

ks. Wiesław Dyk

## FIZYKO-CHEMICZNE PODSTAWY ŻYCIA

Na obecnym etapie rozwoju nauki przyjmuje się, że życie rozwinęło się na Ziemi jako naturalna konsekwencja powolnych przemian ewolucyjnych. Synteza podstawowych pierwiastków organicznych dokonała się w Kosmosie jeszcze przed akrecją Ziemi. Ukształtowanie się natomiast Ziemi, wraz z jej pierwotną atmosferą, sprzyjało dalszym procesom ewolucyjnym. Ustabilizowanie się warunków fizyko-chemicznych naszej planety oraz ukształtowanie się atmosfery tlenowej i środowiska wodnego stało się podstawą zainicjowania ewolucji biologicznej.

Dociekania specjalistów z różnych dziedzin nauki jak również filozofów streszczają się w szukaniu obiektów bezpośrednio poprzedzających życie biologiczne. Wszystkie procesy przedżyciowe noszą nazwę ewolucji chemicznej. Na szczególną uwagę w badaniu procesów ewolucji chemicznej zdają się zasługiwać struktury rozpraszające nadmiar wytworzonej entropii<sup>1</sup>. Teoria struktur dysypatywnych jest przedmiotem badań szkoły brukselskiej<sup>2</sup> i należy do obszernego działu fizyki - termodynamiki procesów nierównowagowych.

Po zarysowaniu zatem ogólnej problematyki termodynamiki procesów nierównowagowych omówimy cechy układów rozpraszających materię i energię. Układy te charakteryzują się dużą antyentropijnością, czyli zdolnością do tworzenia porządku i do samoorganizacji.

1. Ogólnie rzecz biorąc, termodynamika zajmuje się układami, które podlegają wzrostowi entropii. Można wymienić tu układy zamknięte i otwarte. Pierwsze z nich są przedmiotem badań termodynamiki klasycznej. Układy zamknięte nie mają dla nas żadnego znaczenia, gdyż następuje w nich ustalenie się równowagi termodynamicznej po uzyskaniu maksimum entropii. Maksimum entropii oznacza ustanie wszelkich możliwości życiowych i rozwojowych danego układu.

Układy otwarte, ze względu na stan nierównowagowości, mogą być bliskie stanu równowagi i dalekie od stanu równowagi. Pierwsze z nich charakteryzują się ustaleniem minimum produkcji entropii, tzn. entropia wzrasta do pewnego minimum i utrzymuje się na tym poziomie przez cały czas dynamicznego współistnienia układu z otoczeniem. Nadmiar entropii wytwarzanej w tym układzie jest odprowadzany do otoczenia. Wytwarzanie entropii w układzie otwartym oddalonym od równowagi zależy od szybkości różnych nieodwracalnych procesów, np. reakcji chemicznych, dyfuzji, przepływu ciepła oraz od natężenia różnych nieodwracalnych procesów wiążących układ z otoczeniem, np. gradienty temperatury, powinowactwa chemiczne itd. W układach bliskich stanu

równowagi szybkości przepływu i gradienty natężenia posiadają charakter liniowy. Dopóki istnieje wymiana materii i energii między układem a otoczeniem, w warunkach bliskich równowagi, nie zauważamy żadnych właściwości rozwojowych obiektu. Dopiero wskutek przekroczenia granicy krytycznej działających bodźców załamuje się liniowość; produkcja entropii w układzie znów wzrasta. Wraz ze wzrostem entropii układu wzrasta chaos, z którego, w warunkach nierównowagowych, wyłania się porządek.

Nieliniowe struktury dysypatywne, zdolne do tworzenia porządku i organizacji, są przedmiotem naszego zainteresowania. Dla upogłodzenia niniejszego artykułu podamy przykłady układów zdolnych do samoorganizacji w fizyce i chemii.

Najprostszym przykładem tworzenia się porządku z chaosu jest komórka Benarda. Zjawisko to obserwujemy podczas podgrzewania cieczy między dwiema płytkami. Podgrzewanie cieczy od dołu powoduje jej wrzenie. Jeśli gradient temperatury przekroczy krytyczną wartość, wówczas chaotyczna konwekcja podlega uporządkowaniu. Na tym etapie cząsteczki cieczy tworzą tzw. komórki Benarda (ciecz w dużych grupach). Zorganizowane komórki przenoszą ciepło z dolnej płytki ku górze, górna płytka oddaje nadmiar ciepła otoczeniu. Dla podtrzymania istnienia powstałych struktur konieczny jest stały dopływ ciepła do dolnej płytki.

W chemii przykładem samoorganizacji jest reakcja Biełousowa - Zabotyńskiego. Przy rozpuszczaniu jonów bromianu w obecności katalizatorów powstają koncentryczne i różnobarwne pierścienie świadczące o uporządkowaniu reakcji. Wytworzone struktury utrzymują się tak długo, dopóki trwa wymiana materii i energii z otoczeniem. Zauważamy ciekawe zjawisko, gdy w wyniku procesów wymiany i dyfuzji zostanie przekroczony krytyczny stan niestabilności. Po przekroczeniu krytycznej granicy występuje bifurkacja, czyli rozwidlenie się możliwości rozwojowych układu. O wyborze jednej drogi rozwoju decyduje bardzo mały, praktycznie niemierzalny bodziec. Ten nieuchwytny impuls wywołuje lawinę procesów prowadzących do wyłonienia się nowego, wyższego porządku z chaosu. Godny uwagi jest fakt, że znaczenie znikomych bodźców notuje się tylko w warunkach silnie nierównowagowych i przy wielkich fluktuacjach układu. W warunkach równowagowych i bliskich równowagi małe impulsy nie mają żadnego wpływu na rozwój układu czy też systemu.

Kolejne bifurkacje w historycznym procesie ewolucyjnym danego obiektu są mechanizmem tworzenia się coraz bardziej uorganizowanych systemów z prostych układów fizyko-chemicznych. Logiczne powiązanie organizmów biologicznych ze strukturami dysypatywnymi stadium przedżyciowego zdają się potwierdzać cechy tych ostatnich.

2. W chwili bifurkacji układ znajduje się na drodze "szukania" optymalnych możliwości rozwojowych. W tym momencie, w którym zawieszono jest działanie praw deterministycznych, układ cechuje się: a. względną otwartością na działanie bodźców, b. refleksyjnością, c. zdolnością do uczenia się, d. zdolnością do generowania i przetwarzania informacji.

Względna otwartość polega na selekcjonowaniu przez układ bodźców, które na niego działają. Do wnętrza układu dopuszczane są tylko te impulsy, które umożliwiają jego dalszy rozwój. Zdolność do selekcji jest początkowo bardzo prosta i streszcza się w potencjalnych właściwościach reagentów uczestniczących w procesie chemicznej ewolucji. Późniejszy etap rozwoju charakteryzuje się wytworzeniem półprzepuszczalnej błony, wyraźnie odgradzającej układ od otoczenia.

Wraz ze względną otwartością wiąże się zdolność układu do refleksji i podatność na uczenie się. Refleksyjność badanych przez nas obiektów streszcza się w tym, że układ "wie", jak się zachować, aby podtrzymać swe istnienie. Jednak wiedza powyższa nie może być utożsamiana z refleksyjnością osobników biologicznie ukształtowanych czy też z samorefleksyjnością człowieka. Zdolność do refleksji E. Jantsch<sup>3</sup> definiuje w ramach dwóch pojęć: apercepcji i antycypacji. Antycypacja to uprzednie zbadanie możliwości rozwojowych danego obiektu w określonych warunkach zewnętrznych i wybranie optymalnego rozwiązania. Apercepcja natomiast jest umiejętnością wykorzystania już raz zdobytej informacji.

Właściwości apercepcji i antycypacji są podstawą procesu uczenia się oraz tworzenia informacji układu. Uczenie się nie polega na gromadzeniu informacji, lecz na uaktywnianiu potencjalnych możliwości układu. Dużą rolę w generowaniu informacji odgrywa, wspomniana wyżej, cecha półprzepuszczalności. Im układ jest prostszy i posiadane przez niego umiejętności wchodzenia w reakcje z otoczeniem mniej sprawne, tym zgenerowana informacja jest mniej trwała. Dopiero w układach o większej złożoności niż otoczenie powstała, przetworzona i skoordynowana informacja jest trwalsza. Uzyskanie przez układ wyższego uorganizowania od otoczenia wprowadza dodatkową nierównowagę i umożliwia jego dalszy rozwój.

Jak zauważamy, struktury dysypatywne odznaczają się także dynamiką rozwoju. Znajdują się one ciągle w procesie stawania się; ciągłego tworzenia swej przyszłości w teraźniejszości. W tym znaczeniu, zdaniem I. Prigogine'a, kategoria Werden zyskuje pierwszeństwo przed Sen, a proces przed strukturą.

Dynamika rozwoju wyraża się również w cykliczności zjawisk. Połączenie procesów fizyko-chemicznych z cyklicznością tworzy kontinuum rozwojowe w postaci spirali. Oznacza to, że proste cykle wiążą się w hipercykle<sup>4</sup>, a hipercykle w ultracykle<sup>5</sup> o wyższym uorganizowaniu.

3. Przedstawiona przez nas teoria struktur dysypatywnych nic nie mówi, jak powstało życie, ani czy powstało ono na Ziemi. Potwierdza ona jednak myśl, że życie rozwinęło się zgodnie z prawami fizyki i chemii. Między fizyko-chemicznym układem rozpraszającym materię i energię a żywym organizmem jest wielka przepaść. Najprostszy bowiem organizm - bakteria - składa się z kilku tysięcy białek, z których każde składa się do stu różnie ułożonych aminokwasów. Oprócz białka organizm bakterii zawiera łańcuch kwasu nukleinowego składający się z wielu milionów nukleotydów - nie licząc wielu innych prostych związków odpowiednio ułożonych i otoczonych błoną białkowo-lipidową.

Ukazanie możliwego procesu tworzenia się długiego łańcucha DNA, zbudowanego z białka i kwasu nukleinowego, wykracza poza ramy niniejszego artykułu. Wydaje się jednak, że istotnym etapem w tworzeniu się krótkich łańcuchów aminokwasowych i nukleotydowych były procesy ewolucji chemicznej, a w niej struktury dysypatywne. W łączeniu się tych krótkich łańcuchów w odpowiednie helisy kwasu dezoksyrybonukleinowego wielką rolę odegrały poznane wyżej mechanizmy rozwoju: warunki nierównowagowe, cykliczność zjawisk, bifurkacje, a także właściwości otoczenia i możliwości wewnętrzne ukształtowanych związków.

## SUMMARIUM

Multiformae penetrationes initiarum genesis vitae, hodie multitudine exemplorum scenariorum-que naturalium atque lentulorum processum evolutionalium fructus dederunt. Hic articulus probationem proclamandi unius horum, id est theoriae structuralum dissipativum fert. Theoria ista in fundamento novi generis scientiae - sic dictae alinearum thermodynamicae processum aequilibrorum creta est. Structurae diffungentes superabundantiam entropiae, dignae attentionis sunt, quoniam elementum mediatum inter materiam inanimatam et simplicissimam formam vitae biologicae fieri possint. Structurae dissipativae idoneitatem abundandi eius complicationem et organisationem in conditionibus ab aequitate distantivis demonstrant.

### PRZYPISY

- <sup>1</sup> Ogólnie przez entropię rozumiemy wzrost chaosu rozwijającego się układu. Układ ewoluujący, czyli zwiększający swój porządek, musi posiadać zdolność pozbywania się nadmiaru wytworzonej entropii.
- <sup>2</sup> Przedstawicielem szkoły brukselskiej jest fizyko-chemik I.Prigogine. On to wraz z I.Stengers przedstawili teorię struktur dysypatywnych w dziele *Order out of Chaos. Man's new dialogue with nature*, London 1984. Problem samoorganizacji chemicznych układów w warunkach nierównowagowych I.Prigogine podjął wraz z G.Nicolis w dziele *Self-organization in non-equilibrium systems. From dissipative structures to order through fluctuations*, John Wiley - Interscience, New York 1977.
- <sup>3</sup> Die Selbstorganisation des Universum. Vom Urknall zum menschlichen Geist, München 1979.
- <sup>4</sup> M.EIGEN, P.SCHUSTER, The Hypercycle. A Principle of Natural Self-Organization, "Naturwissenschaften", Part B: The Abstract Hypercycle, 1(1978)7-41; Part C: The Realistic Hypercycle, 7(1978)341-369.
- <sup>5</sup> E.JANTSCH., dz.cyt., 43.156n.207.267-269.