

Co to jest życie? – 42 lata później

Magdalena FIKUS

W pierwszym roczniku *Delt* zamieściliśmy wiele artykułów, których tytuły zaczynały się od *Co to jest...* Odpowiadali na to pytanie uczeni reprezentujący różne dziedziny nauki, a wśród nich również Autorka niniejszego tekstu. Teraz poprosiliśmy Ją o ponowne podjęcie tego pytania.

Tekst sprzed 42 lat można znaleźć na naszej stronie www.deltami.edu.pl

Redakcja

Czytanie własnego tekstu powstałego w tak odległym czasie jest fascynujące. Byłam młodą osobą, 9 lat po doktoracie, rok przed habilitacją. Pracowałam w dziedzinie już wtedy oficjalnie nazywanej biofizyką, choć fizykiem nie byłam. Swoją odpowiedź na tytułowe pytanie konfrontowałam z poglądami fizyków na ten temat, gdyż mam wielki szacunek dla ich sposobu myślenia.

Odpowiedź na każde pytanie musi zawierać definicję, a ta współcześnie akceptowana to unik w stronę niewiedzy: najczęściej powołujemy się na definicję... NASA. Dla nich jest ona ważna, bo chcą wiedzieć, co zrobimy, gdy znajdziemy jakikolwiek ślad „czegoś” w Kosmosie. Trzeba wtedy podjąć decyzję, czy to „coś” jest życiem.

NASA odpowiada na to pytanie w punktach. **Życie**, a dokładniej „coś” żywego:

- pobiera energię i używa jej do wzrostu i reprodukcji,
- termodynamicznie jest układem zamkniętym,
- dąży do utrzymania równowagi wewnętrznych procesów (homeostaza),
- przechowuje i przetwarza informacje,
- replikuje, mutuje, podlega doborowi naturalnemu,
- umiera.

Od 1974 roku w poznawaniu molekularnych podstaw życia nastąpiły liczne rewolucje. Przyznano wiele ważnych Nagród Nobla. Zasób wiedzy przyprawia i przyprawiałyby ówczesną dr Magdalenę Fikus o zawrót głowy i niedowierzanie. Ale na ile zbliża do wiedzy, czym jest życie?

Przede wszystkim weszliśmy na wyższy poziom: poznaliśmy właściwości chemiczne i fizyczne cząsteczek uznawanych za nosicieli dziedziczności i procesów życiowych. W tamtych czasach wiedzieliśmy tylko tyle, ile nam wizjonerzy molekularni, Watson i Crick, wymodelowali: podziwialiśmy ogólny kształt eleganckiej, pięknej cząsteczki – DNA – oraz mieliśmy dość szkolne wyobrażenie o budowie przestrzennej wykonawców metabolicznych zadań – białek. Na dobrą sprawę cała wiedza molekularna o życiu sprowadzała się do jednej bakterii, *Escherichia coli*.

Przez 42 lata rozszyfrowano strukturę (w oparciu o wiedzę biochemiczną i badania krystalograficzne) nie tylko kwasów nukleinowych i wielu białek, ale, co było znacznie trudniejsze, co zapiera dech – strukturę przestrzenną, z dokładnością do położenia atomów, złożonych struktur komórkowych – np. rybosomów, nukleosomów. Poznano dokładnie budowę i strukturę cząsteczkową organelli – mitochondriów i chloroplastów.

W drugiej połowie dekady lat 70. wymyślono dwie różne metody oznaczania kolejności (sekwencjonowania) nukleotydów. Ale nawet wtedy ustalenie kolejności około 1500 nukleotydów (tyle ma najmniejszy wirus Φ X174) było zadaniem heroicznym i angażującym przez co najmniej rok kilkudziesięciu badaczy. Dopiero w pierwszej dekadzie XXI wieku zaangażowanie fizyków i technologów (dysponujących na dodatek znacznymi środkami), konstrukcja automatycznych przyrządów sekwencjonujących, modyfikacje, zminiaturyzowanie i wyostrenie czułości metod sekwencjonowania, doprowadziły do prawdziwej lawiny oznaczeń genomów, czyli pełnych sekwencji DNA charakterystycznych dla danego gatunku. Ogromnie ważne, poznawczo zasadnicze, okazało się wykazanie zasadniczych różnic w działaniu i regulacji aktywności genów między bakteriami a całą resztą świata komórkowego.

Poznaliśmy budowę genomów, które wydają się nam najważniejsze: człowieka (2004) i nawet pełnego genomu jedyne innego od *Homo sapiens* ludzkiego gatunku – Neandertalczyka. Znamy genom naszych bliskich kuzynów genetycznych – szympanсів i goryli. A na drugim biegunie – genomy tysięcy gatunków bakterii, setek wirusów. Dzięki badaniom genomicznym potwierdzamy





Rozwiązanie zadania M 1501.

Przyporządkujmy polom szachownicy w naturalny sposób pary liczb całkowitych (a, b) , gdzie $1 \leq a, b \leq 9$. Pomalujmy pola o obu współrzędnych parzystych na niebiesko, pola o obu współrzędnych nieparzystych – na czerwono, a pozostałe pola – na żółto.

Przypuśćmy, że pionki mogą poruszać się dowolnie długo w taki sposób, by żadne dwa nie spotkały się na jednym polu. W takim razie w każdej chwili na 16 niebieskich polach może znajdować się co najwyżej 16 pionków. Każdy pionek z czerwonego pola znajdzie się po dwóch ruchach na niebieskim polu, więc na czerwonych polach może przebywać w każdej chwili również co najwyżej 16 pionków. Ponadto każdy pionek z żółtego pola po jednym ruchu znajdzie się na polu niebieskim lub czerwonym. W takim razie na żółtych polach mogą przebywać naraz co najwyżej 32 pionki. Stąd na szachownicy mogą być łącznie najwyżej 64 pionki.

Jeśli pionków jest 65, to po pewnym czasie dwa z nich muszą znaleźć się na jednym polu.

i czasem korygujemy „drzewa” ewolucyjne, znane z innych odkryć i postulatów. Dowiedzieliśmy się o przepływie genów między różnymi gatunkami bakterii.

Opracowano wiele metod *in silico* przewidywania struktur przestrzennych białek, porównano je z wynikami badań krystalograficznych, wreszcie otworzono drogę do planowanej modyfikacji białek. Rozbudowano i ulepszono metody syntezy *in vitro* kwasów nukleinowych i białek, czego ukoronowaniem było wprowadzenie syntetycznego genomu bakteryjnego do komórki pozbawionej własnego materiału genetycznego – powstała syntetyczna bakteria. Przypisano rolę fizjologiczną wielu sekwencjom DNA niekodującym białek. Zaproponowano teoretycznie i sprawdzono doświadczalnie wieloskładnikowe modele regulacji aktywności genów, wykrywając dziesiątki, jeśli nie setki małych cząsteczek RNA i przypisując im bardzo różnorodne funkcje regulacyjne. Udoskonalono wiedzę o błonie komórkowej, a także zbudowano wiele wersji sztucznych błon komórkowych.

Zdefiniowano przyczyny wielu dysfunkcji i chorób genetycznych ludzi, zwierząt i roślin, identyfikując mutacje genowe oraz wzajemne sieciowanie takich genów. W oparciu o tę wiedzę opracowano metody klinicznej diagnostyki chorób, zaproponowano – tam, gdzie to możliwe – terapie zachowawcze lub zachowania terapeutyczne – przez modyfikację zachowań pacjentów, a także stosowanie nowych generacji leków i szczepionek. Zbudowano wiele technicznych medycznych „protez” zastępujących narządy. Rozwinęły się nauki neurologiczne oraz wiedza o mózgu, do tego stopnia, że rozważamy możliwość powstania niezależnej syntetycznej inteligencji.

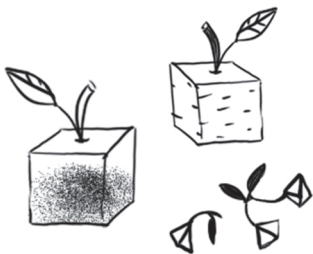
Odbyły się na całym świecie debaty na temat genetycznie modyfikowanych roślin, terapii genowych i perspektyw tworzenia genetycznie modyfikowanych ludzi. Genetyka na wysokim technicznym poziomie pojawiła się w Japonii, Korei Południowej i Chinach, a więc w społeczeństwach wyznających różne od europejsko-amerykańskich systemy wartości.

Zbliżyliśmy się też do poszukiwań odpowiedzi na pytanie *JAK powstało życie?* W tym pytaniu kryje się dla mnie również rozważanie o tym, czym życie jest.

Na początek: musimy się zgodzić z poglądem, że życie podlegało ewolucji i NA PEWNO nie powstało we współczesnej formie kwasów nukleinowych, białek i wieloskładnikowych struktur oraz w formie wielu gatunków organizmów. Bardzo wielu przyrodników sądzi, że skoro sposoby syntezy i zużycia energii, wzrostu, reprodukcji, przechowywania informacji, mechanizmy mutagenyzy, wreszcie indywidualnej śmierci (por. definicja NASA) są na poziomie molekularnym wspólne dla wszystkich poznanych na Ziemi istot, to miały one kiedyś wspólnego przodka. Ocenia się, że pojawił się mniej więcej 4 miliardy lat temu. Uzyskał wdzięczne imię LUCA (*Last Universal Common Ancestor*). Kilku noblistów (a przed nimi Karol Darwin) przewidziało także, że pierwszą cząsteczką – nosicielem dziedziczności, był nie DNA, a twór przypominający dzisiejszy RNA, i czas ten nazwali „światem RNA”. Pewności co do kształtu tamtego świata mieć nie będziemy, nigdy żaden paleontolog nie wykopie skamieniałości LUCA. Cztery miliardy lat to okres niewyobrażalny dla istoty żyjącej lat 70, dlatego częściowo obracamy się w kręgu nauki, częściowo zachwycających naukowych hipotez w stylu SF. Ziemia była inna, oceany leżały gdzie indziej, klimat był inny, nie było tlenu w atmosferze, waliły w Ziemię różne kosmiczne ciała, wszystko było inaczej. A jednak są ludzie o wielkich umysłach, którzy, rozmyślając na ten temat, zadają coraz bardziej niezwykle pytania. Można ich fantastyczne wykłady obejrzyć dziś w Internecie (w 1974 roku takich możliwości dr MF nie miała).

Od wykładu jednego z tych natchnionych noblistów, Jacka Szostaka, trudno się oderwać, a także trudno nie dążyć za kolejnymi odnośnikami. Zostawiam zatem wybór źródeł Czytelnikom, zacząć mogą od: J. Szostak, *Reconstructing the First Cells* (www.youtube.com/watch?v=jmMU0b20FSg).

Wychodząc z wiedzy współczesnej o życiu, trafiamy na problem „jajka i kury”: DNA koduje białka, a bez białka nie ma syntezy DNA – jak ten



krag rozplatac? Zegarek spontanicznie nie zlozy sie ze srubek, spiralek i sprzynek, ale bieg czasu mozna mierzyc patykiem i jego cieniem na piasku. Takze pre-komorki musialy byc skrajnie proste, dazyly spontanicznie do odrodzenia sie najprostszymi blonami od srodowiska, gromadzic proste zwiazki organiczne, takze takie, ktore sa zdolne do samoorganizacji w bardziej zlozone struktury. Wtedy przewidziec mozna rowniez pojawianie sie nowych funkcji i samoreplikacje niektorych z takich ukkladow. Juz na tym poziomie pojawia sie zjawisko pre-ewolucji, utrwalenie w wyniku doboru najbardziej wydajnych, najszybszych, funkcjonalnych wersji komorek.

Tacy badacze jak Jack Szostak probuja dzis zbudowac swoje wersje procesu/procesow powstania zycia, swoje modele. Szukaja chemicznych spontanicznych procesow do tego prowadzacych. Postuluja proste modele, speoniajace postulaty definicji zycia z NASA. Aby dojsc moglo do ewolucji komorek, zaczac sie musialo od ewolucji czasteczek. Nie bylo wielkich kompleksow makromolekul, zlozonych strukturalnie blon komorkowych. Proste pre-czasteczki pakowaly sie do prostych pęcherzykow otoczonych prostymi, polprzepuszczalnymi blonami. Pewne przypadkowe zmiany w chemicznej naturze tych czasteczek skutkowaly replikacja takich czasteczek, ktore moglyby zawierac chemiczna informacje (pre-kwasy nukleinowe). I tak, po powstaniu zczatekow zycia rozpoczela sie jego ewolucja.

Czym jest zycie? Do definicji NASA dodalabym jeszcze dynamike wszystkich jego zjawisk. Stala realizacja wszelakiego rodzaju zmian. A czasu mialo to zycie duzo – ponad 4 miliardy lat.

Dzis problem istoty zycia rozpatrujemy na poziomie czasteczek i czasow rzędu sekund. Te procesy czekaja na interpretacje kwantowa – podobno jeszcze nam do niej daleko.

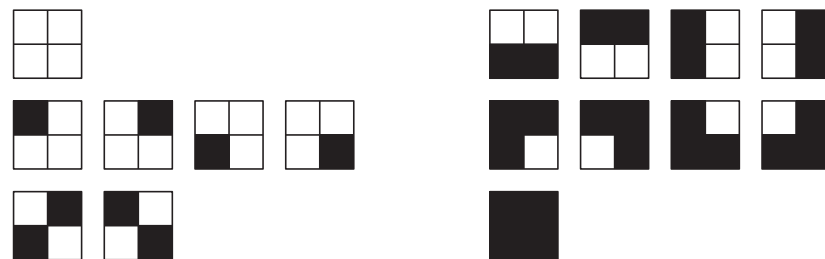
A jednak mam nadal wrazenie, ze aktualna jest pewna stara piosenka: *zycie jest forma istnienia bialka, tylko w kominie czasem cos zalka...*



Teoria grup w kombinatoryce

Paweł BURZYŃSKI*

Ten artykul bedzie poswiecony zliczaniu roznych kolorowan obiektow, ktore podlegaja symetrii. Wyobrazmy sobie, ze Kalina chcialaby pokolorowac rogi kwadratu za pomoca m kolorow. Ile roznych figur moze w ten sposob otrzymac? Ponijszy rysunek przedstawia wszystkie mozliwe kolorowania dwoma kolorami, podzielone na zbiory kolorowan identycznych wzgledem izometrii.



Jak widać istnieje 16 kolorowań dwoma kolorami, ale tylko 6, gdy dopuścimy obracanie kwadratem i odbicia symetryczne. Aby obliczyć liczbę kolorowań większą liczbą kolorów, przyjrzyjmy się dokładnie izometriom naszego obiektu. W przypadku kwadratu jest ich 8:

- identycznosc,
- obroty o 90° , 180° , 270° ,
- odbicia wzgledem przekatnych, osi pionowej oraz osi poziomej.

*licealista, III LO im. Marynarki Wojennej RP w Gdyni