niż w komórkach żywych, jak np. ogólnej katalizy zasadowej przebiegającej z udziałem chymotrypsyny. I przeciwnie: wzbudzenie światłem enzymów w układach doświadczalnych umożliwia zwiększanie ich aktywności dzięki właśnie rezonansowemu napromieniowaniu fotonami o ściśle określonej długości fali (70, s. 69). Ogólnie mówiąc procesy elektromagnetyczne nie są, jak się jeszcze prawie powszechnie uważa, pochodne od bardziej podstawowych procesów biochemicznych, ale odwrotnie - to kinetyka biochemiczna, leżąca u podstaw metabolizmu, byłaby aktualnie stroną chemiczną całkowitego efektu, jakim są procesy elektromagnetyczne (8, 9).

Możliwość występowania efektów laserowych w układach żywych pociąga za sobą tezę o elektromagnetycznym charakterze przekazu informacji w tych układach. Niezależnie od tego, także tzw. chemiczne przekazywanie informacji polega na wymianie fotonów, gdyż wiązania chemiczne powstają w wyniku przemieszczeń elektronów, czemu może towarzyszyć generacja pól elektromagnetycznych. Jeżeli właściwa informacja jest zawarta w charakterystykach przebiegów czasowych włączania i wyłączania promienia laserowego wewnątrz organizmu<sup>12</sup>, to można oszacować całkowitą informację  $Q$  w bitach, która jest przekazywana w granicach czasu spójności fali laserowej  $\tau$  (70, s. 142):

$$Q = v_M \tau \text{ bitów.}$$

Otóż w wypadku aktywacji enzymu w komórce żywej istotne jest dostarczenie mu w określonej chwili porcji energii równej tzw. energii aktywacji. Jeżeli przyjąć, że konieczny czas spójności powinien być rzędu  $10^5$  sekund (w przybliżeniu długość doby), a częstość modulacji odpowiada fotonom optycznym  $v_M \sim 10^{15}$  Hz, które również przenoszą energię aktywacji, to informacja potrzebna do sterowania aktywnością enzymatyczną jest równa:  $Q = 10^{20}$  bitów (70, s. 142-143). Układ pola fotonowego w komórce powinien być zatem uwarunkowany konkretną sekwencją ok.  $10^{20}$  rozstrzygnięć typu „tak-nie”, przez cały czas i w każdym punkcie tej komórki, jako ciąg sygnałów zależny od miejsca. W takim ujęciu przebieg reakcji byłby wtedy możliwy, gdyby w wypadku określonego następstwa sygnałów „tak” energia była rezonansowo pobierana z tego pola (lub jako indukowana emisja doprowadzana); w przeciwnym razie molekula enzymu byłaby w danym punkcie nieaktywna (70, s. 143). Ilość informacji potrzebnej do regulacji enzymatycznej rzędu  $10^{20}$  bitów byłaby dostarczana przez DNA, który byłby biolaserem i magazynem fotonów (np. 69, 70, s. 146)<sup>13</sup>.

<sup>12</sup> Maksymalna częstość włączania i wyłączania, nazywana częstością modulacji  $v_M$ , określa największą możliwą liczbę przenoszonych jednostek informacji w jednostce czasu (70, s. 142).

<sup>13</sup> Również sygnały z DNA danej komórki (i DNA komórek sąsiednich) sterują transkrypcją i replikacją własnego DNA (70, s. 146). DNA można więc traktować jako nośnik informacji nie

Enzymy zawierają informację, która umożliwia przebieg reakcji chemicznych z dużo większym prawdopodobieństwem termodynamicznym i to znacznie większym, aniżeli oczekivalibyśmy w danej temperaturze (jak i innych parametrach fizycznych) systemu komórkowego. Enzymy można więc rozpatrywać jako fragmenty maszynierii informatycznej dostarczającej środowiska informacyjnego, które umożliwia przebieg reakcji przy już wspomnianej dużo niższej temperaturze (83, s. 49). Jak wiadomo, zespoły enzymów mogą „rozebrać” na części duże molekuly i w tym procesie „wyekstrahowywać” użyteczną energię. I odwrotnie, mogą one z mniejszych podjednostek tworzyć duże molekuly, włącznie z białkami. Dostarczają więc one specyficznej informacji potrzebnej do budowy dużych molekuł lub ich „pokawałkowania”.

Za przykład niech posłuży trypsyna (o masie cząsteczkowej ok. 24 tys. daltonów), która hydrolizuje wiązania peptydowe w miejscach zawierających albo argininę albo lizynę. Tak, jak większość enzymów, trypsyna posiada wysoką specyficzność w stosunku do trójwymiarowej struktury atomowej i elektronicznej łańcucha polipeptydowego przy tzw. miejscu ataku. Zarówno więc enzym (trypsyna) jak i substrat (np. wiązanie peptydowe przy aminokwasie argininie) posiada przestrzenną organizację, pozwalającą na „rozpoznanie”, analogiczne do kompleksu klucz - zamek. Otóż miara informacji, zawartej jedynie w strukturze czwartorzędowej jakiegoś enzymu, może być stwierdzona poprzez obliczenie zmian entropii unieaktywniania tego białka przez ciepło (denaturacja). Różnica więc w zawartości informacji pomiędzy molekułą, która funkcjonuje (katalizuje jak enzym) a taką, która nie działa, chociaż nawet jest zbudowana faktycznie z tych samych zębów atomowych, w wypadku trypsyny pociąga za sobą zmianę entropii:  $\Delta S = 213 \text{ cal/deg/mol}$ . Z tego zaś wynika zmiana zawartości informacji o 155 bitów/molekułę. Ażeby więc uorganizować molekułę tego właśnie heteropolimeru, składającą się z łańcucha aminokwasów w jego trójwymiarowej, czwartorzędowej strukturze, potrzeba dodania informacji równoważnej 155 bitów (83, s. 49-50).

Rzecz jasna, nie wszystkie informacje strukturalne zawarte w jakimś enzymie są bezpośrednio związane z jego funkcją katalityczną. Analizując bowiem strukturalną informację jakiegoś przetwornika energii, należy rozróżnić pomiędzy informacją strukturalną, która jest bezpośrednio związana z produkcją informacji kinetycznej, a informacją niestrukturalną (i/lub metastrukturalną), która tej własności nie posiada. W wypadku zatem enzymu, jego tzw. miejsce aktywne (gdzie właśnie struktury elektroniczne substratów reakcji ulegają reorganizacji) posiada oczywiście istotne znaczenie, podczas gdy część, która

---

tylko w postaci sekwencji nukleotydów, ale również w postaci rezonatora wnątkowego fal elektromagnetycznych o bardzo wysokiej dobroci.

przyłącza enzym do błony komórkowej, prawdopodobnie nie jest tak bardzo istotna. Jednakże precyzyjne ulokowanie jakiegoś enzymu w komórce, często sprzężonego z innym sąsiednim enzymem, może być decydujące (rozstrzygające) o jego funkcji (83, s. 90). Z kolei enzymy, które wypełniają identyczne funkcje biochemiczne, ale których struktury są różne (tj. izozymy), jak na przykład peroksydazy (których jest kilkadziesiąt), mają te same miejsca aktywne w rozmaitych izozymach, chociaż ich części białkowe mogą być całkiem *różne*. Jednym z czynników różnicujących jest to, że inne części molekuly białkowej są odpowiedzialne za przyczepianie tych enzymów do określonej biostruktury (np. ściany komórkowej, systemu membran) lub odwrotnie - utrzymywania tego enzymu w stanie rozpuszczonym (83, s. 89).

Ażeby poznać wzajemne relacje pomiędzy informacją strukturalną zawartą w enzymie (jako przetworniku energii) a informacją kinetyczną dostarczaną przez to urządzenie molekularne, należałoby dokonać analizy obejmującej co najmniej dwa poziomy organizacyjne:

1. poziom indywidualnego procesu lub reakcji (analiza wytwarzanej informacji kinetycznej sprzyjającej konkretnej indywidualnej reakcji chemicznej),
2. poziom systemów, w których indywidualny enzym znajduje się „w kontekście” szeregu enzymów lub mechanizmu metabolicznego komórki żywej (83, s. 90).

Wspomniane formy informacji (tj. strukturalna i kinetyczna) są również wzajemnie zamienialne. Informacja kinetyczna może pozostawać taka jedynie tak długo, jak długo dany system jest w stanie braku równowagi. Zmianie energii aktywacji, którą - jak się sądzi - enzym obniża, towarzyszy zamiana strukturalnej informacji systemu na informację kinetyczną. Im większa energia aktywacji jest wymagana do zniszczenia strukturalnej informacji zawartej w systemie, tym większe są jego szanse przetrwania. Dlatego właśnie ujemna entropia zgromadzona w układach biologicznych jest wytworem m.in. sił selekcyjnych systemy informacyjne o wzrastającej zdolności do przetrwania.

Ogólnie rzecz ujmując, informacyjna zawartość jakiegoś systemu jest wprost proporcjonalna do przestrzeni, którą on zajmuje, zaś w wypadku czasu jest odwrotnie - czas, tak jak entropia, jest powiązany z informacją zależnością odwrotnej proporcjonalności: im dłuższy jest przedział czasu pomiędzy dwoma zdarzeniami, tym mniejsza jest zawartość informacyjna systemu (83, s. 79-80). W wypadku zatem enzymów, gdzie mamy do czynienia z wielką liczbą zdarzeń w jednostce czasu (zazwyczaj bardzo duża liczba aktów elementarnych, liczba tzw. obrotów enzymu), kataliza jako fenomen czasowy jest bardzo bogata informacyjnie.

Enzymy, z uwagi na to, że posiadają właściwości specyficznego rozpoznawania i allosterycznej modulacji, mogą integrować bardzo dużą liczbę

poszczególnych procesów w całości systemowe z funkcjami koherentnymi, stąd uważa się je za prawdziwe organizatory procesów cytoplazmowych (55, 56). Sieci enzymów można więc traktować jak „molekularne automaty” lub nawet procesory równoległe (54). Z kolei z punktu widzenia bioelektroniki enzymy można uznać za jedną z klas nanoprocesorów (103).

Jak wiadomo, wszystkie układy przetwarzające energię, czyli przetworniki energii muszą posiadać organizację (niezależnie od tego, czy to byłby indywidualny atom, ogniwo, molekula białkowa, błona czy też komórka). Wszystkie one posiadają informację strukturalną, bez której nie mogłyby działać właśnie jako przetworniki energii (m.in. poprzez zamiany energii w użyteczną pracę). Te przetworniki energii zapewniają spełnianie dwu warunków koniecznych do wytwarzania użytecznej pracy, a mianowicie: wytwarzanie sytuacji nierównowagowej, co dzieje się dzięki dodaniu informacji, i dostarczanie mechanizmu kompensującego (równoważącego) siłę konieczną do wytworzenia użytecznej pracy (83, s. 96).

Ilustrując to na przykładzie enzymu w komórce żywej, można powiedzieć, iż enzym: przyjmuje (lub oddaje) elektrony od atomów lub molekuł substratu, tym samym czyniąc go niestabilnym, przy czym niestabilność ta jest następnie wykorzystywana do sprzężenia substratu z innym substratem lub ze sobą, po to, ażeby utworzyć biopolimer czy inny użyteczny produkt (83, s. 97). Bez enzymu, bez przyspieszenia przez niego przesunięcia reakcji ku stanowi równowagi, bez organizacji, a co za tym idzie - informacji, wzrastałaby po prostu entropia systemu. W metabolicznych systemach komórek żywych sprzężenie reakcji umożliwia wysokoenergetycznym elektronom, poruszającym się poprzez cały szereg molekuł organicznych, dokonanie maksymalnej ilości pracy chemicznej, zanim elektrony te przyłączone zostaną do końcowego akceptora (np, tlenu). Można więc zgodzić się z opinią, że biosystemy zawierają w sobie informację zakumulowaną w ciągu miliardów lat procesu ewolucyjnego (83, s. 98).

### 3. Geneza życia jako proces informacyjny a katalityczne własności kwasów rybonukleinowych

Jak wspomniano powyżej, w klasycznym ujęciu filozoficznym problematyka powstania życia, a w związku z tym i pochodzenia enzymów, jest uważana za drugorzędną. Nie jest tak natomiast w ujęciu systemowo-informacyjnym. W tym drugim ujęciu bowiem do wyjaśnienia istoty życia konieczna jest również rekonstrukcja jego genezy, tj. w gruncie rzeczy genezy informacji biologicznej (zob. np. 40, 90). Prace te rozwijane są w zgodzie przede wszystkim z dwoma zasadniczymi podejściami poznawczo-strategiczno-badawczymi:

1. interpretacją fizykalistyczno-redukcyjną, i



2. interpretacją organizmalno-teleologiczną (90).

Pierwsza z nich opowiada się za tezę, iż współczesna fizyka i chemia wystarczają całkowicie do opisu i wyjaśnienia zjawisk życiowych oraz procesów i mechanizmów prowadzących do powstania życia. Takim przykładem podejścia fizykalistyczno-redukcyjnego jest, obejmujący również kwestię pochodzenia enzymów i katalizy enzymatycznej, Eigena model hipercykli (zob. np. 35, 86). Podejście to wynikało z przekonania, iż powstawanie życia, jako tworzenie się informacji i jej nośników, odbywało się głównie na poziomie molekularnym, stąd więc stosowana tam fizykochemiczna strategia badawcza.

Druga interpretacja, często traktowana jako opozycyjna do pierwszej, stwierdza, że informacja biologiczna powstała w wyniku urzeczywistniania się jakichś specyficznych prawidłowości przekształcających materię nieożywioną w ożywioną oraz, że prawidłowości tych nie sposób sprowadzić do praw fizyki i chemii. Interpretacja ta może być równie dobrze traktowana jako komplementarna do poprzedniej (np. 59), co wydaje się bardziej adekwatne i słuszne. Między tymi dwoma podejściami badawczymi nie ma bowiem opozycji logicznej, zwłaszcza, że sam teleologizm (zob. np. 88) posiada niejedną wersję.

Istnieje również możliwość unifikacji tych rozbieżnych stanowisk, aktualne bowiem tendencje integratywno-kompozycjonistyczne wyrażają bardziej kompromisową postawę komplementarnego wyjaśniania zjawisk życiowych poprzez stosowanie zarówno metod analitycznych, jak i całościowo-systemowych (90). Zbieżna z tym nurtem poznania jest na przykład bioelektronika<sup>14</sup>, w ramach której kwantowa teoria życia, z metodologicznego punktu widzenia, posiada charakter komplementarny, czyli redukcyjnistyczno-antyredukcyjnistyczny (integracyjny, syntetyczny) (32, s. 223-229; por. także 109).

Jedną z podstawowych propozycji teoretycznych bioelektroniki jest W. Sedlaka idea istnienia w organizmach żywych sprzężenia chemiczno-elektronicznego, które nazywa on kwantowym szwem życia (np. 77, s. 81-91; 78, s. 38-41; 79, s. 49-53; zob. także 102). Byłby to, według jednego z zaproponowanych określeń, najmniejszy element funkcjonalny materii ożywionej, który zespała fotonami autogennymi reakcje chemiczne z procesami elektronicznymi w ośrodku półprzewodników organicznych (79, s. 130). Uwzględnienie zatem submolekularnego poziomu organizacji bioukładów pozwala postulować, że początek życia był jednoznaczny z zaistnieniem wspomnianego sprzężenia pomiędzy reakcjami chemicznymi a procesami elektronicznymi w półprzewodnikach glinokrzemianowych środowiska prebiotycznego (zob. np. 98, s. 187; 105). Otóż jedną z funkcji tego sprzężenia, oprócz funkcji sterowniczych,

---

<sup>14</sup> Bioelektroniczny aspekt katalizy enzymatycznej podejmował autor niniejszego artykułu we wcześniejszych opracowaniach (98, s. 181-220; 99-101).

generowania stanu plazmowego itd., jest funkcja katalityczna<sup>15</sup>. Czy owo sprzężenie realizuje się dopiero na poziomie komórkowym (współcześnie komórka uważana jest przecież za najmniejszą jednostkę życia), czy też może na poziomie niektórych organelli lub wirusów, nie wiadomo. Niezależnie od odpowiedzi na to pytanie można przyjąć, że dzisiejsze systemy enzymatyczne są jednym z elementów tego „sprzężenia”. Układ „kwasy nukleinowe - białka” (czyli nośnik informacji genetycznej i katalizatory białkowe), rozpatrywany w niektórych teoriach biogenezy jako samoinicjujący, musiałby zapewne dysponować takim sprzężeniem.

Pokrewne z koncepcjami bioelektronicznymi (zob. np. 110) idee, że biosystemy są również kwantowymi układami kolektywnymi (np. 58, 93, 94, zob. także 1 i 36) poszerzono o modele obejmujące materiał genetyczny i procesy ewolucyjne (13-15, 71). Na przykład w modelu „harf wodorowych” (4, 5, s. 83-90) DNA i RNA (a także białka) traktowane są jako oscylatory, w których protony wiązań wodorowych oscylują z częstotliwościami rzędu  $10^{11}$  -  $10^{12}$  Hz, emitując lub absorbując fotony (podobnie jak w harfie struny o różnej długości są konieczne do wygenerowania rozmaitych tonów lub melodii). Biomolekuły te tworzą wewnątrzkomórkowy system komunikacji elektromagnetycznej, o charakterystykach tak specyficznych, jak charakterystyczny jest skład jakiejś orkiestry złożonej z harf. Trzeba w tym kontekście podkreślić, że promieniowanie elektromagnetyczne jest formą energii zawierającą przynajmniej potencjalnie także bogaty komponent informacyjny. Przykładem może tu być wiązka światła koherentnego, która zawiera o wiele więcej informacji niż wiązka światła niekoherentnego o równej zawartości energii (83, s. 76)<sup>16</sup>. W biomolekułach tych więc, które jako systemy zorganizowane wykazują rozmaite zjawiska rezonansowe, te ostatnie prowadzą do różnych oscylacji reprezentujących cykle czasowe, podczas których mogą być wprowadzane jakieś zmiany. Takie zmiany mogą tłumić lub wzmacniać istniejące oscylacje, stwarzać nowe rezonanse i wzbudzać nowe zbiory oscylacji. Im bardziej złożony system, tym większe

---

<sup>15</sup> W. Sedlak postuluje bowiem, że: „[...] Używając języka chemicznego stanowiłby on [kwantowy rozrusznik życia] uniwersalny katalizator procesu życiowego” (77, s. 85); „Sztuką przyrody byto tylko kwantowomechanicznie zszyć te dwa procesy z własnym napędem energetycznym. Mamy coś w rodzaju autokatalizy, tylko nie chemicznej, a «kwantowej», może elektromagnetycznej?” (78, s. 40). Inne funkcje tego kwantowego szwu życia to detekcja promieniowania elektromagnetycznego i funkcja wzmacniania strumienia fotonów (zob. 102). Wszystkie te funkcje mają najprawdopodobniej znaczenie decydujące o organizacji materii żywej i w związku z tym „szew” ten musi być systemem przetwarzającym nie tylko energię, ale i informację.

<sup>16</sup> Rozmaite formy energii odzwierciedlają naturę i ilość informacji zawartej w ich obrębie. Wyrażana jest (83, s. 76) potrzeba wynalezienia instrumentów, które mogłyby precyzyjnie mierzyć zawartość informacyjną rozmaitych form energii.

byłoby prawdopodobieństwo wprowadzania zmian do systemu podczas danego cyklu. Wzajemnej zamianie w nim jednej formy energii w drugą również by towarzyszył przekaz informacji. To tłumaczyłoby wykładniczy wzrost ilości informacji (83, s. 70) w układach podlegających ewolucji. Co więcej, w takim ujęciu ewolucja układów żywych pociągałaby za sobą stały wzrost zawartości informacji w tych systemach. Jeżeli natomiast chodzi o uporządkowanie, byłyby one podobne do kryształów nieorganicznych o temperaturze bliskiej zera absolutnego (83, s. 65). Warto w związku z tym zauważyć, iż rozwijające się organizmy traktowane są również jako samo-organizujące się pola fizyczne (np. 28). Nie jest też bez znaczenia fakt, iż zmieniła się gruntownie wiedza dotycząca fizykochemicznych własności kwasów rybonukleinowych w ciągu ostatniego dziesięciolecia. Panujący bowiem do początku lat osiemdziesiątych pogląd, że wszystkie enzymy są białkami, został poważnie zachwiany i w końcu obalony dzięki odkryciu katalitycznych właściwości kwasów rybonukleinowych (rybozomy)<sup>17</sup> (np. 11, 26, 27, 30, 84, 106, 107). Fakt ten istotnie zmienił także wyobrażenia na temat znaczenia kwasów nukleinowych (jako nośników informacji biologicznej) i procesów katalitycznych w problematyce zarówno genezy życia (np. 10, 24, 27, 31, 33, 42, 64-65, 67, 72, 73), jak i jego ewolucji (18, 20, 23, 27, 41, 47, 63, 66, 92). Również kryteria uznawania lub nieuznawania niektórych współczesnych organizmów za najbardziej prymitywne ulegają przewartościowaniu (25). Wspomniane wyżej odkrycie RNA posiadającego własności katalityczne pozwoliło na wysuwanie nowych hipotez pochodzenia i ewolucji kodu genetycznego (np. 2, 21, 29, 38, 43, 85, 95-97). To nadzwyczaj zaskakujące stwierdzenie współistnienia w tej samej klasie biomolekuł zarówno funkcji katalitycznych jak i genetycznych zrodziło przypuszczenie, że RNA mógł we wczesnych etapach życia funkcjonować równocześnie jako genotyp i fenotyp (genotypem byłaby sekwencja zasad, a fenotypem przestrzenna struktura RNA). RNA lub molekuly pokrewne poprzedzałyby zatem enzymy białkowe w ewolucji. RNA katalizowałoby najpierw syntezę samego RNA, potem białek, wreszcie DNA, który magazynował informacje z RNA poprzez proces odwrotnej transkrypcji. W kontekście tych hipotez współczesne wirusy posiadające RNA jako swój materiał genetyczny są rozpatrywane w charakterze skamieniałości molekularnych pochodzących ze „świata RNA” (16, 53, 61, 62). Katalityczne właściwości RNA są więc nie tylko bardzo intrygującym fenomenem życia na jego poziomie molekularnym organizacji, ale także pociągającym za sobą zapewne nowe ważne implikacje poznawcze.

---

<sup>17</sup> Uehonorowane zresztą Nagrodą Nobla w 1989 r., zob. np. J. K u r o p a t w a, *Nobel '89 w dziedzinie chemii - odkrycie nowych, niezwykłych właściwości RNA*. „Chemia w Szkole” 1990, (4): 163-171.

## UWAGI KOŃCOWE

Problematyka katalizy jest transdyscyplinarna i bardzo złożona. Przede wszystkim podejmują ją chemicy i fizycy, ale nie tylko oni. Wykazują nią zainteresowanie także filozofowie przyrody (zob. np. 3, 60). Zadaniem niniejszego artykułu było przedstawienie jej z punktu widzenia filozofii systemowej. Znaczenie pełniejszego poznania istoty katalizy enzymatycznej jest ogromne i wykraczające daleko poza utylitarne zastosowania enzymów w biotechnologii, elektronice biomolekularnej czy medycynie. Dosięga ono bowiem również fundamentalnych i niezmiernie trudnych problemów dotyczących istoty i pochodzenia życia. W tych ostatnich kwestiach, poznawczo znacznie ważniejszych od na przykład kwestii mechanizmów funkcjonowania samych katalizatorów i ich wykorzystania w przemyśle, ujęcie systemowo-informacyjne naprowadza na postawienie następujących hipotez:

1. życie jako forma informacji na nośniku elektromagnetycznym mogło i może rozprzestrzeniać się dzięki indukowaniu procesów katalitycznych i sterowaniu nimi do przeorganizowywania systemów fermionowo-bozonowo-infonowych w samodzielne systemy bogatsze w fotony i bozony;

2. systemy ożywione mogą różnić się od tzw. nieożywionych przede wszystkim jakością i ilością infonów;

3. pierwotnymi minimalnymi systemami ożywionymi na Ziemi były prawdopodobnie rezonatory wnekowe koherentnego promieniowania elektromagnetycznego w postaci makromolekularnych katalizatorów; stąd zmienić należałoby rozumienie minimalnego systemu żywego (z komórki nawet na makromolekułę), a co za tym idzie pojęcie minimalnej złożoności biostruktury;

4. w katalitycznym pre-RNA prawdopodobnie realizowało się sprzężenie chemiczno-elektroniczne i autokatalizator ten stanowił zapewne jedną z dróg rozwojowych minimalnego systemu ożywionego;

5. klasyczne rozumienie fundamentalnych procesów życiowych (jako przede wszystkim metabolizmu) należy zmienić, przesuwając akcent z katalitycznych procesów przemiany materii i energii przede wszystkim na procesy przetwarzania informacji; w związku z tym postulować należy istnienie „organizmów” lub mechanizmów czy systemów przetwarzających wyłącznie informację i energię.

Wydaje się, że ujęcie systemowo-informacyjne otwiera nowe możliwości obliczania zawartości informacyjnej enzymów i ich kompleksów oraz innych biostruktur (co umożliwić może dalszy progres w rekonstrukcji istoty i genezy życia), podczas gdy podejście klasyczne poprzestaje na stwierdzeniach, które zdobyte już zostały na podstawie poznania potocznego, a wykorzystany w tym podejściu materiał z biochemii i genetyki molekularnej dostarcza jedynie nowych egzemplifikacji tych stwierdzeń. W odróżnieniu od niego podejście

systemowo-informacyjne, uwzględniające również submolekularny poziom organizacji biosystemów, umożliwia stworzenie nowej perspektywy poznawczej w kwestiach istoty, powstania i ewolucji życia. Zasadniczo poszerza to sposób rozumienia życia o ważny jego wymiar, tj. o aspekt informacyjny procesów bioelektromagnetycznych, w którym informacja nie jest tylko epifenomenem oddziaływań energetycznych, ale jest ona istotnym i podstawowym składnikiem rzeczywistości - *Universum*. Wprowadzając jeszcze dalej sięgającą ekstrapolację w ujęciu tym, świat i życie jawią się przede wszystkim jako procesy materializacji informacji<sup>18</sup> bądź informatyzacji materii i energii.

#### BIBLIOGRAFIA

1. B a i l l y F., G a i l l F., M o s s e r i R., Orgons and biolons in theoretical biology: Phenomenological analysis and quantum analogies. „Acta Biotheoretica” 1993, 41(1-2): 3-11.
2. B a u m a n n U., O r ó J., Three stages in the evolution of the genetic code. „BioSystems” 1993, 29(2-3): 133-141.
3. B e c h t e l W., Reconceptualization and interfield connections: the discovery of the link between vitamins and coenzymes. „Philosophy of Science” 1984, 51(2): 265-292.
4. B i s t o l f i F., A hydrogen-harps model for intracellular communication and its implications for the second genetic code. „Panminerva Med.” 1990, 32: 4-9.
5. B i s t o l f i F., Biostructures and Radiation. Order Disorder. Torino: Edizioni Minerva Medica, 1991.
6. B r a y D., Protein molecules as computational elements in living cells. „Nature” 1995, 376(6538): 307-312.
7. B u l k l e y D. H., An electromagnetic theory of life - II: Testing. „Medical Hypotheses” 1992, 38: 305-310.
8. B u l k l e y D. H., Cell chemistry triggered by EM signals. Experimental evidence of basic electromagnetic of life. [w:] Speculations on The Electromagnetics of Life. Seattle: The Seattle Institute for the Life Sciences. 6519 - 40th. Ave. Seattle. WA 98115; 1992; 18, 8 pp.
9. B u l k l e y D. H., The electromagnetic order that underlies the chemistry of life. [w:] Speculations on The Electromagnetics of Life. Seattle: The Seattle Institute for the Life Sciences, 6519 - 40th. Ave. Seattle. WA 98115; 1992; 16, 16 pp.
10. C e c h T. R., The efficiency and versatility of catalytic RNA - Implications for an RNA world. „Gene” 1993, 135(1-2): 33-36.

---

<sup>18</sup> informacji - myśli (której źródłem może być tylko jakaś świadomość).

11. Cech T. R., Bevilacqua P. C, Doudna J. A., McConnell T. S., Strobel S. A., Weinstein L. B., Mechanism and structure of a catalytic RNA molecule. [w:] Proceedings of The Robert A. Welch Foundation 37th Conference on Chemical Research. 40 Years of the DNA Double Helix, 1993 Oct 25, Houston, Texas, 1993: 91-110.
12. Chauvet G. A., Costalat R., On the functional organization in a biological structure: The example of enzyme organization. „Compt. Rend. Acad. Sci., Ser. III - Sciences de La Vie - Life Sci." 1995, 318(5): 529-535.
13. Chela – Flores J., The collective biology of the gene: Towards genetic dynamics engineering. Trieste: International Atomic Energy Agency and United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, International Centre for Theoretical Physics, 1985, IC/85/277, 42 pp.
14. Chela – Flores J., Evolution as a collective phenomenon. „J. Theoret. Biol." 1985, 117: 107-118.
15. Chela – Flores J., Towards a collective biology of the gene. „J. Theoret. Biol." 1987, 126(2): 127-136.
16. Chela – Flores J., Are viroids molecular fossils of the RNA world? „J. Theoret. Biol." 1994, 166(2): 163-166.
17. Conrad M., The seed germination model of enzyme catalysis. „BioSystems" 1992, 27(4): 223-233.
18. Dick T. P., Schame W. W. A., Molecular evolution of transfer RNA from two precursor hairpins: Implications for the origin of protein synthesis. „J. Mol. Evol." 1995, 41(1): 1-9.
19. Ebeling W., Feistel R., Theory of self-organization and evolution - The role of entropy, value and information. „J. Non-Equilibrium Thermodyn." 1992, 17(4): 303-332.
20. Edwards M. R., A possible origin of RNA catalysis in multienzyme complexes. „Origins Life & Evol. Biosphere" 1989, 19(1): 69-72.
21. Egen M., The origin of genetic information — Viruses as models. „Gene" 1993, 135(1-2): 37-47.
22. Elitzur A. C., Let there be life. Thermodynamic reflections on biogenesis and evolution. „J. Theoret. Biol." 1994, 168(4): 429-459.
23. Ellington A. D., Experimental testing of theories of an early RNA world. [w:] Zimmer E. A., White T. J., Cann R. L., Wilson A. C. (Eds.), Molecular Evolution: Producing the Biochemical Data. San Diego: Academic Press Inc., 1993: 646-664.
24. Ferris J. P., Catalysis and prebiotic RNA synthesis. „Origins Life & Evol. Biosphere" 1993, 23(5-6): 307-315.
25. Forterre P., Looking for the most "primitive" organism(s) on Earth today: The state of the art. „Planetary & Space Sci." 1995, 43(1-2): 167-177.
26. Fu D. J., Benseler F., McLaughlin L. W., Hammerhead ribozymes containing non-nucleoside linkers are active RNA catalysts. „J. Amer. Chem. Soc." 1994, 116(11): 4591-4598.
27. Gesteland R. F., Atkins J. F. (Eds.), The RNA World. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1993.

28. G o o d w i n B. C., Developing organisms as self-organizing fields. [w:] Y a t e s F. E., G a r f i n k e l A., W a l t e r D. O., Y a t e s G. B. (Eds.), Self-Organizing Systems. The Emergence of Order. New York: Plenum Press; 1987: 167-180.
29. H a r t n i a n H., Speculations on the origin of the genetic code. „J. Mol. Evol.” 1995, 40(5): 541-544.
30. I l l a n g a s e k a r e M., S a n c h e z G., Nickles T., Yarus M., Aminoacyl-RNA synthesis catalyzed by an RNA. „Science” 1995, 267(5198): 643-647.
31. J o y c e G. F., RNA evolution and the origins of life. „Nature” 1989, 338(6212): 217-224.
32. K a j t a S., Włodzimierza Sedlaka kwantowa teoria życia, [w:] L u b a ń s k i M., S l a g a Sz. W. (Red.), Z Zagadnień Filozofii Przyrodoznawstwa i Filozofii Przyrody. Warszawa: ATK, 1991, 12: 11-283.
33. K a n a v a r i o t i A., Template-directed chemistry and the origins of the RNA world. „Origins Life & Evol. Biosphere” 1994, 24(6): 479-494.
34. K e l l e r s h o h n N., R i c a r d J., Coordination of catalytic activities within enzyme complexes. „Eur. J. Biochem.” 1994, 220(3): 955-961.
35. K l o s k o w s k i K., Hipercykl jako model abiogenezy. [w:] L u b a ń s k i M., S l a g a Sz. W. (Red.), Z Zagadnień Filozofii Przyrodoznawstwa i Filozofii Przyrody. Warszawa: ATK, 1985, 7: 257-280.
36. K o r u g a D., Neuromolecular computing. „Nanobiology” 1992, 1: 5-24.
37. K o w a l c z y k E., O istocie informacji. Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 1981.
38. K u h n H., W a s e r J., On the origin of the genetic code. „FEBS Lett.” 1994, 352(3): 259-264.
39. K u n i c k i – G o l d f i n g e r W. J. H., Rola informacji w układach biologicznych. „Studia Philosophiae Christianae” 1995, 31(1): 49-57.
40. K ü p p e r s B. O., Geneza informacji biologicznej. Filozoficzne problemy powstania życia. (tł. niem.) Warszawa: PWN, 1991.
41. L a h a v N., Prebiotic co-evolution of self-replication and translation or RNA world? „J. Theoret. Biol.” 1991, 151(4): 531-539.
42. L a h a v N., The RNA-world and co-evolution hypotheses and the origin of life - Implications, research strategies and perspectives. „Origins Life & Evol. Biosphere” 1993, 23(5-6): 329-344.
43. L a m o n d A. I., G i b s o n T. J., Catalytic RNA and the origin of genetic systems. „Trends Genet.” 1990, 6(5): 145-149.
44. L a t a w i e c A. M., Pojęcie informacji biologicznej, [w:] K ł ó s a k K., L u b a ń s k i M., S l a g a Sz. W. (Red.), Z Zagadnień Filozofii Przyrodoznawstwa i Filozofii Przyrody. Warszawa: ATK; 1982; 4: 213-229.
45. L a t a w i e c A. M., Koncepcja informacji biologicznej, [w:] K ł ó s a k K., L u b a ń s k i M., S l a g a Sz. W. (Red.), Z Zagadnień Filozofii Przyrodoznawstwa i Filozofii Przyrody. Warszawa: ATK; 1983; 5: 151-259.
46. L a t a w i e c A., Od informacji do sztucznej inteligencji. „Studia Philosophiae Christianae” 1995, 31(1): 33-47.

47. L a z c a n o A., M i l l e r S. L., How long did it take for life to begin and evolve to cyanobacteria? „J. Mol. Evol.” 1994, 39(6): 546-554.
48. L e n a r t o w i c z P., Elementy filozofii zjawiska biologicznego. Kraków: Wydawnictwo Apostolstwa Modlitwy, 1986.
49. L u b a ń s k i M., Filozoficzne zagadnienia teorii informacji. Warszawa: ATK; 1975.
50. L u b a ń s k i M., Życie w ujęciu bioelektroniki i teorii regulonów. [w:] L u b a ń s k i M., Ś l a g a Sz. W. (Red.), Z Zagadnień Filozofii Przyrodoznawstwa i Filozofii Przyrody. Warszawa: ATK, 1991, 13: 91-108.
51. L u b a ń s k i M., Informacja - system, [w:] H e l l e r M., L u b a ń s k i M., Ś l a g a Sz. W., Zagadnienia filozoficzne współczesnej nauki. Wstęp do filozofii przyrody. Warszawa: ATK, 1992: 13-153.
52. L u b a ń s k i M., Wszechświat informacyjny, [w:] K n a p p i k J. J. (Red.), Jaki światopogląd odpowiada rzeczywistości? Agnostycy w drodze do poznania stwórcy. Księga ku czci Franza Kardynała Königa. Katowice: Księgarnia św. Jacka, 1993: 72-84.
53. M a i z e l s N., W e i n e r A. M., The genomic tag hypothesis: Modern viruses as molecular fossils of ancient strategies for genomic replication. [w:] G e s t e l a n d R. F., A t k i n s J. F. (Eds.), The RNA World. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1993: 577-601.
54. M a r i j u a n P. C., Enzymes and theoretical biology: sketch of an informational perspective of the cell. „BioSystems” 1991, 25(4): 259-274.
55. M a r i j u a n P. C., Enzymes, artificial cells and the nature of biological information. „BioSystems” 1995, 35(2-3): 167-170.
56. M a r i j u a n P. C., W e s t l e y J., Enzymes as molecular automata - A reflection on some numerical and philosophical aspects of the hypothesis. „BioSystems” 1992, 27(2): 97-113.
57. M a z i e r s k i S., Prolegomena do filozofii przyrody inspiracji arystotelesowsko-tomistycznej. Lublin: Wydawnictwo Towarzystwa Naukowego KUL, 1969.
58. M i l l e r D. A., Agency as a quantum-theoretic parameter-synthetic and descriptive utility for theoretical biology. „Nanobiology” 1992, 1: 361-371.
59. M u i r A., Holism and reductionism are compatible. [w:] Rose S. (Ed.), Against Biological Determinism. The Dialectics of Biology Group. London-New York: Allison & Busby, 1982: 122-135.
60. N i e d e r s e n U., Alwin Mittasch - Katalysechemiker, Katalysehistoriker und Katalysephilosoph. „Wiss. Z. Univ. Halle” 1986, 35(5): 151-158.
61. O h n i s h i K., Evolutionary meanings of the primary and secondary structures of the "UR-RNA", a primitive possibly self-replicating ribo-organism commonly ancestral to tRNAs, 5S-rRNA and virusoids. [w:] G r u b e r B., Y o p p J. H. (Eds.), Symmetries Sci. 4 [Proc. Symp.], 1989. New York: Plenum, 1990: 147-176.
62. O h n i s h i K., Selfish origin of virusoids from M1 RNA-like ribozyme homologous to the E. coli rrnD operon, as viewed from the origin and evolution of tRNA. „Endocytobiosis Cell Res.” 1992, 8(2/3): 109-120.



63. O l s e n G. J., Woese C. R., Ribosomal RNA: A key to phylogeny. "FASEB J." 1993, 7(1): 113-123.
64. O r g e l L. E., RNA catalysis and the origins of life. „J. Theoret. Biol." 1986, 123(2): 127-149.
65. O r g e l L. E., C r i c k F. H. C, Anticipating an RNA world - Some past speculations on the origin of life - Where are they today. "FASEB J." 1993, 7(1): 238-239.
66. P a c e N. R., B r o w n J. W., Evolutionary perspective on the structure and function of ribonuclease P, a ribozyme. "J. Bacteriol." 1995, 177(8): 1919-1928.
67. P a c e N., R., M a r s c h T. L., RNA catalysis and the origin of life. "Origins Life" 1985, 16(2): 97-116.
68. P o p l a w s k i R. P., Termodinamika informacyjnych procesów. Moskwa: Izd. Nauka, 1981.
69. P o p p F. -A., Photon storage in biological systems. [w:] P o p p F. -A., B e c k e r G., K ö n i g H. L., P e s c h k a W. (Eds.), Electromagnetic Bio-Information. Proceedings of the Symposium, 1977 Sep. 5, Marburg. Munchen: Urban & Schwarzenberg, 1979: 123-149.
70. P o p p F. -A., Biologia światła, (tł. z niem.), Warszawa: Wiedza Powszechna, 1992.
71. P o p p F. -A., Evolution as expansion of coherent states. [w:] R u b i k B. (Ed.), The Interrelationship between Mind and Matter. Philadelphia, PA: Center for Frontier Sciences, Temple University, 1992: 249-281.
72. R o b e r t s o n M. P., M i l l e r S. L., Prebiotic synthesis of 5-substituted uracils: A bridge between the RNA world and the DNA-protein world. „Science" 1995, 268(5211): 702-705.
73. S c h w a r t z A. W., The RNA world and its origins. „Planetary & Space Sci." 1995, 43(1-2): 161-165.
74. S e d l a k W., ABC elektromagnetycznej teorii życia. „Kosmos, Seria A: Biologia" 1969, 18(2(97)): 155-174.
75. S e d l a k W., Wstęp do elektromagnetycznej teorii życia. „Roczniki Filozoficzne" 1970; 18(3 (Filozofia Przyrody)): 101-126.
76. S e d l a k W., Is life an electromagnetic phenomenon? [w:] S e d l a k W. (Red.). Bioplazma. Materiały z I Konferencji poświęconej bioplazmie; 9 maja 1973; Katolicki Uniwersytet Lubelski, Lublin: Red. Wyd. KUL; 1976: 73-81.
77. S e d l a k W., Postępy fizyki życia. Warszawa: Inst. Wyd. PAX, 1984.
78. S e d l a k W., Wykłady o bioelektronice. Warszawa: Studencka Oficyna Wydawnicza ZSP „Alma-Press" O/Warszawa, 1987.
79. S e d l a k W., Wprowadzenie w bioelektronikę. Wrocław-Warszawa- Kraków-Gdańsk-Łódź: Zakład Narodowy im. Ossolińskich - Wydawnictwo, 1988.
80. S ł a w i ń s k a D., S ł a w i ń s k i J., Low-level luminescence from biological objects. [w:] B u r r J. G. (Ed.), Chemi- and Bioluminescence. New York: M. Dekker, Inc.; 1985: 495-531.
81. S ł a w i ń s k i J., Stany wzbudzone i fotony jako możliwe czynniki informacyjno-kontrolne procesów życiowych. „Post. Fiz. Med." 1982, 17(3-4): 59-68.

82. S ł a w i ń s k i J., Generowanie i emisja fotonów w układach biologicznych, [w:] Z o n J., W n u k M. (Red.), Perspektywy bioelektroniki. Lublin: Red. Wyd. KUL; 1984: 27-41.
83. S t o n i e r T., Information and the Internal Structure of the Universe: An Exploration into Information Physics. London New York: Springer-Verlag, 1990.
84. S y m o n s R. H., Ribozymes. „Curr. Opinion Struct. Biol.” 1994, 4(3): 322-330.
85. S z a t h m a r y E., Coding coenzyme handles - A hypothesis for the origin of the genetic code. „Proc. Nat. Acad. Sci. USA” 1993, 90(21): 9916-9920.
86. Ś l a g a Sz. W., Eigena fizyczny model ewolucji prebiotycznej. [w:] K ł ó s a k K. (Red.), Z Zagadnień Filozofii Przyrodznawstwa i Filozofii Przyrody. Warszawa: ATK, 1979, 3: 121-152.
87. Ś l a g a Sz. W., U podstaw biosystemogenezy. [w:] L u b a ń s k i M., Ś l a g a Sz. W. (Red.), W poszukiwaniu prawdy. Pamięci profesora Kazimierza Kłósaka. Warszawa: ATK, 1987: 174-201.
88. Ś l a g a Sz. W., Teleonomia organizacji biosystemów. „Studia Philosophiae Christianae” 1991, 27(2): 65-81.
89. Ś l a g a Sz. W., Życie - ewolucja, [w:] H e l l e r M., L u b a ń s k i M., Ś l a g a Sz. W., Zagadnienia filozoficzne współczesnej nauki. Wstęp do filozofii przyrody. Warszawa: ATK; 1992: 283-411.
90. Ś l a g a Sz. W., Dwie interpretacje genetyki informacji biologicznej. „Studia Philosophiae Christianae” 1995, 31(1): 59-81.
91. T r e u m a n n R. A., Evolution of the information in the Universe. "Astrophys. J." 1993, 201(1): 135-147.
92. T r e v o r s J. T., Molecular evolution in bacteria. "Antonie Van Leeuwenhoek Int. J. Gen. Mol. Microbiol." 1995, 67(4): 315-324.
93. U r b a ń s k i M., Kwantowe wzbudzenia kolektywne w układach żywych, [w:] S e d l a k W., Z o n J., W n u k M. (Red.), Bioplazma. Materiały II Krajowej Konferencji nt. bioplazmy, 18 grudnia 1985, Katolicki Uniwersytet Lubelski. Lublin: Red. Wyd. KUL, 1988: 21-39.
94. U r b a ń s k i M., Kwantowa teoria struktur makroskopowych (układy żywe), [w:] S e d l a k W., Z o n J., W n u k M. (Red.), Bioelektronika. Materiały VI Sympozjum, 20-21 listopada 1987, Katolicki Uniwersytet Lubelski, Lublin: Red. Wyd. KUL, 1990: 65-73.
95. V i s s e r C. M., Evolution of biocatalysis. 1. Possible pre-genetic code RNA catalysts which are their own replicase. "Origins Life" 1984, 14(1-4): 291-301.
96. V i s s e r C. M., Evolution of biocatalysis. 2. Nicotinamide and/or flavin-containing RNA molecules as possible pregenetic-code replicating oxidoreductases. "Origins Life" 1984, 14(1-4): 301-306.
97. W e t z e l R., Evolution of the aminoacyl-tRNA synthetases and the origin of the genetic code. "J. Mol. Evol." 1995, 40(5): 545-550.
98. W n u k M., Rola układów porfiryńowych w ewolucji życia. Warszawa: ATK, 1987.
99. W n u k M., Bioelectronic aspect of enzymatic catalysis. „Roczniki Filozoficzne” 1987-1988, 35-36 (z. 3 (Filozofia Przyrody)): 119-124.

100. W n u k M., Możliwość udziału plazmy fizycznej w katalizie enzymatycznej, [w:] S e d l a k W., Z o n J., W n u k M. (Red.), Bioplazma. Materiały II Krajowej Konferencji nt. bioplazmy, 18 grudnia 1985, Katolicki Uniwersytet Lubelski. Lublin: Red. Wyd. KUL, 1988: 97-112.
101. W n u k M., Bioelektroniczny aspekt pochodzenia i ewolucji enzymów, [w:] S e d l a k W., Z o n J., W n u k M. (Red.), Bioelektronika. Materiały VI Sympozjum, 20-21 listopada 1987, Katolicki Uniwersytet Lubelski. Lublin: Red. Wyd. KUL, 1990: 151-155.
102. W n u k M., Włodzimierza Sedlaka idea sprzężenia chemiczno-elektronicznego w organizmach. „Roczniki Filozoficzne” 1991-1992, 39-40 (z. 3 (Filozofia Przyrody)): 103-120.
103. W n u k M., Enzymy jako nanoprocесory - perspektywa bioelektroniczna. „Roczniki Filozoficzne” 1995, 43 (z. 3 (Filozofia Przyrody i Ochrona Środowiska)): 127-154.
104. W n u k M., Życie jako forma istnienia informacji elektromagnetycznej. „Studia Philosophiae Christianae” 1995, 31(2): (w druku.)
105. W n u k M., Biosystemy elektroniczne a pierwotne środowisko życia, [w:] Z o n J., W n u k M. (Red.), VII Sympozjum Bioelektroniki nt. Wpływ czynników środowiska na organizm jako system elektroniczny, 16-17 grudnia 1994, Katolicki Uniwersytet Lubelski. Lublin, (19 str., w druku).
106. Y a n g J. H., C e d e r g r e n R., N a d a l g i n a r d B., Catalytic activity of an RNA domain derived from the U6-U4 RNA complex. „Science” 1994, 263(5143): 77-81.
107. Y a r u s M., How many catalytic RNAs? Ions and the Cheshire Cat conjecture. „FASEB J.” 1993, 7(1): 31-39.
108. Z i ę b a S., Istota życia w monistycznych i pluralistycznych teoriach bytu. „Roczniki Filozoficzne” 1976, 24(z. 3 (Filozofia Przyrody)): 77-88.
109. Z i ę b a S., Analiza filozoficzna bioelektronicznej koncepcji życia. „Roczniki Filozoficzne” 1982, 30/3 (Filozofia Przyrody): 81-95.
110. Z o n J., „Topografia” badań w dziedzinie bioelektroniki. [w:] S e d l a k W., Z o n J., W n u k M. (Red.), Bioelektronika. Materiały VI Sympozjum, 20-21 listopada 1987, Katolicki Uniwersytet Lubelski. Lublin: Red. Wyd. KUL, 1990: 11-34.

## PHILOSOPHICAL ASPECTS OF ENZYMATIC CATALYSIS

### S u m m a r y

Two formulations of the philosophical analysis of living phenomena have been presented. First of them is the classical analysis (i. e. Aristotelian-Thomist's one) done by P. Lenartowicz and the other one has been done by the present author. The latter is carried out from the point of view of the philosophy of systems and information. Both analyses attempted to elucidate the essence of the enzymatic catalysis. The following problems have been reviewed and discussed: (i) the role of enzymes in epigenesis and integration coming into effect on the molecular level of the life

organization; (ii) the relation between the knowledge on enzymes and the philosophical problems of the essence and origin of life; (iii) information as the essence of the universe and life; (iv) enzymes as the processors of mass, energy, and information; (v) the genesis of life as the information process and the catalytic properties of some ribonucleic acids. In the result of the analyses, it has been concluded that the system-information philosophy is more adequate than the classical one. In the context of the empirical data, as well as the theoretical concepts, mainly of F. -A. Popp and T. Stonier, it has been hypothesized that: (i) life should be regarded as the form of the information transferred on the electromagnetic carrier; (ii) macromolecular catalysts as cavity resonators of the coherent photon field were probably the primordial minimal living systems; (iii) life might spread itself by inducing the catalytic processes and controlling them as to reorganize the systems of fermions-bosons-fermions in the autonomous systems containing more fermions and bosons; (iv) the existence of the "organisms" which process only information and energy is possible.