

Redukcjonizm w biologii, czyli o drogach poznania życia

Prof. dr Władysław J. H. KUNICKI-GOLDFINGER, członek korespondent PAN

Redukcjonizm (od łac. *reductio* — sprowadzenie) to pogląd głoszący, że zjawiska i procesy bardziej złożone dają się w pełni wyjaśnić przez sprowadzenie ich do zjawisk i procesów prostszych i praw nimi rządzących (np. psychologia — do biologii, biologia — do chemii, ta zaś z kolei — do fizyki), a różnice między nimi mają wyłącznie ilościowy charakter. Innymi słowy, prawa danej nauki „wyższego” poziomu są całkowicie sprowadzalne do praw nauk poziomów „niższych”; nie istniałyby więc, w gruncie rzeczy, żadne prawa specyficzne dla danego poziomu.

Natomiast postawa przeciwna, antyredukcjonizmu mianowicie, implikuje — tak w sensie ontologicznym, jak teoriiopoznawczym — „nieciągłość” otaczającego nas świata (tj. głębokie różnice jakościowe dzielące jego poszczególne poziomy).

W praktyce oczywiście oba te kierunki wyznaczać można bądź w sposób rygorystyczny, bądź umiarkowany. Na ile poglądy te mogą być zasadne w odniesieniu do biologii, jak głęboka jest przepaść pomiędzy zjawiskami życia a ich strukturalnym podłożem i czy warto w nią skakać — dowiedzieć się można z zamieszczonego tu artykułu.

Zacząć ten artykuł wypada od wyjaśnienia. Wyjaśnić bowiem trzeba Czytelnikowi o czym mówić będziemy i dlaczego uważamy, że mówić o tym warto. Biologia jest nauką zajmującą się badaniem zjawisk życia i wyjaśnianiem mechanizmów tych zjawisk. Zjawiska życia zachodzą w żywych organizmach, a więc w ciałach fizycznych o określonej i już jako tako znanej budowie chemicznej. Zjawiska te przebiegają zatem zgodnie z prawami fizyki i chemii. I do tego momentu rozumowania wszyscy są właściwie zgodni. Już dawno przestano szukać jakiejś „siły życiowej”, jakiegoś swoistego materialnego czy niematerialnego czynnika, właściwego jedynie dla istot żywych i określającego ich odrębność. Żywe organizmy są ciałami fizycznymi, zbudowanymi z określonych związków chemicznych, ich działanie posłuszne jest prawom fizyki i chemii i nie wymaga, dla swego wyjaśnienia, postulowania czegoś poza te prawa wykraczającego. I to jest oczywiste.

Problem kryje się jednak nie w tym, lecz w pytaniu, czy znajomość praw fizyki i chemii wystarcza, by wyjaśnić wszystkie zjawiska życia oraz, czy można pokusić się o przewidywanie na podstawie tych praw przebiegu tych zjawisk i ich przyszłych dróg. Pytanie dotyczy zatem problemu, jak można i należy badać procesy życiowe. A ponieważ od odpowiedzi na to pytanie zależy nie tylko lepsze poznanie zjawisk życia, ale także wiele praktycznych zastosowań biologii, jak medycyna, rolnictwo, przechowalnictwo żywności i jej przerób, i wiele innych gałęzi naszego życia, przeto zastanowić się nad tym warto. Wiemy już więc, o czym chcemy mówić i dlaczego warto to czynić. Przejdźmy wobec tego do właściwego tematu.

Postępy fizjologii, genetyki, biochemii, biologii molekularnej pozwoliły obecnie na stworzenie o wiele pełniejszego i dokładniejszego obrazu życia. Znamy budowę białek, które jako enzymy lub inne biologicznie czynne makrocząsteczki białkowe przeprowadzają tysiące reakcji chemicznych w organizmie, składających się na to, co nazywamy przemianą materii i energii — na procesy oddychania, odżywiania, wzrostu, pomnażania, reagowania, ruchu itd. Znamy mechanizmy syntezy tych białek oraz wiemy, że budowa, struktura tych białek, u każdego organizmu odmienna, zależy od tzw. informacji genetycznej zapisanej w strukturze kwasów nukleinowych, też już zresztą poznanej. Najprostsze organizmy, np. niektóre bakterie, znamy już bardzo dokładnie i z ufnością możemy przewidywać, że w przyszłości (może już nie tak dalekiej), poznamy cały zestaw białek tych organizmów i strukturę całej informacji genetycznej zapisanej w ich kwasie nukleinowym. Budowa składowych związków organicznych jest zależna od właściwości atomów te związki budujących i od praw fizyko-chemicznych, również już częściowo rozpoznanych. A jeśli tak, słuszne wydaje się pytanie, czy znając wszystkie składowe podstawowe elementy oraz reguły ich działania nie możemy już na tej podstawie wyjaśnić bez reszty zasad budowy i działania żywego organizmu. Pytanie niewątpliwie zasadne, ale odpowiedź nie jest tak oczywista. Zanim jej udzielimy, zróbmy małą dygresję.

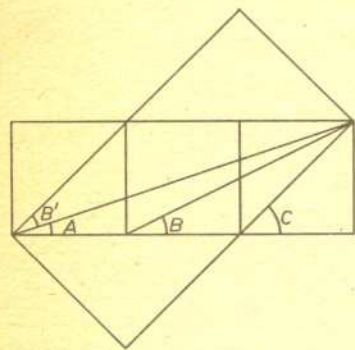
Pomówmy o zegarze, zwykłym mechanicznym zegarze z wieloma zębatymi kółkami i sprężyną lub wagami. Mechanizm może być wykonany z dowolnego materiału, byleby był dostatecznie twardy. Można wykonać dokładną analizę tego przedmiotu, poznać jego skład oraz wszystkie prawa rządzące zachowaniem atomów i związków chemicznych — i nadal nie mieć pojęcia, jakie funkcje wypełnia ów mechanizm i na jakiej zasadzie działa. Aby się tego dowiedzieć, należy zainteresować się nie jego molekularną budową, lecz konstrukcją — tzn. rozpoznać elementy składowe mechanizmu oraz zrozumieć ich wzajemne relacje i współdziałanie. Do zrozumienia tego wiadomości o strukturze molekularnej nie byłyby już konieczne, bo ani układ atomów, ani struktura cząsteczek nie dostarczyłyby tu potrzebnych informacji. Zegar bowiem, poza tym, że jest ciałem składającym się z jakichś określonych atomów i cząsteczek, jest też układem, systemem zaprogramowanym do spełniania jakiejś funkcji.

Otóż żywy organizm jest też systemem, układem zaprogramowanym. Program jego powstał w drodze ewolucji. Program ten określa zasadniczą funkcję organizmu — samopomnażanie się oraz funkcje pomocnicze do tego niezbędne, jak oddychanie, odżywianie, wzrost itd. Program ten jest zapisany w strukturze kwasów nukleinowych, którą już nieźle poznaliśmy, a poznamy lepiej w przyszłości. Ale sposób zapisu tego programu i jego treść nie są określane przez fizyko-chemiczne właściwości kwasów nukleinowych — są jedynie przez nie warunkowane. Program określa bowiem elementy składowe organizmu i ich wzajemne funkcjonalne powiązania. Z punktu widzenia fizyko-chemii pod względem termodynamicznym kwasy nukleinowe człowieka i świni nie różnią się niczym. Człowiek jednak od świni w zasadzie różni się, a nawet są ludzie, którzy nie są świniami.

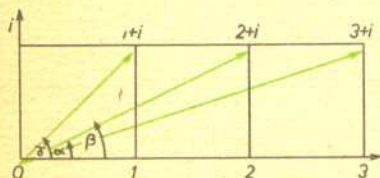
Poznanie molekularnej struktury organizmu żywego jest zatem konieczne, ale nie wystarczające dla wyjaśnienia działania organizmu i jego rozwoju.



Rozwiązanie zadania M 342. $\pm B = \pm B'$



Można także rozwiązać to zadanie używając liczb zespolonych. Wprowadzając układ współrzędnych na płaszczyźnie C widzimy,



Je „górne” wierzchołki kwadratów odpowiadają liczbom $1+i$, $2+i$, $3+i$. Liczby $(1+i)(2+i)(3+i)$ wynosi $10i$. Ze wzoru de Moivre'a wynika jednak, że $\alpha + \beta + \gamma = \arg 10i = \pi/2$.

Niezbędne jest też poznanie budowy systemu i funkcjonowania jego zgodnie z posiadanym programem genetycznym.

Widzimy więc, że budowy i działania żywego organizmu nie możemy wyjaśnić na podstawie samej jego znajomości na poziomie molekularnym; konieczne jest badanie go na poziomie systemowym (organizmalnym, a faktycznie i ponadorganizmalnym — populacyjnym i ekologicznym). Konieczność ta wynika nie tylko z systemowej natury żywych organizmów, ale także i z tej ich właściwości, że są one twórcami ewolucji i mają historię. Krysztal np. możemy poznać bez reszty nie znając jego historii. Żywego organizmu poznać i wyjaśnić bez reszty nie można bez odwołania się do jego historii. W tym historycznym rozpatrywaniu żywych istot biologia molekularna jest nam pomocna, a nawet niezbędna, ale historia życia, przebieg ewolucji są modelowane przez mechanizmy ewolucji, czynne na poziomie genetycznym i międzyosobniczym — i bez uciekania się do badań na tych poziomach pozostaną dla nas niewyjaśnialne.

Zadaliśmy pytanie i uznaliśmy je za ważne. Doszliśmy teraz do odpowiedzi: badanie fizykochemiczne, molekularne zjawisk życia jest absolutnie konieczne i tak samo absolutnie nie wystarczające. Musi być nie tylko uzupełniane, ale musi też szukać problemów i wyjaśnień w badaniach na poziomie organizmu jako całości, na poziomie współdziałań między organizmami.



Rozwiązanie zadania F 139. W układzie odniesienia związanym ze swobodnym końcem sprężyny (układ inercjalny) podłoże i klocek poruszają się początkowo z identycznymi prędkościami $-u$. Sprężyna wydłuża się, wzrasta siła sprężystości i równoważąca ją siła tarcia statycznego. Po przekroczeniu maksymalnej wartości tarcia statycznego rozpoczyna się poślizg. Ruch klocka opisuje wtedy równanie:

$$M\ddot{x} = fMg - kx;$$

gdzie f — współczynnik tarcia kinetycznego (początek układu odpowiada położeniu klocka przy nieodkształconej sprężynie). Jest to równanie oscylatora harmonicznego o częstotliwości $\omega^2 = \frac{k}{M}$ i położeniu równowagi $x_0 = \frac{fMg}{k}$. Od chwili zerwania więzi z podłożem klocek wykonuje więc drgania harmoniczne:

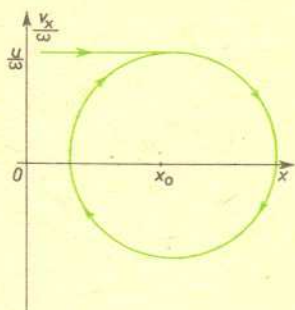
$$x = x_0 + A \sin \omega t,$$

$$v_x = A\omega \cos \omega t.$$

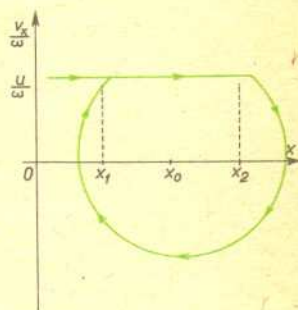
Z warunku początkowego $v_x(t=0) = u$ wynika wartość amplitudy tych drgań $A = u/\omega$. Analogicznie zachowuje się wprawiony w drgania obciążnik zawieszony na sprężynie i umieszczony w polu siły ciężkości.

Przedstawmy ruch klocka na wykresie fazowym (patrz rozwiązanie zadania F 136). Punktowi a) odpowiada wykres z rysunku 1. Gdy współczynnik tarcia kinetycznego f jest mniejszy niż statycznego — μ (punkt b), poślizg rozpoczyna się przy $x_1 = \frac{\mu Mg}{k}$. W trakcie poślizgu klocek, podobnie jak poprzednio, drga

harmonicznie z częstotliwością ω względem położenia równowagi x_0 — z tym że przy $x_2 = 2x_0 - x_1$ prędkość względna spada do zera i na odcinku od x_2 do x_1 jest on „ciągnięty” przez podłoże ze stałą prędkością. Odpowiedni wykres fazowy —



Rys. 1



Rys. 2

jest przedstawiony na rysunku 2.

W realnych sytuacjach nie można pominąć wpływu tłumienia. Gdy tłumienie praktycznie nie zmienia częstotliwości (słabe tłumienie), wykres fazowy dla punktu a) będzie związającą się do x_0 spiralą. Drgania klocka ustają i porusza się on wraz ze sprężyną z prędkością u . W przypadku b) drgania mogą ustać lub nie, zależnie od stosunku współczynników tarcia, prędkości u oraz intensywności tłumienia.

Opisany przykład pozwala zrozumieć, w jaki sposób smyczek pobudza do drgań strunę. Smyczek odgrywa podobną rolę jak podłoże; pociąga za sobą strunę, a ta po zerwaniu z nim więzi zaczyna drgać harmonicznie. Tarcie jest w tym przypadku funkcją średkości względnej i „skokowa” idealizacja z punktu b) daje tylko jakościowy opis zjawiska.

Jeszcze jeden paradoks ekonomiczny

Wyobraź sobie Czytelniku, że mieszkasz na Wyspie Rajskiej, gdzie utrzymanie nic Cię nie kosztuje, a cały zarobek odkładasz na wymarzony samochód lub mieszkanie. Przypuśćmy, że w obecnym roku zarobiłeś 120 000 goldów (gold — jednostka monetarna na Wyspie Rajskiej); samochód kosztuje 750 000 goldów, a mieszkanie 1 500 000 goldów. Cały zarobek wpłacasz na konto w banku, w którym stopa procentowa jest równa 15%. Inflacja na Wyspie Rajskiej wynosi 25%, przy czym zapewniona jest pełna rekompensata, tj. Twoje zarobki wzrastają też o 25% rocznie. Dla uproszczenia założmy jeszcze, że cały wzrost cen następuje 31 grudnia, a całą pensję otrzymujesz 1 stycznia i natychmiast wpłacasz do banku.

Po ilu latach będziesz mógł kupić mieszkanie? Dla ułatwienia dodajmy, że na samochód będzie Cię stać po ośmiu latach. Odpowiedź jest zaskakująca. Nigdy nie kupisz mieszkania. A oto kalkulacja:

Wprowadźmy oznaczenia: inflacja — 100 $i\%$, stopa procentowa banku 100 $b\%$, cena produktu w roku zerowym — c goldów, Twoja pensja w tymże roku — z goldów.

Obliczmy stan Twojego konta w roku n . Twoja pensja w roku k wyniesie $(1+i)^k \cdot z$ goldów, a więc złożona w banku po $n-k$

latach będzie równa $(1+b)^{n-k} \cdot (1+i)^k \cdot z$ goldów (razem z procentami). Będziesz miał w banku po n latach:

$$(1+b)^n \cdot z + (1+b)^{n-1} \cdot (1+i)z + \dots + (1+i)^n z = z(1+b)^n \frac{\left(\frac{1+i}{1+b}\right)^{n+1} - 1}{\frac{1+i}{1+b} - 1} = z \frac{(1+i)^{n+1} - (1+b)^{n+1}}{i-b}$$

Oczywiście, cena produktu w roku n wyniesie $c \cdot (1+i)^n$, a więc będziesz mógł go kupić, jeśli spełniona jest nierówność

$$c \leq z \cdot \frac{1+i - \left(\frac{1+b}{1+i}\right)^n (1+b)}{i-b},$$

ale prawa strona nierówności jest zawsze mniejsza, niż

$$c_{\min} = z \cdot \frac{1+i}{i-b}.$$

Tak więc produktu o cenie początkowej c_{\min} lub większej nigdy nie kupisz. W konkretnym przypadku:

$$c_{\min} = 120\,000 \cdot \frac{1+0,25}{0,25-0,15} = 120\,000 \cdot \frac{125}{10} = 1\,500\,000.$$